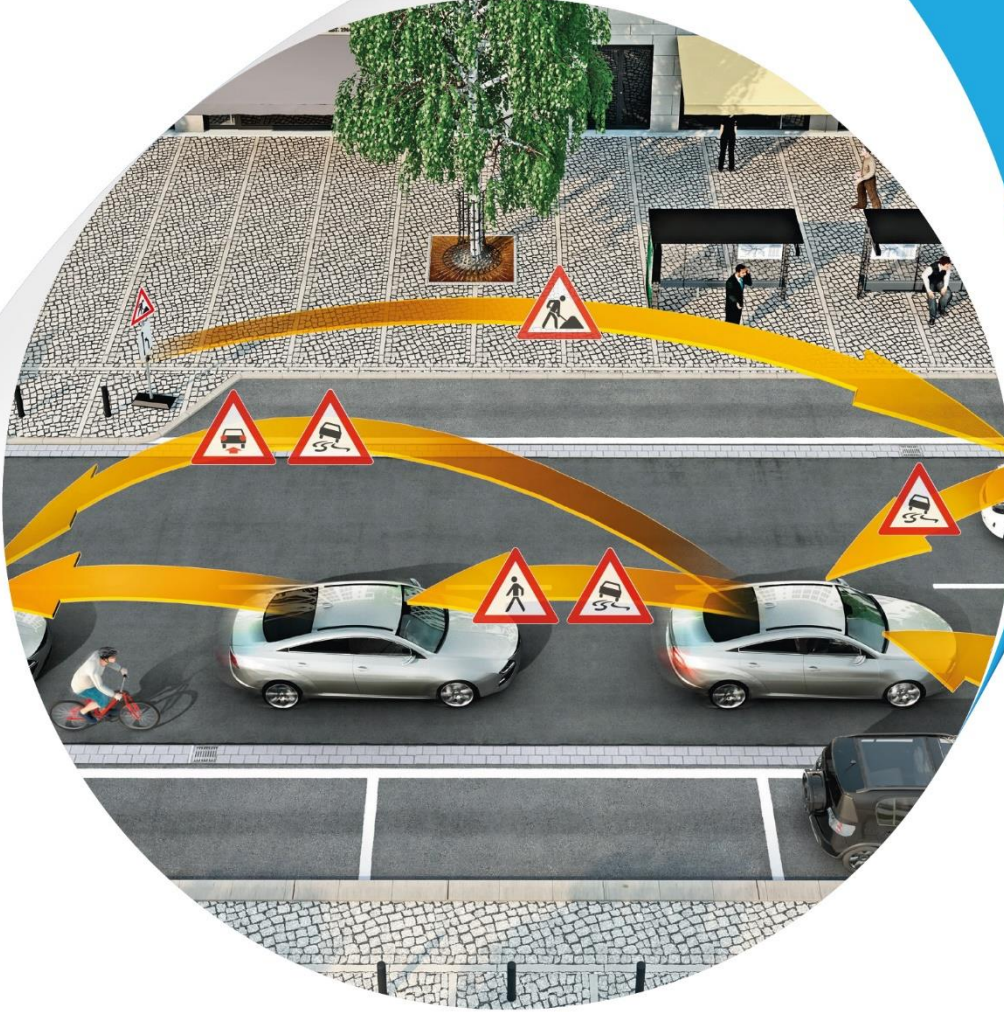




ARAÇ İÇİ BİLGİ VE HABERLEŞME SİSTEMİNİN (ABHS) MEVCUT DURUM ANALİZİ RAPORU

ARAÇ İÇİ BİLGİ VE HABERLEŞME SİSTEMİNİN (ABHS) TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ PROJESİ

MEVCUT DURUM ANALİZİ RAPORU

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

Haberleşme Genel Müdürlüğü

Gökhan EVREN

Genel Müdür

Esmâ DİLEK

Genel Müdür Yardımcısı

Murat Mustafa HARMAN

Daire Başkanı

Özgür TALİH

Şube Müdürü

Ertuğrul HASGÜL

Proje Yöneticisi

Tuğçe KAYAKÖK

Mühendis

Gaye ÖLÇEN

Mühendis

Marmara Üniversitesi

VeNIT Lab.

Doç. Dr. Müjdat SOYTÜRK

Proje Yöneticisi

Berkay YAMAN

Mühendis

Burak ŞENKUŞ

Mühendis

Yavuz Selim BOSTANCI

Mühendis

ANKARA, Mayıs 2023

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	6
TABLolar LİSTESİ	9
TÜRKÇE KISALTMALAR	10
İNGİLİZCE KISALTMALAR	11
TANIMLAR	20
1 GİRİŞ	23
1.1 Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS).....	26
1.2 ABHS ve K-AUS	27
1.3 Kapsam ve Raporun İçeriği.....	28
2 DÜNYADA MEVCUT DURUM.....	30
2.1 ABHS'ye Yönelik Mevzuat, Politika, Strateji Belgeleri ve Eylem Planları	30
2.1.1 Amerika Birleşik Devletleri (ABD).....	30
2.1.2 Avrupa Birliği (AB)	44
2.1.3 Çin Halk Cumhuriyeti	57
2.2 ABHS Teknik İncelemesi: Mimari Yapı ve Bileşenleri.....	70
2.2.1 Sistem Mimarisi	70
2.2.2 Yazılım Mimarisi	79
2.2.3 ABHS Sistem Bileşenleri.....	80
2.2.4 ABHS İletişim Altyapısı ve İletişim Protokolleri/Standartları.....	83
2.2.5 ABHS Uygulama Senaryoları.....	89
2.2.6 ABHS Ağa Erişim ve Yetkilendirme ile İlgili Güvenlik Mekanizmaları	91
2.2.7 AUS Güvenlik Riskleri.....	92
2.2.8 AUS Haberleşme Güvenlik Mimarisi	94
2.3 ABHS Teknik İncelemesi: Mevcut Uygulamalar	104
2.3.1 Avusturya.....	104

2.3.2 Belçika (Flandre).....	105
2.3.3 Belçika (Wallonia)	106
2.3.4 Çek Cumhuriyeti	107
2.3.5 Finlandiya	107
2.3.6 Fransa	108
2.3.7 Almanya.....	108
2.3.8 Macaristan	109
2.3.9 İtalya.....	110
2.3.10 Hollanda	111
2.3.11 Slovenya.....	111
2.3.12 İsveç	112
2.3.13 Birleşik Krallık	113
2.3.14 Danimarka	114
2.3.15 Norveç	114
2.3.16 İspanya.....	115
2.3.17 Portekiz.....	116
2.3.18 Yunanistan.....	116
2.3.19 İrlanda	117
2.3.20 ABD - USDOT ITS – New York City.....	117
2.3.21 ABD - Tampa-Hillsborough	119
2.3.22 ABD - Wyoming DOT	120
2.3.23 Çin	121
2.4 ABHS ile İlgili Üretimi Yapılmış ve Kullanılmakta Olan Donanım ve Yazılımlar	123
2.4.1 Mobotrex Yunex RSU	123
2.4.2 Cohda Wireless MK5 RSU.....	126
2.4.3 Cohda Wireless MK5 OBU.....	127
2.4.4 Cohda Wireless MK5-XBU.....	129

2.4.5 Cohda Wireless MK6C-EVK-RSU-V2 RSU	130
2.4.6 Cohda Wireless MK6C OBU	131
2.4.7 Danlaw RouteLink-V14 RSU	133
2.4.8 Danlaw RouteLink OBU	134
2.4.9 Commsignia ITS-RS4 RSU	135
2.4.10 Commsignia ITS-OB4 OBU	137
2.4.11 Q-Free K-AUS OBU (Q-Free, 2021)	138
2.4.12 Q-Free K-AUS RSU	140
2.5 ABHS Eğilimler/Yönelimler	141
2.5.1 Uluslararası İletişim ve İş Birliği	141
2.5.2 Güvenlik ve Gizliliğin Ön Planda Tutulması.....	142
2.5.3 Ülke Geneline Güvenlik Kimlik Yönetim Sistemlerinin (GKYS) Oluşturulması ..	143
2.5.4 Büyük Verinin Daha Etkili Kullanımı ile Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesi	143
2.5.5 Pilot Uygulamalar ile Büyük Ölçekli Demonstrasyon ve Doğrulama	143
2.5.6 Otonom Hareketliliği Kolaylaştırıcı Bir Teknoloji	144
2.5.7 ABHS Kapsamında Yürütülen Çalışmalara Katkı Sağlayan Ortaklık ve Platformlar	145
3 TÜRKİYE'DE ABHS ALANINDA YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR.....	156
3.1 ABHS'ye Yönelik Mevzuat, Politika ve Stratejiler	156
3.2 ABHS Teknik İncelemesi: Mevcut Uygulamalar	160
3.2.1 ABHS'ye Yönelik Donanım ve Yazılım Ürünleri.....	160
3.2.2 ABHS Saha/Pilot Uygulamaları	166
3.3 ABHS Eğilimler/Yönelimler ile Öneriler/Gereklilik Analizi	168
4 YIKICI TEKNOLOJİLERİN ABHS İLE BİRLİKTE KULLANIMI.....	172
4.1 Otonom Araçlar	172
4.2 5G ve Yeni Nesil Hücresel Ağlar.....	175
4.3 Nesnelerin İnterneti (IoT)	175

4.4 Büyük Veri	177
4.5 Yapay Zekâ	178
4.6 Blok Zincir (Blockchain)	179
4.7 Derin Öğrenme	180
4.8 Sarmal Arayüzler	181
4.9 Dijital İkiz	182
4.10 Bulut Bilişim	183
5 SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER.....	184
KAYNAKÇA.....	186

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 K-AUS ve bileşenleri	25
Şekil 2 ABHS ve Bileşenleri.....	27
Şekil 3 2021 öncesi ABD’de 5.9 GHz ABHS bant aralığı düzenlemesi (USDOT, 2021)	32
Şekil 4 2021’de kabul edilen düzenlemeye göre ABD’de 5.9 GHz bant aralığı	33
Şekil 5 Bağlantılı araçlar pilot uygulama planı (ITS JPO, 2023)	40
Şekil 6 K-AUS 5.9 GHz “Emniyet Bandı” uygulama alanları (U.S. Department of Transportation, 2023)	42
Şekil 7 AB’de karayolu ve kentsel demiryolu AUS emniyet uygulamalarının kullanımına açık frekans aralığı (European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, 2020)	51
Şekil 8 eCall Sistemi Akışı	53
Şekil 9 2018’de önerilen düzenlemeye (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2018) göre C-V2X için Çin’de 5.9 GHz bant aralığı kullanımı	63
Şekil 10 Akıllı ve bağlantılı araçlar mimarisi, mantıksal yapı (Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China, Standardization Administration of the People’s Republic of China, 2018)	65
Şekil 11 Akıllı ve bağlantılı araçlar mimarisi, fiziksel yapı (Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China, Standardization Administration of the People’s Republic of China, 2018).....	66
Şekil 12 Akıllı ve bağlantılı araçlar standart sistemi (Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China, Standardization Administration of the People’s Republic of China, 2018).....	67
Şekil 13 Çin’deki akıllı ve bağlantılı araçlar demonstrasyon alanlarının coğrafi dağılımı (5GAA, 2022)	69
Şekil 14 Çin’deki akıllı şehir altyapıları pilot şehirlerinin coğrafi dağılımı (5GAA, 2022)	70
Şekil 15 HARTS Mimarisi	75
Şekil 16 ABHS araç istasyonu örnek bileşenler ve yazılım mimarisi	80
Şekil 17 ETSI AUS istasyonu referans mimarisi (ETSI, 2011)	81

Şekil 18 AUS İstasyon Ağ Geçidi.....	82
Şekil 19 AUS İstasyonu Yönlendiricisi	82
Şekil 20 AUS İstasyonu Sınır Yönlendiricisi	83
Şekil 21 Kuzey Amerika’da kullanılan referans DSRC mimarisi	85
Şekil 22 Avrupa’da kullanılan referans DSRC mimarisi.....	86
Şekil 23 Başarılı kayıt yetkilendirme edimi sıralı diyagramı.....	97
Şekil 24 Başarısız kayıt yetkilendirme edimi sıralı diyagramı	98
Şekil 25 Başarılı kayıt yetkilendirme güncellemesi sıralı diyagramı.....	98
Şekil 26 Başarısız kayıt yetkilendirme güncellemesi sıralı diyagramı	99
Şekil 27 Başarılı kayıt yetkilendirme kaldırılması sıralı diyagramı	99
Şekil 28 Başarısız kayıt yetkilendirme kaldırılması sıralı diyagramı	100
Şekil 29 Başarılı yetkilendirme bilet edinimi sıralı diyagramı	100
Şekil 30 Başarısız yetkilendirme bilet edinimi sıralı diyagramı	101
Şekil 31 Başarılı yetkilendirme bilet güncellenmesi sıralı diyagramı.....	101
Şekil 32 Başarısız yetkilendirme bilet güncellenmesi sıralı diyagramı	102
Şekil 33 Başarılı yetkilendirme durumu yayınlanması sıralı diyagramı	102
Şekil 34 Başarısız yetkilendirme durumu yayınlanması sıralı diyagramı	103
Şekil 35 Başarılı yetkilendirme durum deposunun güncellenmesi.....	103
Şekil 36 Başarısız yetkilendirme durum deposunun güncellenmesi	104
Şekil 37 MoboTrex firmasının Yunex isimli RSU cihazı.....	123
Şekil 38 Cohda Wireless firmasının MK5 isimli RSU cihazı	126
Şekil 39 Cohda Wireless firmasının MK5 isimli OBU cihazı	127
Şekil 40 Cohda Wireless firmasının MK5-XBU isimli RSU cihazı	129
Şekil 41 Cohda Wireless firmasının MK6C isimli RSU cihazı.....	130
Şekil 42 Cohda Wireless firmasının MK6C isimli OBU cihazı	131
Şekil 43 Danlaw firmasının RouteLink isimli RSU cihazı	133
Şekil 44 Danlaw firmasının AutoLink isimli OBU cihazı	134

Şekil 45 Commsignia firmasının ITS-RS4 isimli RSU cihazı	135
Şekil 46 Commsignia firmasının ITS-OB4 isimli OBU cihazı	137
Şekil 47 Q-Free firmasının geliştirmiş olduğu OBU cihazı.....	138
Şekil 48 Q-Free firmasının geliştirmiş olduğu RSU cihazı	140
Şekil 49 Akıllı kavşak izleme sistemi ve uygulaması	177
Şekil 50 V2X Uygulamaları için K-AUS Büyük Veri Mimarisi.....	178
Şekil 51 “Car eWallet” ödeme sistemine sahip araç.....	180
Şekil 52 HUDWAY Drive ürününün bir görünümü	181
Şekil 53 C-Roads K-AUS sanal gerçeklik gösterimi	182

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1 WYDOT pilot bölgesinde kurulmuş olan K-AUS uygulamaları (ITS JPO, 2023)	40
Tablo 2 THEA pilot bölgesinde kurulmuş olan K-AUS uygulamaları (ITS JPO, 2023).....	40
Tablo 3 NYCDOT pilot bölgesinde kurulmuş olan K-AUS uygulamaları (ITS JPO, 2023)	41
Tablo 4 AB K-AUS strateji raporunda belirtilen K-AUS servisleri (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016)	46
Tablo 5 AB’de K-AUS kablosuz yayın şiddetine yönelik parametre düzenlemeleri (European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, 2020)	52
Tablo 6 Uyumluluk Görev Grupları (HTG) ve sorumlulukları	74
Tablo 7 DSRC frekans aralığının çeşitli bölgelerdeki kullanımı	84
Tablo 8 CEN/TC 278 WG 16 çıktıları	88
Tablo 9 ETSI TC ITS Komitesinin çıktılarından bazıları	89
Tablo 10 ABHS’ye yönelik Türkiye’de yapılan çalışmalar	159
Tablo 11 VeNIT Lab tarafından geliştirilen ve test edilen V2X uygulamaları	164
Tablo 12 Otonom sürüş seviyelerinin özeti (SAE International, 2021).....	173

TÜRKÇE KISALTMALAR

<i>ABD</i>	Amerika Birleşik Devletleri
<i>AB</i>	Avrupa Birliği
<i>ABHS</i>	Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi
<i>AUS</i>	Akıllı Ulaşım Sistemleri
<i>BTk</i>	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
<i>DSG</i>	Dinamik Sürüş Görevi
<i>GKYS</i>	Güvenlik Kimlik Yönetim Sistemleri
<i>K-AUS</i>	Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri
<i>SSB</i>	T.C. Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı
<i>STB</i>	T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
<i>THS</i>	Teknoloji Hazırlık Seviyesi
<i>UAB</i>	T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

İNGİLİZCE KISALTMALAR

3GPP	The 3rd Generation Partnership Project (Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi)
5GAA	5G Automotive Association (5G Otomotiv Birliği)
5G NR	5G New Radio (5G Yeni Radyo)
AA	Authorization Authority (Yetkilendirme Yetkilisi)
ABS	Anti-lock Braking System (Kilitlenme Önleyici Fren Sistemi)
ACTIF	Framework Architecture for Intelligent Transport in France (Fransa Akıllı Ulaşım Sistemleri Çerçeve Mimarisi)
AM	Amplitude Modulation (Genlik Modülasyonu)
ARC-IT	The Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation (Kooperatif ve Akıllı Ulaşım İçin Referans Mimari)
AT	Authorization Ticket (Yetkilendirme Bileti)
AV	Autonomous Vehicle (Otonom Araç)
BEREC	The Body of European Regulators for Electronic Communications (Avrupa Elektronik Haberleşme Düzenleyicileri Organı)
BSM	Basic Safety Message (Temel Emniyet Mesajı)
BT	Bluetooth
C2C-CC	Car-to-Car Communication Consortium (Araçtan Araca Haberleşme Konsorsiyumu)
CA	Certificate Authority (Sertifika Yetkilisi)
CAM	Cooperative Awareness Message (Kooperatif Farkındalık Mesajı)
CAN	Controller Area Network (Denetleyici Alan Ağı)
CCAM	Connected Cooperative, and Automated Mobility (Bağlantılı, Kooperatif ve Otonom Hareketlilik)

CDMA	Code Division Multiple Access (Kod Bölmeli Çoklu Erişim)
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı)
COM	Communication (İletişim, Avrupa Komisyonu iletişim dokümanlarını kodlama biçimi)
CT	Computed Tomography (Bilgisayarlı Tomografi)
CV	Connected Vehicle (Bağlantılı Araç)
CVRIA	Connected Vehicle Reference Implementation Architecture (Bağlantılı Araç Referans Uygulama Mimarisi)
C-ITS	Cooperative Intelligent Transportation Systems (Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri)
C-V2X	Cellular Vehicle-to-Everything (Hücreli Araçtan Her Şeye)
DAB	Digital Audio Broadcasting (Sayısal Ses Yayını)
DCC	Decentralized Congestion Control (Merkezi Olmayan Tıkanıklık Kontrolü)
DDT	Dynamic Driving Task (Dinamik Sürüş Görevi)
DENM	Decentralized Environmental Notification Message (Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim Mesajı)
DG CNECT	Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology (Haberleşme Ağları, İçerik ve Teknoloji Genel Müdürlüğü)
DG GROW	Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (İç Pazar, Sanayi, Girişimcilik ve KOBİ'ler Genel Müdürlüğü)
DG JRC	Directorate-General for Joint Research Centre (Ortak Araştırma Merkezi Genel Müdürlüğü)
DG MOVE	Directorate-General for Mobility & Transport (Hareketlilik ve Ulaşım Genel Müdürlüğü)
DG RTD	Directorate-General for Research and Innovation (Araştırma ve İnovasyon Genel Müdürlüğü)

<i>DSRC</i>	Dedicated Short Range Communication (Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli Haberleşme)
<i>DoS</i>	Denial of Service (Hizmet Reddi)
<i>EA</i>	Enrolment Authority (Kayıt Yetkilisi)
<i>EATA</i>	European Automotive and Telecoms Alliance (Avrupa Otomotiv ve Telekom Birliği)
<i>EC</i>	European Commission (Avrupa Komisyonu)
<i>ECC</i>	Electronic Communications Committee (Elektronik Haberleşme Komitesi)
<i>ECo-AT</i>	European Corridor – Austrian Testbed for Cooperative Systems (Avrupa Koridoru – Kooperatif Sistemler Avusturya Test Ortamı)
<i>ECU</i>	Electronic Control Unit (Elektronik Kontrol Ünitesi)
<i>EIRP</i>	Effective Isotropic Radiated Power (Etkili İzotropik Yayılan Güç)
<i>ESCAP</i>	The United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (Birleşmiş Milletler Asya ve Pasifik Ekonomik ve Sosyal Komisyonu)
<i>ESP</i>	Electronic Stability Program (Elektronik Stabilite Programı)
<i>ET</i>	Enrolment Ticket (Kayıt Bileti)
<i>ETSI</i>	European Telecommunications Standards Institute (Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü)
<i>EU CCMS</i>	European Union C-ITS Security Credential Management System (Avrupa Birliği K-AUS Güvenlik Kimlik Yönetim Sistemi)
<i>EU EIP</i>	European Union ITS Platform (Avrupa Birliği AUS Platformu)
<i>FM</i>	Frequency Modulation (Frekans modülasyonu)
<i>FMVSS</i>	Federal Motor Vehicle Safety Standards (Federal Motorlu Taşıt Emniyeti Standartları)
<i>FPGA</i>	Field Programmable Gate Arrays (Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri)

GCF	Global Certification Forum (Küresel Sertifikasyon Forumu)
GHz	Gigahertz
GLOSA	Green Light Optimal Speed Advisory (Yeşil Işık Optimum Hız Önerisi)
GNSS	Global Navigation Satellite System (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)
HARTS	Harmonized Architecture Reference for Technical Standards (Teknik Standartlar İçin Uyumlaştırılmış Referans Mimari)
HE	Highways England (İngiltere Otoyolları)
HMI	Human Machine Interface (İnsan-Makine Arayüzü)
HTG	Harmonization Task Group (Uyumluluk Görev Grubu)
I2V	Infrastructure-to-Vehicle (Altyapıdan Araca)
ICRW	Intersection Collision Risk Warning (Kavşak Çarpışma Riski Uyarısı)
ICT	Information and Communications Technology (Bilgi ve İletişim Teknolojisi)
IEC	International Electrotechnical Commission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
INS	Inertial Navigation Systems (Ataletsel Navigasyon Sistemleri)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
IoV	Internet of Vehicles (Araçların İnterneti)
IRG	Independent Regulators Group (Bağımsız Düzenleyiciler Grubu)
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Örgütü)
ISTEA	Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (Modlar arası Karayolu Taşımacılığı Verimliliği Yasası)

ITS	Intelligent Transportation Systems (Akıllı Ulaşım Sistemleri)
ITS JPO	Intelligent Transportation Systems Joint Program Office (ABD Akıllı Ulaşım Sistemleri Ortak Program Ofisi)
ITS-S	Intelligent Transportation Systems Station (Akıllı Ulaşım Sistemleri İstasyonu)
ITU	International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)
IVIM	Infrastructure to Vehicle Information Message (Altyapıdan Araca Bilgilendirme Mesajı)
KAREN	Keystone Architecture Required for European Networks (Avrupa Ağları İçin Gerekli Temel Mimari)
KCC	Kent County Council (Kent İlçe Meclisi)
LCRW	Longitudinal Collision Risk Warning (Boyuna Çarpışma Riski Uyarısı)
LTE	Long-Term Evolution (Uzun Süreli Gelişim)
LTE-V2X	Long-Term Evolution V2X (Uzun Süreli Gelişim V2X)
MAP	MAP (Harita/Topoloji Bilgisi)
MARAD	U.S. Maritime Administration (ABD Denizcilik İdaresi)
MEC	Multi-Access Edge Computing (Çoklu Erişimli Uç Bilişim)
MHz	Megahertz
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology (Çin Halk Cumhuriyeti Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı)
MNR	Ministry of Natural Resources (Çin Halk Cumhuriyeti Tabii Kaynaklar Bakanlığı)
MOD	Mobility on Demand (Talep Üzerine Hareketlilik)
MoHURD	Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China (Çin Halk Cumhuriyeti Konut ve Kentsel-Kırsal Kalkınma Bakanlığı)

<i>MOT</i>	Ministry of Transport of the People's Republic of China (Çin Halk Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı)
<i>MPS</i>	Ministry of Public Security of the People's Republic of China (Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Güvenlik Bakanlığı)
<i>NAFv4</i>	NATO Architecture Framework version 4 (NATO Mimari Çerçevesi versiyon 4)
<i>NDRC</i>	National Development and Reform Commission of the People's Republic of China (Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu)
<i>NFC</i>	Near Field Communication (Yakın Alan Haberleşmesi)
<i>OBDII</i>	On-board Diagnostics Version 2 (Araç içi Teşhis Testi Sürüm 2)
<i>OBU</i>	On-board Unit (Araç İçi Ünite)
<i>OEM</i>	Original Equipment Manufacturer (Orijinal Ekipman Üreticisi)
<i>OSI</i>	Open Systems Interconnection (Açık Sistem Arabağlantısı)
<i>OSS4ITS</i>	Open Source Software for ITS (AUS İçin Açık Kaynaklı Yazılım)
<i>P2P</i>	Peer-to-Peer (Eşler Arası)
<i>PCW</i>	Pedestrian Collision Warning (Yaya Çarpışma Uyarısı)
<i>PDR</i>	Packet Delivery Ratio (Paket Teslim Oranı)
<i>PKI</i>	Public Key Infrastructure (Açık Anahtar Altyapısı)
<i>PMI</i>	Privileged Management Infrastructure (Ayrıcalıklı Yönetim Altyapısı)
<i>PoC</i>	Proof of Concept (Kavram İspatı)
<i>POI</i>	Point of Interest (İlgi Noktası)
<i>PSAP</i>	Public Safety Answering Point (Kamu Güvenliği Cevap Noktası (112 Acil Çağrı Merkezi))
<i>RAD-IT</i>	Regional Architecture Development for Intelligent Transportation (Akıllı Ulaşım için Bölgesel Mimari Geliştirme)

<i>RAT</i>	Radio Access Technology (Radyo Erişim Teknolojisi)
<i>RBDS</i>	Radio Broadcast Data System (Radyo Yayını Veri Sistemi)
<i>RDS</i>	Radio Data System (Radyo Veri Sistemi)
<i>RF</i>	Radio Frequency (Radyo Frekansı)
<i>RFID</i>	Radio-Frequency Identification (Radyo Frekansıyla Tanımlama)
<i>RM-ODP</i>	Reference Model of Open Distributed Processing (Açık Dağıtılmış İşleme Referans Modeli)
<i>RSU</i>	Roadside Unit (Yol Kenarı Ünitesi/Birimi)
<i>RTOS</i>	Real-time Operating System (Gerçek Zamanlı İşletim Sistemi)
<i>SAE</i>	Society of Automotive Engineers (Otomotiv Mühendisleri Topluluğu)
<i>SC-FDMA</i>	Single Carrier Frequency-Division Multiplexing Access (Tek Taşıyıcı Frekans Bölmeli Çoğullama Erişimi)
<i>SET-IT</i>	Systems Engineering Tool for Intelligent Transportation (Akıllı Ulaşım için Sistem Mühendisliği Aracı)
<i>SPAT</i>	Signal Phase and Timing (Sinyal Faz ve Zamanlama)
<i>SPS</i>	Semi-persistent scheduling (Yarı kalıcı zamanlama)
<i>SREM</i>	Signal Request Extended Message (Sinyal Talebi Genişletilmiş Mesajı)
<i>SRS</i>	System Requirement Specification (Sistem Gereksinim Özellikleri)
<i>SSEM</i>	Signal Request Status Extended Message (Sinyal İsteği Durumu Uzatılmış Mesaj)
<i>SV</i>	Subject Vehicle (Konu Araç)
<i>TDM</i>	Time-Division Multiplexing (Zaman Bölmeli Çoğullama)
<i>TEN-T</i>	Trans-European Transport Network (Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı)
<i>TfL</i>	Transport for London (Londra Ulaşımı)

<i>TIM</i>	Traveller Information Message (Yolcu Bilgisi Mesajı)
<i>TMC</i>	Traffic Message Channel (Trafik Mesaj Kanalı)
<i>TMS</i>	Traffic Management System (Trafik Yönetim Sistemi)
<i>TPC</i>	Transmit Power Control (Çıkış Gücü Kontrolü)
<i>TS</i>	Test Specification (Test Özellikleri)
<i>TSP</i>	Transportation Service Provider (Ulaşım Servis Sağlayıcısı)
<i>TV</i>	Target Vehicle (Hedef Araç)
<i>UE</i>	User Equipment (Kullanıcı Ekipmanı)
<i>UMTS</i>	Universal Mobile Telecommunications Service (Evrensel Mobil Telekomünikasyon Hizmeti)
<i>US DOT</i>	US Department of Transportation (ABD Ulaştırma Bakanlığı)
<i>US FCC</i>	US Federal Communications Commission (ABD Federal Haberleşme Komisyonu)
<i>US SCMS</i>	United States Security Credential Management System (ABD Güvenlik Kimlik Yönetim Sistemi)
<i>UTC</i>	Coordinated Universal Time (Eşgüdümlü Evrensel Zaman)
<i>V2I</i>	Vehicle-to-Infrastructure (Araçtan Altyapıya)
<i>V2N</i>	Vehicle-to-Network (Araçtan (Hücre) Ağa)
<i>V2P</i>	Vehicle-to-Pedestrian (Araçtan Yayaya)
<i>V2V</i>	Vehicle-to-Vehicle (Araçtan Araca)
<i>V2X</i>	Vehicle-to-Everything (Araçtan Her Şeye)
<i>VASES</i>	Vehicle-2-Everything Safety (V2X Güvenliği)
<i>VHF</i>	Very High Frequency (Çok Yüksek Frekans)
<i>VPN</i>	Virtual Private Network (Sanal Özel Ağ)

VRU	Vulnerable Road User (Savunmasız Yol Kullanıcısı)
WAVE	Wireless Access for Vehicular Environments (Araç Ortamları için Kablosuz Erişim)
WiBro	Wireless Broadband (Kablosuz Genişbant)
Wi-Fi	Kablosuz Ağ Teknolojisi
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access (Mikrodalga Erişimi için Dünya Çapında Birlikte Çalışabilirlik)
WLAN	Wireless Local Area Network (Kablosuz Yerel Alan Ağı)
WWD	Wrong-Way Driving (Ters Yönde Sürüş)

TANIMLAR

5G NR	Yüksek hızlı kablosuz iletişim için tasarlanmış beşinci nesil bir mobil ağ teknolojisidir.
ABHS	“Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi” olup bu dokümanın 1.1 bölümünde açıklanmıştır.
AUS	Teknolojik yeniliklerin kullanıldığı, veri analizi, bilgi işlem ve iletişim sistemleri sayesinde kent içi ve şehirler arası ulaşımın daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir hale getirilmesini amaçlayan sistemlerdir.
Boyuna Kontrol	Gidiş doğrultusunda aracın hız ve ivme değerlerinin kontrolüdür.
CAM	AUS istasyonlarının (araç, baz istasyonu, altyapı donanımları vb.) konum, hız ve diğer temel durum bilgilerini içeren ve çevresel farkındalık oluşturmayı amaçlayan mesaj türüdür.
CCAM	Bağlantılı, kooperatif ve otonom hareketlilik alanındaki 180'den fazla yenilik paydaşını bir araya getiren, kâr amacı gütmeyen uluslararası bir organizasyondur.
C-V2X	Araçların birbirleriyle veya çevresindeki nesnelerle kablosuz iletişimini sağlayan 4G/5G tabanlı bir kablosuz iletişim teknolojisidir.
DENM	Araç-araç (V2V) ve araç-altyapı (V2I) haberleşmesinde kullanılan bir mesaj türüdür. Sürücülere trafik kazaları, yol çalışmaları, hava durumu ve diğer çevresel olaylar hakkında bilgi sağlar.
DoS	Ağa bağlı bir cihazın hizmetlerini geçici veya süresiz olarak aksatarak bir makinenin veya ağ kaynaklarının meşru kullanıcılar tarafından ulaşılamamasını hedefleyen bir siber saldırı türüdür.
DSG	Bir aracın güvenli bir şekilde hareket etmesi için gereken sürüş görevlerinin tamamını ifade eder.
DSRC	Araçların birbirleriyle veya çevresindeki nesnelerle kısa mesafelerde kablosuz iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir.
FPGA	Kullanıcının bir veya daha fazla mantıksal işlemi gerçekleştirmek için programlayabileceği donanım devresidir.

FRAME	Avrupa Akıllı Ulaşım Sistemleri Çerçeve Mimarisi olarak da bilinen, Avrupa'da akıllı ulaşım sistemlerinin desteklenmesini ve kurulmasını hedefleyen projedir. Proje sonucunda ortaya koyulan referans mimari bu isimle anılmıştır.
IEEE 1609.X	IEEE tarafından WAVE ağları için geliştirilen ve IEEE 1609 başlığı altında tanımlanmış standartlar bütünüdür.
IEEE 802.11	WLAN teknolojilerinin özelliklerini tanımlayan bir IEEE standardıdır.
IEEE 802.11bd	V2X iletişimde kullanılmak üzere tasarlanan ve IEEE 802.11p'den daha gelişmiş özellikler sunan bir kablosuz ağ standardıdır. Özellikle daha yüksek hızlar, daha düşük gecikme süreleri ve daha yüksek güvenlik özellikleri sunar.
IEEE 802.11p	V2X iletişimi için kullanılan, özellikle akıllı ulaşım sistemleri için tasarlanmış bir kablosuz iletişim standardıdır.
ITS4US	ITS4US Kurulum (Deployment) Programı, temel hizmetlere erişimde genellikle daha büyük zorluklarla karşılaşan yetersiz hizmet alan topluluklar için daha verimli, uygun maliyetli ve erişilebilir ulaşım seçenekleri sağlamanın yollarını belirlemek için ITS JPO liderliğindeki bir örgütlenmedir.
ITS-G5	IEEE-1609.x ve IEEE-802.11p standartlarını temel alan araçlar arası haberleşmede kullanılan bir Avrupa standardıdır.
K-AUS	Araçlar, altyapı ve diğer kullanıcılar arasındaki bilgi paylaşımı ile trafik akışının yönetilmesini, kazaların önlenmesini, yolcu güvenliğinin artırılmasını ve ulaşımın daha verimli hale getirilmesini amaçlayan bir akıllı ulaşım sistemidir.
LTE	Kablosuz iletişim teknolojisi alanında yüksek hızlı veri aktarımı sağlayan bir standarttır.
LTE-V2X	Araçlar ve diğer cihazlar arasında iletişimi sağlayan LTE tabanlı bir kablosuz iletişim teknolojisi.
MEC	Mobil cihazlar gibi son kullanıcı cihazlarına daha yakın bir konumda bulunan bulut tabanlı hizmetler sunan bir teknolojidir. Bu teknoloji, 5G gibi yüksek hızlı ağlar için tasarlanmıştır ve uygulamaların işlenmesini ve depolanmasını, bulut yerine daha yerel bir düzeyde gerçekleştirir.

<i>MOD</i>	Paylaşımlı ulaşım araçlarına ve hizmetlerine erişimi kolaylaştıran ve farklı ulaşım modlarının entegrasyonunu sağlayan bir ulaşım sistemidir.
<i>NFC</i>	Yakın mesafe iletişimi teknolojisi sayesinde kablosuz olarak veri paylaşımı yapabilen bir teknolojidir.
<i>OBDII</i>	Araçlardaki hataları tespit eden ve performans bilgileri sağlayan bir standarttır.
<i>OBU</i>	Bir araçta bulunan, GPS teknolojisi ve diğer sensörler yardımıyla aracın konumunu ve durumunu belirleyen, kablosuz iletişim teknolojileri aracılığıyla diğer cihazlarla iletişim kurabilen bir donanım birimidir.
<i>P2P</i>	Merkezi bir sunucu olmadan iki ya da daha fazla istemci arasında veri paylaşımına imkân veren bir ağ protokolüdür.
<i>PKI</i>	Dijital sertifikaların oluşturulması, yayılması, yönetimi ve doğrulanması için kullanılan bir sistemdir ve açık anahtarlı şifreleme yöntemiyle çalışır.
<i>RSU</i>	Otoyol kenarlarında veya şehirlerde konumlandırılarak altyapı sistemleri ve AUS istasyonları arasında bilgi alışverişine imkân veren bağlantılı bir cihazdır.
<i>Waterfall Method</i>	Bu yazılım geliştirme süreci; analiz, tasarım, kodlama, test, sürüm ve bakım gibi safhalardan oluşmakta olup doğrusal bir şekilde ilerler.
<i>Yanal Kontrol</i>	Direksiyon açısının ayarlanması suretiyle araç hareket doğrultusunun kontrolüdür.

1 GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre (World Health Organization, 2022) her yıl yaklaşık 1,3 milyon insan karayolu trafik kazaları sonucu hayatını kaybetmektedir. Kazalar sonucu 20 ila 50 milyon arası insan yaralanmalara maruz kalmakta, bu bireylerin çoğunda kalıcı hasarlara sebep olmaktadır. Yüksek miktardaki karayolu trafik kazaları, bireyler, aileleri ve uluslar için büyük bir manevi kayıp oluşturmakla beraber, ülke ekonomisi açısından da bir yük oluşturmaktadır. ABD Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi'nin 2023 yılında yaptığı açıklamada (US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2023); 2019 yılında meydana gelen motorlu taşıt kazalarının 36.500 insanın ölümüne, 4,5 milyon insanın yaralanmasına ve 23 milyon aracın hasar görmesine neden olduğu, bu kazaların 2019 yılında ABD'ye 340 milyar dolara mal olduğu belirtilmiştir. Ekonomik açıdan incelendiğinde trafik kazalarının neden olduğu tedavi maliyetinin yanı sıra hayatını kaybeden veya kalıcı fiziksel hasara maruz kalan bireylerin ve ailelerinin iş gücü açısından da bir kayıp oluşturduğu görülmektedir. Bu nedenle, karayolu trafik kazaları çoğu ülkede gayri safi yurtiçi hasıllarının %3'üne mal olmaktadır (World Health Organization, 2022). Trafik kazalarının önlenmesi, sadece can kayıplarının azaltılmasını değil, kazalarla birlikte gelen tüm maliyetlerin azaltılmasını da sağlayacaktır.

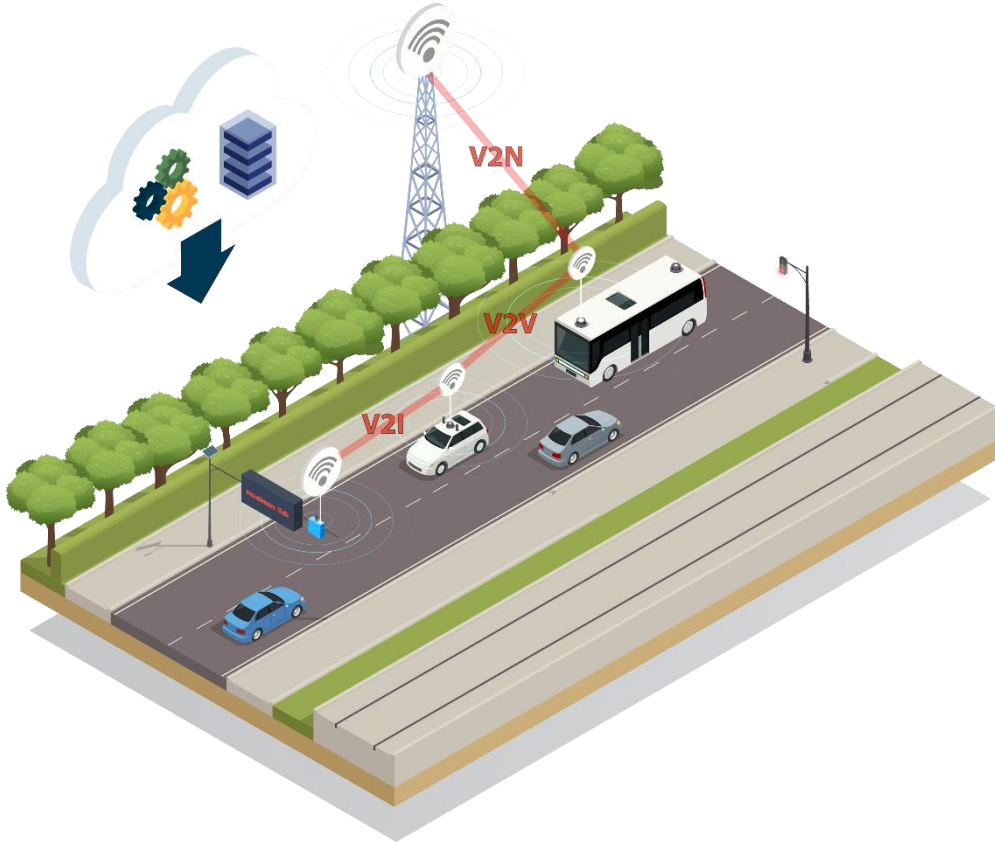
ABD Enerji Bakanlığı Araç Teknolojileri Ofisi'ne göre (US Energy Department Vehicle Technologies Office, 2021), trafik tıkanıklığı nedeniyle fazladan tüketilen yıllık yakıt her yıl artmakta (1982-2019 arasındaki değerler baz alınmıştır. 2020-2022 yılları pandemi nedeniyle dikkate alınmamıştır) olup bu miktar ABD'de 2019 yılında 3,5 milyar galona ulaşmıştır. Ayrıca, küresel ısınma emisyonlarının %15'inin karayolu ulaşımından kaynaklandığı bilinmektedir (Ritchie, 2020). Tüm bu unsurların getirdiği negatif etki ve maliyet yükü; ulaşımın daha akıllı hale getirilmesi ve yeni teknolojilerin akıllı ulaşım sistemine entegre edilmesi sonucu daha gelişmiş AUS ile azaltılabilir. Bu sayede birçok kaza engellenebilir, yüksek miktardaki yakıt tüketimi ve buna bağlı karbon salınımı azaltılabilir.

Trafikteki araçların altyapıdaki durum değişikliğinden gerçek zamanlı olarak bilgi sahibi olması, o araç sürücüsünün daha doğru karar vermesini sağlar. Aynı şekilde, trafikteki araçların durumlarını gerçek zamanlı olarak elde edebilen bir altyapı ve trafik yönetim sistemi, bu bilgiyi trafiğin daha verimli yönetilmesi ve kazaların önlenmesi için kullanabilir. Kavşağa yaklaşmakta olan araçların kaza yapması engellenebilir. Araç sürücüleri, kavşakta yer alan trafik ışıklarının yeşilden-kırmızıya (ve tam tersi) yanma süresini anlık olarak bilmesi durumunda hızlarını, yavaşlama ve hızlanmalarını ona göre ayarlayabilirler. Trafik yönetim merkezleri; doğrudan

araçlardan elde edilebilecek bilgiler sayesinde trafikteki anlık yoğunluk bilgilerini daha hassas hesaplayabilir, trafik sinyal sürelerini daha iyi ayarlayabilir, tüm trafiği daha iyi yönetebilir. Tüm bu gereksinimler, uzun süredir çalışılmakta ve geliştirilmekte olan araçtan her şeye veya “V2X” olarak adlandırılan iletişim yöntemi ile sağlanabilmektedir.

V2X haberleşmesi kullanarak trafikte yer alan araçların birbirleriyle ve altyapı ile haberleşmesi sonucu, araçların ve araçta bulunan sürücü ve yolcuların bu bilgilere sahip olması sayesinde daha etkin trafik ve sürüş sağlanabilmektedir. Araç ve yol durum bilgilerinin toplanması, elektronik ücret toplama, kaza ve acil durum bilgilerinin elde edilmesi sağlanabilmekte, sürücü bilgilendirme vb. servisler verilerek yol ve sürüş güvenliği büyük ölçüde iyileştirilebilmektedir.

V2X teknolojisinin getirdiği faydalar çok çeşitli ve kapsamlıdır. ABD Ulaştırma Bakanlığı Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi tarafından yapılan analiz çalışmalarında, bağlantılı araç teknolojisinin potansiyel kaza senaryolarının yaklaşık yüzde 80'ini engelleyebileceği belirtilmiştir (U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2012). Gerçek zamanlı trafik verilerinin (V2V, V2I ve I2V yoluyla) paylaşılması, trafik sıkışıklıklarını önleyebilmekte, böylece araçların yoğun trafiğe maruz kalmasını engelleyebilmektedir. Sürücüler, kör noktadan yaklaşan araçların olması durumunda, önlerindeki bir aracın aniden fren yapması gibi birçok olası çarpışma durumlarına karşı uyarılarak kazalar engellenebilmektedir. Yol ve sürüş güvenliği nedeniyle hız tehditlerinin olduğu bölgelerde veya yaklaşılmakta olan trafik ışığı değişmek üzereyse sürücüler uyarılarak sürücünün durum farkındalığı arttırılmaktadır. Böylece kazaların önlenmesi, trafik sıkışıklığının azaltılması, konforlu sürüş için daha nitelikli ve kapsayıcı bir sistem elde edilmiş olmaktadır.



Şekil 1 K-AUS ve bileşenleri

Akıllı ulaşım sistemlerine büyük bir fayda ve katkı sağlayan V2X iletişim teknolojisi, araçları bağlantılı hale getirmekte, bu sayede AUS bileşenleri arasında iş birliğini arttırmakta ve daha nitelikli hizmetlerin verilmesini sağlamaktadır. Araçlar kendi aralarında ve altyapı ile DSRC temelli IEEE 802.11p¹ standardı, LTE-V2X veya NR V2X standardı (3GPP 5G) ile veri paylaşabilmektedir. Araçların her zaman her yerde erişilebilir olmasını sağlayan bu ağa genel olarak Bağlantılı Araçlar (Connected Cars) denilmektedir. Bu sayede mevcut AUS servislerine ilave olarak yeni servisler geliştirilmekte/oluşturulmaktadır.

V2X iletişimi ve Bağlantılı Araçlar (Connected Cars) ile sağlanan hizmetlerin AUS uygulamalarına eklenmesi, AUS bileşenleri arasında veri alışverişini mümkün kılarak mevcut sistemleri işbirlikçi hale getirmektedir. Artan durum farkındalığı ve iş birliği sayesinde yol güvenliği, trafik yönetimi ve sürüş konforu açısından daha etkili çözümler sunmayı sağlayan

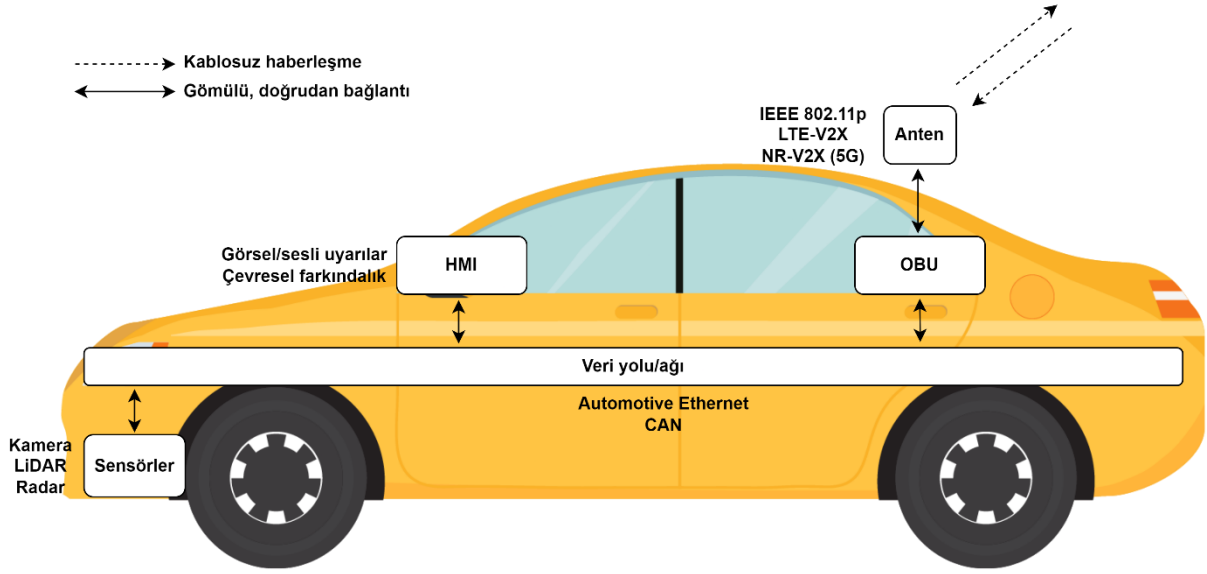
1 IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments

bu sistemler bütününe **Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS)** (Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)) adı verilmektedir. K-AUS ile sağlanması beklenen servislerin ve uygulamaların büyük ekonomik ve sosyal faydalar ile daha etkin ve güvenli ulaşım sağlaması beklenmektedir. Bu haberleşme yöntemi ile elde edilen büyük veri, günlük hayatta kullanımı ve etkisi artan yapay zekâ temelli çözümlerin ihtiyaç duyduğu veri ihtiyacını karşılayarak ulaşım alanında daha etkili çözümlerin sunulması için kullanılabilir. Bağlantılı araçlar, anlık veri paylaşımında bulunabilir ve oluşan anormal durumları çevresine veya altyapıya bildirebilir. Örneğin; hız bilgilerini sürekli olarak paylaşmakta olan bir bağlantılı aracın hız değişimi anlık olarak analiz edilerek verileri ağa aktarılmakta olan bu araç için kaza gibi anormal bir durumun meydana gelmiş olabileceği saptanabilir ve gerekirse acil müdahale personeli gönderilebilir. Birçok farklı amaç için araçtan elde edilen anlık ve geçmiş veri bilgisi ile veri analizleri yapılabilir, araçlara yönelik akıllı servisler geliştirilebilir. Bağlantılı araçlar yaygınlaştıkça, makine öğrenim platformları zaman içinde verilerden modeller geliştirebilir ve olayları tahmin edebilir.

Genel bir değerlendirme ile Bağlantılı Araçlar ve Bağlantılı Araç Altyapıları, sürücülere yol ve trafik durum farkındalığı oluşturarak (1) kazaları ve tehlikeli durumları önlemeyi ve yol/sürüş güvenliğini artırmayı, (2) trafik verimliliğini artırmayı ve (3) sürücülere (ve araçtaki diğer kullanıcılara) daha konforlu bir sürüş imkânı sunmayı hedeflemektedir. Bunu sağlamak için trafik yönetim sistemleri, altyapı öğeleri ve sürücüye yönelik araç içi ara yüzlerin de dahil olduğu tüm sistem bileşenleri veri iletim zincirinde yer almaktadır. Bu kapsamlı sistemde araç, altyapı ve merkezde, donanım ve yazılım içeren pek çok bileşen bulunmaktadır. Bu dokümanda yer almakta olan **Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi**, Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemlerinin bir parçasını oluşturmaktadır.

1.1 Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)

“**Araç içi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)**”; trafik ve sürüş emniyeti, sürücü bilgilendirme, araç ve yol durum bilgilerinin toplanması, elektronik ücret toplama, trafik verimliliği, enerji verimliliği, ulaşım sürelerinde azalma ve konforlu sürüş gibi faydaların sağlanmasına yönelik sunulan K-AUS servislerinin, trafikte seyreden araçlara sunulması amacıyla araç içinde yer alan donanım ve yazılımlar bütününe verilen isimdir. ABHS ile insan sürücülü araçlarda sürücünün tehlikeli, olağandışı durumlara karşı veya yol durumuna yönelik bilgilendirilmesi ve otonom araçlarda aracın uzaktan kontrolü veya durum farkındalığının artırılması sağlanabilir. Bu nitelikleri ve gereksinimleri sağlamak için ABHS, araçta bulunan V2X haberleşme radyo birimi (ve yazılımları) aracılığıyla diğer araçlar ve altyapı ile sürekli ve düzenli olarak iletişim sağlar, bilgi alışverişinde bulunur.



Şekil 2 ABHS ve Bileşenleri

ABHS'nin merkezinde çevredeki araçlarla ve diğer K-AUS bileşenleri ile iletişimi sağlayan araç üstü birim (on-board unit, OBU) bulunur. Araç üzerinde yer alan LİDAR, radar, GNSS gibi çeşitli sensörlerden alınan bilgiler ECU (Electronic Control Unit, Elektronik Kontrol Ünitesi) aracılığıyla araç içinde bulunan ağa iletilerek çeşitli ABHS uygulamaları kullanılabilir hale gelir. Uygulamalar, bu bilgilerin değerlendirilmesi ile üretilen bilgileri OBU aracılığıyla paylaşılabilir hale getirir. Bu uygulamalar çift yönlü olarak çalışır. Aynı şekilde diğer K-AUS bileşenleri (diğer araçlar, altyapı bileşenleri gibi) tarafından paylaşılan bilgiler de OBU aracılığıyla bu uygulamalar tarafından kullanılabilir hale getirilir. Bu bilgilerin iletimi ve alımı için ITS-G5 ve WAVE gibi protokol yığını standartları bulunmaktadır. OBU, bağlı olduğu ve DSRC temelli IEEE 802.11p, 802.11bd, LTE-V2X veya NR-V2X protokolünü destekleyen bir anten aracılığıyla bu iletişimi gerçekleştirir.

1.2 ABHS ve K-AUS

ABHS, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanarak yayımlanan Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı'na bir eylem olarak dahil edilmiştir. “Eylem 3.3. Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)” kapsamında ABHS'nin teknik özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. ABHS, araç içindeki donanım, yazılım ve ilgili bağlantıları kapsayan bir sistemi ifade etmektedir.

Eylemin gerçekleştirilmesi aşamasında, yapılan araştırmalar sonucu sadece araç içerisindeki sistem bileşenlerinin özelliklerinin belirlenmesinin yetersiz kalacağı tespit edilmiştir. Trafikte daha güvenli, verimli ve çevreci bir sürüşün sağlanabilmesi için araç içi bilgi ve haberleşme sisteminin, araç içindeki yapılarla kuracağı iletişim ve veri alışverişine ek olarak trafikte

seyreden diğer araçlar, altyapı bileşenleri (RSU, değişken mesaj işaretleri, trafik ışıkları gibi), (hücre) ağ ve trafik yönetim sistemleri ile veri alışverişinde bulunması gerekmektedir. Bu nedenle araç içi bilgi ve haberleşme sisteminin tüm bu yapılarla uyumlu bir şekilde çalışabilmesi ve veri alışverişini sağlayan tüm donanım ve yazılım bileşenlerinin standardizasyonu için K-AUS ile birlikte bir bütün olarak incelenmesi gerekmektedir.

1.3 Kapsam ve Raporun İçeriği

Bu doküman ile K-AUS'un ve ABHS'nin dünyada ve ülkemizdeki mevcut durumunun ortaya koyulması amaçlanmıştır. K-AUS ve ABHS çalışmalarının ülkemiz kuruluşları tarafından da yürütülebilmesi için öncesinde ilgili teknolojinin tanınması, dünyadaki konumu, mimarisi, uygulamaları ve Türkiye'deki durumu açısından gerekli bilginin edinilmesi önemli olup bu ihtiyacı karşılamak amacıyla bu doküman hazırlanmıştır. Doküman hazırlanırken bu alanda çalışmalar yürüten kurum, kuruluşlar ve özel sektör temsilcileri ile çevrimiçi anket çalışması yapılmıştır.

Raporda ilk olarak ABHS ve K-AUS'un dünyadaki mevcut durumu incelenmektedir (bkz. 2 . bölüm: Dünyada Mevcut Durum). Bu bölümde ilk olarak (2.1) ABHS ve K-AUS konusunda dünyada öncü olarak görülen ülke ve bölgelerin (ABD, AB ve Çin) bu alandaki mevzuat, politika, strateji belgeleri ve eylem planları ve bu ülkelerde veya bölgelerde ABHS'nin ve K-AUS'un geliştirilmesine yönelik aktiviteleri incelenmektedir. Sonraki iki bölüm ABHS teknik incelemesine ayrılmış olup (2.2) mimari yapı ve bileşenler ve (2.3) mevcut uygulamalar bu bölümde değerlendirilmiştir. Bir sonraki bölüm (2.4) ise dünya çapında ABHS'ye yönelik üretimi yapılmış ve kullanılmakta olan donanım ve yazılım bileşenlerini ayrıntılı bir biçimde listelemektedir. Son olarak, raporun bu kısmında ortaya koyulan içerikten yola çıkılarak dünyada ABHS ve K-AUS'a yönelik eğilim ve yönelimler incelenmektedir (2.5).

Dünyada mevcut durumun incelenmesinden sonraki bölümde, Türkiye'deki mevcut durum incelenmiştir (bkz.3.bölüm: Türkiye'de ABHS Alanında Yürütülen Çalışmalar). Bu bölümde de ülkemizdeki mevzuat, politika, strateji belgesi ve eylem planlarının incelenmesinin yanı sıra ABHS ve K-AUS alanında ülkemizde endüstri kuruluşları ve akademik kuruluşlar tarafından yürütülen çalışmalar incelenmiş olup bu alanda geliştirilen donanım ve yazılım ürünleri, pilot ve saha uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak ülkemizdeki eğilim ve yönelimlerden yola çıkılarak ABHS ve K-AUS teknolojilerinin yaygınlaştırılmasına yönelik önerilere ve gereklilik analizine yer verilmiştir.

Raporda aynı zamanda yıkıcı teknolojilerin (otonom araçlar, 5G ve yeni nesil hücre) ağlar, yapay zekâ gibi) ABHS ile etkileşimi incelenerek bu teknolojiler bütününe birlikte nasıl

kullanılabileceği konusunda bilgiler verilmiştir (bkz. 4 . bölüm: Yıkıcı Teknolojilerin ABHS ile Birlikte Kullanımı). Raporun son kısmı ise sonuç ve değerlendirmelere ayrılmıştır (bkz. 5 . bölüm: Sonuç ve Değerlendirmeler). Bu bölümde raporda paylaşılan bulguların değerlendirmesi yapılmış ve bahsedilen teknolojiler bütünüünün gelişiminin daha etkili bir biçimde yönetilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

2 DÜNYADA MEVCUT DURUM

ABHS ve K-AUS alanındaki çalışmalar uzun yıllardır birçok ülkede farklı içerik ve çerçevelerde devam etmektedir. ABHS ve K-AUS'a yönelik donanım, yazılım ve sistem uygulamaları prototip ve ürün olarak geliştirilerek test ve pilot uygulamaları yapılmıştır. Saha uygulamaları ise dünyada belirli bölge ve yollarda yerini almıştır. Bu bölümde, dünyadaki mevcut durum birçok yönden ele alınmaktadır. Öncelikle, ABHS ve K'AUS'a yönelik dünyadaki mevzuat, politika, strateji belgeleri ve eylem planları incelenmekte, sonrasında bu alanlara yönelik çalışmaların teknik incelemesi yapılmaktadır. Mimari yapı ve bileşenleri ile gerçekleştirilmiş saha ve pilot uygulamalar incelenmiştir. ABHS ve K-AUS kapsamında üretimi yapılmış ve kullanılmakta olan donanım ve yazılımlara yer verilmiştir. Son olarak, bu alanlardaki eğilimler ele alınmıştır.

2.1 ABHS'ye Yönelik Mevzuat, Politika, Strateji Belgeleri ve Eylem Planları

Dünya'da ABHS'ye yönelik çalışmalar diğer teknolojilerde olduğu gibi bölgelere göre benzerlik ve farklılık gösterebilmektedir. Uluslararası uyumluluk ve birlikte çalışabilirlik her yeni teknolojiye istenen bir özelliktir, ancak mevcut sistemler, mevzuatlar, ihtiyaçlar, öncelikler ve uygulanabilirlik durumu bölgeden bölgeye değişkenlik arz etmektedir. Bu farklılıklar, yaklaşımlar ve uygulama evrelerinin de bölgeden bölgeye farklılık göstermesine neden olabilmektedir. Mevcut mevzuatlardaki kısıtlar ya da eksiklikler; sorumlulukların paylaşımı, büyük ölçekli saha uygulaması için iyi ve nitelikli ön çalışmaların gerekliliği, kaynakların etkin kullanımı, mevcut sistemlere kolay ve doğru bir şekilde entegrasyonu, iş modellerinin doğru tanımlanması gibi birçok nedenle düzenlemelerin, stratejik çalışmaların ve eylem planlarının hazırlanmasını gerektirmiştir. Bu bölümde, dünyada ABHS alanında katkı sağlayan ve yön veren bölge/ülkelere ait yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Bu bölümde, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Avrupa Birliği (AB), Çin gibi ülkelerin ABHS kapsamında mevcut durumu, politika, yapılanma, mevzuat, strateji belgeleri ve eylem planları ile ülkelerin ABHS'yi geliştirmeye yönelik yapılan çalışmaları ele alınmıştır.

2.1.1 Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

2.1.1.1 Mevcut Politika ve Yapılanma

Akıllı Ulaşım Sistemleri Ortak Program Ofisi (Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, ITS JPO), federal hükümete bağlı Birleşik Devletler Ulaştırma Bakanlığı (United States Department of Transportation, USDOT) tarafından ABD'de AUS alanındaki araştırma, geliştirme, test ve uygulama faaliyetlerinin yürütücülüğünü ve yöneticiliğini üstlenen kuruluştur.

ITS JPO, bu alandaki faaliyetlerin yürütülmesi amacıyla USDOT bünyesinde yer alan ve aşağıda listelenen alt kurumlar ile iş birliği içinde hareket etmektedir (ITS JPO, 2023):

- Federal Karayolları İdaresi (Federal Highway Administration, FHWA)
- Federal Motorlu Taşıyıcı Emniyeti İdaresi (Federal Motor Carrier Safety Administration, FMCSA)
- Federal Demiryolları İdaresi (Federal Railroad Administration, FRA)
- Federal Toplu Taşıma İdaresi (Federal Transit Administration, FTA)
- Ulusal Karayolları Trafik Emniyeti İdaresi (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)
- Denizcilik İdaresi (Maritime Administration, MARAD)
- Araştırma ve Teknoloji Bakan Yardımcısı Ofisi (Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, OST-R)
- Boru Hattı ve Tehlikeli Madde Güvenliği İdaresi (Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, PHMSA)
- St. Lawrence Denizyolu Geliştirme Şirketi (St. Lawrence Seaway Development Corporation, SLSDC)

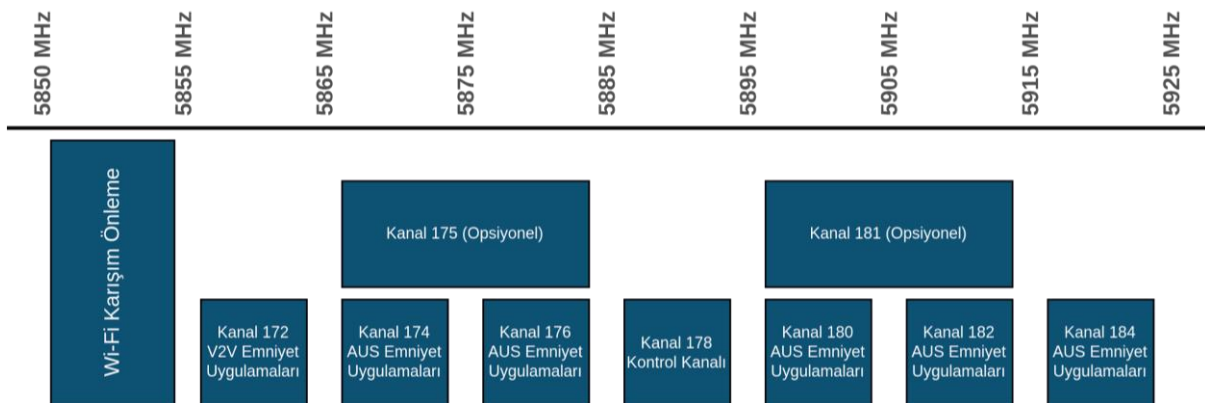
USDOT bünyesinde yer alan alt kurumlar, görev alanlarında ABHS kullanımına yönelik araştırma faaliyetlerini yönetmekte, teknolojinin kullanım ve standardizasyonuna yönelik öneriler, inceleme raporları ve teknik raporlar sunarak ITS JPO tarafından gerçekleştirilen ABHS çalışmalarına destek olmaktadır. 2014 yılında NHTSA tarafından V2V haberleşmesinin hafif motorlu taşıtlarda standardize edilmesine yönelik yayınlanan öneri (National Highway Traffic Safety Administration, 2014) ve beraberinde bu öneriyi desteklemek üzere yayınlanan V2V teknoloji hazırlık seviyesi teknik raporu (Harding, 2014) bunlara örnek olarak gösterilebilir.

USDOT ve bünyesinde yer alan alt kurumlar tarafından akademi, kamu ve özel kuruluşlar ile ortak çalışma sonucu yayınlanan teknik raporlar, araştırmalar ve mevzuat önerilerine ek olarak ABHS kullanımının yaygınlaştırılmasına ve geliştirilmesine yönelik çeşitli eyalet ve şehirlerde hayata geçirilen pilot uygulamalar, mevcut teknolojilerin kullanıma sunulması etkilerinin ortaya çıkarılmasını ve değerli veri elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Ek olarak, ABHS'nin yaygınlaştırılmasına yönelik proje destekleriyle, mevcut teknolojilerin belediye ve özel kuruluşlar tarafından hayata geçirilmesi sağlanmaktadır. Pilot uygulamalar ve fon destekli projeler, 2.1.1.4 ABHS'nin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması Kapsamında Yapılan Çalışmalar başlığı altında detaylandırılmıştır.

Federal İletişim Komisyonu (Federal Communication Commission, FCC), eyaletler arası kablolu ve kablosuz iletişimin yasal düzenlenmesinden sorumlu komisyondur. Kongre tarafından denetlenen ve bağımsız bir kuruluş olan komisyon, ABD'nin iletişim yasasını yürürlüğe koymaktan ve uygulamaktan sorumludur. Aynı zamanda K-AUS bünyesinde çeşitli ABHS uygulamaları tarafından kullanılmak üzere ayrılan iletişim bandının regülasyonundan da sorumlu olan FCC; 1999 yılında 5.9 GHz bandında 75 MHz'lik bir bant genişliğini (5850 MHz - 5925 MHz) ABHS uygulamalarına ayırmış olup (Federal Communications Commission, 1999) 2021 yılında yeni bir düzenlemeyle bu bant aralığının kullanımında bazı değişiklikler yapmıştır (bkz. 2.1.1.2 Mevzuat).

2.1.1.2 Mevzuat

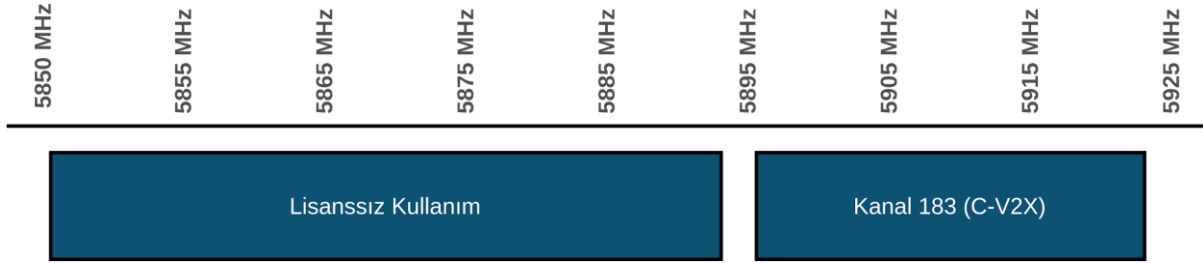
Halihazırda 5.9 GHz ABHS iletişim bandının kullanımına yönelik yapılan düzenlemeler dışında ABD'de ABHS özelinde yürürlüğe girmiş mevzuat bulunmamaktadır. ABHS iletişim frekans bandının kullanımı ise ilk olarak 1999 yılında FCC tarafından düzenlenerek, 5850-5925 MHz aralığındaki 75 MHz'lik frekans aralığı ABHS uygulamalarına ayrılmıştır (U.S. Federal Communications Commission, 1999). 2004 yılında yayınlanan yeni düzenleme ile (U.S. Federal Communications Commission, 2004) birlikte aralığın kullanımı detaylandırılmıştır ve Şekil 3'de görüldüğü gibidir. Bu düzenlemeye göre 5850-5855 MHz aralığında Wi-Fi karışımını önlemeye yönelik 5 MHz'lik bir koruma aralığı bırakılmış olup, kalan 70 MHz'lik (5855-5925 MHz) kısım DSRC haberleşmesine ayrılmıştır.



Şekil 3 2021 öncesi ABD'de 5.9 GHz ABHS bant aralığı düzenlemesi (USDOT, 2021)

FCC, 2020 yılında 5.9 GHz ABHS iletişim bandının düzenlenmesi ve bu aralığın daha verimli ve etkili kullanılması amacıyla, yeni bir öneri sunmuştur (Federal Communications Commission, 2020). Yayınlanan dokümanda 5850-5895 MHz aralığındaki 45 MHz'lik frekans

aralığının lisanssız kullanıma açılarak ABHS lisanslı kullanımının 5895-5925 MHz bandındaki 30 MHz'lik frekans aralığına daraltılması önerilmiştir. Aynı zamanda yayınlanan dokümanda 30 MHz'lik lisanslı kullanım aralığının Hücresele V2X (Cellular V2X, C-V2X) haberleşmesine; 5895-5905 MHz aralığının ise DSRC/C-V2X paylaşımlı kullanımına açılması önerilmiştir. 2021 yılında ise bu öneri şu değişiklikler ile kabul edilmiştir: **5850-5895 MHz bandındaki 45 MHz'lik frekans aralığı lisanssız kullanıma açılmış ve 5895-5925 MHz bandındaki 30 MHz'lik frekans aralığı ise yalnızca C-V2X kullanımına açılmıştır** (U.S. Federal Communication Commission, 2021), böylece 2020'de önerilen 5895-5905 MHz aralığının DSRC ve C-V2X paylaşımlı kullanımı kabul edilmemiştir. Düzenlemeye göre 5.9 GHz bandının ABHS uygulamaları için regülasyonu Şekil 4'teki gibidir.



Şekil 4 2021'de kabul edilen düzenlemeye göre ABD'de 5.9 GHz bant aralığı

ABHS'nin regülasyonuna yönelik bir diğer girişim ise 2014 yılında NHTSA tarafından yayınlanan Federal Motorlu Taşıt Emniyeti Standardı (Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS) No.150 önerisidir (National Highway Traffic Safety Administration, 2014). 2014 yılında ilk versiyonu yayınlanan standardizasyon önerisi, hafif motorlu taşıtlarda V2V haberleşmesinin zorunlu hale getirilmesini, V2V haberleşme özelliğinin minimum gereksinimlerini ve mesaj formatlarının standardize edilmesini kapsamaktadır. Gelen yorumlara ve teknolojik gelişmelere göre önceki versiyonunun revize hali 2017 yılında yayınlanmıştır (U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2017). Söz konusu çalışma henüz öneri kapsamında olup otomotiv üreticilerine yasal bir yükümlülük getirmemektedir.

2.1.1.3 Strateji ve Eylem Planları

ABHS'ye yönelik olarak USDOT tarafından vizyon ve eylem planı, hazırlanma aşamasında olup ileriki bir tarihte (süre belirtilmemiş) yayınlanması planlanmaktadır (USDOT, 2023). Bunun dışında ITS JPO tarafından yayınlanan beş yıllık AUS stratejik planı (U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, 2020) mevcuttur. Bu rapor ITS JPO'nun 2020-2025 yılları arasında gerçekleştirmeyi planladığı AUS'un geliştirilmesi, gelişmekte olan ve kolaylaştırıcı teknolojilerin AUS'ta kullanılması ve AUS'un

kullanımını artırmaya yönelik aktiviteler ile çalışma programlarını ortaya koymaktadır. Raporda AUS'a yönelik eylem planı 5 ana strateji halinde açıklanmıştır. Bunlar:

- Strateji 1: Ulaşım sistemi için var olan teknoloji alternatiflerini belirlemek ve değerlendirmek.
- Strateji 2: AUS araştırma ve geliştirme çalışmalarını kamu yararına koordine etmek ve yönlendirmek.
- Strateji 3: Ulaşım sistemini iyileştirmek için gelişmekte olan AUS teknolojilerinin faydalarını göstermek.
- Strateji 4: Kanıtlanmış AUS teknolojilerinin, yaklaşımlarının ve politikalarının ulaşım sistemi genelinde uygulanmasını desteklemek.
- Strateji 5: Tüm yüzey taşımacılığı modlarında faydaların tam potansiyelini gerçekleştirmek için AUS teknolojilerini ve politikalarını sürdürmek.

Beş yıllık strateji planına göre ITS JPO'nun çalışma programları şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

- Yeni ve kolaylaştırıcı teknolojiler
- AUS için siber güvenlik
- AUS veri erişimi ve değişimleri
- Otomasyon
- Tam Yolculuk (Yetersiz Hizmet Alanlar için Akıllı Ulaşım Sistemleri)-ITS4US (USDOT, 2023)
- AUS gelişiminin hızlandırılması
 - AUS Değerlendirmesi
 - AUS Profesyonel Kapasite Geliştirme
 - AUS Mimarisi ve Standartları
 - AUS İletişimi

Belirlenen çalışma programlarında; ilgili programın amacı, ITS JPO'nun rolü ve planlanan aktivitelerden bahsedilmektedir. ABHS, AUS'un gelişiminde kolaylaştırıcı bir teknoloji olarak ele alınmaktadır ve planlanan eylemler arasında ABHS'nin gelişimine yönelik maddeler de bulunmaktadır. Strateji planına göre ABHS'ye yönelik planlanan eylemler aşağıdaki gibidir:

- Yeni ve kolaylaştırıcı teknolojiler:

- K-AUS'un ve bağlantılı, otonom hareketliliğin ulaşımda iletişim ile mümkün kılınması için haberleşme teknolojilerinin araştırılması ve test edilmesi (U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, 2020).
- Teknolojiler üzerine yapılan federal, eyalet ve yerel, özel sektör ve akademik araştırmaların keşfedilerek araştırma ihtiyaçlarının ve fırsatlarının belirlenmesi.
- Kooperatif AUS ve bağlantılı ve otomatikleştirilmiş taşımacılığı sağlayabilmek için ulaşım bağlantısını destekleyecek iletişim teknolojisinin araştırılması ve test edilmesi.
- Ulaşım emniyetini ve sistem verimliliğini destekleyen gelecekteki spektrum kullanım modellerinin araştırılması.
- Teknolojik yeniliklerin benimsenmesini hızlandırmaya yardımcı olacak yeni kurumsal modellerin geliştirilmesi.
- Uygun olan araştırma çalışmalarının geliştirme ve uygulamaya dönüştürülmesi.
- AUS gelişiminin hızlandırılması (U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, 2020):
 - Kurulum İzleme Anketleri² ve Bilgi Veritabanı³ gözden geçirme işlemleri dahil olmak üzere, bağlantılı ve otonom teknoloji kurulumunun ana unsurlarını iyileştirmek için bir program incelemesinin yapılması.
 - Bağlantılı araç teknolojilerine yönelik bilgi birikimini ve teknoloji transferini desteklemeye yönelik modüler eğitim içeriklerinin oluşturulması ve çeşitli platformlara yönelik uygulamaların geliştirilmesi (akıllı telefon, sosyal medya vb.).

2 Kurulum faaliyetlerini yürüten kuruluşlara her 3 senede bir yapılan anket sonuçlarının analizlerinin yapılması işlemleri (U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, 2020).

3 Mevcut ve gelecekteki AUS kurulumlarını desteklemek için anketler ve değerlendirmelerden elde edilen içgörü ve sonuçların kayıt altında tutulduğu veritabanı (U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology, 2020).

- Bağlantılı ve otonom teknolojilerin ulaşım sistemine ve AUS altyapı sistemlerine güvenli ve uyumlu entegrasyonunu sağlamak için olgun ve kapsamlı AUS standartlarının oluşturulması.
- Gönüllü teknik standart⁴ ihtiyaçlarının belirlenmesi, uygun bilgi ve iletişim teknoloji standartlarının uyarlanması desteklenmesi ve yararlı görülmesi halinde AUS standartlarının geliştirilmesi.
- Halihazırdaki AUS referans mimarisi ve araçlarının, geniş ölçekli, eyaletler arası ve uyumlu AUS altyapısı kurulumu sağlanacak şekilde, bağlantılı ve otonom teknolojiler de dahil olmak üzere güncellenmesi.

V2X teknolojisi, USDOT tarafından yeni ve AUS'u kolaylaştırıcı teknolojiler arasında kabul edilmektedir. V2X teknolojisinin günlük hayatta uygulanabilir hale getirilmesi için pilot uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Ek olarak belediye ve özel kuruluşların uygulamalarını artırmaya yönelik projelere fon desteği sunulmaktadır (USDOT, 2023).

2.1.1.4 ABHS'nin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması Kapsamında Yapılan Çalışmalar

ABD tarafından V2X haberleşmesine yönelik ilk düzenleme 1999 yılında FCC tarafından yapılmış olup 5.9 GHz bandının DSRC haberleşmesi için ayrılmasıyla gerçekleştirilmiştir (U.S. Federal Communications Commission, 1999). Daha sonra 2004 yılında bu düzenlemeye getirilen eklentiyle DSRC haberleşme yöntemine göre frekans aralığının kullanımı detaylandırılmıştır. ABHS kullanımının ülke genelinde geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması amacıyla çoğunlukla USDOT bünyesinde olmak üzere kamu kuruluşları, endüstri ile iş birliği halinde yayınlanan rapor, düzenleme ve standardizasyon önerileriyle katkıda bulunmaktadır.

2.1.1.4.1 Güvenlik Kimlik Bilgileri Yönetim Sistemi (Security Credential Management System, SCMS)

Geliştirme çalışmaları ITS JPO tarafından yürütülen ve koordine edilen SCMS, V2V ve V2I iletişim için bir kavram-ispatı⁵ mesaj güvenlik çözümüdür. Güvenli iletişimi sağlamak için Açık Anahtar Altyapısı (Public Key Infrastructure, PKI) temelli bir yaklaşım kullanır. SCMS'nin

4 Gönüllü standart kuruluşları ile iş birliği yoluyla, tüketici ürünleri için güvenlik standartları geliştirilmektedir. Çoğu durumda, bu standartlar endüstri gruplarını, devlet kurumlarını ve tüketici gruplarını en iyi tüketici ürünü güvenlik uygulamaları üzerinde anlaşmaya varmak için bir araya getirir.

5 Kavram-ispatı (PoC), uygulanabilirliğini göstermek veya pratik potansiyele sahip olduğunu doğrulamak için kavram veya teorilerin amacıyla beraber ilkesel olarak gösterilmesidir.

hayata geçirilmesi için USDOT, “Crash Avoidance Metrics Partnership” (Çarpışmadan Kaçınma Metrikleri Ortaklığı) adlı topluluk vasıtasıyla otomotiv ve endüstri uzmanlarıyla iş birliği yapmaktadır. SCMS’nin öngörülen getirileri aşağıda listelenmiştir (ITS JPO, 2023):

- Mesaj bütünlüğünün sağlanması- Transfer edilen mesajın transfer esnasında değiştirilmediğinin ispatı.
- Kaynak doğrulanabilirliğinin sağlanması- Mesaj kaynağının güvenilir ve meşru olduğunun ispatı.
- Veri gizliliğinin sağlanması- Kullanıcıların verilerinin gizli tutulması.
- Birlikte çalışabilirliğin desteklenmesi- Farklı araç marka ve modellerinin birbiriyle haberleşebilmesinin sağlanması ve bu şekilde araç üreticilerinin birbiriyle anlaşma yapma gerekliliğinin ortadan kaldırılması.

NHTSA, V2V haberleşmesine yönelik SCMS fonksiyonlarının geliştirilmesine destek olmaktadır. Bu amaçla kurum tarafından 2014 yılında V2V kapsamında SCMS’nin gerçekleştirilmesi ve uygulanmasına yönelik olarak endüstri kuruluşlarına çeşitli sorular yönlendirilmiştir (National Highway Traffic Safety Administration, 2014). Bu sorularda ilgili bileşenlerin geliştirilmesi ve operasyonuna yönelik teknik bilgi ve görüş edinmenin yanı sıra, rol almaya istekli özel kuruluşların varlığından haberdar olunması da amaçlanmıştır.

2.1.1.4.2 Endüstri Odaklı Çalışma ve İş birliği

ABHS’nin geliştirilmesinde ve düzenlenmesinde, bakanlıkların endüstri kuruluşlarıyla ortak çalışma eğilimi dikkat çekmektedir. 2018 yılında USDOT, V2X iletişimine yönelik olarak endüstri kuruluşlarına aşağıdaki soruları yönlendirmiş ve 59 farklı kaynaktan geri dönüş almıştır (U.S. Department of Transportation, 2018):

- (1) “V2X iletişimi için kullanılabilecek haberleşme teknolojilerini paylaşınız. Her teknolojinin avantajları ve dezavantajları nelerdir? Henüz üretimde olmayan teknolojilerin kullanılabilir hale gelmesi için ne kadarlık bir süre öngörmektesiniz?”
- (2) “Halihazırda ulaşım uygulamaları için 5.9 GHz spektrum bandında sadece DSRC kullanılmasına izin verilmektedir. Bu düzenleme, ulaşım uygulamaları için herhangi bir iletişim teknolojisine izin verilecek şekilde değiştirilirse, DSRC ve diğer teknolojiler (örneğin, C-V2X, 5G veya gelecekteki herhangi bir teknoloji) aynı spektrum bandında veya aynı kanalda parazit oluşturmadan çalışabilir mi? Lütfen cevabınızın nedenlerini açıklayınız. Bu hedefe ulaşmanın önünde herhangi bir teknik zorluk varsa, bunlar nelerdir ve bunların üstesinden nasıl gelinebilir?”

- (3) “Birden fazla V2X iletişim teknolojisi ve protokolünün birbiriyle birlikte çalışabilir olması teknik olarak ne ölçüde mümkündür? Lütfen cevabınızın nedenlerini açıklayınız. Birlikte çalışabilirlik, emniyet uygulamaları için performans gerekliliklerini karşılayacak şekilde mümkün hale getirilebilir mi? Birlikte çalışabilirliği sağlamak için hangi ek ekipmana ihtiyaç duyulmaktadır? Gerekli değişikliklerin öngörülen maliyeti nedir? Bu değişiklikler ve ekipman prototipleri ne kadar sürede test için hazır olabilir?”
- (4) “V2X iletişim teknolojilerinin ve protokollerinin farklı nesillerinin birbirleriyle birlikte çalışabilir olması teknik olarak ne ölçüde mümkündür? Lütfen cevabınızın nedenlerini açıklayınız. Bu, emniyet uygulamalarının performans gerekliliklerini karşılayacak şekilde yapılabilir mi? Birlikte çalışabilirliği sağlamak için standartlarda ve spesifikasyonlarda hangi ek ekipman veya ne tarz değişikliklerin gerekli olacağını öngörmektesiniz? Gerekli değişikliklerin öngörülen maliyeti nedir?”
- (5) “V2X emniyet uygulamaları için tek bir iletişim protokolünün kullanılmasının avantajları olur mu?”
- (6) “Alternatif iletişim teknolojilerinin geliştirilmesi, V2I ve V2P iletişimlerini nasıl etkiler? Bu haberleşme biçimleri, V2V iletişimi ile aynı veya farklı birlikte çalışabilirlik sorunlarına sahip midir? Farklı V2X uygulamalarının (ör. müfreze (platoon) oluşturma) özellikle gecikme süresini azaltmaya yönelik olarak farklı iletişim ihtiyaçları var mıdır?”
- (7) “Farklı iletişim teknolojileri, fiziksel güvenlik veya siber güvenlik gibi diğer konularla ilgili farklı sorunların ortaya çıkmasına neden olur mu? Bir yerine birden çok ama yine de birlikte çalışabilme niteliğine sahip iletişim teknolojileri kullanılırsa bu sorunlar ortadan kalkar mı?”
- (8) “İletişim teknolojilerinden (DSRC, C-V2X, 5G veya başka teknolojiler) mevcut ve gelişmekte olan otonom araç uygulamalarını desteklemek için nasıl yararlanılabilir?”
- (9) “Hem mevcut hem de planlanan uygulamalardan yola çıkılarak iletişim ihtiyaçları değerlendirilebilir mi? Bu uygulamalar hangi teknolojilerin en uygun olduğunu, birlikte çalışabilirliğin sağlanıp sağlanamayacağını ve nasıl gerçekleştirileceğini nasıl belirleyebilir?”

Benzer olarak, V2V haberleşmesinin hafif araçlarda standardize edilmesine (FMVSS) yönelik standardizasyon önerisi de 2014 yılında yoruma açık olarak yayınlandıktan sonra endüstri paydaşlarından ve alanında uzman kişilerden gelen geri dönüşlere ve teknolojik gelişmelere göre 2017 yılında revize edilerek yayınlanmıştır (U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 2017).

16 Ekim 2022 tarihinde ise USDOT tarafından kavşaklarda hassas yol kullanıcısı emniyeti uygulamalarının uygulanmasına yönelik olarak endüstri kuruluşlarına aşağıdaki kategorilerde çeşitli sorular yönlendirilmiştir (U.S. Department of Transportation, 2022):

- (1) Genel teknik hususlar
- (2) Sistem kurulumu ve operasyonu
- (3) İnsan faktörü ve performans ölçümü
- (4) Geliştirme maliyetleri ve kurulum için gereken süre
- (5) İsteğe bağlı yorumlar

2.1.1.4.3 Sektöre Yönelik Profesyonel Kapasite İnşası ve Bilgi Birikimi Desteği

ITS JPO, ABHS ve V2X haberleşmesine yönelik çalışma yürüten kişi, kurum ve kuruluşlara profesyonel kapasite inşası ve bilgi birikimi açısından destek olmaktadır (ITS JPO, 2023). Bu bağlamda sunulan destekler özetle aşağıdaki gibidir:

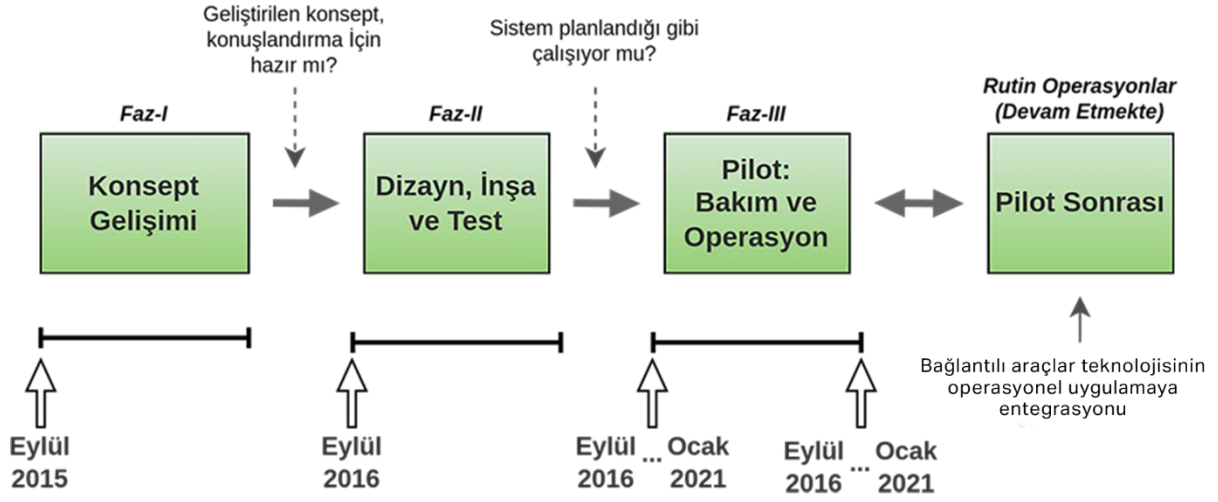
- Ekipman üreticilerine, satıcılarına ve altyapı operatörlerine ekipman kredisi ve teknik destek
- AUS'a yönelik açık kaynaklı yazılım platformu (OSS4ITS (ITS JPO, 2023))
- AUS standartları (ITS JPO, 2023) ve mimarisi (U.S. Department of Transportation, 2023)
- Uygulama verisine erişim
- Araştırma raporları, yayınlar ve teknik raporlar

Ek olarak, USDOT tarafından DSRC ve LTE-V2X teknolojilerine yönelik yürütülen test çalışmalarının sonuçları da internet üzerinden açık olarak paylaşılmaktadır (U.S Department of Transportation, 2023).

2.1.1.4.4 Bağlantılı Araçlar Pilot Uygulama Programı ve K-AUS Kurulumu Gerçekleştirilmiş Alanlar

ITS JPO tarafından yürütülen “Bağlantılı Araçlar Pilot Uygulama Programı” (ITS JPO, 2023) ile 2015 yılında Wyoming eyaleti (WYDOT), New York (NYCDOT) ve Tampa (THEA) şehirlerinde pilot uygulama alanları oluşturulmuştur. Program dört fazdan oluşmakta olup (bkz. Şekil 5); konsept, dizayn/inşa/test ve bakım/operasyon fazları tamamlanmıştır. 2021 itibarıyla pilot-sonrası fazına giriş yapan program, halihazırda K-AUS uygulamaları rutin bir çalışma

ortamı sunmaktadır. İlgili pilot bölgelerde gerçekleştirilen uygulamalar ise Tablo 1, Tablo 2, ve Tablo 3'te gösterilmiştir.



Şekil 5 Bağlantılı araçlar pilot uygulama planı (ITS JPO, 2023)

Tablo 1 WYDOT pilot bölgesinde kurulmuş olan K-AUS uygulamaları (ITS JPO, 2023)

Kategori	WYDOT K-AUS Uygulamaları
V2V Emniyet	Ön Çarpışma Uyarısı
V2I/I2V Emniyet	I2V Durum Farkındalığı
	Çalışma Bölgesi Uyarısı
	Bölgesel Hava Durumu Etkisi Uyarısı
V2I ve V2V Emniyet	Tehlikeli Durum Uyarısı

Tablo 2 THEA pilot bölgesinde kurulmuş olan K-AUS uygulamaları (ITS JPO, 2023)

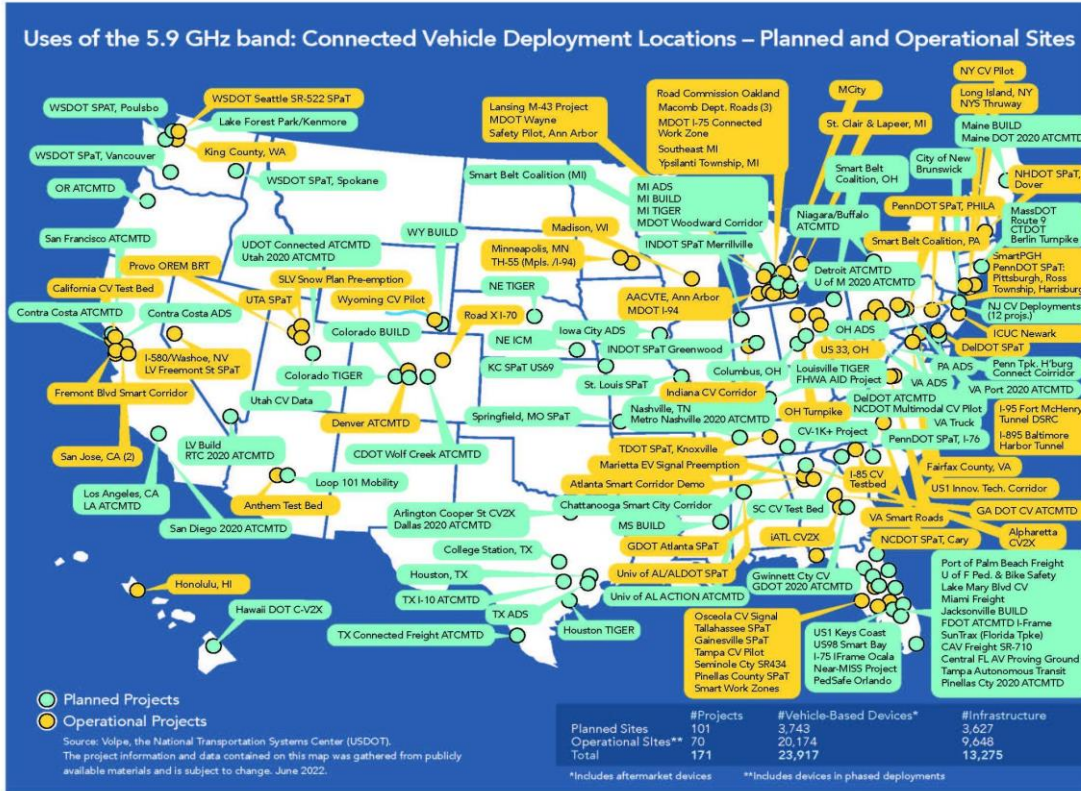
Kategori	THEA K-AUS Uygulamaları
----------	-------------------------

V2I Emniyet	Rampa Sonu Yavaşlama Uyarısı
	Yanlış Yola Girme Uyarısı
	Yaya Çarpışma Uyarısı
V2V Emniyet	Ani Fren Işığı Uyarısı
	Ön Çarpışma Uyarısı
	Kavşak Manevra Asistanı
	Toplu Taşıma Aracı Önünde Sağa Dönen Araç Uyarısı
Hareketlilik	Akıllı Trafik Sinyal Sistemi
	Toplu Taşıma Aracı Sinyal Önceliği

Tablo 3 NYCDOT pilot bölgesinde kurulmuş olan K-AUS uygulamaları (ITS JPO, 2023)

Kategori	NYCDOT K-AUS Uygulamaları
V2I/I2V Emniyet	Hız Uygunluğu
	Viraj Hız Uygunluğu
	Hız Uygunluğu/Çalışma Bölgesi
	Kırmızı Işık İhlali Uyarısı
	Büyük ve Geniş Araç Uygunluğu
	Acil Durum İletişimi ve Tahliye Bilgisi
V2V Emniyet	Ani Fren Işığı Uyarısı
	Ön Çarpışma Uyarısı
	Kör Nokta Uyarısı

	Şerit Değiştirme Asistanı/Uyarısı
	Kavşak Manevra Asistanı
	Toplu Taşıma Aracı Önünde Sağa Dönen Araç Uyarısı
V2I/I2V Yaya	Sinyalize Yaya Geçidinde Yaya Uyarısı
	Mobil Erişimli Yaya Sinyal Sistemi
Hareketlilik	Akıllı Trafik Sinyal Sistemi



Şekil 6 K-AUS 5.9 GHz “Emniyet Bandı” uygulama alanları (U.S. Department of Transportation, 2023)

Aynı zamanda ABD sınırları içerisinde çeşitli K-AUS uygulama kurulumları da mevcuttur. Kurulu uygulamalar USDOT tarafından “Emniyet Bandı” olarak adlandırılan 5.9 GHz bandında K-AUS için ayrılmış frekans aralığında çalışmaktadır. Şekil 6’da yer alan harita, halihazırdaki ve planlanan “Emniyet Bandı” uygulamalarını göstermektedir. USDOT, bu bölgelerin gösterildiği bir interaktif haritayı internet üzerinden sunmaktadır (U.S. Department of Transportation, 2023).

2.1.1.4.5 K-AUS'a Yönelik Fon Destekli Projeler

USDOT, AUS'un V2X haberleşme teknolojisi ile geliştirilmesine yönelik proje çağrılarında bulunarak bu alanda inovasyon, Ar-Ge ve kurulum faaliyetlerinde bulunmak isteyen kamu, endüstri kuruluşlarına ve akademik kuruluşlara destek olmaktadır. Aşağıda, bu alandaki destek programlarına örnek olan iki programdan bahsedilmiştir:

- (1) Hareketliliğin Güçlendirilmesi ve Ulaşımda Devrim Hibe Programı (SMART) (U.S. Department of Transportation, 2023)

Yıllık 100 milyon dolar bütçe destekli program, 2022-2026 yılları arasında aktif olacaktır. SMART programı, ulaşım verimliliğini ve güvenliğini artırmak amacıyla gelişmiş akıllı topluluk teknolojileri ve sistemlerine odaklanan gösterim projeleri için kamu kuruluşlarına hibe sağlamak üzere oluşturulmuştur. Bağlantılı araçlar gösterim projeleri de fonlanmaya elverişli projeler arasında sayılmaktadır.

- (2) Herkes İçin Güvenli Sokaklar ve Yollar Hibe Programı (SS4A) (U.S. Department of Transportation, 2023)

Karayolu kazalarına bağlı ölüm ve ciddi yaralanmalarının engellenmesine yönelik projeleri finanse etmek amacıyla oluşturulan ve hala aktif olan program, başlangıç tarihinden itibaren 5 yıl süreyle 5 milyar dolarlık bütçeye sahiptir. Program, yol kullanıcılarının emniyetini hedefleyen teknolojilerin kullanımını desteklemektedir. Bu nedenle, akıllı ve bağlantılı araçlara yönelik projeler de bunlara dahildir.

2.1.1.4.6 Uluslararası İş Birliği

USDOT, AUS'a yönelik resmi olarak Avrupa Birliği, Japonya ve Avustralya ile çalışmalar yürütmektedir. Aynı zamanda Kanada ve Güney Kore'nin de bu çalışma grubuna dahil olmaya yönelik ilgisini belirtmiş olduğu USDOT tarafından paylaşılmıştır (U.S. Department of Transportation, 2023). USDOT internet sitesinde belirtildiği üzere, bu uluslararası iş birliğinin amacı, bağlantılı araç teknolojileri için küresel bir pazarın büyümesini ve gelişmesini teşvik etmektir. Bu sayede, araç üreticilerinin ve diğer endüstri paydaşlarının; ekonomik büyümesi, operasyon alanlarının genişletilmesi ve yeni pazarlara girmesi teşvik edilecek; bununla beraber yeni endüstrilerin gelişimi, yeni çalışma alanlarının oluşturulması ve buna benzer faydalı çıktılar desteklenecektir.

Aynı zamanda USDOT tarafından ülkelerin ve bölgelerin; araştırmalarını, standartlarını, politikalarını ve teknolojilerini uyumlu hale getirmesinin önemine dikkat çekilerek farklı ülkeler ve bölgeler arasındaki uyumluluğun ve ortak çalışabilirliğin, bağlantılı araç teknolojilerinin

pazarlara daha hızlı ulaştırılmasına yardımcı olacağından ve dünya çapında uygulanmalarını hızlandıracığından da bahsedilmektedir.

2.1.2 Avrupa Birliği (AB)

2.1.2.1 Mevcut Politika ve Yapılanma

7 Temmuz 2010 tarihinde yürürlüğe giren ve 2010/40/EU sayılı, “Karayolu taşımacılığı alanında Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kurulması, Diğer Ulaşım Modları ile arayüzler için çerçeve direktifi” (European Parliament, Council of the European Union, 2010) ile AB üye ülkelerin AUS alanında dört adet “öncelik alanı (priority area)”nda ortak hareket etmesi ve bu alanlarda Avrupa Komisyonu tarafından belirlenecek düzenlemelere tabi olması kararlaştırılmıştır. Belirlenen dört adet öncelikli alan aşağıdaki gibidir (European Parliament, Council of the European Union, 2010):

- Öncelikli Alan 1: Yol, trafik ve seyahat verilerinin optimum kullanımı
- Öncelikli Alan 2: Trafik ve yük yönetimi AUS hizmetlerinin sürekliliği
- Öncelikli Alan 3: AUS karayolu emniyeti ve güvenlik uygulamaları
- Öncelikli Alan 4: Aracın ulaşım altyapısına bağlanması

4 numaralı öncelikli alan, Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemlerinin (K-AUS) uygulanmasının geliştirilmesi için gerekli adımların tanımını da kapsamaktadır. Bu nedenle aşağıdaki konular 4 numaralı öncelikli alan içinde sayılmaktadır (European Parliament, Council of the European Union, 2010):

- Araçlar, altyapılar ve araç ile altyapı arasında veri veya bilgi alışverişinin mümkün hale getirilmesi ve kolaylaştırılması
- İlgili araç veya yol altyapısı arasında transferi gerçekleştirilecek veri veya bilgilerin mevcudiyeti
- Araç ile altyapı arasında veri veya bilgi alışverişi için standartlaştırılmış bir mesaj formatının kullanılması
- Araçlar, altyapılar ve araç ile altyapı arasında veri veya bilgi alışverişi için bir iletişim altyapısının tanımı
- İlgili mimarilerin standardizasyon süreçleri

2.1.2.1.1 Avrupa Komisyonu Tarafından Yapılan Çalışmalar

AB bünyesinde K-AUS'a yönelik çalışmaların organizasyonu, regülasyonu ve kanunlaştırılmasına yönelik işlemleri yürüten kuruluş Avrupa Komisyonu'dur. Üye ülkeler, K-AUS konusunda çalışmalar yürütebilir ve kendi stratejik planlarını yayınlayabilir, ancak, mevzuat ve yasalaşma bağlamında Avrupa Komisyonu'na bağlıdır (European Parliament, Council of the European Union, 2010). Bu nedenle ve üye ülkeler arasında standardize bir sistemin kurulmasını sağlamak amacıyla komisyon, çalışmaların uyumlu hale getirilmesini sağlayacak platformlar (bkz. (European Commission C-ITS Platform, 2016; European Commission C-ITS Platform, 2017; European Commission Directorate-General for Mobility and Transport, 2016)) kurarak üye ülkelerin ve sektörde yer alan paydaşların K-AUS alanındaki koordinasyonunu sağlamaktadır.

2.1.2.1.2 C-Roads Platformu

AB genelinde K-AUS kurulum faaliyetlerinde rol alan çeşitli paydaşlar, (yasal otoriteler, yol operatörleri) C-Roads platformu (C-Roads Platform, 2023) ile bir araya gelmektedir. Avrupa Komisyonu ve 12 üye ülke (Avusturya, Belçika, Çekya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan, İtalya, Hollanda, Slovenya, İsveç ve Birleşik Krallık) tarafından 2016 yılında kurulan platform (European Commission Directorate-General for Mobility and Transport, 2016); bahsedilen üye ülkelerde gerçekleştirilen bağlı, otonom ve kooperatif sürüşe yönelik büyük-ölçekli pilot ve kurulum projelerini yürütmektedir.

AB çatısı altında yürütülen ortak araştırma, geliştirme ve demonstrasyon çalışmalarının yanında üye ülkelerin bakanlık ve yerel yönetimleri tarafından da K-AUS'un geliştirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmekte ve eylem planları oluşturulmaktadır.

2.1.2.2 Strateji ve Eylem Planları

2.1.2.2.1 K-AUS Avrupa Stratejisi

2016 yılında yayınlanan ve K-AUS alanında farklı girişimlerin ortak hareket etmesini hedefleyen strateji raporu (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016), K-AUS'un koordineli gelişimi ve kurulum çalışmalarını sağlamak amacıyla bir AB stratejisi sunmaktadır. Raporda siber güvenlik, gizlilik ve birlikte çalışabilirlik gibi kritik konular ele alınmakta ve 2019 tarihine kadar planlanan eylemler ortaya konulmaktadır. Rapor, K-AUS alanında AB için önemli bir kilometre taşı olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda bahsedilen strateji raporunda (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016) K-AUS kurulum ve uygulama çalışmalarının başarılı olabilmesi için çeşitli

sektörlerin birbiri arasındaki ortak çalışmasına ve yeni teknolojilerin yol açabileceği negatif etkilerden kaçınmak için yerel yönetimler ile iş birliği halinde olunması gerekliliğine dikkat çekilmektedir. Bunun yanında vatandaşların sürece dahil edilmesine ve kullanıcı odaklı bir K-AUS gelişimine de vurgu yapılmaktadır. Tablo 4'te AB K-AUS strateji raporunda belirtilen K-AUS servisleri listelenmiştir.

Tablo 4 AB K-AUS strateji raporunda belirtilen K-AUS servisleri (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016)

Gün-1 K-AUS Hizmetleri

Tehlikeli bölge bildirimleri:

- Yavaş veya duran araç(lar) & ileride trafik sıkışıklığı uyarısı
- Yol çalışması uyarısı
- Hava durumu
- Acil durum fren ışığı uyarısı
- Acil durum aracı yaklaşması uyarısı
- Diğer tehlikeli durumlar

Sinyal uygulamaları:

- Anlık trafik sinyal bildirimi
- Hız limiti bildirimi
- Trafik ışığı ihlali / kavşak emniyeti
- Trafik ışığı önceliği
- GLOSA
- Araç verisini sorgulama
- Trafikte şok dalgasını bitirme

Gün-1.5 K-AUS Hizmetleri

- Alternatif yakıtlı araçlar için yakıt/şarj istasyonu bilgilendirmesi
- Hassas yol kullanıcılarını koruma
- Yolda park yeri yönetimi ve bilgilendirmesi

- Yol dışında park yeri yönetimi ve bilgilendirmesi
- Park-et-devam-et alanı bilgilendirmesi
- Şehir içinde ve şehir dışında bağlantılı ve kooperatif navigasyon (ilk ve son mil, park etme, rota tavsiyesi, koordineli trafik ışıkları)
- Trafik bilgilendirmesi ve akıllı rotalandırma

Strateji raporunda (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016) bahsedilen ve 2019 yılına yönelik hedeflenen eylemler ise aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

(1) Öncelikli olarak kurulması gereken K-AUS hizmetleri

Öncelikli hizmetler Gün-1 ve Gün-1.5 olarak sınıflandırılarak (bkz. Tablo 4) Gün-1 hizmetlerinin kurulumu gerekliliğine dikkat çekilmiş ve Gün-1.5 hizmetlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesine vurgu yapılmıştır.

- Üye Devletler ve yerel yönetimler, araç üreticileri, yol operatörleri ve AUS endüstrisi, K-AUS kurulumunu tamamlamalı, en azından Gün-1 K-AUS hizmetlerinin desteklenmesini sağlamalıdır.
- Avrupa Komisyonu, Gün-1 K-AUS hizmetlerinin uygulanmasında üye devletleri ve endüstri paydaşlarını “Avrupa’yı Birleştirme Kurumu” (European Commission, 2023), “Avrupa Yapısal ve Yatırım Fonları” (European Commission, 2020) ve “Avrupa Stratejik Yatırım Fonu” (European Council, 2020) aracılığıyla destekleyecektir.
- Avrupa Komisyonu, Gün-1.5 ve ileri düzey K-AUS hizmetlerine yönelik araştırma ve inovasyon çalışmalarını, daha yüksek otomasyon seviyelerine yönelik çalışmaları da kapsayacak biçimde, H2020 ve “Avrupa Yapısal ve Yatırım Fonları” aracılığıyla destekleyecektir.
- Avrupa Komisyonu, Gün-1.5 hizmetlerinin ve gelecekteki K-AUS hizmetlerinin güncellenmesini bu amaçla kurulacak bir K-AUS Platformu sürecini teşvik edecektir. (bkz. platform çıktıları (European Commission C-ITS Platform, 2016; European Commission C-ITS Platform, 2017))

(2) K-AUS haberleşmesi siber güvenliği

- Komisyonun, K-AUS’un Avrupa’da kurulumu ve sağlıklı işlemesi için ortak bir güvenlik ve sertifika politikasının geliştirilmesini yönlendirmek üzere K-AUS alanındaki

paydaşlarla birlikte çalışması, 2017'de Avrupa K-AUS güvenlik ve sertifika politikasına ilişkin kılavuz yayınlanması.

- Tüm K-AUS kurulum girişimlerinin, Avrupa'da K-AUS hizmetlerini geleceğe hazırlayacak ortak güvenlik politikasının geliştirilmesine katkı sunması.
- Komisyonun, Avrupa'da oluşturulacak siber güvenlik modeline yönelik rollerin, sorumlulukların ve aynı zamanda birtakım operasyonel işlevlerin ve yönetim rollerinin Komisyon tarafından üstlenilmesi gerekliliğini değerlendirmesi.

(3) Gizliliğin sağlanması ve verilerin korunması

- K-AUS servis sağlayıcılarının, son kullanıcılara, kişisel verilerinin işlenmesine onay vermelerini sağlayacak şekilde, açık ve sade bir dil kullanarak, anlaşılır bir şekilde ve kolay erişilebilir biçimlerde şeffaf hüküm ve koşullar sunması,
- Özellikle K-AUS'a yönelik uygulama ve sistemlerde, veri koruma mekanizmalarının temel bir özellik olarak planlanmasına ve tasarım aşamasına dahil edilmesine yönelik ilk kılavuzun 2018 yılında komisyon tarafından yayınlanması.
- K-AUS kurulum girişiminde bulunan kuruluşlar:
 - Son kullanıcı güvenliğini ve kamuoyu kabulünü sağlamak amacıyla bilgilendirme kampanyaları yürütmelidir.
 - Veri koruma ve mahremiyet kurallarına uygunluğun sağlanması şartıyla kişisel verilerin kullanılmasının, ulaşım sisteminin güvenliğini ve verimliliğini nasıl artırabileceğini göstermelidir.
 - Yeni K-AUS servislerini hayata geçirirken kullanılacak, sektör bazlı bir "veri koruma etki değerlendirme" şablonu geliştirmek için AB Veri Koruma Yetkililerine danışmalıdır.

(4) Haberleşme teknolojileri ve frekanslar

- Yol yetkilileri, servis sağlayıcılar, araç ve radyo ekipman üreticileri ve diğer sektör temsilcileri Gün-1 K-AUS hizmetlerinin desteklenmesi amacıyla, hibrit haberleşme sistemlerinin tedarik edilmesi ve seri üretimi için bir strateji belirlemelidir.
- K-AUS servislerini destekleyen Telekom operatörleri, emniyet servislerinin düzgün çalışabilmesi için K-AUS servislerinin ağda oluşturacağı yükü uygun bir şekilde yönetebilmelidir.

- Komisyon, ETSI tarafından ITS-G5 standartları ile belirlenmiş, K-AUS emniyet uygulamalarında kullanılan spektruma yönelik düzenlemeleri sürdürecektir ve bu frekans bandının hem Avrupa hem de uluslararası düzeyde (BM Uluslararası Telekomünikasyon Birliği ve Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri) zararlı karışımlardan korunması için gerekli önlemlerin alınmasını destekleyecektir.
- K-AUS kurulumunda rol alan kuruluşlar, ETSI standart ve prosedürlerine uygun olarak, farklı teknolojilerin bir arada var olması ihtimaline karşı gerekli önlemleri almalıdır.

(5) Her seviyede ortak çalışabilirlik

- Komisyon, operasyonel düzeyde koordinasyonun gerçekleştirilmesi için C-Roads platformunu kullanacaktır.
- Üye Devletler, test ve doğrulama için C-Roads platformuna katılarak AB genelinde Gün-1 K-AUS hizmetlerinin birlikte çalışabilirliğini sağlamalıdır.
- K-AUS girişimleri, Gün-1 K-AUS hizmetlerinin birlikte çalışabilirliğini sağlamak için gereken teknik K-AUS iletişim profillerini tanımlamalı ve yayınlamalıdır. Bu kuruluşlar aynı zamanda bu profillerin ortak çalışabilirliğini doğrulamak için test prosedürleri geliştirmelidir.
- C-Roads platformu, projenin başlamasından sonraki bir yıl içinde ortak iletişim profillerine dayalı sistem testleri geliştirmeye başlamalı ve doğrulanması amacıyla üçüncü taraflar için bu profillere tam erişim sağlamalıdır.

(6) Uygunluk değerlendirilmesi

- K-AUS girişimleri, Gün-1 K-AUS hizmetleri için uygunluk değerlendirme prosedürleri oluşturmalıdır ve bu prosedürler tam erişim yetkisi ile yayınlanmalıdır.
- Komisyon, K-AUS hizmetlerinin sürekliliğini ve potansiyel eklentilere uygunluğunu sağlamak için ortak bir tam teşekküllü uyum değerlendirme süreci geliştirmede K-AUS girişimlerini destekleyecektir.

(7) Yasal çerçeve

Komisyon, uygun olduğu hallerde, 2018 yılına kadar yapılan mevzuat tekliflerini kabul etme yetkisini AUS Direktifi (2010/40/EU) (European Parliament, Council of the European Union, 2010) kapsamında kullanmayı aşağıdaki konularda değerlendirecektir:

- K-AUS hizmetlerinin devamlılığının sağlanması
- K-AUS hizmet güvenliğinin sağlanması

- K-AUS alanında Genel Veri Koruma Regülasyonu'nun (European Parliament, Council of the European Union, 2016) uygulanabilirliği
- İleriye yönelik bir hibrit iletişim sisteminin sağlanması
- Ortak çalışabilirliğin sağlanması
- Uygunluk değerlendirme süreçleri

(8) Uluslararası iş birliği

Komisyon aşağıdaki eylemleri gerçekleştirecektir:

- Uluslararası paydaşlar ve girişimler ile iş birliği içinde K-AUS geliştirme ve kurulum faaliyetlerinin koordinasyonunun desteklenmesine devam edilmesi.
- AUS alanındaki Horizon 2020 araştırma ve inovasyon projelerinin diğer ülkelerdeki benzer projelerle eşleştirilmesi.

2.1.2.3 Mevzuat

2.1.2.3.1 5875-5935 MHz Spektrumunun Kullanımına İlişkin Düzenleme

2020 yılında yürürlüğe girerek 2008/671/EC (European Commission, 2008) kodlu düzenlemeyi yürürlükten kaldıran düzenleme (European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, 2020), 5.9 GHz K-AUS emniyet uygulamalarına yönelik haberleşme spektrumunun (spesifik olarak 5875-5935 MHz) kullanımını -haberleşme teknolojisinden bağımsız olarak- yol ve kentsel demiryolu AUS uygulamalarına yönelik organize etmektedir. Dokümanda iki farklı AUS uygulama türü aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

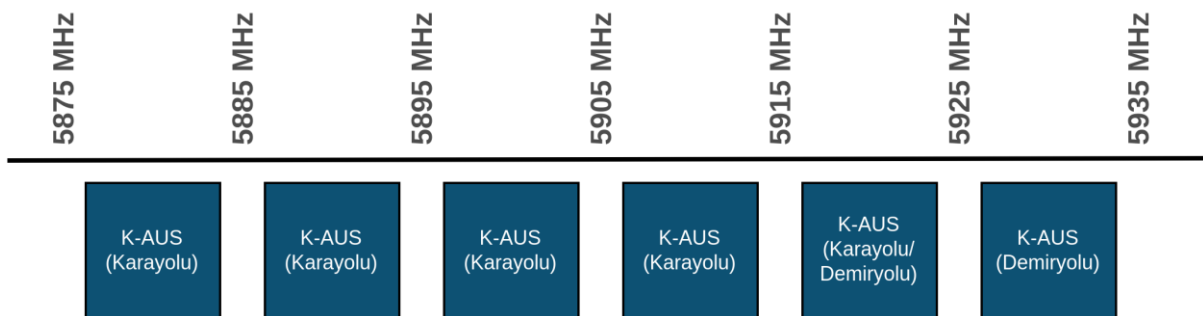
- Yol AUS: Arazi taşıtları da dahil olmak üzere, yol üzerinde seyahat eden bütün V2V ve V2I emniyet uygulamalarıdır. Karayolu ve yaya ulaşımından izole edilmemiş demiryolu AUS da (örneğin tramvay veya hafif raylı ulaşım) yol AUS'a dahildir.
- Kentsel demiryolu AUS: En az bir kontrol ve yönetim sistemi tarafından yönetilen, kentsel ve banliyö ulaşımına yönelik AUS'a verilen addır. Karayolu ve yaya trafiğinden izole edilmiş hatları temsil etmektedir.

Bu tanımlamalar göz önünde bulundurulduğunda, 5.9 GHz spektrumunun kullanımı için aşağıdaki düzenlemeler getirilmiştir:

- 5875-5935 MHz aralığı AUS emniyet uygulamalarına ayrılmıştır ve 5925-5935 MHz aralığı ise kentsel demiryoluna yönelik AUS haberleşmesine atanmıştır. Fakat üye ülkeler gerektiğinde ve makul olduğunda bu aralığı paylaşımlı olarak kullandırabilir.
- Potansiyel karışımı önlemek amacıyla 5915 MHz ve altındaki frekanslarda yol AUS uygulamaları, 5915 MHz ve üstündeki frekanslarda kentsel demiryolu AUS uygulamaları önceliklendirilmelidir.
- Yol AUS haberleşmesinin 5915-5925 MHz aralığına erişimi I2V uygulamaları ile sınırlandırılmalıdır. Gerektiğinde ise demiryolu AUS uygulamaları ile ortak erişim bu aralıkta koordine edilebilir.
- 5925-5935 MHz aralığındaki kentsel demiryolu AUS erişimi paylaşımlı olmalıdır. Bu aralığın kullanımı ülkenin koşullarına ve kentsel demiryolu AUS uygulamalarına olan ihtiyaca göre değişebilir.

Belirtilen düzenlemelere yönelik bazı parametreler ise ilgili dokümanın ek bölümünde tanımlanmıştır. Buna göre:

- Yol AUS uygulamaları, 5875-5925 MHz aralığını 10 MHz'lik bloklar halinde bölmelidir (bkz. Şekil 7).
- Kentsel demiryolu AUS uygulamaları 5875-5925 MHz aralığını kullanması durumunda 10 MHz'lik bloklar halinde bölmelidir. 5915-5935 MHz aralığının ise 10 MHz'lik bloklar halinde kullanılması önerilmektedir, ancak üye ülkeler gerekirse 5925 MHz merkezli bir kanal halinde de kullanabilir (bkz. Şekil 7).
- Kablosuz yayın şiddetine yönelik parametreler ise Tablo 5'te belirtilmiştir.



Şekil 7 AB’de karayolu ve kentsel demiryolu AUS emniyet uygulamalarının kullanımına açık frekans aralığı (European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, 2020)

**Tablo 5 AB’de K-AUS kablosuz yayın şiddetine yönelik parametre düzenlemeleri
(European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content
and Technology, 2020)**

Parametre	Değer
Maksimum güç spektral yoğunluğu (ort. EIRP)	23 dBm/MHz
Maksimum toplam çıkış gücü (ort. EIRP)	En az 30 dB çıkış gücü kontrolü (transmit power control, TPC) ile 33 dBm

2.1.2.3.2 2010/40/EU Sayılı Düzenleme ile Belirlenen AUS Çerçevesine Yönelik K-AUS Eklentisi

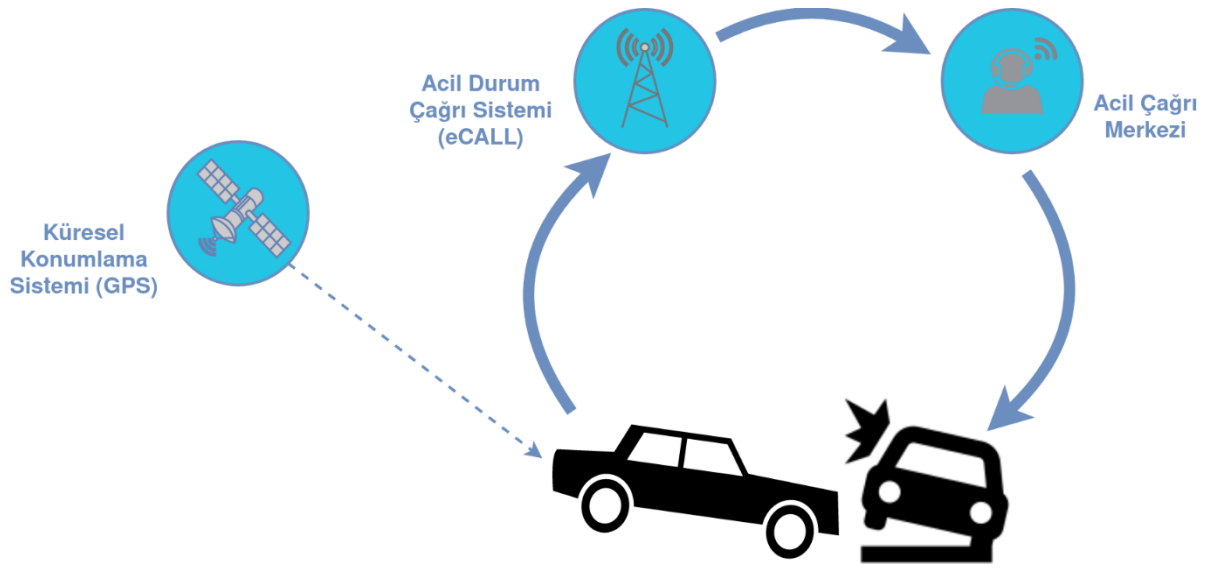
Halihazırda yürürlükte olan 2010/40/EU sayılı düzenleme (European Parliament, Council of the European Union, 2010), AUS kurulum faaliyetlerinin AB üye ülkeleri bünyesinde koordine ve tutarlı biçimde yürütülmesi için bir çerçeve sunmaktadır. 2019 yılında bu çerçevenin K-AUS doğrultusunda geliştirilmesine yönelik olarak ek bir düzenleme daha önerilmiştir (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2019). Beraberinde bir “etki değerlendirmesi” (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2019) dokümanı ile yapılan öneri, Avrupa Parlamentosu tarafından reddedilmiştir.

2.1.2.3.3 eCall

eCall, araçların kaza durumunda otomatik olarak 112 acil araması yaparak en yakın yetkili acil müdahale servisine aracın global pozisyon ve sensör bilgisinin iletilmesini; bu şekilde kaza sonrası müdahale için bildirimde bulunulmasını sağlayan servise verilen isimdir (eCall 112-based emergency assistance from your vehicle, 2022). Aynı zamanda bu servis, bir buton aracılığıyla da yetkili müdahale birimlerine acil durum çağrısı yapmayı mümkün kılmaktadır.

Avrupa Komisyonu tarafından kabul edilen 585/2014/EU (European Parliament, Council of the European Union, 2014) numaralı düzenlemeye göre üye ülkelerin eCall Kamu Emniyeti Cevap Noktası (Public Safety Answering Point, PSAP) altyapısını çalışır hale getirilmesi 1 Ekim 2017 yılından itibaren zorunlu hale getirilmiştir (European Parliament, Council of the European

Union, 2014). Aynı zamanda eCall servisi 2010/40/EU (European Parliament, Council of the European Union, 2010) numaralı düzenlemede de öncelikli eylemler arasında kabul edilerek AB üyesi bütün ülkelerin eCall konusunda düzenlenen mevzuatları tanıması zorunlu kılınmıştır. 2015/758 (European Parliament, Council of the European Union, 2015) numaralı düzenleme ise eCall'a yönelik tip onayı spesifikasyonlarını oluşturmaktadır ve 31 Mart 2018'den sonra üretilen ve AB sınırları içinde kullanılacak bütün araçlarda eCall özelliğinin olması zorunlu hale getirilmiştir (European Parliament, Council of the European Union, 2015). eCall sistemi akışı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8 eCall Sistemi Akışı

2.1.2.4 K-AUS'un Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması Kapsamında Yapılan Çalışmalar

2.1.2.4.1 Platformlar ve Ortaklıklar

AB üye ülkeleri ve yerel yönetimleri tarafından gerçekleştirilen çalışmaların uyum ve koordinasyonunun sağlanması amacıyla kurulan ortaklık ve platformlar üye ülkelerin tamamının temsil edilmesi, çeşitli coğrafi ve sosyal koşulların getirdiği gereksinimlerin AUS ve K-AUS yaygınlaştırma çalışmalarına yansıtılmasını sağlamaktadır. Bu platform ve ortaklıklar ile yürütülen pilot projeler ve araştırmalar ise AUS ve K-AUS'un sunduğu etkilerin ve uygulanabilirliğinin ölçülebilmesini sağlamaktadır. Buna ek olarak endüstri kuruluşlarının ortak bir düzlemde hareket etmesini mümkün kılmak amacıyla çeşitli endüstri ve endüstri-kamu iş birliği platformları da Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir. Endüstri paydaşlarının

beklentilerinin bu platform ve ortaklıklar aracılığıyla temsil edilmesi ise düzenleme ve kurulum faaliyetlerinde bu kuruluşların beklentilerinin göz önünde bulundurulmasını sağlamaktadır.

K-AUS Platformu (European Commision, 2023), Avrupa Komisyonu tarafından kurularak 2014-2017 yılları arasında K-AUS alanında çalışmalar yürütmüş olan bir ortaklık platformudur. Platform, aktif olduğu dönemde ulusal yetkililer, K-AUS paydaşları ve Avrupa Komisyonu arasında bir iş birliği çerçevesi oluşturarak AB bünyesinde ortak bir K-AUS vizyonu geliştirmeyi hedeflemiştir. Platform, 2014-2016 yılları arasında Faz-I ve 2016-2017 yılları arasında Faz-II olmak üzere çalışmalarını yürütmüş olup faz dönemlerinin sonunda yayınladığı final raporları ile (Faz-I (European Commission C-ITS Platform, 2016), Faz-II (European Commission C-ITS Platform, 2017)) çalışma sonuçlarını yayınlamıştır. K-AUS'a yönelik strateji raporunun (European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016) hazırlanmasında Faz-I raporunda yer alan çıktılar dikkate alınmıştır (European Commision, 2023).

CCAM Ortaklığı (CCAM, 2023), C-Roads Platformu (C-Roads Platform, 2023), 5GAA (5GAA Automotive Association, 2023) ve C2C-CC (Car 2 Car Communication Consortium, 2023) gibi ortaklık ve platformlar, üye ülkelerin, yerel yönetimlerin ve endüstri kuruluşlarının temsil edildiği kuruluşlara örnek olarak verilebilir. Bu kuruluşların çalışmaları Avrupa Komisyonu ve benzeri düzenleyici kuruluşlar tarafından desteklenmekte ve çıktılar planlama ve düzenleme çalışmalarında kullanılmaktadır.

2.1.2.4.2 EU CCMS (AB K-AUS Güvenlik Kimlik Yönetim Sistemi)

Avrupa Komisyonu, K-AUS alanındaki paydaşlarla çalışarak ortak bir güvenlik ve sertifika politikasını yönlendirmektedir. Bu açıdan güvenlik ve sertifika yönetimiyle ilgili olarak aşağıdaki politika dokümanları yayınlanmıştır (son versiyonlar listelenmiştir):

- AB K-AUS Kurulum ve Operasyonu için Sertifika Politikası (Versiyon 1.1, Haziran 2018) (European Commission, 2018)
- AB K-AUS Kurulum ve Operasyonu için Güvenlik Politikası & Yönetişim Çerçevesi (Versiyon 1, Aralık 2017) (European Commission, 2017)

COM (2018) 283 numaralı iletişimde Komisyon, güvenlik ve sertifika politikalarını baz alarak AB çapında siber güvenlik altyapıları ile yol güvenliği ve trafik yönetim iletişimine yönelik güvenli iletişim süreçleri pilotunun gerçekleştirileceğinden bahsetmiştir (European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, 2018).

Avrupa Komisyonu resmi internet sayfasında yayınlandığı üzere EU CCMS'nin kurulumunda öncelik AB çapında çalışan bir prototip oluşturmaya verilecektir (European Commision, 2023). Yine aynı kaynakta belirtildiği üzere, bu süreçte DG MOVE (Hareketlilik ve Ulaşım Genel Müdürlüğü) ve DG JRC (Ortak Araştırma Merkezi Genel Müdürlüğü) ortak çalışma yürüterek Güven Listesi Yöneticisi (Trust List Manager), K-AUS İletişim Noktası (C-ITS Point of Contact) ve AB Kök Sertifika Yetkilisi (Root Certificate Authority) kurulumu ile ilgilenecektir. K-AUS İletişim Noktası oluşturulması için Ocak 2019 tarihinde bir protokol spesifikasyonu yayınlanmıştır (European Commission Joint Research Centre, E.3 – Cyber & Digital Citizens' Security Unit, 2020).

2.1.2.4.3 CCAM Uyumluluğu ve Testine Yönelik Üye Ülkeler Arası İş Birliği

Avrupa Komisyonu ve AUS Komitesi arasında üye ülkelerin ortak CCAM testlerini konu alan bir iletişim gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır (European Commission, 2018):

- Neler test edilmelidir? Halk faydası gözetildiğine ve sosyal açıdan bakıldığında hangi kullanım senaryoları fayda vadetmektedir?
- CCAM'in hangi unsurlarına odaklanılmalıdır? Hangi fonksiyonlar geliştirilmelidir? Bunlardan hangileri teknik ve teknik olmayan anlamda kolaylaştırıcı niteliğe sahiptir?
- Geliştirme çalışmalarının desteklenmesi ve hızlandırılmasını sağlamak için proje ve test verilerinin paylaşılması nasıl garanti edilebilir? Farklı test bölgelerinde gerçekleştirilen testlerin sonuçları nasıl karşılaştırılır ve bu sonuçlar üzerinden nasıl ölçüm yapılır?
- Hangi unsurlar üye ülkeler arası ortak çalışma veya AB çapında çözümler gerektirmektedir?

Ek olarak CCAM'in halka açık yollarda testi ve kurulum faaliyetlerinin ön-aktiviteleri için Komisyon bünyesinde yer alan müdürlükler tarafından altı adet çalışma grubu (ÇG) oluşturulmuş olup kamu ve özel kuruluşlarda görev alan 400 uzman bir araya getirilmiştir (European Commision, 2023). Bu çalışma grupları aşağıdaki gibidir:

- ÇG 1, DG MOVE ve DG RTD (Hareketlilik ve Ulaşım Genel Müdürlüğü) ortak yürütücülüğünde, AB test ajandası konusunda çalışmaktadır.
- ÇG 2, DG RTD ve DG MOVE ortak yürütücülüğünde, araştırma ve inovasyon çalışmalarının koordinasyonu konusunda çalışmaktadır.

- ÇG 3, DG MOVE yürütücülüğünde, fiziksel ve dijital altyapının CCAM ile ilgili unsurlarının tanımlanması konusunda çalışmaktadır.
- ÇG 4, DG MOVE ve DG GROW (İç Pazar, Sanayi, Girişimcilik ve KOBİ'ler Genel Müdürlüğü) ortak yürütücülüğünde, yol güvenliği konusunda çalışmaktadır.
- ÇG 5, DG GROW ve DG CNECT (İletişim Ağları, İçerik ve Teknoloji Genel Müdürlüğü) ortak yürütücülüğünde, veri erişimi, transferi ve siber güvenlik konularında çalışmaktadır.
- ÇG 6, DG CNECT yürütücülüğünde, bağlanabilirlik ve dijital altyapı konusunda çalışmaktadır.

Çalışmalar sonucunda elde edilen çıktılar bir final raporu (European Commission: Directorate-General for Mobility and Transport, Directorate B — Investment, Innovative & sustainable transport, Unit B4 — Sustainable and Intelligent Transport, 2021) ile yayınlanmıştır. Platformun en görünür çıktılarından biri, Ufuk Avrupa çerçevesinde yer alan bir CCAM ortaklığı kurulması önerisi olmuştur (European Commision, 2023).

2.1.2.4.4 K-AUS'a Yönelik Destek Programları

AB bünyesinde çeşitli fonlayıcı kuruluşlar tarafından desteklenen, K-AUS girişimlerine yönelik destek programları mevcuttur. Araştırma, geliştirme, inovasyon ve ürünleşme safhalarının tümünün desteklenmesine yönelik bu programlar, ilgili teknolojilerin Avrupa bünyesinde yaygınlaştırılması için gereken sosyal ve coğrafi araştırmalara, aynı zamanda bu teknolojilerin neden olduğu veya olacağı sosyal ve ekonomik etkilerin araştırılmasına da katkı sunmaktadır. Avrupa'yı Birleştirme Kurumu (European Commission, 2023) ve Türkiye'nin de paydaş olarak yer aldığı Ufuk Avrupa Programı (European Commission, 2023) bu fonlayıcı kuruluş ve programlara örnek olarak verilebilir.

Pilot Projeler: AB içerisinde K-AUS'a yönelik pilot projelerin koordinasyonu C-Roads Platformu tarafından gerçekleştirilmektedir. 2021 yılı pilot uygulamaları özet raporunda belirtildiği üzere 50'den fazla Avrupa şehrinde K-AUS kurulumu yapılmaktadır ve toplamda 100.000 kilometrelik yol K-AUS'u desteklemektedir (C-Roads, 2021). Gerçekleştirilen pilotlar uygulamaları hem C-Roads üye ülkeleri tarafından belirlenen yerlerdeki şehir içi K-AUS uygulamalarını hem de şehirler arası yollarda gerçekleştirilen uygulamaları kapsamaktadır. Endüstride yer alan birçok kuruluş bu çalışmalarda yer almakta ve bunlara katkı sunmaktadır.

C-Roads tarafından gerçekleştirilen pilot kurulumlarına ek olarak 2016-2021 tarihleri arasında aktif çalışma yürüten EU EIP (European Union ITS Platform, Avrupa Birliği AUS Platformu)

(EU ITS Platform, 2021) tarafından gerçekleştirilen URSA MAJOR (EU ITS Platform, 2022) ve NEXT-ITS (EU ITS Platform, 2021) AUS koridoru projeleri bulunmaktadır.

2.1.3 Çin Halk Cumhuriyeti

2.1.3.1 Mevcut Politika ve Yapılanma

Ülke çapında bağlantılı araçlar endüstrisinin geliştirilmesi amacıyla 2017 yılında MIIT (Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı) önderliğinde çeşitli bakanlık ve komisyonların katkısıyla “V2X Endüstrisini Geliştirme Özel Komitesi” kurulmuştur. Komite, Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Meclisi’ne bağlı olup bağlantılı araçlara yönelik politikaların belirlenmesi ve uygulanması, Bakanlıklar ve alanda çalışma yürüten birimler arasında koordinasyonun sağlanması konusunda çalışmalar yürütmektedir (5GAA Automotive Association, 2022).

K-AUS ve uygulamalarının geliştirilmesi ve düzenlenmesi kapsamında rol alan kurumlar ve aktiviteleri aşağıda belirtilmiştir:

MIIT (Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı): Bakanlık, Ulusal Standardizasyon Yönetim Komitesi ile birlikte çalışarak K-AUS standardizasyonu konusunda çalışmalar yürütmenin yanı sıra, K-AUS frekans bandının düzenlenmesi ve K-AUS endüstrisinin gelişimi için aksiyon planlarının belirlenmesi konularında da çalışmaktadır. Ulusal Standardizasyon Komitesi ile yürütülen ortak standardizasyon çalışmaları sonucunda 2018 yılında “Ulusal V2X Standart Sisteminin Kurulumuna İlişkin Kılavuz” (Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China, Standardization Administration of the People’s Republic of China, 2018) ve 2022 yılında “Araçların İnterneti Ağ Güvenliği ve Veri Güvenliği Standart Sistemi Kurulumuna İlişkin Kılavuz” (Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2022) yayınlanmıştır.

NDRC (Ulusal Gelişim ve Reform Komisyonu): NDRC, Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Meclisi bünyesinde yer alan, ekonomik ve sosyal gelişim strateji ve politikalarının; yıllık, orta ve uzun vade planlarının belirlenmesi hususunda çalışmalar yürüten kuruluştur (Çin Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu, 2023). 2020 yılında Komisyon, MIIT ortaklığında K-AUS altyapısının genişletilmesi ve 5G temelli C-V2X uygulamalarının büyük ölçekli gösterimini içeren “Yeni Altyapı İnşası” projesini başlatmıştır (5GAA Automotive Association, 2022).

MOT (Ulaştırma Bakanlığı): Kara, hava ve deniz ulaşımına yönelik politika, standart ve planların belirlenmesinden sorumlu bakanlık, ulaşım sistemlerinin dijitalizasyonunu ve çeşitli ulaşım yollarındaki hareketlilikten ortaya çıkan büyük verinin depolanması ve değerlendirilmesine yönelik uygun altyapıların kurulmasını (5GAA Automotive Association, 2022) amaçlamaktadır. Aynı zamanda ülke çapında otonom sürüşe yönelik sistem ve teknolojilerin gelişimi hedeflenmektedir. Bu amaçla, 2025 itibarıyla otonom sürüşü

kolaylaştırıcı kabul edilen K-AUS teknolojilerinin araştırılmış ve test edilmiş olması planlanmaktadır (5GAA Automotive Association, 2022).

MPS (Ulusal Güvenlik Bakanlığı): Ülke çapında güvenliğin sağlanmasından sorumlu olan bakanlığın yetki alanı, halka açık bilgi ağlarının yönetimi ve güvenliğini de kapsamaktadır. Bu nedenle ABHS ve akıllı ulaşım konusunda yapılan çalışmaların halk güvenliğini tehdit etmeyecek şekilde gerçekleştirilmesi MPS'nin görev alanına girmektedir. 2021 yılında MPS, MIIT ve MOT ortaklığında "Akıllı Bağlantılı Araçların Yol Testi ve Gösterim Uygulaması için Yönetim Şartnamesi" (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Güvenlik Bakanlığı, 2021) yayınlanmıştır.

MNR (Tabii Kaynaklar Bakanlığı): Ülkedeki doğal kaynaklardan sorumlu olan bakanlık, ülkedeki haritalama faaliyetleriyle de ilgilenmektedir. Çin ulusal meclisi tarafından yayınlanan "Ulusal Kapsamlı Üç Boyutlu Ulaşım Ağı Planlama Taslağı (Çin Komünist Partisi Merkez Komitesi ve Devlet Konseyi, 2021)" ABHS uygulamaları ve otonom sürüş için hassas haritalamanın önemine dikkat çekmektedir. MNR tarafından bu konuda düzenlenen bildiriler ve araştırma çalışmaları, ABHS ve otonom sürüşün endüstriyel gelişimine hassas haritalama yönünde destek sunmaktadır (5GAA Automotive Association, 2022).

2.1.3.2 Strateji ve Eylem Planları

2.1.3.2.1 Araçların İnterneti (Akıllı ve Bağlantılı Araçlar) Endüstri Kalkınma Planı

2018 yılında MIIT tarafından yayınlanan stratejik plan (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2022), K-AUS'un ülke genelinde inovasyon ve gelişimine yönelik bazı temel prensipler ışığında hedefler koymaktadır. Araçların internetine yönelik teknolojilerin ülke genelinde gelişimi ve endüstriye entegrasyonunun verimli, Çin Halk Cumhuriyeti'nin ekonomik ve sosyal hedefleriyle örtüşecek şekilde tasarlanması amacıyla ortaya koyulan prensipler, teknolojinin gelişimi için atılacak adımları tasarlamaktadır. Bu prensipler şu şekildedir:

- **Sistem kurulumu ve üst-düzey planlama:** Sistem üst-düzey olarak tasarlanmalı ve güçlendirilmeli, birimler arasındaki koordinasyon, bakanlıklar ile yerel yönetimler arasındaki bağlantı geliştirilmelidir. Endüstrinin sağlıklı gelişimi için bir temel oluşturmak amacıyla anahtar teknolojilerin araştırma ve geliştirmesi, standartların ve spesifikasyonların formüle edilmesi, test ve gösterimin teşvik edilmesi ve altyapının inşası koordine edilmeli ve teşvik edilmelidir.
- **İnovasyon ve uygulama odaklı gelişim:** Sektörler arası işbirlikçi yenilik teşvik edilmeli, tüm tarafların güçleri tam olarak seferber edilmeli, sanayi-üniversite araştırma iş birliği güçlendirilmeli, teknik darboğazlar aşılmalı ve inovasyon kabiliyeti sürekli

olarak iyileştirilmelidir. Endüstriyel temel sağlamlaştırılmalı, yenilikçi uygulamalar artırılmalı, kullanıcı ölçeği artırılmalı ve yeni bir endüstriyel yenilik ve gelişme ekolojisinin oluşumu hızlandırılmalıdır.

- **Birbirini tamamlayan gelişimler, açık iş birliği:** Endüstriyel iş birliği, farklı platformların birlikte çalışabilirliği teşvik edilmeli ve birbirini tamamlayıcı ve entegre geliştirme ortamı ile yeni bir endüstriyel model oluşturulmalıdır. Uluslararası bilgi alışverişi ve iş birliği güçlendirilmeli ve otomotiv endüstrisinin yeni teknolojileri yakalayarak kendini güncellemesi ve uygulamaların dönüşümü teşvik edilmelidir.
- **Güçlendirilmiş yönetim sistemleri ve emniyet:** Yönetim sistemleri iyileştirilmeli, emniyet mekanizmaları güçlendirilmeli ve kişisel emniyetin sağlanması için bir yönetim sistemi oluşturulmalıdır.

Bu prensipler ışığında ortaya koyulan hedefler aşağıdaki gibidir:

(1) Temel teknolojilerde atılım ve sanayileşme

- Temel teknolojilere yönelik araştırma çalışmalarına hız kazandırılması
- Akıllı ve bağlantılı araç karar verme kontrol platformu kurulumunun teşvik edilmesi
- Kablosuz haberleşme teknolojilerine yönelik Ar-Ge çalışmalarının güçlendirilmesi

(2) Standart sisteminin geliştirilmesi, test, doğrulama ve demonstrasyon çalışmalarının teşvik edilmesi

- Standart sisteminin geliştirilmesi
- Frekans kullanımı ve ticaret/üretim lisanslarının kullanımının gösterimi
- Test ve doğrulamanın teşvik edilmesi
- Demonstrasyon (gösterim) uygulamalarının teşvik edilmesi

(3) loV altyapısının oluşturulmasında kooperasyon ve ortaklaşa kurulum

- Haberleşme ve ağ altyapılarının güçlendirilmesi
- Büyük veri ve bulut bilişim platformlarının kurulumunun teşvik edilmesi
- Akıllı yol altyapısının kurulması

(4) Kapsamlı uygulamaların geliştirilmesi ve pazara girişin teşvik edilmesi

- loV kullanıcılarının sayısının artırılması
- Kapsamlı bilgi servislerinin geliştirilmesi

- Elektrikli araç haberleşme uygulamalarının genişletilmesi
- Trafikte emniyet ve enerji verimlilik teknolojilerinin gelişiminin teşvik edilmesi
- Otomobiller için yaşam-döngüsü servislerinin oluşturulması

(5) Emniyet güvencesinin sağlanması

- Emniyet yönetim sisteminin geliştirilmesi
- Güvenlik kapasitesinin artırılması
- Güvenliğin teknik anlamda geliştirilmesi

(6) Koruyucu tedbirler

- Güçlü organizasyon
- loV'ye yönelik politika desteği
- Endüstriyel ekosistemin kurulması
- Endüstriyel gelişim için uygun ortamın oluşturulması
- Vasıflı insan kaynağının artırılması
- Uluslararası bilgi alışverişinin teşvik edilmesi ve Hong-Kong, Makao ve Tayvan ile iş birliği

2.1.3.2.2 On dördüncü Beş Yıllık Ulusal Bilişim Planı

“Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Ekonomik ve Sosyal Kalkınmasına Yönelik On dördüncü Beş Yıllık Plan ve 2035 Uzun Vadeli Hedef Planlaması” ve “Ulusal Bilişim Geliştirme Strateji Taslağı” raporlarında ortaya koyulan hedefler temel alınarak hazırlanan rapor (Merkezi Ağ Güvenliği ve Bilgilendirme Komitesi, 2021), 2021 yılında Siber Güvenlik ve Bilişim Komisyonu tarafından yayınlanmıştır. 2025 yılına kadar Çin’in dijitalizasyon hedefleri doğrultusunda önemli adımlar atılmasını hedefleyen raporda, C-V2X’in getirdiği altyapı gereksinimlerini karşılamak üzere gerçekleştirilmesi planlanan projelerden de bahsedilmiştir. Rapora göre, 2025 yılına kadar “araçların interneti (internet-of-vehicles, loV)” olarak bahsedilen bağlantılı araç teknolojilerinin gelişimi doğrultusunda yapılması beklenen çalışmalar aşağıda listelenmiştir:

- Ulusal düzeyde loV uygulamalarına yönelik pilot alanların seçilmesi ve inşası,
- loV'ye yönelik yol altyapılarının ve 5G-V2X gösterim ağlarının inşasının hızlandırılması,
- Araç-içi ve yol kenarı haberleşme birimleri, gelişmiş yol altyapısı ve akıllı trafik kontrol servisleriyle insan, araç, yol, bulut ve ağ arasındaki koordinasyonun geliştirilmesi,

- Seviye 3 üstü otonom sürüş uygulamalarının gerçekleştirilmesi.

2.1.3.2.3 " On dördüncü Beş Yıllık Plan" Bilgi ve İletişim Sektörü Kalkınma Planı

Rapor (Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2021), “Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Ekonomik ve Sosyal Kalkınmasına Yönelik On dördüncü Beş Yıllık Plan ve 2035 Uzun Vadeli Hedef Planlaması” raporunu kapsamakta ve bilgi ve haberleşme endüstrisinin 2021-2025 yılları arasındaki gelişimine yönelik kılavuz niteliği taşımaktadır. Raporda K-AUS için belirlenen hedefler aşağıdaki gibidir (5GAA Automotive Association, 2022):

- V2X uygulamalarının hali hazırdaki trafik sistemlerine entegrasyonu hızlandırılmalı ve C-V2X temelli altyapı mimarisi güçlendirilmelidir.
- Otoyollara V2X altyapısı kurulması teşvik edilmeli ve ulusal V2X pilot alanı oluşturulmalıdır.
- C-V2X uygulamalarının şehir içinde yer alan ana yollara büyük-ölçekli entegrasyonu hızlandırılmalıdır.
- Seçilen otoyollarda farklı V2X uygulamalarının denenmesi/keşfedilmesi sağlanarak V2X teknolojilerine yönelik Ar-Ge, test ve doğrulama faaliyetleri desteklenmelidir.

2.1.3.2.4 "Yelkenler Fora" 5G Uygulamalarına Yönelik Aksiyon Planı (2021-2023)

MIIT tarafından yayınlanan aksiyon planı (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2021), 4 temel hedef doğrultusunda Çin Halk Cumhuriyeti'nde 5G haberleşme teknolojisini, bu teknolojiyi kullanan ürünleri ve 5G uygulama endüstrisini geliştirmeyi amaçlamaktadır:

- 5G uygulamaları için temel indikatörlerde büyük artışlar sağlanmalıdır. 5G bireysel abone oranı %40'ı aşmalıdır. 5G ağ kapsama alanı %50'den fazla olmalı ve 5G ağ verimliliği önemli ölçüde artırılmalıdır. 5G Nesnelerin İnterneti uygulamalarında yıllık büyüme oranı %200'ü aşmalıdır.
- 5G uygulamaları temel alanlarda öne çıkmalıdır. Kişisel tüketime yönelik olarak, yeni “5G+” hizmetleri oluşturularak 5G teknolojisinin getirdiği yeniliklerinin kullanıcılar tarafından daha iyi anlaşılması sağlanmalıdır. Endüstride ise 5G uygulama kullanım oranı büyük işletmeler için %35'i aşmalıdır. Elektrik enerjisi, madencilik ve benzeri diğer alanlarda 5G uygulamaları büyük ölçekte çoğaltılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. 5G+ Araçların İnterneti (IoV) pilot projelerinin kapsamı daha da genişletilmelidir. Tarım ve su koruma gibi geleneksel endüstrilerin dijital dönüşümü ve iyileştirilmesi hızlandırılmalıdır. Topluma yönelik 5G+ akıllı eğitim ve 5G+ akıllı sağlık modeli projeleri

oluşturulmalı ve 5G akıllı şehirler ve benzeri uygulamalar kullanıma sunulmalıdır. Her önemli endüstriyel alan için 100'den fazla 5G demo uygulama modeli oluşturulmalıdır.

- 5G uygulama ekosistemi sürekli iyileştirilmelidir. Resmî kurumlar, endüstriler ve araştırma alanları arasında koordinasyon ve bağlantı mekanizmalarının ön inşasıyla, devlet kurumlarının rehberlik ettiği, önde gelen işletmelerin itici güç sağladığı ve küçük ve orta ölçekli işletmelerin destek olduğu yeni bir 5G uygulama ekosistemi ve yenilik modeli oluşturulmalıdır. Önde gelen 5G çözümü sağlayıcı kuruluşlardan oluşturulan bir grup ile 100'den fazla 5G uygulama çözümü oluşturulmalıdır. Genel amaçlı bir sistem çerçevesi tasarlanmalı ve temel endüstriler için 5G uygulama standartları oluşturulmalıdır. Temel sektörler için 30'dan fazla standart geliştirilmelidir.
- Kritik temel destek kapasitesi önemli ölçüde güçlendirilmelidir. 5G şebeke kapsama seviyeleri sürekli olarak iyileşmelidir. 10.000 kişiye düşen 5G baz istasyonu sayısı 18'in üzerinde çıkarılmalı ve 3.000'den fazla 5G sanal özel ağı (VPN) inşa edilmelidir. Bir dizi 5G inovasyon merkezi oluşturulmalı ve inovasyon odaklı kamu hizmeti platformlarının yetenekleri artırılmalıdır. 5G uygulama güvenlik yetenekleri geliştirilmelidir. 10 ila 20 arası 5G uygulama güvenliği yenilik tanıtım merkezi oluşturulmalı ve tanıtım modeli olarak 3 ila 5 arasında alan oluşturulmalıdır. 5G uygulama geliştirme faaliyetlerine yönelik temel bir güvenlik sistemi oluşturulmalıdır.

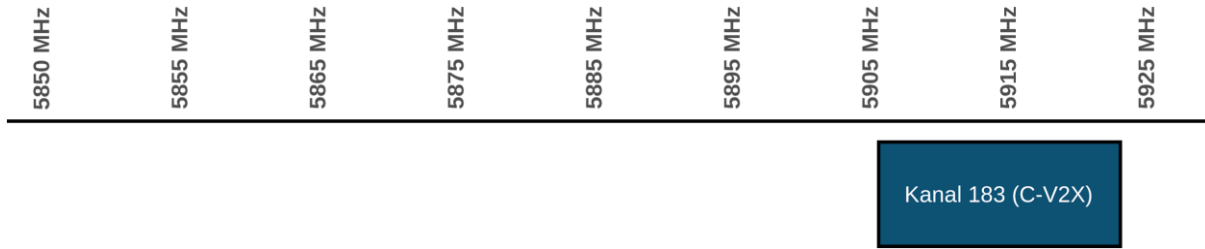
Rapor, 5G ABHS uygulamalarına yönelik aksiyon planlarını da içermektedir, buna göre 2023'e kadar yapılması planlanan çalışmalar şöyledir:

- K-AUS'a yönelik yeni iş modelleri ve uygulama senaryolarının keşfi hızlandırılmalıdır.
- K-AUS pilot bölgelerinin oluşturulması desteklenmelidir.
- Sektör paydaşları ve kamu kuruluşları arasında koordinasyon sağlanarak 5G ve K-AUS altyapısının oluşturulmasına yönelik planlama ve kurulum faaliyetleri yürütülmelidir.
- Seçilen şehirlerde, uygun yol bölümlerinde ve önemli otoyollarda temsili alanlar seçilerek 5G K-AUS altyapı ve uygulama çalışmaları hızlandırılmalı ve endüstriyel parklar, havaalanları, limanlar ve madenler gibi alanlarda C-V2X teknolojisinin uygulanması teşvik edilmelidir.
- Sektörler ve bölgeler arası karşılıklı güvene ve doğrulamaya sahip bir K-AUS güvenli iletişim sistemi kurulmalıdır.

2.1.3.3 Mevzuat

2.1.3.3.1 Direkt Haberleşmeye Yönelik Frekans Bandı Düzenlemesi

2018 yılında MIIT tarafından yayınlanarak uygulamaya alınan düzenleme (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2018) V2V haberleşmenin yapılacağı frekans bandını kontrol altına almaktadır. Buna göre 5905-5925 MHz aralığında yer alan 20MHz'lik frekans aralığı LTE-V2X temelli V2V haberleşmesine ayrılmaktadır. Bu frekans aralığında yapılan haberleşme için sinyal şiddeti araç-içi üniteleri için 26 dBm, yol-kenarı üniteleri için 29 dBm olarak tanımlanmıştır. Düzenlemeye göre Çin Halk Cumhuriyeti'nde belirlenen frekans aralığı Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9 2018'de önerilen düzenlemeye (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2018) göre C-V2X için Çin'de 5.9 GHz bant aralığı kullanımı

Aynı zamanda bu düzenlemeye göre V2V haberleşmesi için lisans alım zorunluluğu yol-kenarı ünitesi kullanımı için getirilirken araç-içi ünitesinden yapılan yayın için böyle bir zorunluluk getirilmemiştir. Radyo cihazlarının ticari olarak üretim ve satışı için ise lisans zorunluluğu getirilmiş olup üreticilerin bu lisansın sahibi olması ve ilgili düzenlemelere uyması beklenmektedir.

2.1.3.3.2 Akıllı Bağlantılı Araçların Yol Testi ve Gösterim Uygulaması için Yönetim Şartnamesi

MIIT, MOT ve MPS tarafından ortaklaşa yayınlanan şartname (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Güvenlik Bakanlığı, 2021), halka açık yollarda (otoyollar, şehir içi yollar vb.) gerçekleştirilen akıllı ve bağlantılı araç test ve demonstrasyon aktivitelerine yönelik düzenlemeleri içermektedir. Yapılan düzenlemeler, "Çin Halk Cumhuriyeti Karayolu Trafik Güvenliği Kanunu", "Çin Halk Cumhuriyeti Karayolu Kanunu" ve diğer ilgili kanunları temel almaktadır. Yapılan düzenlemeye göre, yerel ve bölgesel hükümetler yönetim alanındaki koşulları göz önünde bulundurarak ek düzenleme getirme konusunda özgür bırakılmaktadır. Aynı zamanda bölgedeki akıllı ve bağlantılı araç gösterim uygulamalarını organize etme yetkisine de sahiptir.

Raporda farklı bölümler halinde aşağıdaki unsurlar tanımlanarak düzenlemeye tabi tutulmaktadır:

- Test ve gösterime tabi tutulan unsurlar, sürücüler ve araçlar
- Test öncesi, esnası ve sonrasında yapılması gerekenler
- Gösterime yönelik gereklilikler, kısıtlamalar ve düzenlemeler
- Test ve gösterim uygulamaları yönetim gereksinimleri
- Trafik kurallarına uyulmaması halinde ve kaza gerçekleşmesi durumunda yapılması gerekenler

2.1.3.4 ABHS'nin Geliştirilmesi ve Yaygınlaştırılması Kapsamında Yapılan Çalışmalar

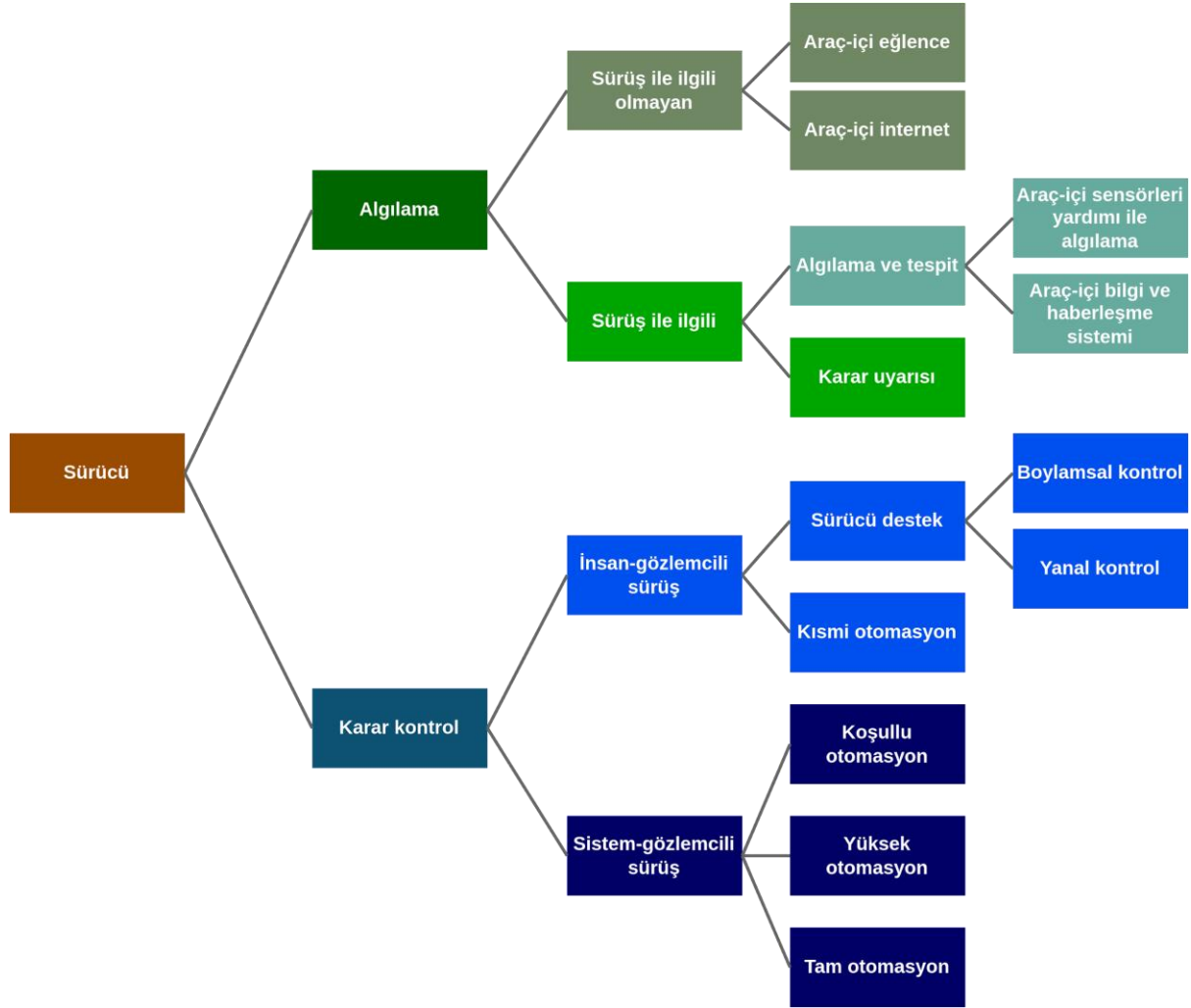
Çin Halk Cumhuriyeti, ABHS teknolojilerinin ülke düzeyinde geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması hususuna önem vermektedir. 2017 yılında “3GPP Release 14 (3GPP Sürüm 14)” hücresele V2X (C-V2X) haberleşmesi standardizasyonu ile bakanlıklar ve hükümet tarafından kurulan çeşitli komisyonlar; strateji planları, endüstri ve kamu kuruluşlarına yönelik yönlendirici raporlar, düzenleme ve standardizasyon çalışmaları ile bağlantılı araç endüstrisinin gelişimini desteklemektedir.

2.1.3.4.1 “Ulusal Araçların İnterneti Endüstri Standart Sistemi Kılavuzu”

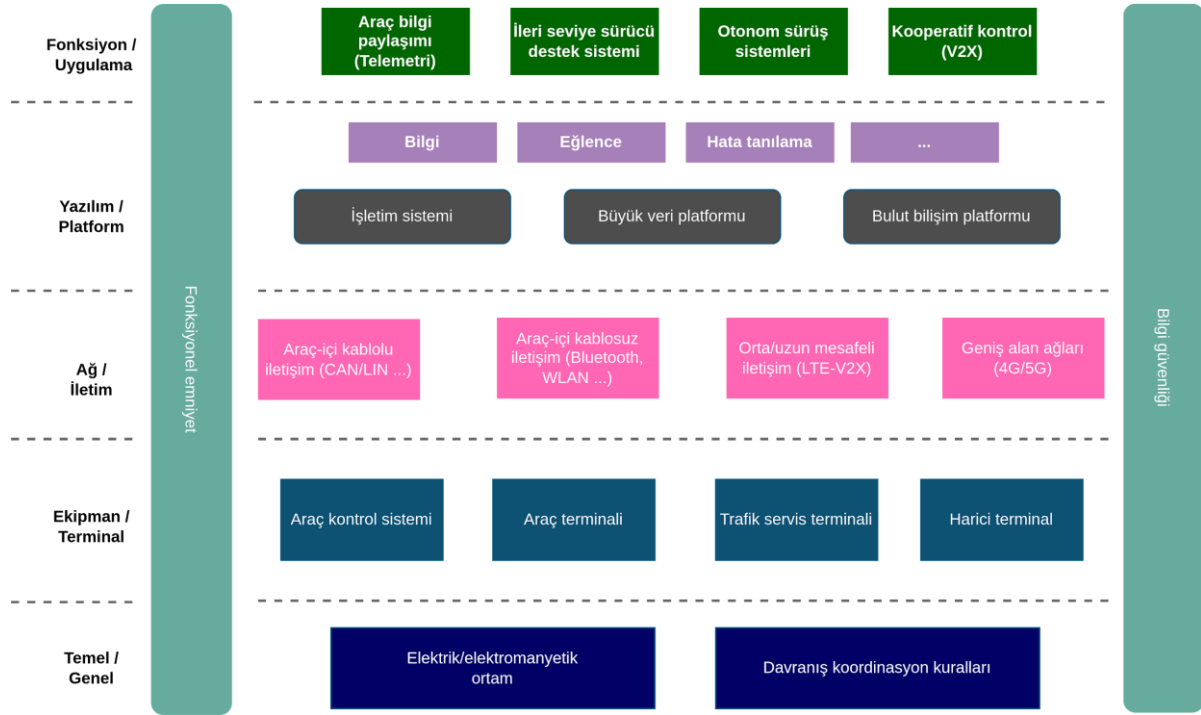
2018 yılında MIIT ve Çin Halk Cumhuriyeti Standardizasyon Birimi ortaklığında yayınlanan rapor (Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, 2018), IoV endüstrisindeki standartlaşma çalışmalarının ortak bir düzlemde ilerlemesini amaçlayarak akıllı ve bağlantılı araç bileşenlerine yönelik üst-düzey bir standart sistemi oluşturmaktadır.

Raporda, akıllı ve bağlantılı araç sistemlerinin mimarisi, mantıksal (bkz. Şekil 10) ve fiziksel (bkz. Şekil 11) bağlamda oluşturulmuştur. Aynı zamanda raporda, standart sistemi oluşturulmuş olup farklı bileşenler bu sisteme uygun olarak kategorilendirilmiştir (bkz. Şekil

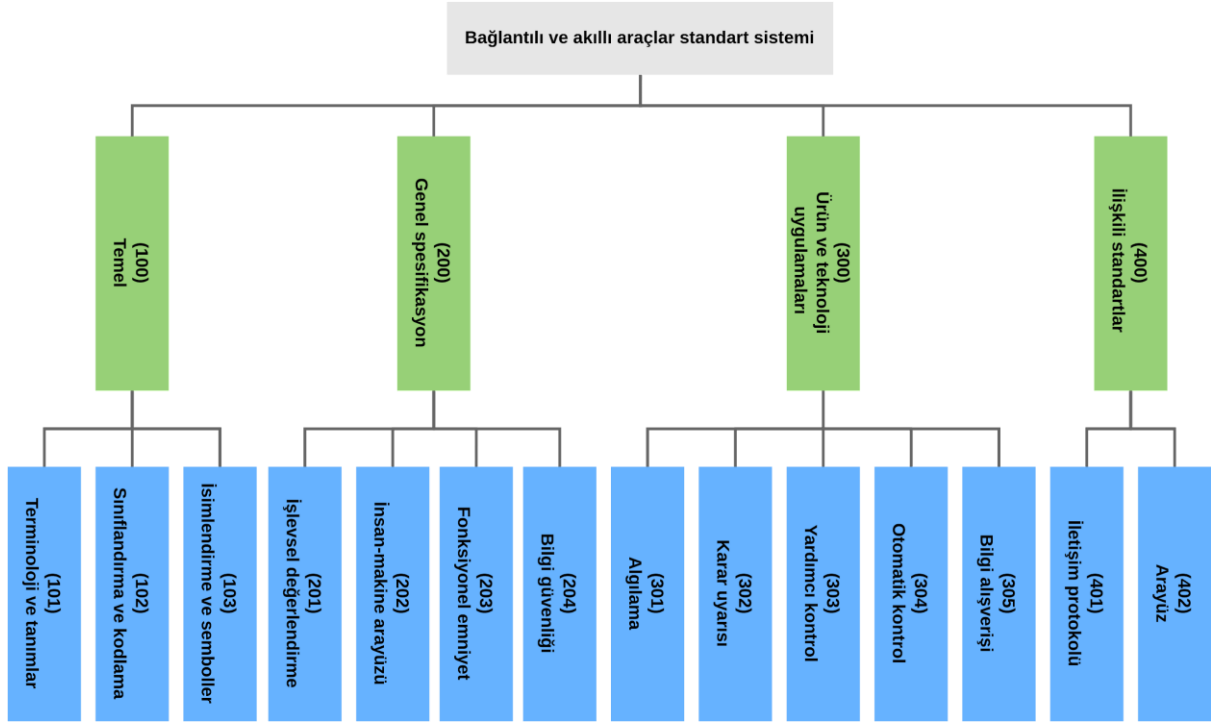
12).



Şekil 10 Akıllı ve bağlantılı araçlar mimarisi, mantıksal yapı (Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, 2018)



Şekil 11 Akıllı ve bağlantılı araçlar mimarisi, fiziksel yapı (Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, 2018)



Şekil 12 Akıllı ve bağlantılı araçlar standart sistemi (Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China, 2018)

2.1.3.4.2 “Araçların İnterneti Siber Güvenlik ve Bilgi Güvenliği Sistemi Kurulum Kılavuzu”

MIIT tarafından yayınlanan bir diğer rehber doküman olarak ABHS siber-güvenliğini konu almaktadır (5GAA, 2022). Rapor, ABHS'ye yönelik siber-güvenlik standardizasyon çalışmalarına kişisel verilerin korunması kanunu, bilgi güvenliği kanunu ve otomotiv sektörünü düzenleyen kanun ve standartlar doğrultusunda rehber bir kaynak oluşturmaktadır. Oluşturulan standart sistemi aşağıdaki başlıklar halinde kategorilendirilmiştir (China's Internet of Vehicles – New Guidelines Set Framework for Industry Standards, 2022):

- Genel ve temel standartlar
- Terminal ve servis standartları
- Ağ haberleşmesi standartları
- Bilgi güvenliği standartları
- Uygulama ve platform servisleri standartları
- Doğrulama ve destek standartları

Aynı zamanda rapor, standartların geliştirilmesi ve teknik gereksinimlerin belirlenmesi için 2023 ve 2025 hedefleri koymaktadır.

2023:

- Yüksek öncelikli güvenlik konularında en az 50 standart tanımlanmalıdır.
- Siber-güvenlik ve veri güvenliği standartlarına yönelik ön hazırlık, tüm standartlar için tamamlanmalıdır.

2025:

- 100'den fazla standart kümesi tamamlanmalıdır.
- IoV standart sisteminin çoğu tamamlanmış olmalıdır.
- Alt alanlardaki standartların kapsamı artırılmalıdır.

2.1.3.4.3 ABHS'ye Yönelik Proje Çağrısı

5G teknolojinin endüstrinin çeşitli alanlarında kullanılır hale getirilmesi ve yaygınlaştırılması, Çin hükümeti tarafından desteklenmekte ve 5G'nin K-AUS için kullanılmasına yönelik pilot projeler teşvik edilmektedir (China Ministry of Industry and Information Technology, 2020). MIIT ve NDRC ortaklığında yayınlanan “Yeni Altyapı Projeleri Çağrısı (5G)” (China National Development and Reform Commission, 2021) kapsamında gerçekleştirilen 5G temelli C-V2X büyük-ölçekli demonstrasyon ve doğrulama alanı, bu konuda örnek teşkil etmektedir. Bu projede amaç, demonstrasyon amaçlı büyük ölçekli bir 5G-V2X ağı oluşturmaktır. Böylece, tipik 5G-V2X senaryolarının test ve doğrulanması sağlanacak, oluşturulan ağı bu senaryoları gerçekleştirme kapasitesi ölçülecek ve aynı zamanda çeşitli 5G/C-V2X cihazlarının testleri yapılabilecektir.

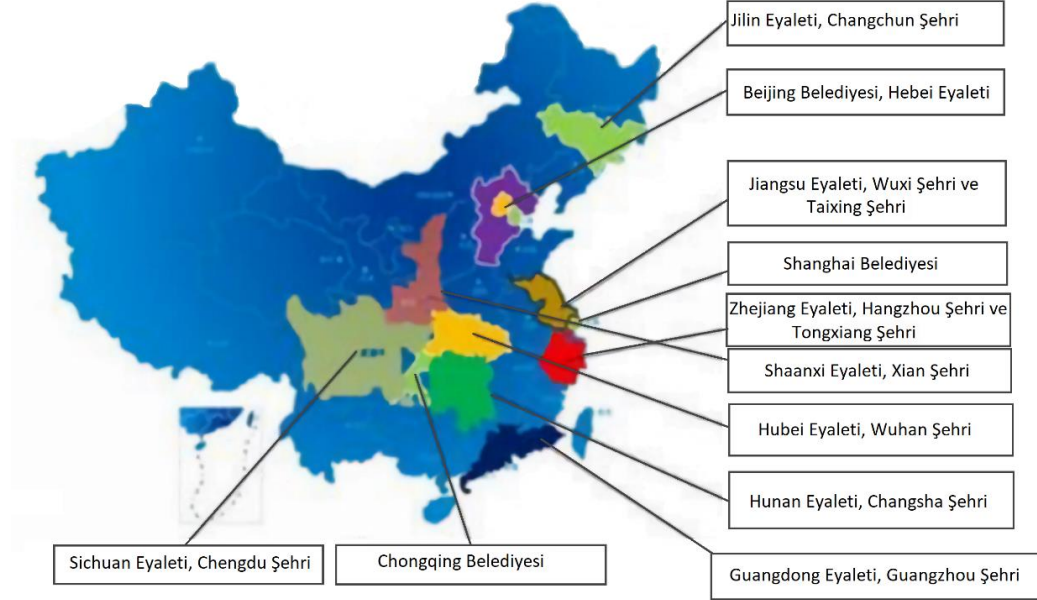
2.1.3.4.4 Pilot Projeler

Akıllı ve bağlantılı araçlar, akıllı şehir ve C-V2X endüstrisinin desteklenmesi amacıyla Çin'de devlet tarafından 3 tip pilot ve demonstrasyon alanı kurulumu onaylanmıştır (5GAA, 2022):

(1) Bağlantılı araçlara yönelik olarak 4 farklı şehirde pilot alanı kurulmuştur:

- Wuxi, Jiangsu
- Xiqing, Tientsin
- Çangşa, Hunan
- Liangjing, Çongçing

- (2) MIIT, MOT ve MPS tarafından 18 akıllı ve bağlantılı araç demonstrasyon alanı kurulumu desteklenmiştir. Demonstrasyon alanlarının seçiminde iklim ve coğrafi karakteristikler baz alınarak testlerin farklı koşullarda yürütülmesi dikkate alınmıştır. Bu demonstrasyon alanlarının coğrafi dağılımı Şekil 13'te yer almaktadır.



Şekil 13 Çin'deki akıllı ve bağlantılı araçlar demonstrasyon alanlarının coğrafi dağılımı (5GAA, 2022)

- (3) Akıllı şehir altyapılarının ve akıllı ve bağlantılı araç teknolojilerinin koordine gelişimi ve demonstrasyonu amacıyla İskân ve Şehir-Kırsal Kalkınma Bakanlığı (MoHURD) ve MIIT tarafından 16 pilot şehirden oluşan 2 grup oluşturulmuştur. Bu şehirler arasında Pekin, Şangay ve Guangzhou da yer almaktadır. Pilot şehirlerin coğrafi dağılımı Şekil 14'te gösterilmiştir.



Şekil 14 Çin'deki akıllı şehir altyapıları pilot şehirlerinin coğrafi dağılımı (5GAA, 2022)

2.2 ABHS Teknik İncelemesi: Mimari Yapı ve Bileşenleri

2.2.1 Sistem Mimarisi

Mimari, nesneleri ve kuralları bir araya getirerek bir sistem oluşturmak olarak tanımlanabilir (Frame Next, 2023). Sisteme hangi noktadan bakıldığına göre bu nesneler ve kurallar farklılık gösterecektir. Kurumsal katman ve mühendislik katmanındaki gözler, aynı sistem için farklı mimariler ortaya koyacaktır. Bu noktada sistem ve kurumsal yazılım mimarisi geliştirmede bazı çerçeveler ortaya konulmuştur. Bu çerçevelerin geneline baktığımızda farklı katmanlar ile sistemi çözme, analiz etme ve ilgili kişiler bazında sadeleştirme yapabilmek adına bakış (view) ve bakış açısı (viewpoint) kavramları geliştirilmiştir. Bu sayede ilgili kesimlere daha rahat hitap edilebilmekte ve sistem karmaşıklığı alan dışına taşmamaktadır. Bu çerçevelerden RM-ODP (Açık Dağıtık İşleme Referans Modeli), ISO ve IEC müşterek çalışması sonucunun bir ürünüdür. RM-ODP'de tanımlı beş adet bakış açısı vardır. Bunlar (RM-ODP, 2023);

- Kurumsal Bakış Açısı
- Bilgi Bakış Açısı
- Hesaplama Bakış Açısı

- Mühendislik Bakış Açısı
- Teknoloji Bakış Açısı

Bir diğer çerçeve olan NAFv4 (NATO Mimari Çerçevesi versiyon 4), askeri ve iş sahasındaki mimarileri geliştirmek ve tanımlamak üzere NATO tarafından oluşturulmuş bir standarttır (NATO, 2022). NAFv4'te bulunan bakış açıları da şu şekildedir (NATO, 2022).

- Kavramsal Bakış Açısı
- Servis Bakış Açısı
- Mantıksal Bakış Açısı
- Fiziksel Kaynaklar Bakış Açısı
- Mimarlık Temeli Bakış Açısı

AUS ve K-AUS için geliştirilmiş projelerde de bu çerçevelerin bazıları ve bakış açıları görülmektedir. AUS/K-AUS mimarisi ortaya koymuş olan projelerden bazıları aşağıda listelenmiştir:

- CVRIA
- FRAME ve Devam Projeleri (Frame Project, 2023)
- HARTS
- ARC-IT

2.2.1.1 CVRIA

Bağlantılı Araç Referans Uygulama Mimarisi (Connected Vehicle Reference Implementation Architecture, CVRIA), Birleşik Devletler Ulaştırma Bakanlığı'nın (US DOT) bünyesinde bulunan Akıllı Ulaşım Sistemleri Müşterek Program Ofisi (ITS JPO) tarafından oluşturulmuştur (United States. Dept. of Transportation. ITS Joint Program Office, 2016). Mimarinin amacı bağlantılı araçlar teknolojisini standartlaştırma ve kurulum faaliyetlerini arttırmaktır. 2015 Temmuz ayında ITS JPO, CVRIA 2.0 versiyonunu yayınlamıştır. 2017 Temmuz ayında ise US DOT tarafından, Bağlantılı ve Akıllı Ulaşım için Referans Mimari'sinin (ARC-IT) yayınlanmasıyla CVRIA desteği sonlandırılmış, çalışmalar ARC-IT içerisine aktarılmıştır.

2.2.1.2 FRAME

Bu projenin amacı, Avrupa Birliği (AB) bünyesinde entegre ve birlikte çalışabilir AUS için gerekli minimum tutarlı çerçeveyi belirlemek olarak tanımlanmıştır. FRAME, AB destekli KAREN projesinin (1998-2000) çıktısı olarak geliştirilmiş ve 2000 yılının Kasım ayında yayınlanmıştır (Frame Project, 2023). Projenin çıktısı Avrupa AUS Çerçeve Mimarisi (EITSFA) olarak isimlendirilmiştir (European Commision, 2022). Üye ülkeleri, bu çerçeveyi kullanmaya mecbur kılmak gibi bir statüsü olmadığı için üye ülkelerden birçoğu kendi ulusal AUS mimarilerinde FRAME'in bazı kısımlarından faydalanmıştır. Fransız ulusal AUS mimarisi (ACTIF), İtalya ulusal AUS mimarisi (ARTIST), Avusturya (TTS-A), Çek Cumhuriyeti (TEAM), Macaristan (HITS), Romanya (NARITS) bunlara örnek olarak verilebilir.

FRAME projesinin tamamlanmasından sonra devam projeleri (FRAME-S, FRAME Forum, E-FRAME) ile mimari devam ettirilmiş ve EITSFA ismi yerine mimari ismi olarak FRAME kullanılmaya başlanmıştır (European Commision, 2022).

FRAME projesi ilk başta AUS için geliştirilirken sonradan COOPERS, CVIS, SAFESPOT FP6 projeleri (E-FRAME) ile K-AUS da dahil edilmiştir (FRAME Forum, 2020). FRAME projesi çıktıları;

- Bağlantılı sistemler desteği sağlamada,
- Kanun yürütme desteği sağlamada,
- Nakliye operasyonlarını yönetmede,
- Toplu taşıma operasyonlarını yönetmede,
- Ana araç servislerine destek sağlamada,
- Trafik yönetiminde,
- Elektronik ödeme servisi sağlamada,
- Seyahat ve yolculuk yardımcılığı sağlamada,
- Emniyet ve acil durum servisi sağlamada kullanılabilmektedir.

2.2.1.2.1 Entegre AUS Kurulum Planlaması

FRAME mimarisi, amacı olduğu üzere, belirli bir süre içerisinde bir bölgenin AUS planlama ve kurulumu için dört yöntem önerir.

2.2.1.2.1.1 Yöntem 1

Bu yöntemde isterlerin tespiti için bölgesel olarak bir AUS mimarisi çıkarılır. Sonrasında her mali periyod içinde gerçekleştirilmek üzere bir kısım uygulama ve servisler seçilir. Sonrasında daha önceden çıkarılmış olan AUS mimarisinin iş paketleri için Sistem Gereksinimi Belirtimi (SRS) ve Test Belirtimi (TS) hazırlanır ve ihaleye açılır.

2.2.1.2.1.2 Yöntem 2

Bu yöntem planlama aşamasını şelale yöntemi (Waterfall Method) şeklinde gerçekleştirir. Planlama aşamasında yapılacak görevler ve sorumlular belirlenmiştir. AUS kurulum işlemini de iki aşamada gerçekleştirir. İlk aşamada yerel yetkili kurum veya yol işleticisi tarafından ihale açılır. İhale açılmadan önce AUS mimarisi oluşturulmuş ve ihale için gerekli detaylar belirlenmiştir. İkinci aşamada ise ihaleyi kazanan şirket ekipmanların geliştirilmesini ve kurulumunu gerçekleştirir.

2.2.1.2.1.3 Yöntem 3

Bu yöntem bir dizi **Paydaş İstekleri (Shareholder Aspiration)** denilen ve paydaşların AUS kurulumundan beklentileri ile başlar. Bunun sonucu olarak bir AUS mimarisi tanımlanır. Mimari yapı belirlenip konular üzerinde çalışıldıktan sonra şu ürünler ortaya çıkmaktadır:

- Sistem Sınırları
- Bileşen Şartnamesi ve İletişim İsterleri
- Kurulum Programı
- Teşkilat Görünümü
- Maliyet/Kazanç Çalışması
- Risk Analizi

2.2.1.2.1.4 Yöntem 4

AUS mimarisi belirlendikten sonra fiziksel veri akışının sağlanacağı iletişim bağlantıları için ihtiyaçlar tespit edilir ve var olan iletişim standartları ve teknolojisi ile mukayese edilir. Gereksinimlerin mevcut olmaması halinde geliştirilmeleri için bir girişim ihtiyacı doğabilir. Gerekli görülmesi durumunda AUS mimarisi ve iletişim isterleri yukarıda bahsedilen Yöntem 3 ile irdelenebilir.

2.2.1.3 HARTS

Teknik Standartlar için Uyumlu Mimari Referansı, 2011 yılında başlatılmış, mümkün olduğu her yerde, dünya çapında işbirlikçi ve birlikte çalışabilir sistemler sağlaması için küresel açık standartları desteklemek ve ihtiyaç duyulmayan standartların da gelişim ve benimsenmesine engel olmak amacıyla Avrupa Komisyonu (EC) ve Amerika Birleşik Devletleri (USA) ortaklığı ile oluşturulmuş bir mimari referanstır (HARTS, 2023). Kapsamın geniş olması sebebiyle Uyumluluk Görev Grupları (HTG) oluşturulmuş ve iş bölümü Tablo 6'daki gibi yapılmıştır.

Tablo 6 Uyumluluk Görev Grupları (HTG) ve sorumlulukları

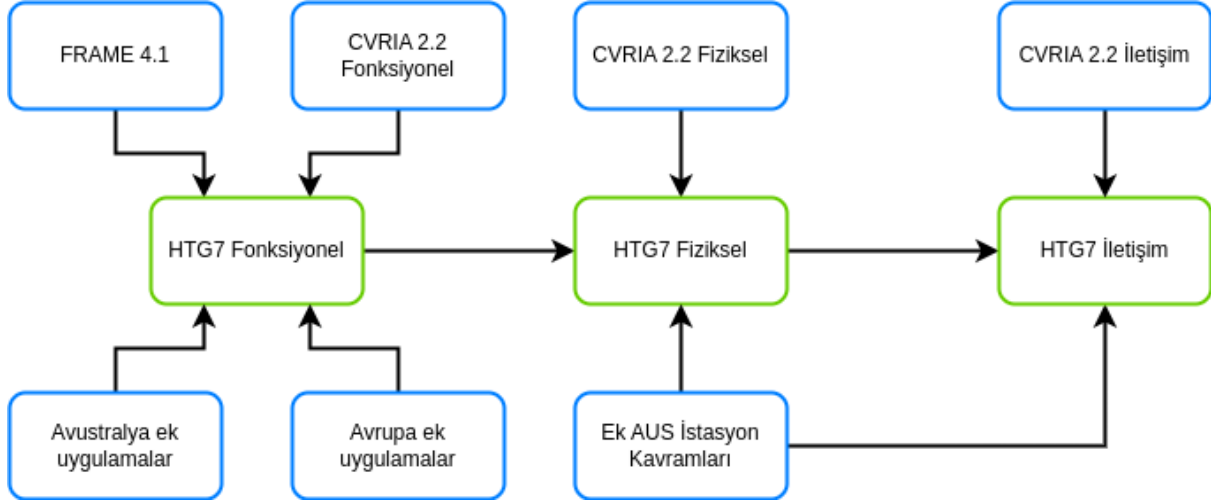
Görev Grubu	Sorumluluk
HTG1	BSM/CAM Uyumluluğu
HTG2	AUS Güvenliği
HTG3	AUS İletişimi
HTG4/5	Altyapı Mesajları
HTG6	AUS Güvenlik Politikası
HTG7	Standartların Boşluk Analizi ve Tanımlanması
HTG8	Veri Standartlarının İncelenmesi
HTG9	Sertifikasyon/Uyumluluk Prosedürleri

HARTS mimarisi dört adet bakış açısı içermektedir:

- Fiziksel
- İletişim
- Fonksiyonel
- Kurumsal

HTG7 görev grubunun çalışmaları sonucunda ortaya çıkan HARTS mimarisi Şekil 15'te verilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarında bakış açılarının birleştirildiği görülmekte, analitik

elemanlar için bir üst küme olması, referansların ortak elemanlarla eşleştirilmesi, mimarinin analizi ve yayınlanması için gerekli araç ve veri tabanlarının sunulması yer almaktadır.



Şekil 15 HARTS Mimarisi

2.2.1.4 ARC-IT

Amerika Birleşik Devletleri Ulusal AUS Referans Mimarisi (ARC-IT), akıllı ulaşım sistemlerinin planlanması, tanımlanması ve entegrasyonu için genel bir çerçeve sunar. ARC-IT AUS sistemlerinin planlanması ve tasarımında bazı araçlar ortaya koyar (ARC-IT, 2023). ARC-IT yukarıda bahsedilen RM-ODP bakış açılarından iletişim, fiziksel, fonksiyonel ve kurumsal olanları içermektedir. Fiziksel bakış açısı, Servis Paketi denilen dilimlere bölünmüştür. ARC-IT güncel olarak sürdürülmekte ve en son sürüm 9.1 ile devam etmektedir. Son 25 yılda geliştirilen ve ARC-IT'nin de bunun bir ürünü olduğu Ulusal AUS Mimarisinin amaçları aşağıda listelenmiştir (ARC-IT, 2023):

- AUS için ulusal bir vizyon sağlamak
- Ülke genelinde ve bölgesel AUS planlama ve yatırımlarına rehberlik etmek
- AUS standartları için gerekli ihtiyaçları incelemek ve tanımlamak

ARC-IT'nin internet sitesinde, ulaşım planlamasındaki bileşenlerin mimariyle ne şekilde bağlanacağı hakkında gerekli bilgileri sunmaktadır. Aradaki bu bağlantıyı gerçekleştirmek için şu planlama nitelikleri kullanılmaktadır:

- Planlama faktörleri

- Amaçlar
- Amaç Adımları

Bu planlama nitelikleri, Servis Paketleri ile ilişkilendirilmiştir. Servis Paketleri 12 kategori altında toplanmıştır. Bu kategoriler ve içerisinde bulunan Servis Paketleri şu şekildedir.

- Ticari Araç Operasyonları (Bu kategoride 22 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori ticari araç filolarını ve nakliye hareketlerini verimlilik, emniyet ve işletme yönetimi açısından ele almaktadır. Nakliyenin milli sınırlar ve diğer yetki sınırları boyunca taşınması için yetkilendirme işlemlerini içerir. Muhtelif şekillerdeki yük taşımacılığını, nakliye işlemlerini ve yönetimini iyileştirmek için, araç, sürücü ve kargo ile bilgi alışverişinde bulunan nakliye aracının işlemlerini hızlandıran aktiviteleri içerir.

- Veri Yönetimi (Bu kategoride 2 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu alan, ulaşım planlamasını, performans izlemeyi, güvenlik analizini ve araştırmayı desteklemek için bazı veya tüm ulaşım vasıtaları ve diğer kuruluşlar tarafından kullanılacak verilerin yönetimini ele alır. Veriler, sensörlerden, bağlantılı araçlardan ve merkezlerin işletme geri bildirimlerinden elde edilir.

- Bakım ve İnşa (Bu kategoride 11 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori yolun fiziksel durumu ve bununla ilişkili altyapı ekipmanının yönetimini, geliştirilmesini, bakımını, gözetimini kapsamakta olup aynı zamanda bu faaliyetlerin yapılmasına imkân sağlayan gerekli kaynakları da ele alır.

- Park Yönetimi (Bu kategoride 6 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori park ücretinin elektronik ödenmesi ve park alanının yönetimi de dahil olmak üzere park işlemlerinin yönetimini ele almaktadır.

- Kamu Emniyeti (Bu kategoride 15 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, ulaşım ağı yoluyla taşınan tehlikeli maddelerle ilgili olanlar da dahil olmak üzere, ulaşım ağındaki acil durumların veya olayların kamu güvenliği kurumları tarafından yönetimini ele alır. Acil durumlara daha iyi yanıt verebilmek için acil durum yönetim hizmetlerini kullanan kamu güvenliği kurumlarını (Polis, İtfaiye, Acil Sağlık Servisi) kapsar.

- Toplu Taşıma (Bu kategoride 18 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, farklı şekillerde işletme bilgisini kullanıcılara ve operatörlere ulaştırarak zamanında ve verimli bir şekilde yapılan bir toplu taşımanın; yönetim, işletme, bakım ve güvenliğini ele almaktadır.

- Destek (Bu kategoride 14 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, merkezi istasyonlar, yol ekipmanları, araçlar ve yolcu cihazları da dahil olmak üzere; bağlantılı araç sisteminin yönetim, bakım ve gözetimini ele almaktadır.

- Sürdürülebilir Seyahat (Bu kategoride 10 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, çevreye olan etkilerini minimize edecek şekilde ulaşım sisteminin işletilmesini ele alır. Erişilebilirlik, hareket kabiliyeti, insan emniyetinin sağlanması ve çevre arasındaki dengeyi gözetten bir ulaşım sistemini destekler.

- Trafik Yönetimi (Bu kategoride 26 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, ulaşım ağı boyunca her türlü araç, yolcu ve yaya hareketinin yönetimini ele almaktadır. Ulaşım sistemi için bilgi toplama, yayma ve işleme ile ilgilenir.

- Yolcu Bilgilendirme (Bu kategoride 7 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, kullanıcılara seyahatleri öncesinde ve sırasında ulaşım ağı hakkında hem statik hem de dinamik bilgilerin sağlanmasını ele almaktadır.

- Araç Emniyeti (Bu kategoride 17 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, otonom, bağlantılı ve donanımsız araçlar için aracın güvenliğini ele alır.

- Hava (Bu kategoride 4 Servis Paketi bulunmaktadır)

Bu kategori, karayolları ulaşım ağı ve bu ağın kullanıcıları üzerinde önemli etkisi olan hava ve çevre koşullarını gözetlemeyi ve sonrasında karayolları ulaşım ağı kullanıcıları ve yöneticilerine gelişmeleri bildirmeyi ele alır.

2.2.1.4.1 Planlama Faktörleri

ISTEA, TEA-21 federal kanunları ile beraber Amerika Birleşik Devletleri Kongresi, metropol ve eyalet çapında ulaşım planlamasını 7 planlama faktörüne vurgu yaparak desteklemiştir. Bu 7 planlama faktörü, Metropol Planlama Organizasyonları ve eyaletlerin planlama esnasında göz önünde bulundurmaları amacını da taşımaktadır. 2005 yılında SAFETEA-LU federal kanunu ile beraber güvenlik ve çevre üzerine de vurgu yapılmış ve ulaşım güvenliği diğer bir faktör olarak eklenmiştir. 2015 yılındaki FAST (Fixing America's Surface Transportation) kanunu ile iki faktör daha eklenmiştir. Bu 10 planlama faktörü aşağıda listelenmiştir:

1. Amerika Birleşik Devletleri'nin, eyaletlerin, metropol olmayan ve olan alanların ekonomik canlılığının, özellikle küresel rekabet, üretim ve verimliliği mümkün kılarak desteklenmesi
2. Motorize olan ve olmayan kullanıcılar için ulaşım sisteminin emniyetinin (safety) artırılması (sistem kullanıcılarını sistemden gelebilecek zarara karşı koruma)
3. Motorize olan ve olmayan kullanıcılar için ulaşım sisteminin güvenliğinin (security) artırılması (sistem kullanıcılarını dışarıdan gelebilecek tehditlerden koruma)
4. İnsan ve nakliye hareket ve erişim kabiliyetinin artırılması
5. Çevrenin korunması ve kalkındırılması, enerji korunumunun iyileştirilmesi, hayat standardının yükseltilmesi, ulaşımındaki iyileştirmeler ile yerel ve ülke çapındaki planlı gelişme, ekonomik kalkınma modelleri arasındaki uyumun desteklenmesi
6. Eyaletler içinde ve eyaletler boyunca ulaşım sisteminin bağlılığının ve entegrasyonunun insanlar ve nakliyeler için iyileştirilmesi
7. Verimli sistem yönetiminin ve yürütmesinin teşvik edilmesi
8. Mevcut ulaşım sisteminin korunmasının vurgulanması
9. Ulaşım sisteminin güvenilirliğinin ve dayanıklılığının artırılması ve yüzey taşımacılığında sel felaketinin etkisinin azaltılması
10. Seyahat ve turizm iyileştirmesi

2.2.1.4.2 Amaçlar

2.2.1.4.1'de verilen planlama faktörlerinin her biri bir amaç ile eşleştirilmiştir. Bu amaçlar:

- Ulusal nakliye ağını geliştirmek, kırsal toplulukların ulusal ve uluslararası ticaret pazarlarına erişme becerilerini güçlendirmek ve bölgesel ekonomik kalkınmayı desteklemek
- Halka açık tüm yollarda gerçekleşen ciddi yaralanmalar ve hayat kayıplarını önemli ölçüde azaltmayı gerçekleştirmek
- Ulaşım sisteminin güvenliğini artırmak
- Trafik yoğunluğunda önemli miktarda azaltma gerçekleştirmek
- Doğal çevreyi koruyup geliştirirken ulaşım sisteminin de performansını iyileştirmek
- Ulaşım sisteminin bağlantı ve entegrasyonunu iyileştirmek

- Yüzey ulaşım sisteminin verimini artırmak
- Otoyol altyapı varlık sistemini iyi durumda tutmak
- Yüzey ulaşım sisteminin güvenilirliğini ve dayanıklılığını artırmak
- Seyahat ve turizmi destekleyen bir ulaşım sistemi geliştirmek

Buradaki her bir amaç birçok amaç adımı ve servis paketleri ile ilişkilendirilmiştir.

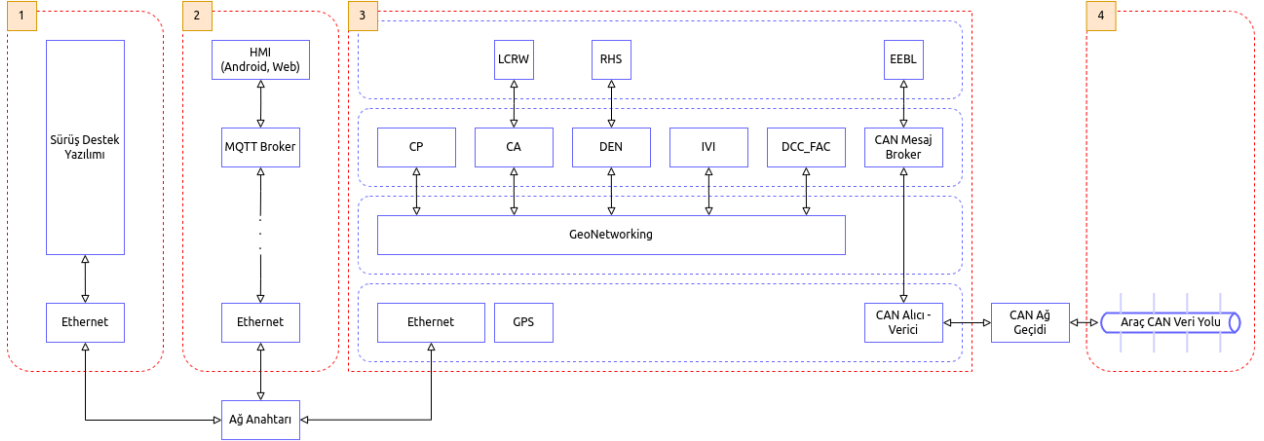
2.2.1.4.3 Amaç Adımları

ARC-IT 9.1 mimarisinde tanımlı 264 adet amaç adımı yer almaktadır. Metropol veya eyalet çapında ulaşım planlarının gerçekleştirilmesi için oluşturulan amaçlar, bu amaç adımlarını içermektedir. Amaç adımları, ulaşım planlarında yer alacak olan strateji ve yatırımların kararlaştırılmasına yardım etmek ve bölgesel planların başarması gerekenleri tanımlamaktadır. Pratikte bu amaç adımları üst düzey bölgesel beyanlardan belirli, ölçülebilir, zaman kısıtlı 'SMART' (SMART criteria, 2023) hedeflere doğru geniş bir yelpazede yer almaktadır.

2.2.2 Yazılım Mimarisi

K-AUS'u bir bütün olarak ele aldığımızda, sistemin içerisinde mevcut birçok irili ufaklı, farklı amaçlara hitap eden, entegre çalışan yazılım parçalarının olduğu görülmektedir. K-AUS bileşenlerinden biri olan araç istasyonları içerisinde gerçekleştirilebilecek yazılım mimarisine Şekil 16'da yer alan diyagram örnek gösterebilir. Diyagram içerisindeki dört parça aşağıdakileri temsil etmektedir:

- 1 numaralı parça, otonom sürüş, sürüş destek için mevcut bir sistemi
- 2 numaralı parça, görsel ara yüz sunabilmek ve kullanıcı ile etkileşime geçebilecek bir sistemi
- 3 numaralı parça, ABHS için kullanılan ağ yığını
- 4 numaralı parça, CAN ağını temsil etmektedir.



Şekil 16 ABHS araç istasyonu örnek bileşenler ve yazılım mimarisi

2.2.3 ABHS Sistem Bileşenleri

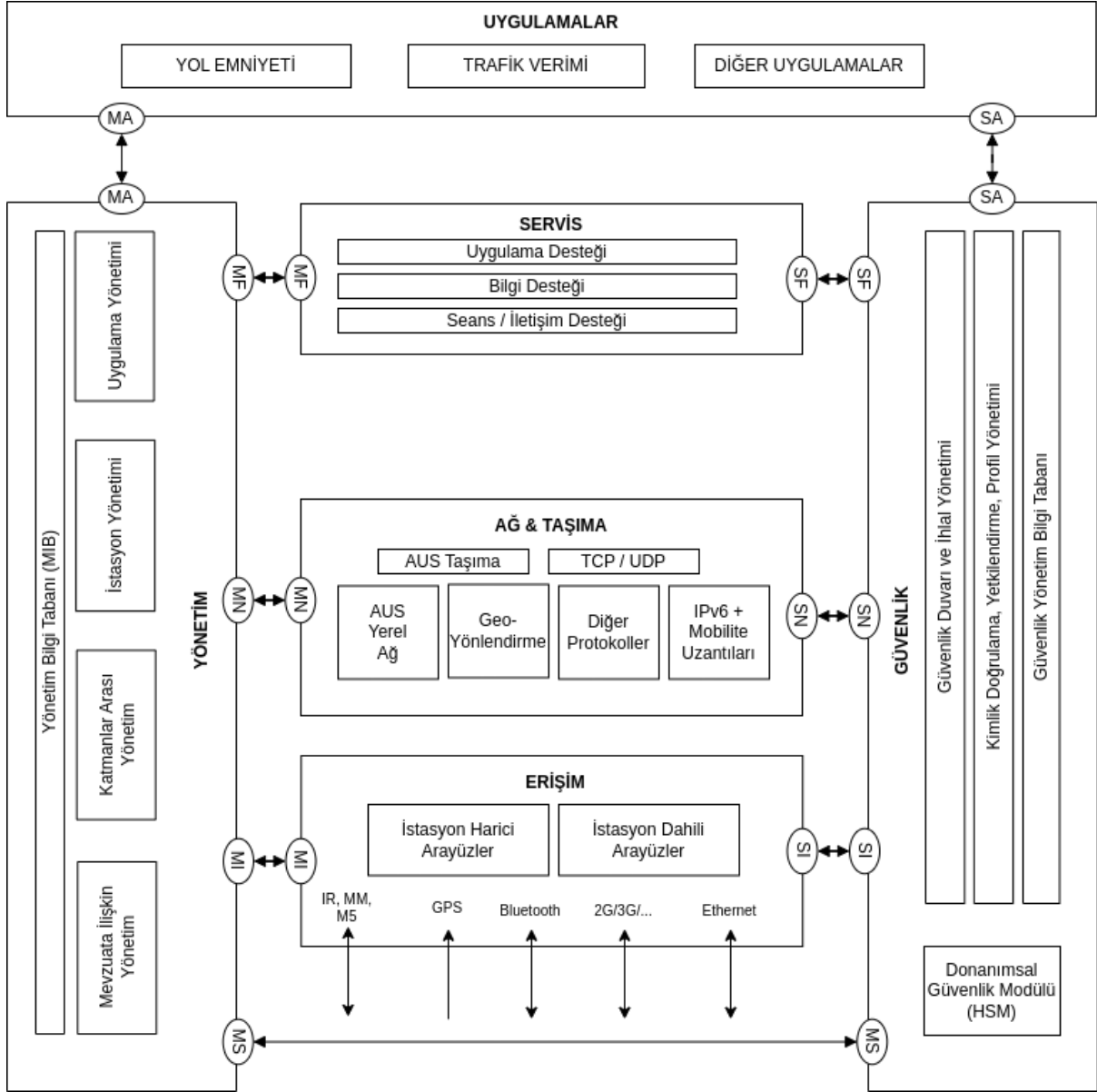
ETSI, AUS iletişimini 4 alt sistem olarak ele almaktadır (ETSI, 2011). Bu alt sistemler;

- Kişisel AUS Alt Sistemi,
- Araç AUS Alt Sistemi,
- Merkezi AUS Alt Sistemi,
- Yol Kenarı AUS Alt Sistemidir.

Bu alt sistemlerin iletişim kurabileceği sistem bileşenleri 5 kategori altında incelenmiştir (ETSI, 2011). Bunlar;

- AUS İstasyon Ana Makinesi
- AUS İstasyon Geçidi
- AUS İstasyon Yönlendiricisi
- AUS İstasyon Sınır Yönlendiricisi
- AUS İstasyon Önleyici (Interceptor)

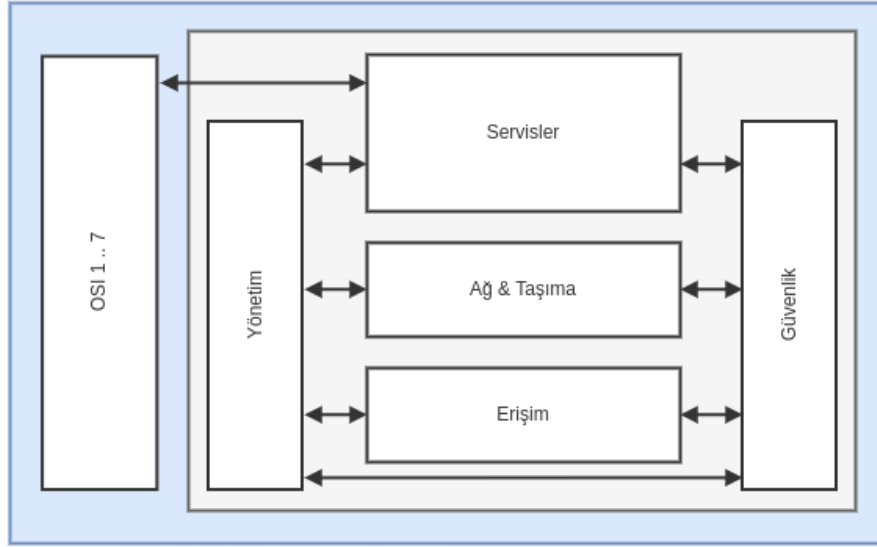
Genel olarak bu sistem bileşenlerinden bahsetmek gerekirse, bunlar Şekil 16'de gösterilen ETSI AUS istasyonu referans mimarisinin bazı kısımlarını içermektedir. Bu sistem bileşenlerinin protokol yığını ile olan etkileşimleri adı altında, protokol yığını, protokol yığını üzerinde çalışan uygulamalar ve protokol yığının üzerinde çalıştığı donanımdan aşağıdaki bölümlerde bahsedilmiştir.



Şekil 17 ETSI AUS istasyonu referans mimarisi (ETSI, 2011)

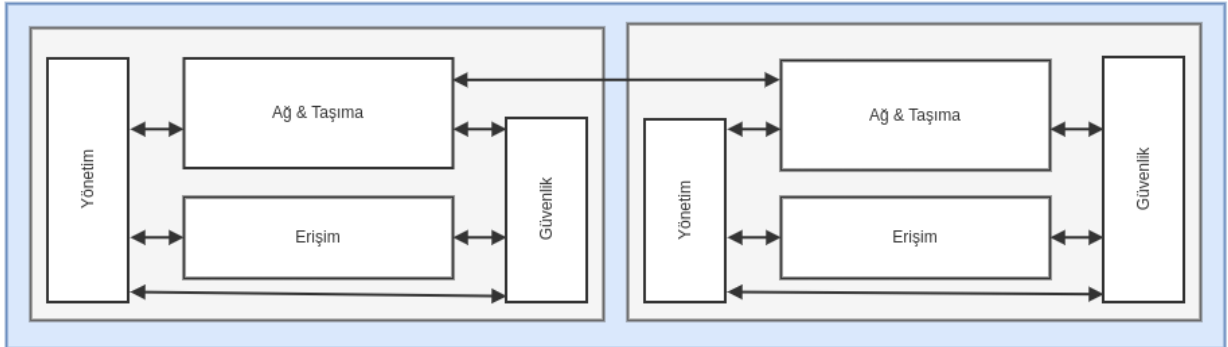
AUS İstasyonu ana makinesi, AUS uygulamalarını ve Şekil 16'daki bileşenlerden, uygulamaların gereksinimleri göz önünde bulundurulduğunda, ihtiyaç duyulan minimum elementleri ya da daha fazlasını içermelidir.

AUS istasyonu geçidi, iki farklı OSI protokol yığınının, 5 ve 7'nci katmanları arasında bir bağlantı sağlar. Bu protokol yığınlarından bir tanesi istasyonun dahili ağını diğeri ise harici bir ağı temsil etmektedir. Şekil 18'de ağ geçidine yer verilmiştir.



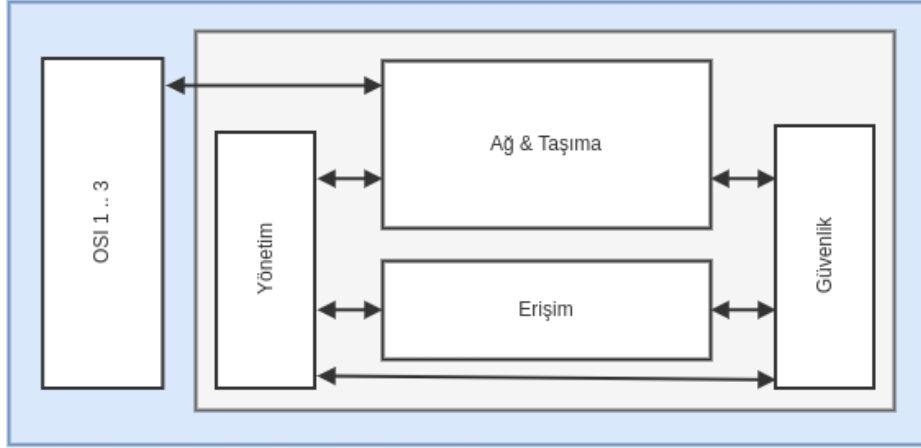
Şekil 18 AUS İstasyon Ağ Geçidi

AUS istasyonu yönlendiricisi, AUS protokol yığınının 3'üncü katmanları arası iletişimi sağlamakta olup uygulama katmanı içermemektedir. Protokoller arası çevirme işlemi yapma kabiliyeti de olabilir. Şekil 19'da AUS istasyonu yönlendiricisine yer verilmiştir.



Şekil 19 AUS İstasyonu Yönlendiricisi

AUS İstasyonu Sınır yönlendiricisi, AUS İstasyonu Yönlendiricisi ile aynı görevi yapmakta olup ikisinin ayrıştığı nokta, harici ağın AUS yönetim ve güvenlik prensiplerini takip etmiyor olmasıdır. Şekil 20'de sınır yönlendiricisine yer verilmiştir.



Şekil 20 AUS İstasyonu Sınır Yönlendiricisi

AUS İstasyon Önleyici; AUS İstasyonu ağ geçidi (gateway), yönlendiricisi (router) veya sınır yönlendiricisi (border router) olabileceği gibi dahili ve harici ağları bağlamak için farklı bir yöntem de olabilir.

Bu protokol yığınının üzerinde çalıştığı, ağ düğümlerini temsil eden alt sistemler, ağa Yerleşik Ünite (OBU, On-Board Unit) veya Yol Kenarı Ünitesi (RSU, Road-Side Unit) ile bağlanmaktadır. Protokol yığınının tümü veya düğümün ağ içindeki görevi göz önünde bulundurulduğunda çalışması için gerekli parçalar bu donanımlarda çalışmaktadır. Bu donanımlar, hücrel ve/veya DSRC alıcı-verici kabiliyetlerine sahip olabilmektedir.

K-AUS sisteminde çevre farkındalığı veya diğer sistem kullanıcıları ile iş birliği sağlamak üzere temel bazı mesaj türleri mevcut olup bunlar (i) Merkezi Olmayan Çevre Bildirim Mesajı (DENM) ve (ii) Kooperatif Farkındalık Mesajı (CAM) olarak bilinmektedir.

2.2.4 ABHS İletişim Altyapısı ve İletişim Protokolleri/Standartları

ABHS teknolojisinde karşımıza iki tercih çıkmaktadır. Bunlar, C-V2X ve DSRC'dir. DSRC, özellikle araçların iletişimi için tasarlanmış bir kablosuz iletişim teknolojisidir. 5.9 GHz bandı bu teknoloji için ayrılmıştır (Yuanzhe Jin, 2022). C-V2X teknolojisi de akıllı ulaşım sistemleri için tasarlanmış bir diğer teknolojidir. Bu teknoloji, Akıllı Ulaşım Sistemlerinde altyapı teknolojisi olarak hücrel ağı kullanmayı ve bu sayede araçların her zaman her yerde bağlantılı ve erişilebilir olmasını sağlayarak hizmet sürekliliğini gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. C-V2X standartları, uluslararası yedi telekomünikasyon standartları geliştirme kuruluşlarının bir araya gelerek oluşturdukları örgüt olan 3GPP tarafından geliştirilmektedir (3GPP, 2023).

2.2.4.1 DSRC İletişim Protokolleri

DSRC mimarisi, Wi-Fi standardından evrilmiş olan 802.11p standardı üzerinde bir teknolojidir. Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya'da sinyal frekansları farklılaşma göstermektedir. DSRC için bu bölgelerde ayrılmış bant genişlikleri, Tablo 7'de gösterilmiştir (K. Abboud, 2016).

Tablo 7 DSRC frekans aralığının çeşitli bölgelerdeki kullanımı

Bölge	Tanımlı Frekans	Kullanım Açıklaması
Kuzey Amerika	902-928	Uplink ⁶ , Downlink ⁷
	5850-5895 *	Bir adet 10 MHz Kontrol Kanalı, altı adet 10 MHz Servis Kanalları, Bir adet 5 MHz Ayrılmış Kanal
	5895-5925	
Avrupa	5470-5725	10 MHz veya 20 MHz servis kanallarının dinamik frekans seçimi
	5795-5815	Dört adet 5 MHz kanal
	5855-5925	Bir adet 10 MHz, 6 adet 10 MHz servis kanalları
Japonya	755.5-754.5	Tek kanal
	5770-5850	Yedi uplink, yedi downlink 5 MHz kanallar

* Amerika Birleşik Devletleri'nde FCC, 20 Kasım 2020 tarihinde 5850-5925 bant aralığının lisanssız orta-bant spektrum işlemleri için genişletilmesini konu alan bir rapor ve emir yayınlanarak bu bant, lisans sahiplerinin 5 Temmuz 2022 tarihine kadar üst bant aralığına geçmelerine olanak tanıdı (Federal Communications Commission, 2022).

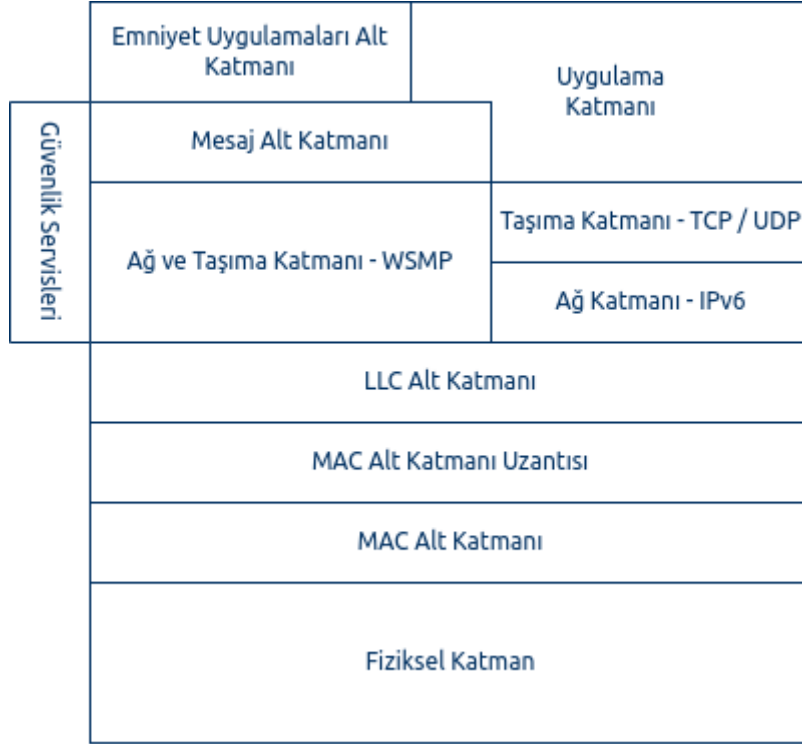
6 Yer istasyonlarından uyduya gönderilen sinyaller. DSRC özelinde ise, uç istasyondan altyapı yönündeki sinyal.

7 Uydudan yer istasyonlarına gönderilen sinyaller. DSRC özelinde ise, altyapıdan uç istasyon yönündeki sinyal.

DSRC için iki farklı mimariden söz edebiliriz.

2.2.4.1.1 Kuzey Amerika’da Kullanılan Referans DSRC Mimarisi

Şekil 21’de verilen katmanlı mimari yapı, Kuzey Amerika’da kullanılan DSRC mimari yapısını göstermektedir.



Şekil 21 Kuzey Amerika’da kullanılan referans DSRC mimarisi

DSRC, fiziksel katmanda ve medya erişim katmanında IEEE 802.11p, medya erişim katmanı uzantısında IEEE 1609.4⁸, LLC alt katmanında IEEE 802.2⁹, ağ ve taşıma katmanında IEEE

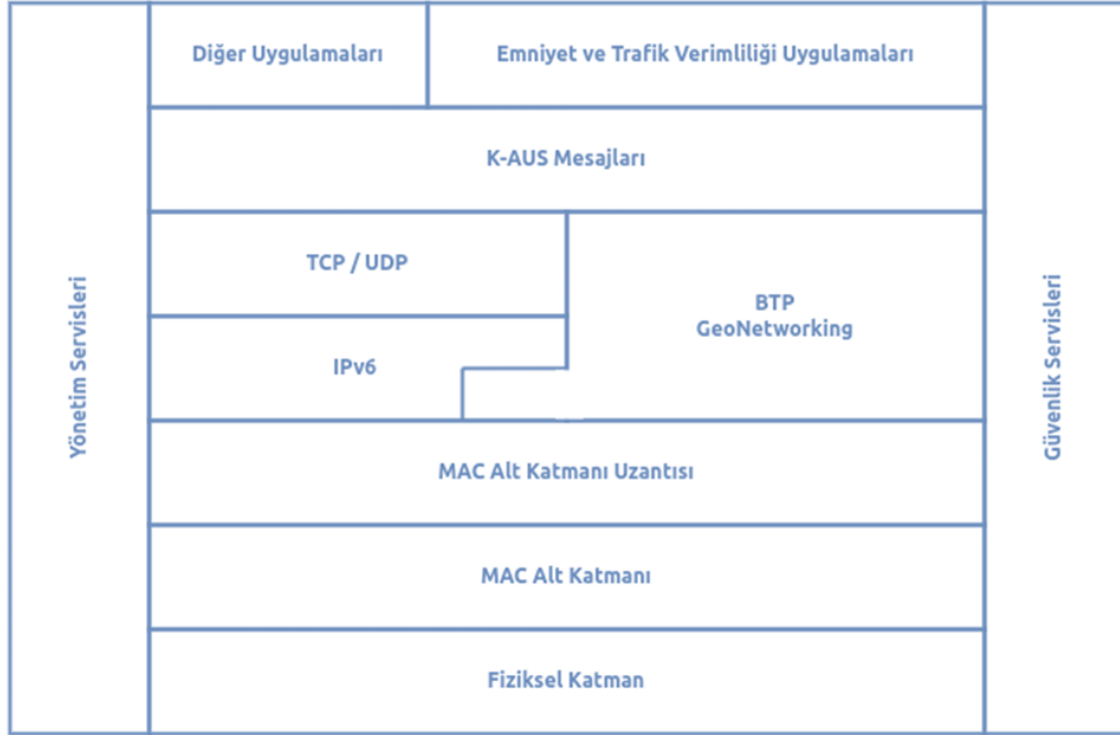
8 IEEE Standard for Wireless Access In Vehicular Environments (WAVE) – Multichannel Operations

9 ISO/IEEE Internation Starndard – Information Processing Systems – Local Area Networks – Part 2: Logical Link Control

1609.3¹⁰, mesajlaşma alt katmanında SAE J2735¹¹, SAE J2945.1¹², güvenlik servislerinde IEEE 1609.2¹³ standardını kullanmaktadır (Zhou, Xu, Chen, & Wang, 2020).

2.2.4.1.2 Avrupa’da Kullanılan Referans DSRC Mimarisi

Şekil 22’de yer alan katmanlı yapı, Avrupa’da kullanılan DSRC mimari yapısını göstermektedir.



Şekil 22 Avrupa’da kullanılan referans DSRC mimarisi

10 IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Networking Services

11 V2X Communications Message Set Dictionary

12 On-Board System Requirements for V2V Safety Communications

13 IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Security Services for Application and Management Messages

Bu mimari, fiziksel katmanda IEEE 802.11p standardını kullanır. Ayrıca fiziksel katman MAC alt katmanı ve uzantı katmanında ETSI EN 302 663¹⁴, TS 102 724¹⁵, TS 102 687¹⁶, TS 103 175¹⁷ kullanır. Güvenlik servislerinde TS 103 097¹⁸, TS 102 941¹⁹ kullanır. Ağ ve taşıma katmanında BTP ve GeoNetworking protokolleri için ETSI EN 302 636²⁰ kullanır. Mesajlaşma katmanında ETSI EN 302 091²¹, CEN/ISO TS 19 091²² kullanır. Uygulama katmanında ETSI TS 101 539²³, CEN/ISO TS 19 091, CEN/ISO TS 19 321²⁴ kullanır (Festag, 2014).

2.2.4.1.3 Japonya’da DSRC

Japonya’da ulusal düzeyde DSRC için geliştirilmiş ARIB standartları mevcuttur.

14 Intelligent Transport Systems (ITS); ITS-G5 Access layer specification for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band

15 Intelligent Transport Systems (ITS); Harmonized Channel Specifications for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band

16 Intelligent Transport Systems (ITS); Decentralized Congestion Control Mechanisms for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz range; Access layer part

17 Intelligent Transport Systems (ITS); Cross Layer DCC Management Entity for operation in the ITS G5A and ITS G5B medium

18 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats; Release 2

19 Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Trust and Privacy Management

20 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications; Sub-part 1: Media-Independent Functionality

21 Broadband Integrated Services Digital Network (B-ISDN) and Broadband Private Integrated Services Network (B-PISN); Digital Subscriber Signalling System No. two (DSS2), Broadband Inter-Exchange Signalling (B-QSIG), and Signalling System No. 7 (SS7); Prenegotiation; Part 1: Protocol specification

22 Intelligent transport systems - Cooperative ITS - Using V2I and I2V communications for applications related to signalized intersections

23 Intelligent Transport Systems (ITS); V2X Applications; Part 1: Road Hazard Signalling (RHS) application requirements specification

24 Intelligent transport systems — Cooperative ITS — Dictionary of in-vehicle information (IVI) data structures

2.2.4.2 K-AUS Standartları

Standart; bir kural, kılavuz veya tanım olarak kullanılmak üzere tasarlanmış teknik bir belgedir (CEN/TC 278, 2023). Standartlar belirli bir malzeme, ürün, süreç veya hizmetin üreticileri, tüketicileri ve düzenleyicileri gibi ilgili tarafların bir araya gelmesiyle oluşturulur.

K-AUS teknolojisini standartlaştırma adına dünya genelinde birçok kuruluş tarafından müşterek veya tek başına, teknolojinin farklı kısımlarına hitap eden çalışmalar yapılmaktadır. Bu kuruluşlara Avrupa Standartlar Komitesi (CEN), Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO), Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI), Uluslararası Telekomünikasyon Teşkilatı (ITU), Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), İnternet Mühendisliği Görev Gücü (IETF), Radyo Endüstrileri ve İşletmeleri Derneği (ARIB), Çin İletişim Standartları Birliği (CCSA), Telekomünikasyon Teknolojisi Birliği (TTA), Asya Pasifik Telekomünikasyonu (APT) (Intelligent transport systems - cooperative, connected and automated mobility (ITS-CCAM) and electromobility (RP2020), 2022) örnek olarak verilebilir.

Çalışma modelinin organizasyondan organizasyona farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurularak standartları daha iyi anlamak amacıyla Avrupa Standartlar Komitesinin (CEN) çalışma modeli aşağıda kısaca özetlenmiştir.

CEN, teknik komiteler ve teknik komitelere bağlı çalışma gruplarına bölünmüş olup her bir grup farklı standartlar üzerine çalışmalar yapmaktadır. CEN, çalışmaları sonucu üç türde çıktı ortaya koymakta olup bunlar, (i) Avrupa Standardı (EN), (ii) Teknik Şartname (TS) ve (iii) Teknik Rapor (TR)'dur. Bu çıktıların üye ülkeler üzerindeki bağlayıcılıkları ve geliştirme süreci zorlukları farklılık göstermektedir. CEN kuruluşunun TC 278 teknik komitesi, yol taşımacılığı ve trafik telematiği üzerine geliştirmeler yapmaktadır. Bu komitenin 16. çalışma grubu kooperatif (K-AUS) sistemlerden sorumludur (ITeh Standards, 2023). Tablo 8'de bazı çıktılar listelenmiştir (ITeh Standards, 2023).

Tablo 8 CEN/TC 278 WG 16 çıktıları

CEN ISO/TR 21186-3	Standartların kullanımı hakkında kılavuz bilgi, Bölüm 3
CEN/TS 17496	İletişim Profilleri
CEN/ISO 19091	Sinyalize Kavşaklar (SPaT, MAP, SRM, SSM)
CEN ISO/TS 17425	Harici yol ve trafik verisinin araç içi gösterimi amacıyla veri değişimi
CEN ISO/TS 21176	Genel bir pozisyon, hız ve zaman servisi tanımlar.

CEN ISO/TS 21184	Küresel Ulaşım Veri Yönetim Çatısı
EN ISO 21177 (Geliştirilmekte)	Güvenilir Cihazlar arası kimlik doğrulama ve Güvenli oturum tesisi için AUS İstasyonu Güvenlik Hizmetleri
EN ISO 22418 (Geliştirilmekte)	Hızlı Servis Duyuru Protokolü

Yine Avrupa Birliği bünyesinde faaliyet gösteren bir diğer organizasyon olan Avrupa Telekomünikasyon Standartlar Komitesi'nin (ETSI) TC ITS komitesi, AUS ve K-AUS üzerinde standartlaşma faaliyetleri yürütmektedir. Buna örnek çıktılar da Tablo 9'da verilmiştir (Dahmen-Lhuissier, 2023).

Tablo 9 ETSI TC ITS Komitesinin çıktılarından bazıları

ETSI TS 102 859	IP paketlerinin konumsal ağ katmanı protokolü üzerinden iletimi hakkında uyumluluk test şartnamesi
ETSI TS 102 868	CAM mesajı uyumluluk test şartnamesi
ETSI TS 102 869	DENM mesajı uyumluluk test şartnamesi
ETSI TS 102 870	BTP mesajı uyumluluk test şartnamesi

2.2.5 ABHS Uygulama Senaryoları

ABHS Uygulama Senaryoları genellikle üç kategori altında değerlendirilmektedir (Eslam Farsimadan, 2021) (Karagiannis, ve diğerleri, 2011):

- Emniyet
- Verimlilik
- Bilgi ve Eğlence Servisleri

2.2.5.1 Emniyet Uygulamaları

Bu kategori altında değerlendirilen uygulamalar, trafik kazalarını önlemeyi ve yolcuların yaralanma risklerini ortadan kaldırmayı hedeflemektedir (Xuyu Wang, 2017). Yapılan çalışma (Xuyu Wang, 2017) verilerine göre trafik kazalarının büyük çoğunluğu kavşaklarda meydana gelmekte olup araçların altyapı ya da kendi aralarındaki haberleşmesi sayesinde kavşaklardaki emniyet artırılabacaktır.

2.2.5.2 Verimlilik Uygulamaları

Bu kategori altındaki uygulamalar, araç trafik akışını ve koordinasyonunu artırmada yardımcı olmayı amaçlar. Yine sürücülere trafik konusunda yardımcı olma ve yerel harita ve belirli bir alan içerisindeki mesajları aktarmayı amaçlamaktadır (Xuyu Wang, 2017).

2.2.5.3 Bilgi ve Eğlence Servisleri

Bu kategori altındaki uygulamalar, kooperatif yerel servisler ve küresel internet servisleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Xuyu Wang, 2017).

Bu üç kategoriden ayrı olarak C2C-CC organizasyonu 2020 yılında belirlediği yol haritasında K-AUS uygulamalarını üç kategori altında toplamıştır²⁵. Bunlar:

- Bilinçli Sürüş Uygulamaları

Durum bilgisinin (konum, hız, sürüş yönü, araç arızası) takas edilmesi için bir dizi bilgi ve uyarı servisi sağlar. Bu uygulamalar, yol kullanıcılarının öngörü ile hareket edebilmesine ve an itibarıyla görünür olmayan potansiyel risklerin farkında olmalarına yardımcı olur.

- Algılayan Sürüş Uygulamaları

Durum bilgisine ek olarak, yol kullanıcıları sensörlerden elde ettikleri gözlemleri ve gelişmiş çevre bilgisini paylaşırlar. Bu şekilde tehlikenin farkında olmayan kullanıcılar uyarılmış olmakla beraber, iletişim kurma yeteneği bulunmayan yol kullanıcıları da korunmuş ve dikkate alınmış olacaktır.

- Kooperatif Sürüş Uygulamaları

Durum ve sensör verilerine ek olarak, yol kullanıcıları, karmaşık trafik durumlarında bile akıllıca etkileşim kurmalarına ve davranışlarını koordine etmelerine olanak tanıyan niyet verileri de sağlayabilirler. Tüm yol kullanıcılarının beklenen davranışlarının tahmini, yüksek düzeyde otonom ve otonom sürüşe yönelik uzun vadeli hedef için önemli bir gerekliliktir.

²⁵ <https://www.car-2-car.org/about-c-its>

2.2.6 ABHS Ağa Erişim ve Yetkilendirme ile İlgili Güvenlik Mekanizmaları

2.2.6.1 Güvenlik Hedefleri

ETSI Güvenlik, Tehdit, Zayıflık ve Risk Analizi standardı, AUS güvenlik amaçlarını şu şekilde tanımlamıştır (ETSI, 2017).

- Gizlilik
- Bütünlük
- Erişilebilirlik
- İzlenebilirlik
- Yetkili olma

2.2.6.1.1 Gizlilik

- Yetkili bir K-AUS kullanıcıasına gönderilen veya bu kullanıcıdan alınan bilgiler, yetkili olmayan 3. taraflara ifşa edilmemelidir.
- AUS istasyonlarının depolama alanında tutulan bilgiler, yetkisiz erişime karşı korunmalıdır.
- AUS istasyonlarının kullanıcıasının kimliği gibi özel ayrıntılar, yetkisiz üçüncü taraflara ifşa edilmemelidir.
- Herhangi bir AUS istasyonuna gönderilen veya AUS istasyonundan transfer edilen yönetim bilgileri, yetkisiz erişime karşı korunmalıdır.
- Herhangi bir AUS istasyonunun depolama alanında tutulan yönetim bilgileri, yetkisiz erişime karşı korunmalıdır.
- Yetkisiz kişiler tarafından herhangi bir AUS istasyonunun dahil olduğu iletişim trafiği analiz edilerek kullanıcıasının yerini veya kimliğini çıkarması mümkün olmamalıdır.
- Yetkisiz bir tarafın, K-AUS kullanıcıasının aracına giden ve aracından çıkan iletişim trafiği akışlarını analiz ederek izlenen rotayı çıkarması mümkün olmamalıdır.

2.2.6.1.2 Bütünlük

- Bir AUS istasyonu içinde tutulan bilgiler, yetkisiz değişiklik ve silinmeye karşı korunmalıdır.

- Kayıtlı bir AUS istasyonuna gönderilen veya AUS istasyonundan alınan bilgiler, aktarım sırasında yetkisiz veya kötü niyetli değişikliklere karşı korunmalıdır.
- Herhangi bir AUS istasyonunun depolama alanında tutulan yönetim bilgileri, yetkisiz değişiklik ve silinmeye karşı korunmalıdır.
- Herhangi bir AUS istasyonuna gönderilen veya AUS istasyonundan gönderilen yönetim bilgileri, aktarım sırasında yetkisiz veya kötü niyetli değişiklik veya manipülasyonlara karşı korunmalıdır.

2.2.6.1.3 Erişilebilirlik

- K-AUS hizmetlerine erişim ve bu hizmetlerin çalışması ortamdaki kötü niyetli faaliyetlerle engellenmemelidir.

2.2.6.1.4 İzlenebilirlik

- Güvenlik parametreleri ve uygulamalardaki tüm değişikliklerin (güncellemeler, eklemeler ve silmeler) denetlenmesi mümkün olmalıdır.
- Alınan ve gönderilen mesajlar daha sonra incelemeye tabi tutulabilmesi için kaydedilebilmelidir.

2.2.6.1.5 Yetkili Olma

- Yetkisiz bir kullanıcının, başka bir AUS istasyonu ile iletişim kurarken yetkili bir AUS istasyonu gibi davranması mümkün olmamalıdır.
- Herhangi bir AUS istasyonunun yetkisiz bir kullanıcıdan yönetim ve konfigürasyon bilgilerini alması ve işlemesi mümkün olmamalıdır.
- K-AUS servisleri, yalnızca yetkili kullanıcılara sunulmalıdır.

2.2.7 AUS Güvenlik Riskleri

2.2.7.1 Araç AUS İstasyonu Güvenlik Riskleri

ETSI Güvenlik, Tehdit, Zayıflık ve Risk Analizi standardı, araç için güvenlik tehditlerini 11 grupta toplamıştır (ETSI, 2017).

- DoS (Hizmet Reddi): Gelen Mesajlara Erişim Engelleme
- DoS (Hizmet Reddi): Giden Mesajlara Erişim Engelleme
- DoS (Hizmet Reddi): Dahili Kaynaklara Erişim Engelleme

- Kaydedilmiş Bilginin Silinmesi veya Değiştirilmesi
- Gönderilen Bilginin Silinmesi veya Değiştirilmesi
- Kılık Değiştirme
- Kişisel Bilginin Elde Edilmesi
- Davranışsal Bilginin Elde Edilmesi
- Veri Gönderiminin Engellenmesi
- Veri Almanın Engellenmesi

2.2.7.2 Yol Kenarı AUS İstasyonu Güvenlik Riskleri

ETSI Güvenlik, Tehdit, Zayıflık ve Risk Analizi standardı, yol kenarı ünitesi için güvenlik tehditlerini 9 grupta toplamıştır (ETSI, 2017).

- DoS (Hizmet Reddi): Acil Durum Araç Uyarısında Sahtecilik
- DoS (Hizmet Reddi): Gelen Mesajlara Erişimi Engelleme
- Kaydedilmiş Bilginin Silinmesi veya Değiştirilmesi
- Acil Durum Aracı Taklidi
- Kişisel Bilginin Elde Edilmesi
- Davranışsal Bilginin Elde Edilmesi
- Veri Gönderiminin Engellenmesi
- Veri Almanın Engellenmesi

2.2.7.3 AUS Güvenlik Riskleri için Karşı Önlemler

- Beacon ve diğer tekrar edilen mesajların yineleme hızını düşürmek
- Araç-araç (V2V) mesajlarına kaynak tanımlama eklemek
- Araç-altyapı (V2I) ve altyapı-araç (I2V) mesaj trafiğini kısıtlamak ve istasyon kayıt özelliğini sağlamak
- 5.9 GHz bandında çevik frekans özelliği sağlamak
- ITS G5A'yı CDMA/yayılı spektrum veya 3G teknolojisi üzerinde baz istasyonu olarak uygulamak

- Her mesajı Kerberos/PKI-benzeri (Açık Anahtar Altyapısı) jeton sistemi ile imzalamak
- Gönderilen her mesaj için kriptografik olmayan mesaj sağlaması eklemek
- AUS temel uygulama kümesinin mesaj düzeltme ihtiyaçlarını kaldırmak
- Her mesaja yetkili kimliği eklemek ve kimlik doğrulama yapmak
- Tüm mesajlarda yayın zamanını, zaman damgası olarak kullanmak
- Her yeni mesaj için bir sıra numarası eklemek
- Pozisyon verisi sağlamak için Ataletsel Navigasyon Sistemleri (INS) veya var olan Dead Reckoning yöntemlerini kullanmak
- Pozisyonadaki anormal değişimleri tanımlamak için GNSS sistemlerinde ayrımsal GNSS kullanmak
- İletilen kişisel ve mahrem bilgileri şifrelemek
- Ayrıcalıklı Yönetim Altyapısı (PMI) uygulamak
- Yüklemeden önce yazılımın kalite ve bütünlüğünü sertifikalamak
- Kullanıcının veya kullanıcının aracının gerçek kimliği tespit edilemeyecek şekilde takma ad kullanmak
- AUS istasyonunun gönderdiği ve aldığı her mesajın içeriği için denetim kaydının tutulması
- Her AUS mesajına kaynak kimliği eklemek
- Geçerliliği inkâr edememe güvencesi için çerçeve uygulamak
- Gelen mesajlara güvenilirlik kontrolü yapmak
- AUS istasyonundaki donanım ve yazılım yapılandırmasını donanım tabanlı korumak

2.2.8 AUS Haberleşme Güvenlik Mimarisi

2.2.8.1 Yetkilendirme Hiyerarşisi

- Üreticiler
- Kayıt Otoriteleri
- Yetkilendirme Otoriteleri

2.2.8.1.1 Üreticiler

AUS İstasyonu (yol kenarı ünitesi veya araç) üreticileri, üretim aşamasında AUS İstasyonuna eşsiz bir sayı dizisi verirler ve bu kimlik işletme süresi boyunca sabit kalmalıdır. Yeni üretilmiş bir AUS İstasyonu, en az bir geçerli Kayıt Otoritesi'nin geçerliliğini kontrol edebilmeli ve onunla şifreli ve kimlik doğrulanmış bir şekilde iletişime geçebilmelidir. Yeni üretilmiş bir AUS İstasyonu bir veya daha fazla geçerli Yetkilendirme Otoritesi'nin geçerliliğini kontrol edebilmeli ve onunla şifreli ve kimlik doğrulanmış bir şekilde iletişime geçebilmelidir. Yeni üretilmiş bir AUS İstasyonu güvenilir Kayıt Otoriteleri ve Yetkilendirme Otoritelerini ekleyebilmelidir (ETSI, 2010).

2.2.8.1.2 Kayıt Otoriteleri

Kayıt Otoritesi ve AUS İstasyonu arasında şu şekilde bir ilişki mevcuttur (ETSI, 2010):

- Kayıt Otoritesi, AUS İstasyonunun düzgün bir şekilde çalıştığına olan güveni doğrular.
- Kayıt Otoritesi, istasyon için bir takma ad içeren ve Kayıt Otoritesini tanılayan bir kayıt yetkilendirmesi verir.

Kayıt Yetkilendirmesi şunları içermelidir:

- AUS istasyonu geçici kimliği
- Kayıt Otoritesi'nin kimliği
- Yetkilendirmeye sahip olanın, yetkilendirmenin sahibi olduğunu kanıtlayan bir şifreli materyal veya ona bir referans.

2.2.8.1.3 Yetkilendirme Otoritesi

Yetkilendirme Otoritesi ve AUS İstasyonu arasında şu şekilde ilişkiler mevcuttur (ETSI, 2010):

- Bir istasyon, kaydolduğu **Kayıt Otoritesi**'nin sınırları içinde ve **Yetkilendirme Otoritesi**'nin yetki kapsamında belirli bir izin için **Yetkilendirme Otoritesi**'ne başvurabilir. Bu izini almak için istasyon, **Yetkilendirme Otoritesi**'ne kayıt yetkilendirmesini sunar ve karşılığında **Yetkilendirme Bileti** alır. Bir istasyonun sunduğu AUS işlevine erişmek isteyen diğer bir istasyon, Yetkilendirme Bileti ile bunu yapar.
- Her bir yetkilendirme bileti, içerisinde izinler kümesi olan bir yetkilendirme kapsamına sahiptir.

- Yetkilendirme kapsamı ya açıkça verilen izinler kodlanmış bir şekilde ya da kapsamı belirten politikaya bir referans şeklinde belirtilmelidir.

2.2.8.2 AUS Güvenlik Servisleri

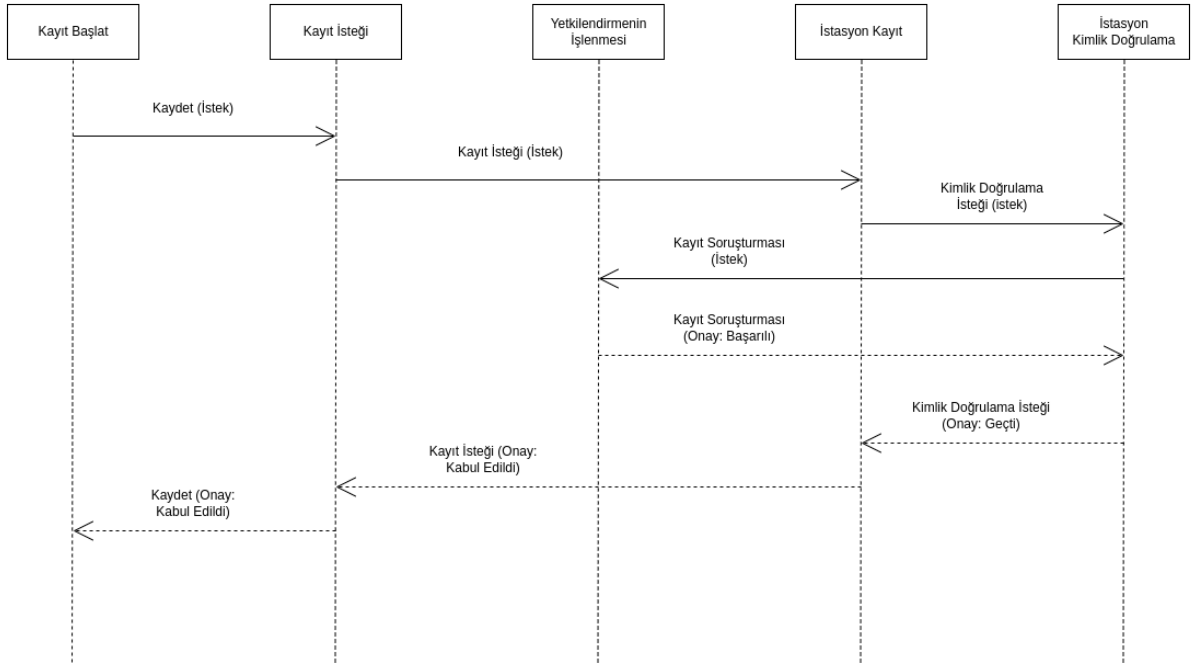
- Kayıt Yetkilendirme
 - Kayıt Yetkilendirmenin Edimi
 - Kayıt Yetkilendirmenin Güncellenmesi
 - Kayıt Yetkilendirmenin Kaldırılması
- Yetkilendirme Bileti
 - Yetkilendirme Bileti Edinimi
 - Yetkilendirme Biletinin Güncellenmesi
 - Yetkilendirme Durumunun Yayınlanması
 - Yerel Yetkilendirme Durum Deposunun Güncellenmesi
- Güvenlik İlişkilendirmeleri
 - Güvenlik İlişkisi Kurulması
 - Güvenlik İlişkisinin Güncellenmesi
 - Güvenli Mesajın Güvenlik İlişkilendirmesi üzerinden Gönderimi
 - Güvenlik İlişkisinin Kaldırılması
- Tek Mesaj Servisi
 - Tek Mesajı Yetkilendirme
 - Tek Mesaj üzerindeki Yetkiyi Doğrulama
 - Tek Mesajı Şifreleme
 - Tek Mesaj Şifre Çözme
- Entegre Servisler
 - Kontrol Değerini Hesaplama
 - Kontrol Değerini Doğrulama
 - Kontrol Değeri Ekleme

- Tekrarlama Engelleme Servisi
 - Zaman Damgası Bazlı Tekrarlama Engelleme
 - Dizi Numarası Bazlı Tekrarlama Engelleme
- Mesuliyet Servisleri
 - Denetim Kayıtlarına Gelen Mesajı Kaydetme
 - Denetim Kayıtlarına Giden Mesajı Kaydetme
- Güvenilirlik Doğrulaması
 - Veri Güvenilirliği Doğrulama
- Uzaktan Yönetim
- Kötü Davranışlı AUS İstasyonunun Raporlanması

2.2.8.2.1 Kayıt Yetkilendirme

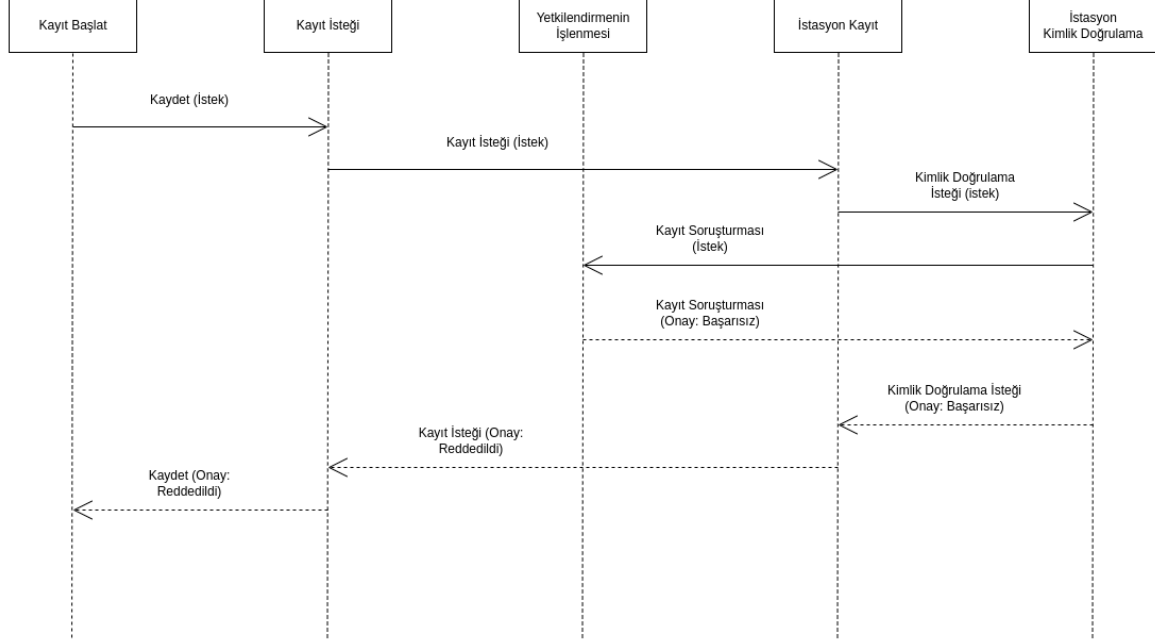
2.2.8.2.1.1 Kayıt Yetkilendirmenin Edimi

Şekil 23, başarılı bir kayıt yetkilendirme edimi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 23 Başarılı kayıt yetkilendirme edimi sıralı diyagramı

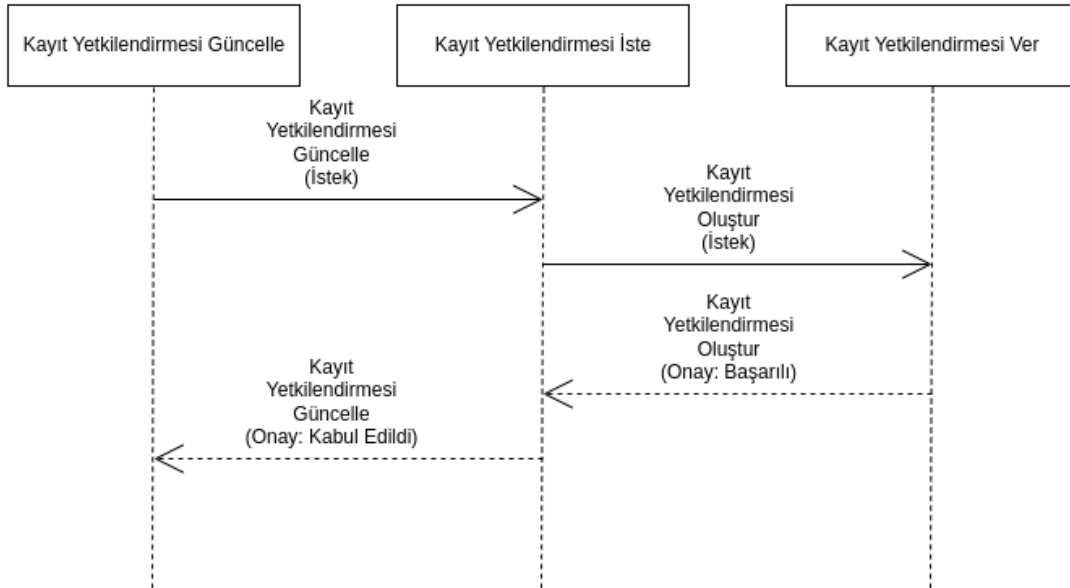
Şekil 24, başarısız bir kayıt yetkilendirme edimi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 24 Başarısız kayıt yetkilendirme edimi sıralı diyagramı

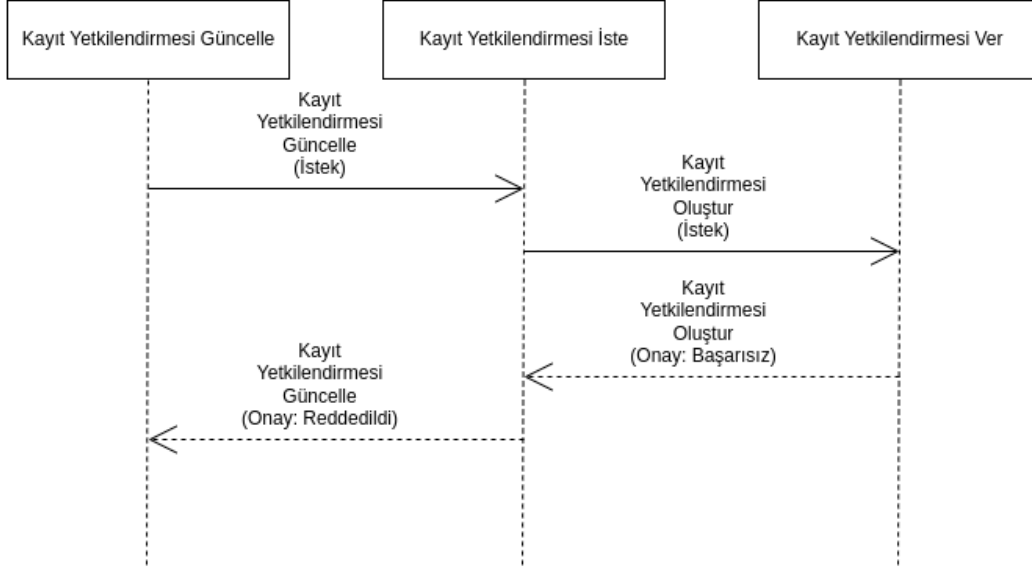
2.2.8.2.1.2 Kayıt Yetkilendirmenin Güncellenmesi

Şekil 25, başarılı bir kayıt yetkilendirme güncellenmesi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 25 Başarılı kayıt yetkilendirme güncellenmesi sıralı diyagramı

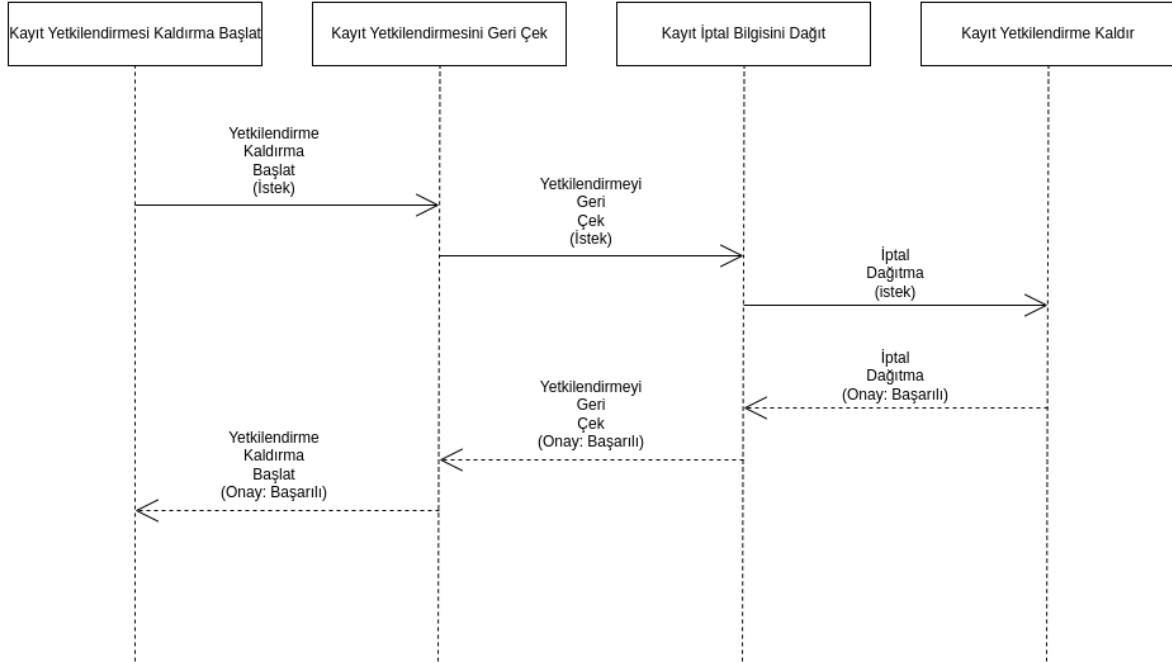
Şekil 26, başarısız bir kayıt yetkilendirme güncellenmesi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 26 Başarısız kayıt yetkilendirme güncellemesi sıralı diyagramı

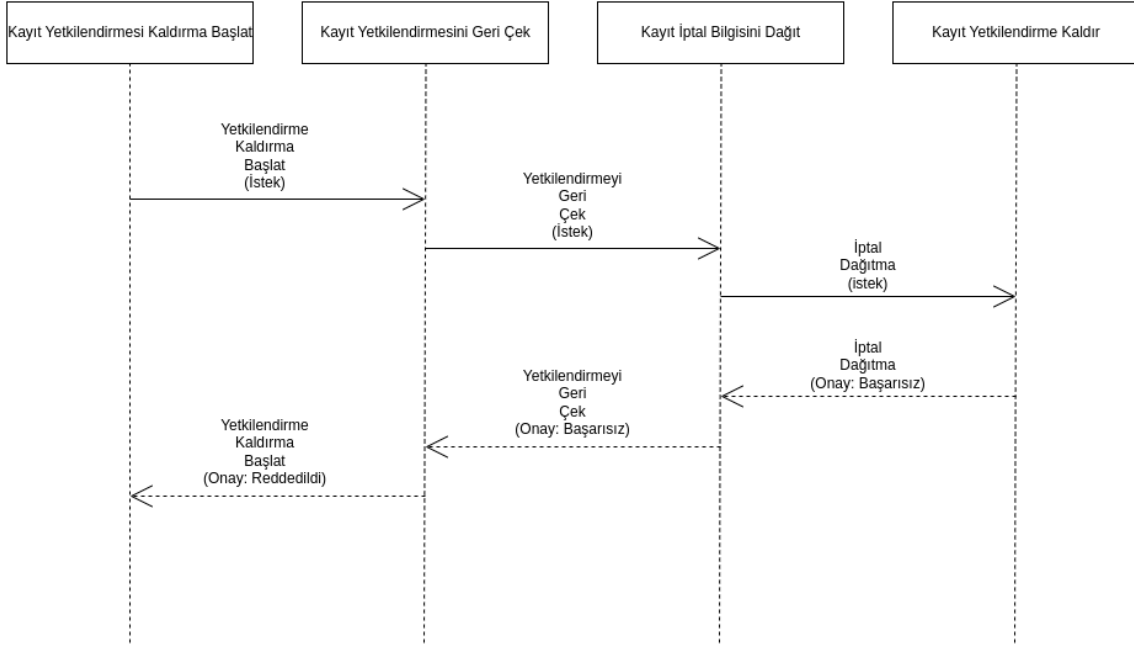
2.2.8.2.1.3 Kayıt Yetkilendirmenin Kaldırılması

Şekil 27, başarılı bir kayıt yetkilendirme kaldırılması sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 27 Başarılı kayıt yetkilendirme kaldırılması sıralı diyagramı

Şekil 28, başarısız bir kayıt yetkilendirme kaldırılması sıralı diyagramını göstermektedir.

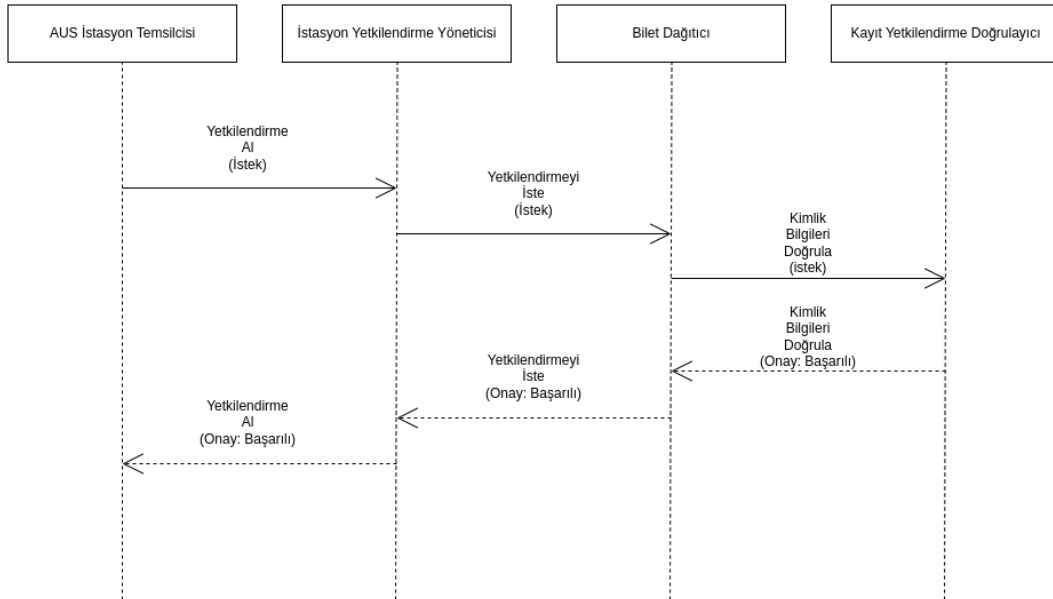


Şekil 28 Başarısız kayıt yetkilendirme kaldırılması sıralı diyagramı

2.2.8.2.2 Yetkilendirme Bileti

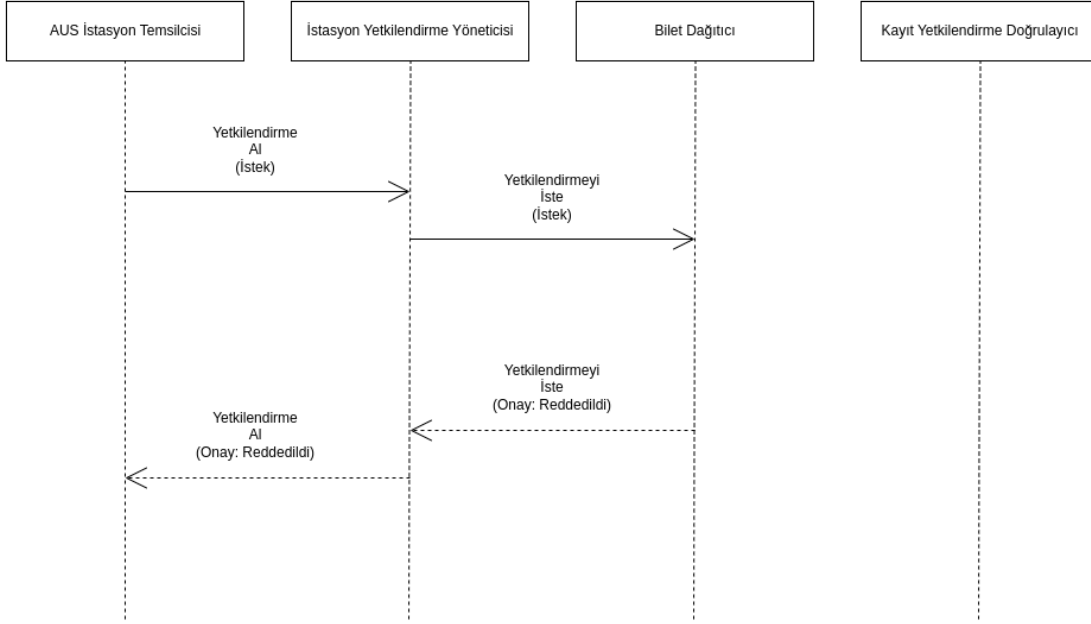
2.2.8.2.2.1 Yetkilendirme Bileti Edinimi

Şekil 29, başarılı bir yetkilendirme bilet edinimi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 29 Başarılı yetkilendirme bilet edinimi sıralı diyagramı

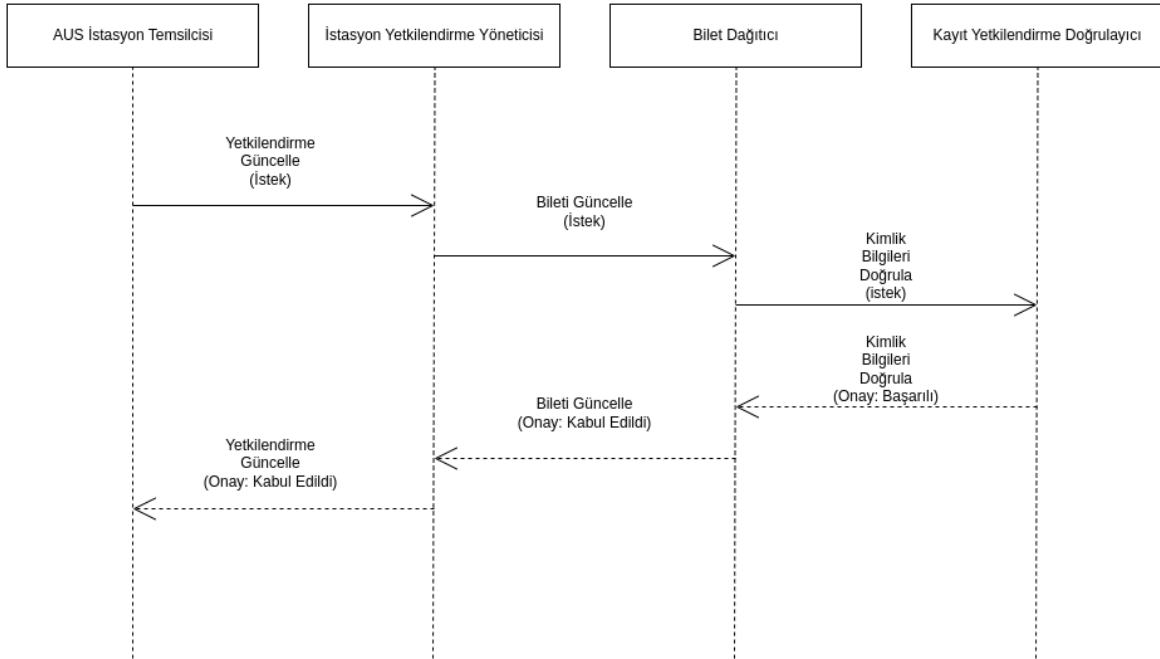
Şekil 30, başarısız bir yetkilendirme bilet edinimi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 30 Başarısız yetkilendirme bilet edinimi sıralı diyagramı

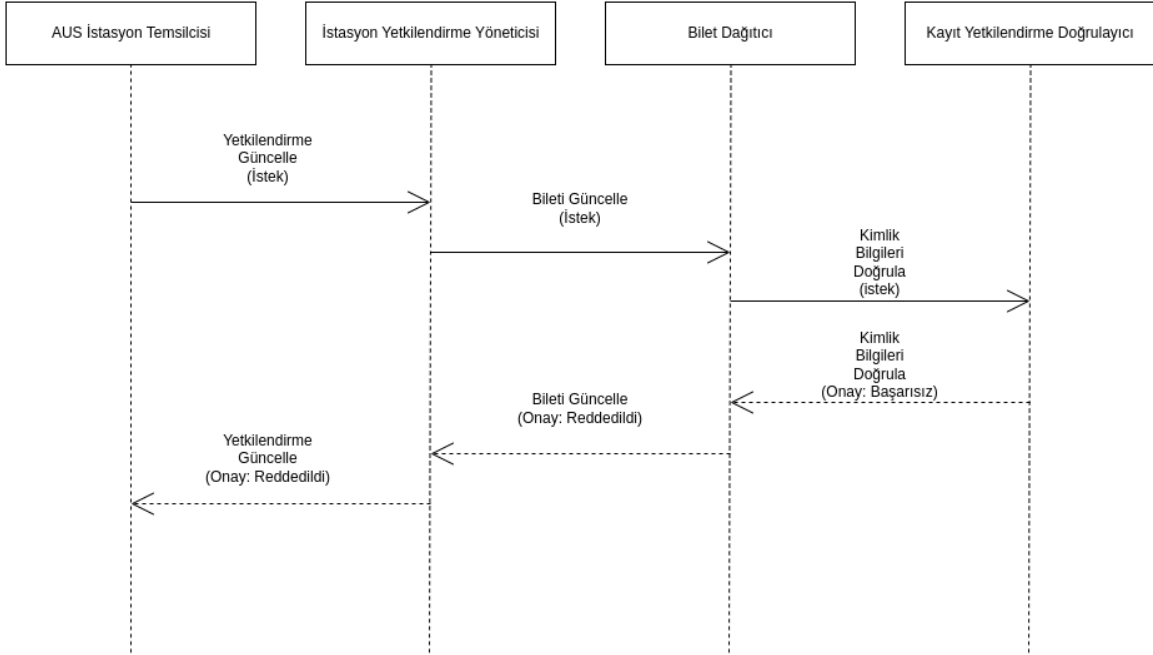
2.2.8.2.2.2 Yetkilendirme Biletinin Güncellenmesi

Şekil 31, başarılı bir yetkilendirme bilet güncellenmesi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 31 Başarılı yetkilendirme bilet güncellenmesi sıralı diyagramı

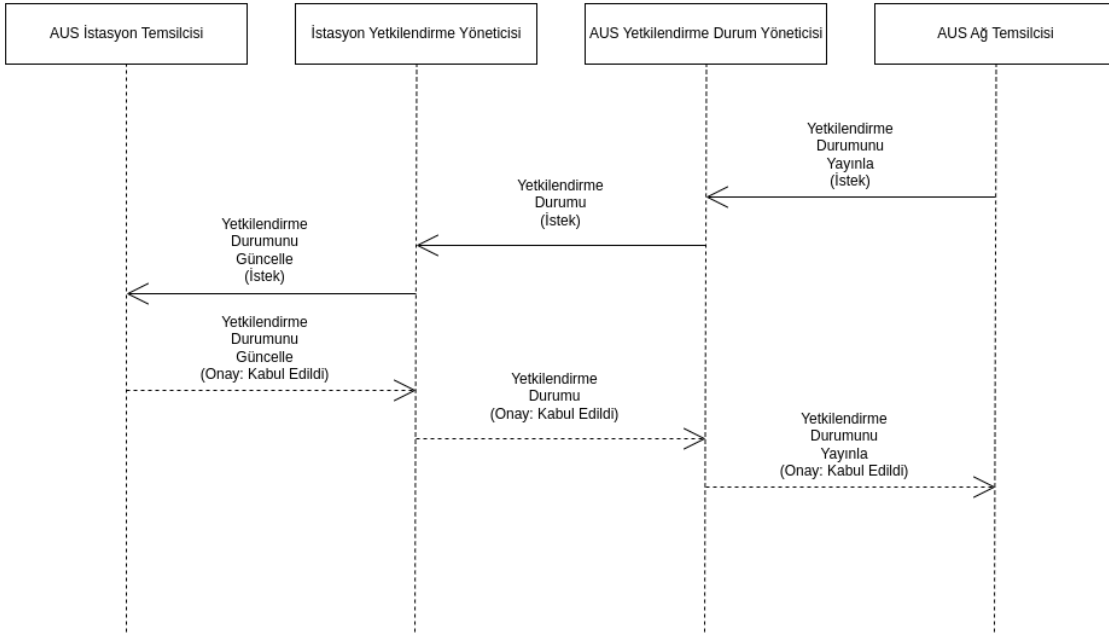
Şekil 32, başarısız bir yetkilendirme bilet güncellenmesi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 32 Başarısız yetkilendirme bilet güncellenmesi sıralı diyagramı

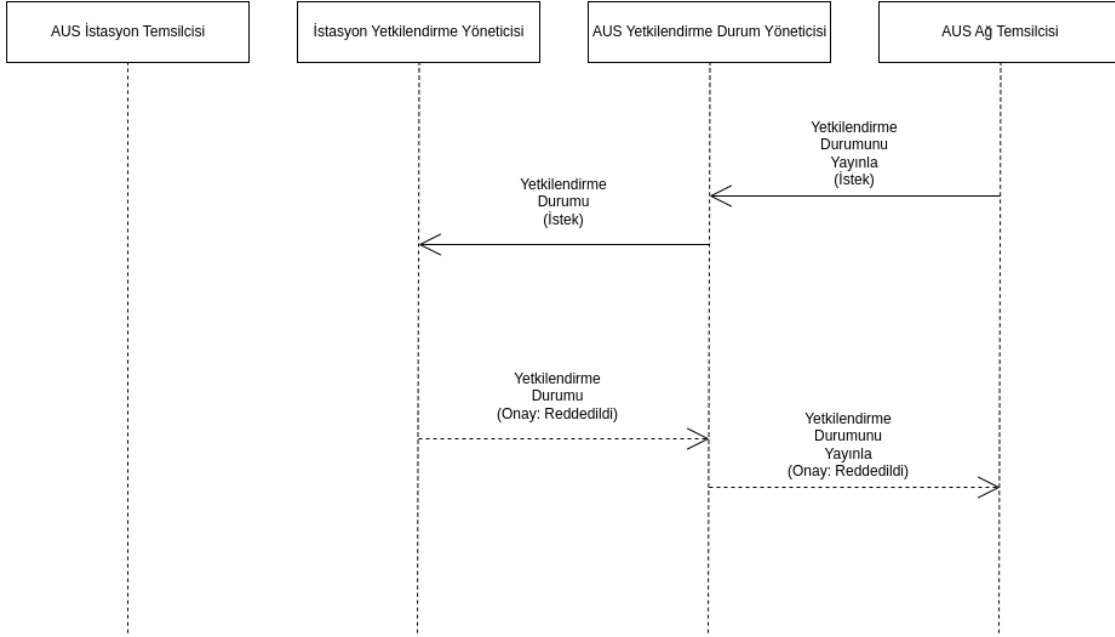
2.2.8.2.2.3 Yetkilendirme Durumunun Yayınlanması

Şekil 33, başarılı bir yetkilendirme durumu yayınlanması sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 33 Başarılı yetkilendirme durumu yayınlanması sıralı diyagramı

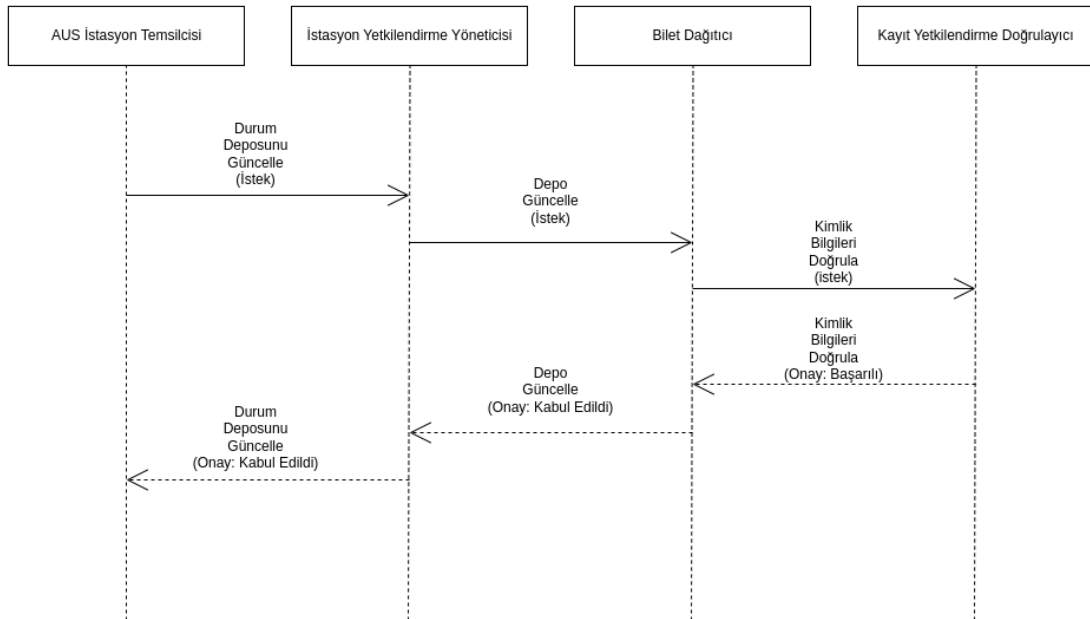
Şekil 34'te başarısız bir yetkilendirme durumu yayınlanması sıralı diyagramı verilmiştir.



Şekil 34 Başarısız yetkilendirme durumu yayınlanması sıralı diyagramı

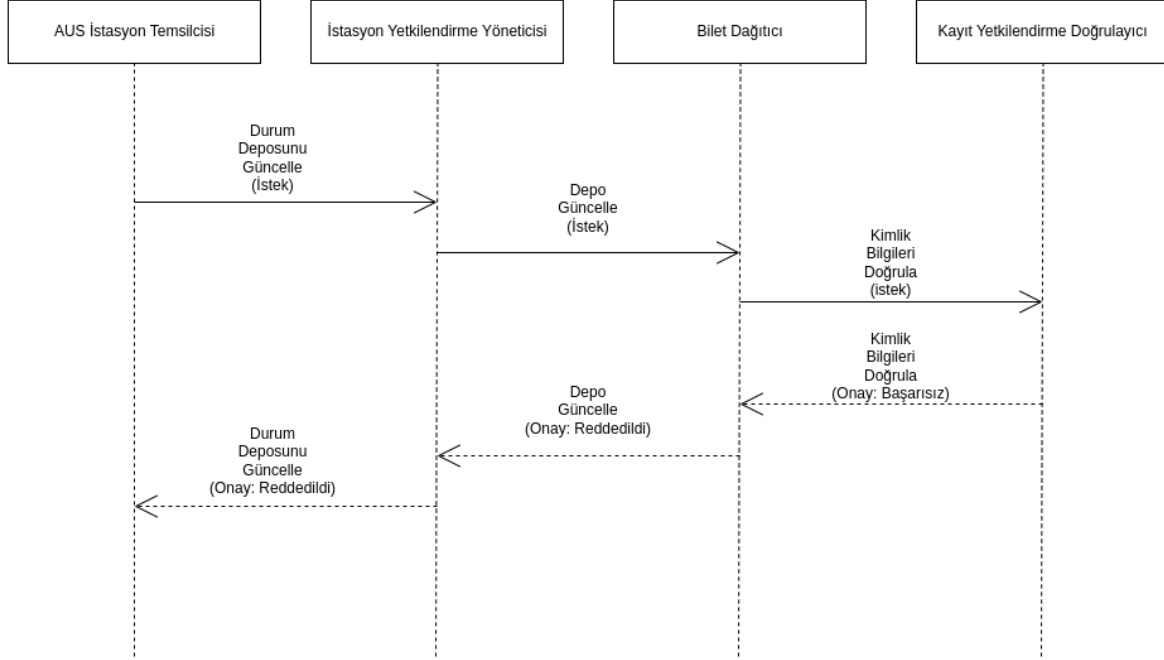
2.2.8.2.2.4 Yerel Yetkilendirme Durum Deposunun Güncellenmesi

Şekil 35, başarılı bir yetkilendirme durum deposunun güncellenmesi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 35 Başarılı yetkilendirme durum deposunun güncellenmesi

Şekil 36, başarısız bir yetkilendirme durum deposunun güncellenmesi sıralı diyagramını göstermektedir.



Şekil 36 Başarısız yetkilendirme durum deposunun güncellenmesi

2.3 ABHS Teknik İncelemesi: Mevcut Uygulamalar

ABHS'ye yönelik mevzuatta yapılan ve yapılması öngörülen değişiklikler devam ederken diğer yandan da strateji ve eylem planları hazırlanmakta, belirlenen planlamalara göre hazırlıklar ve saha uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu bölümde, gerçekleştirilen saha uygulamalarına yer verilmiştir. Bunlar örnek çalışmalar olup literatürde çok daha fazlası yer alabilir. Ancak, politikayla uyumlu tanımlanan yol haritasına göre bu alanda en detaylı çalışmalar C-Roads Platformu (bkz. 2.1.2.1.2 C-Roads Platformu) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, C-Roads Platformu bünyesinde yapılan çalışmalar ve diğer çalışmalara yer verilmiştir.

2.3.1 Avusturya

- Viyana, Graz ve Linz çevresinde 25 adet ITS-G5 RSU kurulmuştur.
- Kısa menzilli ITS-G5 ve uzun menzilli hücresel haberleşme içeren hibrit K-AUS yapısı oluşturulmuştur.
- Bu sistem içerisinde yol kenarı, araç ve römork kurulumları yer almaktadır.
- 2021 yılı sonuna kadar 175 adet ITS-G5 RSU faaliyete geçmiştir.

- Viyana'dan Linz'e ve Salzburg'a uzanan “batı koridoru” oluşturulmuştur.
- 2023 yılına kadar ITS-G5 araç istasyonları ile donatılmış 100 yol operatörü aracı hedeflenmiştir.
- 2020 yılında ITS-G5 ile donatılmış 15 çok fonksiyonlu yol çalışması römorku bulunmaktadır.

C-Roads Avusturya, Avusturya K-AUS Stratejisinde tanımlandığı gibi, Avusturya'daki Avrupa K-AUS Koridoru projesi (ECo-AT7) üzerine inşa edilmiştir. Amaç, ECo-AT Living Lab'i Avusturya otoyol ağı üzerindeki operasyonel bir K-AUS sistemi ile değiştirmektir. Bunun için 2018 yılında, birkaç yüz RSU ve C-Roads kataloğundan, çeşitli Gün 1 ve gelecekteki Gün 2 kullanım hizmetleri de dahil olmak üzere, tamamen “hibrit” bir K-AUS yol kenarı sisteminin ulusal olarak piyasaya sürülmesi için büyük bir ihale verilmiştir.

Avusturya, K-AUS'un yol kenarına kurulmasına ek olarak, ASFINAG'ın²⁶ karayolu operatör araçlarını 2021'in sonuna kadar K-AUS yerleşik üniteleriyle donatmaya karar vermiştir. 2020 yılında Kapsch TrafficCom AG ile mevcut bir çalışma ihalesiyle 100 aracı bağlantılı hale getirmesi için bir sözleşme imzalanmıştır.

2022 yılından itibaren, K-AUS'un Avusturya'daki operasyonel kurulumu C-Roads Austria 2'de devam edecektir. Yol kenarı çerçeve sözleşmesi, Avusturya'nın otoyol ağı üzerinde 525 adede kadar RSU kurulumuna izin vererek istasyonlar arasındaki ortalama mesafeyi 4 kilometreden daha azına indirmektedir (C-Roads Brochure 2021, 2021). Bu pilot uygulama sayesinde Viyana, Linz ve Salzburg şehirleri arasındaki otoyolların önemli bir kısmında DSRC temelli altyapı kurularak ilgili yollar K-AUS uygulamalarının kullanılmasına hazır hale getirilmiştir.

2.3.2 Belçika (Flandre)

- 2019 – 1. Çeyrek: 11 kullanım senaryosu geliştirildi ve kullanıma hazırdır.
- 2019 – 3. Çeyrek: Sınırlı sayıda kullanıcıyla pilot uygulama başlangıcı yapılmıştır. Bu çalışmada sistemsal bazı gecikme problemlerine rastlanmıştır.
- 2020 – 1. Çeyrek: Sistem tam menzilli pilot uygulama için hazırdır.
- 2020 – 4. Çeyrek: 650 kullanıcıyla test edilmiş pilot uygulama sonuçlanmıştır.
- 2021 – 2. Çeyrek: Değerlendirme raporu beklenmektedir.

26 1982 yılında kurulmuş bir Avusturya karayolu firması.

Pilot uygulama Flandre'deki temel otoyollar olan R001, E313, E17 gibi yolları kapsamaktadır. Bu pilot uygulamada aşağıdaki kullanım senaryoları geliştirilmiştir:

- Duran Araç
- Kaza Alanı
- Yolda Bulunan Engel
- Yol Çalışması
- Yavaş Seyreden Araç
- Kaygan Yol
- Trafik sıkışıklığı
- GLOSA
- Düşük Görünürlük
- Kötü Hava Koşulları
- Araç-İçi Bilgilendirme

Bu pilot uygulamada temel amaç olan yol kullanıcılarını Trafik Yönetim Merkezi'ne bağlayan K-AUS servisleri kurularak bulut tabanlı bir sanal altyapı oluşturulmuştur. Bu sayede ülke geneline K-AUS kurulumunun yapılması için uygulamaların ve altyapının doğrulanması gerçekleştirilmiştir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.3 Belçika (Wallonia)

- Wallonia'da 427 kilometrelik otoyol hücresel ağ ile kaplıdır.
- Önemli bir kavşağa beş adet ITS-G5 RSU yerleştirilmiştir.

C-Road Wallonia pilot uygulamasının temel amacı bulut tabanlı bir K-AUS servisi geliştirmektir. Sonraki aşamalarda bu pilot uygulama, son kullanıcıların doğrudan Trafik Yönetim Merkezleri ile etkileşime girmesinin önünü açacaktır. Bu pilot uygulamaya aşağıda yer alan çeşitli yol otoriteleri ve servis sağlayıcıları katkı sağlamıştır:

- SOFICO
- Tractebel Engineering SA
- ITS Belçika

Bu pilot uygulama ile Wallonia bölgesindeki otoyollar kullanılarak veri toplama, veri yönetimi ve yol kullanıcı bilgisi için farklı ara yüzlerle en yeni teknolojilere dayalı trafik yönetiminin modernizasyonu sağlanmıştır. Bununla beraber K-AUS servislerine geçiş ve bunları yaygınlaştırma yolunda önemli bir adım atılmıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.4 Çek Cumhuriyeti

- Şubat 2016'da başlayıp Aralık 2021'de sona ermiştir.
- 230 kilometrelik otoyol ITS-G5 bağlantısı ile donatılmıştır.
- Çalışma üç şehir, 25 kavşak, dört hemzemin geçit, 115 yol kenarı birimi, 109 otoyol bakım aracı, 124 gelişmiş uyarı römorku, yedi otobüs ve tramvay, bir itfaiyeyi kapsamaktadır.

Çek Cumhuriyeti, geçmiş tecrübelerinden kaynaklı olarak C-Roads platformunun kurucu üyelerinden biridir. Pilot uygulama şehirleri, toplu taşımaları ve hemzemin geçitleri hedeflemiştir. Brno, Ostrava ve Pilsen K-AUS'un tamamen kullanılmaya başlandığı ilk Avrupa şehirleri arasındadır. Bu pilot uygulama kapsamında, K-AUS teknolojileriyle donatılan ilk hemzemin geçit sinyal sistemleri ve tramvayları yer almaktadır.

Çek Cumhuriyeti otoyollarının bazı bölümlerinde uygulamaya konulan K-AUS servisleri, sürücülere yol çalışmaları, yavaş ve duran araçlar, tehlikeli yerler ve yaklaşan acil durum araçları hakkında güvenli uyarı mesajları vererek sürücülerin sürüş yollarını ayarlamalarına olanak tanımaktadır. Yol Çalışmaları Uyarı hizmeti, sürücülere yönelik bilgilere ek olarak, sürücüler ilerdeki yol çalışmaları hakkında bilgilendiren mesajlarla da yol çalışanlarını korumaktadır. Sistemin işlerliğini kontrol etmek için Mart 2020'de ulusal saha testleri yapılmıştır. Bu pilot uygulama ile kurulumu yapılan altyapılar ve çalıştırılan uygulamalar, Çek Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı'na bir veri seti oluşturmuştur. Bu veriler, K-AUS servislerinin daha da iyi hale getirilmesi için girdi olabilecektir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.5 Finlandiya

- NordicWay²⁷ 2 projesi 7 Şubat 2017'de başlayıp 31 Aralık 2020'de tamamlanmıştır.
- NordicWay 3 projesi 1 Şubat 2019'da başlayıp 31 Aralık 2023'te sona erecektir.

Finlandiya pilot uygulaması, NordicWay 2 projesinin (2017-2020) bir parçasıydı ve şu anda İskandinav ülkeleri Danimarka, Finlandiya, Norveç ve İsveç'te yürütülen NordicWay 3 projesinin (2019-2023) bir parçasıdır. NordicWay eylemlerinin ana hedefleri, birlikte çalışabilir Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerini daha da geliştirmek ve bağlantılı ve otonom sürüş için altyapı hazırlığını desteklemek için pilot çalışmaları devreye almaktır. NordicWay 3 projesi

²⁷ www.nordicway.net

(2019-2023), C-Roads Platformunda Avrupa K-AUS birlikte çalışabilirliğini uyumlaştırmaya ve inşa etmeye devam edecektir.

Pilot uygulamalar, Finlandiya çevresinde prototip otonom araçlarla tamamlanmış ve kış koşullarını test edebilmek için Kuzey Laponya'daki Muonio Intelligent Road'da değerlendirilmiştir. Test edilen birçok Gün 1 ve Gün 1.5 hizmet uygulaması sayesinde Finlandiya'nın özellikle hücresel ağ üzerinden verdiği K-AUS servisleri genişlemiştir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.6 Fransa

- Başlangıç tarihleri C-Roads Fransa için 16 Şubat 2016 ve InterCor için 1 Eylül 2016'dır.
- Bitiş tarihleri C-Roads Fransa için 31 Aralık 2021 ve InterCor için 29 Şubat 2020'dir.
- 4 yerel pilot uygulama alanı mevcuttur.
- Toplamda 192 RSU ve 116 OBU kullanılmıştır.

Pilot uygulamaların amacı, esnek, birlikte çalışabilir ve ölçeklenebilir K-AUS çözümlerinin erken benimsenmesini sağlamaktır. C-Roads Platformuna katılımları ile K-AUS'un güvenlik gibi stratejik konularda Avrupa düzeyinde uyumlaştırılmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, TEN-T Çekirdek Ağı'nın stratejik bölümlerini, önemli darboğazları, kara noktalarını ve kentsel merkezlerle olan ara yüzleri içeren genişletilmiş test ortamları sağlamaktadır.

C-Roads Fransa bir uygulama projesidir. SCOOP@F'de geliştirilenlere ek olarak yeni hizmetler geliştirilmiştir: kentsel çevredeki ve kentsel/şehirlerarası ara yüzdeki hizmetler (GLOSA gibi) ve araç içi trafik bilgileri (dinamik hız limitleri ve dinamik şerit yönetimi gibi).

InterCor aynı zamanda bir uygulama projesidir. Geliştirilen kullanım senaryoları, özellikle yol çalışması uyarıları, trafik yönetim hizmetleri, çok modlu kargo taşımacılığı optimizasyonu ve kamyon park etme bilgilerini içerir. Bu pilot uygulamada ITS-G5 ve hücresel ağ teknolojisinin entegre çalışmasıyla çeşitli Gün 1 ve Gün 1.5 hizmet uygulamaları test edilmiştir. Buna göre Fransa'da K-AUS servislerinin başarılı bir şekilde uygulanması adına önemli bir adım atılmıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.7 Almanya

- Faz 1 çalışmaları, Hessen ve Niedersachsen'da, faz 2 çalışmaları Hamburg, Kassel ve Dresden'de gerçekleştirilmiştir.
- Faz 1, 1 Şubat 2016 ve 31 Aralık 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

- Faz 2, 1 Ocak 2019 ve 31 Aralık 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

Faz 1: Gün 1 Hizmetleri

- Hessen: 280 km otoyolu kapsayan 60 yol kenarı birim ve araç-ıç i birim kullanılmış tır.
- Niedersachsen: 22 km otoyolu kapsayan üç RSU ve iki OBU kullanılmış tır.

Faz 2: Gün 1 ve Gün 1.5 Hizmetleri

- Hamburg: 38 km şehir iç i yolu kapsayan 140 RSU ve üç K-AUS servisi kullanılmış tır.
- Hessen/Kassel: 21 km şehir iç i yolu kapsayan 85 RSU, 46 OBU ve altı K-AUS servisi kullanılmış tır.
- Dresden: 30 RSU, iki OBU ve 5 K-AUS servisi kullanılmış tır.

2016'dan beri C-Roads Almanya, K-AUS servislerini gerçek bir trafik ortamında test eden 19 ulusal pilot uygulamadan biridir. Bir Üye Devlet olarak Almanya, otoyollarda ETSI ITS-G5 (kısa menzilli) iletişimini kullanan toplam sekiz farklı Gün 1 K-AUS hizmetinin uygulanması ve işletilmesinin sonuçları aracılığıyla C-Roads iş birliğine katkıda bulunmaktadır. Bu hizmetler iki farklı pilot sahada uygulanmıştır. Hessen ve Niedersachsen'deki K-AUS pilot uygulamalarını içeren ulusal gösteri etkinlikleri, 2020'nin sonunda gerçekleşmiştir.

Hessen'deki hizmetler, Test Field Germany'de Autobahn GmbH, Swarco Traffic Systems, AVT Stoye, Continental Teves, GEVAS Software, Heusch/Boesefeldt, Bayrische Medien Technik, Hessen Digital Radio ve Garmin Würzburg tarafından uygulanmıştır. Hessian K-AUS altyapısı, yol çalışmaları uyarısı ve beş yeni K-AUS servisi uygulanarak iyileştirilmiştir. Kapsamlı testler, spesifikasyonları ve işlevleri uyumlu hale getirmek için geliştirme ve test ortamları arasında düzenli bir bilgi alışverişi sağlamıştır. Bu pilot uygulama, özellikle kentsel bölgelerde uygulanan K-AUS servisleri açısından Almanya için önemli bir adım olmuştur (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.8 Macaristan

- 70 RSU kullanılmış tır.
- 20 OBU kullanılmış tır.
- 405 km ve 10 şehir kavşağını kapsayan K-AUS servisleri uygulanmıştır.

Macaristan'da, K-AUS uygulanması 2015 yılında başlamıştır. K-AUS servislerinin pilot uygulaması için Avusturya ile Budapeşte arasındaki M1 otoyolunun 136 km uzunluğundaki bir bölümü seçilmiştir. Denemenin odak noktası, özellikle çalışma bölgelerinde yol güvenliğinin

iyileştirilmesi olduğundan, bağımsız modda da çalışabilen bakım araçları ve mobil RSU'lar da kurulmuştur. C-Roads'un bir parçası olarak, Macar Kamu Yolları şirketi, kapsam ve işlevsellik açısından 2015 pilot uygulamasının bir yükseltmesini ve uzantısını gerçekleştirmiştir. M1 otoyolu (Avusturya'ya doğru) ve M7 otoyolu (Hırvatistan ve Slovenya'ya doğru) boyunca hibrit iletişim yeteneği ile ek Gün 1 hizmetleri tanıtılmıştır. Çekirdek ağ koridorlarının yanı sıra kentsel uygulamalara da özel önem verilmiştir. Kavşak güvenlik hizmetlerinin de mevcut olduğu ana trafik güzergahı boyunca 10 ardışık kavşakta GLOSA servisi sağlamak için Győr kasabasında trafik ışığı kontrolcülerini iyileştirilmiştir. Pilot sahalar Şubat 2021'den beri faaliyettedir.

Teknolojik yenilikler, karayolu işletmecileri için birçok zorluk ve belirsizlik yaratmasına rağmen, Macaristan Kamu Yolları, bağlantılı mobiliteyi desteklemeye odaklanmaktadır. Ulusal bir K-AUS altyapısının kurulmasında ve Avrupa K-AUS ekosistemine katılımda bu pilot proje önemli bir katkı sağlamıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.9 İtalya

- 8 Şubat 2017'de başlayıp 31 Aralık 2021'de sona ermiştir.
- Çeşitli bölgeleri kapsamaktadır.
- 367 kilometrelik mesafe içerisinde 82 RSU kurulmuştur.

Üç araç K-AUS teknolojisi ile donatılmış ve şu anda Brenner koridoru otoyolunda çalışmaktadır. Kurulan yerleşik ekipman hem bağlantı hem de V2X bilgilerinin işlenmesi için modüller içermektedir. Özellikle, araç bağlantısı, diğer araçlarla mesaj alışverişi yapmak ve altyapı test sahası boyunca kurulu RSU'lardan mesaj almak için ETSI ITS G5 ve 4G bulut bağlantısı kullanılmaktadır. K-AUS'un mevcut kentsel ulaşım ortamlarına entegre edilmesinin Avrupa'da standardizasyona yönelik yeni bir ilerleme gerektireceğini göz önünde bulundurarak, 2018'de C-Roads İtalya'nın ikinci aşaması, K-AUS servislerini Torino, Verona ve Trento'daki gerçek kentsel trafik koşullarında incelemeye ve pilot uygulama yapmaya başlanmıştır. Kullanım senaryoları:

- GLOSA
- Acil Durum Aracı Sinyal Önceliği Talebi
- Sinyal İhlali/Kavşak Güvenliği
- Sokakta Park Etme Yönetimi ve Bilgileri
- Trafik Bilgileri ve Akıllı Yönlendirme

Bu pilot uygulama, İtalya'nın K-AUS servislerini hayata geçirmesine olanak tanımıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.10 Hollanda

- 268 kilometrelik pilot uygulama mesafesi bulunmaktadır.
- %22'lik bir ağ kapsama oranına ulaşılmıştır.

InterCor projesinin bir parçasını oluşturan Hollanda Koridor Alanı, Hollanda'nın güneyinde yer almaktadır. Rijkswaterstaat (Hollanda Bayındırlık ve Su Yönetimi Genel Müdürlüğü), Hollanda Altyapı ve Çevre Bakanlığı'nın çalışmalarının uygulamalı olarak yürütülmesi rolünde, yenilikçi yol çözümlerinin geliştirilmesini ve yaygınlaştırılmasını desteklemektedir. Hollanda, InterCor için yürüttüğü hizmetlere dayalı olarak TEN-T Çekirdek Ağının stratejik bölümleri de dahil olmak üzere, geliştirilmiş ve genişletilmiş test alanları sağlamaktadır ve böylece C-Roads topluluğunun çabalarını güçlendirmektedir. Gün 1 hizmetleri Yol Çalışmaları Uyarısı (RWW), Araç Verilerini İnceleme (PVD) ve Araç İçi İşaretleme (IVS) tüm Hollanda Koridor Bölgesinde test edilmiş ve uygulanmıştır. Kamyonlar için bir park bilgi hizmeti de test edilip uygulanmıştır. Bu hizmet, tüm Hollanda Koridor Bölgesi boyunca kamyon parklarının yerlerini ve boş alanlarını göstermektedir. Tünel yönetimi bilgileri, trafik yönetim sistemlerinden bilgi alıp lojistik şirketleriyle iletişim kurarak yol kullanımını optimize etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle çözümler, diğer zamanlarda seyahat etmeyi veya farklı rotaları kullanmayı kapsayabilmekte, lojistik şirketlerine zaman kazandırarak yol otoritesi için sıklıkla azaltılmasına yardımcı olabilmektedir. Bu pilot uygulama Rotterdam limanı yakınında, Moerdijk endüstriyel bölgesinde ve Venlo ticaret limanındaki kargo malzemelerinin teslimatı sırasında ortaya çıkan gereksiz bekleme azaltmış ve bağlantı yollarında daha az sıklık, emisyon ve maliyet elde edilmesini sağlamıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.11 Slovenya

- 2017'de AUS altyapısı yükseltmesi başlamış, 2019'da ITS-G5 yol kenarı altyapısı için pilot bölge hazırlanmış ve 10 ITS-G5 RSU kurulmuştur.
- 2019'da Gün 1 hizmetlerinin ilk seti geliştirilip test edilmiştir.
- 2019'da hücresel ağ kullanan konum-farkında mobil uygulama geliştirilmiştir.
- 2020'de ITS-G5 yol kenarı altyapısı PKI ile güncellenmiş ve Gün 1 hizmetlerinin ikinci seti geliştirilmiştir.

2016'dan bu yana, Sloven uygulama kurumu DARS, hem kısa menzilli ITS-G5 hem de uzun menzilli hücresel teknolojileri kullanarak Gün 1 K-AUS hizmetlerini uygulamıştır. Hizmetler, TEN-T çekirdek ağının bir parçası olarak Postojna ve Divača arasındaki A1 otoyolu bölümünde uygulanmıştır. Pilot saha, özellikle kış aylarında meydana gelen (kuvvetli rüzgarlar, sis, kar fırtınaları) ve sıklıkla 70'e kadar aracın karıştığı trafik kazalarına neden olan (2016'da) aşırı hava koşulları nedeniyle bilinçli olarak seçilmiştir. Test sahasının toplam uzunluğu 24 km'dir ve burada dokuz RSU sabit konumlarda kuruludur. RSU'lar Kozina'daki trafik yönetim merkezine bağlıdır. Ek olarak, K-AUS mesajlarını bağımsız modda (örn. römorklarla) yayınlamak için bir mobil RSU kurulmuştur. Arka ofiste çalışan merkezi uygulama, C-Roads uyumlaştırılmış spesifikasyonlarına uygun olarak Tehlikeli Konum Bildirimi, Yol Çalışmaları Uyarısı ve Araç İçi Bilgilendirme hizmetlerini içeren kullanım senaryolarını uygulamak için çeşitli K-AUS mesajlarının yayımlanmasına izin vermektedir. 2020 yılında yol kenarı ITS-G5 altyapısı yükseltilmiştir ve güvenli K-AUS iletişimini garanti etmek için PKI ile donatılmıştır. Bu pilot uygulama ile ITS-G5 yol kenarı altyapısıyla ilgili faaliyetlerin yanı sıra, AUS altyapısı güncellenmiş ve gerçek zamanlı hizmetlere entegre edilmiştir. Gerçek zamanlı trafik bilgileri 2019 yılında operasyonel hale gelmiştir. Gerçek zamanlı trafik bilgisi sağlanması bulut bilgi hizmetlerini desteklemektedir. 2017 yılında hücresel bağlantılı araç faaliyetleri başlamış ve sonuç olarak konum bilgisine sahip mobil bir uygulama son kullanıcılar için geliştirilmiştir. Bu uygulama 2019 yılında başarılı bir şekilde başlatılmış, test edilmiş ve değerlendirilmiştir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.12 İsveç

- NordicWay 2 projesi 7 Şubat 2017'de başlayıp 31 Aralık 2020'de tamamlanmıştır.
- NordicWay 3 projesinin 1 Şubat 2019'da başlayıp 31 Aralık 2023'te sona ermesi hedeflenmektedir

İsveç pilot uygulaması, NordicWay 2 projesinin (2017-2020) bir parçası olup şu anda İskandinav ülkeleri Danimarka, Finlandiya, Norveç ve İsveç'te yürütülen NordicWay 3 projesinin (2019-2023) bir parçasıdır. NordicWay eylemlerinin ana hedefleri, birlikte çalışabilir Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerini daha da geliştirmek ve bağlantılı ve otonom sürüş için altyapı hazırlığını desteklemek için pilot uygulamaları devreye almaktır. NordicWay 3 projesi (2019-2023), C-Roads Platformunda Avrupa K-AUS birlikte çalışabilirliğini uyumlaştırmaya ve inşa etmeye devam etmektedir (C-Roads Brochure 2021, 2021). Bu pilot uygulama ile İsveç'te K-AUS servislerini kullanımının önü açılmıştır. NordicWay projesindeki diğer paydaş ülkeler ile de entegre hizmet sağlanmıştır.

Pilot uygulama kapsamındaki Gün 1 K-AUS hizmetleri	Pilot uygulama kapsamındaki Gün 1.5 K-AUS hizmetleri
- Acil Durum Aracı Yaklaşma Uyarısı - Acil Durum Aracı Sinyal Önceliklendirme Talebi - Yeşil Işık Optimum Hız Önerisi - Tehlikeli Konum Uyarısı - Ani Fren Uyarısı	- Trafik Bilgisi ve Akıllı Rotalama - Dinamik Çevresel Bölgeler

2.3.13 Birleşik Krallık

- Birleşik Krallık'ın pilot hizmetleri, Ekim 2018'den itibaren aşamalar halinde uygulanmıştır. Tam pilot operasyonlar Mart 2019'da başlamış ve Şubat 2020'nin sonunda tamamlanmıştır.
- Pilot uygulama, TfL'nin sorumluluğundaki bölgelerde yalnızca uzun menzilli hücresel hizmetleri, HE'nin sorumluluğundaki bölgelerde uzun menzilli hücresel ve kısa menzilli (ITS-G5) hizmetleri, KCC'nin sorumluluğundaki bölgelerde ise kısa menzilli hizmetleri kapsamaktadır.
- HE'nin ve KCC'nin pilot hizmetleri için, M2'ye kurulan 32 yeni RSU ve KCC'nin GLOSA sahasına kurulan tek bir işaret dahil olmak üzere, yeni yol kenarı ITS-G5 altyapısı devreye alınmıştır.
- Tüm pilot operasyon dönemi boyunca ortak araç filolarından yararlanılarak toplam 271 kullanılabilir değerlendirme testi çalışması gerçekleştirilmiştir.

2015 yılında tasarlanan Birleşik Krallık pilot uygulaması "A2M2 Connected Corridor", İngiltere'nin güneydoğusunda, Londra'daki Greenwich'ten Dover'a uzanan 110 km'lik bir koridor üzerinde yer almaktadır. Birleşik Krallık, birlikte çalışabilir bir K-AUS platformunun ve Yol Çalışması Uyarısı (RWW), Araç İçi İşaretleme (IVS), Sondaj Araç Verileri (PVD) ve Yeşil Işık Optimum Hız Önerisi (GLOSA) hizmetlerinin geliştirilmesi, işletilmesi ve değerlendirilmesine odaklanmıştır.

Birleşik Krallık'ta gerçek zamanlı trafik sistemleri verileri için ulusal bir veri merkezi yoktur, bu nedenle Birleşik Krallık otoyol yetkililerinin ortaklarından (TfL, HE ve KCC) alınan K-AUS servis

verileri, InterCor için özel olarak geliştirilmiş bir Birleşik Kavşak Düğümünde (UIN) entegre edilmiştir.

Pilot uygulama, 2020'nin şubat ayı sonunda tamamlanmıştır. Pilot uygulamanın sonuçları InterCor projesinin internet sayfasında²⁸ paylaşılmıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.14 Danimarka

- NordicWay 2 projesi 7 Şubat 2017'de başlayıp 31 Aralık 2020'de bitmiştir.
- NordicWay 3 projesi 1 Şubat 2019'da başlayıp 31 Aralık 2023'te sona erecektir.

Danimarka pilot uygulaması NordicWay 2 projesinin (2017-2020) bir parçası olup şu anda İskandinav ülkeleri Danimarka, Finlandiya, Norveç ve İsveç'te yürütülen NordicWay 3 projesinin (2019-2023) bir parçasıdır. NordicWay eylemlerinin ana hedefleri, birlikte çalışabilir Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerini daha da geliştirmek ve bağlantılı ve otonom sürüş için altyapı hazırlığını desteklemek için pilot uygulamaları devreye almaktır. NordicWay 3 projesi (2019-2023), C-Roads Platformunda Avrupa K-AUS birlikte çalışabilirliğini uyumlaştırmaya ve inşa etmeye devam etmektedir.

Danimarka'nın NordicWay'e katkısı, trafik yönetim merkezlerinin NordicWay değişim ağına entegrasyonuna odaklanmaktadır. Danimarka ulusal trafik yönetim merkezinin merkezi sistemleri, doğrudan değişim ağına bağlıdır. Danimarka trafik yönetim merkezinden üretilen ve yayınlanan tüm mesajlar, değişim yoluyla gerçek zamanlı olarak tüm NordicWay ortakları tarafından kullanılabilir. Bu sayede, 2019'da bir arabanın Danimarka'daki ana yolları kullanarak İskandinav ülkelerinden geçtiği sırada, tüm rota boyunca olaylar, yol çalışmaları ve değişken hız limitleri hakkında gerçek zamanlı bilgiler, aldığı NordicWay turu sırasında gösterilmiştir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.15 Norveç

- NordicWay 2 projesi 7 Şubat 2017'de başlayıp 31 Aralık 2020'de bitmiştir.
- NordicWay 3 projesi 1 Şubat 2019'da başlayıp 31 Aralık 2023'te sona erecektir.

Norveç pilot uygulaması NordicWay 2 projesinin (2017-2020) bir parçası olup şu anda İskandinav ülkeleri Danimarka, Finlandiya, Norveç ve İsveç'te yürütülen NordicWay 3 projesinin (2019-2023) bir parçasıdır. NordicWay eylemlerinin ana hedefleri, birlikte çalışabilir

28 <https://intercor-project.eu/library>

Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerini daha da geliştirmek ve bağlantılı ve otonom sürüş için altyapı hazırlığını desteklemek için pilot çalışmaları devreye almaktır. NordicWay 3 projesi (2019-2023), C-Roads Platformunda Avrupa K-AUS birlikte çalışabilirliğini uyumlaştırmaya ve inşa etmeye devam etmektedir.

İki Norveç pilot uygulaması, çevresel yol ağlarında Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerinin kullanım senaryolarını ve Norveç'in kapsamlı ağındaki ana yük rotalarında bağlı ve otonom sürüş için altyapı hazırlığının haritasını içermektedir. Ağlar arasında yumuşak geçişler sağlamak için kapsamlı ve çevresel ağlar üzerinde test yapmak, yalnızca çekirdek ağ üzerinde yapılan testlerden daha geniş bir işlevsellik testine izin vermektedir. Çekirdek olmayan ağda yapılan başarılı testlerin ardından, test edilen Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerinin, aşırı hava koşullarında çekirdek ağ üzerinde uygulanması planlanmıştır. Pilot uygulama, hücresel bağlantının zayıf olduğu kırsal yollarda, takip eden Gün 1 ve Gün 1.5 hizmetlerinin fizibilitesini araştırmak için özellikle tasarlanmıştır. Bu pilotta test edilen iletişim teknolojisi, hücresel iletişim olacaktır. Birlikte çalışabilirliği sağlamak için gerektiğinde seçilen yol kenarı altyapısı ve araçları da ETSI ITS-G5 ile donatılabilmesi öngörülmüştür (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.16 İspanya

- Şehirlerarası ve kentsel alanlar dahil olmak üzere beş pilot bölgeyi kapsayan bir çalışma yapılmıştır.
- ITS-G5 ve hücresel teknolojiler dahil olmak üzere Hibrit İletişim Teknolojileri kullanılarak kapsanan 12.270 km yol ağı mevcuttur.
- İçerisinde kamu kurumları, yol operatörleri, teknoloji ve hizmet sağlayıcıları, araştırma merkezleri, üniversiteler ve dernekler içeren toplam 25 ortak bulunmaktadır.

İspanyol pilot, her biri benzersiz bir dizi teknolojiye ve K-AUS servislerine sahip beş farklı pilot bölgeden oluşmaktadır. Bu heterojenlik, birkaç temsili senaryoda bağlantılı hareketliliğin etkisini değerlendirmek için geniş bir kullanım durumu yelpazesini kapsamaktadır. Bu pilot set, ulusal düzeyde ve Avrupa düzeyinde birlikte çalışabilirliği ve ayrıca farklı senaryolarda K-AUS servislerinin katma değerini doğrulamak için dikkatle seçilmiştir.

İspanya pilot uygulamaları sayesinde, toplamda 12 bin kilometreden daha uzun bir mesafede ITS-G5 ve hücresel ağ teknolojileri kurulmuş ve kullanılmıştır (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.17 Portekiz

- C-Roads ve Cooperative Street iş birliği ile pilot uygulama gerçekleştirilmektedir.
- 2023'ün sonuna kadar sürecektir bir çalışmadır.

Bu pilot uygulama, çekirdek yol ağının, kapsamlı yol ağının ve iki kentsel düğümün ilgili bölümlerini kapsayan, Portekiz'deki Atlantik Koridorunda beş K-AUS test ortamı kurulmasını içermektedir. Proje, pilot uygulamalarla birlikte, özellikle Gün 1 ve seçilmiş Gün 1.5 hizmetleri olmak üzere, K-AUS servislerinin ulusal çapta yaygınlaştırılmasını hedefleyen bir çalışma da geliştirecektir. Bu pilot uygulama sayesinde, Portekiz'in birçok otoyolunda uzun mesafeler boyunca K-AUS servisleri kullanılmış, Gün 1 ve Gün 1.5 hizmet uygulamaları test edilmiştir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.18 Yunanistan

- Haziran 2019'da başlamıştır.
- Kuzey Yunanistan test sahası 30 kilometrelik mesafeyi kapsamaktadır. Biri mobil olmak üzere toplam 26 RSU içermektedir.
- Attika bölgesi test sahası 20 kilometrelik mesafeyi kapsamaktadır. Biri mobil olmak üzere toplam 11 RSU içermektedir.

Yunanistan, Haziran 2019'dan bu yana gerçekleştirdiği pilot uygulama ile C-Roads Platformu girişiminin bir parçasıdır. Yunan pilot uygulaması, biri kuzey Yunanistan'da (Egnatia Odos Paralı Yol Pilotu) ve biri de Attika Bölgesi'nde olmak üzere iki test sahasında gerçekleştirilmiştir. Pilot uygulamanın ana hedefi, ETSI ITS-G5 ve hücreli iletişim teknolojilerinin dengeli bir karışımı aracılığıyla belirli bir Gün 1 ve Gün 1.5 K-AUS hizmetlerini gerçekleştirmektir.

Yunan pilot uygulamasının seçilen Gün 1 K-AUS hizmetlerinin bir dökümü şunları içermektedir: (i) şerit kapama ve diğer kısıtlamalara özel olarak odaklanan yol çalışmaları uyarısı, (ii) duran bir araç, hava durumu uyarısı ve yoldaki bir engeli içeren durumları içeren tehlikeli yerler bildirimi, (iii) şok dalgası söndürme etkisinden kaçınmak için yol operatörleri tarafından, araçlara "serbest metin" ve hız tavsiye mesajlarının değişken mesaj işaretlerinin gönderildiği araç içi tabela (bu teknolojiye sahip araçlar için geçerlidir) ve (iv) CAM toplanması için araç verilerini araştırma. Son olarak Yunan pilot uygulaması, Gün 1.5 K-AUS hizmetlerinden Akıllı Yönlendirme'yi de seçmiştir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.19 İrlanda

- 2019-2020 yıllarında sistemlerin/çözümlerin planlanması, satın alınması ve geliştirilmesi yapılmıştır.
- 2020-2022 yıllarında pilot kurulum, operasyonlar ve denemeler yapılmıştır.
- 2022-2023 yıllarında pilot değerlendirmeleri ve kurulumunun daha da genişletilmesi üzerine planlama yapılacaktır.
- ITS-G5 yol kenarı birimleri, M50 ve M1 otoyollarının bölümlerini kapsayan 2. bölüme kurulacaktır. Toplam uzunluğu yaklaşık 60 km olan bölge RSU'lar ile donatılacaktır.

İrlanda, 2019'dan bu yana Avrupa Birliği İşbirliğine Dayalı Akıllı Ulaşım Sistemleri stratejisinin uygulanmasında aktif bir rol üstlenmiş ve C-Roads Platformu içindeki üyeliğini diğer Üye Devletlerle birlikte "çekirdek" üye konumuna yükseltmiştir.

Bu 10 Milyon avroluk pilot uygulama, Avrupa Birliği tarafından %50 finansman oranıyla finanse edilmiş ve 2019'da İrlanda tarafından ödüllendirilip imzalanarak İrlanda'nın ulusal bir K-AUS pilot uygulamasına izin verilmiştir. C-Roads İrlanda K-AUS pilot uygulamasının genel amacı, Gün 1 ve gelecekteki K-AUS hizmetlerini kurmak, denemek ve değerlendirmektir. Pilot uygulama, ağırlıklı olarak İrlanda TEN-T ağı ve ayrıca Dublin şehri içindeki kentsel koridorlar boyunca olmak üzere, İrlanda yol ağında K-AUS servislerini test edecek ve değerlendirecektir (C-Roads Brochure 2021, 2021).

2.3.20 ABD - USDOT ITS – New York City

- New York Şehri Bağlantılı Araç Pilotu, Aralık 2021'de tamamlanmıştır.
- Pilottan toplanan tüm olay verileri, Kişisel Olarak Tanımlanabilir Bilgileri (PII) korumak için gizlenmiştir ve ITS DataHub'ın CV Pilot Veri Korumalı Alanında mevcuttur. Tüm nihai proje çıktıları, kullanıma sunuldukça Teknik Etkinlikler / Yayın sayfasında yayınlanacaktır.

Son beş yılda, NYC Ulaştırma Bakanlığı (DOT), V2V ve V2I bağlantılı araç teknolojilerinin kurulması yoluyla şehirdeki yolcuların ve yayaların güvenliğini artırmayı amaçlayan New York City Pilot'a liderlik etmiştir. Bu hedef, şehrin Hedef Sıfır girişi ile doğrudan uyumludur. 2014 yılında NYC, trafik kazalarından kaynaklanan ölüm ve yaralanmaların sayısını azaltmak için Hedef Sıfır programını başlatmıştır. Devam eden en büyük girişimlerden biri, şehir çapındaki hız sınırının saatte 30 milden saatte 25 mile düşürülmesi olmuştur. Ülke genelinde yaya ölümüyle sonuçlanan kaza oranı %14 iken Manhattan'da bu oran %73 olarak görülmektedir.

NYCDOT'un devreye alınması ile yoğun bir kentsel ulaşım sisteminde, özellikle sıkışık kavşaklarda bağlantılı araç teknolojisi ve uygulamalarını değerlendirmek için ideal bir ortam sağlamıştır. Bu pilot uygulamanın bugüne kadar olan en büyük bağlantılı araç teknolojisi uygulaması olduğu tahmin edilmektedir. NYCDOT CV Pilot Uygulaması proje alanı, Manhattan ve Brooklyn ilçelerindeki dört ayrı bölgeyi kapsamaktadır.

İlk bölge, Manhattan'ın Yukarı Doğu Yakası ve Doğu Harlem mahallelerindeki Franklin D. Roosevelt (FDR) Drive'ı içermektedir. İkinci bölge, Manhattan'ın Midtown ve Yukarı Doğu Yakası mahallelerinde dört adet tek yönlü koridoru içermektedir. Üçüncü bölge, Midtown Manhattan'daki beş adet iki yönlü ve çift şeritli sokaktan oluşmaktadır. Dördüncü bölge, kuzeyde Tillary Caddesi'nden Brooklyn'deki Flatbush Bulvarı'nın 1,6 millik bir bölümünü ve güneyde Prospect Park yakınlarındaki Grand Army Plaza'yı kapsamaktadır. Bu bölgelere sık sık giden yaklaşık 3.000 belediye aracı bağlantılı araç teknolojisine sahiptir. DSRC kullanılan ortam, V2I haberleşme sağlayabilmek için yaklaşık 320 sinyalizasyon kavşak barındırmaktadır. Ayrıca NYCDOT kapsamında, kısa yarıçaplı virajlar, ağırlık limiti ve minimum köprü açıklığı gibi zorlukların üstesinden gelmek için yüksek hızlı FDR Drive boyunca yaklaşık 8 ve şehir genelindeki diğer stratejik konumlarda 100'den fazla RSU kurulmuştur. Pilot uygulama, yaklaşık 25 yayanın güvenli bir şekilde karşıdan karşıya geçmesine yardımcı olan kişisel cihazlarla donatan ek bir V2I/I2V proje bileşeni sayesinde araç-yaya sorunlarını azaltmaya odaklanmıştır.

NYCDOT, lisans başvuru sürecini iyileştirmek için USDOT ve FCC ile birlikte çalışmaktadır. Temel hedef, lisans başvuru sahiplerine, başlangıçta NYCDOT tarafından yapıldığı gibi, bireysel olarak değil, toplu olarak başvuru yapma yeteneği sunmak olacaktır. Lisanslama sürecinde daha önce diğer departmanlar ve IRAC ile artan koordinasyon, gelecekteki uygulamacıların NYCDOT'nin karşılaştığı uzun süreçten kaçınmasına yardımcı olacaktır. NYCDOT, lisanslama sürecinden öğrendiği dersleri, Sistem Tasarımı Webinarında²⁹ ve Ulaştırma Araştırma Kurulu'nun 97. Yıllık Toplantısında CV Pilotları oturumunda³⁰ CV paydaşlarına sunmuştur (USDOT New York City (NYC) DOT Pilot, 2023).

²⁹ https://www.its.dot.gov/pilots/pdf/CVP_NYCDOTSystemDesignWebinar.pdf

³⁰ https://www.its.dot.gov/presentations/trb2018/CVP_TRB2018_Final.pdf

2.3.21 ABD - Tampa-Hillsborough

- 47 RSU kullanılmıştır.
- Yaklaşık 1000 OBU kullanılmıştır.
- 10 otobüs dahil edilmiştir.

Tampa-Hillsborough Otoyolu Kurumu (THEA), kentsel sıkışıklığı gidermek için türünün ilk örneği olan Selmon Reversible Express Lanes'in (REL) sahibi ve işletmecisidir. REL yoğun bir iş güzergahı olan, şehir merkezindeki Tampa ticaret bölgesine giren ve çıkan ana yollar üzerindedir. Sürücüler, sabahın en yoğun olduğu saatlerde, çok sayıda arkadan çarpma ve kırmızı ışık ihlali çarpışmalarıyla sonuçlanan ve genellikle bunlardan kaynaklanan önemli bir gecikme yaşamaktadır. Şeritler tersine çevrilebilir³¹ olduğundan, yanlış yoldan giriş mümkündür. THEA pilot uygulaması, sıkışıklığı gidermek, çarpışmaları azaltmak ve yanlış yoldan girişi önlemek için çeşitli V2V ve V2I uygulamaları içermektedir. THEA, ayrıca yaya güvenliğini artırmak, otobüs operasyonlarını hızlandırmak ve yüksek hacimli karma trafiğin olduğu yerlerde trafikteki araçlar arasındaki çatışmaları azaltmak için bağlantılı araç teknolojisini kullanmayı planlamaktadır.

THEA pilot uygulaması, şehrin caddeleri boyunca yaklaşık 1.000 araba, 10 otobüs, 8 trolleybüs ve yaklaşık 47 yol kenarı birimi arasında iletimi sağlamak için DSRC kullanmaktadır. Bu girişimi desteklemek için THEA, bölge çapında bir Bağlantılı Araç Görev Gücü oluşturmak için birincil ortakları The City of Tampa (COT), Florida Ulaştırma Bakanlığı (FDOT) ve Hillsborough Area Regional Transit (HART) ile birlikte çalışmaktadır. Bu Görev Gücünün birincil görevi, bu dağıtımlar konseptten planlamaya ve operasyonlara geçerken birlikte çalışabilirliği ve kurumlar arası koordinasyonu sağlamak için Bağlantılı Araç altyapısının bölgede tek tip bir şekilde kurulmasını desteklemektir.

THEA, Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı'nın CV Pilot Programının bir parçası olarak başladığında, o sırada yapılan araştırmalar, OBU satıcılarının çeşitli çalışan uygulamalarla kararlı donanımına sahip olduğunu göstermiştir. 1. Aşama sırasında THEA, donanım ve yazılım çözümlerini sergilemeleri için çok sayıda OBU satıcısı ile görüşmüştür.

31 Tersine çevrilebilir şeritler (Reversible lanes) düzenlemesi, yolların trafik yoğunluğuna bağlı olarak belirli saatlerde yönlerini değiştirmesine izin verir. Örneğin, sabah işe gitmek için şehir merkezine doğru trafik yönlenirken, akşam saatlerinde aynı yollar ters yönde kullanılarak evlere dönüş trafiği sağlanabilir.

Satıcıların çoğu temel V2V uygulamalarını göstermiş, yalnızca birkaç satıcı V2I uygulamalarını göstermiştir. Bu deneyim, kendi tesislerinde gösterim yapan satıcıların THEA'da gösterim yapanlara göre çok daha yüksek bir başarı derecesine sahip olduğunu göstermiş, satıcı tesislerindeki gösterimlerin, THEA'da bilinmeyen bir ortamda gösteri yapmaya çalışan satıcılardan daha kontrollü olduğu sonucuna varılmasına yol açmıştır.

THEA satıcılarını seçtikten sonra, satıcılardan uygulamalarını sergilemeleri için THEA'nın tesislerine gelmeleri istemiştir. Üç satıcıdan yalnızca biri, daha önce THEA tesislerinde gösterim yapmıştır. Yalnızca kendi OBU'ları ile etkileşime giren her satıcı tarafından yapılan ilk testte, GPS konumlandırma, yazılım hataları ve ayarlama gibi hem sistem hem de uygulama sorunları saptanmıştır. Daha önce THEA'nın tesislerinde gösterim yapmış olan satıcı, başlangıçta en fazla başarıyı elde etmiş ve bu durum, daha önce Tampa'da geçirdikleri süre ile ilişkili olmuştur. Başarılı testlerin olmaması, beklentileri bu V2V uygulamalarının temelde hazır olması olan THEA için büyük bir endişe kaynağı olmuştur.

Üç OBU satıcısı tarafından, THEA ve altyapı entegratörü iş birliği ile projenin yerleşik araç entegratörü tarafından bir OBU spesifikasyonu geliştirilmiştir. Geliştirme başladığında, tedarikçilerin uygulama sayısı, THEA'ya karşı kendi tesislerinde hata ayıklama ve ABD dışındaki geliştirme personelinin kullanımı ile mücadele ettiği ortaya çıkmıştır. Dağıtımın 2. Aşaması sırasında, THEA, CV Pilotuna katılımlarını sonlandırmak için daha önce birlikte çalıştıkları bir satıcıyla bağlarını kesmek zorunda kalmıştır. Yeterli ilerleme göstermiş olsalar da sınırlı sayıda personeli, ABD dışından CV Pilot'u destekleyememeleri ve ABD'de herhangi bir bağının bulunmaması, ortaklığın sona ermesindeki başlıca faktörler olmuştur.

Diğer iki sağlayıcı, geliştirme ve test etmeye devam ederken, satıcılar yalnızca kendi aralarında ve yerleşik araç entegratörü ile değil, aynı zamanda altyapı entegratörü ile de iş birliği yapmıştır. Bu iş birliği, sorunların çatışmacı bir tavır olmadan açıkça tartışılabilirdiği sıkı sıkıya bağlı bir ilişkiyle sonuçlanmıştır. Sonuç olarak, birçok sorun daha verimli bir şekilde çözülmüştür. Proje Aşama 2'den Aşama 3'e geçerken, her iki OBU satıcısı da CV Pilot'u tam olarak desteklemeye devam etmiştir (USDOT Tampa (THEA) Pilot, 2023).

2.3.22 ABD - Wyoming DOT

- 75 RSU kullanılmıştır.
- Toplamda farklı tipteki 400 araca yerleştirilmiş OBU kullanılmıştır.

Wyoming, ülke genelinde ve Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Meksika arasında malların hareketinde kritik bir rol oynayan önemli bir nakliye koridorudur. Güney Wyoming'de 6000 feet'in üzerinde olan Interstate 80 (I-80), doğu/batı yük hareketi için önemli bir koridordur ve

yılda 32 milyon tondan fazla yük taşımaktadır. Rüzgâr hızlarının ve şiddetli rüzgarların sırasıyla saatte 30 ve 65 mili aştığı kış mevsimlerinde, I-80'deki kaza oranlarının yaz kaza oranlarından 3 ila 5 kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu, 4 yıl içinde 200 kamyonun havaya uçmasıyla sonuçlanmış ve çoğu zaman yolların kapanmasına neden olmuştur. Wyoming Ulaştırma Bakanlığı (WYDOT) CV Pilot tesisi, Wyoming Eyaletindeki ticari araç operatörünün ihtiyaçlarına odaklanmakta, V2I ve V2V bağlantıyı kullanan uygulamalar geliştirmektedir. Bu WYDOT pilot uygulamasının, güvenliği artırmak ve olayla ilgili gecikmeleri azaltmak için koridordaki olumsuz olay ve havayla ilgili olayların (ikincil olaylar dahil) sayısını azaltması beklenmektedir.

WYDOT, Wyoming'deki I-80'in 402 mili boyunca bağlantılı araç teknolojisinin kullanımını destekleyen sistemler geliştirmektedir. DSRC kullanarak mesaj alıp yayınlatabilen yaklaşık 75 yol kenarı birimi, I-80'in çeşitli bölümleri boyunca kurulacaktır. WYDOT, filo araçları ve ticari kamyonlardan oluşan yaklaşık 400 aracı yerleşik birimlerle donatacaktır. 400 araçtan en az 150'si, I-80'in düzenli kullanıcıları olması beklenen ağır kamyonlar olacaktır. Ayrıca, donanımlı 400 araçtan 100'ü WYDOT filo aracı, kar temizleme araçları ve otoyol devriye araçları yerleşik birimler ve mobil meteoroloji sensörleri ile donatılacaktır.

WYDOT sistem entegratörüne göre operasyonel veri ortamı yazılımı, CV Pilot uygulamasının ana bileşenleri arasında veri aktarımını kolaylaştırarak bağlantılı araç karmaşıklıklarını ortadan kaldırmaktadır. WYDOT TMC'de bir Ubuntu (Linux) sunucusunda çalışmaktadır. Açık kaynak olduğu, C++ ve Java ile yazıldığından, diğer ilgililer tarafından bağlantılı araç operasyonlarının uygulamaları için kullanılabilmekte ve/veya uyarlanabilmektedir (USDOT Wyoming (WY) DOT Pilot, 2023).

2.3.23 Çin

- Jiangsu'daki Wuxi şehri, Tianjin'deki Xiqing bölgesi, Hunan'daki Changsha şehri ve Chongqing'deki Liangjiang bölgelerinde dört ulusal pilot alanı kurulmuştur.
- Sanayi ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı (MIIT), Ulaştırma Bakanlığı (MOT) ve Kamu Güvenliği Bakanlığı (MPS), farklı koşullar altında test yapabilmek adına Şanghay, Pekin gibi şehirlerin iklim koşulları ve jeomorfik özelliklerini göz önünde bulundurmıştır.
- Konut ve Kentsel-Kırsal Kalkınma Bakanlığı (MoHURD) ve MIIT, Akıllı Şehir Altyapıları ve ICV'nin koordineli gelişimi için Pekin, Şanghay ve Guangzhou dahil olmak üzere 16 Pilot Şehirden oluşan iki grubu onaylamıştır.

MIIT, MOT ve Kamu Güvenliği Bakanlığı (MPS) ve Çin'deki diğer birimler, Bağlantılı Araçlar Ulusal Pilot Alanları ve Gösteri Alanları için stratejik yerleşim ve geliştirme planlaması gerçekleştirmiştir. Böylece Çin, Jiangsu eyaletindeki Wuxi şehri, Tianjin belediyesindeki Xiqing bölgesi, Hunan eyaletindeki Changsha şehri ve Chongqing belediyesindeki Liangjiang bölgesi dahil olmak üzere bağlantılı araçlar için dört Ulusal Pilot Bölge inşa etmiştir.

Farklı iklim koşulları ve jeomorfik özellikler, bağlantılı araç testlerinin ve doğrulamasının farklı koşullar altında gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Diğer bir seçim kriteri de ele alınan Bağlantılı Araç Tanıtım Alanında otomobil endüstrisinin ne kadar gelişmiş olduğudur. Şehir içi ve kırsal yollar gibi tipik senaryolar ve diğer özellikler, kurulu C-V2X cihazları, ulaşım tesisleri, hücresel ağlar ve diğer altyapı ile gösteri alanlarında ele alınmaktadır.

Pilot uygulamalar kapsamında yukarıda belirtilen birçok bölgede farklı gösterimler ve testler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda yer alan uygulamaların bir kısmı aşağıdaki gibidir:

- Boylamsal Çarpışma Uyarısı
- Kör Nokta Uyarısı
- Sola Dönüş Asistanı
- Araç-İçi İşaretleme
- GLOSA
- Kaygan Yol Uyarısı
- Kavşak Çarpışma Uyarısı
- Acil Durum Aracı Uyarısı
- Ani Fren Uyarısı
- Müfreze (platoon)

Çin'de gerçekleştirilen pilot uygulamalar, özellikle C-V2X alanında gelişmelere yol açmıştır. Bunun yanında 2022 Pekin Kış Olimpiyat Oyunları sırasında, insansız araçların meşaleyi taşıması ile K-AUS servislerinin ve kullanım alanlarının tanıtım ve yaygınlaştırılmasına katkı sağlanmıştır (5GAA, 2022)

2.4 ABHS ile İlgili Üretimi Yapılmış ve Kullanılmakta Olan Donanım ve Yazılımlar

2.4.1 Mobotrex Yunex RSU



Şekil 37 MoboTrex firmasının Yunex isimli RSU cihazı

MoboTrex firmasının ürettiği Yunex isimli RSU, sağlamlaştırılmış bir muhafaza içinde paketlenmiş olup tüm hava koşullarında çalışabilmektedir. Firmanın üretmiş olduğu ürünler Dubai, London, Berlin, Bogota ve Miami gibi şehirlerde ve 40'a yakın ülkede aktif olarak kullanılmaktadır (SIEMENS, 2022).

Genel Özellikler

- Marka: MoboTrex Yunex
- Yazılım:
 - Standard Aygıt Yazılımı: SPAT/MAP ve TIM tabanlı uygulamaları içerir.
 - TSP Aygıt Yazılımı: SPAT/MAP ve TIM tabanlı uygulamaları ve Transit Sinyal Önceliğini içerir.
 - TMS Aygıt Yazılımı: SPAT/MAP ve TIM tabanlı uygulamaları ve PCW ve WWD etkinleştiren Tetiklenmiş Mesaj Göndericisi içerir.
 - TSP Aygıt Yazılımı: SPAT/MAP ve TIM tabanlı uygulamalar, Transit Sinyal Önceliği ve Tetiklenmiş Mesaj Göndericisi içerir.

- Yüksek hız ve tümleşik taşıt birimlerine (OBU) düşük gecikmeli kısa mesafeli haberleşme (DSRC)
- Kolay konfigürasyon, teşhis ve uzaktan yazılım güncellemesi için tarayıcı tabanlı servis ara yüzü
- Siemens tarafından desteklenen yüksek güvenlik seviyesi
- Dar alanlar için direklerle montaj imkânı
- NEMA6P muhafazası ve zorlu ortamlar için konnektörler
- Sinyal kontrol cihazı veya kabinli ağ anahtarının ethernet üzerinden güç bağlantısı
- Pozisyon ve zaman bilgisi için GPS alıcısı
- Yaya, bisiklet vb. güvenlik uygulamaları için yakındaki dizüstü bilgisayar, tablet ve telefon gibi akıllı cihazlara Yerel Wi-Fi Hotspot üzerinden haberleşme imkânı
- Birden fazla Yol Kenarı Ünitesini bir merkezden yönetmek için isteğe bağlı yazılım sistemi

Teknik Özellikler (SIEMENS, 2018)

- -97 dB Alıcı hassasiyeti
- IEEE 802.11p 5.9 GHz Dual-Radio DSRC
- IEEE 1609.4, 1609.3 ve IEEE 1609.2 güvenlik uyumluluğu
- V2X Özel anahtarları ve imza üretimlerinin güvenli bir şekilde depolama için donanım güvenlik modülü
- Akıllı cihazlar için 2.4 GHz Wi-Fi/Bluetooth hot spot
- 2.0m Dairesel Hata Oranı (CEP) pozisyon doğruluğuna ve Geniş Alan Güçlendirme Sistemi (WAAS) düzeltme desteğine sahip GPS
- Bir adet Ethernet Üzerinden Power (POE) girişine sahip iki adet Ethernet girişi
- Hücresel backhaul için LTE
- Kolay konfigürasyon, uzaktan teşhis için tarayıcı tabanlı Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
- MAP, SPAT, BSM, TIM, RSA, RTCM, SRM, SSM gibi SAE J2735 2016 standartlarına uygun mesaj tipleri
- OmniAir Sertifikası
- MAP geometrileri için dahili depolama birimi

- Açık alanda 2500m çekim gücü

İşlemci/Bellek

- Uç bilişim (Edge Computing) için 800Mhz çift çekirdekli işlemci
- Dahili 1GB RAM

Haberleşme Ara yüzleri

- 2x DSRC/WAVE
- 2 x RJ45 10/100 MBit Ethernet
- 1 x 802.11 b/g/n Wi-Fi ve Bluetooth 4.0
- 1 x RS232
- 1 x LTE Cat4

Mekanik Özellikler

- Yükseklik: 27 cm, Genişlik: 31 cm, Derinlik: 8 cm
- Ağırlık: $\approx$ 4.08 kg
- Yüzey Kaplama: Dökme Alüminyum

Çevresel Özellikler

- Çalışma sıcaklığı: -40 C° - 74 C°
- Muhafaza: Mühürlü, NEMA 6P

Güç

- 48 V PoE+ (802.3at)

2.4.2 Cohda Wireless MK5 RSU



Şekil 38 Cohda Wireless firmasının MK5 isimli RSU cihazı

Çift antene sahip ve sert hava koşullarına dayanıklı MK5 RSU NEMA4 koruma sınıfına sahip olduğundan, rüzgâra bağlı toza, yağmura, fışkıran suya, hortum suyuna ve panelin dışında oluşan buzlanmaya bağlı hasarlara karşı dayanıklıdır. Cohda Wireless Firmasının ürettiği ürünler, Avustralya, Avrupa Birliği ülkeleri, Japonya, ABD ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde kullanılmaktadır.

Teknik Özellikler (Cohda Wireless, 2023)

- Marka: Cohda Wireless
- Model: MK5 RSU
- IEEE 802.11- 2012, IEEE 1609 – 2016, ETSI ES 202 663, SAE J2735 – 2016, CE ve FCC standart uygunluğu
- 10 MHz Bant Genişliği
- 3-27 Mbps Veri Hızı
- Antenler arasındaki haberleşmede veri iletimini düzenlemek için Döngüsel Gecikme Çeşitliliği (CDD) tekniği
- Antenler arasındaki haberleşmede veri alımını düzenlemek için Maksimum oranlı birleştirme (MRC) tekniği

- -99 dBm @ 3 Mbps Alıcı hassasiyeti
- Çalışma sıcaklığı: -40 C° - 85 C°
- 5.9 GHz Frekans Bandı
- +22 dBm Maximum İletim gücü
- 2.5 m doğruluk oranına sahip GNSS sensörü
- 800 km/s doppler yayılması
- 1500ns gecikme yayılması
- Yükseklik: 24 cm, Genişlik: 16.5 cm, Derinlik: 6.7 cm
- Ethernet üzerinden güç (POE) bağlantısı

2.4.3 Cohda Wireless MK5 OBU



Şekil 39 Cohda Wireless firmasının MK5 isimli OBU cihazı

Cohda firmasının geliştirmiş olduğu MK5 OBU, uzak mesafelerde yüksek hızda veri alışverişi yaparak potansiyel tehlikelerde ve kritik senaryolarda uygun zamanda tepki verebilir.

Teknik Özellikler (Cohda Wireless, 2022)

- Marka: Cohda Wireless
- Model: MK5 OBU
- IEEE 802.11- 2012, IEEE 1609 – 2016, ETSI ES 202 663, SAE J2735 – 2016 Standart uygunluğu

- 10 MHz Bant genişliği
- 3- 27 Mbps Veri Hızı
- Linux 4.1.15 İşletim sistemi çekirdeği
- Antenler arasındaki haberleşmede veri iletimini düzenlemek için Döngüsel Gecikme Çeşitliliği (CDD) tekniği
- Antenler arasındaki haberleşmede veri alımını düzenlemek için Maksimum oranlı birleştirme (MRC) tekniği
- -99 dBm @ 3 Mbps Alıcı hassasiyeti
- Çalışma sıcaklığı: -40 C°- 85 C°
- 5.9 GHz Frekans Bandı
- +22 dBm Maximum İletim gücü
- 2.5 m doğruluk oranına sahip GNSS sensörü
- 800 km/s doppler yayılması
- 1500ns gecikme yayılması
- Yükseklik: 13 cm, Genişlik: 12 cm, Derinlik: 3.5cm
- 12/24 V Güç girişi

2.4.4 Cohda Wireless MK5-XBU



Şekil 40 Cohda Wireless firmasının MK5-XBU isimli RSU cihazı

Cohda Wireless firmasının üretmiş olduğu MK5 XBU, özellikle yeraltı madenciliğinin zorlu koşulları için inşa edilmiş olup araçlarda veya altyapılarda da kullanılabilir. İletişim menzili olağanüstüdür ve konumunu çok derin yerlerde bile hassas bir şekilde belirleyebilir.

Teknik Özellikler (Cohda Wireless, 2022)

- Marka: Cohda Wireless
- Model: MK5 XBU
- IEEE 802.11- 2012, IEEE 1609 – 2016, ETSI ES 202 663, SAE J2735 – 2016, CE ve FCC Standart uygunluğu
- 10 MHz Bant genişliği
- 3- 27 Mbps Veri Hızı
- Linux 4.1.15 İşletim sistemi çekirdeği
- Antenler arasındaki haberleşmede veri iletimini düzenlemek için Döngüsel Gecikme Çeşitliliği (CDD) tekniği
- Antenler arasındaki haberleşmede veri alımını düzenlemek için Maksimum oranlı birleştirme (MRC) tekniği
- -100 dBm @ 3 Mbps Alıcı hassasiyeti
- Çalışma sıcaklığı: -40 C° - 85 C°

- 5.9 GHz Frekans Bandı
- +26 dBm Maximum İletim gücü
- 2.5 m doğruluk oranına sahip GNSS sensörü
- 800 km/s doppler yayılması
- 1500ns gecikme yayılması
- Yükseklik: 13 cm, Genişlik: 12 cm, Derinlik: 3.5cm
- 12/24 V Güç girişi

2.4.5 Cohda Wireless MK6C-EVK-RSU-V2 RSU



Şekil 41 Cohda Wireless firmasının MK6C isimli RSU cihazı

Çift antene ve IP67 koruma sınıfına sahip MK6C, Cohda firmasının üretmiş olduğu bir Hücresel V2X Geliştirme kitidir.

Teknik Özellikler (Cohda Wireless, 2023)

- Marka: Cohda Wireless
- Model: MK6C EVK RSU
- Ethernet üzerinden güç (POE) bağlantısı ve LED güç göstergesi

- IEEE 1609 – 2016, ETSI TS 103 613, 3GPP R14, SAE J3161, GB/T 31024 standart uygunluğu
- Qualcomm MDM 9150 Yonga seti
- Linux 4.9.88 İşletim sistemi çekirdeği
- i.MX 8QXP Uygulama İşlemcisi
- SXF1800 FIPS 140-2 3.Seviye güvenlik uyumluluğu
- -93.4 dbM C-V2X Alıcı hassasiyeti
- Çalışma sıcaklığı: -40 C° - 65 C°
- 3. Sınıf +21.5 dBm Maximum İletim gücü
- Çoklu GNSS (GPS/GLONASS/Galileo/Beidou)
- Yükseklik: 26 cm, Genişlik: 26 cm, Derinlik: 6.5 cm

2.4.6 Cohda Wireless MK6C OBU



Şekil 42 Cohda Wireless firmasının MK6C isimli OBU cihazı

Cohda firması tarafından geliştirilen MK6C, C-V2X özelliklerine ek olarak 2 x CAN, ETH ve Wi-Fi/BT gibi bağlantılar sağlar. Qualcomm tarafından geliştirilen MDM 9150 yonga setine sahip cihaz, geleceğin akıllı ulaşım sistemlerine doğru gelişmek için sağlam ve güvenli bir temel sunar.

Teknik Özellikler (Cohda Wireless, 2023)

- Marka: Cohda Wireless
- Model: MK6C OBU
- IEEE 1609 – 2016, ETSI TS 103 613, 3GPP R14, SAE J3161, GB/T 31024 standart uygunluğu
- 20 MHz CV2X Bant genişliği
- C-V2X, PC5 (Qualcomm 9150), Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 4.1 + BLE, Ethernet, CAN Bağlantı
- Linux 4.9.88 işletim sistemi çekirdeği
- i.MX 8QXP Uygulama İşlemcisi
- SXF1800 FIPS 140-2 3.Seviye güvenlik uyumluluğu
- -93.4 dbM C-V2X Alıcı hassasiyeti
- Çalışma sıcaklığı: -40 - 85 C°
- 3. Sınıf +21.5 dBm Maximum İletim gücü
- Çoklu GNSS (GPS/GLONASS/Galileo/Beidou)
- Yükseklik: 19.3 cm, Genişlik: 16 cm, Derinlik: 5.1 cm
- 6-24V Güç Girişi

2.4.7 Danlaw RouteLink-V14 RSU



Şekil 43 Danlaw firmasının RouteLink isimli RSU cihazı

Danlaw firmasının geliştirmiş olduğu RouteLink Yol Kenarı Birimi, Hücresel V2X ve Kısa Mesafe Haberleşmesi için uygundur. RouteLink, C-V2X ve DSRC teknolojilerini destekler ve SAE J2735 standardı tarafından tanımlanan şekilde mobil ekipmana mesaj yayınlayıp alırken uzak ana bilgisayarlar IPv6/IPv4 verileri sağlamak için Araç Ortamlarında IEEE 1609 Kablosuz Erişim (WAVE) standartlarını kullanır ve Yerel olarak sisteme entegre edilecek trafik kontrol ekipmanı ve Trafik Kontrol Merkezine Bağlantılı ve otonom sürüşün beraberinde getirdiği zorluklardan dolayı 5GAA, birçok bağlantı için bağlantılar sağlanır. Danlaw Firmasının ürettiği ürünler ABD, Kanada, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, İtalya, İspanya, Polonya, Rusya, Tayland ve Çin gibi çeşitli ülkelerde kullanılmaktadır.

Teknik Özellikler (Danlaw, 2020)

- Marka: Danlaw
- Model: RouteLink RSU
- SSM, SRM, SPAT, MAP ve RTCM mesaj desteği
- Yükseklik: 26.7 cm, Genişlik: 17.8 cm, Derinlik: 8.9 cm
- Çalışma sıcaklığı: -34 - 74 C°

- 800 MHz, iMX6 Çift çekirdekli işlemci
- 1GB Dahili RAM
- 8 GB Dahili Depolama alanı
- 2 x DSRC, 1 x Ethernet / 1 x C-V2X ve 1 x Ethernet
- NXP SXA1700 Donanım Güvenlik Modülü
- Ethernet üzerinden güç (POE) bağlantısı
- NEMA 4X Koruma Sınıfı
- LED Gösterge
- 2 x N-Tipi dışı Anten Konnektör
- NTCIP uyumlu trafik kontrolörleri ile uyumluluk

2.4.8 Danlaw RouteLink OBU



Şekil 44 Danlaw firmasının AutoLink isimli OBU cihazı

AutoLink, DSRC veya C-V2X telsizlerini kullanarak diğer araçlardan ve yol kenarındaki ekipmanlardan gerçek zamanlı sürüş bilgilerini toplayan eksiksiz bir çözümdür. Bu yerleşik cihaz, sürücülere Danlaw'ın beğenilen OBDII DataLogger'ının tüm yeteneklerini sunmasının yanı sıra V2V ve V2I uygulamalarının güvenliklerini de sağlar.

Teknik Özellikler (Danlaw, 2020)

- Marka: Danlaw
- Model: AutoLink OBU
- Yükseklik: 13.3 cm, Genişlik: 8.4 cm, Derinlik: 2.85 cm

- 2 FAKRA (C-Key) V2X, 1 FAKRA (Z-Key) GNSS, 20-pin arayüz, USB, micro USB konnektör
- Çalışma sıcaklığı: -40 C° - 85 C°
- 12 ya da 24 Volt 400 mA Güç girişi
- 800 MHz çift çekirdek işlemci
- 1 GB Dahili RAM
- 8 GB Dahili depolama
- C-V2X tek kanal / DSRC çift kanal V2X radyosu
- 4G LTE, CAT1 Hücresel modem
- Dead Reckoning özellikli GNSS alıcısı
- 3 Eksenli akselerometre ve Jiroskop sensörü
- WiFi, BT, CAN, LIN, USB, 2 x analog dönüş sinyal girişi

2.4.9 Commsignia ITS-RS4 RSU



Şekil 45 Commsignia firmasının ITS-RS4 isimli RSU cihazı

K-AUS haberleşmesi için tasarlanan Commsignia ITS-RS4, yol kenarı uygulamaları ve gelecekteki uç bilgi işlem çözümü için nihai V2X iletişim çözümüdür. Platform, yüksek performanslı bir uygulama işlemcisini gerçek zamanlı V2X yazılım yığını ve radyo ara yüzleri ile yol boyunca sensörlere bağlanma yeteneği ile birleştirir. Gelişmiş güvenlik çözümleri, IP66/IP67 muhafaza ve Endüstriyel sınıf tasarım, ekipman operatörleri için profesyonel bir çözüm sunar ve TMC entegrasyonunu kolay ve güvenli hale getirir. Avusturya, Çek

Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan, Polonya, Romanya, Slovakya, İsveç, İsviçre ve Türkiye gibi ülkelerin yanı sıra birçok diğer ülke ve bölgede Commsignia ürünlerinin kullanıldığı belirtilmektedir.

Teknik Özellikleri (Commsignia, 2020)

- Marka: Commsignia
- Model: ITS-RS4
- Yazılım: Commsignia V2X Yığını
- Özel yeni nesil V2X yonga seti
- Gerçek Zamanlı V2X Yığını (ETSI, IEEE, SAE, ISO)
- Dış Müdahale Korumalı
- Uzaktan Yönetim Aracı
- Kriptografik Hızlandırma
- Ethernet üzerinden Güç (POE) bağlantısı
- Çeşitli TMC Arayüzleri (DATEX II, NTCIP, vb.)
- 800 MHz, iMX6 Çift çekirdekli işlemci
- Linux / RTOS (V2X) İşletim sistemi
- 4GB flash bellek
- Gelişmiş GNSS Modülü
- Çift micro SD kart slotu
- SLI97 Donanım güvenlik modülü
- 3 Eksen akselerometre, Jiroskop ve manyetometre sensörü
- 2 x V2X, 2 x WiFi, 2 x LTE/3G, 1 x GNSS DSRC/LTE/C-V2X/WiFi
- Autotalks / NXP / Marvell / Qualcomm 9150 V2X yonga seti ile kullanılabilir.

2.4.10 Commsignia ITS-OB4 OBU



Şekil 46 Commsignia firmasının ITS-OB4 isimli OBU cihazı

Commsignia firmasının üretmiş olduğu ITS-OB4, V2X Yazılım yığını ile performans sunar. Ünite, düşük maliyetli ve kolay OEM / satış sonrası entegrasyonu sağlar, Dayanıklı Donanım Güvenlik Modülü, CAN, yüksek aralıklı V2X radyo ve kolay HMI entegrasyonu sunar. Otomotiv sınıfı tasarım, yüksek performanslı uygulama CPU'su ve çift kanallı V2X radyo performansının avantajlarını bir araya getiren ITS-OB4, profesyonel, eksiksiz ve geleceğe hazır bir çözüm sunar.

Teknik Özellikler (Commsignia, 2020)

- Marka: Commsignia
- Model: ITS-OB4
- Yazılım: Eksiksiz Gerçek Zamanlı V2X Yığını
- Geliştirmiş Bağlantı (DSRC / ETSI-G5 / C-V2X)
- Yüksek hassasiyetli konumlandırma
- Akıllı güç yönetimi
- Hızlı başlatma süresi
- Kolay entegrasyon
- Ses ve video bildirileri
- Özel yeni nesil V2X yonga seti
- Gerçek Zamanlı V2X Yığını (ETSI, IEEE, SAE, ISO)
- 800 MHz, iMX6 Çift çekirdekli işlemci
- Linux / RTOS (V2X) İşletim sistemi
- 4GB flash bellek
- Gelişmiş GNSS Modülü

- Çift micro SD kart slotu
- SLI97 Donanım güvenlik modülü
- 3 Eksen akselerometre, Jiroskop ve manyetometre sensörü
- 2 x V2X, 2 x WiFi, 2 x LTE/3G, 1 x GNSS DSRC/LTE/C-V2X/WiFi
- Ethernet üzerinden güç (POE) bağlantısı
- Autotalks / NXP / Marvell / Qualcomm 9150 V2X yonga seti ile kullanılabilir
- Çalışma sıcaklığı: -40 C° - 85 C°

2.4.11 Q-Free K-AUS OBU (Q-Free, 2021)



Şekil 47 Q-Free firmasının geliştirmiş olduğu OBU cihazı

Q-Free firmasının geliştirmiş olduğu bu OBU, ISO standartlarına uygun olup V2X 5.9 GHz protokol yığını ve güvenlik dahil ETSI, ISO ve IEEE gibi mesaj setlerini destekler. Q-Free K-AUS Tümlşik taşıt birimi araçları altyapılara bağlayarak sürücülere daha güvenli ve sorunsuz bir sürüş deneyimi sunar. Modüler uygulamaları uzaktan veya yerel olarak atama ve trafik bilgisini bir web tabanlı arayüz aracılığıyla sürücülerin akıllı telefonlarında veya tabletleri üzerinde göstermek gibi özellikler sunar.

Teknik Özellikler

- Marka: QFree
- Dahili Hoparlör
- Donanım güvenlik modülü
- ARM® i.MX8 işlemci, 4GB hafıza ve 16GB flash sürücü

- Kontrolör boyutu: 180 x 150 x 45 mm, IP41
- Anten boyutu: 100 x 30 x 20 mm, IP41

Kablosuz bağlantı

- GSM/3G/LTE ses ve internet, eSIM ve çıkarılabilir SIM kartı için seçenek
- IEEE 802.11p - Çift Kanal
- Wi-Fi AP (Access Point) ya da STA (Station)
- Bluetooth 5.1

Kablolu bağlantı

- Gigabit Ethernet, RJ45
- 3 x CAN bus
- GPIO
- USB-C

Güç

- 12-24 Volt DC, 20 W
- Sarj edilebilir batarya

Sensörler

- GPS, Galileo ve GLONASS sensörü
- İvme Ölçer
- Jiroskop
- Manyetometre

2.4.12 Q-Free K-AUS RSU



Şekil 48 Q-Free firmasının geliştirmiş olduğu RSU cihazı

Q-Free firmasının üretmiş olduğu bu RSU, trafik bilgilerinin gerçek zamanlı olarak yayınlanmasını sağlayarak daha güvenli, daha verimli ve çevre dostu bir sürüş deneyimi sağlar. Otonom ve bağlantılı sistemlerin tüm ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmış olan C-ITS Yol Kenarı Birimi, çeşitli ITS cihazları ile entegre edebilir ve gerçek zamanlı olarak elde edilen bilgileri dağıtabilir (Q-Free, 2020).

Teknik Özellikler

- Marka: QFree
- Donanım güvenlik modülü
- ARM® i.MX8 işlemci, 4GB hafıza ve 16GB flash sürücü
- Kontrolör boyutu: 180 x 150 x 45 mm, IP41
- Anten boyutu: 110 x 75 x 30 mm, IP68

Kablosuz bağlantı

- GSM/3G/LTE ses ve internet, eSIM ve çıkarılabilir SIM kartı için seçenek
- IEEE 802.11p - Çift Kanal
- Wi-Fi AP (Access Point) ya da STA (Station)

- Bluetooth 5.1

Kablolu bağlantı

- Gigabit Ethernet, RJ45

Güç

- 12-24 Volt DC, 20 W

Sensörler

- GPS ve GLONASS sensörü

NOT: Bu ürünün model / yazılım / versiyon / hangi ülkelerde yaygın kullanıldığı bilgilerine erişilemediğinden bu bilgi verilememiştir.

2.5 ABHS Eğilimler/Yönelimler

Hala gelişimi devam eden Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemleri, büyük şehirlerdeki trafik problemlerini ve kazaları önleyebilecek potansiyele sahip olup çevresel açıdan önemli birçok soruna çözüm olabilecek bir teknolojidir. Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, Japonya, Avustralya ve Kore gibi ülkeler ve K-AUS'a yönelik araştırma ve ticarileşme girişimleri, ABHS teknolojisinin araştırılması, test edilmesi, geliştirmesi ve uygulanmasına yönelik çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Ülkeler tarafından uygulanması ve yaygınlaşması istenen bu teknolojiye sektör paydaşları ve devletler tarafından geliştirilen yaklaşımlar ve bu teknolojinin kullanım alanlarına yönelik eğilimler ve yaklaşımlar aşağıdaki bölümlerde özetlenmiştir:

2.5.1 Uluslararası İletişim ve İş Birliği

K-AUS, trafik verimliliği ve güvenliğinin artırılması açısından büyük bir potansiyele sahip olmasına rağmen kullanılan iletişim teknolojileri, içerdiği büyük veri, güvenlik ve emniyet gereksinimleri açısından uygulanmasına yönelik çeşitli zorluklar içeren kompleks bir sistemdir. Bu kompleks olma durumu, farklı ülkelerde yer alan kamu kuruluşu ve yerel yönetimleri, farklı coğrafi konumlarda ve ülkelerde yer alan endüstri kuruluşlarını birlikte çalışmaya; araştırma, inovasyon çalışmalarını ve test çıktılarını paylaşarak ortak bir teknolojik ilerleme düzlemi oluşturmaya yönlendirmektedir (bkz. (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2018; European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016; U.K. Secretary of State for Transport, U.K. Secretary of State for Business, Energy and Industrial Strategy, 2022)).

K-AUS'a yönelik olarak ABD, AB ve Çin tarafından sağlanan bilgi kaynaklarında bahsedilen uluslararası iş birliği eğilimi, ülkeler arası sektör paydaşları ve kamu kuruluşlarının ortak iş birliği şeklinde yansımaktadır. Bu konuda kurulan ortaklık ve platformlar mevcut olup farklı ülkelerden çeşitli kuruluşlarını bir araya getirmektedir.

2.5.2 Güvenlik ve Gizliliğin Ön Planda Tutulması

Büyük-ölçekli ABHS uygulamaları, araçlar, altyapı ve ağ arasında gerçekleşen yoğun bir veri trafiğini ortaya çıkarmaktadır. Yol emniyeti, trafik verimliliği, sürüş konforu ve araç-içi bilgi-eğlence sistemlerine yönelik uygulamaların haberleşmesi sonucu ortaya çıkan bu trafik; araca ve kişiye özel bilgiler içerdiği gibi emniyet uygulamaları tarafından kullanılan emniyet-kritik parametreleri de içermektedir. Buna ek olarak, trafik verimliliğine yönelik araçların hız, manevra ve benzeri davranışlarını düzenlemeye yönelik bilgiler de bu mesaj trafiğinde yer almaktadır. Söz konusu bilgilerin paylaşımı ve çeşitli uygulamalar tarafından kullanımı ulaşımda büyük avantajlar sağlamaktadır, ancak bu bilgilerin uygun biçimde gizlenmemesi ve üçüncü kişiler tarafından saldırıya açık hale gelmesi, trafik kullanıcılarının emniyetini ve kişisel bilgilerini riske atmaktadır. Bu nedenle transfer edilen verinin ve kullanıcı bilgilerinin:

- Yetkisiz kişiler tarafından üretilmemesi ve değiştirilememesi,
- Yanıltıcı bilgiler içermemesi ve
- Üçüncü kişiler tarafından takip edilememesi garanti altına alınmalıdır.

Yalnızca trafiği gerçekleştirilen verinin değil, aynı zamanda veri depolama sistemlerinin de veriyi depolarken özel verilerin gizliliğini ön planda tutması, bu noktada üçüncü ve yetkisiz kişilerin bu verilere erişiminin engellenmesi önem arz etmektedir. Aynı zamanda depolanan verilerin şifreleme, anahtarlama ve/veya karma (hashing) yöntemleri ile farklı erişim katmanlarına dağıtılarak, olası saldırı durumlarında açık hale gelmesinin zorlaştırılması gibi önlemler özel verilerin üçüncü kişilerin erişimini zorlaştıran yöntemler arasında kabul edilebilir. Bu hususlar bağlamında, veri transferi ve depolanmasında uygulanan yöntemlerin, trafikte insan hayatını tehlikeye atacak durumlara sebebiyet vermemesi ve kişisel verilerin korunması konusundaki düzenlemelere aykırı olmaması, K-AUS kapsamında küresel bir eğilim olarak ortaya çıkmaktadır (bkz. (Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, 2022; European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2016)). Bu nedenle, güvenlik ve veri gizliliğine yönelik prensipler, K-AUS uygulamalarının ve mimarilerinin ortaya çıkmasında göz önünde bulundurulması gereken parametreler arasında yer almaktadır.

2.5.3 Ülke Geneline Güvenlik Kimlik Yönetim Sistemlerinin (GKYS) Oluşturulması

EU CCMS (European Commission, 2023) ve US SCMS (ITS JPO, 2023) bu konuda iki önemli örnek teşkil etmektedir. K-AUS sistemlerinin güvenli ve sağlıklı çalışmasına yönelik olarak açık anahtar altyapısı (Public Key Infrastructure) temelli çalışan GKYS yapıları:

- Yetkisiz kullanıcıların K-AUS ağına giriş yapamaması,
- Kullanıcıların yetkisi dışında bilgileri paylaşamaması,
- Zararlı davranış sergileyen kullanıcıların sistemden men edilmesi

gibi özellikleri sağlamaktadır.

GKYS yapıları, yetkilendirme ve kimlik doğrulama özelliklerini sertifikalama yöntemiyle sağlaması nedeniyle K-AUS ağı yetki sınırları içinde, tüm kullanıcıların güvenilirliğinden emin olduğu kök sertifikalarla çalışmaktadır. Bu nedenle devletler, bu sistemlerin ülke çapında kurulumuna yönelik çalışmalar yürütmekte, sistemlerin kurulumunda endüstri kuruluşlarıyla iş birliği halinde hareket etmektedir.

2.5.4 Büyük Verinin Daha Etkili Kullanımı ile Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesi

Karayolu ve demiryolu araç trafiği, içerdiği yüksek miktardaki hareketlilik nedeniyle özellikle büyük şehirlerde olmak üzere yüksek miktarda değerli veri üretmektedir. Bu verinin hali hazırdaki trafik sistemlerde doğru ve hassas biçimde toplanması birçok altyapı ekipmanı (kameralar, sensörler vb.), dolayısıyla yüksek miktarda iş gücü ve maliyet gerektirmektedir. Buna rağmen ABHS, araç-ichi haberleşme ünitelerini kapsayarak V2I ve V2N olan bilgi iletişimini mümkün kılmasıyla günlük trafikte ortaya çıkan büyük miktardaki değerli verinin hassas ve doğru biçimde toplanmasını sağlama potansiyeline sahiptir. Bu nedenle ABHS, büyük verinin toplanmasına yönelik önemli bir çözüm sunmaktadır.

ABHS'nin sağladığı kolaylık ile hassas ve doğru şekilde toplanan büyük veri, hali hazırdaki trafik sistemlerindeki bazı örüntüleri incelemeyi; bu sayede edinilen bilgi ile trafikte verimliliğin ve emniyetin artırılmasını mümkün kılmaktadır.

2.5.5 Pilot Uygulamalar ile Büyük Ölçekli Demonstrasyon ve Doğrulama

İçerdiği emniyet-kritik ve hassas bilgi transferi nedeniyle ABHS; gerçekleştirildiği yöntemler bakımından güvenilir olmalıdır. Güvenilirlik; gerçek zamanlı tepki verebilme, veri iletiminin güvenilirliği, güvenlik ve hassas bilgiyi gizleme, dış müdahalelerden etkilenmeme veya hata durumlarında uygun aksiyon alabilme gibi özelliklerin sağlanmasıyla ve sistemin doğru

çalışığının doğrulanması ile mümkün olacaktır. Bu nedenle, uygun test ve doğrulama yöntemleri ile gerekli özellikler teste tabi tutularak güvenilirlik sağlanmalıdır.

Çeşitli simülasyon, benzetim ve biçimsel yöntemler ile gerçekleştirilebilecek test ve doğrulamaya ek olarak büyük-ölçekli demonstrasyon ve pilot faaliyetleri, kurulan ve sahada çalışmakta olan sistemin çeşitli parametrelerden ne şekilde etkilendiğini ortaya çıkarmaktadır. Bu parametreler:

- İnsan-makine etkileşiminde ortaya çıkabilecek durumlar,
- Kullanıcıların sağlanan ara yüzlerle etkileşimi,
- Kötü niyetli şahısların sisteme verebileceği zararlar,
- Büyük-ölçekli çalışmada ortaya çıkabilecek ek problemler olabilir.

Bu nedenle K-AUS sistemleri konusunda çalışma gösteren ülkelerde, ABHS'nin pilot uygulamalar halinde kullanıma açıldığı ve çeşitli bölgelerde kurularak büyük-ölçekli test ve gösterime tabi tutulduğu gözlenmektedir.

2.5.6 Otonom Hareketliliği Kolaylaştırıcı Bir Teknoloji

Otonom araçlar, çevre farkındalığını sağlamak amacıyla LİDAR, radar, kamera gibi sensörlere ihtiyaç duymaktadır. Bu sensörlerden elde edilen veri, araçta ilgili donanımlara iletilerek ilgili karar verme ve kontrol yazılımları sayesinde aracın otonom hareketliliğinde kullanılmaktadır. Bu nedenle aracın emniyetli bir biçimde hareketliliğinin sağlanmasında bu sensörlerden gelen veri ile karar verme ve kontrol mekanizmalarının güvenilirliği büyük önem arz etmektedir.

Sensörlerde oluşabilecek herhangi bir arıza, çevre şartları ve çevredeki cisimler, otonom araçlarda farkındalığı düşürerek risk faktörünü artırmaktadır. ABHS, bu bağlamda:

- Anlık konum, hız gibi bilgilerin çevredeki araçlara iletilmesi ve çevredeki araçlardan bu bilgilerin alınması,
- Sabit veya mobil platformlara yerleştirilen sensör bilgilerinin çevredeki araçlar ile paylaşımı,
- Planlanan manevraların çevredeki araçlara iletilmesi

gibi özellikler sağlayarak trafikte farkındalığı, buna bağlı olarak otonom sürüş sistemlerinde emniyeti artırma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, otonom sürüş için önemli bir teknoloji olarak görülen ABHS'nin gelişiminde; otonomluğu mümkün kılacak fonksiyonlara yönelim ve ABHS'nin gelişiminin otonomluğu destekleyici biçimde yönlendirilmesi eğilimi görülmektedir.

2.5.7 ABHS Kapsamında Yürütülen Çalışmalara Katkı Sağlayan Ortaklık ve Platformlar

2.5.7.1 5G Automotive Association



5G Automotive Association (5G Otomotiv Birliği, 5GAA), 5G teknolojisi kullanarak otomobil endüstrisine yönelik çözümler geliştirmeyi amaçlayan bir kuruluştur. Bu kuruluş, ABHS teknolojisi ile otomobiller arasındaki ve otomobiller ile çevreleri arasındaki iletişimi geliştirmeyi hedefleyerek otomobil sahiplerinin, trafik yönetimi ve otomobil güvenlikleri gibi alanlarda daha iyi hizmet almalarını sağlamaktadır (5GAA, 2023). ABHS teknolojisi ile ilgili olarak hem teknik hem de işletme modeli standartlarını belirlemekte ve bu standartların uygulanmasını denetlemektedir (5GAA, 2023). Ayrıca, ABHS teknolojisini kullanan üretici ve sağlayıcıları bir araya getirerek bu alanda iş birliği yapmayı amaçlamaktadır. 5GAA, ayrıca otomobil endüstrisi için yapay zekâ, akıllı şehirler ve IoT (Nesnelerin İnterneti) gibi teknolojilerin geliştirilmesine de destek vermektedir. 5GAA; Volvo, Renault, Samsung, Tencent, Ford, Huawei, Landrover, Commsignia ve Autotalks gibi birçok otomotiv ve telekomünikasyon şirketi ile birlikte çalışarak gelecekteki hareketlilik ve ulaşım hizmetleri için uçtan uca çözümler üretmektedir. Bağlantılı ve otonom sürüşün beraberinde getirdiği zorluklardan dolayı 5GAA, birçok farklı kuruluşla ortaklıklar kurmuştur. 5GAA, bağlantılı araçların dağıtımını hızlandırmak ve daha güvenli yol kurulumunu artırmak için 3GPP, ETSI, GCF, EATA, VASES ve ITS Korea gibi çeşitli birçok kuruluşla, yol operatörleri ile düzenleyici kurumlarla birlikte çalışmaktadır. 5GAA'de bulunan üyelerin her biri, 5G-CAR, 5G-CroCo, 5G-Drive, Stardust ve ConVeX gibi projeler ile 5GAA'nin misyonuna katma değer sağlamaktadır.

2.5.7.2 ETSI



ETSI (Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü), ICT (Bilgi ve İletişim Teknolojisi) için teknik standartlar geliştiren bir standartlaştırma kuruluşudur. Bu standartlar endüstri ve kamu kurumları tarafından ICT sistemleri ve hizmetlerin uyumluluğunu sağlamak için kullanılmaktadır. ETSI; 5G mobil ağlar, IoT, güvenlik, akıllı enerji ve acil durum iletişimi gibi geniş bir ICT alanına odaklanmaktadır. ISO (Uluslararası Standartlar Teşkilatı) ve IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu) gibi diğer uluslararası kuruluşlarla yakın iş birliği yapmaktadır. ETSI'nin misyonu, global olarak tüm tarafların yararına kullanılan ICT sistemleri ve hizmetleri için standartların geliştirilmesi ve desteklenmesi konusunda ilgili tarafların bir araya gelerek iş birliği yapabilecekleri platformlar sağlamaktır.

(ETSI, 2021). ETSI, dünya çapında 60'tan fazla ülke ve beş kıtadan 900'den fazla üye kuruluşu sahiptir. Üyeler, irili ufaklı özel şirketler, araştırma kuruluşları, akademik kuruluşlar, hükümet ve kamu kuruluşlarından oluşan çeşitlendirilmiş bir havuzdan oluşmaktadır. Convida Wireless, Federated Wireless, Ford, SpaceX, Valid8 ve Acconeer AB bunlardan bazılarıdır.

2.5.7.3 3GPP



3GPP (3. Nesil Ortaklık Projesi) bir mobil telekomünikasyon standart kuruluşudur. 3GPP, LTE (Uzun Süreli Gelişim), 5G ve diğer mobil iletişim teknolojilerinin standartlarını belirlemektedir. Mobil iletişim teknolojisi alanında standartlaştırılmış

A GLOBAL INITIATIVE ilerlemeleri ve iyileştirmelerin yer aldığı sürümler çıkarmaktadır. Her bir 3GPP sürümü, mobil iletişim teknolojileri için yeni özellikler, performans iyileştirmeleri ve güvenlik güncellemeleri gibi teknik spesifikasyonları içermektedir. Bu teknik spesifikasyonlar, farklı cihazlar ve ağlar arasında uyumlu bir iletişim sağlamak için kullanılmaktadır. 3GPP sürümleri, mobil iletişim teknolojilerinin gelişimine katkıda bulunmak ve daha iyi bir kullanıcı deneyimi sunmak için sürekli güncellenmektedir.

3GPP'nin 13. sürümü, mevcut hizmetlerin ve özelliklerin geliştirilmesinin yanı sıra, öncelikle "mavi ışık" hizmetleri tarafından kullanılmak üzere LTE'nin gerekli işlevselliği olan görev-kritik Push-To-Talk (Bas-Konuş) işlevselliği için ilk spesifikasyonların tamamlanmasını içermektedir. Ayrıca, kamu güvenliği kullanıcıları arasındaki haberleşmeyi sürdürmeyi ve merkezi ağa bağlantının tam işlevli olmaması durumunda bile onlara yerel görev-kritik hizmetler sunmayı hedefleyen "Isolated E-UTRAN operation for Public Safety" (Kamu Güvenliği için İzole edilmiş E-UTRAN operasyonu) araştırması tamamlanmış ve acil hizmetlerin kablosuz yerel alan ağları üzerinden desteklenmesi için bir mimari araştırılmıştır. Güvenlik konuları üzerindeki çalışma devam etmiş ve yeni hizmetlerin hacking, hizmet reddi saldırısı (Denial-of-service attack-DoS) gibi tehditlerden arındırılması sağlanmıştır. Aynı zamanda gerçekleştirilmesi muhtemel olan ağ sanallaştırması hakkında ilk kez ciddi araştırmalar yapılmıştır (3GPP, 2016).

3GPP'nin 14. sürümünde, 2G, 3G ve 4G desteği ile MTC (Makine Tipi İletişimler) CIoT (Hücrese Nesnelerin İnterneti) yönünün geliştirilmesi, Radyo arayüzünün geliştirilmesi, özellikle WLAN ve lisanssız spektrumla koordinasyon ile ilgili yönlerin artırılması ve VoLTE (LTE Üzerinden Ses), IMS (IP Çoklu Ortam Çekirdek Ağ Alt Sistemi), Konum raporu gibi birbirine bağlantısız teknolojilerin geliştirmeleri yer almaktadır (Ericsson, 2015) (Summary of 3GPP Release-14 Work Items, 2017).

3GPP'nin 15. sürümünde sunulan önemli özellikler ve geliştirmeler arasında, yüksek hızlı kablosuz iletişim için 5G NR hava arayüzü (New Radio Air Interface) standardının tanımlanması, mevcut eMBB (Geliştirilmiş Mobil Geniş bant) hizmetlerinin, son kullanıcılara daha kesintisiz ve hızlı bir deneyim sunmak için geliştirilmesi, IoT (Nesnelerin İnterneti) cihazları için protokollerin standartlaştırılması, makine-makine iletişimleri için düşük güç ve geniş alan bağlantısı sağlanması, kritik uygulamalar için düşük gecikmeli yüksek güvenilirlikli iletişim çözümlerinin sunulması, LTE ve 5G NR ağları arasında çift bağlantının sağlanması ve gelişmiş performans ve artan ağ verimliliğinin sağlanması yer almaktadır (3GPP, 2019).

3GPP'nin 16. sürümü aynı zamanda 5G Aşama 2 olarak da bilinir ve 5G teknolojisinin bir sonraki aşamasını tanımlayan bir standart setini kapsamaktadır. Bu sürümde, 5G ağlarının yeteneklerini geliştirmek, performans ve verimliliklerini artırmak ve yeni özellik ve hizmetler eklemek üzerine odaklanılmıştır. Bu sürümde, 5G ağlarının hız ve kapasitesini artırarak veri aktarımının daha hızlı ve kullanıcı deneyiminin daha iyi olmasının hedeflenmesi, 5G'de düşük gecikme ve yüksek güvenilirlik sunularak endüstriyel otomasyon ve robotik cerrahi gibi kritik uygulamaların idealleştirilmesine olanak tanınması, spektrum kaynaklarının daha verimli kullanımının sağlanması ve aynı frekans bandında çoklu kablosuz teknolojilerin eşzamanlı olarak bulunmasına olanak tanınması yer almaktadır (3GPP, 2020).

3GPP'nin 17. sürümünde, 5G NR teknolojisinde taşıyıcı bant genişliklerinin artırılması ve çoklu, eş zamanlı iletim desteği ve iyileştirilmiş spektral verimliliğin sağlanması, URLLC (Ultra Güvenilir Düşük Gecikmeli iletişim), mMTC (Masif Makine Tipi İletişim) ve eMBB (Gelişmiş Mobil Geniş Bant) gibi yeni 5G kullanım şekillerinin desteklenmesi, taşıyıcı birleştirme ve gelişmiş ışın oluşturma teknikleri ile 5G NR mimarisinin geliştirilmesi konuları, önemli noktalardan bazılarıdır (3GPP, 2022).

3GPP'nin 18. sürümünde beklenen gelişmeler arasında; 5G teknolojisinin uydu backhaul desteği, kişisel IoT ağlarının geliştirilmesi, yan yana pozisyonlama ve ranging tabanlı hizmetlerin desteklenmesi, XR (Genişletilmiş Gerçeklik) ve medya hizmetlerinin 5G sistem desteğini sağlamak için QoS/Politika iyileştirmeleri ve çok modlu hizmetlerin desteklenmesi gibi konular yer almaktadır (3GPP, 2023).

2.5.7.4 IEEE

Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), elektrik ve elektronik mühendisliği alanındaki bilgi ve teknolojinin gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla kurulmuş bir uluslararası mühendislik ve teknolojik kuruluştur. IEEE, elektrik, elektronik, bilgi teknolojisi, telekomünikasyon, sağlık teknolojisi, enerji ve çevre gibi birçok alanda bilimsel ve teknolojik gelişmeleri takip etmekte ve bu alanlarda standartları belirlemek ve yaymak için çalışmaktadır. IEEE'nin, üyelerinin bilgi paylaşmasını teşvik etmek, teknolojik araştırma ve inovasyonu desteklemek ve mühendislik ve teknoloji eğitimi teşvik etmek gibi fonksiyonları vardır. IEEE, ayrıca elektrik ve elektronik mühendisliği alanındaki bilimsel ve teknolojik makalelerin yayımlanması, konferansların düzenlenmesi, sertifika programları ve çeşitli teknolojik projeler gibi birçok aktiviteyi de yürütmektedir. IEEE, küresel ölçekte çalışan üyeleri olan geniş bir ağa sahiptir ve farklı ülkelerdeki şirketler, araştırma kuruluşları ve hükümetler tarafından desteklenmektedir. IEEE, Aralık 2021 tarihi itibarıyla, 160 ülkede faaliyet göstermekte ve 409.000'den fazla üyesi bulunmaktadır. Üyelerin 125.000'den fazlası öğrenci olup 39 teknik komitesi, 343 yerel bölgesi ve 3.565'ten fazla öğrenci kolu bulunmaktadır (IEEE, 2023). IEEE, ABHS alanında birçok araştırma ve geliştirme çalışması yürütmektedir. Bu çalışmalar arasında, ABHS uygulamaları için kablosuz iletişim protokolleri geliştirme, araçlar arasında iletişim için uygun spektrum bantlarının belirlenmesi, ABHS uygulamalarının güvenliğini ve gizliliğini sağlamak için güvenlik protokolleri ve kriptografi yöntemleri geliştirme, ABHS uygulamalarının performansını ölçmek için test senaryoları oluşturma ve ABHS uygulamalarının kabul edilebilirliğini artırmak için standartlar oluşturma yer almaktadır.

2.5.7.5 CEN



Avrupa Standartlar Komitesi (CEN), Brüksel merkezli bir standart kuruluşudur. 1961 yılında kurulmuş olup toplam 39 üye içermektedir. Bunlar arasında 30 ulusal, 7 ortak ve 2 danışman üye bulunmaktadır (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2023). Avrupa Birliği üyesi ülkelerin teknik standartlarının belirlenmesi ve uygulanması amacıyla kurulan CEN, Avrupa Birliği direktiflerine uygun olarak Avrupa standartlarının geliştirilmesi ve uygulanması için çalışmaktadır. Bu standartlar, ürün ve hizmetlerin kalitesi, güvenliği ve verimliliği gibi faktörleri içermektedir. CEN, aynı zamanda Avrupa Birliği üyesi ülkelerin standartlarının birbirine uyumlu olmasını ve Avrupa

Birliği pazarının düzgün çalışmasını sağlamaya çalışmaktadır. Avrupa ülkelerinde birbirine benzer ürünlerin, hizmetlerin ve süreçlerin kalitesini ve güvenliğini artırmak için standartlar çıkarmaktadır. Ayrıca, çevresel konular, emniyet, sağlık ve güvenlik, enerji verimliliği, teknolojik gelişmeler ve diğer önemli alanlarda Avrupa ülkelerinde bir standart oluşturmayı amaçlamaktadır. Telekomünikasyon alanında standart çıkarmak için sektöründe önde gelen kuruluşlar, araştırma merkezleri, üreticiler, operatörler ve kullanıcılarla iş birliği yapmaktadır. Ayrıca, ulusal ve uluslararası telekomünikasyon standartları oluşturma organizasyonları ile de iş birliği yapmaktadır. Bu iş birlikleri, fikir alışverişi, test ve değerlendirme sonuçlarının paylaşılması gibi aktiviteleri içermektedir. CEN, telekomünikasyon standartlarının geliştirilmesinde katılımcıların görüş ve önerilerini değerlendirmekte, uygun olduğunda standartların içeriğine dahil etmektedir.

2.5.7.6 ITU



Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), telekomünikasyon alanındaki çalışmaları düzenlemek, yönlendirmek ve geliştirmek için kurulan bir kuruluştur. ITU, üye ülkeler arasındaki iş birliğini artırmayı ve dünya çapında telekomünikasyon sektörüne yönelik en iyi uygulamaları geliştirmeyi amaçlamaktadır. ITU, telekomünikasyon standartlarının belirlenmesi, teknolojik gelişmelerin takip edilmesi, telekomünikasyon hizmetlerinin kalitesinin artırılması, internet ve diğer telekomünikasyon teknolojilerinin dünya genelinde yaygın kullanılması gibi konulara odaklanmaktadır. Ayrıca, üye ülkeler arasında bilgi ve teknolojinin paylaşımını teşvik etmekte ve çeşitli etkinlikler düzenlemektedir. ITU, dünya çapında fikir alışverişi yapmayı, küresel çalışma grupları kurmayı ve üye ülkelerin ihtiyaçlarına yönelik projeler geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu sayede, telekomünikasyon alanındaki gelişmeleri takip etmekte ve üye ülkelerin telekomünikasyon sektörüne yönelik ihtiyaçlarını karşılamaya yardımcı olmaktadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin 2018 yılı itibarıyla 193 üye ülke idaresi ve yaklaşık 800'ü aşkın özel sektör kuruluşu ve akademiden üyesi bulunmaktadır (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2023).

2.5.7.7 CAR 2 CAR İletişim Konsorsiyumu (C2C-CC)



CAR 2 CAR İletişim Konsorsiyumu (C2C-CC), farklı üretici firmaların otomobillerinin birlikte çalışabilir olması ve yol kenarı birimleriyle iletişim kurabilmesi için otomobiller ve

otomobiller ile çevreleri arasındaki kablosuz iletişimde bulunan ara yüzleri ve protokolleri standardize etmektedir. C2C-CC'nin amaçları arasında, ABHS teknolojisinde dünya çapında geçerli standartlar oluşturmak, araçlar arasında işlevselliği garanti etmek, aktif güvenlik uygulamalarının geliştirilmesine olanak sağlamak için CAR 2 CAR sistemini belirlemek, prototiplemek ve göstermek, CAR 2 CAR uygulamaları için Avrupa genelinde lisans ücreti olmayan özel bir frekans bandı tahsisini teşvik etmek, dağıtım stratejileri ve iş modelleri geliştirerek pazar penetrasyonunu hızlandırmak yer almaktadır (CAR 2 CAR, 2007). CAR 2 CAR iletişim konsorsiyumunun üyeleri arasında Honda, Hyundai, Volvo, Yamaha ve General Motors gibi birçok otomotiv firması yer almaktadır.

2.5.7.8 C-Roads



C-Roads, Avrupa'da K-AUS (Koopratif Akıllı Ulaşım Sistemleri) hizmetlerinin koordineli ve uyumlu bir şekilde uygulanmasına yönelik çalışan bir iş birliğidir. Bu platform, ulusal pilot projelerini içeren bir altüst-yukarı yaklaşımı izlemektedir. Ulusal pilot projeleri, farklı alanlarda test edilerek birbirleriyle çalışabilirliğini ve uluslararası uyumluluğunu sağlamaya yönelik çalışmalar ve Avrupa

Birliği'nde K-AUS'un koordineli ve sürdürülebilir bir şekilde uygulanmasını sağlamayı hedeflemektedir (C-Roads, 2017). C-Roads'un amaçları arasında, karayolu güvenliğini ve trafik verimliliğini artırmak için K-AUS uygulamalarını ve hizmetlerini geliştirmek ve test etmek vardır. C-Roads üyeleri, ortak test prosedürlerini ve sonuçlarını tanımlamak ve sonuçlarını uzaktan laboratuvar testleriyle doğrulamak ve karşılaştırmak için iş birliği yapmaktadır. C-Roads, ayrıca kamu ve özel paydaşlarla iş birliği içinde bir K-AUS güvenlik çözümü geliştirmeye de çalışmaktadır. Her bir C-Roads pilot uygulaması kendi üye devletinde bağımsız olarak çalışırken, tüm üyeler Avrupa çapında son kullanıcılara sunulan K-AUS hizmetlerinin uyumlaştırılmasına katkıda bulunmaya taahhüt etmiştir. C-Roads'a dahil olan ülkeler arasında Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya da yer almaktadır. C-Roads, farklı ülkeler tarafından yürütülen birçok pilot projeden oluşmaktadır. Örneğin, C-Roads Fransa Pilot

projesi, K-AUS çözümlerini geliştirmeyi, şehirlerarası kesintisiz bir hizmet sürekliliğine ulaşmayı ve kritik bir kitleye ulaşmak için TEN-T (Trans-Avrupa Ulaştırma Ağı) Çekirdek Ağın stratejik bölümleri, önemli darboğazlar, kara noktalar ve kentsel düğümlerle ara yüzler dahil olmak üzere gelişmiş ve genişletilmiş test alanlarını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu pilot projeye dahil olan ortaklar arasında Renault, ASFA, SANEF ve CEREMA gibi birçok otomotiv, yol operatörü ve araştırma kurumları yer almaktadır.

2.5.7.9 CCAM (Bağlantılı Kooperatif Otonom Hareketliliği)



CCAM (Bağlantılı Kooperatif Otonom Hareketliliği) teknolojisi, otomatik sürüş sistemlerinin geliştirilmesine yönelik bir ortaklık olan CCAM tarafından kullanılır. CCAM, Avrupa'daki otomobiller arasında ve otomobiller ile dış ortam arasında bağlantılı, kooperatif ve otomatik olarak çalışan mobilite sistemlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu sistemler, araçlar arasında paylaşılan bilgi ve sensör verilerini kullanarak, otomatik sürüş sistemlerinin daha güvenli, daha verimli ve daha sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır. CCAM, bu sistemlerin geliştirilmesine yönelik araştırma ve geliştirme (R&D)

faaliyetlerini koordine etmek ve ilerletmek için bir platform oluşturmaktadır. Avrupa'da otonom sürüş sistemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunarak otomobil sektörünün geleceğine yön vermeyi amaçlamaktadır (CCAM Association, 2022). Ayrıca CCAM ortaklığı, içerisinde bağlantılı, kooperatif ve otonom hareketlilik alanında 180'den fazla paydaşı bir araya getiren CCAM Topluluğunu bulundurmaktadır. CCAM Topluluğunun amaçları arasında, CCAM konusunda rekabetçi araştırmaları teşvik etmek ve kolaylaştırmak yer almaktadır. Topluluk, CCAM değer zincirinin farklı aktörlerini bir araya getirmektedir. Avrupa ve uluslararası düzeyde CCAM alanında araştırma ve inovasyon faaliyetlerinin koordinasyonuna odaklanmıştır. CCAM Topluluğunun üyeleri arasında BigTRI, Bosch, Earpa, Volvo, Otokar ve Bias gibi firmalar yer almaktadır.

CCAM topluluğu üyeleri tarafından yürütülen AI4CCAM, Althena, AUGMENTED CCAM, AWARE2ALL, IN2CCAM ve ULTIMO gibi birçok araştırma projesi vardır. AI4CCAM projesinde, yayaların ve bisikletlilerin davranışlarını tahmin etmek için güvenilir yapay zekâ modellerine dayalı açık bir ortam geliştirilerek otonom sürüşte yapay zekâ kabulünü artırmak, yapay zekanın risklerini belirlemek ve veri kümelerinde ve siber tehlikelerde eğilimleri belirlemek için katılımcı bir alan sunulması amaçlanmaktadır. Proje, yayaların ve bisikletlilerin otonom araçlarla etkileşimini simüle eden senaryoların geliştirilmesini ve üç farklı kullanım durumunda değerlendirilmesini içerecektir. AWARE2ALL projesi, yol güvenliğinde meydana

gelen değişiklikleri ve otonom araçlar ile farklı yol kullanıcıları arasındaki etkileşimleri etkili bir şekilde ele almayı amaçlamaktadır. Bunu yapmak için otonom araçların yaygınlaşmasına yol açan yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi ve bunları değerlendirmek için gereken araçların ve yöntemlerin oluşturulmasını hedeflemektedir.

2.5.7.10 Auto-ISAC (Otomotiv Bilgi Paylaşımı ve Analiz Merkezi)



Auto-ISAC (Otomotiv Bilgi Paylaşımı ve Analiz Merkezi), otomotiv endüstrisinin güvenliğini geliştirmeyi amaçlayan bir küresel kuruluştur (Auto-ISAC, 2023). Otomobil üreticileri tarafından 2015 yılında kurulan Auto-ISAC, araçlara yönelik siber saldırıların artan tehdidi karşısında ortaya çıkmıştır. Auto-ISAC, otomotiv güvenliği ile ilgili bilgi paylaşımını ve uygulamada en iyi uygulamaları koordine etmeyi amaçlayan bir kuruluştur (Auto-ISAC, 2019). Otomobil üreticileri, tedarikçiler ve diğer ilgilileri bir araya getirmektedir. Auto-ISAC, kuruluş olarak kâr amacı gütmemekte ve araçlara yönelik siber saldırıları önlemek ve yanıt vermek için çalışmaları koordine etmektedir. ABHS güvenliği konusunda araştırma yürüten kuruluşlarla iş birliği yaparak ABHS saldırılarına karşı koruma sağlamaya çalışmaktadır. Auto-ISAC Kuruluşuna üyeleri arasında Bosch, Intel, LG Electronics, Qualcomm, Volvo, Volkswagen ve Hitachi gibi büyük firmalar yer almaktadır. Auto-ISAC firmasının dahil olduğu çoğu projenin detayı genellikle özel bilgiler içerdiğinden güvenlik nedeniyle paylaşılmamaktadır. Ancak dahil olduğu projelerle ilgili genel bilgiler ve çalışmaların sonuçları; otomotiv endüstrisi için mevcut ve potansiyel güvenlik tehditlerinin analizi, otomotiv endüstrisinin güvenliği artırmak için öneriler ve otomotiv endüstrisi için güvenlik eğitimleri şeklindedir.

2.5.7.11 ITS America



ITS America, ABHS teknolojisiyle ilgili çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Bunlar arasında araştırma ve geliştirme faaliyetleri, bu teknolojinin kullanımına yönelik eğitim programları, ABHS teknolojisiyle ilgili yasal ve normatif çalışmalar ve bu teknolojinin kullanımına yönelik pazarlama ve tanıtım faaliyetleri yer almaktadır (ITS-America, 2020). Microsoft, Metropia, Swarco, Michelin ve Siemens gibi kuruluşlar ITS America'nın üyeleri arasındadır. Ayrıca, ITS America, ABHS

teknolojisiyle ilgili çalışmaların yaygınlaştırılmasına yardımcı olmak amacıyla aşağıda belirtilen çeşitli etkinlikler düzenlemektedir:

- ITS America Konferansı: Her yıl düzenlenen bu etkinlik, AUS ve yol güvenliği alanındaki en son gelişmeler ve teknolojiler hakkında bilgi edinmek isteyen uzmanları bir araya getirerek toplantı ve tartışma ortamı sağlamaktadır.
- ITS America Yol Güvenliği Etkinliği: Bu etkinlik, otomatik sürüş teknolojileri ve yol güvenliği alanındaki en son gelişmeler hakkında bilgi edinmek isteyen uzmanları bir araya getirerek toplantı ve tartışma ortamı sağlamaktadır.
- ITS America Şehirler ve Bölgeler Forumu: Şehirler ve bölgeler arasında AUS uygulamalarının paylaşılması ve iş birliği yapılması için bir platform sunmaktadır.
- ITS America Sanayi Forumu: Bu etkinlik, AUS sektöründeki önde gelen firmaların ürünlerini ve hizmetlerini tanıtmak için bir platform sunmaktadır.
- ITS America Akademik Forumu: AUS ve yol güvenliği alanında öncü araştırmalar yapan akademisyenleri bir araya getirmektedir.

2.5.7.12 ERTICO - ITS Europe



European Road Transport Telematics Implementation Coordination, (ERTICO - ITS Europe) Avrupa'da AUS endüstri standartlarını araştırmaya ve belirlemeye teşvik eden bir akıllı ulaşım sistemleri kuruluşudur. ERTICO, Avrupa'da sürdürülebilir, verimli ve güvenli hareketlilik sağlamayı hedefleyerek araştırma projeleri ve pilot

uygulamalar düzenlemekte, teknik standartlar belirlemekte ve politika önerileri geliştirmektedir (ERTICO, 2020). ERTICO, ayrıca ABHS teknolojisinin yaygınlaşmasını hızlandırmak için ulusal ve uluslararası iş birliklerine önem verdiği gibi bu hedeflere ulaşmak için kamu ve özel paydaşların ilgi alanlarını birleştirmekte ve bir düşünce lideri olarak hareket etmektedir. ERTICO, birçok farklı sektör temsilcisi ve araştırma kuruluşlarından oluşan bir ağa sahiptir. Bu ağda yer alan ortaklar arasında BMW, Daimler, Ford, General Motors, Volkswagen gibi Otomotiv üreticileri, Ericsson, Huawei, Siemens, TomTom gibi teknoloji firmaları, European Commission, European Space Agency, National Transport Authority gibi kamu kuruluşları yer almaktadır.

ERTICO, C-MOBILE, E-SENS, D-MOB gibi birçok farklı projede yer almaktadır. Bu projelerin amacı, otonom sürüş ve yolculuk bilgi sistemleri teknolojilerinin uygulanmasını hızlandırmak,

ülkeler arasındaki farklılıkları azaltmak ve koordinasyonu sağlamak, AUS'un ülkeler arasında standart olmasını ve birlikte çalışabilirliğini sağlamak, otonom sürüş teknolojilerinin yol güvenliği, çevre dostu ulaşım ve sosyal faydalarını değerlendirerek bunların uygulanmasının önünü açmaktır.

2.5.7.13 ITS Australia



ITS Australia, Avustralya'da AUS konusunda çalışan bir kuruluştur. ITS Australia, üyelerine ve sektöre öncülük ederek AUS teknolojilerinin geliştirilmesini, uygulanmasını ve yaygınlaştırılmasını hedeflemektedir. Bu amaçla, ITS Australia üyelerine eğitim, bilgi paylaşımı, pazarlama ve iş birliği fırsatları sunmaktadır. Aynı zamanda, ITS Australia, hükümetlere ve sektörel öncülere rehberlik ederek AUS politikalarının oluşturulmasına ve uygulanmasına katkıda bulunmaktadır. ITS Australia üyeleri arasında, Ford, GM Holden, Bosch, Siemens, Telstra, Ericsson, Cisco, Melbourne Üniversitesi ve Monash Üniversitesi gibi tanınmış firma ve kurumlar yer almaktadır. ITS Australia'nın ayrıca birçok ortaklıkları vardır, ortakları arasında yerel ve uluslararası hükümet kuruluşları, kamu ve özel sektör kuruluşları, akademik kurumlar ve diğer ulaşım ve teknoloji kuruluşları bulunmaktadır. Bu ortaklıklar sayesinde ITS Australia, farklı sektörlerdeki uzmanlıkları ve kaynakları bir araya getirerek AUS teknolojilerinin geliştirilmesine ve uygulanmasına katkıda bulunmaktadır.

ITS Australia, Avustralya genelinde akıllı trafik yönetim sistemleri, akıllı şehirler, otonom sürüş teknolojileri, yolcu ve yük taşıma sistemleri, haberleşme ve enerji sistemleri, otonom sürüş teknolojileri, yolcu ve yük taşıma sistemleri gibi birçok konuda çalışmalar yürütmektedir. ITS Australia üyelerine ve sektöre yönelik birçok etkinlik düzenlemektedir. Bu etkinlikler arasında, konferanslar, seminerler, eğitim programları, ödül törenleri, çalıştaylar ve birebir görüşmeler gibi farklı türlerde etkinlikler yer almaktadır. Örneğin, ITS Australia, yılda bir kez düzenlenen "Australian Intelligent Transport Systems Summit" (Avustralya Akıllı Ulaşım Sistemleri Zirvesi) adlı bir konferans düzenlemektedir. Bu konferans, AUS konusunda öncü firmalar, hükümet kuruluşları ve akademik kurumlar gibi katılımcıları bir araya getirmekte ve sektörde son gelişmeler ve trendler hakkında bilgi paylaşımı yapılmaktadır. Aynı zamanda ITS Australia, üyelerine ve sektöre yönelik çeşitli eğitim programları düzenlemektedir. Örneğin, otonom sürüş teknolojileri konusunda eğitim programları düzenlemekte ve bu konuda uzmanlaşmak isteyen üyelerine ve diğer ilgililere eğitim fırsatları sunmaktadır. Ayrıca, ödül törenleri

düzenlenmektedir, bu törenlerde üyelerinin ve sektörün öncülerinin başarıları ödüllendirilmektedir. Örneğin, ITS Australia, yılda bir kez düzenlenen "ITS Australia Awards" (ITS Avustralya Ödülleri) adlı bir ödül töreni düzenlenmektedir. Bu ödül töreninde, AUS konusunda öncü çalışmalar gerçekleştiren firmalar ve kişiler ödüllendirilmektedir.

2.5.7.14 Diğer Ortaklıklar ve Platformlar

K-AUS ve ABHS teknolojisinin geliştirilmesine ve uygulanmasına yönelik olarak çalışan diğer kuruluşlar ve ortaklıklar da bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı, "Bağlantılı Araç Pilot Uygulama Programı (Connected Vehicle Pilot Deployment Program)" (A.B.D. Ulaştırma Bakanlığı Bağlantılı Araç Pilot Uygulama Programı, 2023) ve "Bağlantılı Araç Emniyet Pilot Programı (Connected Vehicle Safety Pilot Program)" (A.B.D. Ulaştırma Bakanlığı Bağlantılı Araç Emniyet Pilot Programı, 2008) gibi projelerle K-AUS teknolojisinin geliştirilmesine ve yayılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, Audi, BMW, Daimler ve Ford gibi birçok otomobil üreticisi de K-AUS teknolojisi üzerinde çalışmakta ve K-AUS sistemlerinin yayılmasını hızlandırmak için ortaklıklar kurmaktadır.

3 TÜRKİYE’DE ABHS ALANINDA YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

Türkiye’de ABHS’ye yönelik çalışmalar, dünyadaki gelişmelere paralel olarak yürütülmektedir. Bölüm 2’de belirtildiği gibi ABHS’ye temel teşkil eden V2X haberleşme teknolojileri, Akıllı Ulaşım Sistemlerine birçok yenilik getirmiştir. Mevcut servis ve uygulamalara ilave olarak birçok yeni servis ve uygulamanın verilebilmesine imkân sağlamıştır. Araçlarda ve altyapıda kullanılması gereken bileşenler, haberleşme yöntemleri ve bunlara ait standartlar, mevcut AUS Mimarilerinin değişmesine ve kapsamlı olarak güncellenmesine neden olmuştur.

Ülkemizde bu alanda yapılan çalışmalar Tablo 10’da belirtilmiş olup aşağıdaki bölümlerde detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

3.1 ABHS’ye Yönelik Mevzuat, Politika ve Stratejiler

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı: Haberleşme Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından hazırlanarak 2020 yılı ağustos ayında yürürlüğe giren Ulusal AUS Strateji ve 2020-2023 Eylem Planı’nda (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020) yer alan stratejik amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilmesi hedeflenen eylemlerden üçü:

- Eylem 1.2: AUS Mimarisinin Geliştirilerek Yayınlanması,
- Eylem 1.8: K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması ve
- Eylem 3.3: Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)’dir.

“Eylem 1.2: AUS Mimarisinin Geliştirilerek Yayınlanması” kapsamında, Ulusal AUS Mimarisi geliştirme çalışmaları başlatılmıştır. TÜRKSAT Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş. koordinasyonunda yürütülen çalışmalar ile Ulusal AUS Mimarisi oluşturma ve projede yer alan diğer faaliyetleri gerçekleştirme sürecinin 2023 yılının son çeyreğinde tamamlanması hedeflenmektedir. Bu çalışmalarda, V2X haberleşme teknolojileri ve diğer yeni nesil haberleşme teknolojilerini (5G ve ötesi, uydu destekli haberleşme gibi) içeren bir mimarinin tasarımı yapılmaktadır.

“Eylem 1.8: K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması” eylemi kapsamında; İstanbul Havalimanı – Hasdal arasında 30 kilometrelik yol üzerinde “K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması” planlanmış olup eylemin sorumlu kuruluşu KGM tarafından gerekli çalışmalar planlanmıştır.

“Eylem 3.3: Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS)” kapsamında, “Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sisteminin (ABHS) Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi Projesi” için 2022 yılı Eylül ayında Haberleşme Genel Müdürlüğü ve Marmara Üniversitesi arasında protokol

imzalanmıştır (Marmara Üniversitesi - T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü, 2022). Proje ile K-AUS Yönetim Merkezi ile Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi arasındaki iletişimi ve veri alışverişini sağlayan tüm donanım ve yazılım bileşenlerinin teknik özellikleri ve birbiri ile çalışabilirliğini sağlayan standartların belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece tanımlanan ve belirlenen ABHS bileşenlerinin ilerleyen süreçlerde, ülkemiz yerli ve milli kaynakları ile üretiminin yapılması ve kaynakların yurt dışına gitmesinin önüne geçilerek ülkemizde kalması sağlanabilecektir. Proje kapsamında ABHS'ye yönelik olarak “Mevcut Durum Analizi Raporu” (işbu rapor), “ABHS Teknik Özellikler Dokümanı” ve “ABHS İçin Veri Toplama ve İletim Modellerinin Belirlenmesi Dokümanı”nın hazırlanması yer almaktadır.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı: T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından On Birinci Kalkınma Planı ve 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi’nde (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020) otonom araçlar ve araçlardaki gelecek teknolojilerin geliştirilmesi, bu teknolojilere hazırlıklı olunması, test ve sertifikasyon merkezlerinin oluşturulması gibi birçok konuda stratejik hedefler belirlenmiştir. İlgili strateji belgesinde, 2020-2030 yılları arasında otomotiv sektöründe bağlantılı, elektrikli ve otonom araçlara dönüşümün hızlanmasının öngörüldüğü, 2025 yılından itibaren yeni hibrit/elektrikli araçlarda V2X haberleşme sistemlerinin zorunlu olacağının öngörüldüğü, araçlara sunulacak servisler için çok sayıda yüksek teknoloji ürünün ve alt sistemlerin eklenmesinin gerektiği belirtilmiştir. Bu strateji belgesinde tanımlanan hedeflere yönelik olarak Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca “Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası” (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2022) hazırlanmış ve 2022 yılında yayınlanmıştır. Bu çalışmada da bağlantılı ve otonom araçlar konusundaki çalışmaların önemi vurgulanmış ve “Mobilite Araç ve Teknolojileri Stratejik Hedefleri”nde buna yönelik stratejik hedefler tanımlanmıştır. Bu stratejik hedeflere yönelik belirlenen sekiz adet yol haritasından biri olan “Bağlantılı, Otonom ve Paylaşımlı Araçlar” için hedefler, eylem planları, koordinatör kurumlar, ilgili kurum ve kuruluşlar ile eylem zamanı tanımlanmıştır.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından ayrıca, otonom araçlar ve otonom sürüşe yönelik olarak özel sektör, üniversite, kamu iş birliğinde çıktılarının ve sürecin belirlenmesi için “Otonom Araçlar Çalışma Grubu” oluşturulmuştur. Bu grup tarafından da otonom sürüş ile birlikte bağlantılı araçlar alanında yapılacak öncelikli çalışmalar belirlenmiştir.

K-AUS ve ABHS ile ilişkili teknolojilerin geliştirilmesi, testleri ve sahada uygulanmasına yönelik olarak iki bakanlık (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) koordinatör ve düzenleyici kurumlar olarak yer almaktadır. Bu teknolojilerin geliştirilmesine kapsamında strateji belgesi ve eylem planlarında kuruluşların desteklenmesine yönelik eylemler tanımlanmıştır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme

Araştırmaları Merkezi Başkanlığı (UDHAM) tarafından Ar-Ge proje destekleri verilmektedir. Benzer şekilde, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Hamle programı ve ilgili kuruluşu olan TÜBİTAK'ın açtığı destek programları ile ABHS'ye yönelik projeler desteklenmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar, öncelikli alanlar arasında yer almaktadır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, ekosistem oluşturma ve teşvik mekanizmalarını önceliklendirmiş, ABHS ile ilgili olarak ayrıca *Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası'nda* "Araç içi bilgi-eğlence sistemleri tanım ve eylemi"ni öncelikli eylemler arasında planlamıştır. Yukarıda belirtilen Yol Haritasının içinde bu eyleme yönelik olarak "Araç içi bilgilendirme sistemleri, donanımlar ve yazılımları"nın geliştirilmesine yönelik ekosistem oluşturulması ve geliştirme faaliyetlerinin desteklenmesi yer almaktadır.

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM): İstanbul Havalimanı – Hasdal arasında 30 kilometrelik yol üzerinde "K-AUS için Test ve Uygulama Koridorunun Kurulması" eylemi kapsamında, koridor boyunca F/O kablo, yol kenarı üniteleri (RSU), kameralar, meteoroloji istasyonları, değişken mesaj işareti, değişken trafik işareti kurulacak olup bunlardan ve yol üzerindeki araçlarda bulunan araç içi ünitelerden (OBU) elde edilen bilgilerin K-AUS Yönetim Merkezine aktarılması, işlenmesi ve tekrar yol kullanıcılarına bilgi servisi olarak sunulması amaçlanmıştır. Araçlardan, gerçek zamanlı ve sürekli olarak toplanan veriler ile öncelikli olarak yol/sürüşe yönelik uygulamaların geliştirilmesi ve servislerin verilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda, trafik durumu, ani yavaşlama/durma, yabancı nesne, kaza durumu ve beklenen/beklenmeyen durumların anlaşıldığı ve paylaşıldığı bir K-AUS uygulaması planlanmıştır. K-AUS sisteminin araç içindeki iletişim yöntemi olarak hem DSRC tabanlı kısa mesafe haberleşmesi hem de hücreli ağ tabanlı 5G şebeke haberleşmesinin yer alması planlanmıştır. Ayrıca, yol üzerinde bulunan sensör verilerinin 5G ve yol boyunca döşenecek F/O kablo ve RSU üniteleri aracılığı ile K-AUS Yönetim Merkezine aktarılması planlanmıştır. Bu K-AUS projesi kapsamında, araç içi eğlence/yol sürüş güvenliği, araç içi bilgilendirici servislere yönelik araç içi uygulama ve teknolojilerine imkân veren test altyapısının oluşturulması da amaçlanmıştır.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK): Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) üyesi olduğu ITU (International Telecommunication Union, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği), CEPT (European, Conference of Postal and Telecommunications Administrations, Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı), IRG (Independent Regulators Group, Bağımsız Düzenleyiciler Grubu) gibi kuruluşlarda ve gözlemci üye olarak yer aldığı ETSI, BEREC (The Body of European Regulators for Electronic Communications, Avrupa Elektronik Haberleşme Düzenleyicileri Organı) gibi kuruluşlarda yapılan çalışmaları incelemekte, regülasyonları değerlendirmekte ve uyumluluk çalışmalarında kullanabilmektedir. Ülkemizin üyesi olduğu ITU, CEPT, Avrupa Birliği kararları ve ilgili ECC raporları gibi

dokümanları göz önünde bulundurarak ülkemizde kullanılabilecek frekansları belirlemektedir. Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemleri Hakkında Yönetmelik (FTM Yönetmeliği) kapsamında; BTK tarafından yayınlanan “Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütler” dokümanında, “Tablo 5-Ulaştırma ve trafik telematik sistemleri teknik ölçütleri”nde K-AUS kapsamında araç-arac, araç-altyapı, araç-kullanıcı haberleşmesinde kullanılan frekans bantları ve teknik ölçütler belirtilmiştir (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2022).

Kapsamlı saha/pilot uygulamalarında BTK tarafından sektörden gelen deneme izni çalışmaları değerlendirilerek deneme izinleri verilebilmektedir. Bu kapsamda, AB fonlarından desteklenen 5G-MOBIX gibi projelerde BTK tarafından frekans deneme izni verilmiştir.

Tablo 10 ABHS’ye yönelik Türkiye’de yapılan çalışmalar

Kurumlar	ABHS’ye Yönelik Mevzuat, Politika, Strateji ve Eylem Planları	ABHS’ye Yönelik Donanım ve Yazılım Ürünleri				ABHS Saha/Pilot Uygulamaları
		OBU	RSU	K-AUS Altyapı Ürünleri	Yazılım Ürünleri	
UAB	X					
STB	X					
KGM						X
BTK	X					
Marmara Üni. VeNIT Lab					X	X
ANADOLU ISUZU		X	X		X	
BigTRI					X	X
FORD OTOSAN		X	X		X	X
Intetra				X	X	X

NETAŞ		X	X		X	X
TOFAŞ		X	X		X	X
ULAK Haberleşme		X	X		X	
Yongatek		X	X		X	

3.2 ABHS Teknik İncelemesi: Mevcut Uygulamalar

ABHS'ye yönelik olarak ülkemizde yapılan çalışmalar bu bölümde belirtilmiştir. Belirtilen çalışmalar, tüm çalışmalar olmasa da ilkleri içeren, öne çıkan ve alanında farklılık gösteren çalışmaları içermektedir. ABHS'ye yönelik donanım ve yazılım ürünleri ile ABHS'nin saha ve pilot uygulamaları olarak ayrılmış ve aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1 ABHS'ye Yönelik Donanım ve Yazılım Ürünleri

3.2.1.1 OBU ve RSU Ürünleri

Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. (Isuzu): OBU ve RSU geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Geliştirilecek ürünlerin otobüslerde kullanımına yönelik çalışmaları devam etmektedir.

Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. (FORD OTOSAN): Geliştirilen THS 6-7 seviyesinde birçok ürün bulunmaktadır. V2N ile 4G iletişimini içeren Teleoperasyon ürünü (THS 7) araçların uzaktan sürüş sistemini sağlamaktadır. 5G-V2X ürünlerinin (THS 7) gösterimi, yer aldığı AB projelerinde yapılmıştır. Sınırlı Alan Otonom Araç Çalışmaları kapsamında, V2I iletişimi kullanan bileşenler ve uygulamalar geliştirilmiştir. Ford Otosan ve NETAŞ Telekomünikasyon A.Ş.'nin iş birliğinde OBU ürünleri geliştirilmiş ve test edilmiştir.

NETAŞ Telekomünikasyon A.Ş. (NETAŞ): THS 7 seviyesinde OBU ve RSU ürünleri geliştirilmiş olup nihai ürüne yönelik çalışmalar devam etmektedir. Geliştirilen OBU, PC5 olarak 3GPP LTE-V2X Release 14³² standardını desteklemektedir. Geliştirilen RSU, iletişimde PC5

32 3GPP Release 14 standardı internet sayfasına erişim için:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3179> (Son erişim tarihi: 10.05.2023)

ara yüzü olarak 3GPP Release 15³³ standardını desteklemekte, aynı zamanda DSRC iletişimini ve 5G ağ bağlantısını desteklemektedir. Kuruluşun Kurtköy lokasyonunda, geliştirmiş olduğu 4G C-V2X OBU ve RSU testleri yapılmıştır. Ürünlerde, radyo birimi ve işlemci olarak Quectel V2X AG15 (PC5/C-V2X), AG35 (4G/LTE) ve uygulama işlemcisi olarak IMX.6 kullanılmıştır. DSRC/ITS-G5 destekli ürünlerinde Unex DSRC modülleri kullanılmıştır. Geliştirilen OBU ürünleri, Ford Otosan iş birliğinde gerçekleştirilen projede (TÜBİTAK TEYDEB- Bağlı ve Otonom Araçlar için Haberleşme Ünitesi Geliştirme Projesi), Ford F-MAX kamyonlar üzerinde Araç Üstü Haberleşme Ünitesi olarak test edilmiş ve temel emniyet uygulamaları yapılmıştır. 3GPP Release 15 standardını destekleyen C-V2X OBU birimlerinin geliştirilmesi planlanmaktadır. OBU ve RSU birimlerine HSM (Hardware Security Module) birimlerinin eklenmesi için tasarım planlamaları yapılmıştır.

TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş. (TOFAŞ): 2010-2011 yıllarında TEYDEB projesi kapsamında yurtiçi paydaşlarla birlikte IEEE 802.11p standardında donanım ve yazılımlar geliştirilmiştir. Ürünler prototip (THS 3-8) durumundadır. Geliştirilen donanımlar ve yazılımlar, çeşitli senaryolar ile iki araç üzerinde prototip olarak uygulanmıştır. Ayrıca, AB destekli Hero2 projesinde eCall (tanım için bkz. 2.1.2.3.3) çalışması kapsamında katkı vermiştir. Avrupa pazarında eCall özelliğinin zorunlu olduğu araçlarda seri üretim (THS 9) seviyesinde ürünleri mevcuttur ve kullanılmaktadır. Rusya pazarında ERA-GLONASS olarak kuruluşun ürünleri kullanılmaktadır. Ayrıca, satış sonrası olarak 2G ve 4G mobil hatları üzerinden bağlantılı araç ünitesi ile müşterilere hizmet verilmektedir ve 2018'den beri kullanımdadır, ancak mevcut ürünlerde V2I veya V2V özelliği bulunmamaktadır.

ULAK Haberleşme A.Ş. (ULAK Haberleşme) ve Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından ortak yürütülen çalışmada, Ağustos 2023 tarihine kadar OBU geliştirilmesi, Şubat 2024 tarihinde ise bu donanımlar kullanılarak 10 adet senaryonun gösterimi planlanmıştır. Mevcut çalışmalar laboratuvar ortamında devam etmektedir.

ULAK Haberleşme A.Ş. tarafından, MEC (Multi-access Edge Computing, Çoklu Erişimli Uç Bilişim) geliştirilmesine, SSB ile gerçekleştirdikleri KARINCA projesi kapsamında, araç – araç, araç-dron haberleşmesine yönelik birimlerin geliştirilmesine, TÜBİTAK 1004 destekli SUİT projesi kapsamında V2V ve V2I haberleşmesine yönelik birimler geliştirilmesine, SSB ile

33 3GPP Release 15 standardı internet sayfasına erişim için:
<https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3389> (Son erişim tarihi: 10.05.2023)

gerçekleştirdikleri SAHRA Projesi kapsamında V2X Gateway³⁴ geliştirilmesine, kurum iç kaynakları ile yürütülen projede RSU geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Yonga Teknoloji Mikroelektronik Araştırma Geliştirme Ticaret A.Ş. (Yongatek): 5G ve ITS G5 destekli OBU ve RSU geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. IEEE 802.11bd tabanlı V2X ürünleri için modüllerin geliştirilmesi, FPGA'in programlanabilir logic (PL) kısmına gömülmesi ve gerçek deneme ortamında testleri yapılmaktadır. Ayrıca, 5G V2X ürünlerinin geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir. Geliştirilecek OBU ve RSU ürünlerinin saha testlerinin yapılması planlanmaktadır.

3.2.1.2 K-AUS Altyapı Ürünleri

Intetra A.Ş.: geliştirdiği K-AUS uygulamalarına yönelik ürünlerinin yanında Kavşak Kontrol Cihazı (THS 8) ve Ücret Toplama Sistemi (THS 6) geliştirilmiş olup bunların V2X haberleşmesi ile trafik yönetim sistemlerine entegre edilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Kavşak Kontrol Cihazının K-AUS altyapısında kullanımı ve K-AUS entegrasyonuna yönelik çalışmalar Marmara Üniversitesi VeNIT Lab ve BigTRI Bilişim A.Ş. iş birliği ile Marmara Üniversitesi Mehmet Genç (Dragos) Kampüsünde yürütülmektedir.

3.2.1.3 Yazılım Ürünleri

BigTRI Bilişim A.Ş.: tüm Gün1 ve Gün2 V2X senaryo uygulamaları SAE, IEEE, ETSI ve 3GPP standartlarına uygun olarak geliştirilmiş, saha testleri yapılmış ve ürünleştirilmiştir (THS 9). Gün 1 hizmet uygulamaları, 2021 yılından itibaren Gün 2 hizmet uygulamaları 2022 yılından itibaren sahada kullanılmaktadır. Gün 3+³⁵ hizmet uygulamalarının geliştirilmesi ve senaryolara ait teknoloji bileşenlerinin geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir. Marmara Üniversitesi VeNIT Lab'ın bir spinoff firması olan BigTRI, VeNIT Lab katkıları ile V2X haberleşmesi tüm sistem bileşenlerinin yazılımlarını da geliştirmiştir. VeNIT Lab'ın yer aldığı Avrupa Birliği (Horizon 2020 ve Horizon Europe çerçeve programları) projelerinde BigTRI

34 V2X cihazlarının ve bileşenlerinin birbiriyle etkileşimini sağlayan ara birim cihazı.

35 C2C-CC Gün 3+ uygulamaları için bakınız: Car 2 Car Communication Consortium, "Guidance for day 2 and beyond roadmap", https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2CCC_WP_2072_RoadmapDay2AndBeyond_V1.2.pdf (Son erişim tarihi: 10.05.2023)

personeli K-AUS, V2X Haberleşmesi, V2X Uygulamalarının geliştirilmesi, büyük ölçekli saha uygulamaları, gösterim ve testleri konusunda katkı vermişlerdir.

BigTRI Bilişim A.Ş., Marmara Üniversitesi VeNIT Lab: geliştirilen Bağlantılı Araçlar/V2X Haberleşmesi Dijital İkiz (Connected Cars/V2X Communications Digital Twin) platformuna katkı vermiş ve Dijital İkiz platformunu vTRIX markası ile ticarileştirmiştir. vTRIX platformu, V2X haberleşmesine yönelik dijital ikiz olarak dünyada ilk olma özelliğini taşımaktadır. V2X Uygulamalarının geliştirilmesine, testlerine ve büyük ölçekli demonstrasyonunu sanal ve gerçek saha ortamında yapılmasına imkân vermektedir. Ayrıca, V2X haberleşmesi siber güvenlik testleri için de kullanılmaktadır. vTRIX platformu, BigTRI'nin ve VeNIT Lab'ın dahil olduğu AB projelerinde proje ortakları tarafından da kendi geliştirmeleri ve senaryo testleri için kullanılmaktadır. BigTRI tüm sistem bileşenlerini yazılımsal olarak geliştirmektedir. Geliştirilen ürünler ticarileştirilmekte ve sahada kullanılmaktadır. Bunlar arasında, sürücü durum farkındalığı için kullanılan ve tüm mobil platformlarda çalışan sürücü arayüzü TRIface olarak ticarileştirilmiştir. Ayrıca, araçlardan toplanan bilgilerin işlendiği ve faydalı servis olarak araçlara hizmet veren Bağlantılı Araçlar Servis Platformu (Connected Cars Service Platform) VeNIT Lab iş birliği ile geliştirilmiştir. Ayrıca, V2X Haberleşmesi ağ cihazları ve altyapısını yönetim platformu geliştirilmiştir. Bu platform ile tüm RSU cihazları yönetilebilmekte, kişiselleştirilmiş servisler dahil araçlara verilecek bilgiler ve servislerin yönetimi sağlanmakta, trafik etkinliği, yol ve sürüş güvenliğine yönelik tüm uygulamalar yönetilebilmektedir.

BigTRI Bilişim A.Ş.: geliştirdiği Akıllı Kavşak yazılımları Marmara Üniversitesi Mehmet Genç Kampüsünde yer alan K-AUS altyapısında kullanılmaktadır. Intetra A.Ş.'nin geliştirdiği trafik ışıkları ve kontrolör cihazı ile entegre çalışan RSU birimlerini içeren K-AUS altyapısında, VeNIT Lab ile yürütülen çalışmalarda kavşak ve K-AUS uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme ile araç tespiti, hassas yol kullanıcısı (Vulnerable Road User, VRU) tespiti gibi işlemlerin uç bilişim yöntemi ile uçta yapılması sonrasında bu bilgiler araçlara iletilmektedir. Trafik sinyalizasyon, araç önceliklendirme, yeşil dalga gibi trafik ışıklarını içeren uygulamalar gerçek sahada uygulanmaktadır.

Ford Otosan: donanımsal ürünler ile birlikte bunların yazılımsal bileşenlerini de geliştirmektedir. Bunların donanım ve yazılımsal olarak testleri yapılmaktadır.

Intetra A.Ş.: çeşitli AUS çözümleri geliştirmekle birlikte AUS elektromekanik sistem bileşenlerini modüler yapıda sisteme dahil etmek için yazılım bileşenlerini geliştirmekte ve uçtan uca çözüm sağlamaktadır. Intetra tarafından Kavşak Kontrol Cihazı yazılım bileşenleri ve Ücret Toplama Sistemi yazılım bileşenleri geliştirilmiş olup bunların V2X haberleşmesi ile Trafik Bilgilendirme Sistemine entegre edilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Marmara

Üniversitesi VeNIT Lab ve BigTRI Bilişim A.Ş. iş birliği ile yapılan çalışmada Kavşak Kontrol Cihazı donanım ve yazılım bileşenleri (trafik ışıkları ve altyapısını da içerecek şekilde) V2X haberleşme yazılım ve V2X senaryo uygulamaları entegre olarak Marmara Üniversitesi Mehmet Genç (Dragos) Kampüsünde uçtan-uca mevcutta uygulanmaktadır.

Marmara Üniversitesi: 2013 yılında kurulan **VeNIT Lab** ekibi 2013 yılından bugüne kadar V2X haberleşme yazılımlarına yönelik çalışmalar yapmaktadır. Gün 1 ve Gün2 hizmetlerini kapsayan V2X uygulamalarını ve Bağlantılı Araçlar/V2X Haberleşmesi Dijital İkiz (Connected Cars/V2X Communications Digital Twin) platformunu geliştirmiştir. Bu platform, V2X uygulamalarının geliştirilmesine, testlerine ve büyük ölçekli gösteriminin sanal ve gerçek saha ortamında yapılmasına imkân vermektedir. Ayrıca, V2X haberleşmesi siber güvenlik testleri için de kullanılmaktadır. VeNIT Lab tarafından, araç sürücü arayüzü dahil tüm sistem bileşenlerinin yazılımsal olarak geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Sürücü durum farkındalığı için her türlü mobil platformda ve araç arayüzünde çalışan V2X sürücü arayüzünün ilk versiyonları oluşturulmuştur. Bu arayüzlerin ilerlemiş versiyonları BigTRI tarafından geliştirilmiştir. Araçlardan V2X haberleşmesi ile elde edilen bilgilerin toplandığı, analiz edildiği ve faydalı servis olarak tekrar araçlara servis verildiği Bağlantılı Araçlar Servis Platformunu geliştirmiştir. Otonom araçların V2X haberleşmesi ile elde ettikleri bilgileri kullandıkları ve karar verdikleri, büyük ölçekli testleri sağlayan modelleme ve simülasyon platformu geliştirilmiştir.

Tablo 11 VeNIT Lab tarafından geliştirilen ve test edilen V2X uygulamaları

Uygulama	Kullanılan Haberleşme Biçimleri
Çarpışma Riski Uyarısı	V2V, V2I
Yüzey Durumu Uyarısı	V2I
Şerit/Yol Kapatma	V2I, V2N
Trafik Işığı İhlal Tespiti	V2I
Yüzey Durumu Uyarısı (Tümsek, çukur veya buzlanma gibi)	V2I, V2N
Elektronik Ani Fren Lambası	V2V
Yolda Hayvan veya İnsan Uyarısı	V2I, V2P

Yol Operatörü Aracı Yaklaşma Bildirimi	V2V
Acil Durum Aracı Yaklaşıyor Uyarısı	V2V
Trafik Işığı Önceliklendirme	V2I, V2N
Yeşil Işık Optimum Hız Bildirimi	V2I
Tehlikeli Konum Bildirimi	V2I, V2N
Duran Araç Uyarısı / Kaza Sonrası Durum	V2V, V2I, V2N
Kaza Bölgesi	V2I, V2N
Hava Durumu Uyarısı	V2I, V2N
Akıllı Hız Yardımı	V2I
Hassas Yol Kullanıcısı Uyarısı	V2I

Netaş Telekomünikasyon A.Ş.: geliştirilen THS 7 düzeyindeki OBU ve RSU ürünlerinde kullanılmak üzere Gün 1 V2X hizmet uygulamaları geliştirilmiştir. Ayrıca, senaryo testleri için bir simülasyon ortamı ile araç içi görselleştirme için Android uygulaması geliştirilmiştir.

Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.: üretilen eCall üniteleri ve ilgili yazılım bileşenleri, homologatif olarak zorunlu olan seri üretim araçlarda kullanılmaktadır. Satış sonrası olarak satılan TCU (2G ve 4G) üniteleri ve yazılımları, müşterilerin uzaktan araçlarını takip edebilmeleri ve araçlarına özgü bilgilere erişmelerini sağlamaktadır.

Ulak Haberleşme A.Ş. ve Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş.: ortak yürütülen bir çalışma ile Ağustos 2023 tarihine kadar tanımlanmış 28 adet V2X senaryo yazılımlarının (Gün 1 hizmetleri) geliştirilmesi planlanmıştır. Şubat 2024 tarihinde de otobüs özelinde yeni tanımlanmış 10 adet senaryo için gösterimi planlanmıştır. Yazılımların, C++ ve Java programlama dilleri kullanılarak, ETSI standartlarına uygun olarak geliştirildiği Ulak Haberleşme A.Ş. tarafından belirtilmektedir.

Ulak Haberleşme A.Ş.: dahil olduğu AB destekli HiConnects projesi kapsamında fabrikada taşıma amaçlı kullanılan AGV/AMR'lerin V2X ile haberleşmelerinin sağlanmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Yonga Teknoloji Mikroelektronik Araştırma Geliştirme Ticaret A.Ş. (Yongatek): IEEE 802.11bd tabanlı V2X PHY dalga şeklini geliştirmek için MATLAB modeli oluşturarak sistemin frekans, bant genişliği, alt taşıyıcı sayısı ve aralığı gibi isterlerin doğrulanması (THS 3) çalışmaları yapılmaktadır.

3.2.2 ABHS Saha/Pilot Uygulamaları

BigTRI Bilişim A.Ş. geliştirdikleri ürünlerin saha uygulamalarını; yer aldığı AB projelerinde, yurtdışında ve iş birliğinde bulunduğu Marmara Üniversitesi Mehmet Genç Kampüsünde yer alan K-AUS altyapısını kullanarak yapmaktadır. V2X yazılım ve donanım bileşenleri ve diğer ağ bileşenleri ile birlikte entegre çalışan uçtan uca sistem testlerini, gösterimlerini ve saha uygulamalarını gerçekleştirmektedir. AB destekli BRIGHTER³⁶ projesinde; araçlarda otonom sürüş, kavşaklarda yer alan araçların trafik etkinliği ve emniyeti, hassas yol kullanıcılarının tespiti ve analizi gibi birçok senaryoyu yapay zekâ destekli görüntü işleme ve uç bilişim yöntemi ile gerçekleştirip araçlara V2X haberleşmesi ile katma değerli bilgi sağlamaya yönelik saha uygulamalarını gerçekleştirmektedir. AB destekli DECICE projesinde, araçlara sağlanacak V2X iletişimi ve servislerinin beklenenden yüksek performansta çalışabilmesi için uç bilişim ve bulut bilişim arasındaki veri trafiğinin yönetilmesi, araçlara optimize edilmiş kanal atamalarının yapılması ve kaynakların daha iyi kullanılması kapsamında çalışmalar yapmakta, bunlara ait saha uygulamalarını, Marmara Üniversitesi VenIT Lab ile birlikte Marmara Üniversitesi Mehmet Genç Kampüsünde gerçekleştirmektedir.

FORD OTOSAN, geliştirdiği ürünlerin saha uygulamalarını ve gösterimini de yapmaktadır. Birçok AB projesinde yer alan FORD OTOSAN ürünlerinin gösterimini ve saha uygulamasını proje kapsamında yaptığı gibi kendi test alanlarında da test etmekte ve uygulamaktadır. Araç içindeki geliştirme çalışmaları, Eskişehir test pistinde (kapalı alanda) yapılmaktadır. 5G alanında bir AB projesi olan 5G-MOBIX projesinde geliştirilen 5G-V2X ürünlerinin gösterimi İpsala Sınır Kapısında gerçek saha ortamında gerçekleştirilmiştir. NETAŞ ile birlikte geliştirilen V2X haberleşme OBU ürünlerinin saha uygulamaları, İstanbul 'da gerçekleştirilmiştir.

36 <https://project-brighter.eu>

Intetra A.Ş. tarafından geliştirilen Kavşak Kontrol Cihazının, K-AUS altyapısında V2X haberleşmesine entegre olarak kullanılmasına yönelik Marmara Üniversitesi Mehmet Genç Kampüsünde saha uygulaması bulunmaktadır. Kavşak Kontrol Cihazının donanım ve yazılımlarının V2X iletişimine uygunluğunu ve senaryo testlerini, Marmara Üniversitesi VeNIT Lab ile birlikte gerçekleştirmektedir.

Marmara Üniversitesi: Mehmet Genç Yerleşkesinde K-AUS altyapısı bulunmaktadır. Yol altı sensörleri, trafik ışıkları, trafik ışık denetleyici, kamera, RSU, OBU, ağ cihazı gibi birçok cihazın, akıllı kavşağın ve uçtan-uca tüm sistem bileşenlerinin yer aldığı K-AUS altyapısında V2X haberleşmesi kullanılarak Gün 1 hizmetlerinin tamamı sahada gerçekleştirilmektedir. Gün 2 hizmetlerinin büyük bir kısmı da sahada gösterilebilmektedir. Belirtilen pilot saha ile uçtan uca V2X haberleşmesi ve bağlantılı araçlar uygulamaları canlı olarak gerçek sahada uygulanabilmekte, her türlü senaryo testi yapılabilmektedir. **Marmara Üniversitesi VeNIT Lab'**ın yer aldığı AB projeleri aşağıda listelenmiştir:

- InSecTT³⁷ projesinde; “Yapay Zekâ ile geliştirilmiş 5G'ye dayalı Kablosuz Katar (Platoon) İletişimi”, “Akıllı V2X için Kablosuz Güvenlik Test Ortamı”, “Akıllı Liman Uygulamaları için Akıllı Kablosuz Sistemler” ve “Akıllı Havalimanı Uygulamaları” senaryolarında, geliştirmelerin testleri, V2X iletişimi saha gösterimleri yapılmaktadır.
- BEYOND5³⁸ projesinde, V2X haberleşmesine yönelik yapılan geliştirmeler test edilmekte ve saha uygulaması yapılmaktadır.
- BRIGHTER projesinde, akıllı kavşakta yer alan kameralardan elde edilen görüntülerin yapay zekâ ile uç bilişim cihazlarında işlenmesi, sonrasında RSU cihazları aracılığıyla araçlara trafik etkinliğine ve emniyetine yönelik faydalı servislerin verilmesi sağlanmaktadır.
- DECICE projesinde, sahadaki araçlara en iyi servisi verebilmek amacıyla araç-uç bilişim cihazı ve uç bilişim-bulut bilişim cihazları arasında haberleşmeyi iyileştirmeyi amaçlayan çalışmalar yapılmaktadır.

NETAŞ tarafından geliştirilen OBU ve RSU cihazlarının testleri İstanbul Kurtköy'de yapılmakta, saha testleri ise proje paydaşı kuruluş olan FORD OTOSAN araçları üzerinde İstanbul'da gerçekleştirilmektedir.

³⁷ <https://insectt.eu>

³⁸ <https://beyond5.eu>

TOFAŞ: 2009-2012 yılları arasında 2010-2011 yıllarında TEYDEB projesi kapsamında yurtiçi paydaşlarla birlikte geliştirilen IEEE 802.11p standardına uygun geliştirilen prototipler, üniversite kampüs alanında test edilmiştir. Gerçekleştirilen pilot projede, 802.11p protokolü ile V2V haberleşmesi yapan iki araç üzerinde demo uygulamalar (örneğin kavşak çarpışma uyarısı) yapılmıştır. 2013-2016 yılları arasında yapılan AB teşvikli IMPROVE projesi kapsamında elektrikli araçlar için gerçek rota optimizasyonu MQTT protokolü ile gerçekleştirilmiştir.

3.3 ABHS Eğilimler/Yönelimler ile Öneriler/Gereklilik Analizi

ABHS'nin ülkemiz kuruluşları tarafından geliştirilmesi ve uygulanmasına yönelik olarak hem Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı hem de Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından çalışmalar yapılmış, stratejik hedefler ve eylemler belirlenmiş, buna uygun olarak da hedefler ve ilgili kuruluşlar, gerçekleştirme zaman aralığı da tanımlanarak belirlenmiştir. Belirlenen tüm eylemler, bu yönde ulusal bir ihtiyacın olduğunu göstermektedir. Hem Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlanarak yayınlanan "Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı"nda, hem de Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hazırlanarak yayınlanan "On Birinci Kalkınma Planı ile 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi" ve "Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası"nda ABHS ile konulara yer verilmiş, öncelikli teknolojiler arasında konumlandırılarak teşvik mekanizmaları ile ABHS ve ilgili teknolojilerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Diğer taraftan, ABHS teknolojileri literatürde çok yeni bir konu olmayıp uzun yıllardır akademik ve bilim alanında araştırmacılara ve araştırma kuruluşları/üniversiteler tarafından çalışmalar yürütülmektedir. ABHS'nin K-AUS sistemlerine entegre olması kapsamında her alanda yeni ve zengin içerikli servisler verilebilmesi, tüm dünyada ticari kuruluşların ve kamu kuruluşlarının da bu alanda çalışmalar yapmasına neden olmuştur. Bölüm 2'de belirtildiği gibi, birçok ülkede saha ve pilot uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Kavram ispatına yönelik olarak birçok proje gerçekleştirilmiştir. Avrupa Birliği'nde Çerçeve Programları ile ABHS ve bağlantılı araçlara yönelik birçok proje desteklenmiştir. Ayrıca, yine Bölüm 2'de belirtildiği gibi C-Roads gibi bir yapılanma ile hem kamu idaresi hem özel kuruluşların yer aldığı bir ekosistemde ABHS, K-AUS ve mobiliteye yönelik stratejik hedefler, yol haritaları belirlenmiş ve buna yönelik çalışmalar yapılmıştır. Türkiye'deki kuruluşlar da Avrupa Birliği'ndeki ve dünyadaki bu alanda yapılan çalışmaları takip etmişler ve ortak olarak yer aldıkları projelerde ABHS ve ilişkili ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. Türkiye'de mevcut durumun aktarıldığı bölümdeki çalışmaların çeşitliliği ve olgunluk seviyesi, Türkiye'de yapılan çalışmaların nitelikli ve doğru bir şekilde gerçekleştirildiğini göstermektedir. Uzun yıllardır TÜBİTAK tarafından bu alanda yapılan teşvikler ve kuruluşların yaptıkları çalışmalar da bunun

bir diğer göstergesidir. Türkiye'nin güçlü bir yazılım ve elektronik bileşen geliştirme kapasitesi ve kabiliyeti olduğu, bakanlıklarımızın strateji belgelerinde de ortaya koyulmuştur. Dünya ile rekabet edebilen ürünlerin geliştirilebilmesi için kuruluş bazında geliştirmelerden ziyade bir ekosistem olarak geliştirmek ve uluslararası pazarda katma değer içeren ürünler ve servisler sunabilmek önemlidir. Buna yönelik olarak sadece teşvik mekanizmaları değil, aynı zamanda geliştirilen ürünlerin testleri ve saha gösterimlerinin yapıldığı alanlara da ihtiyaç bulunmaktadır. ABHS ve ilgili bileşenlerinin geliştirilmesi, testleri ve saha gösterimleri için ülkemiz ilgili kuruluşları tarafından belirlenen ihtiyaçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Araçların (eSIM) profil yüklemesi işlemlerinin yine ülkemizde olmasına yönelik çalışmalar yapılması.
- ABHS çalışmalarında ve uygulamalarında trafik akışı ve güvenliği, seyahat konforu ve güvenliği gibi konulara öncelik verilmesi.
- Akıllı yollara öncelik verilmesi.
- V2X senaryo uygulamalarına imkân veren akıllı yol altyapısının oluşturulması.
- Test ve gelişmeye yönelik açık test/pilot yollarının yer alması. (Örnek olarak; Kuzey Marmara Otopanı bir bölümü ile Pendik-Kadıköy arasındaki sahil yolu.)
- Dünyada gerçekleştirilen pilot projelerin benzerlerinin ülkemizde de gerçekleştirilmesi.
- Ülkemize avantaj sunacak fırsat uygulamalarının geliştirilmesi (örneğin tehlikeli bölgelerde uzaktan araç veya iş makinası sürüşü),
- Araç üreticileri/ithalatçılarına yönelik düzenleme yetkisi olan kurumlarca (ilgili kurumların görüş ve değerlendirmeleri esas alınmak kaydıyla Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı gibi), ABHS'nin yerli ve milli ürünlerden temin edilmesine yönelik çalışma yapılması.
- Bilgi birikimini artırma ve ülkemizdeki ekosistemin büyümesi için teşvik mekanizmalarında birden fazla geliştiricinin desteklenmesi.
- Otomotiv sektöründe seri üretime yönelik ürün geliştirilmesi yönündeki önemli engellerden biri de kullanılması gereken çipsetlerin temin edilmesidir. Çipset üreticileri tasarım çalışmalarına destek verebilmek için yüksek miktarda (örneğin, yıllık 100.000 adet ve üzeri) sipariş garantisi istemektedir. Ülkemiz kuruluşlarınca, DSRC, C-V2X, Hardware Security Module (HSM), vb. çipsetlerin temini için yapılan görüşmeler çok uzun sürmekte ve olumsuz olarak da neticelenebilmektedir. Bu konuda Tier-1 ve Tier-

2 tedarikçilerin ülkemiz kuruluşları arasında olması çok önemlidir. Buna yönelik olarak, Tier-1 ve Tier-2 tedarikçilerin teşvik edilmesi.

- Yerli çipsetlerin geliştirilmesi büyük ve kritik öneme sahip olduğundan bu konuda teşviklerin sağlanması.
- Hem DSRC tabanlı hem de C-V2X teknolojilerinin takip edilmesi, her iki teknoloji için de Ar-Ge ve ürünleşme çalışmalarının desteklenmesi.
- Yerli otomotiv üreticilerinin ülkemiz kuruluşları ile daha işbirlikçi bir çalışma yaparak ülkemiz ve uluslararası pazar için katma değerli, nitelikli ve rekabet edebilir ürünlerin geliştirilmesi, bu amaca yönelik otomotiv kuruluşlarının bu tür iş birlikleri için motive edilmesi.
- ABHS ve bağlantılı sistemlerde 5G altyapısı büyük öneme sahiptir. ABHS için 5G frekans tahsisinin yapılması. Sanayide 5G (Private 5G) çalışmaları için geçici lisanslamalar yapılabildiğinden, benzer şekilde hem pilot bölge uygulamalarında geçici lisanslamalar hem de yol altyapısı alanında 5G frekans tahsisi yapılması.
- Bağlantılı araçlarda ABHS'nin yaygın olarak kullanılacağı beklenmektedir. Bu konuda çalışmalar sürdüren ülkelerde, teknik boyutu ile birlikte hukuki konulara da yer verilmektedir. GDPR ve ülkelerin kişisel verileri koruma kanunlarına göre ABHS kapsamında da bu konunun gelecekte daha da önemli olacağı değerlendirilmektedir. Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemlerinin OBU, TPD (Tamper Proof Device), RSU gibi birimlerle ve V2X kapsamında herhangi bir nesne (IoT, IoV) ile iletişimde kimliklerin anonimleştirilmesi, kişisel verilerin korunması ve kriptografik önemlerin alınmasına yönelik çalışmalar yapılması.
- Bağlantılı araçlar hakkında ve kişisel verilerin korunması hakkında farkındalığın artırılması ve eğitimler verilmesi.
- Siber güvenlik alanında yetişmiş personellerin, otomotiv siber güvenlik alanında da hizmet sağlayacak şekilde yetkinliğin yaygınlaştırılması.
- ABHS bileşenlerinin siber güvenliğine yönelik çalışmaların yapılması, yapılan Ar-Ge faaliyetlerinde siber güvenlik ihtiyaçlarının da karşılanması önemli bir ihtiyaçtır. Bu çalışmaları yaparken *UN Regulation No. 155- Cyber security and cyber security management system* ve *UN Regulation No. 156 - Software update and software update management system* regülasyonlarının uygulanması.

- Özel ve kamu kuruluşlarının veri paylaşımının standartlarının belirlenmesi (örneğin API isterleri, SLA isterleri, vb.)

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından, araç içi bilgi ve eğlence sistemlerinin geliştirilmesine ve ekosistem geliştirilmesine öncelik verilmiş olması ve yol haritasının oluşturulması, ABHS ve K-AUS çalışmalarına önemli katkı sağlayacaktır. AUS anlayışını ve çalışmalarını yıkıcı yenilikçi bir teknoloji olarak etkileyecek bu süreçte, ABHS ve ilgili bileşenlerinde ülkemizin öncü konumda olabilmesi için bu alanda hem kamu hem de özel sektör olarak dünyada öncüsü olduğumuz bir ekosistem oluşturulmasının gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

4 YIKICI TEKNOLOJİLERİN ABHS İLE BİRLİKTE KULLANIMI

Yapay zekâ, derin öğrenme, blok zincir, otonom sürüş gibi teknolojiler, son yıllarda hızla gelişen ve giderek daha fazla kullanım alanı bulan teknolojilerdir. Bu teknolojilerin ABHS ile entegre ve kooperatif bir şekilde kullanımı kaçınılmaz olup birçok farklı avantajı beraberinde getirecektir. Otomatikleştirilmiş rutin işlemler, dikkat gerektiren aksiyonların otonom gerçekleştirilmesi, çevrimiçi işlemlerin güvenilirliğinin artırılması, çok daha fazla cihaz ve sistemi erişilebilir hale getirme gibi özellikler, ABHS'nin gelişimini doğrudan etkileyecektir.

4.1 Otonom Araçlar

Otonom araçlar, insan müdahalesi olmadan Dinamik Sürüş Görevi'ni (DSG) (Dynamic Driving Task, DDT) yerine getirebilen araçlardır. Bu teknoloji sayesinde, araçlar yüksek derecede hassas sensörler ve yapay zekâ teknolojisi kullanarak çevrelerini tarayarak hareket eder. Bununla beraber, sürücünün yapması gereken tek şey, araçtaki otomasyon sistemine güzergâh hakkında yönlendirici komutlar vermektir. Bu teknoloji, kazaların önüne geçilmesi ve sürücülerin yorulmaması gibi büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu teknolojinin gelişmesiyle birlikte, insanlar daha güvenli ve konforlu bir şekilde seyahat edebileceklerdir.

Otonom araçlar çevresel faktörler hakkında bilgi sahibi olmak için üzerinde bulunan çeşitli sensörlerden yararlanmaktadır. Bu sensörlere radar, LİDAR ve kamera örnek olarak verilebilir. Otonom sürüş yazılımları temel olarak yapay zekâ tabanlı yazılımlardır. Bu yazılımlar, yapay ya da gerçek sensör verileriyle eğitilerek sonradan karşılaşılabilecek benzer durumlar için karar verme yetisine sahip olur. Örneğin aracın önüne bir yaya çıktığında araç üzerindeki kamera bu yayayı görüntülemektedir. Daha önceden eğitilen otonom sürüş sistemi, kameradan gelen görüntü verisinde yayayı algılayıp karar verme mekanizmasına göre fren yapmaya karar verebilmektedir. Otonom sürüş sistemi, gerekli olan fren şiddetini aracın elektronik haberleşme sistemine ileterek fren yapılmasını tetiklemektedir. Bu teknoloji her ne kadar sürüş güvenliğini insan sürücüyeye kıyasla önemli ölçüde artıracak olsa da otonom sürüş sisteminin geliştirilmesinde ve karar verme yazılımlarında kullanılan yapay zekanın eğitilmesinde gerçek dünyada karşılaşılabilecek tüm durumların modellenebilmesi neredeyse imkansızdır. Bu bağlamda, yalın bir otonom sürüş yeterince kapsayıcı bir çözüm olmayacaktır. ABHS'nin otonom araçlara entegre edilip kablosuz haberleşmeyle elde edilen bilgiler ile kendi sensör verilerini karar verme aşamasında beraber kullanması çok daha güvenilir bir sistemin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Araçların otonomluk seviyesi, SAE International tarafından tanımlanan 0'dan 5'e doğru artan bir ölçeğe göre belirlenmektedir. Bu seviyelerin detayları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12 Otonom sürüş seviyelerinin özeti (SAE International, 2021)

Dinamik Sürüş Görevi (DSG) ³⁹							
	Seviye	İsim	Tanım	Yanal ⁴⁰ ve Boyuna ⁴¹ Hareket Kontrolü	Nesne, olay algılama ve karşılık	DSG Önlemi	Operasyonel Dizayn Alanı (ODA) ⁴²
	0	Sürüş Otomasyonu Yok	Gelişmiş güvenlik sistemlerinin olduğu durumlarda dahi tamamiyle sürücü kontrolünde gerçekleşen sürüş	Sürücü	Sürücü	Sürücü	-
Sürücü Desteği	1	Sürücü Yardımları	Sürücünün DSG'nin geri kalanını gerçekleştirmesi beklentisiyle DSG'nin yanal veya boyuna araç hareket kontrol alt görevinin (ancak her ikisi aynı anda değil) bir sürüş otomasyon sistemi tarafından sürekli ve ODA'ya özgü yürütülmesi	Sürücü ve Sistem	Sürücü	Sürücü	Sınırlı
	2	Kısmi Sürüş Otomasyonu	Sürücünün "Nesne, olay algılama ve karşılık" alt görevini tamamlaması ve sürüş otomasyon sistemini denetlemesi beklentisiyle DSG'nin hem yanal hem de boyuna hareket kontrolü alt görevlerinin bir sürüş	Sistem	Sürücü	Sürücü	Sınırlı

39 Yolculuk programlama, varış noktalarının ve ara noktaların seçimi gibi stratejik fonksiyonlar hariç, karayolu trafiğinde bir aracı çalıştırmak için gereken tüm gerçek zamanlı operasyonel ve taktiksel fonksiyonlar.

40 Yanal araç hareket kontrolü, aracın şerit sınırlarına göre konumunun algılanmasını ve uygun yanal konumu korumak için direksiyon ve/veya diferansiyel frenleme girdilerinin uygulanmasını içerir.

41 Boyuna araç hareket kontrolü, kullanım özelliklerine bağlı olarak ileri ve geri yönlülüğü içerebilir.

42 Çevresel, coğrafi ve günün saati kısıtlamaları ve/veya belirli trafik veya yol özelliklerinin gerekli varlığı veya yokluğu dahil olmak üzere, belirli bir sürüş otomasyon sisteminin veya özelliğinin çalışmak üzere özel olarak tasarlandığı çalışma koşulları.

			otomasyon sistemi tarafından sürekli ve ODA'ya özel uygulaması				
Otonom Sürüş	3	Koşullu Sürüş Otomasyonu	DSG müdahaleye hazır sürücünün otonom sürüş sistemi tarafından bildirilen müdahale taleplerine ve ayrıca diğer araç sistemlerindeki DSG performansı ile ilgili sistem arızalarına açık olması beklentisiyle tüm DSG'nin bir otonom sürüş sistemi tarafından sürekli sağlanması	Sistem	Sistem	Müdahaleye hazır sürücü	Sınırlı
	4	Yüksek Sürüş Otomasyonu	Sürücünün müdahale etmesi gerekeceği beklentisi olmaksızın tüm DSG ve DSG önleminin bir otonom sürüş sistemi tarafından sürekli ve ODA'ya özgü sağlanması	Sistem	Sistem	Sistem	Sınırlı
	5	Tam Sürüş Otomasyonu	Sürücü müdahalesine hiçbir durumda gerek kalmadan tamamiyle otonom sürüş sisteminin kontrolünde gerçekleşen sürüş	Sistem	Sistem	Sistem	Sınırsız

Otonom araçlar, kentsel alanlarda yeni Talep Üzerine Hareketlilik (Mobility on Demand, MOD) ulaşım modelinin önemli bir etkinleştiricisi olacaktır. Kullanıcılar, kademeli olarak talep üzerine araç gezileri sağlayan hizmetlere geçtiğinden, MOD, çok araçlı hane halkının mevcut modelini tek veya hatta araçsız bir yapıya dönüştürecektir. Bu yeni model kapsamında, aynı sayıda insana hizmet vermek için daha az arabaya ihtiyaç duyulacak ve bu sayede, trafik sıkışıklığında harcanan sürücü başına yıllık 111 saatlik zamanı azaltacaktır. Ulaşım sistemindeki bu temel değişiklikler, genel hareketliliği iyileştirme ve daha az zaman harcama için yolda daha az insan olduğunda enerji kullanımı da dahil olmak üzere çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahiptir. (Automation White Paper, 2023)

Otonom araçlar, uzak yerlere veya yüksek yoğunluklu tesislere park edilebilecek ve günümüzde kullanılan birçok park yerine olan ihtiyaç azaltılacaktır. Gelecekteki otonom araç filosunun, şimdi arabalarımızı park etmek için ayırdığımız alanın yalnızca yüzde 75'ine ihtiyaç duyacağı tahmin edilmektedir. Ek olarak otomasyon, karayolu tesislerinin tam kapasiteye yakın

bir şekilde çalışmasına izin vererek daha fazla karayolu inşaatı ihtiyacını azaltacaktır. Tüm bu etkenlerden dolayı, akıllı ulaşım sistemlerinin tasarlanmasında ve uygulanmasında otonom araçlar belirleyici bir etkiye sahip olacaktır (Automation White Paper, 2023).

Günümüzde geliştirilmekte ve bazı bölgelerde kullanılmakta olan Tesla Otopilot ve Cadillac (General Motors) Super Cruise, otonom sürüş sistemlerine örnek olarak verilebilir. Bu iki sistem de SAE International tanımlamasına göre seviye 2 olarak nitelendirilmektedir.

4.2 5G ve Yeni Nesil Hücresel Ağlar

5G, beşinci nesil mobil iletişim standardı anlamına gelir. 5G, daha yüksek hız ve daha düşük gecikme süreleri sunarak daha fazla veri aktarımını ve daha yüksek kalitede iletişim imkânı sağlamaktadır. 5G ayrıca, daha fazla cihazın aynı anda bağlanabildiği, daha büyük bir veri kapasitesine ve daha iyi enerji verimliliğine sahip olacaktır. 5G teknolojisi, çok daha hızlı internet erişimi, daha fazla cihazın aynı anda bağlanabildiği ve daha yüksek kalitede iletişim imkânı sağlayacaktır. Bu sayede, insanlar daha verimli ve daha hızlı bir şekilde çalışabilecek, daha fazla iş yapabilecek ve daha fazla zaman kazanabilecektir.

AUS, sürücülerin ve şehirlerin bilinçli kararlar vermesine yardımcı olmak için hem araçlardan hem de yol altyapısından gelen sensörler tarafından oluşturulan verilere güvenir. Devasa miktarda verinin sorunsuz iletimini sağlamak için mevcut kablosuz iletim teknolojileri giderek yetersiz hale geldiğinden, 4G (LTE, WiMAX) ve 3G'nin (UMTS) yerini alan ve 20 Gbps veri hızı vaat eden 5G'nin, bu konudaki ihtiyaca cevap verebilecek olduğu öngörülmektedir.

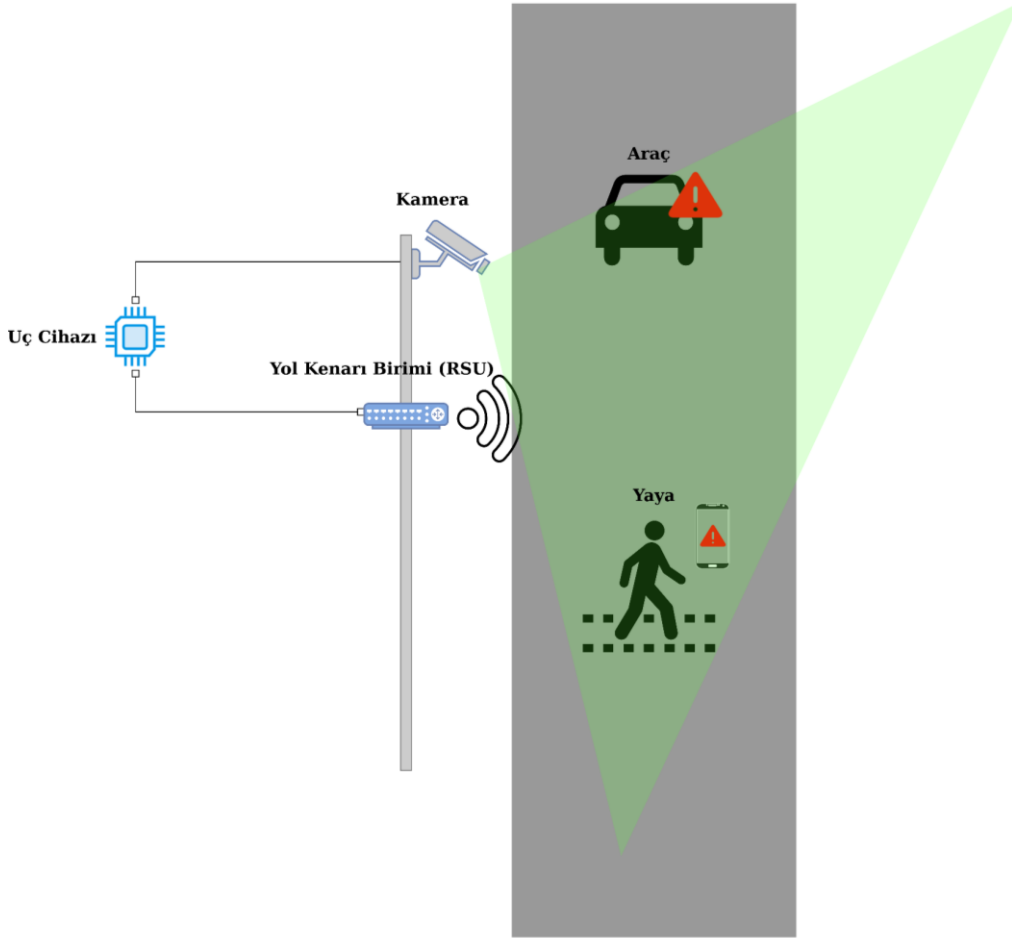
5G'nin çeşitli nedenlerle acil durum araçları için de gerekli hale geleceği belirtilmektedir. 5G, acil servis personellerinin yüksek çözünürlüklü video iletişimi yapabilmesine, bilgisayarlı tomografi (CT) ve X-ray taramaları yapabilen ve acil durum aracının kendisine bağlanabilen yeni teknolojileri ve hizmetleri entegre edilebilmesine olanak tanıyacaktır (How ITS can benefit from 5G, 2019).

4.3 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) birçok cihazın birbirleriyle iletişim kurarak internet üzerinden veri paylaşmasını sağlayan bir teknolojidir. Bu cihazlar arasında ev aletleri, sağlık takip cihazları, arabalar ve hatta insan vücudu için tasarlanmış sensörler bulunabilmektedir. Nesnelerin İnterneti sayesinde cihazlar birbirleriyle iletişim kurarak otomatik olarak işlem yapabilmekte ve kullanıcıların kontrolüne sunulan veriler sayesinde hayatımızı daha kolay ve verimli hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Cihazların üzerinde bulunan sensörler ile elde edilen veriler ya da cihazların aktüatörlerini uzaktan tetikleyebilen komutlar, ağ üzerinden gönderilerek diğer cihazlarla etkileşime geçebilmektedir. Gün geçtikçe artan IoT cihazı miktarı ile artık daha akıllı ve kooperatif sistemler ortaya çıkmaktadır. İşlem yükünün merkezden uca doğru kaymasını sağlayıp daha performanslı ve güvenilir sistemler oluşturulabilmektedir. IoT teknolojilerinin kullanımıyla ABHS kapsamında yapılacak çalışmaların da önü açılmaktadır. Örneğin bir kavşağa yerleştirilen bir uç cihazının, kameralar sayesinde ortamı analiz edip belli aksiyonlar alınması amacıyla yol kenarı birimlerine veri sağlayabilmesi mümkündür. Şekil 49'da bu durum gösterilmektedir. Yol kenarında bulunan kamera, veriyi alıp işleyen bir uç cihazına bağlıdır. Bu uç cihazı da yol kenarı birimiyle bağlantılıdır. Kamera anlık olarak yol durumunu gözlemlemekte, uç cihazı da kameradan gelen görüntü bilgisini işleyerek tehlike oluşturabilecek durumları tespit etmeye çalışmaktadır. Şekil 49'da verilen örnekte, kamera karşıdan karşıya geçmekte olan yaya ve ona doğru yaklaşan aracın görüntüsünü uç cihazına aktarmakta, uç cihazı bu görüntü üzerinde hesaplama yaptıktan sonra çarpışma riski olduğunu tespit ederek bu bilgiyi yol kenarı birimine iletmektedir. Yol kenarı birimi de V2X haberleşmesi ile bu riski kablosuz olarak yayınlamaktadır. Yayanın cep telefonu ve araç üzerindeki araç-içi birim bu mesajı aldıktan sonra, sürücü ve yaya, olası risk hakkında görsel ve sesli olarak uyarılmış olmaktadır.

Örnek olarak verilen bu senaryoda, IoT cihazlarının etkisi kritiktir. ABHS'nin yayılma ve gelişim süreçlerinin hızlanması ve bu süreçlerin daha güvenilir ilerlemesi adına, IoT teknolojilerinin gelişimi de doğrudan bir paya sahiptir. Örnek olarak sunulan senaryoda kullanılan kamerayı destekleyici nitelikte yol kenarı araç/yaya tespit sensörleri gibi çeşitli birimler kullanılarak daha verimli ve pratik yöntemler ortaya çıkarılması mümkündür.



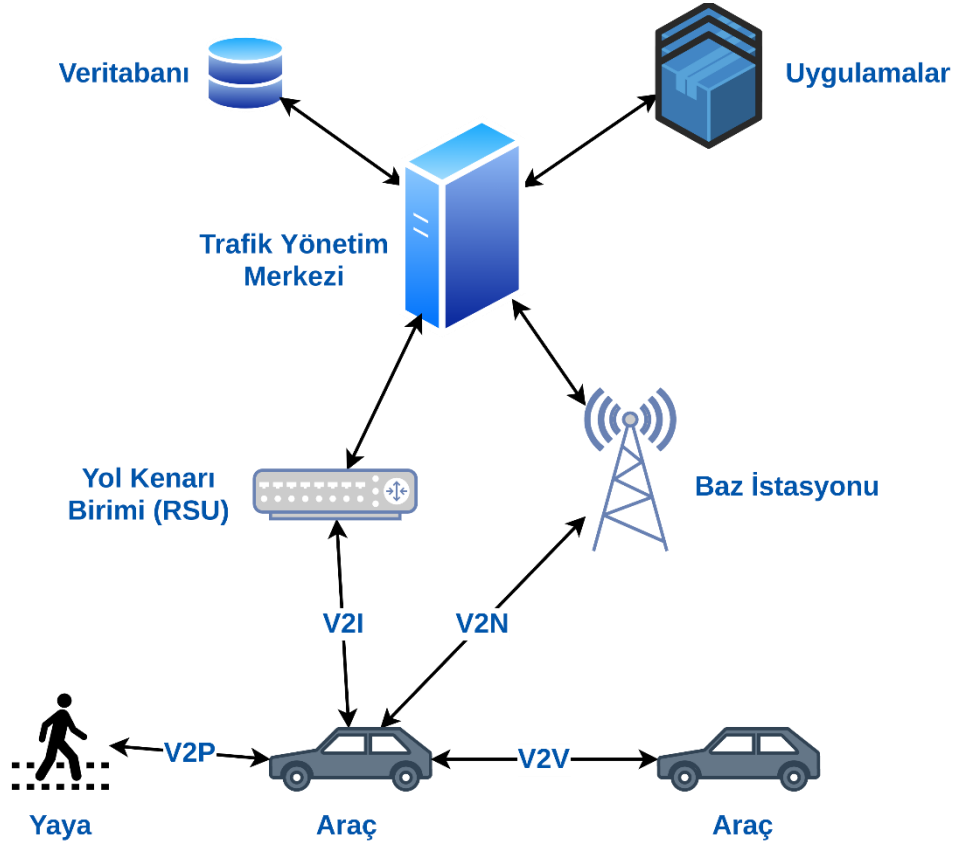
Şekil 49 Akıllı kavşak izleme sistemi ve uygulaması

4.4 Büyük Veri

Büyük veri (big data), büyük miktarda verinin toplanması, depolanması ve analiz edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu veriler genelde farklı kaynaklardan toplanmakta ve çok büyük boyutlarda olmaktadır. Büyük veri teknolojisi sayesinde bu veriler işlenerek anlamlı bilgiler elde edilebilmekte ve bu bilgiler kullanılarak karar verme süreçlerinde yardımcı olunmaktadır. Büyük veri teknolojisi, son yıllarda hızla gelişen bir alan olup birçok sektörde kullanılmaktadır. Örneğin, araçların üzerine takılan takip sistemleri ile kaydedilen konum verileri, birçok farklı servis/kurum tarafından kullanılacak bir bilgiye dönüştürülebilmektedir.

Büyük veri, akıllı ulaşım sistemlerinde bir araştırma odağı haline gelmiştir. Özellikle K-AUS'taki haberleşme ile büyük miktarda veri ortaya çıkacağı için üretilen büyük veri, akıllı ulaşım sistemlerini daha güvenli, daha verimli ve karlı hale getirmek amacıyla yapılacak tasarım ve uygulamalarda derin etkilere sahip olacaktır. Bu nedenle akıllı ulaşım sistemlerinde büyük veri

analitiği üzerinde çalışma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (Zhu, Yu, Wang, Ning, & Tang, 2018). Şekil 50’de V2X uygulamaları için K-AUS büyük veri mimarisi örneği gösterilmiştir.



Şekil 50 V2X Uygulamaları için K-AUS Büyük Veri Mimarisi

ABHS, kapsam olarak doğal bir büyük veri kaynağıdır. ABHS’den elde edilen büyük miktardaki veriler, özellikle bulut ortamında geliştirilecek olan servis ve uygulamaların ana kaynağı olacaktır. Bu servis ve uygulamalar, AUS haricindeki diğer sistemlere hizmet etmek (örneğin filo yönetimi ve takibi), altyapı sistemlerine hizmet etmek (örneğin adaptif trafik ışığı yönetimi) ya da doğrudan trafikte bulunan araç ve yayalara hizmet etmek amacıyla (örneğin anlık trafik sıklığı, kaza durumu bilgilendirmesi) kullanılabilir.

4.5 Yapay Zekâ

Yapay zekâ, bir bilgisayar programı veya sisteminin insanlardan daha hızlı ve daha doğru bir şekilde düşünme ve karar verme yeteneğine sahip olmasını sağlayan bir teknolojidir. Yapay zekâ, çok sayıda farklı alanda kullanılabilir ve insanlardan daha hızlı ve doğru bir şekilde işlem yapabilir. Örneğin, yapay zekâ sayesinde makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi teknolojiler geliştirilebilir. Bu teknolojiler sayesinde birçok farklı alanda daha verimli ve doğru sonuçlar elde edilebilir. Yapay zekâ, ayrıca otomatik dil işleme ve ses tanıma gibi alanlarda da kullanılabilir.

Bu teknolojinin gelişimi, insanların yaşamlarını kolaylaştıran ve işlerini daha verimli hale getiren birçok farklı uygulama ortaya çıkarmıştır (Russell & Norvig, 2014).

ABHS’de de geleneksel çözümlerin uygulanmasının tamamen etkili olmadığı, örneğin araç içi sensörlerden ve ağ cihazlarından toplanan büyük miktarda verinin işlenmesinin gerekli olduğu birçok durum vardır. Bu sorunların üstesinden gelmek için, ulaşım ortamıyla ilgili farklı alanlara çeşitli yapay zekâ tabanlı teknikler uygulanmıştır (M. Machin, 2018).

Nesnelerin İnterneti teknolojisinin örnek bir kullanımını gösteren şekilde (Bkz. Şekil 49) aynı zamanda yapay zekâ da kritik bir rol oynamaktadır. Kamera görüntüsü kullanılarak objelerin tespiti ve aynı zamanda 3 boyutlu konumunun belirlenmesi açısından geleneksel tekniklerin kullanıldığı bir çözüm modeli geliştirmek neredeyse imkansızdır. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi bu gibi problemlerin çözümü için anahtar bir role sahiptir.

4.6 Blok Zincir (Blockchain)

Blok zincir bir veri yapısıdır ve birçok cihaz tarafından paylaşılan bir veri defteri olarak düşünülebilir. Bu veri defterinde cihazlar birbirlerine bağlı olarak birbirlerine sürekli veri gönderir ve bu veriler bir blok olarak adlandırılan birimlerde saklanır. Her blok, bir önceki bloğa bir referans içerir ve bu sayede bloklar birbirlerine bağlı bir zincir oluşturur. Bu zincir üzerinde yapılan her işlem, tüm cihazlar tarafından görülebilir ve doğrulanabilir, böylece zincirdeki veriler tamamen şeffaf ve güvenilirdir. Blok zinciri teknolojisi, günümüzde en çok kripto para birimlerinde kullanılmaktadır ancak diğer alanlarda da potansiyel olarak kullanılabilecektir.

Birçok alanda kullanım örneklerini gördüğümüz blok zincir teknolojisi ABHS içerisinde de yer alması beklenmektedir. ABHS’nin gelişmesiyle beraber ticari işlemler çok daha yaygın bir ağa dahil olacaktır. Araç kiralama, araç-içi servisler, ulaşım hizmetleri gibi faktörler ekonomik kapsamın genişlemesine ve isterlerin güncellenmesine neden olacaktır. Blok zincir teknolojisi, P2P işlemlere izin vermesi, dağıtık olması, güvenilir olması gibi özelliklerinden dolayı bu ihtiyaçlara cevap sağlayabilecektir.



Şekil 51 “Car eWallet” ödeme sistemine sahip araç

ZF Friedrichshafen, İsviçreli UBS bankası ve Alman kamu kuruluşu Innogy'nin İnovasyon Merkezi “Car eWallet” isimli bir ödeme sistemi geliştirmişlerdir (ZF, 2023). Bu ödeme sistemi blok zincir tabanlıdır ve araç içi ödeme süreçlerini daha basitleştirmeyi amaçlamaktadır.

4.7 Derin Öğrenme

Derin öğrenme, yapay zekâ alanında makine öğrenmesinin bir alt dalıdır. Bu teknolojinin amacı, bir bilgisayar programının insanlardan daha doğru bir şekilde düşünme ve karar verme yeteneğine sahip olmasını sağlamaktır. Derin öğrenme, birçok farklı veri setini ve bu veriler arasındaki ilişkileri analiz ederek öğrenme yeteneğine sahiptir. Bu sayede, derin öğrenme sayesinde geliştirilen bir program insanların yapabildiğinden daha fazla veriyi işleyebilmekte ve daha doğru bir şekilde karar verme yeteneğine sahip olabilmektedir. Derin öğrenme, makine öğrenmesi ve yapay sinir ağlarında kullanılmaktadır (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016).

Derin öğrenme, ABHS kapsamında daha çok görüntü işleme yoluyla nesne/canlı algılama ve konumlandırma amacıyla kullanılmaktadır. Akıllı altyapıların sahip olduğu yapay zekâ çözümleri, kamera görüntülerinin derin öğrenme algoritmalarına beslenmesi ile eğitilip yol üzerindeki hayati durumların (kaza riski vb.) tespitini sağlamaktadır. Tespit edilen bu olaylar

kablosuz iletişim menzilineki bağlantılı araçlara ve/veya altyapı üzerinden merkezi servislere bildirilebilmektedir. Bu konu üzerine yapılan çalışmalar mevcuttur (Maurya & Choudhary, 2018) ve ABHS açısından öncelikli konular arasında yer almaktadır.

4.8 Sarmal Arayüzler

Sarmal arayüzler, sanal gerçeklikte olduğu gibi kullanıcıları yoğun bir şekilde hem kavramsal hem de algısal olarak ara yüz dünyasının içine alan sistemlerdir. Bu ara yüzler, kullanıcıların görsel ve işitsel duyularını çevreleyip mümkün olduğunca doğal ve otomatik bir kontrol yöntemi sağlayarak kullanım deneyimini geliştirmektedir.

Heads-up display denilen göstergeler sarmal ara yüzlerin basit örnekleri olarak kabul edilebilir. Hudway (Heads-up display to stay focused on the road | HUDWAY Drive, 2023), Continental (Continental, 2023) gibi firmalar, bu tarz ürünlere sahiptir.



Şekil 52 HUDWAY Drive ürününün bir görünümü

Bunların yanında sanal gerçeklik ürünleri de bu kategoriye dahil edilebilmektedir. Sanal gerçeklik gözlükleri, ABHS kapsamında geliştirilecek yazılımların doğrulanması amacının yanında, aynı zamanda tanıtım ve yaygınlaştırma amacıyla da kullanılabilir. C-Roads, yapmış olduğu bir gösterimde, kullanıcılara sanal gerçeklik gözlükleri kullanarak ziyaretçilere K-AUS servislerinin fayda ve etkilerini gösterme amaçlı bir deneyim yaşatmıştır (Bkz. Şekil 53) (C-Roads, 2023).



Şekil 53 C-Roads K-AUS sanal gerçeklik gösterimi

4.9 Dijital İkiz

Dijital ikiz, gerçek bir ürünün ya da ürünün bir parçasının gerçek dünyadaki davranış ve sonuçların, sanal ortamda modellenmesini hedefleyen bir yaklaşımdır. Dijital ikiz kavramı ilk olarak 2002’de Dr. Michael Grieves tarafından NASA’da ortaya çıkmıştır (Digital twin, 2023). Bu kavram 2002’den beri var olsa da IoT teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte daha da yaygınlaşmıştır.

Dijital ikiz yaklaşımı, ürün üzerinde yapılacak geliştirmeler sonucu gerçekleşmesi muhtemel sorunların tespit edilmesi, gerçek dünyadakine oranla daha kapsamlı testler yapılması ve analiz süreçlerinin kolaylaştırılması amacıyla uygulanmaktadır.

ABHS kapsamında da dijital ikiz kullanımı, geliştirilen yazılım ve donanımların test süreçlerinde tercih edilmektedir. ABHS, geniş bir ölçeği kapsayan bir sistemler bütünü olduğundan, doğal olarak testlerin ve doğrulama süreçlerinin tamamen gerçek dünya üzerinde tamamlanması mümkün olmamaktadır. Bu noktada da ABHS bileşenlerinin dijital ikizleri oluşturulabilmektedir.

Örneğin, bir aracın sahip olduğu bileşenlerin ayrı ayrı dijital ikizlerinin çıkarılması mümkündür. Aracın belli bir bileşeninin geliştirilmesi üzerine çalışan bir firma, yalnızca bu bileşenin dijital ikizini oluşturarak daha çok test yapabilme kapasitesine sahip olabilecektir. Bununla beraber, bu bileşenlerin bir araya gelmesiyle daha büyük kapsamlı dijital ikiz ortamları meydana getirilebilmektedir. Bu durum, her bir bileşenin diğer bileşenlerle etkileşimini test edilebilmesini sağlayarak sistemin genel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Ülkemizde bu konuda, bağlantılı araç haberleşmesinin ve uygulamalarının testlerinin sanal ortamda yapılabilmesi amacıyla Marmara Üniversitesi bünyesinde bulunan VenIT Araştırma Laboratuvarı tarafından dijital ikiz yaklaşımıyla geliştirilen bir test yazılımı mevcuttur.

4.10 Bulut Bilişim

Bulut bilişim, internet üzerinde bulunan ve kullanıcıların erişimine sunulan veri depolama, işleme ve uygulamaları ifade etmektedir. ABHS kapsamında, ulaşım sistemlerini optimize etmek ve verimliliklerini artırmak amacıyla bulut bilişim kullanılmaktadır.

ABHS düzenlemelerini ve takibini sağlamakla yükümlü kurumlar, akıllı ve bağlantılı sistemlerin (altyapı, araç vb.) ortaya çıkardığı büyük verinin depolamasını kontrol etmek, sonrasında bu veriyi analiz ve iyileştirme amaçlı bulut bilişimden yararlanmaktadır. Bunun yanında, çeşitli özel kuruluşlar, ABHS kapsamında bulut bilişimi kullanarak ücretli ve aboneliğe dayalı servisler geliştirmektedir. Bu servisler, sürüş güvenliği ve konforunu artırmaya yönelik olabilmekle birlikte, araç-içi eğlence amacına da hizmet edebilmektedir.

Türkiye’de halihazırda bulut bilişim kullanarak hizmet veren firmaların, ABHS’yi hizmet kapsamına almaya yönelik çalışmalar gerçekleştirebilmesi mümkündür. Örneğin, mobil cihazlara kendi mobil uygulamaları üzerinden hizmet sağlayan firmalar, bulut servislerine araç-içi kullanıma yönelik (örneğin araç-içi interaktif bilgisayar) geliştireceği uygulamalarını dahil ederek hizmet kapsamını genişletebilir.

5 SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Akıllı ulaşım sistemlerinin bir parçası olan K-AUS, V2X haberleşmesi ve bu raporda belirtildiği kapsamda ABHS ile çok çeşitli ve yararlı yeni hizmetlerin verilmesine imkân sağlamaktadır. Sadece trafik emniyeti ve trafik etkinliği değil, bunlarla ilgili birçok yeni hizmetin oluşmasına aracılık etmektedir. Bu teknoloji kullanılarak gerçekleştirilebilecek senaryolar, uzun yıllardır çalışılmış ve zaman planında doğru bir şekilde uygulamaya koyulmuştur. Dünyada çeşitli projeler ve saha uygulamaları ile ilk uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Dünyada, AB, ABD ve Çin bu alanda daha önde ilerlemektedir. Gerçekleştirilen pilot projelerde elde edilen çıktı ve tecrübeler ışığında, AUS'a yönelik eylem ve yaygınlaştırma planlarına dahil edilmektedir. Bunun örnekleri bu üç bölgede/ülkede görülmektedir. Proje uygulamaları, saha uygulamaları, pilot uygulamalar ve yaygınlaştırma çalışmaları kapsamında, bu teknoloji ve uygulamaların geliştirilmesine yönelik çalışmalar hem araştırma yapan kuruluşları (üniversiteler, enstitüler ve Ar-Ge kuruluşları) hem de teknoloji geliştiren kuruluşları, bu yönde çalışma yapmaya motive etmiş, ürünleşme yolunda önemli ilerleme kaydedilmiştir.

Türkiye'de de birçok kuruluş bağlantılı araçlar ve K-AUS dolayısıyla ABHS alanlarında çalışma yapmaktadır. Çalışmaların olgunluk düzeyi daha düşük kalsa da çok çeşitli çalışmaların olduğu görülmektedir. ABHS teknolojisine yönelik ülkemizde daha az çalışma olmasının sebepleri; belirgin bir iş modelinin tanımlanmamış olması, Ar-Ge ve ürünleşme maliyetlerinin geri dönüşümünün çok uzun süreceği olması, 5G ve DSRC tabanlı iki yöntemin varlığının kuruluşların yapacağı çalışmalarda geleceğe yönelik belirsizlik oluşturmaması, 5G ve ötesi alanında Ar-Ge ve ürünleşme yeteneğinin AB, ABD ve Çin'e göre daha zayıf kalması, yatırım fırsatlarının diğer alanlarda daha cazip olması gibi belirtilebilir. Bu gerekçeler çeşitlendirilebilir, artırılabilir, ancak, ülkemizdeki kuruluşların bu teknoloji konusunda yetenekli olduğu, geçmişte bireysel yapılan çalışmaların gelecekte birlikte çalışma ile daha iyi bir iş modeli oluşturacağı öngörülebilmektedir.

ABHS ve ilgili bileşenler, birçok yeni hizmetin oluşmasına, var olan sistemlerin daha iyi çalışmasına imkân tanımaktadır. Örneğin otonom sürüşte daha iyileştirilmiş algı ve durum farkındalığı oluşturduğundan, otonom araçların en önemli sensör bileşenlerinden biri haline gelmektedir. Otonom sürüşün daha iyi yapılabilmesini, otonom sürüşün pazarda daha erken yer almasını sağlamaktadır. ABHS'den elde edilecek anlık veriler ise araçlar ile ilgili seyir anında iken gerçek zamanda analizlerin yapılabilmesine, önleyici bakım, anomali tespiti ve teşhis gibi çok çarpıcı çıktıların elde edilmesini mümkün kılmaktadır.

Ülkemizde ABHS'nin (ve ilgili teknolojilerin) geliştirilmesinin desteklenmesi ve bu alandaki çalışmaların arttırılmasına yönelik bir ihtiyaç görülmektedir. Bu ihtiyaç sadece ürün ve kuruluş bazında geliştirmeleri değil, kuruluşlar arası ve sistemsel geliştirmelerin ve uygulamaların gerçekleştirilmesini de zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle alandaki paydaşların ortak bir düzlemde hareket etmesini sağlayacak standartların oluşturulması ve/veya dünyadaki standartlaşma girişimlerinin ülkemize uyarlanması gerekmektedir. Aynı zamanda bu teknolojilerin getirdiği emniyet, (siber) güvenlik ve uyumluluk gereksinimlerinin ekipman üreticileri, servis ve teknoloji sağlayıcılar tarafından minimum ölçüde karşılanmasını sağlayacak düzenlemeler ortaya koyulmalıdır. Bu nedenle, özel kuruluşlar ve kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda saha ve pilot uygulamalarını yaygınlaştırmaya yönelik girişimler, ilgili teknolojilerin etkilerinin çeşitli perspektiflerden ele alınması, bu alanda getirilecek standardizasyon ve düzenlemelere ışık tutması açısından büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- 3GPP. (2016). *Release 13*. Retrieved from <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-13>
- 3GPP. (2019, Nisan 26). *Release 15*. Retrieved from <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-15>
- 3GPP. (2020, Mart 23). *Release 16*. Retrieved from <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-16>
- 3GPP. (2022, Mart). *Release 17*. Retrieved from <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-17>
- 3GPP. (2023). *Partners*. Retrieved 12 13, 2022, from <https://www.3gpp.org/about-us/partners>
- 3GPP. (2023, Ocak 6). *WG SA2 - Release 18 Update*. Retrieved from <https://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/rel18-sa2>
- 5GAA. (2022). *New Technical Report: C-V2X Pilot and Demonstration Areas in China*. Retrieved Şubat 1, 2023, from <https://5gaa.org/content/uploads/2022/10/C-V2X-Pilot-and-Demonstration-Areas-in-China.pdf>
- 5GAA. (2023). *Connected Mobility For People, Vehicles and Transport Infrastructure*. Retrieved from <https://5gaa.org/about-us/>
- 5GAA. (2023). *Working Groups - 5GAA*. Retrieved Ocak 31, 2023, from <https://5gaa.org/working-groups/>
- 5GAA Automotive Association. (2022). *C-V2X Policies and Regulations in China*. Münih, Almanya: 5GAA Automotive Association.
- 5GAA Automotive Association. (2023). Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://5gaa.org>
- Administration, N. H. (2014). *Federal Motor Vehicle Safety Standards: Vehicle-to-Vehicle (V2V) Communications*, 2014-19746. U.S Federal Register.
- ARC-IT. (2023). *Architecture reference for cooperative and intelligent transportation*. Retrieved Aralık 09, 2022, from <https://www.arc-it.net/>
- ARC-IT. (2023). *Architecture use*. Retrieved Aralık 09, 2022, from <https://www.arc-it.net/html/archuse/archuse.html>
- Auto-ISAC. (2019, Aralık 5). *Auto-ISAC Companies*. Retrieved Şubat 02, 2023, from <https://automotiveisac.com/press-news/auto-isac-adds-five-companies-focused-on-cybersecurity>

- Auto-ISAC. (2023). *Auto-ISAC Membership*. Retrieved Şubat 02, 2023, from <https://automotiveisac.com/membership>
- Automation White Paper*. (2023). Retrieved Ocak 31, 2023, from https://www.its.dot.gov/research_areas/WhitePaper_automation.htm
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2022, Eylül 23). Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz Ve Sistemlerine İlişkin Teknik Ölçütler (Karar Sayısı: 2022/İK-SYD/245).
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2023). *Standart Kuruluşları*. Retrieved from <https://www.btk.gov.tr/standart-kuruluslari>
- Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu. (2023). *Uluslararası Telekomünikasyon Birliği-ITU*. Retrieved from <https://www.btk.gov.tr/itu>
- CAR 2 CAR. (2007). *CAR 2 CAR Communication Consortium*. Retrieved from https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/General_Documents/C2C-CC_Manifesto_Aug_2007.pdf
- Car 2 Car Communication Consortium. (2023). *About*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.car-2-car.org/about-us>
- CCAM. (2023). *CCAM Partnership*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.ccam.eu/what-is-ccam/ccam-partnership>
- CCAM Association. (2022). *CCAM SRIA Report*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.ccam.eu/wp-content/uploads/2022/05/CCAM_SRIA-report_web.pdf
- CEN/TC 278. (2023). *How we work*. Retrieved 02 01, 2023, from <https://www.itsstandards.eu/howwework/>
- China Ministry of Industry and Information Technology. (2020, Mart 24). *Notice of the Ministry of Industry and Information Technology on promoting the accelerated development of 5G*. Retrieved Ocak 17, 2023, from http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-03/25/content_5495201.htm
- China National Development and Reform Commission. (2021, Kasım 19). Retrieved Ocak 17, 2023, from https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/jgsj/gjss/sjdt/202111/t20211129_1305575.html?code=&state=123
- China's Internet of Vehicles – New Guidelines Set Framework for Industry Standards*. (2022, Mart 15). Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.china-briefing.com/news/china-internet-of-vehicles-new-guidelines-set-framework-for-industry-standards/>
- Cohda Wireless. (2022). *MK5 OBU Brief Sheet*. Retrieved Şubat 02, 2023, from https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2022/10/CW_Product-Brief-sheet-MK5-OBUs.pdf

- Cohda Wireless. (2022). *MK5 XBU Brief Sheet*. Retrieved Şubat 02, 2023, from https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2022/10/CW_Product-Brief-sheet-MK5-XBU.pdf
- Cohda Wireless. (2023). *MK5 OBU Brief Sheet*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2022/10/CW_Product-Brief-sheet-MK5-RSU-v3.pdf
- Cohda Wireless. (2023). *MK6C EVK Brief Sheet*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2021/01/CW_Product_Brief_sheet_MK6C_EVK_v2a.pdf
- Cohda Wireless. (2023). *MK6C EVK RSU Brief Sheet*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.cohdawireless.com/wp-content/uploads/2021/05/CW_Product-Brief-sheet-MK6C-EVK-RSU-v2.pdf
- Commsignia. (2020). *Commsignia ITS OB4*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.commsignia.com/wp-content/uploads/2020/11/Commsignia_ITS_OB4_ProductBrief_v0.9.5_22062020_web.pdf
- Commsignia. (2020). *Commsignia ITS-RS4*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.commsignia.com/wp-content/uploads/2020/11/Commsignia_ITS_RS4_ProductBrief_v.10.1_22052020_web.pdf
- Continental. (2023). *Continental Automotive - Windshield HUD*. Retrieved Ocak 30, 2023, from <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/User-Experience/Head-Up-Displays/Windschield-HUD>
- C-Roads. (2017, Aralık). *Detailed pilot overview report*. Retrieved from https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/Detailed_pilot_overview_report_v1.0.pdf
- C-Roads. (2021). *Annual pilot overview report 2021, v2.1*. C-Roads.
- C-Roads. (2023). *C-Roads has launched its Virtual Reality demonstration*. Retrieved Şubat 1, 2023, from <https://www.c-roads.eu/platform/about/news/News/entry/show/c-roads-has-launched-its-virtual-reality-demonstration.html>
- C-Roads Brochure 2021. (2021). Retrieved Ocak 29, 2023, from https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_Brochure_2021_final_2.pdf
- C-Roads Platform. (2023). *About*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.c-roads.eu/platform/about/about.html>
- Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı. (2018). *Akıllı ve Bağlantılı Araçlar Endüstri Kalkınma Planı*.

Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı. (2018). *Direkt Haberleşmeye Yönelik Frekans Bandı Düzenlemesi*.

Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı. (2021). *"Yelkenler Fora" 5G Uygulamalarına Yönelik Aksiyon Planı*.

Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı. (2022). *Araçların İnterneti Siber-güvenlik ve Bilgi Güvenliği Sistemi Kurulum Kılavuzu*.

Çin Halk Cumhuriyeti Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı, Çin Halk Cumhuriyeti Ulusal Güvenlik Bakanlığı. (2021). *Akıllı Bağlantılı Araçların Yol Testi ve Gösterim Uygulaması için Yönetim Şartnamesi (Deneme)*.

Çin Komünist Partisi Merkez Komitesi ve Devlet Konseyi. (2021). *Ulusal Kapsamlı Üç Boyutlu Ulaşım Ağı Planlama Taslağı*.

Çin Ulusal Kalkınma ve Reform Komisyonu. (2023). *İşlevsel Yapı ve iç Organizasyon*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.ndrc.gov.cn/fzggw/bnpz/?code=&state=123>

Dahmen-Lhuissier, S. (2023). *ETSI*. Retrieved Şubat 01, 2023, from <https://www.etsi.org/committee/it>

Danlaw. (2020). *AutoLink OnboardUnit*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.danlawinc.com/wp-content/uploads/DS_AutoLink_Onboard_Unit_V12.pdf

Danlaw. (2020). *RouteLink Roadside Unit*. Retrieved 02 02, 2023, from https://www.danlawinc.com/wp-content/uploads/DS_RouteLink_RSU_V14.pdf

Digital twin. (2023). Retrieved Ocak 30, 2023, from https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_twin

eCall 112-based emergency assistance from your vehicle. (2022, Mayıs 6). Retrieved Ocak 17, 2023, from https://europa.eu/youreurope/citizens/travel/security-and-emergencies/emergency-assistance-vehicles-ecall/index_en.htm

Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı. (2021). *14. Beş Yıllık Plan" Bilgi ve İletişim Sektörü Kalkınma Planı*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://wap.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2021/art_3a0b0c726bd94b7d9b5092770d581c73.html

Endüstri ve Bilgi Teknolojileri Bakanlığı. (2022, Şubat 2). *Araçların İnterneti Ağ Güvenliği ve Veri Güvenliği Standart Sisteminin Kurulmasına İlişkin Yönergeler*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2022/art_e36a55c43a3346c9a4b31e534b92be44.html

Ericsson. (2015, Haziran 23). *3GPP Release 14 – the start of 5G standardization*. Retrieved from <https://www.ericsson.com/en/blog/2015/6/release-14--the-start-of-5g-standardization>

ERTICO. (2020). *Ertico-EU-ITS-Insights*. Retrieved Şubat 02, 2023, from https://ertico.com/wp-content/uploads/2020/05/Ertico-EU-ITS-Insights-document_update-25-05-2020.pdf

- Eslam Farsimadan, F. P. (2021). Vehicle-to-Everything (V2X) Communication Scenarios for Vehicular Ad-hoc Networking (VANET): An Overview. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2021*, LNTCS(12956), 15–30.
- ETSI. (2010, Eylül). *ETSI TS 102 731 V1.1.1*. Retrieved Şubat 01, 2023, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102700_102799/102731/01.01.01_60/ts_102731v010101p.pdf
- ETSI. (2011, Haziran 30). *ETSI EN 302 665 V1.1.1*. Retrieved Aralık 12, 2022, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.01.00_30/en_302665v010100v.pdf
- ETSI. (2017, Mart). “*ETSI TR 102 893 V1.2.1, Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Threat, Vulnerability and Risk Analysis (TVRA)*”. Retrieved Şubat 01, 2023, from https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102800_102899/102893/01.02.01_60/tr_102893v010201p.pdf
- ETSI. (2021). *ETSI Strategy EBook*. Retrieved from https://www.etsi.org/e-brochure/Strategy/Strategy%20brochure/files/downloads/Broch%20A4%20ETSI%20Strategy_ebook.pdf
- EU ITS Platform. (2021). *Achievements of the Arc Atlantique Corridor*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.its-platform.eu/its-corridors/arc-atlantique>
- EU ITS Platform. (2021). *Achievements of the NEXT-ITS Corridor*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.its-platform.eu/its-corridors/next-its>
- EU ITS Platform. (2022). *Achievements of the URSA MAJOR Corridor*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.its-platform.eu/its-corridors/ursa-major>
- European Commission. (2022, Aralık 14). *REVIEW OF EUROPEAN, AND WORLD-WIDE, STATE OF THE ART ITS ARCHITECTURE ACTIVITIES, Deliverables 2.1 & 2.3*. Retrieved Şubat 01, 2023, from <https://frame-next.eu/downloads-and-documents/>
- European Commission. (2023). *Cooperative, connected and automated mobility (CCAM)*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems/cooperative-connected-and-automated-mobility-ccam_en
- European Commission. (2008). 2008/671/EC. Official Journal of the European Union.
- European Commission. (2017). Security Policy & Governance Framework for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) Release 1. European Commission.
- European Commission. (2018). Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems Release 1.1. European Commission.

- European Commission. (2018, Mayıs 31). *Discussion within the European ITS Committee on Cross-border testing*. Retrieved Şubat 3, 2023, from <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2018-12/its-committee-cross-border-testing-scoping-document.pdf>
- European Commission. (2020). *2014-2020 European structural and investment funds*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/funding-management-mode/2014-2020-european-structural-and-investment-funds_en
- European Commission. (2023). *Connecting Europe Facility*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://cinea.ec.europa.eu/programmes/connecting-europe-facility_en#:~:text=The%20Connecting%20Europe%20Facility%20
- European Commission. (2023). *Horizon Europe*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en
- European Commission C-ITS Platform. (2016). *Final Report*. European Commission. Retrieved from <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>
- European Commission C-ITS Platform. (2017). *Final report Phase II*. European Commission.
- European Commission Directorate-General for Mobility and Transport. (2016, Ekim 7). *European Commission, Member States and industry join forces on the deployment of connected, cooperative and automated driving in Europe*. Şubat 3, 2023 tarihinde https://transport.ec.europa.eu/news/european-commission-member-states-and-industry-join-forces-deployment-connected-cooperative-and-2016-10-07_en adresinden alındı
- European Commission Joint Research Centre, E.3 – Cyber & Digital Citizens' Security Unit. (2020). C-ITS Point of Contact (CPOC) Protocol, Release 1.1. *JRC Technical Reports*. European Commission.
- European Commission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology. (2020). 2020/1426. Official Journal of the European Union.
- European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. (2018). On the road to automated mobility: An EU strategy for mobility of the future, COM(2018) 283. Brüksel, Belçika: European Commission.
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport. (2016). *A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility*, COM/2016/0766. Brüksel, Belçika: European Commission.
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport. (2019). C(2019)1789. European Commission.
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport. (2019). SWD/2019/0096. European Commission.

European Commission: Directorate-General for Mobility and Transport, Directorate B — Investment, Innovative & sustainable transport, Unit B4 — Sustainable and Intelligent Transport. (2021). *Final Report Of The Single Platform For Open Road Testing And Pre-Deployment Of Cooperative, Connected And Automated And Autonomous Mobility Platform (CCAM Platform)*. Brüksel, Belçika: European Commission.

European Council. (2020, Mart 5). *European fund for strategic investments (EFSI)*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/investment-plan/strategic-investments-fund/>

European Parliament, Council of the European Union. (2010). 2010/40/EU. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2010). 2010/40/EU. L 207/4. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2010). 2010/40/EU. L 207/12. Publications Office of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2010). 2010/40/EU. L 207/5. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2014). 585/2014/EU. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2014). 585/2014/EU. L 164/8 . Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2015). 2015/758. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2015). 2015/758. L 123/87. Official Journal of the European Union.

European Parliament, Council of the European Union. (2016). 2016/679. Official Journal of the European Union.

Federal Communications Commission. (1999, 10 21). *FCC ALLOCATES SPECTRUM IN 5.9 GHZ RANGE FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS USES*. Retrieved 1 17, 2023, from https://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/News_Releases/1999/nret9006.html

Federal Communications Commission. (2020, 2 6). *Use of the 5.850-5.925 GHz Band, Proposed Rule*. Retrieved 1 17, 2023, from <https://www.regulations.gov/document/FCC-2020-0057-0001>

- Federal Communications Commission. (2022, Eylül 30). *Dedicated short range communications (DSRC) Service*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/dedicated-short-range-communications-dsrc-service>
- Festag, A. (2014). Cooperative intelligent transport systems standards in Europe. *IEEE Communications Magazine*, 12(52), 166-172.
- FRAME Forum. (2020). *The FRAME architecture version 4.1*. Retrieved Şubat 01, 2023, from <http://frame-online.eu/frame-architecture/detailed-information/the-frame-architecture-version-4-1>
- Frame Next. (2023). *Frame*. Retrieved 12 08, 2022, from <https://frame-next.eu/frame/>
- Frame Project. (2023). *European Intelligent Transport Systems Framework Architecture*. Retrieved Aralık 08, 2022, from <https://frame-online.eu/>
- Frame Project. (2023). *FRAME Architecture - Background*. Retrieved Aralık 08, 2022, from <http://frame-online.eu/first-view/background>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. USA: The MIT Press.
- Haberleşme Genel Müdürlüğü. (2018). *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı Hazırlama Projesi*. Retrieved 5 5, 2023, from <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/akilli-ulasim-sistemler-aus/aus-sep-mimari.pdf>
- Harding, J. P. (2014, Ağustos). *Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application*, (Rapor No: DOT HS 812 014). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.
- HARTS. (2023). *Harmonized Architecture Reference for Technical Standards*. Retrieved Aralık 14, 2022, from <http://htg7.org/html/about/about.html>
- Heads-up display to stay focused on the road | HUDWAY Drive*. (2023). Retrieved Ocak 30, 2023, from <https://hudway.co/drive>
- How ITS can benefit from 5G*. (2019, Mart 27). Retrieved Ocak 30, 2023, from <https://www.asmag.com/showpost/28059.aspx>
- IEEE. (2023). *IEEE at a Glance*. Retrieved from <https://www.ieee.org/about/at-a-glance.html>
- Intelligent transport systems - cooperative, connected and automated mobility (ITS-CCAM) and electromobility (RP2020)*. (2022). Retrieved Ocak 31, 2023, from <https://joinup.ec.europa.eu/collection/rolling-plan-ict-standardisation/intelligent-transport-systems-cooperative-connected-and-automated-mobility-its-ccam-and>
- ITeh Standards*. (2023). Retrieved Şubat 01, 2023, from <https://standards.iteh.ai/catalog/tc/cen/aa876bfe-1d4c-4f9a-8e50-2fcc8393dea/cen-tc-278>

- ITeh Standards. (2023). Retrieved Şubat 01, 2023, from <https://standards.iteh.ai/catalog/tc/cen/a01be563-14b3-4069-a0b0-d83a15104bbd/cen-tc-278-wg-16>
- ITS JPO. (2023). *About ITS JPO*. (United States Department of Transportation) Retrieved 5 10, 2023, from https://www.its.dot.gov/about/its_jpo.htm
- ITS JPO. (2023). *Connected Vehicle Deployer Resources*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://www.pcb.its.dot.gov/CV_deployer_resources.aspx#opensrc
- ITS JPO. (2023). *Connected Vehicle Pilot Deployment Program*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.its.dot.gov/pilots/overview.htm>
- ITS JPO. (2023). *CV Device Deployment Status*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.its.dot.gov/pilots/status.htm>
- ITS JPO. (2023). *ITS Standards Program*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.standards.its.dot.gov/LearnAboutStandards/ITSStandardsBackground>
- ITS JPO. (2023). *OSS4ITS*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://usdot-oss4its.atlassian.net/wiki/spaces/OSSFITS/overview>
- ITS JPO. (2023). *Security Credential Management System (SCMS)*. Retrieved 1 17, 2023, from <https://www.its.dot.gov/resources/scms.htm>
- ITS-America. (2020). *BYLAWS OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SOCIETY OF AMERICA*. Retrieved Şubat 02, 2023, from <https://live-its-america.pantheonsite.io/wp-content/uploads/2020/02/Governance-ITSA-Bylaws-FINAL-UPDATED-Oct-11-2018.pdf>
- K. Abboud, H. A. (2016). Interworking of DSRC and Cellular Network Technologies for V2X Communications: A Survey. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 12(65), 9457 - 9470.
- Karagiannis, G., Altintas, O., Ekici, E., Heijenk, G., Jarupan, B., Lin, K., & Weil, T. (2011). Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 4(13), 584 - 616.
- M. Machin, J. A. (2018). On the use of artificial intelligence techniques in intelligent transportation systems. *2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*. Barcelona.
- Marmara Üniversitesi - T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü. (2022, Eylül 08). Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sisteminin (ABHS) Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi Protokolü.
- Maurya, S. K., & Choudhary, A. (2018). Deep Learning based Vulnerable Road User Detection and Collision Avoidance. *2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)*, (pp. 1-6). Madrid.

Merkezi Ağ Güvenliği ve Bilgilendirme Komitesi. (2021). *14'üncü 5 Yıllık Ulusal Bilişim Planı*.

Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. (2018). *Guideline for Developing National Internet of Vehicles Industry Standard System (Intelligent & Connected Vehicle)*. Road Vehicles of Standardization Administration of China, SAC/TC114/SC34.

National Highway Traffic Safety Administration. (2014, Ağustos). Federal Motor Vehicle Safety Standards: Vehicle-to-Vehicle (V2V) Communications, 79 FR 49270. Washington, DC: U.S. Government Publishing Office.

National Highway Traffic Safety Administration. (2014). *Proposals, Submissions, and Approvals: Vehicle-to-Vehicle Security Credential Management System, Notice*. Retrieved 11/17/2023, from <https://www.regulations.gov/document/NHTSA-2014-0023-0001>

NATO. (2022, Ağustos 31). *NATO ARCHITECTURE FRAMEWORK Version 4*. Retrieved Aralık 15, 2022, from https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_157575.htm

NATO. (2022, Ağustos 31). *NATO Architecture Framework, Version 4*. Retrieved Aralık 15, 2022, from https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_157575.htm?selectedLocale=en

Q-Free. (2020). *C-ITS Roadside Unit*. Retrieved 02/02/2023, from <https://www.q-free.com/wp-content/uploads/2020/11/C-ITS-Roadside-Unit.pdf>

Q-Free. (2021). *C ITS On Board Unit*. Retrieved Şubat 02, 2023, from <https://www.q-free.com/wp-content/uploads/2021/03/C-ITS-On-Board-Unit-Product-Sheet.pdf>

Ritchie, H. (2020, Ekim 06). *Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from?* (Our World in Data) Retrieved Mart 17, 2023, from <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>

RM-ODP. (2023). *The Reference Model of Open Distributed Processing (RM-ODP)*. Retrieved Aralık 08, 2022, from <https://rm-odp-new.lcc.uma.es/>

Russell, S., & Norvig, P. (2014). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.

SAE International. (2021). *J3016_202104: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. SAE International.

SIEMENS. (2018). *SIEMENS RSU*. Retrieved 02/02/2023, from <https://www.mobotrex.com/download/download-datasheet-for-siemens-connected-vehicle-roadside-unit-rsu/?tmstv=1671115291>

SIEMENS. (2022). *Yunex Traffic*. Retrieved 02/02/2023, from https://www.yunextraffic.com/media/us/SCOOT/SCOOT_Brochure_01.pdf

SMART criteria. (2023). *SMART criteria*. Retrieved Ocak 30, 2023, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SMART_criteria&oldid=1136404883

Summary of 3GPP Release-14 Work Items. (2017, Aralık 5). Retrieved Ocak 2, 2023, from <https://blog.3g4g.co.uk/2017/12/summary-of-3gpp-release-14-work-items.html>

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2020). T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Stratejik Plan 2019-2023 (On Birinci Kalkınma Planı).

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2022). Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2020). *Ulusal AUS Strateji ve 2020-2023 Eylem Planı*. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.

U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology. (2020). *Strategic Plan 2020-2025, Rapor No: FHWA-JPO-18-746*. Washington, DC: U.S. DOT.

U. S. DOT John A. Volpe National Transportation Systems Center, Intelligent Transportation Systems joint Program Office, Office of the Assistant Secretary for Research and Technology. (2020). *Strategic Plan 2020-2025, Rapor No: FHWA-JPO-18-746*. Washington, DC: U.S. DOT.

U.K. Secretary of State for Transport, U.K. Secretary of State for Business, Energy and Industrial Strategy. (2022). *Connected & Automated Mobility 2025*.

U.S. Department of Transportation. (2023). *ITS/V2X Testing*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://www.its.dot.gov/research_areas/emerging_tech/htm/ITS_V2X_Testing.htm

U.S. Department of Transportation. (2018, 12 26). *Request for Comments: V2X Communications*. Retrieved 1 17, 2023, from <https://www.regulations.gov/document/DOT-OST-2018-0210-0001>

U.S. Department of Transportation. (2022, 10 16). *Request for Information: Enhancing the Safety of Vulnerable Road Users at Intersection, Notice*. Retrieved 1 17, 2023, from <https://www.regulations.gov/document/DOT-OST-2022-0096-0001>

U.S. Department of Transportation. (2023). *Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.arc-it.net>

U.S. Department of Transportation. (2023). *Interactive Connected Vehicle Deployment Map*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.transportation.gov/research-and-technology/interactive-connected-vehicle-deployment-map>

U.S. Department of Transportation. (2023). *Safe Streets and Roads for All (SS4A) Grant Program*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.transportation.gov/grants/SS4A>

U.S. Department of Transportation. (2023). *Strengthening Mobility and Revolutionizing Transportation (SMART) Grants Program*. Retrieved Ocak 17, 2023, from <https://www.transportation.gov/grants/SMART>

U.S. Department of Transportation. (2023). *The World View*. Retrieved Ocak 17, 2023, from https://www.its.dot.gov/cv_basics/cv_basics_world.htm

- U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. (2012, Ağustos 20). *Fact Sheet: Improving Safety and Mobility Through Connected Vehicle Technology*. Retrieved Mart 17, 2023, from https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/safetypilot_nhtsa_factsheet.pdf
- U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. (2017, Aralık). Federal Motor Vehicle Safety Standards; V2V Communications, 82 FR 3854. *U.S. Federal Register*. Washington, DC: U.S. Government Publishing Office.
- U.S. Federal Communication Commission. (2021, Mart). Use of the 5.850-5.925 GHz Band, 86 FR 23281. Washington, DC: U.S. Government Publishing Office.
- U.S. Federal Communications Commission. (1999, Aralık). Dedicated Short Range Communications of Intelligent Transportation Services, 64 FR 66405. Washington, DC: U.S. Government Publishing Office.
- U.S. Federal Communications Commission. (2004, Mart). Dedicated Short Range Communication Services and Mobile Service for Dedicated Short Range Communications of Intelligent Transportation Service in the 5.850-5.925 GHz Band (5.9 GHz Band), 69 FR 46438. Washington, DC: U.S. Government Publishing Office.
- United States. Dept. of Transportation. ITS Joint Program Office. (2016, Kasım 16). *Connected vehicle reference implementation architecture*. Retrieved Aralık 15, 2022, from <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/34754>
- US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. (2023, Ocak 10). *NHTSA: Traffic Crashes Cost America \$340 Billion in 2019*. (ABD Ulaştırma Bakanlığı Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi (US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration) Retrieved Mart 17, 2023, from <https://www.nhtsa.gov/press-releases/traffic-crashes-cost-america-billions-2019>
- US Energy Department Vehicle Technologies Office. (2021, Eylül 20). *Fuel Wasted Due to U.S. Traffic Congestion in 2020 Cut in Half from 2019 to 2020*. (ABD Enerji Bakanlığı Araç Teknolojileri Ofisi (US Energy Department Vehicle Technologies Office)) Retrieved Mart 17, 2023, from <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1204-sept-20-2021-fuel-wasted-due-us-traffic-congestion-2020-cut-half>
- USDOT. (2021). *Worldwide V2X Allocations*. Retrieved 17, 2023, from <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/2021-01/SPECTRUM%20GRAPH%2012JAN2021e.pdf>
- USDOT. (2023). *ITS4US*. Retrieved 17, 2023, from <https://www.its.dot.gov/its4us/index.htm>
- USDOT. (2023). *V2X: Near-Term Actions and Future Deployment Vision*. Retrieved 17, 2023, from https://www.its.dot.gov/research_areas/emerging_tech/htm/ITS_V2X_DeploymentVision.htm

- USDOT New York City (NYC) DOT Pilot. (2023). Retrieved Ocak 29, 2023, from https://www.its.dot.gov/pilots/pilots_nycdot.htm
- USDOT Tampa (THEA) Pilot. (2023). Retrieved Ocak 29, 2023, from https://www.its.dot.gov/pilots/pilots_thea.htm
- USDOT Wyoming (WY) DOT Pilot. (2023). Retrieved Ocak 29, 2023, from https://www.its.dot.gov/pilots/pilots_wydot.htm
- World Health Organization. (2022, Haziran 22). *Road Traffic Injuries*. (Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)) Retrieved Mart 17, 2023, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Xuyu Wang, S. M. (2017). An Overview of 3GPP Cellular Vehicle-to-Everything Standards. *GetMobile: Mobile Computing and Communications*, 3(21), 19-25.
- Yuanzhe Jin, X. L. (2022, Mart 23). *DSRC & C-V2X Comparison for Connected and Automated Vehicles in Different Traffic Scenarios*. Retrieved Şubat 01, 2023, from <https://arxiv.org/abs/2203.12553>
- ZF. (2023). *Intelligent Cars pay by Themselves - ZF*. Retrieved Ocak 30, 2023, from https://www.zf.com/mobile/de/stories_3265.html
- Zhou, H., Xu, W., Chen, J., & Wang, W. (2020). Evolutionary V2X Technologies Toward the Internet of Vehicles: Challenges and Opportunities. *Proceesings Of IEEE*, 2(108), 308 - 323.
- Zhu, L., Yu, F. R., Wang, Y., Ning, B., & Tang, T. (2018, Nisan 23). Big Data Analytics in Intelligent Transportation Systems: A Survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pp. 383 - 398.

Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (THS) ve Açıklamaları

THS	Temel Açıklama	Detay
THS 1	Temel ilkeler gözlemlendi ve raporlandı.	En düşük teknoloji hazırlık seviyesidir. Daha çok teknolojinin temel özelliklerinin kâğıt üzerinde gösterimini içerir. Bu seviyede temel araştırma prensipleri, bir gözlem veya bir rapor ile ortaya konur.
THS 2	Teknoloji konsepti veya uygulaması formüle edildi.	Teori ve bilimsel prensipler, belirli bir uygulama alanındaki konseptin tanımlanmasına odaklanır. Uygulamaların karakteristik özellikleri tanımlanır. Uygulamaların analizi veya simülasyonu için analitik araçlar geliştirilir. Herhangi deneysel bir kanıt veya detaylı bir analiz bu aşamada yoktur. Yeni konsept, fiziksel ve matematiksel prensiplere dayanmaktadır.
THS 3	Analitik ve tecrübeye dayalı olarak, kritik işlev ve/veya özellik kanıtlandı.	Konsept gösteriminin onaylandığı aşamadır. Teknoloji olgunlaşma sürecinin bu adımında aktif Ar-Ge, analitik ve laboratuvar çalışmaları ile başlamıştır. Bu seviyede THS 2'de ortaya atılan fikirler, deneysel ve analitik olarak kanıtlanmalıdır.
THS 4	Laboratuvar ortamında tezgâh üstü, bileşen ve alt bileşen doğrulaması yapıldı. Laboratuvar ortamında prototip elde edildi.	Prototipin tüm aksamaları ile entegre edildiği ve test ile doğrulanmasının yapıldığı aşamadır. Teknoloji alt bileşenleri veya temel teknolojilerinin tümü prototip üzerine entegre edilmiştir. Test aşamasında, tüm temel teknolojileri ve alt bileşenleri entegre edilmiş olan prototip, tam ölçekli problem ve veri setleri ile test edilir. Laboratuvar ortamında prototip elde edilmiştir.
THS 5	Laboratuvar prototipinin (tezgâh üstü tasarım veya bileşen) uygun çevresel ortamda doğrulaması yapıldı.	Laboratuvar prototipinin veya temsili modelin uygun çevresel ortamda (gerçek ortamı temsil eden ortamda) ilk denenmesinin ve doğrulanmasının yapıldığı aşamadır. THS 4 ve TH5 in arasındaki temel fark geliştirilmekte olan sistemin doğruluğunun (fidelity) bir kademe daha artmış olmasıdır. Prototip uygulamaları, hedef çevre ve ara yüzleri karşılamalıdır.
THS 6	Sistem/alt sistem modeli ya da prototipi, uygun çevresel ortamda gösterildi.	Tam ölçekte karşılaşılabilecek olası tüm gerçek problemlerin, uygun çevresel ortam şartlarında temsili model veya prototipe uygulandığı aşamadır. Bu aşamada prototip veya temsili model örneğin uçmak veya uzaya gönderilmek zorunda değildir. Bu ortamları simüle eden, uygun çevresel ortamda testler yapılmalıdır. Seri üretim prototipi bu aşamanın sonunda ortaya çıkarılabilir.
THS 7	Prototip operasyonel ortamda (gerçek ortam) gösterildi.	Operasyon ortamında (gerçek ortamda) sistem prototipi gösterimi aşamasıdır. Sistem veya prototip, gerçek ölçekte veya gerçek ölçeğe yakın boyutta, tüm fonksiyonların deneme gösterimi ve testler için uygundur. Operasyonel ortamda doğrulama yapılmıştır (örn. Uçuş testleri yapılması veya ilaçlar için Faz 2 çalışmasının yapılması ve Faz 3 klinik araştırması için FDA'den onay alınmış olması veya geliştirilen bir otomatik hastane yatağının hastanede belli bir süre denenmesi vb.). Seri üretim prototipinde iyileştirmeler yapılır. Prototip, tamamlayıcı ve ana sistemlerle iyi şekilde entegre olmuştur. Tasarım onayları ve testleri yapılmıştır.
THS 8	Sistem tamamlandı ve performans değerlendirmesi test ve gösterimle yapıldı (üretim hattına ilişkin hazırlıklar tamamlandı).	Sistem geliştiriminin son aşamasıdır. Çoğu kullanıcı dokümanları, eğitim dokümanları ve bakım dokümanları tamamlanmıştır. Nihai üretim çizimleri tamamlanmıştır. Tüm fonksiyonel testler operasyon ortamında farklı senaryolar ile test edilmiştir (uluslararası sertifikasyonlar örn: Amerikan Federal Havacılık Dairesi sertifikasyonu). Kalite belgeleri tamamlanmıştır.

THS 9	Sistem ticarileşti.	Sistem ömür devri planlamaları tamamlanmıştır (üretim/yatırım, işletme ve idame maliyet kalemleri, vb.). Optimum maliyet kalemleri planlanmıştır. Ürün/sistem ticarileşmiştir; pazara sunulmuştur.
----------	---------------------	--

Kaynak: TÜBİTAK Teknoloji Hazırlık Seviyesi (THS) Bilgilendirme, Erişim adresi: https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/2204/trl_tubitak_4.pdf, Erişim Tarihi: 09 Aralık 2022