

# ARAÇ İÇİ BİLGİ VE HABERLEŞME SİSTEMİ (ABHS) İÇİN VERİ TOPLAMA VE İLETİM MODELLERİ

III

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

### VERİ TOPLAMA VE İLETİM MODELLERİ DOKÜMANI

#### T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü

Aysel KANDEMİR	Genel Müdür
Esmâ DİLEK	Genel Müdür Yardımcısı
Murat Mustafa HARMAN	Daire Başkanı
Özgür TALİH	Şube Müdürü
Ertuğrul HASGÜL	Mühendis
Tuğçe KAYAKÖK	Mühendis

#### Marmara Üniversitesi VeNIT Lab

Müjdat SOYTÜRK	Proje Yöneticisi-Doç.Dr.
Berkay YAMAN	Mühendis
Burak ŞENKUŞ	Mühendis
Yavuz Selim BOSTANCI	Mühendis

ANKARA, Kasım 2023

## İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ .....	4
TABLOLAR LİSTESİ .....	5
TÜRKÇE KISALTMALAR .....	6
İNGİLİZCE KISALTMALAR .....	7
TANIMLAR .....	9
1 ABHS VE K-AUS KAPSAMI .....	11
2 K-AUS VERİ İLETİM YÖNTEMLERİ.....	13
2.1 Veri İletiminde ve Kullanımında Rol Alan Sistemler ve Birimler .....	13
2.1.1 Veri Merkezi.....	13
2.1.2 Destek Birimi.....	14
2.1.3 Saha Birimleri .....	15
2.1.4 Kişisel Birimler .....	15
2.1.5 Araçlar .....	15
2.2 Veri Merkezinden Uç Birimlere Veri Aktarımı .....	16
2.2.1 Örnek Senaryolar.....	17
2.3 Uç Birimlerden Veri Merkezine Veri Aktarımı .....	18
2.3.1 Örnek Senaryolar.....	19
3 VERİ TİPLERİ .....	25
3.1 Araç İçi Veri Tipleri.....	25
3.2 Altyapı Cihazları Kaynaklı Veri Tipleri .....	26
3.2.1 Trafik Işığı Bilgisi.....	26
3.2.2 Kamera Görüntüsü.....	27
3.2.3 Sensörlerden Elde Edilen Veriler .....	28
3.3 V2X Kaynaklı Veri Tipleri .....	29
3.3.1 Araç Dinamikleri ve Güncel Durum Bilgileri .....	30
3.3.2 Yol Güvenliği ve Anormal Trafik Koşulları .....	34

3.3.3 Kolektif Algı ve Genişletilmiş Çevre Farkındalığı .....	39
3.3.4 Sinyal Faz ve Zamanlama Bilgileri .....	42
3.3.5 Yol Geometrisi ve Yönlendirme .....	43
3.3.6 Yol Altyapısı ve Trafik İşareti Bilgileri .....	45
4 SONUÇ .....	49
KAYNAKÇA.....	51

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 K-AUS ve Bileşenleri.....	12
Şekil 2 ABHS ve Bileşenleri (VeNIT Lab, 2023).....	12
Şekil 3 Merkez Biriminin Altındaki Sınıflar.....	14
Şekil 4 Destek Biriminin Altındaki Sınıflar .....	15
Şekil 5 Birimlerin Etkileşimi.....	16
Şekil 6 Yaya Algılayan Bir Altyapının Bağlantı Şeması .....	20
Şekil 7 Araç Tarafından Yaya Algılanması ve Altyapı Etkileşimi .....	21
Şekil 8 Araçların Tespiti ve Altyapı Etkileşimi.....	22
Şekil 9 Trafik Işığı İçeren Bir Altyapı Şeması .....	23
Şekil 10 Hava Durumu Sensörleri İçeren Bir Altyapı Şeması (VeNIT Lab, 2023) .....	24
Şekil 11 Kamera İçeren Bir Altyapı Şeması .....	27
Şekil 12 Kamera Görüntüsü ile Araç Tespiti (Iwata).....	28
Şekil 13 ETSI AUS İstasyonu Mimarisi .....	30
Şekil 14 CA Temel Servisi Fonksiyonel Blok Diyagramı .....	32
Şekil 15 CAM Veri Yapısı .....	33
Şekil 16 DEN Temel Servisi Fonksiyonel Blok Diyagramı.....	36
Şekil 17 DENM Veri Yapısı.....	37
Şekil 18 CPM Veri Yapısı .....	40
Şekil 19 SPaT Veri Yapısı .....	42
Şekil 20 MAP Veri Yapısı.....	44
Şekil 21 IVIM Veri Yapısı .....	46

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 Temel V2X Mesaj Yapısı .....	29
--------------------------------------	----

## TÜRKÇE KISALTMALAR

<i>ABHS</i>	Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi
<i>AUS</i>	Akıllı Ulaşım Sistemleri
<i>DMS</i>	Değişken Mesaj İşaretleri
<i>K-AUS</i>	Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri
<i>TSD</i>	Trafik Sinyal Denetleyici

## İNGİLİZCE KISALTMALAR

<i>ASCII</i>	American Standard Code for Information Interchange (Amerikan Bilgi Değişimi Standart Kodu)
<i>ASN.1</i>	Abstract Syntax Notation One (Soyut Sözdizimi Notasyonu 1)
<i>BSM</i>	Basic Safety Message (Temel Güvenlik Mesajı)
<i>CA</i>	Cooperative Awareness (Kooperatif Farkındalık)
<i>CAM</i>	Cooperative Awareness Message (Kooperatif Farkındalık Mesajı)
<i>CPM</i>	Collective Perception Message (Toplu Algı Mesajı)
<i>CPS</i>	Collective Perception Service (Toplu Algı Hizmeti)
<i>CVRIA</i>	Connected Vehicle Reference Implementation Architecture (Bağlantılı Araç Referans Uygulama Mimarisi)
<i>DEN</i>	Decentralized Environmental Notification (Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim)
<i>DENM</i>	Decentralized Environmental Notification Message (Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim Mesajı)
<i>DSRC</i>	Dynamic Short Range Communications (Dinamik Kısa Mesafeli Haberleşme)
<i>ECU</i>	Electronic Control Unit (Elektronik Kontrol Ünitesi)
<i>FPS</i>	Frame per Second (Saniye Başına Kare)
<i>GGA</i>	Global Positioning System fix data (Küresel Konumlandırma Sistemi düzeltme verileri)
<i>GNSS</i>	Global Navigation Satellite System (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)
<i>GSV</i>	GPS Satellites in View (Görünümdeki GPS Uyduları)



<i>HDMI</i>	High Definition Multimedia Interface (Yüksek Çözünürlüklü Multimedya Arayüzü)
<i>ID</i>	Identification Number (Kimlik Numarası)
<i>ITS-S</i>	Intelligent Transportation Systems Station (Akıllı Ulaşım Sistemleri İstasyonu)
<i>IVIM</i>	Infrastructure to Vehicle Information Message (Altyapıdan Araca Bilgi Mesajı)
<i>LIDAR</i>	Light Detection and Ranging (Işık Algılama ve Uzaklık Ölçümü)
<i>NMEA</i>	National Marine Electronics Association (Ulusal Denizcilik Elektronik Birliği)
<i>OBD</i>	On-Board Diagnostics (Yerleşik Tanılama)
<i>OBU</i>	On Board Unit (Araç İçi Birim)
<i>PID</i>	Parameter ID (Parametre ID'si)
<i>PoE</i>	Power over Ethernet (Ethernet Üzerinden Güç)
<i>RMC</i>	Recommended Minimum Specific GPS/Transit Data (Önerilen Minimum Spesifik GPS/Toplu Taşıma Verileri)
<i>RSU</i>	Road Side Unit (Yol Kenarı Birimi)
<i>SPaT</i>	Signal Phase and Timing (Sinyal Faz ve Zamanlama)
<i>USDOT</i>	United States Department of Transportation (Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı)
<i>V2X</i>	Vehicle-to-Everything (Araçtan Her Şeye)
<i>WAVE</i>	Wireless Access for Vehicular Environments (Araç Ortamları için Kablosuz Erişim)

## TANIMLAR

<i>ABHS</i>	Araç İçi Bilgi ve Haberleşme Sistemi olup bu dokümanın 1. bölümünde açıklanmıştır.
<i>ARC-IT</i>	Akıllı Ulaşım Sistemlerinin planlanması, tanımlanması ve entegrasyonu için USDOT tarafından tanımlanmış bir mimari çerçevedir.
<i>ASCII</i>	Bilgisayar işlemleri ve internette veri paylaşımı sırasında metinlerin kodlanması için kullanılan yaygın bir karakter kodlama formatıdır.
<i>AUS</i>	Teknolojik yeniliklerin kullanıldığı, veri analizi, bilgi işlem ve iletişim sistemleri sayesinde kent içi ve kentler arası ulaşımın daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir hale getirilmesini amaçlayan sistemlerdir.
<i>DENM</i>	Araç-araç (V2V) ve araç-altyapı (V2I) iletişimde kullanılan bir mesaj türüdür (Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim). Sürücülere trafik kazaları, yol çalışmaları, hava durumu ve diğer çevresel olaylar hakkında bilgi sağlar.
<i>DSRC</i>	Araçların birbirleriyle veya çevresindeki nesnelere kısa mesafelerde kablosuz iletişim kurmasını sağlayan bir teknolojidir.
<i>IEEE 802.11bd</i>	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.
<i>IEEE 802.11p</i>	V2X iletişimi için kullanılan, özellikle akıllı ulaşım sistemleri için tasarlanmış bir kablosuz iletişim standardıdır.
<i>LTE-V2X</i>	Araçlar ve diğer cihazlar arasında iletişimi sağlayan LTE tabanlı bir kablosuz iletişim teknolojisidir.
<i>MAP</i>	Harita/Topoloji Bilgisi
<i>NR-V2X</i>	5G New Radio teknolojisine dayanan C-V2X haberleşme

	teknolojisidir.
<i>OBD-II</i>	Araçların kendi kendine teşhis ve raporlama yeteneğini sağlayan veri mekanizmasının 2. neslidir.
<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>PID</i>	OBD sistemlerinde paylaşılan verinin içeriğinde yer alan spesifik parametre ve değerlerin ayrıştırılması için kullanılan sayı değerleridir.
<i>RS232</i>	Telekomünikasyonda RS-232, DTE (veri terminal ekipmanı) ile DCE (veri taşıma ekipmanı) arasındaki seri ikili tek sonlu veri iletimi ve sinyalleme için kullanılan seri iletişim standardının genel adıdır.
<i>RS485</i>	RS-485, seri iletişim sistemlerinde kullanılmak üzere sürücülerin ve alıcıların elektriksel özelliklerini tanımlayan bir standarttır.
<i>RSU</i>	Otoyol kenarlarında veya şehirlerde konumlandırılarak altyapı sistemleri ve AUS istasyonları arasında bilgi alışverişine imkân veren bağlantılı bir cihazdır.
<i>TSD</i>	Sinyalize bir kavşak ya da bölgede yer alan trafik ışıkları ve diğer benzer trafik işaretçilerinin durum geçişlerinin kontrolünü sağlayan elektronik birimdir.

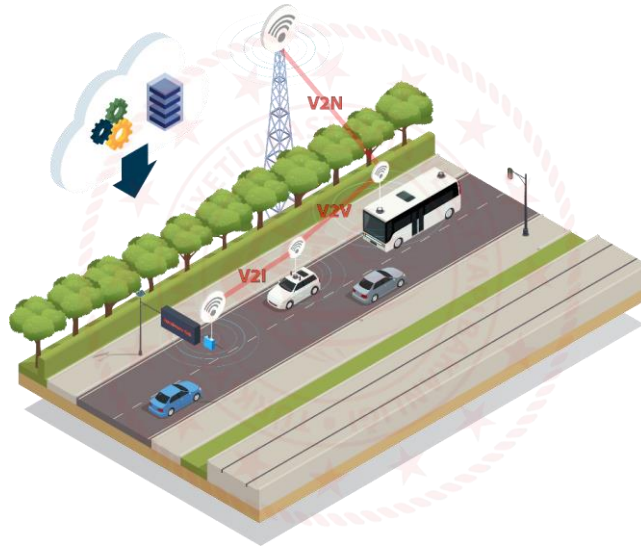
## 1 ABHS VE K-AUS KAPSAMI

Araç içi Bilgi ve Haberleşme Sistemi (ABHS); trafik ve sürüş emniyeti sağlanması, sürücülerin doğru ve kesintisiz bilgilendirilmesi, araç ve yol durum bilgilerinin toplanması, elektronik ücret toplama çözümlerinin kolaylaştırılması, trafik ve enerji verimliliğinin artması, ulaşımda geçen sürelerin kısalması ve sürüş koşulları ve konforunun iyileşmesi gibi faydalar sunan Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri (K-AUS) hizmetlerinin, trafikte seyir halinde olan araçlara sunulmasının temini için araç içinde yer alması gerekli olan donanım ve yazılım teknolojilerinin tamamına verilen isimdir. ABHS ile geleneksel sürücülü araçlarda sürücünün tehlike oluşturan ya da olağandışı olaylara karşı ve yol durumuna ilişkin olarak bilgilendirilmesi söz konusu olabilirken otonom araçlar için ise aracın uzaktan kontrolü veya durum farkındalığının artırılması sağlanabilir. Bu olağan dışı olaylara karşı bilgilendirme, durum farkındalığının artırılması ve çevresel olumsuz etkileri azaltma gibi faydalara katkı sağlamak için ABHS, araçta bulunan V2X haberleşme radyo birimi (ve yazılımları) aracılığıyla diğer araçlar ve altyapı ile sürekli ve düzenli olarak iletişim sağlayarak bilgi alışverişinde bulunur.

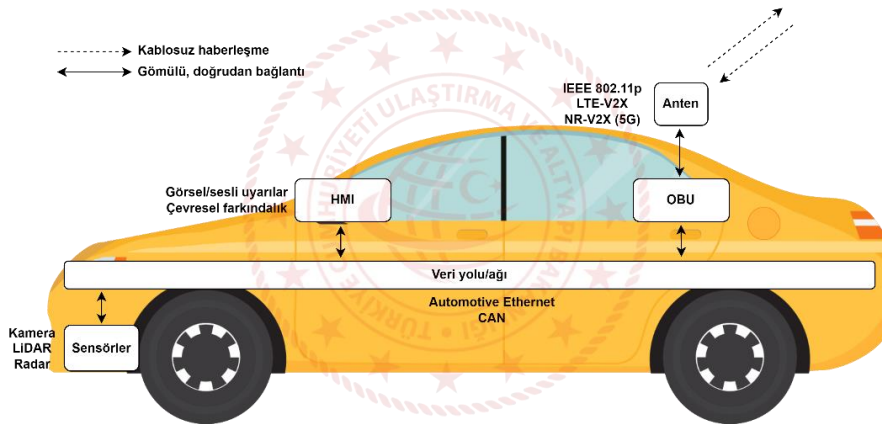
ABHS'nin merkezinde, çevredeki araçlarla ve diğer K-AUS bileşenleri ile iletişimi sağlayan araç içi birim (on-board unit, OBU) bulunur. Araç üzerinde yer alan LIDAR, radar, Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) gibi çeşitli sensörlerden alınan bilgiler, ECU (Electronic Control Unit, Elektronik Kontrol Ünitesi) aracılığıyla araç içinde bulunan ağa iletilerek çeşitli ABHS uygulamaları kullanılabilir hale gelir. Bu uygulamalar, V2X uygulamaları olabileceği gibi aracın değişen durumuna bağlı aksiyonlar alan çeşitli dahili uygulamalar da (örn. şerit takip, acil durum freni gibi) olabilir. 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 Dinamik Kısa Mesafeli Haberleşme (DSRC) temelli IEEE 802.11p, 802.11bd, LTE-V2X veya NR-V2X protokolünü destekleyen bir anten aracılığıyla bu iletişimi gerçekleştirir.

Bu çalışmada, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanarak yayımlanan Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı'nda yer alan "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.

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalar sonucunda, sadece araç içerisindeki sistem bileşenlerinin özelliklerinin belirlenmesinin yetersiz kalacağı tespit edilmiştir. Trafikte daha güvenli, verimli ve çevreci bir sürüşün sağlanabilmesi için ABHS'nin, araç içindeki yapılarla kuracağı iletişim ve veri alışverişine ek olarak trafikte seyreden diğer araçlar, altyapı bileşenleri (RSU, değişken mesaj işaretleri, trafik ışıkları gibi), (hücresele) ağ ve trafik yönetim sistemleri ile veri alışverişinde bulunması gerekmektedir. Bu nedenle ABHS'nin tüm bu yapılarla uyumlu çalışabilmesi, veri alışverişini sağlayan tüm donanım ve yazılım bileşenlerinin standardizasyonun sağlanması için K-AUS ile birlikte bir bütün olarak ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Şekil 1'de K-AUS ve bileşenleri ile Şekil 2'de ABHS ve bileşenleri şematik olarak verilmiştir.



Şekil 1 K-AUS ve Bileşenleri



Şekil 2 ABHS ve Bileşenleri (VeNIT Lab, 2023)

## 2 K-AUS VERİ İLETİM YÖNTEMLERİ

Bu bölümde K-AUS'un veri üretiminde ve kullanımında rol alan birimleri ele alınmıştır. Birimlerin işlevlerinin ne olduğu, işlevleri açısından nasıl sınıflandırılacağı ve birimler arası iletişimin nasıl gerçekleştiğine dair bilgilere yer verilmiştir.

### 2.1 Veri İletiminde ve Kullanımında Rol Alan Sistemler ve Birimler

AUS'ta verinin üretilmesi, iletilmesi, işlenmesi, görselleştirilmesinden sorumlu birimleri, ARC-IT mimarisini (USDOT, 2023) referans alarak 5 fiziksel sınıf altında inceleyebiliriz: merkez birimi, destek birimi, saha birimleri, kişisel birimler, araç (USDOT, 2023).

Veri iletiminde rol alan birimler; veri merkezi, iletim birimleri ve uç birimler olmak üzere resmi olmayan bir şekilde sınıflandırılabilir. Veri merkezi temel olarak K-AUS servislerinin ortaya çıkardığı veriyi depolayan, analiz eden, diğer servislerin kullanımı için veri paylaşımı yapabilen birimdir. Veri merkezinin bulunduğu sistem tek bir yerde konumlandırılabilir gibi dağıtık bir yapıda da bulunabilir. İletim birimleri, veri merkezi ve uç birimler arasında verinin aktarımında rol alan birimlerdir. Uç birimler ise ulaşım ortamında yer alan birimler arasında son kullanıcıya en yakın olan ve bilgiyi kullanma ya da üretme işlevleri bulunan birimlerdir. Kişisel birimler ve araçlar en temel uç birimler olarak kabul edilebilir. Bunların yanında trafik ışıkları ve trafiğe doğrudan etki edebilecek konumda bulunan diğer cihazlar da (sensörler, kameralar vb.) uç birim olarak kabul edilebilir.

Burada birimler; AUS'u destekleyen bilgi aktarımı ve ulaşım sistemlerinin, fiziksel katmandaki karşılığı olan ifadelerdir. ARC-IT mimarisine göre, birimler ve yapacakları görevler, diğer birimlerle etkileşimleri belirlenmiş olup bir referans olarak takip edilebilir.

#### 2.1.1 Veri Merkezi

Veri Merkezi, genelde fiziksel olarak AUS iletişim altyapısına yakın olmayan ve uzaktan veri depolama, uygulama, işletme, yönetim ve destek fonksiyonlarının sağlandığı birimdir. Merkezler farklı amaçlara hizmet etmek için özelleşebilir. Şekil 3'te farklı yönetim merkezleri gösterilmektedir ve bu liste genişletilebilir. Bir merkez, şekildeki bloklardan bir veya daha fazlasını bünyesinde barındırabilir. Merkezler, fiber optik kablolar vasıtasıyla saha (alan) birimleri ile iletişime geçebilir. CVRIA (Bağlantılı Araç Referans Uygulama Mimarisi) (OST-R USDOT, 2020) ve ARC-IT mimarilerini referans alarak AUS'u hayata geçirmiş Amerika Birleşik Devletleri'nde bir şehir olan Columbus örneğinde de merkezler ve saha birimlerinin iletişimi için fiber optik kablolar kullanılmıştır (Smart Columbus, 2018). Ayrıca Columbus mimarisinde, Columbus İşletim Sistemi adı altında verilerin toplandığı ve işlenerek servis edildiği bir birimden

söz edilmektedir. Yine Columbus mimarisinde, İşletim Sisteminin bulut tabanlı, ölçeklenebilir, mikro servis mimarisi ile inşa edildiğinden bahsedilmektedir. Bu İşletim Sistemi, global olarak önde gelen bulut servis sağlayıcılarının Columbus şehrine fiziksel olarak yakın hizmet bölgeleri kullanılarak dağıtık bir yapıda kurulsa da işlev ve amaç olarak merkez birimi olarak sınıflandırılabilir (Google, 2023) (Amazon, 2023).



Şekil 3 Merkez Biriminin Altındaki Sınıflar

### 2.1.2 Destek Birimi

Destek birimi de bir merkez birim olarak kabul edilmekle beraber, Şekil 4'te gösterildiği gibi çeşitli alt sistemlere sahiptir. Belirtilen alt sistemler, genellikle ulaşım ile ilgili olmayan servisleri sunmaktadır. Bunlara haberleşme ve güvenlik örnek olarak verilebilir.





**Şekil 4 Destek Biriminin Altındaki Sınıflar**

### 2.1.3 Saha Birimleri

Trafik kontrolü (örneğin, sinyal kontrol cihazları) ve gözetim yapabilen (örneğin, endüktif döngü dedektörleri, kameralar), bilgi (örneğin, Değişken Mesaj İşaretleri (DMS)) sağlayan ve bölgesel ücretlendirme (örneğin, köprü geçişi, otopark ücretlendirmesi) yöneten ulaşım ağına yakın altyapı cihazları ya da sistemleridir. Genellikle trafik kontrol merkezleri ya da benzeri veri merkezlerinde kullanılan donanım ve yazılımlardan oluşan ulaşım yönetimi fonksiyonları tarafından yönetilir. Ayrıca bağlı araç kenar ekipmanı ve hareketli unsurlar ile sabit altyapı arasında iletişim sağlayan diğer DSRC haricindeki kablosuz iletişim altyapısını da içerir.

### 2.1.4 Kişisel Birimler

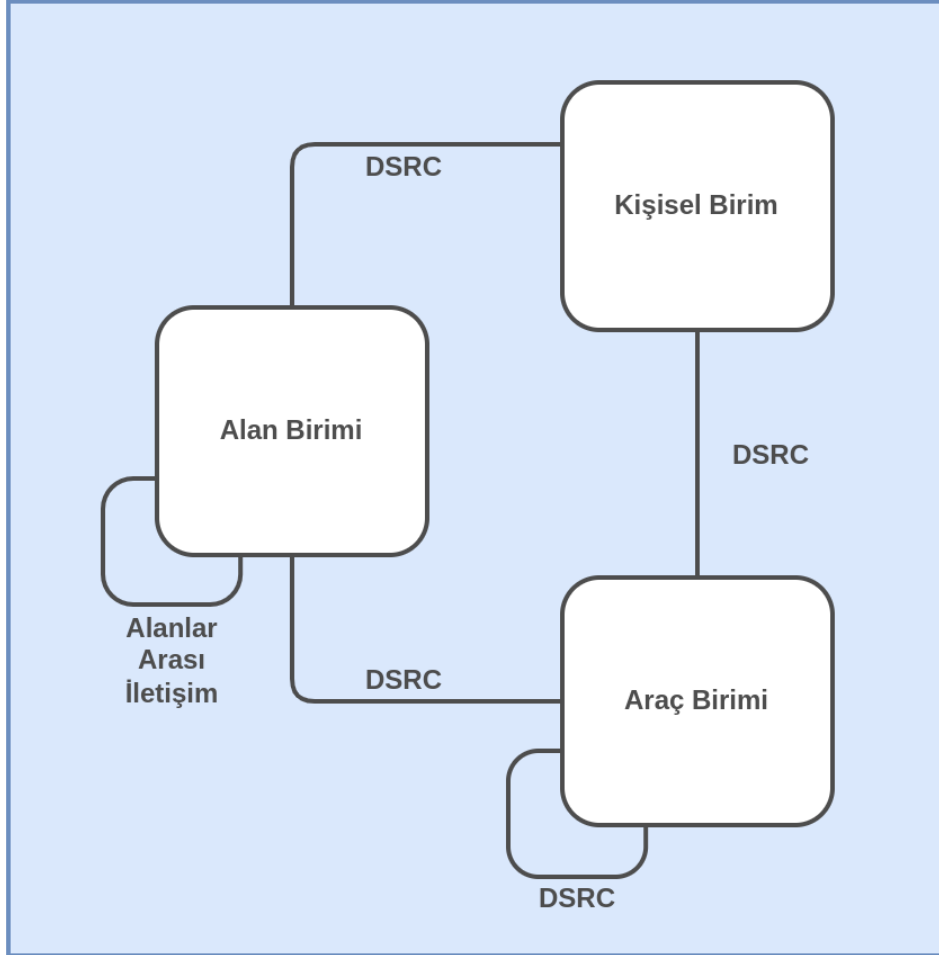
Yol kullanıcılarının (sürücüler ve yayalar) seyahatten önce ve seyahat sırasında ulaşım hizmetlerine erişmek için kullandığı ekipmanları ifade etmedir. Bunlar, seyahat eden kişiye ait olan ve kullanıcının sahip olduğu mobil ve el tipi ekipmanlar ile masaüstü ekipmanları içerir.

### 2.1.5 Araçlar

Sürücü bilgileri ve tüm araç tiplerine uygulanabilir güvenlik sistemleri dahil araçlar, bu kategoriye girmektedir. Şekil 5'te kişisel, saha ve araç birimlerinin etkileşimi gösterilmiştir. Bu



modele göre birimler, birbirleriyle DSRC vasıtasıyla haberleşmektedir. Bu birimler arasında DSRC teknolojisine alternatif olarak C-V2X haberleşme teknolojisinin kullanımı da mümkündür.



**Şekil 5 Birimlerin Etkileşimi**

## 2.2 Veri Merkezinden Uç Birimlere Veri Aktarımı

Veri merkezlerinden uç birimlere veri aktarımı, trafik güvenliğinin artırılması ve trafik verimliliğinin sağlanması için son derece önemlidir. Veri merkezleri, anlık trafik durumunu izleme, güvenlik uyarılarını değerlendirme gibi kritik işlevleri yerine getirebilir. Veri merkezlerinden uç birimlere veri aktarımı yapılırken aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Kritik bilgilerin öncelikli olarak iletilmesini sağlamak büyük bir öneme sahiptir. Acil uyarılar, çarpışma uyarıları ve gerçek zamanlı trafik güncellemeleri, alıcı istasyonlar için yüksek önem derecesine sahip olduğu için hemen aksiyon alınmasını gerektirir. Bu

sebeple, veri merkezleri; kritik bilgilerin aktarıldığı mesajlara farklı öncelik seviyeleri atamalı ve önemli verinin hızlı bir şekilde hedeflere ulaşmasını sağlamalıdır.

- V2X iletişimde paylaşılan bilgilerin sınırlı ömrü vardır. Olaylar ve trafik ortamındaki durum değişiklikleri gerçek zamanlı meydana geldiği için bunlara ait bilgiler belli bir süre sonunda geçerliliğini kaybetmektedir. Merkezi istasyon, mesajları yayınlarken verinin geçerlilik süresini dikkate almalı ve eski bilgilerin V2X ağını gereksiz yere meşgul etmesini önlemelidir.
- Güvenlik önlemleri, aracı; siber tehditlere karşı korumak için hayati öneme sahiptir. Merkezi istasyonda verilerin şifrelenmesi ve uç cihazlarda mesajların şifrelerinin çözülmesi, kimlik doğrulama ve bütünlük kontrolü işlemleri uygulanarak iletilen verinin gizliliği ve bütünlüğü korunmalıdır.
- V2X iletişimi, kritik güvenlik bilgilerini hızlı bir şekilde iletmek için düşük gecikme süreleri gerektirir. Gecikme süreleri yüksek olduğu takdirde, AUS İstasyonları içerisindeki güvenlik uygulamaları stabil bir şekilde çalışmayarak istenmeyen sonuçlara neden olabilir. Gecikme süresi ve veri iletim hızı gibi performans ölçütleri, mesajların kabul edilebilir zaman aralıklarında paylaşıldığını teyit etmek için gerçek uygulamaya (kurulumu) geçilmeden önce test istasyonları ve altyapıları kullanılarak kapsamlı bir şekilde ölçülmelidir.

## 2.2.1 Örnek Senaryolar

### 2.2.1.1 Trafik Işığı Kontrolü

Bu senaryo, merkezi istasyonun trafik ışıklarını kontrol etmek için veri toplama, analiz, karar alma ve iletişim süreçlerini içerir. Bahsedilen senaryo, trafik sıkışıklığını azaltmak, trafik akışını optimize etmek ve trafik yönetimini daha verimli hale getirmek için kullanılan bir V2X uygulaması örneğidir.

Trafik ışığı kontrolü senaryosunda, merkezi istasyon ile son üniteler arasında veri transferinin işleyişi ve sürecin ana bileşenleri aşağıdaki gibidir:

- **Veri Toplama ve İzleme:**
  - Merkezi istasyon, trafik yoğunluğunu belirlemek için çeşitli kaynaklardan veri toplar. Bu veriler; sensörler, trafik kameraları, GPS bilgileri ve diğer trafik izleme cihazları tarafından sağlanır.

- Veriler anlık trafik durumunu, kavşaklardaki araç sayısını, hızları ve diğer ilgili bilgileri içerir.
- **Trafik Yoğunluğu Analizi:**
  - Merkezi istasyon tarafından toplanan veriler analiz edilerek özellikle belirli bir kavşakta veya yol kesimindeki trafik durumu izlenebilir ve trafik yoğunluğu belirlenebilir.
  - Analiz; kavşaklardaki sinyalizasyon sistemlerinin düzenlenme gerekliliğini belirlemek, yollarda ya da bağlantı noktalarındaki yoğunluğa sebep olan durumların çözümlerini belirlemek için kullanılır.
- **Karar Alma:**
  - Yapılan analize göre sinyalizasyonda çeşitli düzenlemeler yapılabilir. Örneğin; merkezi istasyon, yoğun bir trafik saatine yaklaştığında belli bir istikametin yeşil ışık süresini uzatabilir veya trafiği yönlendirmek için farklı bir ışık düzenlemesi yapabilir. Sinyalizasyon dışında kalan bölgesel yoğunluklar için ise ilgili kamu kurumları elde edilen yoğunluk verisinden faydalanarak altyapı ve karayolu düzenlemelerini yapmaya karar verebilir.

### 2.2.1.2 Kaza Bildirimi

Bir araç kaza yaptığında, araçta bulunan OBU, kazayı algılar ve merkezi istasyona bir acil durum mesajı gönderir. Merkezi istasyon, bu acil durum mesajını alır ve gerektiğinde ilgili acil servis birimlerine bildirir. Aynı zamanda, kazanın olduğu yere yakın Yol Kenarı Birimleri, kazayla ilgili uyarılar yayınlayarak trafik akışını düzenleyebilir.

### 2.2.1.3 Hava Durumu Uyarıları

Merkezi istasyon, hava durumu tahminlerini izler ve olumsuz hava koşullarıyla ilgili uyarılar oluşturur. Bu uyarılar, Yol Kenarı Birimleri aracılığıyla yoldaki sürücülere ve araçlara iletilir. Sürücüler, bu bilgileri alarak sürüşlerini olumsuz hava koşullarına uygun şekilde ayarlayabilirler.

## 2.3 Uç Birimlerden Veri Merkezine Veri Aktarımı

Uç birimler, bir önceki bölümde anlatıldığı gibi veri merkezinden veri olarak bilgiye dönüşümü gerçekleştirir ve ihtiyacı doğrultusunda kullanır. Bu bölümde de bir önceki bölümün tersi olarak uç birimlerden veri merkezine veri aktarımı ele alınmıştır.

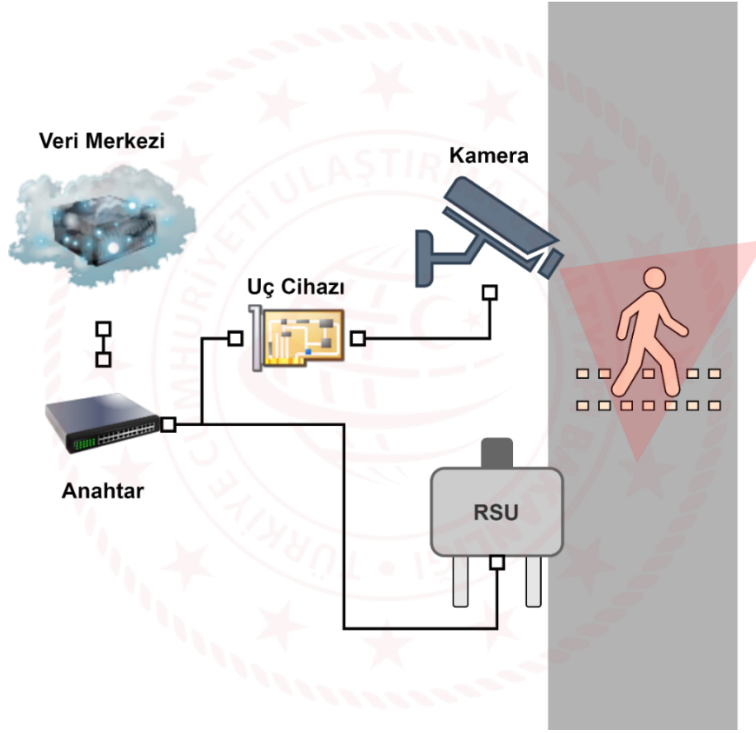
### 2.3.1 Örnek Senaryolar

Uç birimlerden veri merkezine veri aktarımını daha somut anlatabilmek için bu bölümde örnek senaryolar verilmiştir.

#### 2.3.1.1 Yaya Bilgisi Paylaşımı

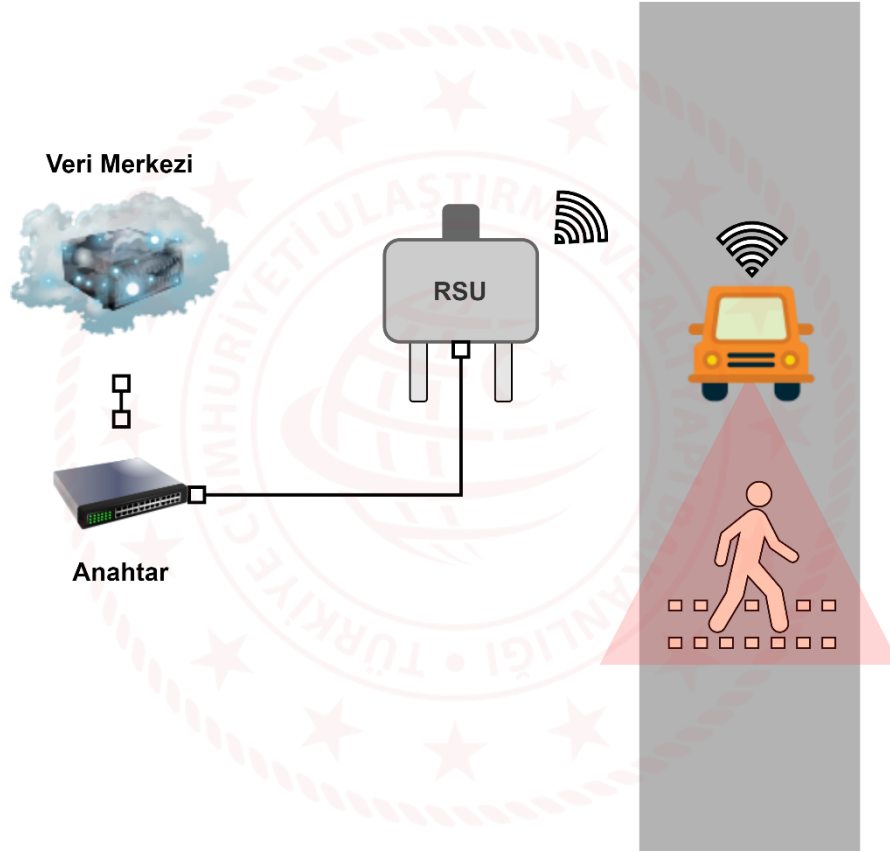
Trafik ortamında yer alan yayalar, özellikle araçlarla beraber aynı bölgede bulunmalarından dolayı hayati tehlikelere açıktırlar. Yayaların güvenliğinin artırılması, K-AUS uygulamalarının içinde öncelik verilmesi gereken çözümlerden yalnızca bir tanesidir. Bu senaryoda trafik ortamında bulunan yayalar algılanarak konum, hareket hızı, ölçü gibi bilgilerin veri merkezine aktarılması hedeflenmektedir.

Yaya algılama işleminde; sensör kullanımı ve mobil sinyal analizi gibi farklı yöntemler de bulunmasına karşın genel olarak yayaların tespiti, kameralar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Şekil 6'da yaya algılama işlemini gerçekleştirebilen bir altyapı sisteminin temel bileşenleri ve bunların birbirleriyle olan bağlantıları gösterilmiştir. Takibin yapıldığı bölgede yer alan kamera, bağlı olduğu uç cihazına sürekli olarak görüntü verisi aktarmaktadır. Uç cihazı içerisine kodlanmış algılama yazılımı sayesinde yayanın konum, hareket hızı gibi çeşitli özellikleri saptanmaktadır. Bu özellikler, ilgili kameranın ve altyapının kabiliyetlerine göre çeşitlilik gösterebilir.



**Şekil 6 Yaya Algılayan Bir Altyapının Bağlantı Şeması**

K-AUS bağlamında değerlendirildiğinde, kamera tarafından algılanan yayanın bilgisi, öncelikli olarak RSU'nun ihtiyaç duyduğu bir bilgidir. Çünkü ilgili bölgede bulunan diğer birimler, ortamdaki yayadan haberdar olmalıdır. Örneğin, ilgili bölgeye yaklaşan bir araç, herhangi bir tehlikeyi asgari düzeye indirebilmek için bu bilgiyi ilk alan birimlerden biri olmalıdır. Dolayısıyla, uç cihazından üretilen yaya bilgisi, RSU tarafından alınıp ilgili bölgeye Toplu Algı Mesajı (Collective Perception Message, CPM) paketleriyle yayılabilir. Veri merkezi de çeşitli bölgelerdeki yaya bilgisini, o bölgelerde bulunan uç cihazlarından alır. Alınan bu bilgiler, o bölgelerdeki yaya yoğunluğunu saptamak gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bu da geliştirilecek diğer servis ve uygulamaların, yoğunluk kriterini dikkate alarak geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

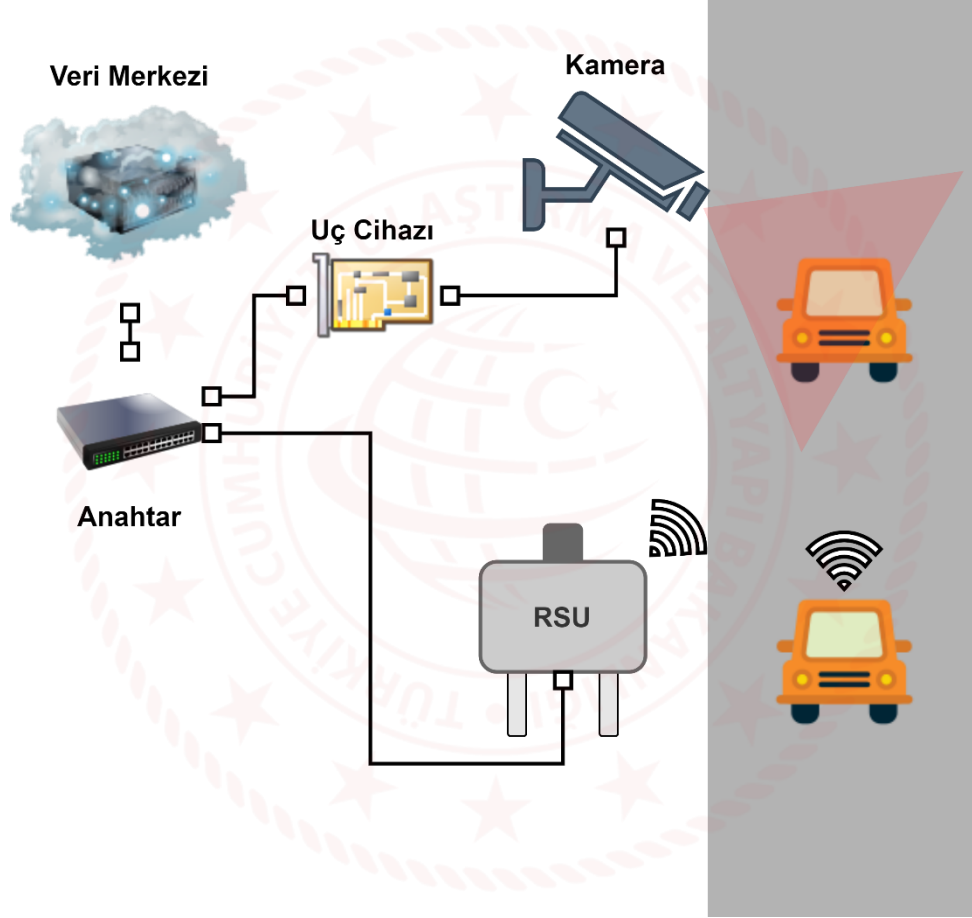


**Şekil 7 Araç Tarafından Yaya Algılanması ve Altyapı Etkileşimi**

Aynı senaryo için ikinci bir yöntem Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu yöntemde, araçta bulunan kamera veya aynı işlevi görebilecek başka bir sensör tarafından öndeki yaya algılanabilir. Bu durumda da algılanan yayanın bilgisi, V2X haberleşmesi ile araçtan önce RSU'ya, sonrasında da altyapı üzerinden veri merkezine gönderilebilir.

### 2.3.1.2 Araç Bilgisi Paylaşımı

Trafik ortamında en yaygın bulunan birimler, genellikle araçlardır. Zamana göre hangi araçların hangi bölgelerde bulduklarının bilgisi veri merkezi için oldukça değerli bir bilgidir. Bu bölümde herhangi bir bölgede bulunan araçların bilgisinin veri merkezine aktarılması anlatılmaktadır.



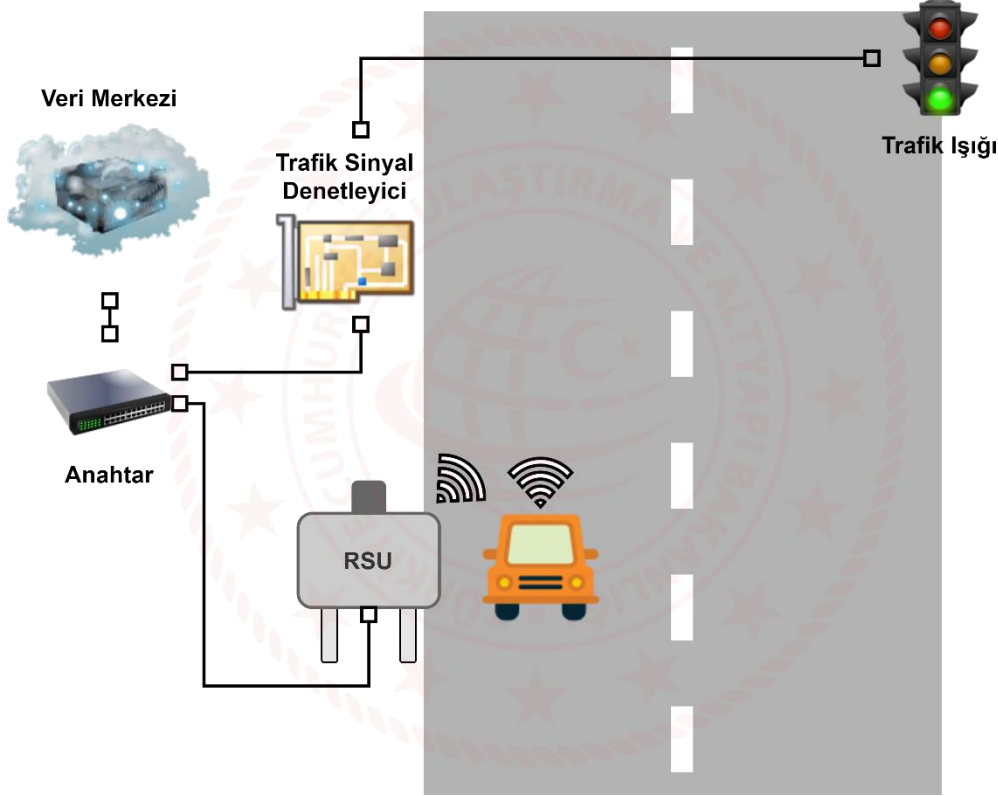
**Şekil 8 Araçların Tespiti ve Altyapı Etkileşimi**

Trafik ortamında bir bölgede bağlantılı araçlarla beraber, kablosuz haberleşme özelliği olmayan araçlar da bulunabilir. Bu durum araçların tespit yönteminde farklılık oluşturmaktadır. Bağlantılı araçlar haberleşme özelliğine sahip olduğu için araçtan yayılan Kooperatif Farkındalık Mesajı (CAM) paketlerini alan RSU; aracın tipini, anlık konumunu, hızını, yönünü öğrenebilir. Bu bilgiler de altyapı üzerinden doğrudan veri merkezi ile paylaşılabilir. Standart araçların tespiti için de kamera kullanılmasına ihtiyaç vardır. Aracın tespiti ve araç bilgisinin veri merkezine gönderilmesi, bir önceki senaryoda yaya için anlatılana benzemektedir. Şekil 8'de, araçların tespiti ve altyapı ile etkileşimi görselleştirilmiştir.

Araç bilgisinin veri merkezine aktarılması, birçok farklı servis ve uygulamanın geliştirilebilmesinin önünü açmaktadır. Basit bir örnek olarak bölgelerdeki zamana göre değişen araç sayısı verisine veri merkezlerinin sahip olması, trafik yoğunluğuna ilişkin bilginin de elde edilmesini sağlar. Bu kapsamda elde edilen araç sayısı ve araç tipi gibi bilgiler ile altyapı geliştirmelerini planlama, ihtiyaç duyulan güvenlik önlemlerini konumlandırma, sinyalizasyon periyotlarını optimize etme gibi süreçler kolaylaştırılabilir.

### 2.3.1.3 Trafik Işığı Bilgisi Paylaşımı

Trafik akışının verimini ve güvenliğini artırmak amacıyla sinyalizasyon sistemlerinin kullanımı, günümüze kadar çok yaygın bir şekilde devam etmiştir. Bu bölümde herhangi bir bölgede bulunan trafik ışıklarının bilgisinin, veri merkezine aktarılması anlatılmaktadır.



**Şekil 9 Trafik Işığı İçeren Bir Altyapı Şeması**

Trafik ışıklarının kontrolünde yer alan birimler Şekil 9'da gösterilmiştir. Trafik ışıkları, Trafik Sinyal Denetleyici'ye (TSD) kablolu olarak bağlıdır. TSD, ilgili kavşak ya da yolda yer alan bir elektrik panosundaki anahtara (switch) bağlanmaktadır. Bu anahtar, trafik ışıklarını ve diğer trafik cihazlarını yöneten merkezi bir sunucuya bağlanabilecek şekilde ayarlanmıştır. Bu sayede, uzakta bulunan ilgili sunucuya ya da veri merkezine, o kavşağın faz ve zamanlama bilgisi aktarılabilir. Anahtara, ihtiyaca göre birçok farklı ABHS ya da trafik ekipmanı bağlanabilir. Burada belirtilen yapı, bölgenin ihtiyaçlarına ve oluşturulan sistemin özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Örneğin, V2X haberleşmesinin sağlanması için RSU bağlanabilir.

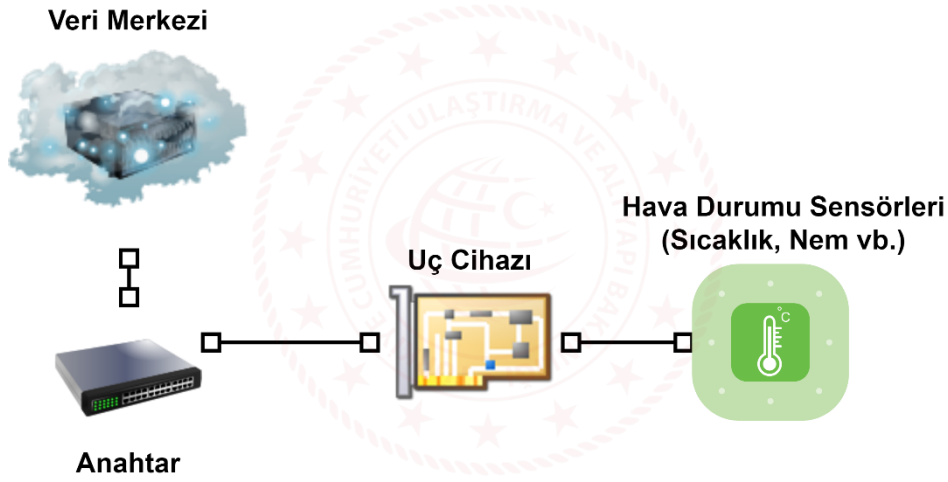
Kavşaklarda yer alan trafik ışıkları, genellikle TSD üzerinde kontrol edilen periyodik döngüler ile sinyal bilgisini almaktadır. TSD'de süregelen döngü, zamana göre trafik ışıklarının renk bağlantılarındaki voltaj değerlerini değiştirerek ilgili renklerin yanmasını sağlamaktadır.



ABHS kapsamında trafik ışığı bilgisinin veri merkezi ile paylaşımı, temel olarak sinyalizasyon döngülerinin optimize edilmesi amacıyla kullanılabilir. Ancak yalnızca trafik ışıklarının bilgisi ideal optimizasyon için yeterli olmayacaktır. Trafik ışığı bilgisini destekleyici olarak 2.3.1.1 ve 2.3.1.2 numaralı bölümlerde bahsedilen yaya ve araç bilgisi paylaşımı ile optimizasyon işlemleri daha faydalı hale getirilebilir.

### 2.3.1.4 Hava Durumu Bilgisi Paylaşımı

ABHS'ye yönelik çözümlerin geliştirilmesinde, hava durumu verileri çeşitli kullanım senaryolarına dahil edilebilir. Bu bölümde, hava durumu sensörlerinden toplanan verinin veri merkezine aktarılması anlatılmaktadır.



**Şekil 10 Hava Durumu Sensörleri İçeren Bir Altyapı Şeması (VeNIT Lab, 2023)**

Rüzgâr, yağmur, sıcaklık, nem, sis gibi meteorolojik olayların ölçümünün yapılması için birçok farklı marka ve modelde sensör bulunmaktadır. Bu sensörlerde genellikle RS232 (Texas Instruments, 2002) ve RS485 (Texas Instruments, 2007) arabirimleri kullanılarak veriler aktarılmaktadır. Bu arabirimler üzerinden bağlantı sağlayan bir uç cihazı, bu verileri işleyerek kullanılabilir bir formata dönüştürmektedir. Altyapı bağlantısı kullanılarak veri merkezine aktarım sağlanmaktadır.

V2X haberleşmesinde kullanılan Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim Mesajı (Decentralized Environmental Notification Message, DENM) mesajlarında yoldaki çeşitli uyarılar ve beklenmedik durumlar bildirilmektedir. Hayati tehlike oluşturabilecek olumsuz hava koşullarının bildirilmesi de DENM mesajları ile yapılabilmektedir. ABHS kapsamında da sensörlerden toplanan ve analiz edilen hava durumu verileri, araçlar ile paylaşarak daha güvenli bir yolculuk yapılması sağlanabilmektedir.

### 3 VERİ TIPLERİ

Bu bölümde, K-AUS bileşenlerinin oluşturduğu, çeşitli servisler tarafından kullanılan verilerin formatları ve aktarım türleri yer almaktadır.

#### 3.1 Araç İçi Veri Tipleri

Araç, AUS'un bir parçası olarak değerlendirildiğinde, içerdiği bileşenleri; Araç İçi Birimi (OBU), OBU'yu aracın anlık telematiği hakkında besleyen veri yolu ve ona bağlı bileşenler, GNSS alıcısı, işlem birimi (bilgisayar) ve görüntü ünitesi (monitör) olarak sıralanabilir. OBU; bulunduğu bölge ve kullandığı standartlara göre AUS mesajları üretir ve gelen mesajları karşılar. Bu mesajların formatları, Avrupa için ETSI standartlarında belirtilmiştir ve 3.3 numaralı bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

GNSS alıcısından alınan veri formatı, Ulusal Denizcilik Elektronik Birliği (NMEA) standardında belirlenmiştir. NMEA standardında farklı veri tiplerini tanımlayan cümleler mevcuttur ve alınan veriler, Amerikan Bilgi Değişimi Standart Kodu (ASCII) karakter dizisidir. NMEA cümlelerinden bazıları aşağıdaki gibidir (OpenCPN, 2023). Verilen bu cümleler örnektir. Çok sayıda cümle bulunmakla birlikte, aşağıda verilen cümleler, işlevlerin asgari düzeyde karşılanması için yeterlidir.

- **GGA:** GPS fix (temel) verisi olarak isimlendirilmektedir. Zaman, enlem, boylam, GPS kalite bilgisi, uydu sayısı gibi temel verileri içermektedir.
- **RMC:** GGA cümlesine benzerdir. Zaman, enlem, boylam, yarım küre, hız, yön gibi bilgiler içerir.
- **GSV:** Verilerin alındığı GPS uyduları hakkında bilgi içerir.

Aracın veri yolunda iletilen veriler, üreticiden üreticiye değişebilse de SAE J1979<sup>1</sup> standardında bazı OBD-II PID'lerine erişilebilmektedir (Smart Columbus, 2018). Monitörün işlem kapasitesinden yoksun olması durumunda, HDMI; DisplayPort<sup>2</sup> gibi görüntü aktarma arayüzleri ile işlem biriminden alınan verileri görüntü olarak verebilir. Araç içi bilgisayar ve OBU, ethernet

<sup>1</sup> SAE J1979/ISO 15031-5 seti, aracın OBD sistemleri ile mevzuatta yer alan emisyonlarla ilgili OBD kapsamında araçlara uygulanan test ekipmanları arasındaki iletişimi içermektedir.

<sup>2</sup> Video kaynaklarını görüntü cihazlarına bağlamak için kullanılan yeni nesil bir dijital görüntü arabirimidir.

arayüzü ile veri transferi gerçekleştirebilir ve gerçekleştirilecek verinin formatı araç içi bilgisayarın ihtiyaçları doğrultusunda belirlenebilir.

### 3.2 Altyapı Cihazları Kaynaklı Veri Tipleri

K-AUS senaryolarının önemli bir bölümü, RSU'dan paylaşılan mesajların içeriğine göre şekillenmektedir. Bu tarz senaryolara aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Hassas Yol Kullanıcısı,
- Trafik Sıkışıklığı Bildirimi,
- Kaza Bildirimi,
- Trafik Işığı Faz ve Zaman Bilgisi.

RSU, bu senaryoların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan veriyi üretmekten ziyade, farklı altyapı cihazlarının (kamera, trafik ışığı gibi) ürettiği veriyi kullanarak mesajların içeriğini oluşturmaktadır. Örneğin, Hassas Yol Kullanıcısı tespiti senaryosunda, yol üstlerinde ve kavşaklarda bulunan kameralar, 7/24 çalışarak ortamın görüntüsünü ilgili merkezlere ya da birimlere aktarmaktadır. Bu görüntünün işlenmesi ile ortamda bulunan yayaların başta pozisyon olmak üzere çeşitli bilgileri hesaplanarak RSU'ya iletilmektedir. Bu bilgi de RSU tarafından V2X haberleşmesi ile ilgili ortama yayımlanmakta ya da altyapı üzerinden buluta aktarılmaktadır.

Aşağıdaki bölümlerde, altyapı cihazları tarafından üretilen veriler, bu verilerin nasıl aktarıldığı ve ne amaçla kullanıldığı ele alınmıştır.

#### 3.2.1 Trafik Işığı Bilgisi

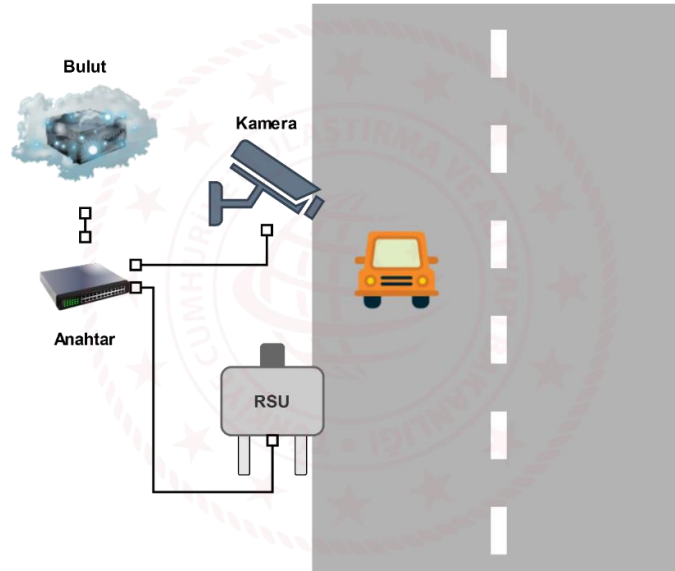
Trafik ışığı bilgisinin altyapı üzerinde dolaşımı ve veri merkezine aktarımı 2.3.1.3 numaralı bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. TSD; içerisine kodlanan yazılım ve döngüye göre zamana bağlı olarak trafik ışıklarının faz değişimini yaparken, anahtara bağlı diğer cihazlar ya da sunucular ile faz ve zaman bilgisini paylaşabilir. Örneğin, RSU; TSD'den aldığı faz ve zamanlama bilgisine göre SAE J2735 standardında<sup>3</sup> tanımlanan SPaT (SAE, 2022) mesajları ile bu bilgiyi V2X haberleşmesi yoluyla araçlara bildirebilir. SPaT mesajının yapısı ile ilgili detaylı açıklama, 3.3.4 numaralı bölümde yapılmıştır.

<sup>3</sup> V2X haberleşme sistemlerini kullanan uygulamalar tarafından kullanılmak üzere bir mesaj setini ve onun veri çerçevelerini ve veri öğelerini belirten standarttır.

### 3.2.2 Kamera Görüntüsü

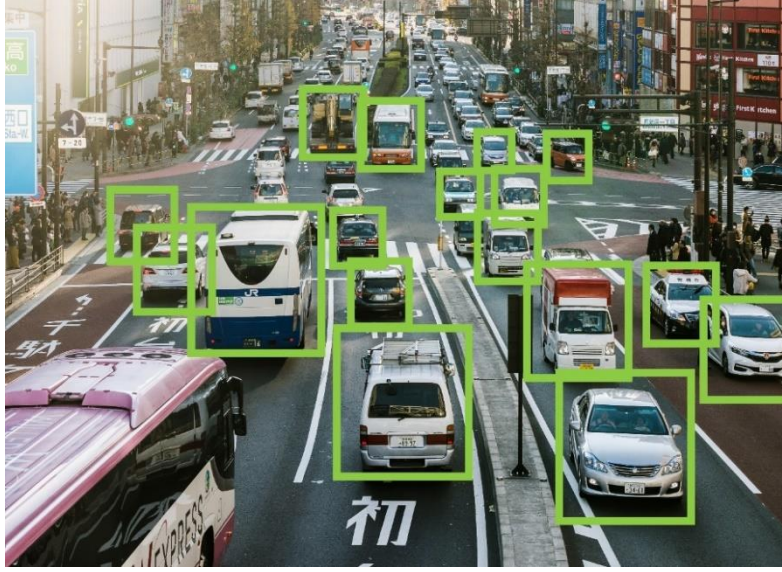
ABHS'nin altyapı sistemlerinde kamera görüntüleri anahtar bir role sahiptir. Kamera teknolojisi, gerçek zamanlı trafik akışını izlemek, trafik sıkışıklığını tespit etmek, kaza anlarındaki durumları analiz etmek ve park alanlarının durumunu kontrol etmek gibi birçok amaç için kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerde genellikle yüksek çözünürlüklü kameralar ve gelişmiş görüntü işleme algoritmaları kullanılmaktadır. Gelişen yapay zekâ teknolojileri sayesinde, kameralar sadece görüntü kaydetmekle kalmamakta, aynı zamanda bu görüntüleri anlamlandırmak için derin öğrenme modellerini de kullanabilmektedir. Örneğin; araç tespiti, plaka tanıma ve yaya hareket analizi, bu alandaki popüler uygulamalardan bazılarıdır.

Londra'da kamera görüntüsünün kullanıldığı örnek bir çalışmada, haftanın belli gün ve saatlerinde Londra'nın merkez bölgesinde trafikte bulunan araçlar tespit edilerek bu araçlara otomatik olarak belirli bir ücretlendirme yapılmaktadır (TfL, 2003).



Şekil 11 Kamera İçeren Bir Altyapı Şeması

**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de gösterilen örnek şemada, kamera ve RSU aynı anahtara bağlıdır. Kamera ve RSU'nun bağlantısında genellikle Power over Ethernet (PoE) kullanılmaktadır. Kameranın özelliklerine göre belli Saniye Başına Kare (FPS) değerinde ve çözünürlükte ortaya çıkan görüntüler, herhangi bir video formatında gönderilebilmektedir. Gönderilen bu görüntü, buluttaki bir sunucuda ya da doğrudan anahtara bağlı bir uç cihazında işlenerek çeşitli çıktılar elde edilebilmektedir. Bu çıktılara örnek olarak Şekil 12'de gösterilen kamera görüntüsünden araç tespiti verilebilir. RSU da tespit bilgisine dayanarak ilgili mesajları yayınlamaktadır.



**Şekil 12 Kamera Görüntüsü ile Araç Tespiti (Iwata)**

ABHS kapsamında kamera görüntüsü, birçok farklı kullanım senaryosunu gerçekleştirmek için kullanılabilir. Yenilikçi teknolojiler ve algoritmalar sayesinde, şehirler, trafiği daha etkili bir şekilde yönetebilmekte ve böylece hem ulaşımın verimliliğini artırabilmekte hem de trafikle ilgili riskleri azaltabilmektedir.

### 3.2.3 Sensörlerden Elde Edilen Veriler

Yol üstleri, kaldırımlar, park yerleri gibi alanlarda durum değişikliklerinin ve olayların tespiti amacıyla çeşitli sensörler kullanılabilir. Bu sensörlerden, genellikle bilgi vermek ve verimliliği artırmak amacıyla yararlanılmaktadır. Hareket, ses ve yakınlık tespit sensörleri, örnek olarak verilebilir.

Örnek bir senaryo olarak uygun park alanı bilgisinin paylaşılması verilebilir. Park alanlarında araç park yerlerine yerleştirilecek basit yakınlık (proximity) sensörlerinden alınan dolu/boş bilgisi, park alanı yönetim sistemine aktarılır. Park alanının uygun bölgelerinde konumlandırılacak RSU'lar aracılığıyla bu bilgi park alanına yeni giren araçlar ile paylaşılarak yönlendirme yapılması sağlanabilir.

Bir diğer senaryo da 2.3.1.4 numaralı bölümde bahsedilen hava durumu sensörleri kullanılabilir. Bu sensörlerden elde edilen olumsuz hava şartlarını belirten bilgiler, DENM paketleri içerisinde kullanılabilir. Bu sayede, ilgili bölgede bulunan ya da o bölgeye yaklaşan araçlar, olumsuz hava şartları ile ilgili uyarı alabilir.

Sensörlerden elde edilen veriler genellikle oldukça basit bir yapıya sahiptir. Çoğu sensör, sahip olduğu veri aktarım arayüzü üzerinden yalnızca bir ya da birkaç sayısal değer paylaşmaktadır.

Örneğin bir sıcaklık sensörü yalnızca anlık sıcaklık değerini paylaşma işlevine sahip olduğu için bu değer birkaç bittin meydana gelmektedir. Yakınlık, hareket ve diğer birçok sensör için de durum benzerdir.

### 3.3 V2X Kaynaklı Veri Tipleri

V2X haberleşmesi; ulaşım sistemlerinde araçlar, altyapı ve yol çevresinin farklı ögeleri arasında gerçek zamanlı iletişimi mümkün kılar. Bu iletişim modelinin merkezinde, öncelikli bir faktör olan unsur, V2X mesajlarıdır. V2X mesajları; araçların, yol altyapısının ve ulaşım ekosisteminin diğer bileşenlerinin veri alışverişini mümkün kılan paketler halindeki bilgilerdir. V2X mesajları, V2X haberleşmesinin temelini oluşturarak gerçek zamanlı bilgi alışverişi ve bağlantılı bir ekosistem oluşturur. Bu mesajların başarılı bir şekilde iletilmesi ve alınması, araçların daha bilinçli kararlar almasını, değişen koşullara adapte olmasını ve çevreleri ile uyumlu bir etkileşimde bulunmasını sağlar. V2X mesajları aracılığıyla; araçlar çevrelerini daha iyi anlayabilir, potansiyel tehlikeleri öngörebilir ve yol güvenliğini ve verimliliğini artırma çabasına katkı sağlayabilir.

**Tablo 1 Temel V2X Mesaj Yapısı**

MAC Başlığı	Temel Ağ Başlığı	Güvenlik Başlığı (sertifika bilgisi vb.)	Güvenli Ağ Başlığı	Güvenli Taşıma Başlığı	Güvenli Taşıma Başlığı	İçerik (payload) (CAM, DENM...)	Güvenlik Eki (imza)	MAC Kontrol Dizisi
-------------	------------------	---	--------------------	------------------------	------------------------	------------------------------------	------------------------	--------------------

V2X mesajları; çeşitli senaryoları, ulaşım ihtiyaçlarını ve güvenlik gereksinimlerini ele alan çeşitli mesaj türlerini içerir. Bu mesaj türleri; trafik koşullarının dinamiklerini, yol güvenliğini ve trafik verimliliğini ele alarak ulaşım ekosisteminin farklı yönlerine yönelik etkili çözümler sunar.

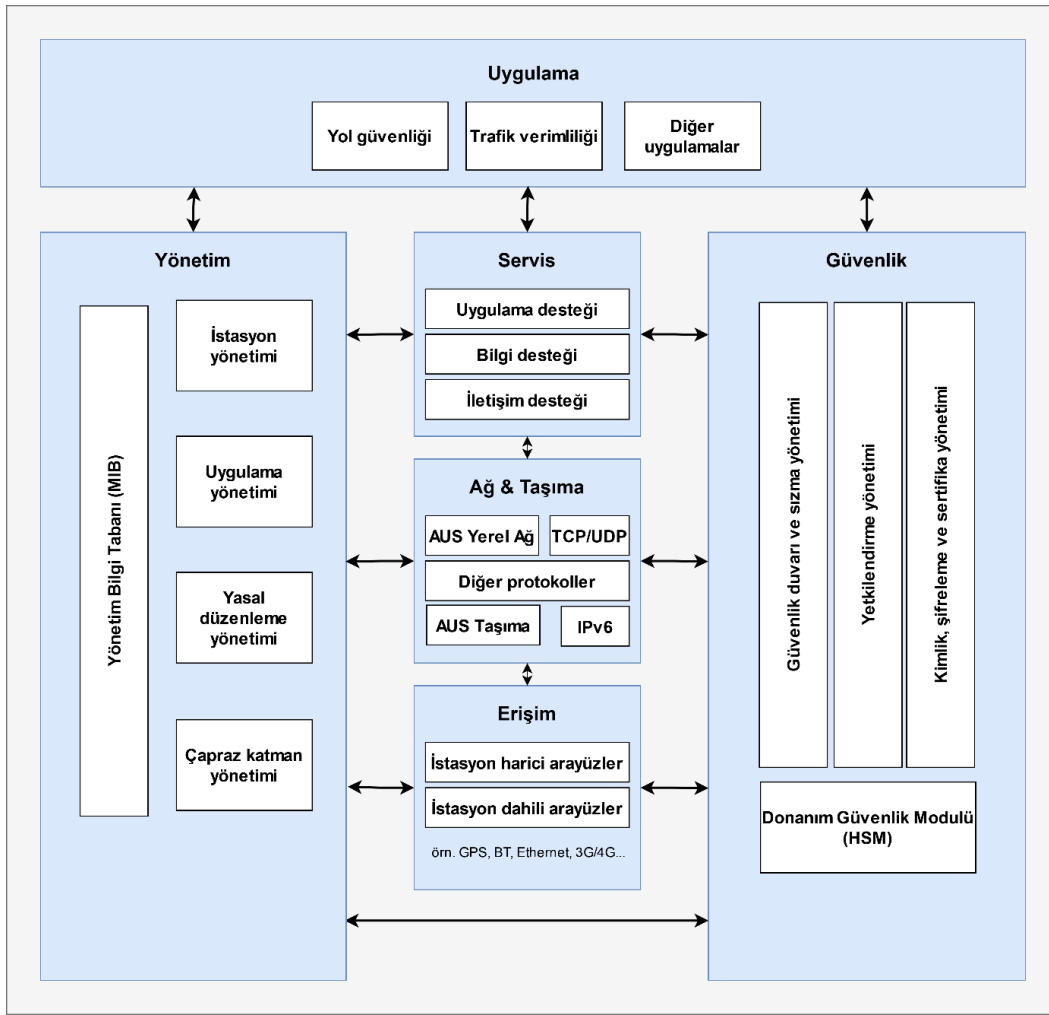
Tablo 1’de yer alan İçerik bölümünde aşağıda detayları verilen birçok V2X mesajı yer alabilmektedir. Bu mesajların tamamı AUS başlığı (ITS header) olarak isimlendirilen bir veri yapısına sahiptir. Bu başlık aşağıdaki verileri içermektedir (ETSI, 2018):

- Protokol versiyonu: İlgili mesajın hangi protokol versiyonunu kullandığını belirtir. 0-255 arası bir değere sahip olabilir.
- Mesaj ID’si: İlgili mesajın tipini belirten mesaj numarasıdır. Temel mesajlar olan DENM ve CAM sırasıyla 1 ve 2 numaraları ile belirtilir. Diğer mesaj tipleri de birbirinden farklı numaralara sahiptir. 0-255 arası bir değere sahip olabilir.
- İstasyon ID’si: Mesajın gönderimini yapan AUS istasyonunun numarasıdır. 0-4294967295 arası bir değere sahip olabilir.



### 3.3.1 Araç Dinamikleri ve Güncel Durum Bilgileri

Kooperatif Farkındalık Mesajları<sup>4</sup> (Cooperative Awareness Message, CAM), V2X haberleşmesinde yer alan önemli mesaj türlerinden biridir. Ulaşım ekosistemi içindeki araçlar arası gerçek zamanlı etkileşimi kolaylaştırma konusunda kilit bir rol oynar. Bu mesajlar, araçların güncel durum ve dinamiklerini yakındaki araçlarla, altyapıyla ve trafik yönetim sistemleriyle paylaşımlarını sağlar (ETSI, 2014). Mesajı teslim alanlara, çevrelerinin kapsamlı bir görünümünü sunarak artırılmış durumsal farkındalık, geliştirilmiş güvenlik ve kooperatif sürüş uygulamalarına katkı sağlar.



Şekil 13 ETSl AUS İstasyonu Mimarisi

Kooperatif Farkındalık (Cooperative Awareness, CA) Temel Servisi, AUS içerisinde kritik bir bileşeni temsil etmektedir. Şekil 13'te gösterilen AUS istasyonu mimarisinin Servis

<sup>4</sup> Mesajın tanımlandığı standart: ETSl EN 302 637-2

Katmanı'nda bulunan bu servis, CAM'lerin gönderilmesi, alınması ve yönetiminden sorumludur. Bu servis, bu mesajların etkin bir şekilde yayılması için AUS'un ağ ve taşıma katmanının yeteneklerini kullanmaktadır.

CA Temel Servisi, Servis Katmanı içerisinde Uygulama Destek alanının bir parçasıdır. CAM'lerin yönetilmesi için belirli alt-fonksiyonlar ile tasarlanmıştır. CA Temel Servisinin Alt-Fonksiyonları şu şekildedir:

- **CAM Kodlama:** Bu alt-fonksiyon, en güncel araç içi verileri dahil ederek önceden tanımlanmış bir formatta CAM'leri oluşturmaktan sorumludur.
- **CAM Çözme:** Bu alt-fonksiyon, alınan CAM'leri daha ileri işlemler için çözmektedir.
- **CAM Veri İletimi Yönetimi:** AUS içerisinde yer alan CA temel servisinin bir alt-fonksiyonudur. Bu alt-fonksiyon, aşağıdaki başlıklardan sorumludur:
  - **Etkinleştirme ve Sonlandırma:** CAM iletim sürecini başlatır ve sona erdirir.
  - **Frekans Yönetimi:** CAM oluşturma frekansını belirler; alt ve üst limitler sırasıyla 10 Hz ve 1 Hz olarak tanımlanmıştır.
  - **Tetikleme:** Yeni bir CAM'ın ne zaman oluşturulacağını belirler, genellikle kaynak AUS İstasyonu'nun dinamikleri ve kanal tıkanıklığı durumuna dayalıdır.
  - **Kanal Tıkanıklığı Kontrolü:** Kanal kullanım gereksinimlerine uygun olarak CAM oluşturma hızını yönetir.
  - **İletişim Menzili:** CAM'lerin belirlenmiş doğrudan iletişim menzili içerisindeki tüm AUS İstasyonlarına gönderildiğinden emin olur.
- **CAM Veri Kabul Yönetimi:** Bir CAM alındığında, CA temel servisi bu içeriği, alıcı AUS İstasyonu içerisindeki AUS uygulamalarına ve diğer olanaklara, örneğin Yerel Dinamik Harita'ya sunar. Alınan bilgiler, potansiyel çarpışma riskinin değerlendirilmesi dahil olmak üzere çeşitli AUS uygulamalarını desteklemek için kullanılır.

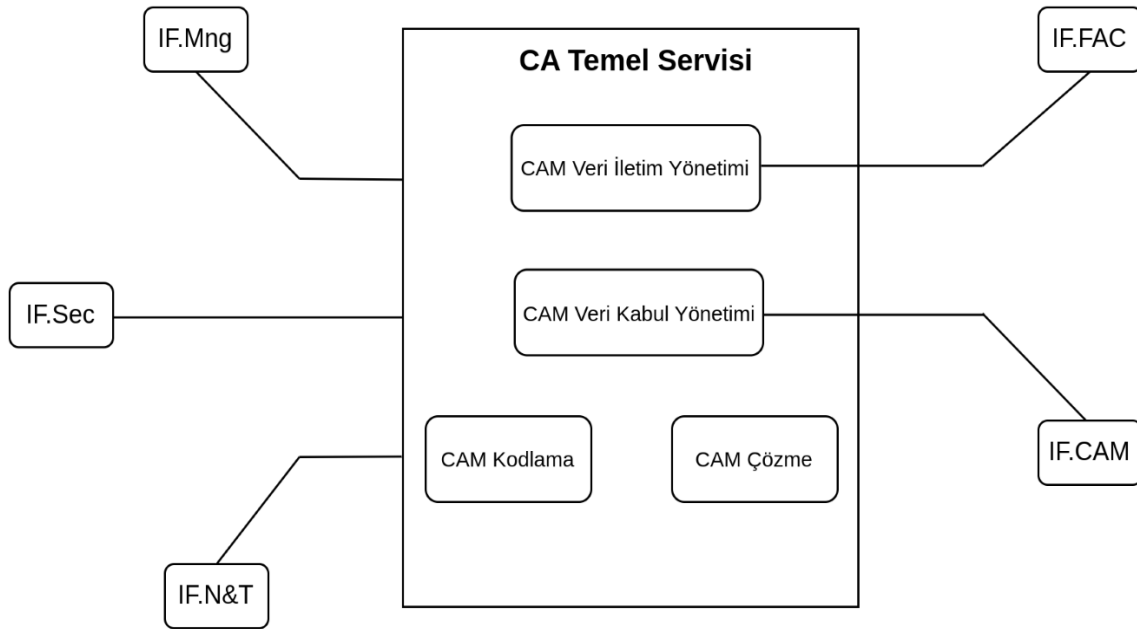
CA Temel Servisi, AUS mimarisindeki çeşitli katmanlar ve birimlerle etkileşime girebilmek için farklı arayüzler üzerinden tasarlanmıştır:

- **IF.CAM:** Bu arayüz, CA Temel Servisi ile AUS uygulamaları veya Yerel Dinamik Harita arasında veri alışverişini sağlar.
- **IF.FAC:** Bu arayüz, CA Temel Servisi'nin CAM oluşturmak için gerekli verileri alabilmek için diğer servis katmanı birimleriyle etkileşime girmesini sağlar.



- **IF.N&T:** Bu arayüz aracılığıyla, CA Temel Servisi, protokol kontrol bilgileri ile birlikte CAM'leri Servis Katmanı Hizmet Veri Birimi içerisine gömerek AUS Ağ ve Taşıma Katmanı ile bilgi alışverişinde bulunur.
- **IF.Mng:** Bu Arayüz, yönetimle ilgili bilgilerin alışverişini kolaylaştırarak CA temel servisinin daha etkili kontrol edilmesi ve işletilmesine olanak tanır.
- **IF.Sec:** Bu Arayüz, CA temel servisi ile AUS İstasyonu içerisindeki Güvenlik birimi arasında bir iletişim kanalı olarak işlev görür. Bu arayüz, güvenlikle ilgili temel elemanların alışverişini kolaylaştırır.

CA Servisinin Fonksiyonel blok diyagramı Şekil 14'te gösterilmiştir.

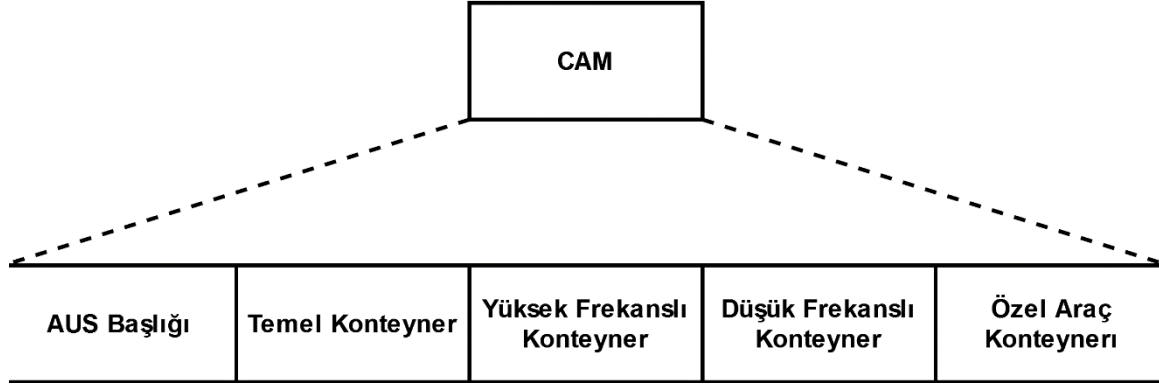


**Şekil 14 CA Temel Servisi Fonksiyonel Blok Diyagramı**

CAM'nin V2X haberleşmesindeki bazı temel uygulama alanları, şu şekilde sıralanabilir (ETSI, 2009):

- **Kooperatif Navigasyon:** CAM kullanılarak, Sürücülere Trafik Bilgisi ve Önerilen Rota gibi çeşitli bilgiler sunulur. Bu bilgiler ile sürücülerin daha etkili ve güvenli bir şekilde yolculuk yapmaları sağlanır.
- **Kooperatif Yerel Hizmetler:** CAM yerel hizmetlerin, kaynakların ve ticari faaliyetlerin daha etkili bir şekilde sürücülere iletilmesini ve kullanılmasını sağlar.

- **Sürücü Destek Sistemleri:** Araçların konum, hız ve yönelim verileri kullanılarak; sürücülere hız sınırları, şerit değiştirme uyarıları gibi bilgiler sunulurken güvenli sürüş desteklenir.



Şekil 15 CAM Veri Yapısı

CAM veri yapıları, genellikle *Abstract Syntax Notation One* (ASN.1) standart arayüz tanımlama dili kullanılarak tanımlanır. ASN.1, veri yapılarını tanımlamak için kullanılan ve verilerin farklı platformlar ve diller arasında ortak bir biçimsel yapıda paylaşımını kolaylaştıran bir standart kural setidir. Genellikle iletişim protokolleri ve veri kodlama formatlarında kullanılır. CAM paketlerinin temel veri yapısı Şekil 15'te gösterilmiştir. Bu yapıda yer alan bazı önemli veri öğeleri aşağıdaki gibidir (ETSI, 2014):

- **Temel Konteyner (Basic Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, mesajı gönderen aracın durumu ve konumu hakkındaki temel bilgileri içerdiği gibi istasyon türü, referans konumu, konumsal doğruluk ve diğer detayları da içerir.
  - **İstasyon Tipi (Station Type):** İletişim kurulan istasyonların türünü (Yaya, Bisikletli, Yol Bakım Aracı, Acil Durum Aracı, Toplu Taşıma Aracı vs.) belirtir.
  - **Referans Konum (Reference Position):** Aracın dünya yüzeyinde nerede bulunduğuyla ilişkin enlem, boylam gibi temel bilgileri içerir.
- **Yüksek Frekanslı Temel Araç Konteyneri (Basic Vehicle Container High Frequency):** Yüksek Frekanslı verileri içeren genişletilmiş bir yapıdır. Aracın dinamikleri ve özellikleri hakkında bilgi sağlayan çeşitli veri unsurlarını içerir.
  - **Yön (Heading):** Aracın yönü hakkındaki bilgiyi içerir.
  - **Hız (Speed):** Aracın hızı hakkındaki bilgiyi içerir.
  - **Sürüş Yönü (Driving Direction):** Aracın gittiği yön hakkındaki bilgiyi içerir.
  - **Araç Uzunluğu (Vehicle Length):** Aracın uzunluğu hakkındaki bilgiyi içerir.

- **Araç Genişliği (Vehicle Width):** Aracın genişliği hakkındaki bilgiyi içerir.
- **Kavislenme (Curvature):** Araç tarafından hesaplanan yolun eğriliği hakkındaki bilgiyi içerir.
- **Yalpalama Oranı (Yaw Rate):** Aracın dönme/yalpalanma hızı hakkındaki bilgiyi içerir.
- **Yol Geçmişi (Path History):** Aracın geçmiş konum bilgilerini içerir.
- **Düşük Frekanslı Temel Araç Konteyneri (Basic Vehicle Container Low Frequency):** Statik veya değişkenliği sık olmayan bilgileri içerir ve her CAM paketi içinde bulunmaz. İçerdiği bilgiler aşağıdaki gibidir:
  - **Araç Rolü:** Aracın rolünü belirtir (acil durum aracı, toplu taşıma aracı gibi).
  - **Dış Işıklar:** Aracın dışında bulunan ışıkların durumunu belirtir.
  - **Yol Geçmişi:** Aracın belirli bir süre öncesine kadar izlediği yolu ifade eder.
- **Özel Araç Konteyneri (Special Vehicle Container):** Özel amaçlı bir istasyon tipi için (Toplu taşıma aracı, acil durum aracı vb.), istasyonun tipi ile ilgili çeşitli ek bilgileri içerir.

### 3.3.2 Yol Güvenliği ve Anormal Trafik Koşulları

Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim Mesajları<sup>5</sup> (Decentralized Environmental Notification Message, DENM), V2X Haberleşmesinde yol tehlikeleri ile anormal trafik koşullarına dair önemli bilgileri içeren bir mesaj türüdür. Bu mesajlar, tehlikenin türü ve konumu gibi detayları içerir. Bir DENM'in dağıtımı genellikle doğrudan V2V veya V2I iletişimi yoluyla gerçekleşir ve belirli bir coğrafi bölgede iletim sağlanır. Alıcı tarafta, Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim (Decentralized Environmental Notification, DEN) servisi, mesaj içeriğini işler ve daha sonra bunu bir V2X uygulamasına aktarır. Bu uygulama, tehlike veya trafik durumu bilgisinin sürücü için ilgili olduğunu tespit ederse, bunu sürücüye iletir. Sürücülere iletilen bu bilgi ile uygun önlemlerin alınması sağlanarak daha güvenli ve daha duyarlı bir sürüş ortamının oluşturulmasına katkı sağlanır (ETSI, 2014). Örnek olarak çalışma olan bir yol ya da şerit RSU tarafından ilgili bölgedeki araçlara DENM mesajları yoluyla bildirilebilir. DENM'i alan araçların DEN servisleri bu mesajı dahili yol çalışması yazılımı ile paylaşır. Yazılım, aracın gidiş yönüne ya da rotasına göre bir hesap yaparak sürücünün uyarılıp uyarılmayacağını belirler.

<sup>5</sup> Mesajın tanımlandığı standart: ETSI EN 302 637-3

CAM'ler araçların kendi durumlarını ve varlıklarını paylaşarak kooperatif farkındalık sağlarken, DENM'ler çevresel durumları ve tehlikeleri sürücülere bildirerek güvenliği artırır ve sürücülerini aşağıdaki şekillerde bilgilendirir:

- Çevresel bir olayın tespiti durumunda, belirli bir AUS İstasyonu, bu olay hakkındaki bilgileri, ilgili bir coğrafi alan içinde bulunan diğer AUS İstasyonları ile paylaşmak üzere bir DENM gönderir.
- DENM'in iletiminin başlatılması ve sonlandırılması, AUS uygulama katmanında yer alan bir uygulama tarafından kontrol edilir.
- DENM'i tetikleyen olay aktif olduğu sürece mesaj iletimi devam eder.
- Bir AUS istasyonu, alınan bir DENM'i bir başka AUS istasyonuna iletebilir.
- Bir DENM alan AUS İstasyonu, bilgileri işler ve alınan DENM'deki bilgiler AUS istasyonu ile ilgili ise uygun bir uyarıyı veya bilgiyi sürücüye iletir.
- DENM iletiminin sonlandırılması, ya önceden tanımlanmış bir süre sona erdiğinde, servis katmanı; yani kaynak AUS istasyonunun DEN Temel Servisi tarafından otomatik olarak gerçekleşebilir ya da olayın sona erdiğini bildirmek için bir DENM oluşturmayı talep eden bir AUS uygulaması tarafından yapılır.

DEN Temel Servisi, AUS içerisinde kritik bir bileşen olarak yer alır ve özellikle AUS mimarisinin servis katmanında faaliyet gösterir. Bu servis, çeşitli türlerde çevresel bilgi iletmek için kullanılan DENM'lerin yönetiminde ve dağıtımında merkezi bir rol oynar.

DEN Temel Servisinin fonksiyonel mimarisi, DENM'lerin çeşitli yönlerini yönetmek için tasarlanmıştır. Bu mimari, aşağıdaki alt-fonksiyonları içermektedir:

- **DENM Kodlama:** Bu alt-fonksiyon, standartlarda belirtilen formata göre bir DENM oluşturur.
- **DENM Çözme:** Bu alt-fonksiyon, alınan DENM'leri çözer.
- **DENM Veri İletim Yönetimi:** Bu alt-fonksiyon, kaynak AUS İstasyonu protokol işlemlerini yönetir. AUS istasyonu uygulamaları tarafından talep edilen yeni bir DENM veya talep edilen güncellenmiş bir DENM oluşturabilir veya var olan bir DENM'yi sonlandırabilir. DENM'lerin tekrarlayan iletimini gerçekleştirebilir.
- **DENM Veri Kabul Yönetimi:** Bu alt-fonksiyon, mesajı teslim alan AUS istasyonunun mesaj tablosunun güncellenmesini, alınmış olan geçersiz DENM'lerin filtrelenerek

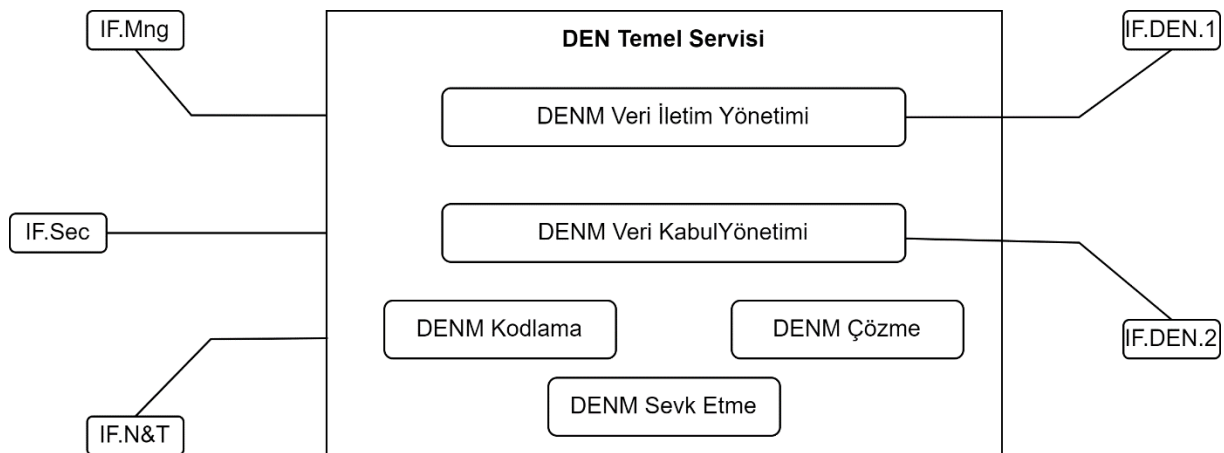
elenmesini ve alınan DENM'lerin AUS istasyonlarının uygulamalarına ve/veya diğer servis katmanı birimlerine iletilmesini sağlar.

- **DENM Sevk Etme:** Bu alt-fonksiyon, başka bir araç tarafından yayınlanan DENM'lerin tekrarlanarak sevk edilmesini sağlar.

DEN Temel Servisi, AUS mimarisindeki çeşitli katmanlar ve birimlerle etkileşime girebilmek için farklı arayüzler üzerinden tasarlanmıştır:

- **IF.DEN.1:** Bu arayüz, DEN Temel Servisi ile DENM gönderimi yapan AUS uygulamaları arasında veri alışverişini sağlar.
- **IF.DEN.2:** Bu arayüz, DEN Temel Servisi ile DENM alımı yapan AUS uygulamaları arasında veri alışverişini sağlar.
- **IF.N&T:** Bu arayüz aracılığıyla, DEN Temel Servisi, protokol kontrol bilgileri ile birlikte DENMleri Servis Katmanı Hizmet Veri Birimi içerisine gömerek AUS Ağ ve Taşıma Katmanı ile bilgi alışverişinde bulunur.
- **IF.Mng:** Bu Arayüz, yönetimle ilgili bilgilerin alışverişini kolaylaştırarak, DEN temel servisinin daha etkili kontrol edilmesi ve işletilmesine olanak tanır.
- **IF.Sec:** Bu Arayüz, DEN temel servisi ile AUS İstasyonu içerisindeki Güvenlik birimi arasında bir iletişim kanalı olarak işlev görür. Bu arayüz, güvenlikle ilgili temel elemanların alışverişini kolaylaştırır.

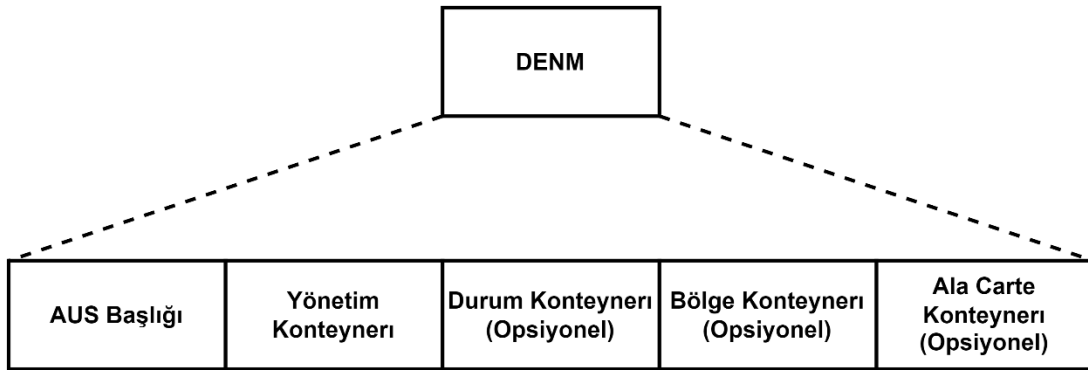
DEN Servisinin Fonksiyonel blok diyagramı Şekil 16'da gösterilmiştir.



**Şekil 16 DEN Temel Servisi Fonksiyonel Blok Diyagramı**

DENM'lerin V2X haberleşmesindeki bazı temel uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

- **Yol Tehlikesi Farkındalığı:** DENM'ler; kazalar, yol kapanmaları veya yol üstü engelleri gibi yol tehlikeleri hakkındaki bilgileri içerir. Bu bilgiler ile araçların zamanında uyarıları almasını ve olası tehlikelerden kaçınmak için uygun önlemler almasını sağlar.
- **Acil Durum Aracı Uyarısı:** DENM'ler, ambulanslar veya itfaiye araçları gibi acil durum araçları yaklaştığında sürücülerini uyarır. Bu, diğer sürücülerin yol hakkını vermesine ve acil durum araçları için açık bir yol oluşturmalarına olanak tanır.
- **Yol Çalışmaları ve İnşaat Uyarıları:** DENM'ler, devam eden yol çalışmaları, inşaat bölgeleri ve geçici şerit kapatmaları hakkında sürücülerini bilgilendirir.



Şekil 17 DENM Veri Yapısı

DENM veri yapıları genellikle ASN.1 standart arayüz tanımlama dili kullanılarak tanımlanır. DENM paketlerinin temel veri yapısı Şekil 17'de gösterilmiştir. Bu yapıda yer alan bazı önemli veri öğeleri aşağıdaki gibidir (ETSI, 2014):

- **Merkezi Olmayan Çevresel Bildirim Mesajı (Decentralized Environmental Notification Message):** DEN Mesajının ana gövdesini temsil eder ve gerçekleşen çevresel olaylarla ilgili çeşitli bilgileri saklayan yapılandırılmış veri öğelerini içerir.
  - **Yönetim Konteyneri (Management Container):** Bu yapılandırılmış veri öğesi, gerçekleşen eylem hakkında ayrıntılar içerir. Bu algılama zamanı, referans zamanı, sonlandırma bilgileri, olay pozisyonu, ilgi mesafesi, trafik yönü, geçerlilik süresi, iletim aralığı ve istasyon türü gibi bilgileri içerir.
  - **Eylem Numarası (Action ID):** Çevresel bildirimle ilişkilendirilen eylemin tanımlanmasında kullanılır. Genellikle farklı eylemleri veya olayları ayırt etmek için kullanılır.

- **Tespit Zamanı (Detection Time):** Gerçekleşmiş olan çevresel olayın veya koşulun ne zaman algılandığını veya gözlemlendiğini gösteren zaman damgasını belirtir.
- **Sonlandırma (Termination):** Olayın sona erdiğini belirten, iptal edildiğini veya geçersiz kılındığını belirtebilecek isteğe bağlı bir veri ögesidir.
- **Olay Konumu (Event Position):** Gerçekleşmiş olan çevresel olaya ilişkin referans konum bilgilerinin bulunduğu veri ögesidir.
- **İlgi Mesafesi (Relevance Distance):** Gerçekleşen çevresel olayın diğer araçlar veya altyapı için ne kadar uzaklıkta ilgili olduğuna dair bilgiyi içeren veri ögesidir.
- **İlgili Trafik Yönü (Relevance Traffic Direction):** Gerçekleşen çevresel olayın trafik yönünün belirtildiği veri ögesidir.
- **Geçerlilik Süresi (Validity Duration):** Gerçekleşen çevresel olayın geçerlilik süresini tanımlar.
- **Durum Konteyneri (Situation Container):** Tespit edilen olay hakkında çeşitli bilgiler içerir.
  - **Bilgi Kalitesi (Information Quality):** Olay bilgisinin ne kadar güvenilir olduğunu gösterir. Kullanılan sensör sayısı ve çeşidi gibi parametreler paylaşılan bilginin kalitesini artırır.
  - **Olay Tipi (Event Type):** Olayın tipi ile ilgili bilgi verir. Olayın sebep (cause) ve alt sebep (subcause) kodlarını içerir.
- **Bölge Konteyneri (Location Container):** Olayın gerçekleştiği bölge hakkında detaylı bilgiler içerir.
  - **Olay Hızı (Event Speed):** Olayın hareketli olması durumunda (örn. acil durum aracı yaklaşması) hız bilgisini içerir.
- **Ala Carte Konteyneri (Ala Carte Container):** Diğer konteynerlerde bulunmayan çeşitli bilgileri içerir. Olay tipine göre farklı verilere sahip olabilir. Örneğin, ilgili olay bir yol çalışması uyarısıysa önerilen yol, kapalı şeritler, hız limiti gibi yol çalışmasına özel bazı verileri içerebilir.



### 3.3.3 Toplu Algı ve Genişletilmiş Çevre Farkındalığı

Toplu Algı Mesajları<sup>6</sup> (Collective Perception Message, CPM), V2X haberleşmesinin temel veri türleri içerisinde yer alarak araç kullanıcıları için kooperatif durumsal farkındalığı artırmada kritik bir rol oynar. Bu iletişim mekanizması, araçlara ve altyapı bileşenlerine gerçek zamanlı ve yüksek hassasiyetli sensör verilerini birbirleri arasında paylaşma yeteneği kazandırır, böylece anlık çevre koşullarının kolektif olarak anlaşılmasını sağlar. CPM'ler aracılığıyla araçlar; kamera, LIDAR ve radar gibi sensörlerin verilerini birleştirerek yolu sanal bir şekilde oluşturur ve kendi konum bilgisinin doğruluğunu artırabilir. Bu gibi sensör birleşimi; diğer araçlar, yayalar, bisikletler ve potansiyel tehlikeler gibi çevredeki varlıkları ve nesnelere içeren detaylı ve kesin bir algı oluşmasını sağlar.

Kolektif Algı Hizmeti (Collective Perception Service, CPS), özellikle V2X etkileşimleri için tasarlanmış, AUS çerçevesinin kritik bir bileşenidir. AUS istasyonu mimarisinin (ETSI, 2010) servis katmanında yer alan Kolektif Algı Servisi, AUS ekosistemi içindeki diğer katmanlar ve uygulamalarla iş birliği yapmaktadır. Ana amacı, araçlar ve altyapı bileşenleri gibi çeşitli AUS istasyonlarında, durumsal farkındalığı artırmak için güvenlikle ilgili bilgileri yaymaktır.

Kolektif Algı Servisi, AUS İstasyonları mimarisinin servisler katmanında yer almaktadır. Bu katmandaki diğer bileşenlerle ve AUS uygulamalarıyla arayüz oluşturur. Bu arayüzler, Kolektif Algı Mesajları oluşturmak için gerekli bilgilerin toplanması ve alınan CPM içeriklerinin daha fazla işlenmesi için kritik öneme sahiptir.

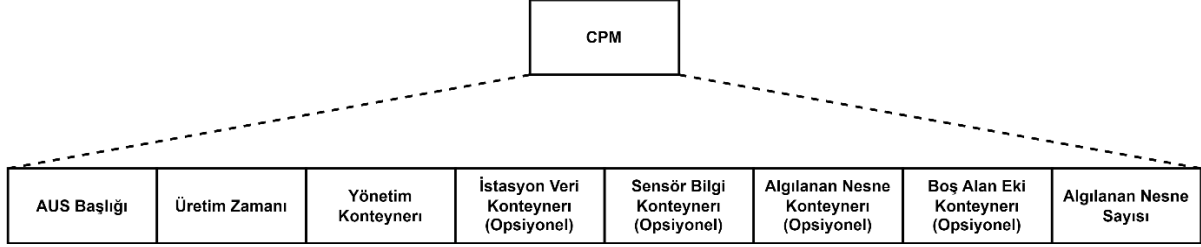
CPM'nin V2X haberleşmesindeki bazı temel uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

- **Trafik Sinyali ve Kavşak Yardımı:** CPM, trafik sinyallerinin mevcut durumu ve kavşak koşulları hakkındaki bilgileri araçlara iletebilir. Bu, araçların hızlarını ve kavşaklara yaklaşımlarını optimize etmelerini sağlar, böylece trafik sıkışıklığını azaltır ve trafik akışını iyileştirir.
- **Olumsuz Hava Koşulları ve Yol Durumu Uyarıları:** CPM, olumsuz hava koşulları (yoğun yağmur, kar, buz vb.) ve yol yüzeyi durumu hakkında veri iletebilir. Araçlar, sürüş davranışlarını ayarlayabilir ve değişen yol koşullarına uyum sağlayabilir.
- **Yol Çalışmaları ve İnşaat Alanı Bildirimleri:** CPM; devam eden yol çalışmaları, inşaat bölgeleri, şerit kapatmaları ve yönlendirmeler hakkında bilgi iletebilir. Bu bilgi,

<sup>6</sup> Mesajın tanımlandığı standart ETSI TS 103 324



sürücülerin rotalarını planlamalarına ve inşaat alanlarında güvenli ve verimli bir şekilde gezinmelerine yardımcı olur.



**Şekil 18 CPM Veri Yapısı**

CPM paketlerinin temel veri yapısı Şekil 18’de gösterilmiştir. Bu veri yapısında yer alan bazı önemli veri öğeleri aşağıdaki gibidir (ETSI, 2023):

- **Yönetim Konteyneri (Management Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, istasyonun türü, referans pozisyonu ve algılanan nesnelere hakkındaki bilgiler gibi çeşitli veri alanlarını içerebilir.
  - **İstasyon Tipi (Station Type):** Bu veri ögesi, ilgili istasyonun türünü içerir.
  - **Referans Konum (Reference Position):** Bu veri ögesi, ilgili istasyonun bulunduğu konum bilgisini içerir.
  - **Algılanan Nesne Konteyneri Parça Bilgisi (Perceived Object Container Segment Info):** Bu veri ögesi, CPM’nin mesaj boyutu sınırlamaları nedeniyle birden çok mesaja bölünmesi durumunda, mesaj parçası bilgisini tanımlar. Bu veri ögesi sadece mesaj parçalara ayrıldığında mevcuttur.
  - **Algılanan Nesne Sayısı (Number Of Perceived Objects):** Bu veri ögesi, CPM içinde tanımlanan algılanan nesnelere sayısını ifade eder. Bu sayı, AUS İstasyonu tarafından algılanan toplam nesne sayısını temsil eder.
- **İstasyon Veri Konteyneri (Station Data Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, CPM içerisinde, AUS istasyonu hakkındaki dinamik bilgileri içerir. Bu veri ögesi, AUS İstasyonunun bir araç mı yoksa Yol Kenarı Birimi mi olduğuna bağlı olarak farklı bilgiler içerebilir.
  - **Kaynak Araç Konteyneri (Originating Vehicle Container):** Bu veri ögesi, CPM’yi ileten aracın dinamikleri hakkında bilgi içeren zorunlu bir veri ögesidir.
    - **Yön (Heading):** Aracın yönünü belirten bir veri ögesidir.
    - **Hız (Speed):** Aracın hızını belirten bir veri ögesidir.

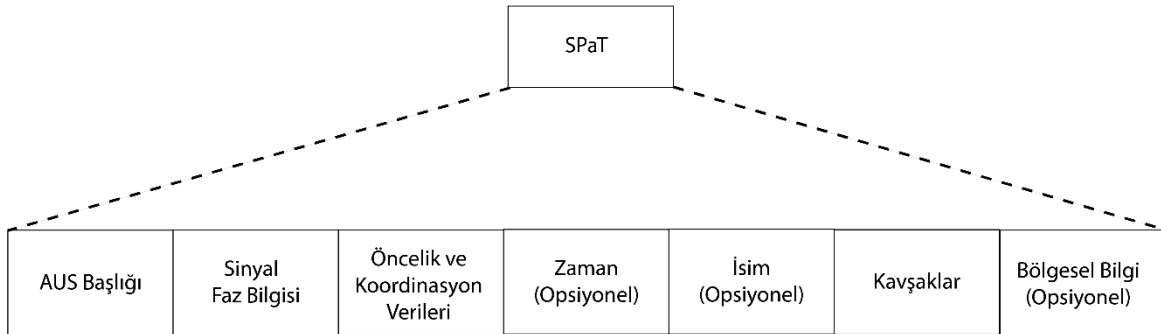
- **Araç Yönelim Açısı (Vehicle Orientation Angle):** Aracın yönelim açısını belirten bir veri ögesidir.
- **Sürüş Yönü (Drive Direction):** Aracın sürüş yönünü belirten bir veri ögesidir, varsayılan değeri ileri yöndür.
- **Boylamsal İvme (Longitudinal Acceleration):** Aracın boylamsal ivmesini belirten bir veri ögesidir.
- **Yanal İvme (Lateral Acceleration):** Aracın yanal ivmesini belirten bir veri ögesidir.
- **Dikey İvme (Vertical Acceleration):** Aracın dikey ivmesini belirten bir veri ögesidir.
- **Yalpalama Oranı (Yaw Rate):** Aracın sapma açısını belirten bir veri ögesidir.
- **Kalkış Açısı (Pitch Angle):** Aracın kalkış açısını belirten bir veri ögesidir.
- **Yatış Açısı (Roll Angle):** Aracın yatış açısını belirten bir veri ögesidir.
- **Araç Uzunluğu (Vehicle Length):** Aracın uzunluğunu belirten bir veri ögesidir.
- **Araç Genişliği (Vehicle Width):** Aracın genişliğini belirten bir veri ögesidir.
- **Araç Yüksekliği (Vehicle Height):** Aracın yüksekliğini belirten bir veri ögesidir.
- **Römork Veri Konteyneri (Trailer Data Container):** Eğer araçta bir römork varsa, römorkla ilgili veriyi içeren bir veri bileşenidir.
- **Kaynak RSU Konteyneri (Originating RSU Container):** Bu veri ögesi eğer gönderilecek AUS İstasyonu Yol Kenarı Birimi ise kullanılır ve Yol Kenarı Biriminin özelliklerini ve referans bilgilerini içerir. CPM'nin yol altyapısı ile ilişkilendirilmesi gerektiğinde kullanılarak CPM'nin daha geniş bir bağlamda anlaşılabilmesi için gerekli olan referans bilgilerini sağlar.
- **Sensör Bilgi Konteyneri (Sensor Information Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, AUS İstasyonu tarafından yayımlanan CPM içinde, sensör özellikleri hakkında tanımlayıcı bilgiler sunar. Bu veri yapısı, her tanımlanan sensör için bir kimlik numarası (ID) içerir.
  - **Araç Sensörü (Vehicle Sensor):** Hareket eden istasyonlara monte edilen sensörleri tanımlar.
  - **Sabit Sensör (Stationary Sensor):** Bu veri ögesi sabit sensörler hakkında bilgi verir, genellikle bunlar bir Yol Kenarı Birimi veya diğer sabit altyapılara monte edilmiş sensörlerdir.
- **Algılanan Nesne Konteyneri (Perceived Object Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, bir AUS İstasyonu tarafından bir nesne tespit edildiğinde CPM'ye eklenerek

tespit edilen nesnenin dinamik durumu ve özellikleri hakkında detaylı bir açıklama yapılabilmemesine olanak tanır.

### 3.3.4 Sinyal Faz ve Zamanlama Bilgileri

Sinyal Faz ve Zamanlama<sup>7</sup> (Signal Phase and Timing, SPaT) mesajları, altyapıdan (örneğin trafik ışıkları ve trafik yönetim sistemleri gibi) araçlara trafik ışığı durumları ve zamanlamaları hakkında bilgi iletmek için kullanılan bir mesaj veya veri biçimidir. SPaT mesajları, yol güvenliğini artırmayı, trafik sıkışıklığını azaltmayı ve genel ulaşım verimliliğini iyileştirmeyi amaçlayan V2X iletişim sistemlerinin önemli bir bileşenidir.

V2X iletişim teknolojisi ile donatılmış araçlar, yakındaki trafik sinyallerinden SPaT mesajları alabilir ve bu bilgiyi durumsal farkındalıklarını artırmak için kullanabilirler. Örneğin, bir araç, SPaT verilerini kullanarak ne zaman yavaşlaması gerektiğini, durmaya hazırlanması gerektiğini veya yeşil ışığı yakalamak için hızını ayarlaması gerektiğini belirleyebilir, bu da trafik akışını iyileştirebilir ve kaza riskini azaltabilir. SPaT mesajları, daha geniş bir V2X iletişim ekosisteminin bir parçasıdır. Bu ekosistem; Harita/Topoloji Bilgisi (MAP), Temel Güvenlik Mesajı (BSM) ve daha fazla mesaj türünü içerir. Bu mesajlar bir arada, ulaşımı daha güvenli ve verimli hale getirmek için araçların birbirleriyle ve altyapı birimleriyle iletişim kurmasını sağlar.



**Şekil 19 SPaT Veri Yapısı**

SPaT paketlerinin temel veri yapısı Şekil 19'da gösterilmiştir. Bu yapıda yer alan temel öğelerden bazıları şu şekildedir (Car 2 Car Communication Consortium, 2020):

- **Sinyal Faz Bilgisi:** SPaT mesajları, bir kavşaktaki trafik sinyali fazlarının mevcut durumu hakkında ayrıntılar sağlar. Bu, mevcut durumda hangi trafik hareketlerine

<sup>7</sup> Mesajın tanımlandığı standart: ISO/TS 19091:2019

(örneğin sola dönüş, sağa dönüş, doğrudan ilerleme) izin verildiği veya hangi trafik hareketlerinin yasaklandığı gibi bilgileri içerir.

- **Zaman:** SPaT mesajları, trafik sinyalinin işleyişine ilişkin kesin zamanlama bilgisi içerir. Bu zamanlama verileri, araçların trafik sinyalinin ne zaman değişeceğini anlamalarına yardımcı olur, böylece hızlarını ve davranışlarını buna göre ayarlayabilir.
- **Kavşaklar:** SPaT mesajları, kavşağın geometrisi hakkında bilgi içerebilir. Bu; şerit yapıları, kavşak sınırları ve diğer ilgili ayrıntıları içerir.
- **Öncelik ve Koordinasyon Verileri:** Bazı durumlarda SPaT mesajları, trafik sinyallerinin bir ağdaki işleyişini etkileyen öncelik şemaları veya koordinasyon planları hakkında bilgi içerebilir. Bu bilgi, araçların sinyal değişikliklerini önceden tahmin etmelerine ve rota seçimlerini optimize etmelerine yardımcı olabilir.

### 3.3.5 Yol Geometrisi ve Yönlendirme

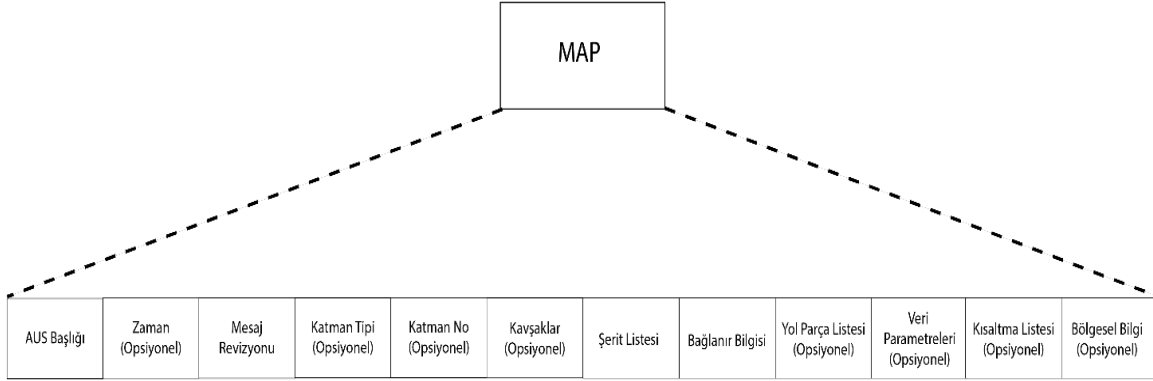
MAP<sup>8</sup> (Harita ve Topoloji) mesajları, V2X iletişim sistemlerinde kullanılan temel mesaj türlerinden biridir. MAP mesajları, yol güvenliğini ve trafik verimliliğini artırmak için yol ağı ve mevcut durumu hakkında detaylı bilgiler sağlar.

MAP Mesajları aşağıdaki bazı temel bilgileri içerir:

- **Geometrik Veriler:** MAP mesajları, yol ağı ve çevresi hakkında kapsamlı geometrik bilgiler içerir. Bu bilgiler, araçların bölgenin ayrıntılı dijital haritasını oluşturmasında yardımcı olur.
- **Şerit Bilgisi:** MAP mesajları, yolların kaç şeritten oluştuğunu, şerit genişliklerini ve her şerit ile ilişkilendirilmiş özel kurallar gibi ayrıntılı bilgiler içerir. Bu bilgi, gelişmiş sürücü destek sistemleri ve otonom araçlar için son derece önemlidir.
- **Harita Güncellemeleri:** Dijital haritanın güncel tutulması, güvenli ve verimli sürüş için kritiktir. MAP mesajları, yol koşulları değiştikçe güncellemeler içerebilir. Örneğin, yeni bir yol inşa edildiğinde, bir şerit bakıma alındığında veya yeni bir trafik levhası yerleştirildiğinde, bu bilgi MAP mesajı aracılığıyla diğer araçlara iletilir, böylece tüm araçlar en güncel harita verilerine erişir.

<sup>8</sup> Mesajın tanımlandığı standart: ISO/TS 19091:2019

- **Çevresel Koşullar:** MAP Mesajları, sürüşü etkileyebilecek çevresel faktörler hakkında bilgi içerebilir, bu faktörler arasında hava koşulları (örneğin, yağmur, kar, sis), yol yüzey koşulları (örneğin, ıslak veya buzlu yollar) bulunabilir.



**Şekil 20 MAP Veri Yapısı**

MAP paketlerinin veri yapısı Şekil 20’de gösterilmiştir. Bu yapıda yer alan bazı önemli veri öğeleri aşağıdaki gibidir (Car 2 Car Communication Consortium, 2020):

- **Mesaj Revizyonu (Message Issue Revision):** Bu zorunlu alan, yayımlanan mesajın revizyon bilgisini içerir. Mesajın versiyonunu veya mesajda yapılan değişiklikleri belirlemeye yardımcı olur.
- **Katman Tipi (Layer Type):** Bu opsiyonel alan, mesajın ait olduğu katman türünü belirtir.
- **Katman No (Layer ID):** Bu opsiyonel alan, katman için bir tanımlayıcı içerir. Aynı türdeki farklı katmanları ayırt etmeye yardımcı olur.
- **Kavşaklar (Intersections):** Bu opsiyonel alan, her biri bir kesişmenin geometrisini temsil eden *IntersectionGeometry* nesnelerinin bir listesini içerir. Kesişmenin konumu, şekli ve boyutları gibi detayları içerebilir.
- **Şerit Listesi (Lane Set):** Bu zorunlu alan, her biri bir şeridi temsil eden *GenericLane* nesnelerinin bir listesini içerir. Şeridin konumu, yönü ve özellikleri gibi detayları içerebilir.
- **Bağlanırlı Bilgisi (Connects To):** Bu opsiyonel alan, her biri bir bağlantıyı temsil eden bağlantı nesnelerinin bir listesini içerir. Bağlantı şeridi ve sinyal grubu gibi detayları içerebilir.
- **Öncelik Verisi (Preempt Priority Data):** Bu opsiyonel alan, kesişimlerde veya şeritlerde uygulanabilir olan geçiş önceliklerinin bir listesini içerir.
- **Yol Parça Listesi (Road Segments):** Bu opsiyonel alan, kesişimlerle ilgili yol segmentleri hakkında bilgi içerir.

- **Veri Parametreleri (Data Parameters):** Bu opsiyonel alan, MAP mesajındaki veri ile ilgili çeşitli parametreleri içerir.
- **Kısıtlama Listesi (Restriction List):** Bu opsiyonel alan, kesişimlerde veya şeritlerde uygulanabilir olan kısıtlamaların bir listesini içerir.

### 3.3.6 Yol Altyapısı ve Trafik İşareti Bilgileri

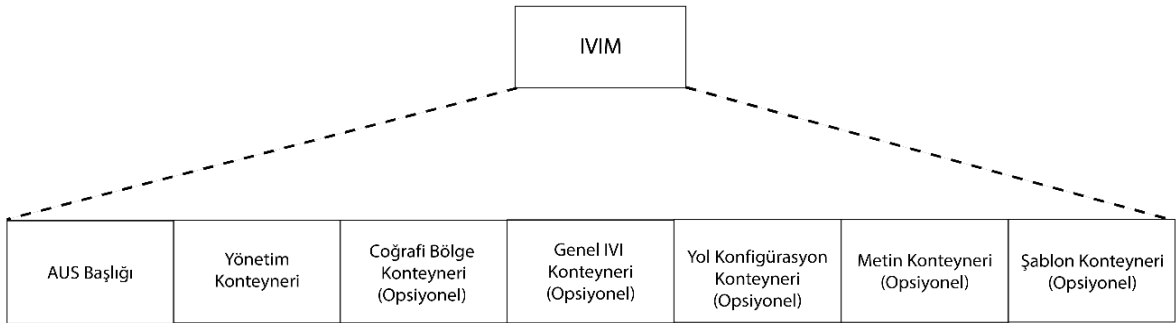
Mevcut yol koşulları, trafik işaretleri ve düzenlemeleri hakkındaki bilgilerin, sürücülere veya araç içi sistemlere gerçek zamanlı olarak aktarılması, sürüş emniyeti için kritik bir öneme sahiptir. Altyapıdan Araca Bilgi Mesajları<sup>9</sup> (Infrastructure to Vehicle Information Message, IVIM), K-AUS çerçevesinde, bağlamsal hızlar ve yol çalışmaları uyarıları gibi hem zorunlu hem de tavsiye edilen yol işareti bilgilerini iletmek üzere tasarlanmış bir mesaj türüdür. Bu mesajlar, kritik yol işareti bilgilerini destekler ve bu bilgilerin etkili bir şekilde iletilmesi ve alınması için Altyapıdan Araca Bilgi (IVI) Servisi tarafından yönetilir. Bu servis ile araçlara; yol işareti bilgileri, bağlamsal hızlar ve yol çalışmaları uyarıları gibi önemli bilgiler sağlanır. IVI Servisi, bir uygulama isteği üzerine tetiklenir ve yeni bir IVIM oluşturulur. Eğer mevcut bir IVIM güncellenirse, servis bu güncellemeyi yönetir ve ilgili araçlara iletir. IVI Servisi, bu bilgilerin doğru zamanlarda ve doğru araçlara ulaşmasını sağlayarak trafik güvenliğini artırmaya yardımcı olur.

IVIM'in V2X haberleşmesindeki bazı temel uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

- **Gerçek Zamanlı Yol İşareti Bilgileri:** IVIM, araçlara ve sürücülere gerçek zamanlı olarak yol işareti bilgileri sağlar. Bu bilgiler; statik veya değişken yol işaretleri, sanal işaretler veya yol çalışmaları gibi fiziksel yol işaretlerinin bilgilerini içerebilir. Bu, sürücülerin ve otomatik sürüş sistemlerinin çevrelerini daha iyi anlamalarına ve uygun tepkiler vermelerine olanak tanır.
- **Bağlamsal Hız Uyarıları:** IVIM, belirli bağlamlarda geçerli olan hız sınırlamaları gibi bağlamsal hız bilgilerini içerebilir. Örneğin, sisli hava koşullarında geçerli olan bir hız sınırlaması, sürücülerin ve araçların güvenli bir şekilde seyahat etmelerine yardımcı olabilir.

<sup>9</sup> Bu mesajın kullandığı veri yapısı CEN ISO/TS 19321 standardında tanımlanmıştır. Kullanılan veri yapısı bu standartta Araç İçi Bilgi (In-Vehicle Information, IVI) olarak adlandırılmıştır.

- **Yol Çalışmaları Uyarıları:** IVIM, Yol Çalışmaları Uyarılarını içerebilir. Sürücülerin ve otomatik sürüş sistemlerinin yol çalışmalarından haberdar olmalarını ve bu tür durumlar için zamanında uygun önlemler almalarını sağlar.
- **Trafik Güvenliği ve Yönetimi:** IVIM, trafik güvenliğini ve yönetimini iyileştirmek için kritik bir rol oynar. Bu mesajlar, araçların ve sürücülerin yol durumları hakkında bilinçlenmesine yardımcı olarak daha güvenli sürüş kararları almalarını sağlar. Ayrıca, trafik yönetimi uygulamaları, IVIM'i kullanarak trafik akışını optimize edebilir ve trafik sıkışıklığını azaltabilir.
- **Otonom Sürüş Sistemleri:** Otonom sürüş sistemleri için IVIM, araçların çevrelerini tanımalarına ve uygun tepkiler vermelerine olanak sağlar. Bu sistemler ile araçlar, IVIM aracılığıyla alınan bilgileri kullanarak güzergahlarını değiştirebilir veya hızlarını ayarlayabilir.



**Şekil 21 IVIM Veri Yapısı**

IVIM paketlerinin temel veri yapısı Şekil 21’de gösterilmiştir. Bu yapıda yer alan bazı önemli veri ögeleri aşağıdaki gibidir (Car 2 Car Communication Consortium, 2020):

- **Yönetim Konteyneri (Management Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, IVI mesajının yönetimle ilgili bilgilerini içerir. Bu veri yapısı içinde bulunan veri ögeleri; hizmet sağlayıcıyı, IVI mesajını tanımlar ve mesajın durumu, zaman damgası ve geçerlilik süresi gibi bilgileri içerir.
  - **Servis Sağlayıcı Numarası (Service Provider Id):** Servis sağlayıcının tanımlandığı zorunlu bir veri ögesidir.
  - **IVI Numarası (IVI Identification Number):** IVI mesajını eşsiz bir şekilde tanımlamak için kullanılan zorunlu bir veri ögesidir. Bu numara, IVI Servisi tarafından bir uygulama isteği üzerine yeni bir IVI Mesajı oluşturulduğunda atanır. Bu numara, oluşturulan her yeni IVI Mesajı için benzersiz olmalıdır.



- **IVI Durumu (IVI Status):** Bu veri ögesi, mesajın mevcut durumunu ifade eder. Bu, mesajın yeni mi oluşturulduğunu, güncellenip güncellenmediğini ya da geçerli olup olmadığını belirtir.
- **Zaman Damgası (Timestamp):** Bu veri ögesi, IVI mesajının oluşturulduğu veya son güncellendiği zamanı belirtir. Bu zaman damgası, mesajın geçerliliğini ve güncelliğini değerlendirmek için kullanılır.
- **Geçerlilik Başlangıcı (Valid From):** Bu veri ögesi, IVI mesajının geçerli olmaya başladığı zamanı belirtir.
- **Geçerlilik Bitişi (Valid To):** Bu veri ögesi, IVI mesajının geçerliliğini kaybettiği zamanı belirtir. Bu, mesajın içerdiği bilgilerin ne zaman geçersiz olduğunu göstererek eski veya geçersiz bilgilere dayalı yanıtıcı eylemlerin önlenmesi için kritiktir.
- **Coğrafi Bölge Konteyneri (Geographic Location Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, IVI mesajının coğrafi bilgilerini içerir. Bu veri yapısı bölgeyi tanımlar ve bölgenin coğrafi şeklini belirtir. IVI Uygulama veri ögesinde sağlanan bilgilerin, hangi coğrafi bölgelerde geçerli olduğunu belirlemek için kullanılır.
  - **Bölge Numarası (Zone Id):** Bu veri ögesi, IVI mesajı içerisinde, belirli bir bölgeyle ilgili bilgilerin hangi bölgeye ait olduğunu belirtmek için kullanılır. Bu, mesajın içerdiği bilgilerin doğru bölgeyle ilişkilendirilmesi için kritik bir öneme sahiptir.
  - **Bölge (Zone):** Bu veri ögesi IVI mesajının içerdiği bilgilerin geçerli olduğu spesifik bir coğrafi alanı tanımlar. Bu alan; bir kavşak, yol segmenti, ya da başka bir trafik ögesi olabilir.
- **Genel IVI Konteyneri (General IVI Container):** Bu yapılandırılmış veri ögesi, IVI mesajının genel bilgilerini içerir. Bu veri yapısı, IVI mesajının içerdiği işaret bilgilerinin hangi coğrafi bölgelerde geçerli olduğunu ve bu bilgilerin hangi araç özelliklerine dayalı olarak filtrelenmesi gerektiğini belirlemek için kullanılır.
  - **Tespit Bölgesi Numarası (Detection Zone Id):** Bu veri ögesi, bir IVI mesajındaki belirli bir algılama bölgesini tanımlar. Algılama bölgesi, bir aracın belirli bir işaret bilgisini algılaması gereken bölgeyi ifade ederek bu bölgenin eşsiz bir şekilde tanımlanmasını sağlar ve bu sayede araçlar, hangi bölgede hangi işaret bilgisini algılamaları gerektiğini bilebilirler.

- **İlgi Bölgesi Numarası (Relevance Zone Id):** Bu veri ögesi, bir IVI mesajındaki belirli bir bölgeyi tanımlar.
- **IVI Tipi (IVI Type):** Bu veri ögesi, IVI mesajının içerdiği işaret bilgisinin türünü belirtir.
- **Araç Özellikleri (Vehicle Characteristics):** Bu veri ögesi, IVI mesajının hangi tür araçlar için geçerli olduğunu ve bu mesajın içerdiği bilgilerin, hangi araç özelliklerine sahip araçlar tarafından işlenmesi gerektiğini belirtir. Bu özellik, araçların sadece kendileri için geçerli olan bilgileri işlemelerini sağlar, böylece gereksiz bilgi akışını ve işlem yükünü azaltır.
- **Yol İşareti Kodu (Road Sign Codes):** Bu veri ögesi, IVI mesajında bulunan yol işaretlerinin kodlarını içerir. Bu, belirli yol işareti veya düzenlenmesi hakkında spesifik bilgiler içerir ve bu bilgiler, araçların yol işaretlerini ve trafik düzenlemelerini anlamalarına yardımcı olur.

Yukarıda belirtilen veri ögeleri, IVI Servisinin düzgün çalışması ve etkili bir şekilde zaman, konum ve araç özelliklerine dayalı olarak ilgili işaret bilgilerinin iletimi için kritik bir öneme sahiptir (Car 2 Car Communication Consortium , 2021).

## 4 SONUÇ

ABHS ve bileşenleri; taşıtlar özelinde var olan sistemleri geliştirmenin yanı sıra, AUS özelinde sürüş emniyetinin artırılması, trafikteki araçların yakıt tüketiminin azaltılması ve trafik kullanıcılarının daha konforlu bir seyahat gerçekleştirmesi konusunda yeni çözümler sağlamaktadır. ABHS'nin halihazırdaki ulaşım sistemlerine entegre edilmesiyle oluşan güvenilir ve tutarlı veri toplama kanalları; K-AUS'u oluşturarak trafik kullanıcıları ve sistemleri tarafından sağlanan değerli verinin analiz edilmesine ve bu sayede trafikte yenilikçi çözümlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Hem kullanıcılar için faydaya yönelik çözümler geliştirilmekte, hem de araştırma, geliştirme ve üretim yapan kuruluşların katma değerli ürünler elde etmelerini sağlamaktadır.

Bu dokümanda ilk olarak K-AUS çerçevesinde ABHS kaynaklı verilerin iletimine ve kullanımına yönelik yöntemlere yer verilmiştir. Bu yöntemlerin detaylı bir biçimde incelenmesi için geniş bir pencereden bakılarak ABHS sisteminin bütününde rol alan alt sistemler ve bileşenlerin rolleri ele alınmıştır. Sistemlerin oluşturduğu bütün incelenerek veri merkezinden uç birimlere ve uç birimlerden veri merkezine bilgi akışına yönelik gereksinimler örnek senaryolar ile birlikte açıklanmıştır. Tarif edilen sistemdeki veri tipleri ile (halihazırda AUS'ta yer alan ve ABHS temelli veri kaynakları olmak üzere) farklı bilgi kaynaklarından üretilen veriler, detaylı bir şekilde incelenmiştir. V2X kaynaklı veri tipleri ayrı bir alt başlık altında incelenerek bu verilerin iletimine yönelik standart mesaj tiplerine dair bilgi verilmiştir. Dokümanda uluslararası standartların detaylarının verilmesinin yanında, ulusal ve uluslararası en iyi kullanım örneklerinden elde edilen çıkarımlar sentezlenmiştir. ABHS ve K-AUS'a yönelik ülkemizde geliştirilecek sistem ve servislere referans olma özelliğini taşıyan bu dokümanda, veri toplama ve veri iletim modelleri detaylı olarak incelenmiş ve örnek uygulamalar ile gösterilmiştir.

ABHS temelli veri toplama sistemlerinin ve iletim modellerinin büyük ölçekte planlanması ve yaygınlaştırılması, birden fazla paydaşın içinde yer aldığı bir ekosistem içerisinde gerçekleşmektedir. Birçok bileşenin ve alt sistemin yer aldığı bu sistemler bütününde güvenilir bir yapı kurmak için ekosistemde yer alan aktörlerin geniş bir bakış açısına sahip olması ve standardizasyon sağlaması ile ortak çalışabilir bir mekanizmayı ortaya koyması gerekmektedir.

ABHS ve K-AUS mimari yapısındaki sistem bileşenleri, veri iletim altyapısı örneği, Marmara Üniversitesi VeNIT Lab test ve demonstrasyon sahasında yer almakta olup uçtan-uca haberleşmeyi ve servisleri sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Dokümanda belirtilen veri aktarım yöntemleri, bu alanda kullanılarak deneyimlenmiş olup uçtan-uca veri iletimi sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu alanda, araçlar için gerekli hizmetler ile ilgili servis yönetim

platformundaki ilgili servisler, araçlara mevcut altyapı üzerinden verilebilmektedir. Bu dokümanda yer alan uygulamalar saha uygulaması olarak gösterilmekte ve olası her türlü senaryonun testleri de yapılabilmektedir.

Yenilikçi çözümlerin değer gördüğü birçok yeni teknoloji alanında olduğu gibi bu alandaki çıktılar değer görmektedir. Ülkemiz uygulama alanlarının yeterliliği ve uygunluğu, geliştirilecek ürünlerin ülkemizde geniş çaplı uygulanmasına imkân vereceğinden, uluslararası alanda rekabet avantajını da sağlayacaktır.

Bu dokümanda verilen kaynaklar ve içerikler, dokümanın oluşturulduğu zamana göre güncel olup zamanla teknolojinin gelişmesi, güncelleme gereksinimleri, yol haritasında yer alan diğer sistem bileşenlerine yönelik yeni standartların oluşmasına göre güncelleme gereksinimleri oluşacaktır. Yeni ürünlerin geliştirilmesine yönelik yapılacak çalışmalarda, ilgili bileşenlere yönelik en güncel standartlara erişilmesi önemlidir.

### **Katkı Beyanı**

Bu raporun içerik ve tasarım açısından düzenlenmesi, güncellenmesi, gerekli ilavelerin yapılması gibi editörlük ve yayın süreci çalışmalarında; Esmâ DİLEK, Özgür TALİH, Ertuğrul HASGÜL ve Tuğçe KAYAKÖK katkı sunmuştur.

## KAYNAKÇA

Amazon. (2023). *Regions, Availability Zones, and Local Zones*. Amazon Relational Database Service:

<https://docs.aws.amazon.com/AmazonRDS/latest/UserGuide/Concepts.RegionsAndAvailabilityZones.html> adresinden alındı

Car 2 Car Communication Consortium . (2021, 12). *Automotive Requirements for the Infrastructure to Vehicle Information (IVI) Service*. [https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic\\_System\\_Profile/Release\\_1.6.1/C2CCC\\_RS\\_2080\\_IVI\\_AutomotiveRequirements.pdf](https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic_System_Profile/Release_1.6.1/C2CCC_RS_2080_IVI_AutomotiveRequirements.pdf) adresinden alındı

Car 2 Car Communication Consortium. (2020, 3). *Automotive Requirements for SPaT and MAP*. [https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic\\_System\\_Profile/Release\\_1.5.0/C2CCC\\_RS\\_2077\\_SPATMAP\\_AutomotiveRequirements.pdf](https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic_System_Profile/Release_1.5.0/C2CCC_RS_2077_SPATMAP_AutomotiveRequirements.pdf) adresinden alındı

Car 2 Car Communication Consortium. (2020). *Automotive Requirements on IVIM*. [https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic\\_System\\_Profile/Release\\_1.5.2/C2CCC\\_RS\\_2080\\_IVIM\\_AutomotiveRequirements.pdf](https://www.car-2-car.org/fileadmin/documents/Basic_System_Profile/Release_1.5.2/C2CCC_RS_2080_IVIM_AutomotiveRequirements.pdf) adresinden alındı

ETSI. (2009). *Basic Set of Applications; Definitions*. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_tr/102600\\_102699/102638/01.01.01\\_60/tr\\_102638v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102600_102699/102638/01.01.01_60/tr_102638v010101p.pdf) adresinden alındı

ETSI. (2010, 09). *ETSI EN 302 665 V1.1.1 Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture*. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/302665/01.01.01\\_60/en\\_302665v010101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/302665/01.01.01_60/en_302665v010101p.pdf) adresinden alındı

ETSI. (2014). *Specification of Cooperative Awareness Basic Service*. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/30263702/01.03.01\\_30/en\\_30263702v010301v.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263702/01.03.01_30/en_30263702v010301v.pdf) adresinden alındı

ETSI. (2014). *Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service*. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/302600\\_302699/30263703/01.02.01\\_30/en\\_30263703v010201v.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/30263703/01.02.01_30/en_30263703v010201v.pdf) adresinden alındı

ETSI. (2018). *ETSI TS 102 894-2* V1.3.1.  
[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102800\\_102899/10289402/01.03.01\\_60/ts\\_10289402v010301p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102800_102899/10289402/01.03.01_60/ts_10289402v010301p.pdf) adresinden alındı

ETSI. (2023). *ETSI TS 103 324* V2.1.1.  
[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/103300\\_103399/103324/02.01.01\\_60/ts\\_103324v020101p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103300_103399/103324/02.01.01_60/ts_103324v020101p.pdf) adresinden alındı

Google. (2023). *Regions and zones*. <https://cloud.google.com/compute/docs/regions-zones> adresinden alındı

Iwata, R. (tarih yok). [unsplash.com](https://unsplash.com).

OpenCPN. (2023). *NMEA 0183 Sentences*.  
[https://opencpn.org/wiki/dokuwiki/doku.php?id=opencpn:opencpn\\_user\\_manual:advanced\\_features:nmea\\_sentences](https://opencpn.org/wiki/dokuwiki/doku.php?id=opencpn:opencpn_user_manual:advanced_features:nmea_sentences) adresinden alındı

OST-R USDOT. (2020). *Connected Vehicle Reference Implementation Architecture*.  
Connected Vehicle Reference Implementation Architecture:  
<https://local.iteris.com/cvria/> adresinden alındı

SAE. (2022, 11). *J2735\_202007 - V2X Communications Message Set Dictionary*. SAE International: [https://www.sae.org/standards/content/j2735\\_202007/](https://www.sae.org/standards/content/j2735_202007/) adresinden alındı

Smart Columbus. (2018, 8 7). *Connected Vehicle Environment (CVE) Concept of Operations*.  
<https://smartcolumbus.com/projects/connected-vehicle-environment> adresinden alındı

Texas Instruments. (2002). *Interface Circuits for TIA/EIA-232-F*.  
<https://www.ti.com/lit/an/slla037a/slla037a.pdf?ts=1695382680226> adresinden alındı

Texas Instruments. (2007). *Interface Circuits for TIA/EIA-485 (RS-485)*.  
<https://www.ti.com/lit/an/slla036d/slla036d.pdf?ts=1695297772538> adresinden alındı

TfL. (2003). *Congestion Charge*. <https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge> adresinden alındı

USDOT. (2023). *Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation*.  
Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation: <https://www.arc-it.net/> adresinden alındı

USDOT. (2023). *Physical Viewpoint*. <https://www.arc-it.net/html/methodology/vsphysical.html> adresinden alındı

VeNIT Lab. (2023). *ABHS*. VeNIT Lab: [https://venit.org/venit-website/venit\\_website/media/its\\_drawings/abhs.png](https://venit.org/venit-website/venit_website/media/its_drawings/abhs.png) adresinden alındı

VeNIT Lab. (2023). *Weather Sensor*. VeNIT Lab: [https://venit.org/venit-website/venit\\_website/media/its\\_drawings/infrastructure\\_weather.png](https://venit.org/venit-website/venit_website/media/its_drawings/infrastructure_weather.png) adresinden alındı