



**T.C. ULAŖTIRMA VE
ALTYAPI BAKANLIĞI**



ULUSAL AKILLI ULAŖIM SİSTEMLERİ STRATEĞİ BELGESİ VE 2020-2023 EYLEM PLANI HAZIRLAMA PROJESİ

*** 3 ÜLKENİN AUS MİMARİSİNİN KARŖILAŖTIRMA RAPORU ***

ULUSAL AKILLI ULAşIM SİSTEMLERİ STRATEJİ BELGESİ
VE
2020-2023 EYLEM PLANI HAZIRLAMA PROJESİ
(AUS-SEP)

3 ÜLKENİN AUS MİMARİSİNİN KARşILAşTIRMA RAPORU

Bu doküman ULUSAL AKILLI ULAşIM SİSTEMLERİ STRATEJİ BELGESİ VE 2020-2023 EYLEM PLANI HAZIRLAMA PROJESİ kapsamında T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmıştır.

2018

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	iii
TABLolar LİSTESİ	iv
1. GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ VE KAPSAM	1
2. İNCELEME – AUS MİMARİLERİ NASIL OLMALIDIR?	3
2.1. AVRUPA BİRLİĞİ AUS MİMARİSİ	8
2.1.1. Gezinme Aracı (The Browsing Tool)	11
2.1.2. Seçme Aracı (The Selection Tool)	16
2.2. FRANSA AUS MİMARİSİ: ACTIF	17
2.2.2. ACTIF Modelinin Oluşturulması	19
2.2.1. ACTIF Yönteminin Oluşturulması	19
2.2.3. ACTIF Yazılım Aracı (OSCAR)	20
2.3. ABD AUS MİMARİSİ	21
2.3.1. Akıllı Ulaşım İçin Bölgesel Mimari Geliştirme (RAD-IT) Yazılım Aracı	23
2.3.2. Akıllı Ulaşım İçin Sistem Mühendisliği (SET-IT) Yazılım Aracı	29
2.4. GELİŞMİŞ AUS UYGULAMALARINA SAHİP ÜLKELERİN (GÜNEY KORE, JAPONYA, SİNGAPUR) AUS MİMARİLERİ	31
2.4.1. Güney Kore AUS Mimarisi	34
2.5. KÜRESEL AUS MİMARİSİ İÇİN YENİ OLUŞUM: UYUMLAŞTIRMA GÖREV GRUBU VE MİMARİSİ	37
3. ULUSAL AUS MİMARİSİNİN DİĞER AUS MİMARİLERİ İLE KARŞILAŞTIRMASI	41
3.1. YAPISAL FARKLILIKLAR	41
3.1.1. Kullanım Kolaylığı ve İzlenebilirlik	41
3.1.2. Sürdürülebilirlik	42
3.1.3. Tanımlamalar	43

3.2. İÇERİK FARKLILIKLARI	46
3.2.1. AUS Mimarisi Oluşturma/ İzleme/Uygulama İçin İnteraktif Arayüz	48
3.2.2. AUS Mimarisindeki Nesneler, Bağlantıları ve Açıklamalar	48
3.2.3. K-AUS Bileşenleri ile K-AUS Bileşenlerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı	49
3.2.4. V2X İletişim Altyapısı ile V2X İletişim Elemanlarını/Servislerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı	50
3.2.5. Otonom Araç ve Yol Desteği	52
3.2.6. Standartların Tanımlanması	52
3.2.7. Veri Tabanı Uygulamaları / Bağlantıları	53
3.2.8. Tanımlanan Servis Sayısı	53
3.2.9. Genel Değerlendirme ve Uyumlaştırma Gerekliliği	53
4. TESPİTLER VE ÇIKARIMLAR	56
KAYNAKÇA	58



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: AUS Mimarisinden AUS Uygulamalarına Yönelik Beklenen Çıktılar	4
Şekil 2: ABD AUS Mimarisinin Çok Katmanlı Çerçeve Yapısı [84].....	6
Şekil 3: (a) FRAME Mimarisini Adapte Ederek Ulusal AUS Mimarisini Uygulayan Ülkeler.	9
Şekil 4: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Tüm AUS Mimarisinin Veri Akış Diyagramı.....	12
Şekil 5: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Fonksiyon Ağacının Gösterimi	13
Şekil 6: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Şekil 4'deki Sistemden "Taşıt (Vehicle)" Tıklanması Sonucu Açılan Diyagram	14
Şekil 7: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Şekil 6'da Seçilen Bir Araç Tipine Tıklanma ile Araca Ait Bilgilere Erişilmektedir.	15
Şekil 8: FRAME Seçme Aracı Kullanarak AUS Mimarisini Geliştirme Aşamaları [24]	16
Şekil 9: FRAME Seçme Aracı ile AUS Mimarisini Oluşturma [23].....	17
Şekil 10: Fransa AUS Mimarisi Geliştirme Döngüsü	18
Şekil 11: ACTIF 'de Tanımlanan AUS Uygulama Yöntemi.....	20
Şekil 12: Fransa AUS Mimarisi ile AUS Uygulamaları İçin OSCAR Yazılım Aracının Kullanılması	21
Şekil 13: Sistem Mimarisi Geliştirmede V-Modeli ve Uygulama Aşamaları [85]	24
Şekil 14: V-Modelinde RAD-IT ve SET-IT Yazılım Araçlarının Kullanım Alanı.....	24
Şekil 15: RAD-IT Yazılım Aracı Kullanıcı Arayüzü	26
Şekil 16: RAD-IT yazılım aracında, Envanter'de Yeni bir Eleman Oluşturulması [30]	27
Şekil 17: RAD-IT Yazılım Aracında, SERVİS Bilgilerinin Tanımlanması, Tanımlanan Servis Bilgilerinin Girilmesi ve Güncellenmesi [30]	28
Şekil 18: RAD-IT ile Hazırlanan Mimari Çerçevelerin Akış Diyagramlarının Gösterilmesine Örnek [30]	29
Şekil 19: SET-IT Yazılım Aracında, AUS Mimarisinde İhtiyaç Duyulan Servisler, Servis Paketi Olarak Seçilerek AUS Mimarisine Eklenebilmektedir [32]	30
Şekil 20: "Otobüs Bilgi Servisi"ne Ait Veri Akış Diyagramı [9].....	36
Şekil 21: "Otobüs Bilgi Servisi"ne Ait Mimari Akış Diyagramı [9].....	36
Şekil 22: HARTS Mimarisinin Oluşturulması [57]	39
Şekil 23: HARTS'da Oluşturulan Bir Servis için Veri Akış Diyagramı. Trafikte Kuyruk Uyarısı/Bilgilendirmesi [58]. Elemanların veya linklerin üzerine tıklandığında, o eleman için detay bilgiye ve diyagramına erişilmektedir.	40

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: AB AUS Mimarisinin (FRAME) Geliştirilmesine Yönelik AB Tarafından Desteklenen Projeler	9
Tablo 2: “Otobüs Bilgi Servisi”ne ait Senaryo [9]	36
Tablo 3: Uyumlaştırma Çalışma Grubunun Alt Görev Grupları ile Faaliyet Alanları ve Mevcut Durumu [55]	38
Tablo 4: AUS Mimarilerinin Karşılaştırması.....	43



1. GİRİŞ

1.1. AMAÇ VE KAPSAM

Bu doküman Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi (TÜBİTAK BİLGEM) ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Haberleşme Genel Müdürlüğü arasında imzalanan Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) Güncellemesi ve 2018-2020 Eylem Planı Hazırlama Projesi Sözleşmesi çerçevesinde, 2014-2016 AUS Eylem Planı kapsamında hazırlanmış olan taslak AUS mimarisinin 3 farklı ülke (Avrupa-Amerika-Uzakdoğu) ile karşılaştırmalı olarak incelenerek yapılacak tespitler ve önerileri rapor haline getirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Doküman kapsamında öncelikle dünyada akıllı ulaşım sistemlerinin mimarilerine ilişkin ayrıntılı incelemeler yapılmış ve 3 ülke mimarilerinin inceleme çalışma sonuçları listelenerek taslak Türkiye AUS Mimarisi ile karşılaştırılmıştır.

Sıra No	Belge Numarası	Belge Adı	Sürüm	Tarih
1	-	Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) Güncellemesi ve 2020-2023 Eylem Planı Hazırlama Projesi Sözleşmesi ve Ekleri	-	03.07.2017

1.2. TANIMLAR VE KISALTMALAR

KISALTMA	AÇIKLAMA
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
BİLGEM	Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi
BTE	Bilişim Teknolojileri Enstitüsü
UAB	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
HGM	Haberleşme Genel Müdürlüğü
AUS	Akıllı Ulaşım Sistemleri
ISO	(International Organization for Standardization) Uluslararası Standartlar Teşkilâtı
IEC	(International Electrotechnical Commission) Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

IEEE	<i>(Institute of Electrical and Electronics Engineers)</i> Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AB	Avrupa Birliği
KAREN	<i>(Keystone Architecture Required for European Networks)</i> Avrupa Ağları İçin Gerekli Temel Mimari
ACTIF	<i>(d'Aide à la Conception de Transports Interopérables en France)</i> Fransa'da Birlikte Çalışabilir Ulaştırma Sistemleri Tasarımı Yardımcısı
CVRIA	<i>(Connected Vehicle Reference Implementation Architecture)</i> Bağlı Araçlar Referans Uygulama Mimarisi
ARC-IT	<i>(The Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation)</i> Kooperatif ve Akıllı Ulaştırma İçin Referans Mimari
RAD-IT	<i>(Regional Architecture Development for Intelligent Transportation)</i> Akıllı Ulaşım İçin Bölgesel Mimari Geliştirme
SET-IT	<i>(Systems Engineering Tool for Intelligent Transportation)</i> Akıllı Ulaşım İçin Sistem Mühendisliği Yazılım Aracı
K-AUS (C-ITS)	Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri
C-ITS	<i>(Cooperative Intelligent Transport Systems)</i> Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri
DSRC	<i>(Dedicated Short Range Communication)</i> Tahsisli Kısa Mesafe İletişimi
V2X	<i>(Vehicle to Everything)</i> Araçtan Her Şeye
WiMAX	<i>(Worldwide Interoperability for Microwave Access)</i> Mikrodalga Erişim İçin Evrensel Birlikte Çalışabilirlik
WiBro	<i>(Wireless Broadband)</i> Kablosuz Genişband
ESCAP	<i>(The United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)</i> Birleşmiş Milletler Asya ve Pasifik Ekonomik Komisyonu
HARTS	<i>(Harmonized Architecture Reference for Technical Standards)</i> Teknik Standartlar İçin Uyumlaştırılmış Referans Mimari
3GPP	<i>(The 3rd Generation Partnership Project)</i> Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi

2. İNCELEME – AUS MİMARİLERİ NASIL OLMALIDIR?

Bir AUS mimarisi, entegre bir Akıllı Ulaşım Sisteminin (AUS) yapısını ve nasıl çalışacağını tanımlayan kavramsal bir tasarımdır. Bu mimari, AUS sistemini en düzgün ve resmi olarak tanımlamalıdır. Sistemin yapısal özelliklerinin nasıl olması gerektiğine yönelik gerekçeleri de içerecek şekilde düzenlenmelidir. Yüzeysel olarak temel bileşenleri, detayda tüm sistem bileşenlerini tanımlamalıdır. Tüm Akıllı Ulaşım Sistemini meydana getirecek olan ve uyumlu çalışması beklenen alt sistemler ile bu alt sistemler için hangi ürünlerin ve hizmetlerin tedarik edilmesi gerektiğini belirleyen bir planı sağlamalıdır. Ulusal olarak ihtiyaçları karşılamaya yönelik bir planı sunması gerektiği gibi bu alanda yatırım yapacaklar için ihtiyaç duyulacak bilgiyi sunabilmelidir [1] [2] [3] [4].

Bir AUS mimarisi, AUS uygulamalarına yönelik olarak paydaşlar için aşağıda tanımlanan çıktıları sağlamalıdır.

Uygulama Programı: Bir AUS Mimarisi; kısa, orta, uzun vadede uygulama programları için, temel aşamaların tanımlanmasını sağlamalıdır. Varolan bileşenlerin ne zaman yenilenmesi/iyileştirilmesi gerektiği, yeni bileşenlerin ne zaman hazır edilmesi gerektiği gibi bilgiler, uygulama programında tanımlanabilmelidir.

Altyapı Özellikleri: Bir AUS Mimarisi; bileşenler, bileşenler arasındaki haberleşme bağlantıları, harici arayüzler arasındaki haberleşme bağlantılarına yönelik standartları kapsayan altyapı özelliklerini içermelidir.

Bileşen Özellikleri: Bir AUS Mimarisi; AUS uygulaması için gerekli olan sistem bileşenlerinin detay özelliklerinin tanımlanmasına imkân sağlamalıdır.

Fayda-Maliyet Analizi: Bir AUS Mimarisi; ulaşım etkinliğinin iyileştirilmesi sonucu elde edilen gelir/fayda ile gider/maliyetlerin ölçülebilmesi ve tanımlanmasına yönelik analizlerin yapılmasına imkân sağlamalıdır.

Organizasyon Sorunlarının Tespiti: Bir AUS Mimarisi; verinin sahipliği, verinin gizliliğinin sağlanması, AUS gelirlerinin dağıtımı, paydaşlar arasındaki ilişkiler gibi bir AUS uygulamasının organizasyonunu etkileyen durumların ve beklentilerin tanımlanmasına imkan sağlamalıdır.

Risk Analizinin Yapılması: Bir AUS Mimarisi; kullanılabilecek teknolojilerin güvenilirliği, gelir sağlayacak kaynakların ve gelir miktarının belirsizliği, paydaşlar arasındaki anlaşmazlıklar gibi olası problemlerin incelenmesi ve analizinin yapılmasına imkan sağlamalıdır.

Şekil 1: AUS Mimarisinden AUS Uygulamalarına Yönelik Beklenen Çıktılar



Bir AUS uygulamasında çok sayıda uygulama, bileşenler, alt sistemler ve bunların tanımlamaları kullanılacağından, mimarinin belirli bir yaklaşım ve metodoloji ile oluşturulması gerekmektedir. AUS mimarisi gibi büyük ölçekli sistemlerin mimarisinin geliştirilmesi için “ISO/IEC/IEEE 42010:2011, Systems and software engineering-Architecture description [1] standardı” yeni bir standart olarak oluşturulmuş ve yayınlanmıştır. Söz konusu standart, paydaşların beklentilerini karşılamakta, veri ve iletişim tiplerini tanımlamakta, hem fiziksel hem de fonksiyonel mimariyi üst seviyede (daha genel) alternatifleri ile beraber tanımlayarak, kurumların birbirleri ile ilişkilerini ve sistemin nasıl yönetileceğini tarif etmektedir.

ISO/IEC/IEEE 42010:2011 standardı; sistem mimarisi, yazılım mimarisi ve kurumsal mimarilerin tanımlamaları için gereksinimleri belirleyerek standart bir yaklaşım sunmaktadır. Bununla beraber bir mimarinin oluşturulması sırasında tanımlanması gereken paydaşları, mimari çerçeveleri, bakış açılarını biçimsel olarak tarif ederek aralarındaki ilişkilerin ve tanımlamaların standart bir dil ile ifade edilmesini ve bunun için gerekli olan kavramsal temelin oluşturulmasını sağlamaktadır.

ISO/IEC/IEEE 42010:2011 standardı, 2000 yılında çıkarılan IEEE 1471-2000, “Recommended Practice for Architecture Description of Software-Intensive Systems [2]” standardını temel almıştır. IEEE 1471 standardı, sadece yazılım mimarisinin tanımlamaları için standart bir yaklaşım sunmaktadır. ISO/IEC/IEEE 42010:2011 standardına sistem mimarisi de eklenerek, IEEE 1471 standardının yerini almış ve IEEE 1471 standardı yürürlükten kaldırılmıştır.

A.B.D., ISO/IEC/IEEE 42010:2011 standardını temel alarak AUS mimarisini planlamış ve geliştirmiştir. AB’de ise bazı tanımlamalar ve ifadeler için IEEE 1471 [2] standardı temel alınmıştır.

A.B.D. ve AB’ye benzer şekilde; bir standart yaklaşım ve metodoloji ile oluşturulacak olan mimari, artık tüm paydaşların kullanabileceği bir çerçeve (framework) niteliği kazanacaktır. Böyle bir mimarinin geliştirilmesi sonrasında, sistemdeki bileşenler ve arayüzlere yönelik olarak hangi alanlarda standardizasyon çalışmalarının yapılması gerektiği de ortaya çıkacaktır. Birçok bileşen ve arayüzler için hali hazırda standartlar tanımlanmış ve belirlenmiş olsa da, yeni bileşenlerin ve arayüzlerin tanımlamalarına ve standardizasyonuna yönelik gereksinimler de ortaya çıkacaktır.

Yukarıda hedeflenen faydaları ve paydaşların beklentilerini karşılayacak, bir AUS mimarisinin geliştirilebilmesi için uygulanacak en iyi çözüm;

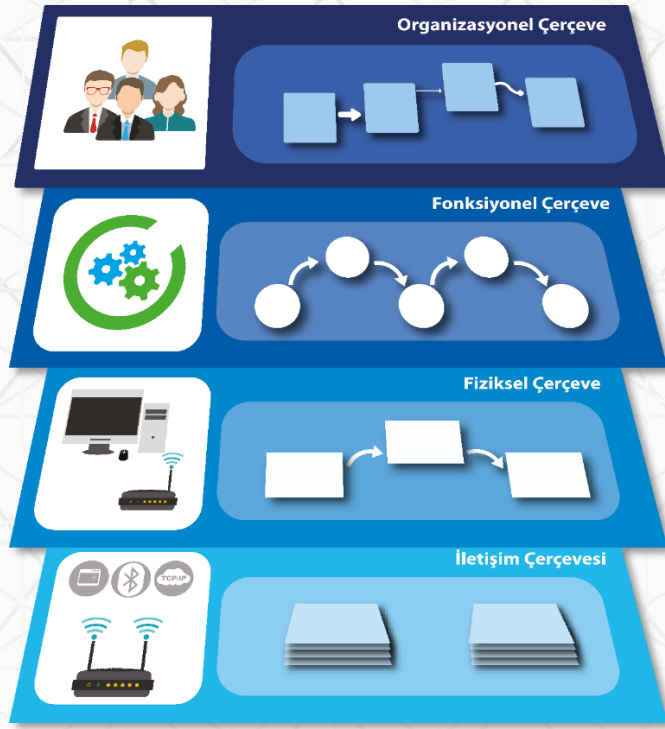
- Literatürde benimsenen,
- Günümüz gelişmiş ülkelerinde de uygulanan,
- Benzer büyük sistemlerin mimari tasarımını oluşturmak için uygulanan,
- Birden fazla bakış açısından (viewpoint) oluşan,
- Gerektiği kadar kapsamlı
- Detaylı bilgiyi sunabilecek çok katmanlı bir yapıdır.

Her katman kendi kuramsal kısmını kullanıcılarına sunmalı, geliştirilecek AUS uygulamalarının ve servislerinin entegre çalışması için gerekli planların yapılmasına olanak sağlamalıdır.

AUS mimarisi genel olarak aşağıdaki özellikleri taşımalıdır;

- Teknik bakımdan ihtiyaçları karşılaması gerektiği gibi, kanunlara ve düzenlemelere uygun olmalıdır.
- Oluşturulacak olan mimari, ihtiyaca göre farklı ölçeklerdeki (bölgesel veya yerel) AUS sistemlerinin geliştirilmesine olanak vermelidir.
- Kullanıcılar ve sistem tasarımcıları için başvuracakları en üst düzeyde bir stratejik plan görevi görmelidir.
- Yapılacak tasarımlar ve uygulamalar için, nasıl yapılacağından çok, ne gerektiğini tam olarak ortaya koymalıdır.
- Teknolojinin hızlı ilerlemesinden olumsuz etkilenmemek için, bileşenler ve süreçlerin tanımlamaları teknoloji ürünlerinden bağımsız olmalıdır. Tanımlamalar; sistemi oluşturan (fiziksel, fonksiyonel veya iletişim ile ilgili) bileşenler, süreçler ve alt sistemler için gerekli olan minimum kriterleri tanımlamalı, uyumluluğu ve uygulanabilirliği sağlamalıdır.

Şekil 2: ABD AUS Mimarisinin Çok Katmanlı Çerçeve Yapısı [84]



Geliştirilecek AUS Mimarisi kapsamında, AUS için tasarlanacak sistemlerin ve uygulamaların taşıması gereken özellikler;

- Tasarımcılara kolay bir mantıksal planlama imkanı sunmalı
- Diğer sistemlere uyumu ve entegrasyonu sağlamalı
- İstenen performans seviyelerini karşılamalı
- İstenen faydayı sağlamalı
- Verilen hizmetlerin güvenilir olmasını sağlamalı
- Yönetilebilmesi kolay olmalı
- Yönetimde etkinliği sağlamalı
- Bakımı kolay olmalı
- Sürdürülebilirliği sağlamalı
- Gerektiğinde genişletilmeye olanak sağlamalı
- Kullanıcıların ihtiyaçlarını ve beklentilerini sağlamalı
- Doğaya ve çevresine olumsuz etkileri azaltılmalıdır.

Sonuç olarak, AUS mimarisi tüm kullanıcılarının (kamu kurumları, ulaşım sektörü firmaları, AUS hizmet sağlayıcılar ve son kullanıcılar vs.) yukarıda belirtilen tüm ihtiyaçları karşılayarak kullanabileceği sistematik bir yapı sağlamalıdır. Bunu sağlamak için çok-katmanlı (multi-layer) ve her katmanda gerektiği kadar detay içeren (abstract) bir yapı oluşturulmalıdır.

Çok-katmanlı kuramsal yapının katmanları, tüm sistemde yer alan AUS paydaşlarının temel amaçları, beklentileri ve ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir. Buna göre belirlenebilecek çok katmanlı yapıda amaca ve ihtiyaca yönelik olarak aşağıdaki gibi katmanlar oluşturulabilir. Her bir paydaşın verdiği hizmet ve AUS'dan beklentisi farklılık göstereceğinden, bu katmanlar, paydaşların AUS'a bakış açılarına (view point) göre belirlenmektedir. Belirtilen bakış açıları (viewpoint) ile oluşturulan katmanlar literatürde bakış (view), mimari (architecture) veya çerçeve (framework) olarak da isimlendirilmektedir. Ülkemiz literatüründe çerçeve (framework) terimi benimsenmiştir [5]. Tutarlılığın sağlanması için bu terim kullanılacaktır. Farklı paydaşların farklı bakış-açılarına göre oluşturulabilecek çerçeveler aşağıda tanımlanmıştır.

Genel veya Konsept Çerçeve (General or Conceptual Framework): Sistemin bütünü gösteren ve nasıl çalıştığını açıklayan en üst düzey diyagramları ve tanımları içerir.

Fonksiyonel veya Mantıksal Çerçeve (Functional or Logical Framework): Kullanıcıların ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak gereksinim duyulan süreçleri ve fonksiyonların tanımlamalarını ve diyagramlarını içerir.

Fiziksel Çerçeve (Physical Framework): Sistemin fiziksel bileşenlerinin tanımlamalarını ve diyagramlarını içerir. Belirli bir uygulama için bunların nasıl konumlanacağını belirtebilir.

Haberleşme (Communication) Çerçevesi: Fiziksel çerçevede tanımlanan ve konumlandırılan bileşenler arasındaki bağlantıların haberleşme ihtiyaçlarını ve tanımlamalarını içerir.

Organizasyonel Çerçeve (Organizational Framework): Kurumlar arasındaki ticari ve iş ilişkilerini tanımlar.

Bilgi Çerçevesi (Information Framework): Sistemde kullanılacak temel veri tiplerini, bunların nerede saklanacağını, nasıl işleneceğini tanımlar.

Yönetim Çerçevesi (Operational Framework): Sistemin nasıl işletileceği ve yönetileceğini tanımlar.

Büyük sistemlerin geliştirilmesinde bu katmanlı çerçeve yapısı benimsenmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi ISO/IEC/IEEE 42010:2011, "Systems and software engineering — Architecture description" standardı ile geliştirilecek olan sistemin katmanlı çerçeve yapısının nasıl oluşturulacağı tanımlanmıştır. Bu nedenlerle, özetle, AUS mimarileri bu çok katmanlı çerçeve yapısına göre geliştirilmelidir. Dünyada, ülkelerin ve ekonomik bölge topluluklarının geliştirdiği AUS mimarileri [6] [7] [8] [9] bu çerçevelere göre düzenlenmiştir.

AUS mimarisinin geliştirilmesinde önem verilmesi gereken bir diğer nitelik ise sürdürülebilirlik ile ilgilidir. Hızlı gelişen teknoloji, artan uygulamalar ve hizmetlerin çeşitliliği, son kullanıcı profillerinin ve ihtiyaçlarının değişmesi ve artması, paydaşların çeşitlenmesi ve artması, ülkeleri (Avrupa ve Amerika) daha kapsamlı ve sürdürülebilir bir mimari oluşturulmasına itmiştir. Daha önceden var olan AUS mimarileri kapsamlı çalışmalar sonucunda revize edilmiştir. Yukarıda bahsedilen çok-katmanlı mimari yapı, yine yukarıda tanımlanan ihtiyaçları karşılayacak şekilde bir yazılım çerçevesi (framework) haline getirilmiştir. Bu yazılım mimarisi ile, ülke, bölge, şehir vb. gibi çeşitli ölçeklerde AUS mimarilerinin geliştirilmesini sağlamışlardır.

İncelemeye sunulan Ulusal AUS Mimarisi,

1. Yukarıda tanımlanan AUS mimarisi ve paydaşların ihtiyaçlarını karşılaması,
2. Avrupa, Amerika ve Uzak Doğu'da tanımlanan AUS Mimarilerine göre farklılıklar ile
3. Sürdürülebilir mimarinin sağlanabilmesi,

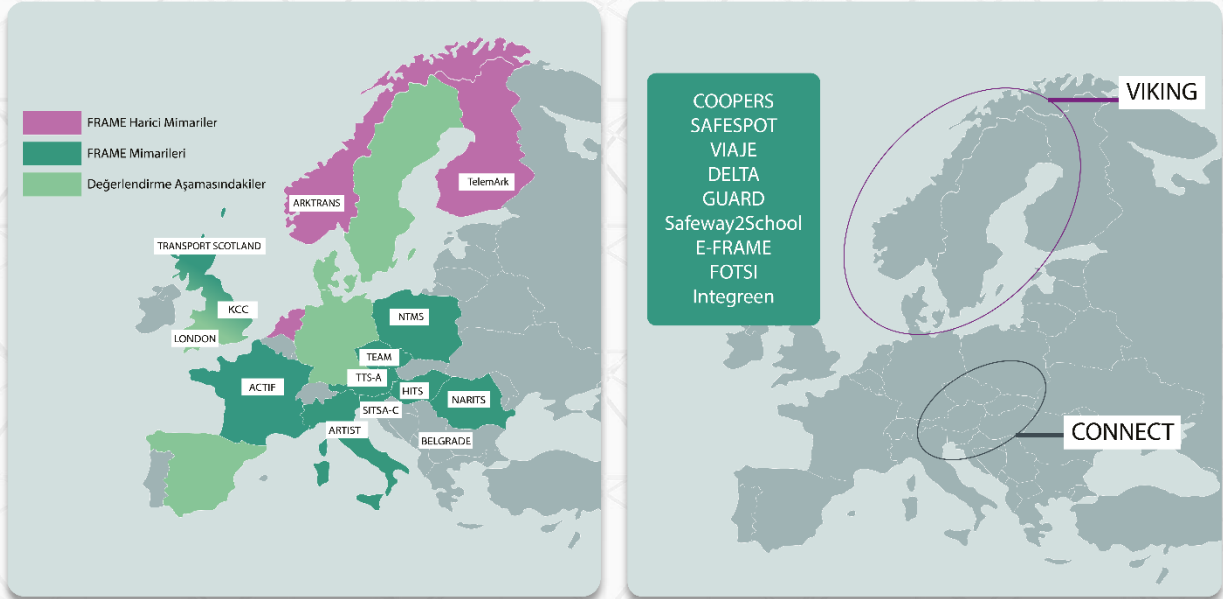
kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, öncelikle, Avrupa, Amerika ve Uzak Doğu AUS mimarileri incelenerek değerlendirilmiştir.

2.1. AVRUPA BİRLİĞİ AUS MİMARİSİ

Avrupa Birliğinde AUS mimarisi oluşturma çalışmaları; AUS mimarisinin genel bir yapısını oluşturmak, Avrupa'da sistematik bir şekilde AUS uygulamalarını gerçekleştirmek, sistemler arası ve Avrupa sınırları içinde ülkeler arası birlikte çalışabilirliği (inter-operability) sağlamak için 1998-2000 yılları arasında desteklenen KAREN projesi [10] ile başlamıştır. Proje sonucunda geliştirilen mimariye FRAME ismi verilmiştir. Devam eden yıllarda, AUS mimarisi çalışmaları, FRAME-NET [11], FRAME-S [12], E-FRAME [13] projeleri ile devam etmiştir. Projeler hakkında detaylı bilgi Tablo 1'de verilmiştir. Proje çalışmalarında, ilk önce kullanıcı ihtiyaçlarından ve paydaşların beklentilerinden yola çıkarak, Fonksiyonel Mimari (çerçeve) oluşturulmuştur. AB AUS Direktif (EU ITS Directive (2010)) [14] ve AB AUS Eylem Planına (ITS Action Plan (2008)) [15] göre ulusal AUS mimarilerinin oluşturulması için FRAME mimarisinin nasıl kullanılacağı da tanımlanmıştır. (FRAME ve AUS Eylem Planı Broşürü [16]). AB ülkelerinin birçoğu bu mimariyi kullanarak kendi ulusal AUS mimarilerini geliştirmişler ve AUS uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir (Şekil 3). Fransa'nın AUS mimarisi ACTIF [7], İtalya'nın AUS mimarisi ARTIST [17], Avusturya'nın AUS mimarisi TTS-A, Çekya'nın AUS mimarisi TEAM, Macaristan'ın AUS mimarisi HITS ve Romanya'nın AUS mimarisi NARITS, FRAME'den adapte edilerek oluşturulmuştur. FRAME mimarisi ayrıca, VIKING [18] ve COOPERS [19] gibi AB Ar-Ge projelerinde de kullanılmıştır [20]

Şekil 3: (a) FRAME Mimarisini Adapte Ederek Ulusal AUS Mimarisini Uygulayan Ülkeler.

(b) FRAME Kullanılarak Yürütülen Projeler [20]



Tablo 1: AB AUS Mimarisinin (FRAME) Geliştirilmesine Yönelik AB Tarafından Desteklenen Projeler

Proje Adı	Desteklenen Program - Proje Dönemi	Proje Amacı ve Kapsamı	Proje Ortakları (Ülke)
KAREN	4. Çerçeve Programı ----- Ocak 1998 Aralık 1999	Avrupa'da AUS uygulamalarını teşvik etmek, AUS uygulamalarını sistematik bir temele göre planlayarak uygulayabilmek için AUS mimarisinin geliştirilmesi ve bu mimari kullanılarak AUS uygulamalarının teşvik edilmesidir. Kullanıcı AUS ihtiyaçlarının tanımlanmasını; bir AUS mimarisinin temel karakteristiğinin tanımlanmasını, Fiziksel Çerçeve, Fonksiyonel Çerçeve ve İletişim Çerçevelerinin hazırlanmasını; bir AUS mimarisinin çıktı olarak elde edilmesini kapsamaktadır.	• Almanya • Avusturya • Belçika • Fransa • Hollanda • İngiltere • İtalya
FRAME-NET	5. Çerçeve Programı ----- Temmuz 2001 Mart 2004	En temel amacı, geliştirilen AUS mimarisini kullanarak AUS uygulamalarını Avrupa genelinde uygulamak ve yaygınlaştırmaktır. Farklı ülkelerdeki uygulamalardan elde edilen tecrübelerin, oluşturulan bir tematik ağ ile paydaşlar arasında paylaşılmasını kapsamaktadır.	• Belçika • Finlandiya • Fransa • Hollanda • İngiltere • İsveç • İtalya

FRAME-S	5. Çerçeve Programı ----- Haziran 2001 Nisan 2003	Amaç, yolcuların ve taşımacılık yapan operatörlerin farklı ulaşım modları ile en uygun ve maliyet-etkin planlama yapmalarını ve uygulamalarını sağlamaktır. Farklı ülke AUS uygulamalarının, sistem ve cihazların birbirleri ile uyumluluğunun sağlanmasını, böylece ülkeler arası kesintisiz ulaşımın sağlanmasını, sektördeki pazara hareketlilik getirme, fiyatların cazip hale getirilmesini kapsamaktadır.	• Belçika • Finlandiya • Fransa • Hollanda • İngiltere • İsveç • İtalya • Yunanistan
E-FRAME	7. Çerçeve Programı ----- Mayıs 2008 Mayıs 2011	AB FRAME mimarisine Kooperatif Sistemlerin eklenmesini amaçlamaktadır. Kooperatif Sistemlerin AUS mimarisine eklenmesine ilave olarak, test alanlarında gerçekleştirilmesini, standartların tanımlanmasını ve mimariye eklenmesini kapsamaktadır.	• Avusturya • Çekya • Fransa • Hollanda • İngiltere • İtalya

Ancak, bazı AUS sistemlerindeki teknolojinin çok hızlı gelişmesi ile Bağlı Araçlar (Connected Cars) ve Kooperatif Sistemler (Cooperative Systems) alanındaki gelişmeler;

1. AUS mimarisinin sürekli güncelleştirilmesine,
2. Sürdürülebilir bir AUS için sürdürülebilir AUS mimarisi oluşturulmasına yöneltmiştir.

Bu nedenle, AUS mimarisinin tamamının kolayca görülebileceği, bir AUS planlaması için sistem bileşenlerinin ve aralarındaki ilişkilerin kolaylıkla izlenebileceği uygulamaları geliştirmişlerdir.

FRAME mimarisi ve geliştirilen uygulamalar ile Fonksiyonel Çerçeve ve Fiziksel Çerçeve tanımlamaları yapılmaktadır. FRAME mimarisi, aşağıdaki AUS alanlarını kapsamaktadır [21]:

- Elektronik Ücret Toplama
- Acil Uyarı ve Cevap - Yol Kenarı ve Araç İçi Uyarısı
- Trafik Yönetimi - Şehir içi, Park Yönetimi, Tüneller ve Köprüler, Bakım, Olaylara Müdahale, Araç Kaynaklı Kirlilik vb.
- Toplu Ulaşım Yönetimi - Tarifeler, Ücretlendirme, Talep-üzerine Servis, Filo ve Sürücü Yönetimi
- Araç-İçi Sistemler (Kooperatif Sistemler)
- Yolcu Yardımı - Yolculuk Öncesi ve Sırası Planlama, Seyahat Bilgisi
- Yasal Uygulamalar için Destek
- Yük ve Filo Yönetimi
- Çok-Modlu Ulaşım ve Arayüzleri

FRAME kullanarak AUS mimarisi geliştirmek için iki adet uygulama geliştirilmiştir. Bunlar, FRAME Forum web sayfalarından erişilebilir ve kullanılabilir durumdadır. Bunlar Gezinme Aracı (The Browsing Tool) [22] ve Seçme Aracı (The Selection Tool) [23]'dir.

2.1.1. Gezinme Aracı (The Browsing Tool)

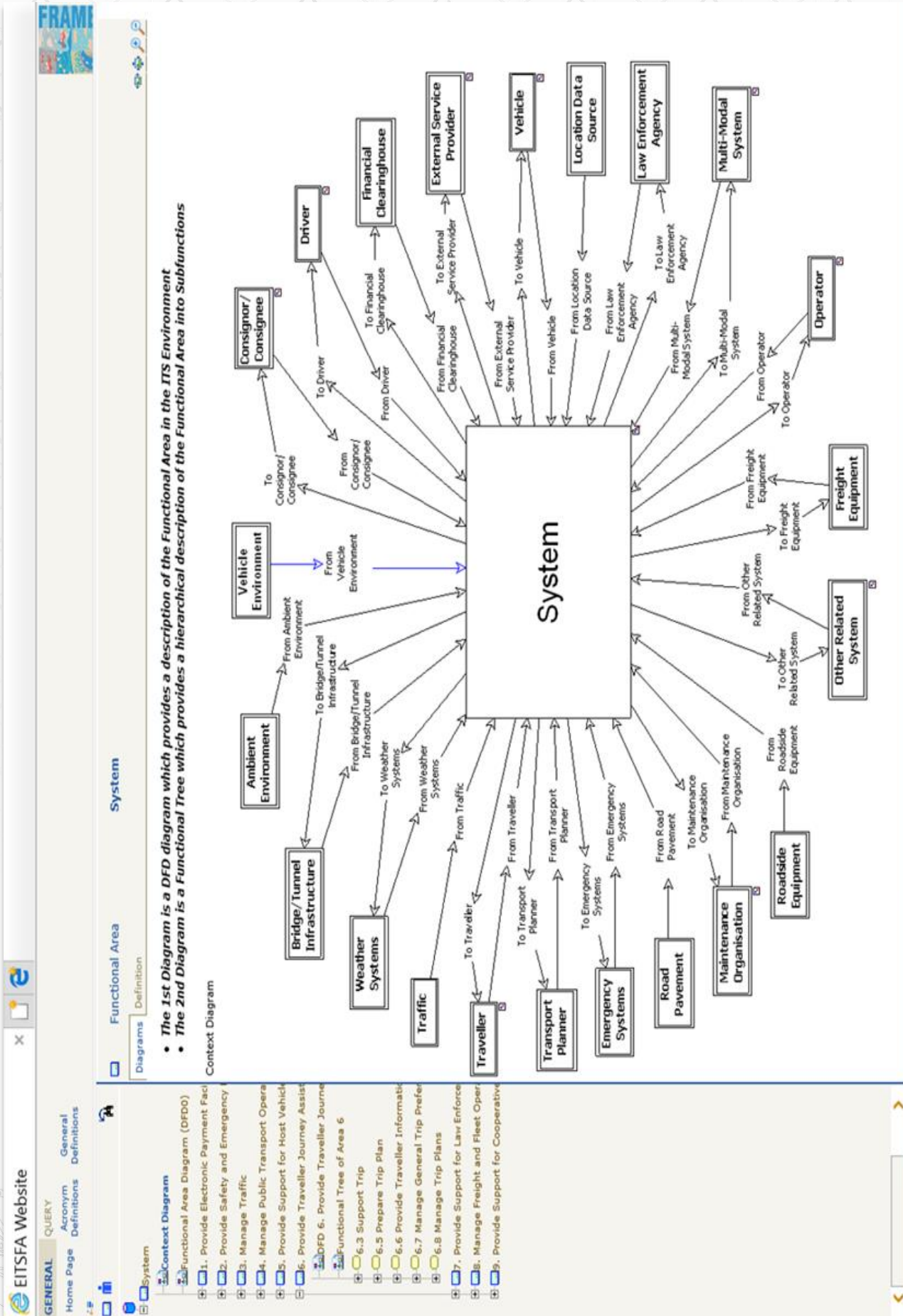
Gezinme Aracı (The Browsing Tool) [22] ile tüm AUS mimarisinin Fonksiyonel yapısı ve Veri Akış Diyagramları (Data Flow Diagram) incelenebilmektedir. Uygulama, web tarayıcısı üzerinde ilave kurulum gerektirmeden çalışmaktadır. AUS mimarisinin herhangi bir bileşenine direkt olarak erişilebildiği gibi, her elemanın diğer elemanlarla ilişkisinin interaktif bir şekilde incelenmesine imkân sağlamaktadır.

Gezinme aracında; her sistem, alt sistemler ve bileşenler için Fonksiyonel Diyagram ve Veri Akış Diyagramı olacak şekilde 2 diyagram bulunmaktadır. Bunlar interaktif bir şekilde tıklamalar ile hızlı bir şekilde görülebilmekte, geçişler yapılabilmektedir. Sistem veya elemanlar için daha fazla bilgi istendiğinde, üzerine tıklama ile detaylı tanımına ve diğer bileşenler ile ilişkilerine erişilebilmektedir. Aynı şekilde, elemanlar arasındaki ilişkileri gösteren bağlantılara tıklandığında da bağlantıya ait detaylı bilgiye erişilebilmektedir. Sistemdeki veri akışları veya servislere ait süreçler çok hızlı bir şekilde takip edilebilir durumdadır. Örneğin, belirli bir kaynaktan belirli bir fonksiyon ile toplanan verinin füzyonu, işlenmesi ve son kullanıcıya/kullanıcılarına servis olarak sunulmasına kadar olan tüm süreç takip edilebilmekte, gerekli olan bilgiler temin edilebilmektedir. Bu işlemler, sadece ilgili elemanın üzerine tıklama yapılması ile gerçekleşmektedir. Böylece, binlerce elemandan oluşan AUS mimarisinde, ihtiyaç duyulan bilgiye Gezinme Aracı ile birkaç tıklama ve çok kısa sürede erişilebilmektedir.

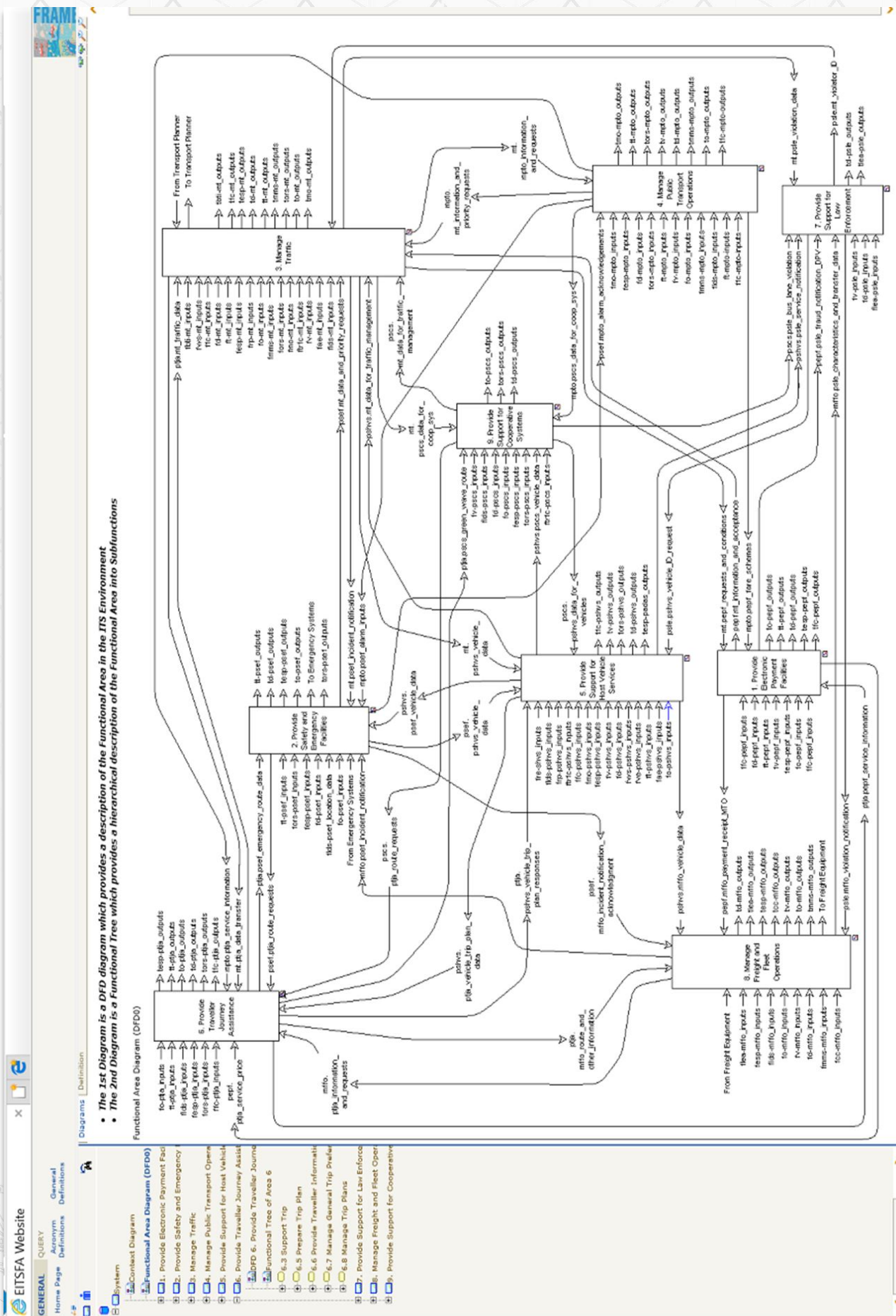
Bu araç ile tüm AUS mimarisinin Fonksiyonel yapısı ve Veri Akış Diyagramları (Data Flow Diagram) incelenebilmektedir. Uygulama, web tarayıcısı üzerinde ilave kurulum gerektirmeden çalışmaktadır. AUS mimarisinin herhangi bir bileşenine direkt olarak erişilebildiği gibi, her elemanın diğer elemanlarla ilişkisinin interaktif bir şekilde incelenmesine imkân sağlamaktadır.

Aşağıdaki şekillerde, sistemin fonksiyonel diyagramı (şekil 5) ve veri akış diyagramı (şekil 4) gösterilmiş, sistemden seçilen “Taşıt (Vehicle)” elemanının üzerine tıklama ile ona ait kırılım diyagramına ulaşılmış (şekil 6), seçilen bir araç tipi için ise ona ait olan bilgilere (şekil 7) erişilmiştir. Tıklamalar ile ayrıca, fonksiyonlara ve tanımlarına erişilebilmektedir. Bu yaklaşım ile FRAME mimari metodolojisi tüm sürecin izlenebilmesini sağlamaktadır.

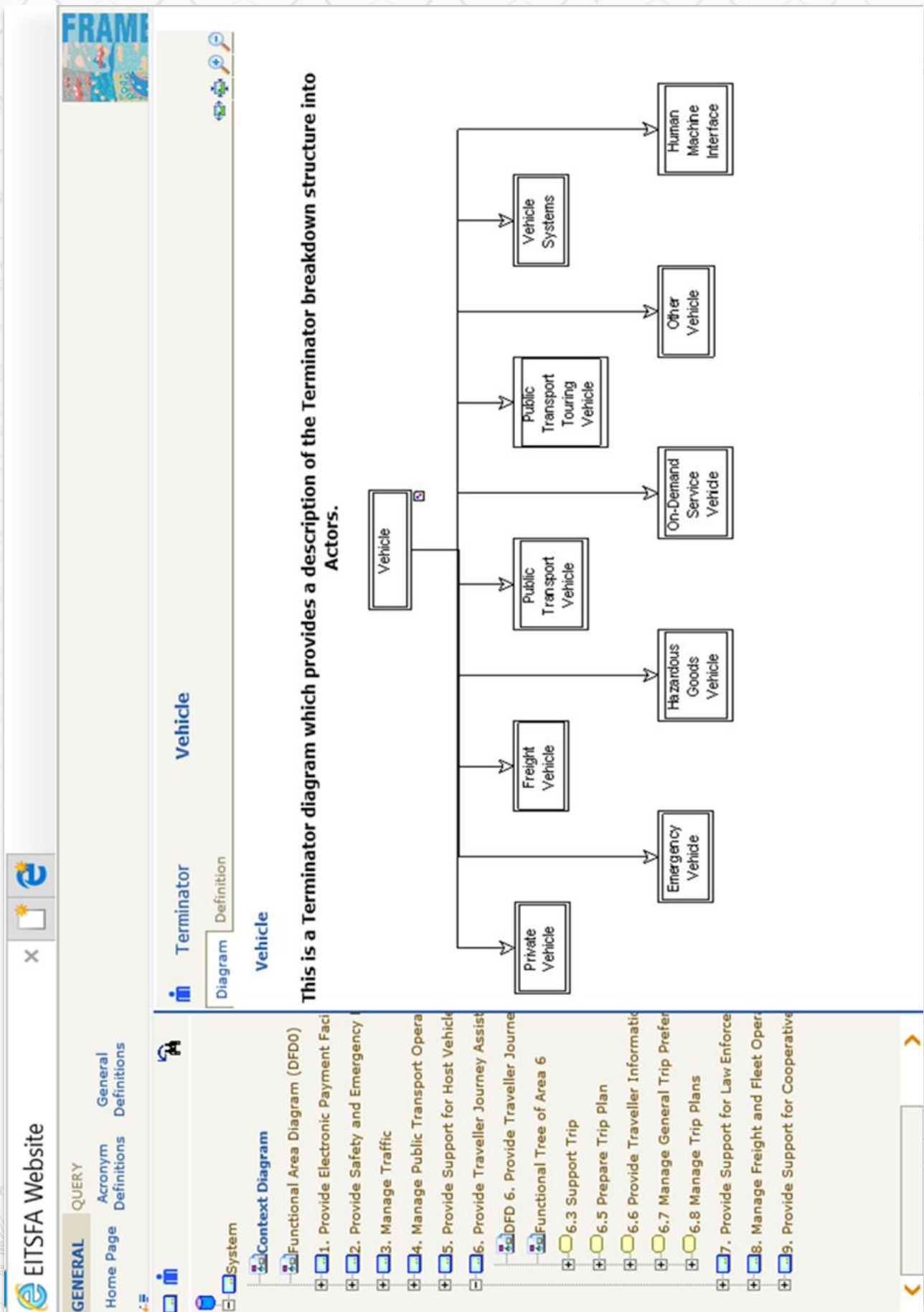
Şekil 4: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Tüm AUS Mimarisinin Veri Akış Diyagramı.



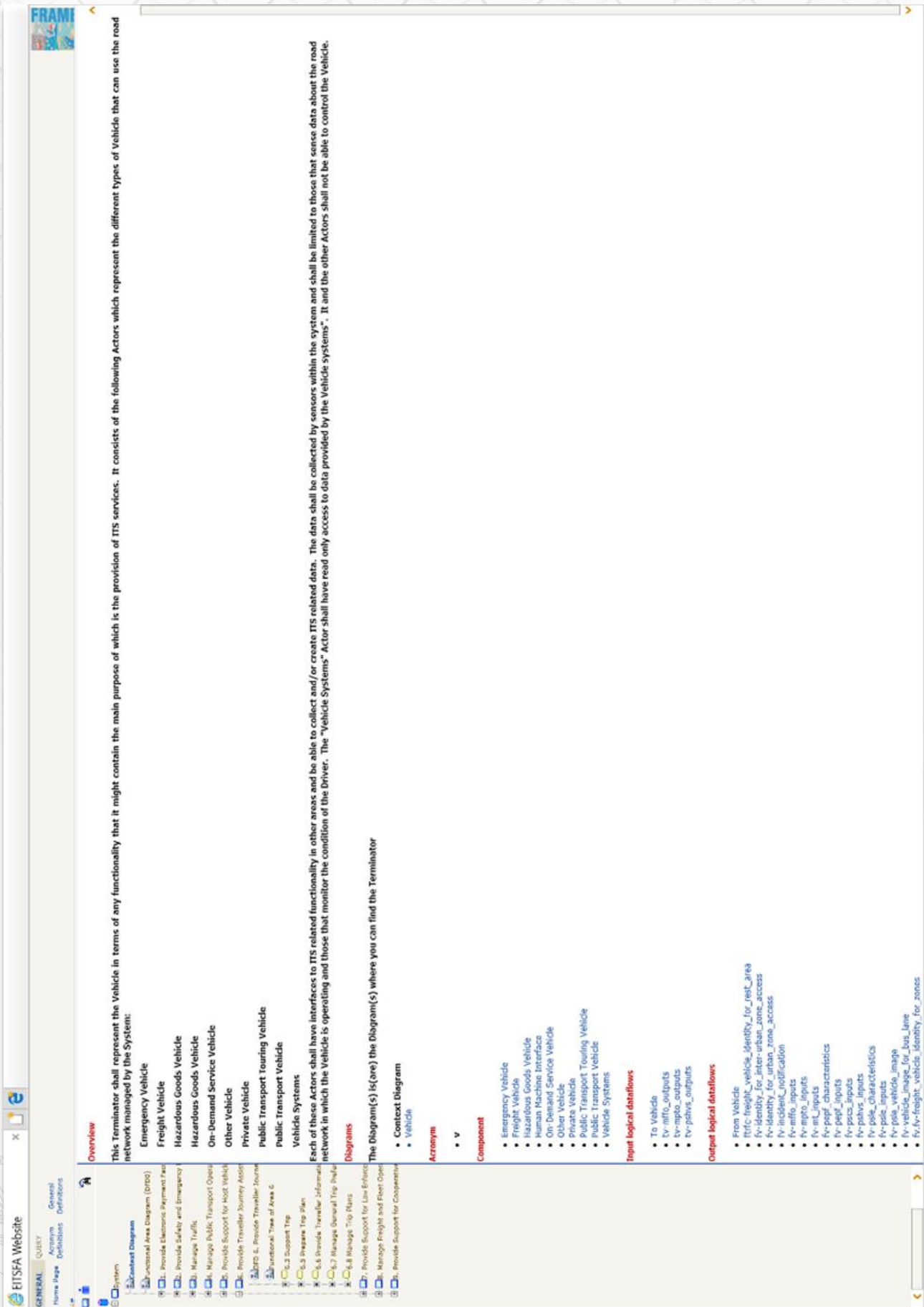
Şekil 5: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Fonksiyon Ağacının Gösterimi



Şekil 6: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Şekil 4'deki Sistemden "Taşıt (Vehicle)" Tıklanması Sonucu Açılan Diyagram



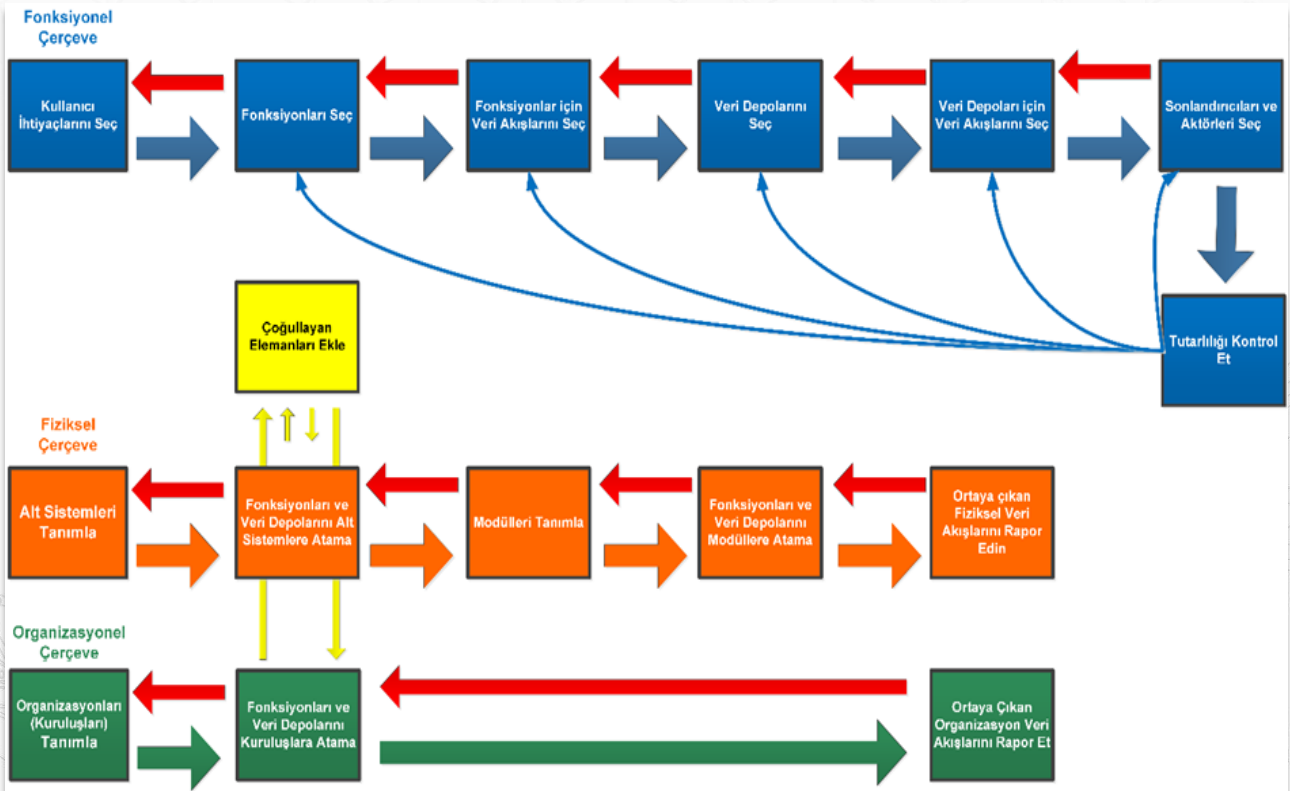
Şekil 7: FRAME Gezinme Yazılım Aracı ile Şekil 6'da Seçilen Bir Araç Tipine Tıklanma ile Araca Ait Bilgilere Erişilmektedir.



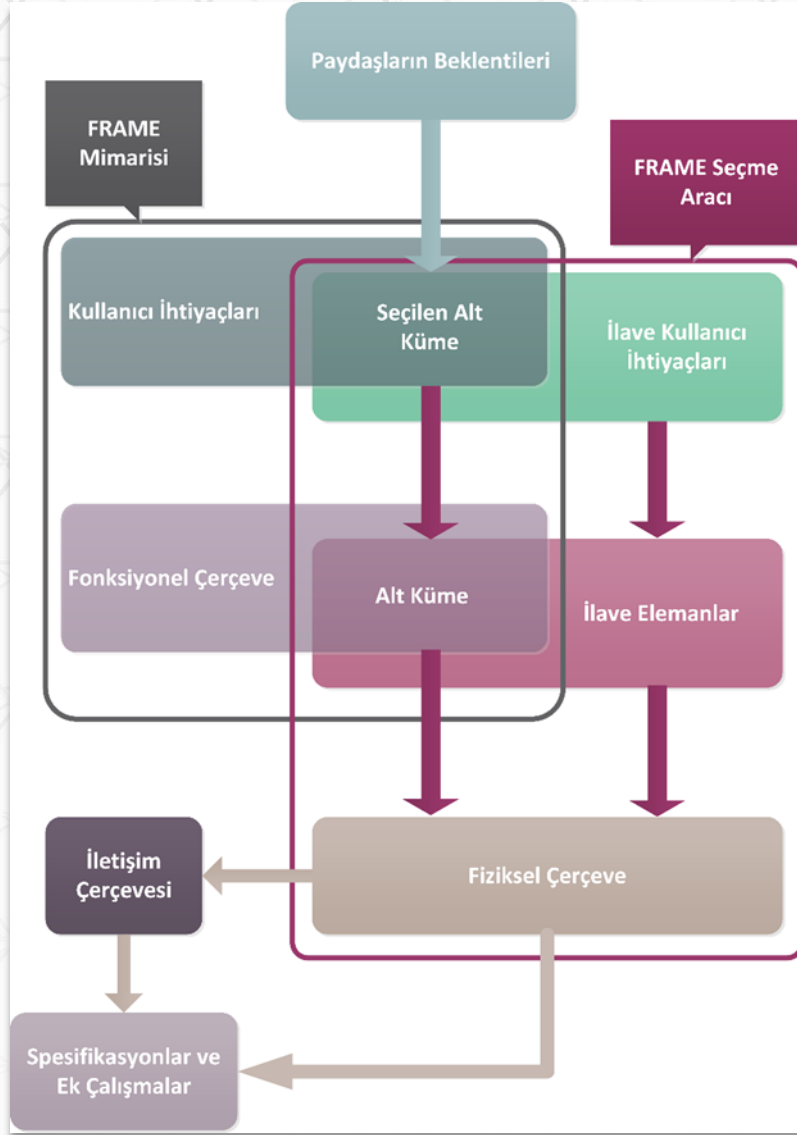
2.1.2. Seçme Aracı (The Selection Tool)

Seçme Aracı (The Selection Tool) bir uygulama yazılımı ve veri tabanından oluşmaktadır. Bu araç sayesinde farklı ölçeklerde AUS Mimarisi oluşturulabilmektedir. Bu yazılım ve veri tabanları, FRAME Forum web sayfalarından erişilebilir ve kullanılabilir durumdadır [23]. Seçme Aracı ile bir AUS mimarisinde olması gereken tüm sistem bileşenleri, bağlantıları, servisler, fonksiyonlar ve aralarındaki ilişkiler tanımlanmış ve verileri veri tabanına girilmiş durumdadır. Bu araç ile bir AUS mimarisinin Fonksiyonel Çerçevesi, Fiziksel Çerçevesi ve Organizasyon Çerçevesi oluşturulabilmektedir. İlk önce Fonksiyonel Çerçeve oluşturulmaktadır. Bir AUS mimarisi; istenilen ölçekte (ülke, şehir vs.) istenilen fonksiyonları yerine getirecek şekilde, istenilen kapsamda sistemde bulunan tanımlar seçilerek oluşturulabilmektedir. Bu tanımlar gerektiğinde değiştirilebilmekte veya yeni tanımlar yapılabilir. Fonksiyonel Çerçeve oluşturulduktan sonra Fiziksel Çerçeve oluşturulmaktadır. Bu uygulama aracı ile bir AUS mimarisi, istenilen büyüklükte ve detaylı tanımlar ile oluşturulabilmektedir. Oluşturulan mimari, kolay izlenebilirlik için veri tabanında saklanabilmekte, üzerinde değişiklik ve ilaveler yapılabilir. Böylece, gelecekte olabilecek teknolojik gelişmelere ve değişen kullanıcı ihtiyaç ve servislerine göre, AUS mimarisinde kolaylıkla eklemeler ve düzenlemeler yapılabilecektir. Şekil 8’de [24], bir AUS mimarisinin Seçme aracı kullanarak geliştirme aşamaları gösterilmiştir. Şekil 9’da [23] ise, Seçme aracı kullanarak FRAME mimarisinden, Ulusal AUS mimarisinin nasıl oluşturulabileceği gösterilmiştir.

Şekil 8: FRAME Seçme Aracı Kullanarak AUS Mimarisini Geliştirme Aşamaları [24]



Şekil 9: FRAME Seçme Aracı ile AUS Mimarisini Oluşturma [23]



FRAME mimarisinden, ulusal AUS mimarisi elde etmek ve AUS uygulamak, yukarıda da belirtildiği gibi mümkündür. FRAME mimarisinde, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre tasarlanan Fonksiyonel Çerçeve bulunmaktadır. Bir ülke veya kurum, AUS mimarisini oluşturmak istediğinde, gereken veya istenen ölçeğe göre, dolayısıyla ihtiyaçlarına göre, fonksiyonel mimarinin karşılık gelen bölümü (alt-kümesini), FRAME mimarisinden çekmiş olacaktır. İstenildiğinde, bu alt-küme Fonksiyonel Çerçeveye ilaveler ve değişiklikler yapılabilir, tanımlar ve özellikler değiştirilebilir. Oluşan yeni Fonksiyonel Çerçeveye göre karşılık gelecek/tamamlayacak şekilde Fiziksel Mimari (Çerçeve) oluşturulmalıdır. Oluşturulan Fiziksel Mimariye göre de İletişim Mimari tanımlanmalı ve oluşturulmalıdır (Şekil 9).

2.2. FRANSA AUS MİMARİSİ: ACTİF

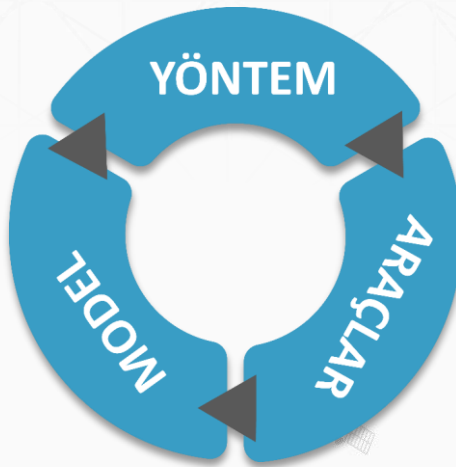
FRAME mimarisi kullanılarak ulusal AUS mimarisinin geliştirilmesine örnek olarak Fransa'nın AUS mimarisi gösterilebilir. Fransa, kendi ulusal AUS mimarisini geliştirme çalışmalarına, AB ile uyumlu

ve eş zamanlı olarak başlamıştır. Yukarıda belirtilen, KAREN ve tüm FRAME projelerine katılmış ve katkı sağlamıştır. Aynı zamanda, projelerin çıktılarını, kendi AUS mimarisinin geliştirilmesinde uygulamıştır. Yukarıda belirtildiği gibi, KAREN ve FRAME projeleri birbirinin devamı olan projelerdir. AB AUS mimarisini oluşturma çalışmaları KAREN ile başlamış, devam eden projeler ile hem AUS mimarisinin geliştirilmesi ve güncellemesine devam edilmiş, hem de bu mimari kullanılarak AUS uygulamaları yaygınlaştırılmıştır.

Fransa, Hollanda, İngiltere ve İtalya, Tablo 1’de gösterilen dört projede de yer alan ülkelerdir. Fransa, AB AUS mimarisi ve AUS uygulamaları ile uyumlu olacak şekilde, kendi AUS mimarisini geliştirmiştir. Bu mimariye ACTIF (d’Aide à la Conception de Transports Interopérables en France) adını vermişlerdir. En temel ve en önemli hedef olarak sürdürülebilir ulaşımı belirlemişlerdir. Bu hedefe yönelik olarak üç temel yapıtaşının oluşturulmasını ve sürekli güncel tutulmasını (Şekil 10) gerekli görmüşlerdir [25] [26]. Bunlar;

1. **Yöntem:** Birçok paydaşın yer aldığı, karmaşık içerikli sistemlerin oluşturduğu bir projenin yürütülmesini sağlamak için bir yöntemin belirlenmesi gerekli görülmüştür.
2. **Model:** Ulaşım alanındaki ihtiyaçları karşılayacak profesyonel yaklaşımların gösteriminin yapıldığı (modellenebildiği), bilgi sistemleri yaklaşımı ile desteklenen ve standartları dikkate alan bir modelin geliştirilmesi gerekli görülmüştür.
3. **Araçlar:** Yöntemin kolaylıkla tüm paydaşlar tarafından uygulanabildiği, modelden elde edilen bilgilerin kullanılabildiği yazılım araçlarının geliştirilmesi gerekli görülmüştür.

Şekil 10: Fransa AUS Mimarisi Geliştirme Döngüsü



ACTIF’in geliştirilmesinde AB FRAME mimarisi temel alınmıştır. Ancak, Fransa, uygulamaya ve daha iyi anlaşılabilirliğe yönelik olarak ilaveler ve düzenlemeler yapmıştır. Bu farklılıklar, yukarıda belirtilen AUS mimarisi geliştirme süreçlerinde aşamalı olarak dahil edilmiştir.

2.2.2. ACTIF Modelinin Oluşturulması

ACTIF Modelinin geliştirilmesinde FRAME mimarisi temel alınmıştır. FRAME mimarisi temelleri ile beraber aynı diyagramlar ve notasyonlar kullanılmıştır. Planlama ve uyumlaştırma için bu gerekli görülmüştür. Ancak, AUS gerçek dünya uygulamalarındaki tecrübelerinden yola çıkarak, kullanıcılar için daha izlenebilir, anlaşılır, faydalı ve kullanılabilir bir modelin geliştirilmesinin gerekli olduğu görülmüştür. Bu nedenle, AUS uygulamalarındaki fonksiyonlar 9 ana fonksiyon olarak gruplanmıştır. Bu gruplar aşağıda belirtilmiştir:

- Elektronik ödeme sistemlerinin yönetimi
- Emniyet ve acil durum servislerinin yönetimi
- Ulaşım altyapısı ve trafiğinin yönetimi
- Toplu taşıma operasyonlarının yönetimi
- İleri sürücü yardımcı sistemlerini sağlama
- Ulaşım koordinasyonu için bilgilendirme ve yönetimi
- Regülasyonu uygulama/uygulatma
- Taşımacılık ve filo operasyonları yönetimi
- Paylaşılan verinin yönetimi

Her bir grubun modellemesi için bilgi sistem yaklaşımı benimsenmiştir. Modellemede;

- Verinin toplanması, işlenmesi ve dağıtımı
- Verinin aktarılacağı harici sistemler
- Harici sistemler ve fonksiyonlar arasındaki veri paylaşımı
- Verinin depolanacağı veritabanları
- Her bir nesne için normlar ve standartlar

süreçleri tanımlanmıştır.

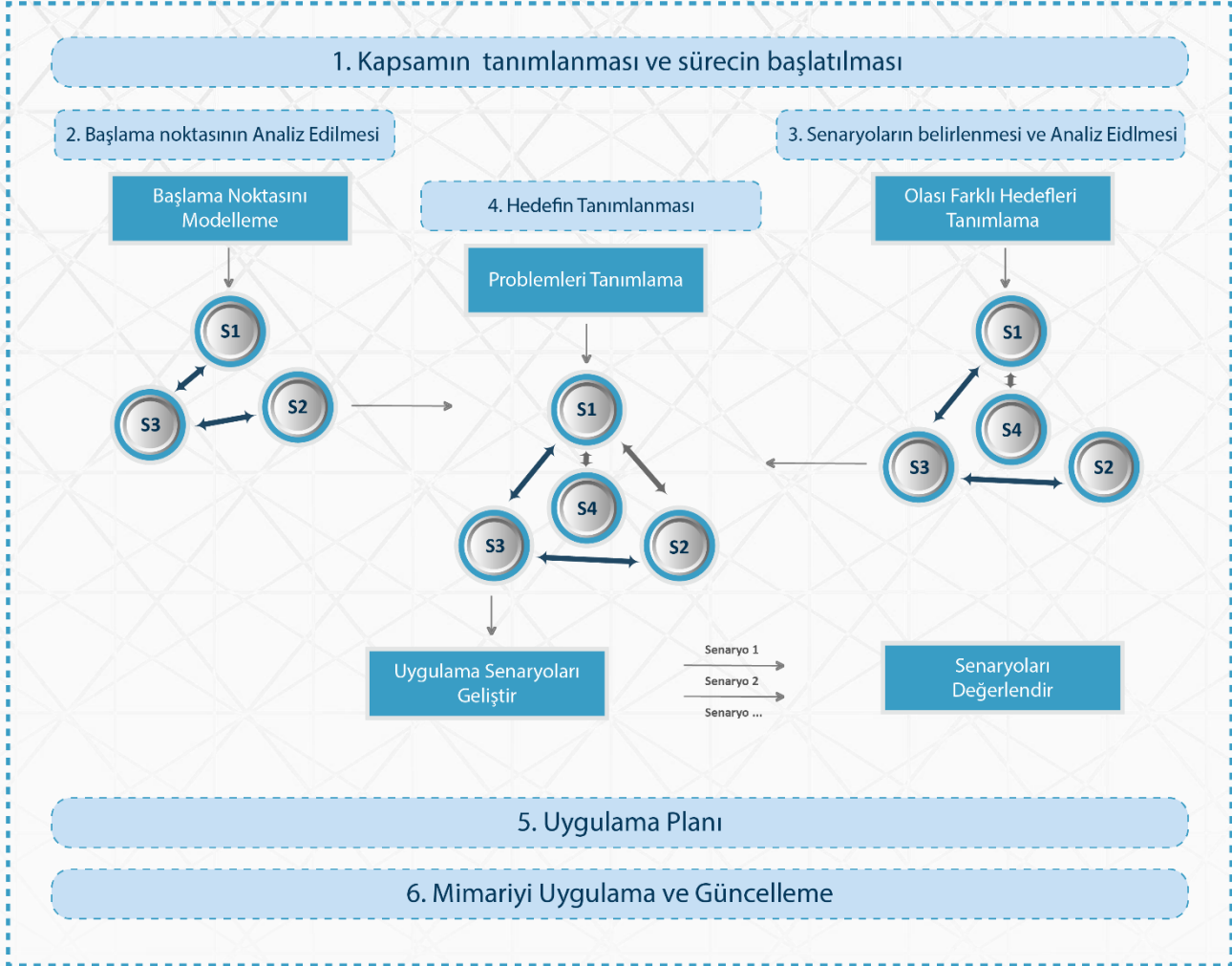
Her bir model için bir fonksiyonel çerçeve diyagramı, mantıksal çerçeve diyagramı ve tematik çerçeve (bir süreç/servis için fonksiyonları, mesajları, standartları ve önerileri içeren) diyagramı oluşturulmuştur. Model ve diyagramlar kullanılarak, AUS uygulamalarının kullanılması amaçlanmıştır. Modele uygun olarak diyagramların geliştirilmesi ve gerekli olan bilginin sağlanması için, OSCAR adında aşağıda belirtilen yazılım aracı geliştirilmiştir.

2.2.1. ACTIF Yönteminin Oluşturulması

ACTIF’de en önemli amaçlardan biri, birbiri ile uyumlu çalışabilen sistemlerin geliştirilmesidir. Bu amaç için, uygulanacak model ve araçlardan bağımsız olarak sistem tasarımı yapanların

kullanılabileceği bir yöntemin oluşturulması ve dokümantasyonu sağlanmıştır. Genel bir proje yönteminde yer alan aşamalar, altı aşama olarak belirlenmiş ve proje uygulamalarında kullanılması istenmiştir. Bunlar Şekil 11’de gösterilmiştir.

Şekil 11: ACTIF ‘de Tanımlanan AUS Uygulama Yöntemi



Uygulanacak AUS sistemlerinde, diğer AUS uygulamaları ile uyumluluk için ortak terimlerin kullanılması, kurumlar arası arayüzlerin tanımlanması, veri toplama - akış ve dağıtım yöntemlerinin belirlenmesi, temel fonksiyonların belirlenmesi en temel gereklilik olarak belirlenmiştir. Geliştirilen yöntem ile bunların sağlanması amaçlanmıştır.

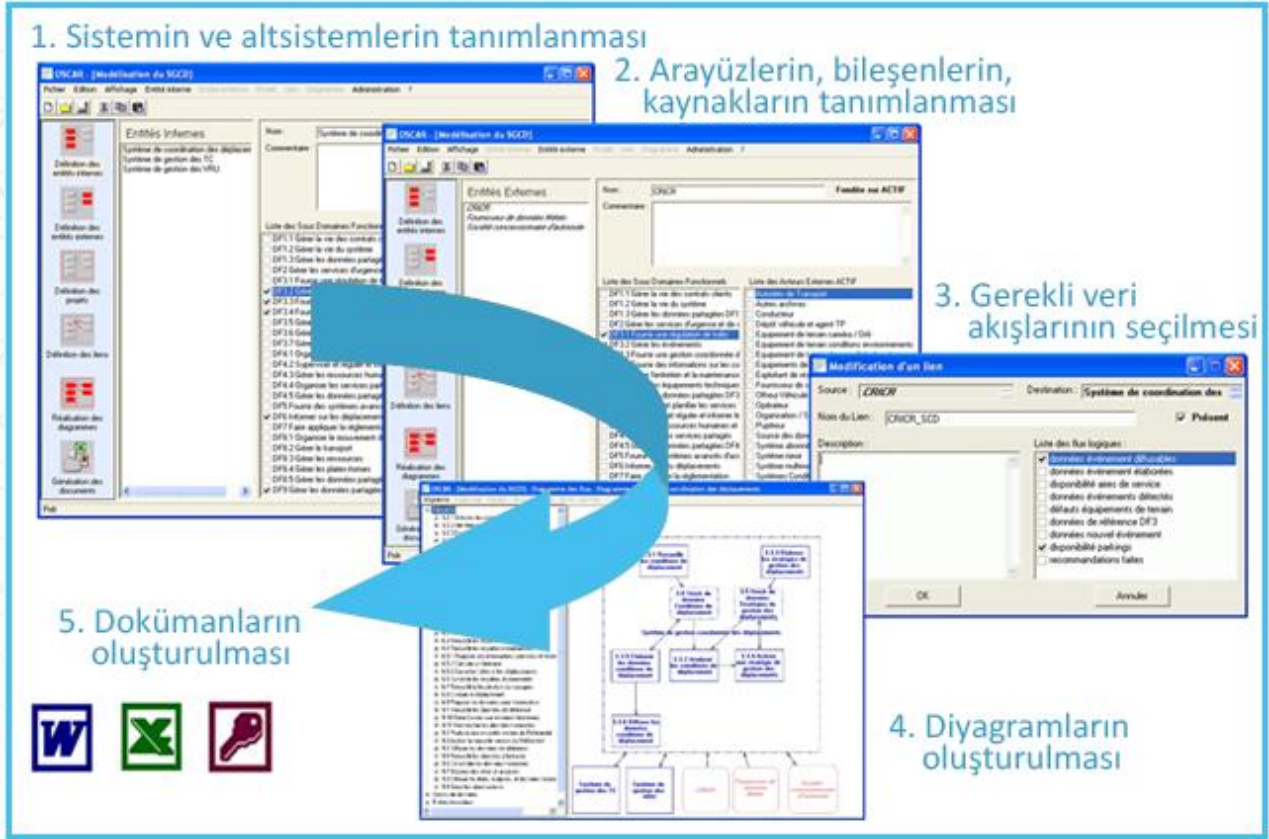
2.2.3. ACTIF Yazılım Aracı (OSCAR)

Yukarıda belirtilen modelin ve modele ait diyagramların oluşturulması OSCAR adı verilen yazılım aracı ile yapılmaktadır. Bu yazılım, FRAME mimarisindeki Seçme Aracına benzemektedir. OSCAR ile aşağıdaki işlemler yapılabilmektedir (Şekil 12):

- Alt sistemlerin tanımlanması
- Paydaşların tanımlanması
- Projelerin tanımlanması

- Alt sistemler ve paydaşlar arasındaki ilişki ve linklerin tanımlanması
- Diyagramların oluşturulması
- Projenin istenilen formata uygun olarak dokümantasyonunun oluşturulması

Şekil 12: Fransa AUS Mimarisi ile AUS Uygulamaları İçin OSCAR Yazılım Aracının Kullanılması



OSCAR'da yapılan tüm tanımlamalar ve girilen veriler hem Fransızca hem de İngilizce olarak hazırlanmıştır. İnteraktif bir arayüz ile kullanıcılarına, istenilen büyüklükte ve bileşenlerine sahip bir AUS uygulaması için istenilen/gerekli bileşenlerin seçilmesini, istenilen fonksiyonların/servislerin seçilmesini, gerekli veri akışlarının seçilerek istenilen diyagramların oluşturulmasını sağlamaktadır.

OSCAR, ACTIF web sayfasından indirilebilmekte ve ücretsiz olarak kullanılabilir.

2.3. ABD AUS MİMARİSİ

ABD'nin AUS mimarisinde de yakın zamanda çalışmalar yapılmakta, AUS mimarisi yeniden yapılandırılmaktadır. Mevcut AUS mimarisi, ISO/IEC/IEEE 42010:2011, "Systems and software engineering - Architecture description" [1] standardına göre geliştirilmiştir. Ancak, AUS teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, bağlı-araçlar ve uygulamalarının gelişmesi, mevcut mimarilerin üzerinde düzenleme yapmaya itmiştir. Bağlı araçlar ve V2X iletişim sistemlerinin yakın gelecekte yaygınlaşacak olması nedeni ile bu sistemlerin getirdiği/sağladığı uygulamalardan başlayarak AUS mimarisini yeniden tanımlamaya başlamışlardır. Bu amaca yönelik olarak bir mimari geliştirme platformu tanımlamışlardır. Bu platforma, Connected Vehicle Reference Implementation

Architecture (CVRIA) [27] ismi verilmiştir. Bu platform ile AB'dekine benzer şekilde, çok-katmanlı bir mimari oluşturulmaktadır. ABD AUS mimarisinde dört çerçeve (view veya framework) tanımlanmakta ve bu çerçevelerin belirtilen CVRIA platformu ile tanımları yapılarak AUS mimarisi geliştirilmektedir. Bu dört çerçeve:

- Fonksiyonel Çerçeve
- Fiziksel Çerçeve
- İletişim Çerçevesi
- Organizasyon Çerçevesi,

olup ayrıca, Uygulama Çerçevesinin de oluşturulabileceği belirtilmektedir.

ABD AUS mimarisindeki servisler 12 ana kategoride (servis paketleri) toplanmıştır. Bunlar [28];

1. Ticari Araç Operasyonları
2. Veri Yönetimi
3. Bakım ve İnşa
4. Otopark Yönetimi
5. Kamu Güvenliği
6. Toplu Taşıma
7. Destek Hizmetleri
8. Sürdürülebilir Seyahat
9. Trafik Yönetimi
10. Yolcu Bilgilendirme
11. Araç Güvenliği
12. Hava Durumu

Tüm servislere ait tanımlamalar, ABD AUS mimarisi web sitesinde [28] yer almaktadır. Bunlar arasında AB AUS servisleri ile ortak olanlar olduğu gibi, birçok farklı servis de bulunmaktadır.

ABD'nin mevcut AUS mimarisi CVRIA ile yeniden oluşturulmuş ve yeni AUS mimarisine ARC-IT (Kooperatif ve Akıllı Ulaştırma İçin Referans Mimari - The Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation) adı verilmiştir [8]. ABD AUS mimarisinin son versiyonu ARC-IT versiyon 8.0 olup, RAD-IT (Akıllı Ulaşım İçin Bölgesel Mimari Geliştirme - Regional Architecture Development for Intelligent Transportation) ve SET-IT (Akıllı Ulaşım İçin Sistem Mühendisliği Yazılım Aracı - Systems Engineering Tool for Intelligent Transportation) adı verilen iki araç ile geliştirilmiştir.

RAD-IT (Regional Architecture Development for Intelligent Transportation) [29] [30] ile AUS planlaması ve üst düzey tasarım yapılabilmektedir. SET-IT (Systems Engineering Tool for Intelligent Transportation) [31] [32] ile de ARC-IT ile yapılan üst düzey tasarımı yapılan sistemin uygulanabilmesi için sistem mühendisliği yöntemleri ile daha detaylı tasarımı yapılmaktadır. Sistemin bileşenleri, fiziksel mimari, elemanlar arasındaki ilişkilerin tanımları yapılmakta ve görselleştirilmektedir. Her iki yazılım aracı da, ücretsiz kullanıma açık olup, web sayfasından erişilebilmekte ve indirilebilmektedir [33].

Oluşturulan AUS mimarisinin bir elemanı üzerine tıklandığında, o elemana ait veri akış diyagramına erişilmektedir. Her bir diyagramdaki elemanların tanımları da verilmektedir. Herhangi bir servis veya sürece ait tüm bileşenler bir bütün olarak görülebildiği gibi, birkaç tıklama ile detay bilgilere erişilebilmektedir.

CVRIA mimarisinde ayrıca, mimariyi kullanacak paydaşların tanımı ve sınıflandırması da yapılmıştır. Böylece, sorumluluklar tanımlanmış olup organizasyonel sorunlar önlenmekte, ticari paydaşların alanları da daha belirgin olarak belirtilmektedir.

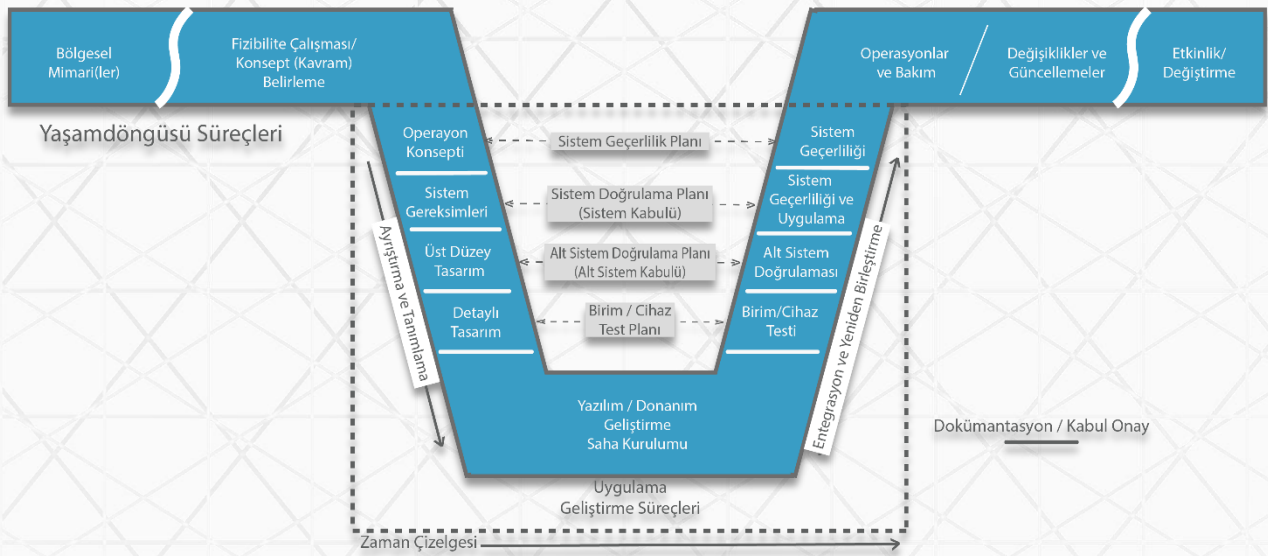
2.3.1. Akıllı Ulaşım İçin Bölgesel Mimari Geliştirme (RAD-IT) Yazılım Aracı

RAD-IT ve SET-IT araçları sistem tanımlama ve tasarımı için kullanılan ve birbirlerinin tamamlayıcısı olan iki yazılım aracıdır. A.B.D. devlet ve kamu kurumlarında yürütülen sistem ve yazılım geliştirme süreçlerinde V-Modelinin kullanılması A.B.D. devleti tarafından yasal bir zorunluluk olarak getirilmiştir. Sistemlerin ve yazılımların, analiz-tasarım-uygulama-test süreçleri bu modele göre yürütülmektedir. V-Modelinde sistem geliştirme süreçleri Şekil 13’de gösterilmiştir.

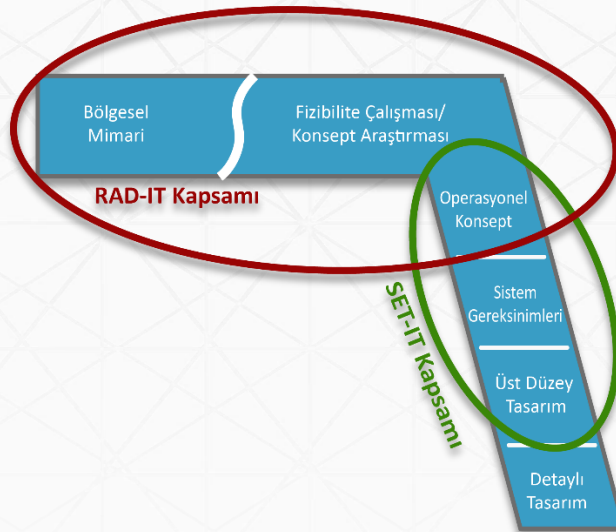
V şeklinin sol tarafı; geliştirilecek sistem uygulaması için konsept belirleme, tanımlamalar, ihtiyaçların belirlenmesi ve tasarım ile ilgili süreçleri içermektedir. V şeklinin sağ tarafı ise; uygulama sonrası testler, doğrulama ve sağlama ile ilgili süreçleri içermektedir. V-Modeline uygun olarak, RAD-IT ve SET-IT araçları, V-şeklinin sol tarafında yer alan süreçleri kapsamaktadır (Şekil 14). Bu iki tasarım aracı, bir AUS mimarisini oluşturmak için temel gereksinimleri karşılamak için geliştirilmiştir.



Şekil 13: Sistem Mimarisi Geliştirmede V-Modeli ve Uygulama Aşamaları [85]



Şekil 14: V-Modelinde RAD-IT ve SET-IT Yazılım Araçlarının Kullanım Alanı



RAD-IT aracı ile; belirli bir bölge veya coğrafik alanda uygulanılması istenen AUS için planlama, ihtiyaç analizi ve operasyonel konseptin geliştirilmesine yönelik olarak üst seviye fiziksel ve genel çerçeveler belirlenmekte ve tanımlamalar yapılmaktadır. RAD-IT aracı ile V-Modelinin ilk aşamalarına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. V-Modelinin sol tarafındaki diğer süreçler ise (RAD-IT ile tanımlamalarının tamamlanması sonrası) SET-IT aracı ile tamamlanmaktadır.

RAD-IT aracı tek başına kullanılan bir yazılımdır. Sistem mimarisi tanımlamalarını oluşturmak, sistem operasyonel konseptini belirlemek ve genel çerçeveleri oluşturmak için interaktif bir yazılım arayüzü bulunmaktadır. Yazılıma bağlanan veri tabanlarında önceden tanımlanan ve girilen veriler kullanılabilirliği gibi, veri tabanlarında değişiklikler, düzenlemeler ve yeni veri girdileri yapılabilir. Bölgeye ve amaca uygun yeni tanımlamalar yapılabilir. RAD-IT aracı

kullanılarak bir bölgesel AUS mimarisinin geliştirilmesi istenildiğinde; gereksinim duyulan veriler, AUS mimarisinin büyüklüğüne, amaç ve kapsamına bağlı olarak veri tabanlarından filtrelenmektedir. Paydaşlar, Servisler, Envanter, İhtiyaçlar, Roller ve Sorumluluklar gibi AUS mimarisinin en temel kavramlarına ait verilerin girilmesi ve tanımların yapılabilmesi için interaktif bir arayüz sağlamaktadır (Şekil 15). Verilerin girilmesi sırasında, tutarlılığı ve veriler arasındaki ilişkileri sağlayan mekanizmalar bulunmaktadır. AUS mimarisinin taslak olarak geliştirilmesi aşamalarında yapılan tanımlamaları, ilişkileri vs. dokümantasyonunu çıktı olarak oluşturmaktadır. Taslak olarak geliştirilme sürecindeki tanımlamalar, ilişkiler vs. de yapılan hataları veya eksik kalan durumların tespit edilmesini sağlayan bir analiz raporunun oluşturulmasını da sağlamaktadır. Geliştirilen taslak mimari, istenilen formatta (tablo/akış diyagramı/doküman olarak) oluşturulmakta ve çıktıları otomatik olarak üretilmektedir. Uygulamaya ait örnek arayüzler Şekil 16-18 'de gösterilmiştir.



Şekil 15: RAD-IT Yazılım Aracı Kullanıcı Arayüzü

The screenshot displays the RAD-IT software user interface. The window title is "RAD-IT - New". The interface is organized into several sections:

- Top Navigation Bar:** Contains tabs for File, Home, Output, Clipboard, Start, Planning, Tools, Review, Stakeholders, Inventory, Services, R & R, Requirements, Interfaces, Standards, and Agreements.
- Left Sidebar:** Contains icons for File, Home, Output, Clipboard, Start, Planning, Tools, Review, Stakeholders, Inventory, Services, R & R, Requirements, Interfaces, Standards, and Agreements.
- Main Content Area:** Divided into several sections:
 - Architecture Attributes:** Includes fields for Name, Description, Time frame, Status (Planned), Geographic Scope, Service Scope, Developer, Version, and Date/Time (11/5/2017 10:07:44 PM). Buttons for "New", "Delete", "Change Log", "Apply", and "Cancel" are present.
 - Project:** Includes a "Region to Project" button and a "Project to Region" button.
 - Related:** Includes a "New" button and a "Delete" button.
- Bottom Bar:** Contains icons for File, Home, Output, Clipboard, Start, Planning, Tools, Review, Stakeholders, Inventory, Services, R & R, Requirements, Interfaces, Standards, and Agreements.

Şekil 16: RAD-IT yazılım aracında, Envanter’de Yeni bir Eleman Oluşturulması [30]

RAD-IT - C:\RAD-IT\StateTown Region 2017.radit - StateTown Regional Architecture

File Home Output

Clipboard: Copy, Cut, Paste

Tools: Synchronize Update Elements, Add Physical Objects, Add Flows, Request Spelling Architecture Flows, ABC

Start Planning Stakeholders Inventory Services R & R Requirements Interfaces Standards Agreements

Current Region: StateTown Regional/Architecture

Service Packages: ☒ Region ☐ All

Service Package Attributes: ID: T01, Status (Region): Planned

Name: Broadcast Traveler Information

Description: This service package provides a digital broadcast service that disseminates traveler information

Elements: ☐ Selected ☐ Regional ☒ All

Projects: ☐ Selected ☒ All

Comment: NewTown is using T01 to broadcast traffic information and other local interest information - parking, event schedules, etc. - to local drivers.

Service Packages List:

- ☒ CVO02: Freight Administration
- ☒ CVO03: Electronic Clearance
- ☒ CVO14: CV Driver Security Authentication
- ☒ PT01: Transit Vehicle Tracking
- ☒ PT02: Transit Fixed-Route Operations
- ☒ PT03: Dynamic Transit Operations
- ☒ PT05: Transit Security
- ☒ T01: Broadcast Traveler Information
- ☒ T02: Personalized Traveler Information
- ☒ T07: In-Vehicle Signage
- ☒ TM01: Infrastructure-Based Traffic Surveillance
- ☒ TM02: Vehicle-Based Traffic Surveillance
- ☒ TM03: Traffic Signal Control
- ☒ TM04: Connected Vehicle Traffic Signal System
- ☒ VS02: V2V Basic Safety

Buttons: New, Delete, Apply, Cancel

Şekil 17: RAD-IT Yazılım Aracında, SERVİS Bilgilerinin Tanımlanması, Tanımlanan Servis Bilgilerinin Girilmesi ve Güncellenmesi [30]

RAD-IT - C:\RAD-IT\StateTown Region 2017.radit - StateTown Regional Architecture

File Home Output

Clipboard: Copy, Cut, Paste, Synchronize, Update Status Elements, Add Physical Objects, Add Flows, Request Spelling Architecture Flows, ABC, Review

Start Planning Stakeholders Inventory Services R & R Requirements Interfaces Standards Agreements

Current Region: StateTown Regional Architecture

Element Attributes

Name: Connected Vehicle Roadside Equip

Type: Transportation (Normal)

Stakeholder: Connected Vehicle Partnership

Description:

Class: Field, Center, Field, Support, Traveler, Vehicle

Physical Objects: ☐ Selected ☒ All

Projects: ☐ Selected ☒ All

Sort By: ☒ Element ☐ Stakeholder ☐ Physical Object

Buttons: New, Delete, Apply, Cancel

Elements List:

- ☒ Combined Connected Vehicle TMC
- ☒ Connected Vehicle Roadside Equip
- ☒ CVISN database
- ☒ CVO Roadside Station
- ☒ Local Drivers
- ☒ Local Vehicle Onboard Equip
- ☒ Local Vehicle platform
- ☒ Municipal Traffic Signals
- ☒ Municipal Traffic System
- ☒ Other Local Vehicles
- ☒ OurInfo TIC
- ☒ OurInfo WAIS
- ☒ StateTown Transit Bus Operators
- ☒ StateTown TMC
- ☒ StateTown Traffic Field Devices
- ☒ StateTown Traffic Operators
- ☒ StateTown Transit Dispatch
- ☒ StateTown Transit Dispatchers
- ☒ StateTown Transit Vehicle OBEs
- ☒ StateTownDataHub

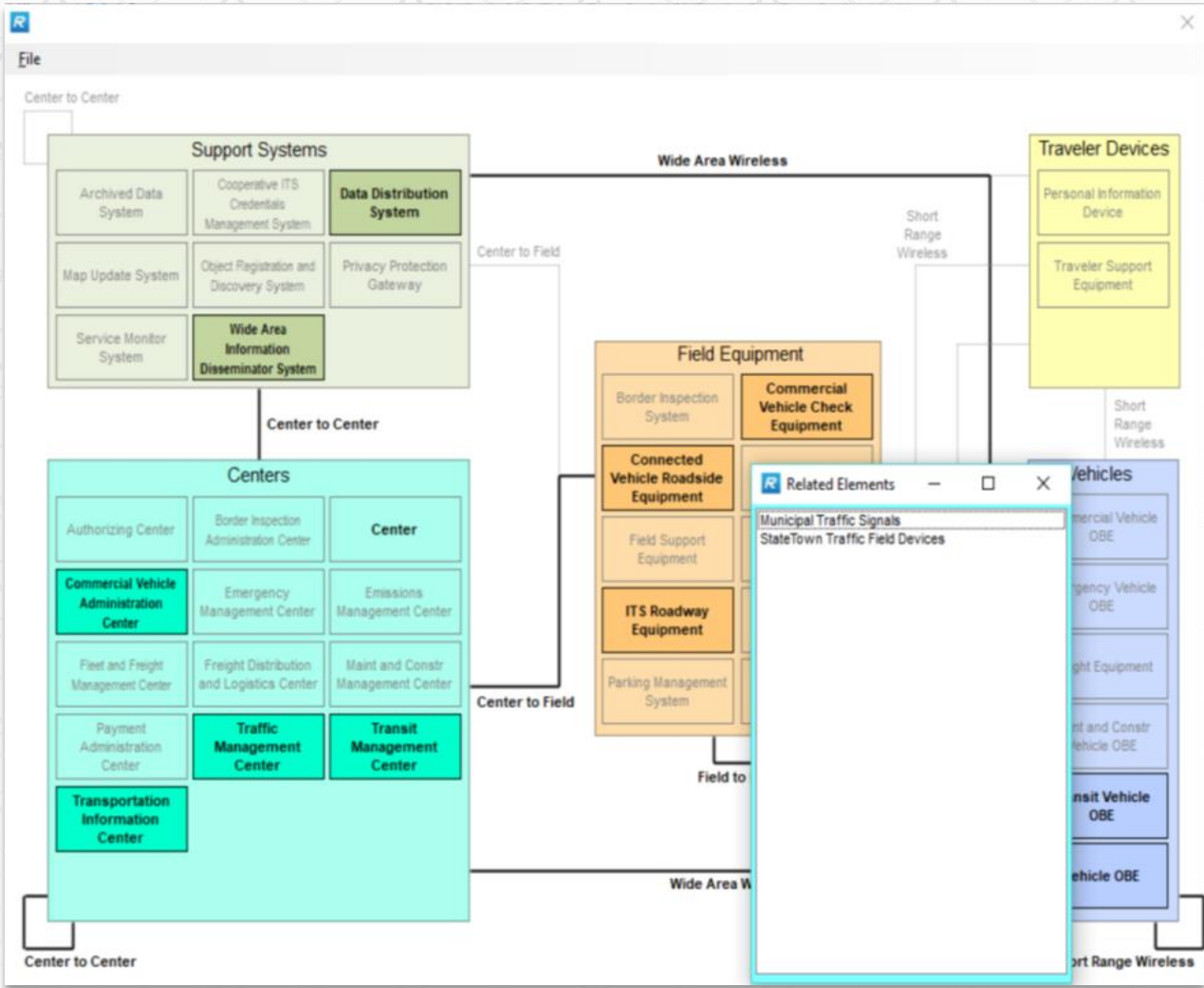
Physical Objects List:

- ☒ Connected Vehicle Roadside Equipment (Subsystem)
- ☐ Border Inspection System (Subsystem)
- ☐ Commercial Vehicle Check Equipment (Subsystem)
- ☐ Electric Charging Station (Subsystem)
- ☐ Field Support Equipment (Subsystem)

Projects List:

- ☒ project S

Şekil 18: RAD-IT ile Hazırlanan Mimari Çerçevelerin Akış Diyagramlarının Gösterilmesine Örnek [30]



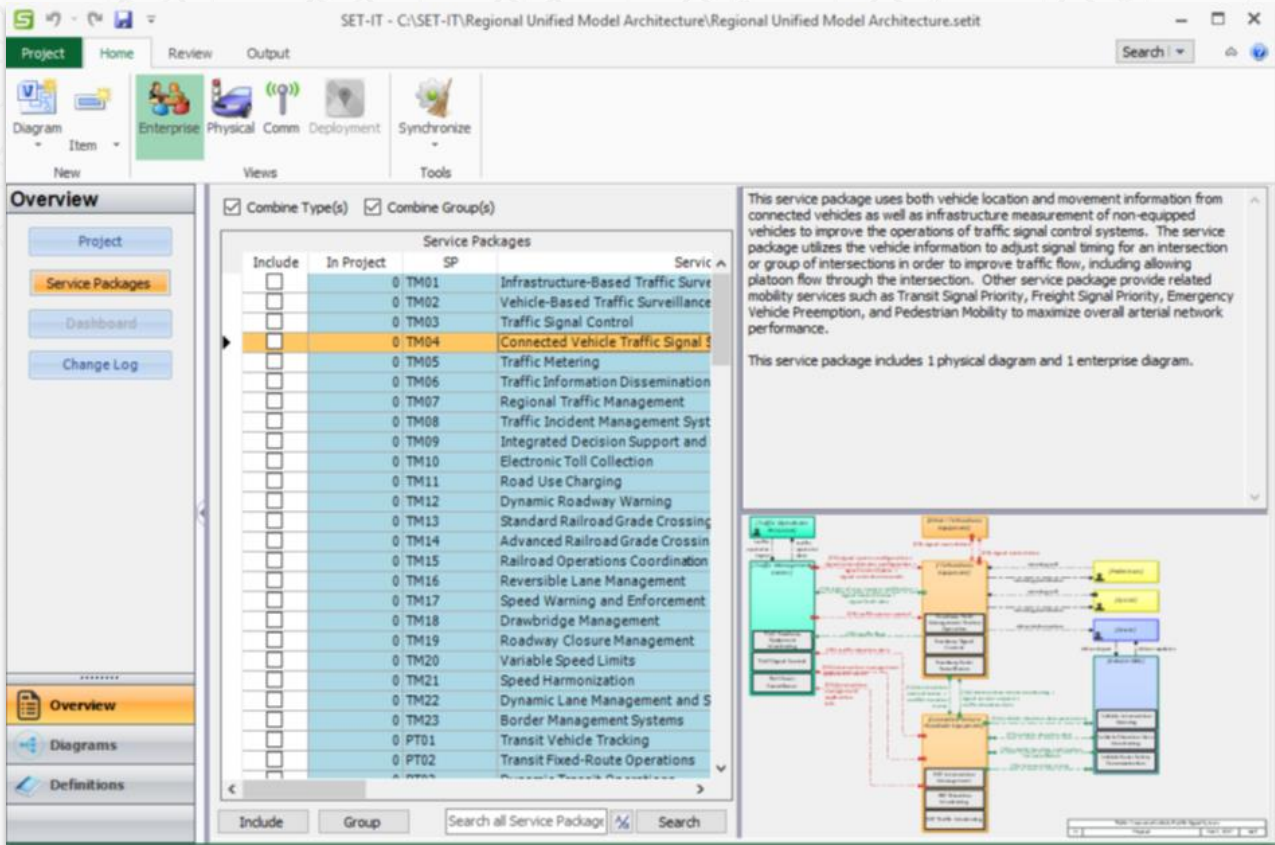
2.3.2. Akıllı Ulaşım için Sistem Mühendisliği (SET-IT) Yazılım Aracı

RAD-IT ile belirlenen/tanımlanan sistem konsepti, genel çerçeve ve üst seviye fiziksel çerçeve kapsamına uygun ve sınırlı olacak şekilde sistem ihtiyaçlarının belirlenmesi, üst-seviye tasarımlar ve detaylı tasarımlar SET-IT aracı ile yapılmaktadır. Ayrıca, yapılan tasarımlar diyagramlar ile görselleştirilmekte, sistemin temel bileşenleri arasındaki ilişkiler ve fonksiyonlar tanımlanmaktadır. Böylece, bir AUS mimarisinin ve uygulamalarının geliştirilmesi için gereken temel süreçler, bu iki yazılım aracı ile tamamlanmaktadır. SET-IT aracı ile tasarım detaylandırılmakta, bileşenler arasındaki iletişim için standartlar tanımlanabilmekte, uygulama servislerine yönelik olarak bileşenler arasında paylaşılacak veri tanımlamaları yapılmaktadır. Özetle, SET-IT, bir sistem mühendisinin uygulama için gereksinim duyacağı sistem mimarisi dokümantasyonunu sağlamaktadır.

RAD-IT yazılım aracında olduğu gibi, SET-IT aracı da tek başına kullanılan bir yazılımdır. Sistem mimarisinin üst düzey ve detaylı tasarımlarını oluşturmak, mimarinin fiziksel, fonksiyonel, iletişim ve genel çerçevelerini oluşturmak için interaktif bir yazılım arayüzü bulunmaktadır. Yazılıma bağlanan

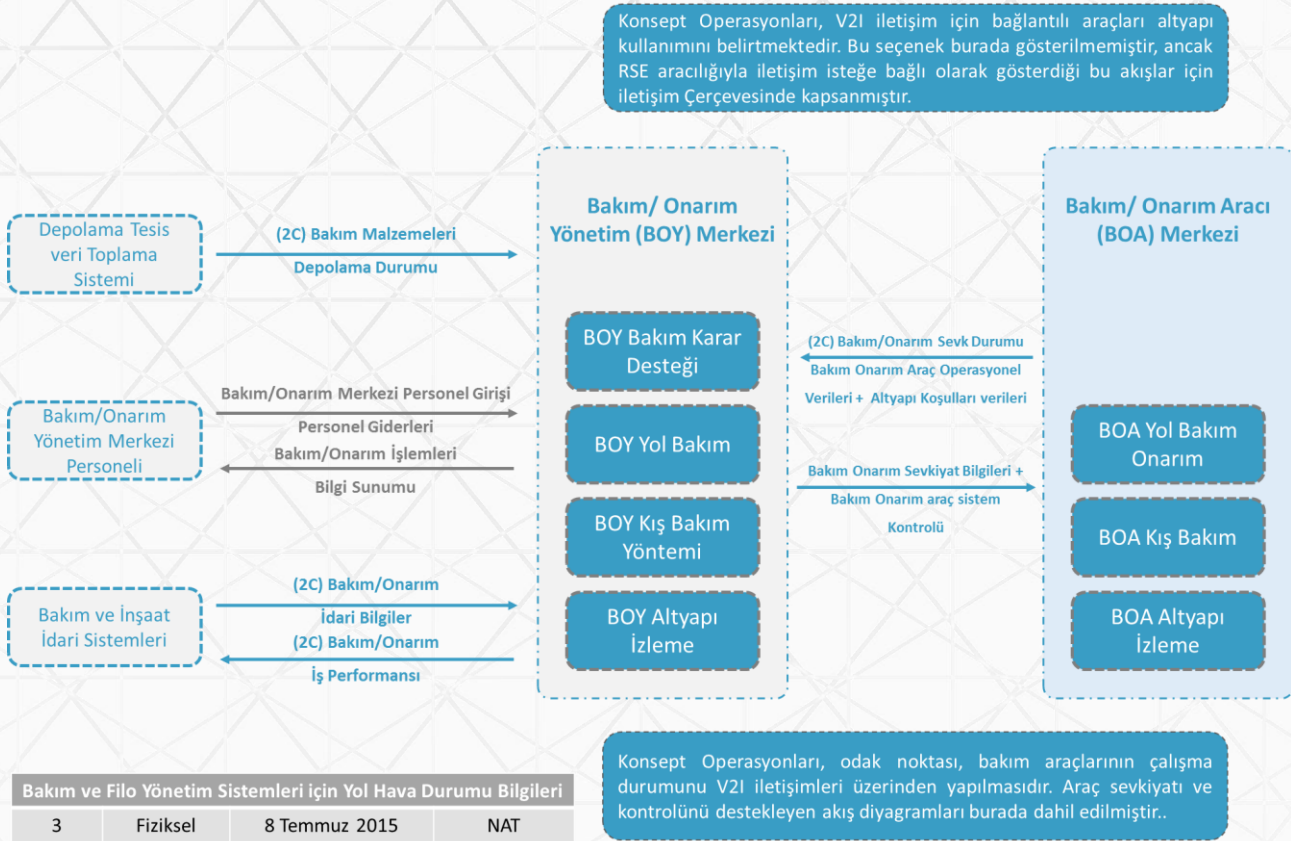
veri tabanlarında önceden tanımlanan ve girilen veriler kullanılabileceği gibi, veri tabanlarında değişiklikler, düzenlemeler ve yeni veri girdileri yapılabilmektedir. Birçok sistem bileşeni ve servisin tanımı ve diyagramları SET-IT yazılım aracı ile beraber gelmekte, AUS projesinin niteliğine ve ihtiyaçlara göre varolan tanımlar ve diyagramlar üzerinden geliştirmeler yapılabilmektedir. RAD-IT ile oluşturulan AUS mimarisi tanımlamaları ve mimari çerçeveleri, SET-IT arayüzü ile sistem tasarımına eklenebilmektedir. Ayrıca, ARC-IT için tanımlanan 150’den fazla servis, SET-IT ile sistem tasarımına eklenebilmekte, geliştirilecek olan sistem mimarisi için üzerinde geliştirmeler yapılabilmektedir. Şekil 19, varolan servislerden AUS mimarisinde kullanılması gerekenlerin seçilme ve ekleme işlemini göstermektedir.

Şekil 19: SET-IT Yazılım Aracında, AUS Mimarisinde İhtiyaç Duyulan Servisler, Servis Paketi Olarak Seçilerek AUS Mimarisine Eklenebilmektedir [32]



SET-IT yazılım aracının içinde, her bir çerçeve için diyagramları oluşturmak, bileşenler arasındaki ilişkileri tanımlamak, sistemin detay tasarımı için gereken tanımlamaların kolay yapılabilmesini sağlamak için kapsamlı ve kolay kullanımı olan bir grafik arayüz bulunmaktadır. Şekil 20’de “Bakım ve Filo Yönetim Sistemleri için Yol Hava Durumu Bilgisi” servisinin diyagramı [30] örnek olarak gösterilmiştir.

Şekil 20: Bakım ve Filo Yönetim Sistemleri için Yol Hava Durumu Bilgisi Diyagramı (Örnek) [34]



2.4. GELİŞMİŞ AUS UYGULAMALARINA SAHİP ÜLKELERİN (GÜNEY KORE, JAPONYA, SİNGAPUR) AUS MİMARİLERİ

Günümüz Akıllı Ulaşım Sistemlerinin en iyi uygulayıcıları olarak Japonya, Güney Kore ve Singapur yer almaktadır [35]. Singapur'un AUS lideri ülkelerden biri olmasının birçok nedeni bulunmaktadır. En önemli sebebi ise, yoğun trafik problemlerini çözmek için otomatik uyarılanabilen trafik ışıkları gibi altyapı sistemlerini ülke genelinde entegre yönetebilmenin yanında, trafik yoğunluğuna neden olan araçlardan ilave ücret toplama sisteminin ilk uygulayıcısı olmasıdır. Trafik yoğunluğu çözümü için elektronik sistemlerini ve AUS uygulamalarını ülke geneline yaymışlardır. Sadece araçlar değil, bisiklet ve motor dahil tüm ulaşım modlarını içeren çözümler getirmişlerdir. 2006 yılında çok kapsamlı bir AUS Eylem planı hazırlayarak AUS uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir [36]. 2013 yılında dünyanın en iyi AUS mimarisine sahip ülkesi olarak seçilmiştir [37]. Son olarak 2013 yılında Eylem Planı [38] yayınlamışlardır.

AUS uygulamalarında daha iyi sonuçlar elde edebilmek için;

1. Mobil trafik ölçüm taşıtları bulundurma,
2. Trafik tıkanıklığına neden olan araçları anında ücretlendirme ve ücret toplama,
3. Uyarılanabilen trafik ışıklarını ülke genelinde yayma,
4. Trafik yönetim AUS uygulamalarını yaygınlaştırma

yöntemlerini uygulamışlardır.

Eylem planlarında, gelecek vizyonları kısa, orta ve uzun vade olarak tanımlanmasına rağmen, bunları uygulamak için yararlanılacak bir AUS mimarisi belirtilmemektedir [38].

Benzer şekilde Japonya’da dünyanın en ileri AUS uygulayıcısı ülkeleri arasındadır. Akıllı Ulaşım Sistemi uygulamaları tüm ülke şehirlerinde uygulanmaktadır. Sadece trafik tıkanıklığı ve kazaları önlemeye yönelik değil, çevreye duyarlı sistemler geliştirmeye ve gaz salınımını belirli seviyelere azaltmaya yönelik olarak uygulamalar yapmaktadır [35]. Sadece AUS altyapısında değil, kullanıcılarına sunduğu ulaşımaya yönelik mobil telefon/bilgisayar uygulamaları ile de öne çıkmaktadır. Veri toplama ve kullanıcılarına gerçek zamanlı veri sağlama çalışmaları 90’lı yıllarda başlamış ve 2000’den itibaren çeşitli projeler ile sürekli olarak daha iyi servisler sunulmuştur. AUS uygulamaları ve altyapısına yönelik olarak büyük yatırımlar yapmışlardır. Her yıl gayri safi yurtiçi hasılanın büyük bir kısmı AUS yatırımlarına ayrılmaktadır. Katma değeri yüksek yeni hizmet ve ürünlerin temelini bu yatırımlar ile yapıldığı belirtilmektedir [35]. Trafik tıkanıklığından kaynaklanan iş gücü kaybının her yıl 3.5 milyar adam-saat değerinde olduğu belirtilmekte [39], uygulanan AUS ile trafik tıkanıklığının bu kaybı azaltmaya büyük etkisi olduğu belirtilmektedir. Japonya, Almanya ve biraz sonra bahsedilecek olan Güney Kore gibi ekonomik olarak da güçlü olan ülkeler, Akıllı Ulaşım Sistemlerini, ihracatta büyüme ile ekonomik ve işgücü büyümesini sağlayacak en önemli ve anahtar sektör olarak görmektedir [40].

Japonya’nın başarılı AUS uygulayıcısı olmasının en büyük nedenlerinden biri de tüm donanım ve uygulamalarında standartlaşmanın sağlanması, Elektronik Ücret Toplama gibi AUS uygulamalarının ülke genelinde standart olmasıdır. Biraz sonra bahsedilecek olan Güney Kore gibi, kullanıcılarına gerçek-zamanda trafik verisini hassas doğrulukta sunan (Güney Kore ile beraber) ilk ülkedir. Hem Güney Kore hem de Japonya, tüm bu hizmetleri ülke çapına yayarak, tüm kullanıcılarına aynı kalitede hizmet vererek yapmaktadır. Nüfusun kalabalık olması, kullanıcılar için ihtiyaç olması, bu ihtiyacı karşılamak için sürekli iyileştirmeler yapılarak hizmetlerin verilmesi, verilen AUS hizmetlerinin kalitesini arttırmıştır. Diğer ülkelerin planladığı veya yeni uygulamaya başladığı gerçek-zamanda trafik verisini hassas doğrulukta kullanmasına yönelik servisler, bu iki ülkede olgunlaşmış durumdadır. Tüm bu servisleri, mobil telefonu olan herkese sunabilmektedirler.

Son yıllarda gerçek zamanlı servislerin çeşitliliği ve kalitesinin artmasının bir nedeni de daha sonra bahsedilecek olan ve V2X iletişiminin temelini oluşturan Tahsisli Kısa Mesafe İletişim (Dedicated Short Range Communication – DSRC) teknolojilerinin bu ülkelerde çok önceden kullanılmaya başlamasıdır. DSRC teknolojinin ülke çapındaki uygulamalarda yaygınlaşması, verilen hizmetleri

arttırmıştır, ancak dünyada gelişmekte olan bu teknolojinin çok erken uygulanması beraberinde bazı zorlukları da getirmiştir. DSRC teknolojisinin standartlaşması sürecinde, Japonya dünyadan farklı olarak kendi standartlarını belirlemiştir. Kullanılan iletişim frekansı (dünya genelindeki 5.9GHz kullanımı yerine 5.8GHz kullanımı) dahil, iletişim kanalları ve kanallara erişimde farklılıklar vardır. V2X iletişiminin yakın gelecekte dünya genelinde yaygınlaşacak ve mevcut AUS uygulamalarını etkileyecek olması, Japonya'yı uluslararası işbirliklerine yöneltmiştir. Özellikle, V2X iletişiminin getireceği yeni AUS uygulamaları için standartlaşma çalışmalarında dünya ile uyum içinde olmayı hedeflemiştir. V2X iletişimi mevcut AUS hizmetlerini olumlu yönde etkileyeceği gibi, yeni hizmetlerin yapılmasını da sağlayacaktır. Bu dönüşüm sonucundaki yeni sistem, Kooperatif AUS (K-AUS) olarak adlandırılmıştır. Bu dönüşümü, uluslararası uyumluluk ve sürdürülebilirlik için, dünya ile (ABD ve AB ile) koordine ve işbirliği içinde yürüterek yapmaktadır [41] [42] [43] [44] [45] [46]. Bu nedenle hem ABD hem de AB ile standartlaşma, AUS teknolojilerinin uyumu, AUS mimarisinin uyumlaştırılması konusunda işbirlikleri oluşturmuştur. Buna yönelik bilgiler, bir sonraki bölümde detaylandırılmıştır.

Güney Kore'nin AUS uygulamalarında dünya lideri bir ülke olmasının nedenleri, Singapur ve Japonya ile benzerlik göstermektedir. Bu benzerlikler;

- Gerçek zamanlı trafik verilerini elde edebilmeleri,
- Toplu taşıma ulaşım sistemlerini ileri düzeyde uygulayabilmeleri,
- Elektronik ödeme sistemlerini ülke genelinde standart olarak yaygınlaştırmalarıdır [35].

İlk strateji planını 1997 yılında, eylem planını 1999 yılında yaparak 20 yıllık bir program ve programın aşamalarını planlamışlar; bütçelendirerek planı uygulamışlardır [47]. AUS uygulamalarındaki başarısını, AUS uygulamalarını şehir-şehir sırası ile uygulayarak sağlamışlardır. İlk olarak Kwa-chon şehriden başlayarak model şehirleri AUS ağına dahil etmişler ve AUS uygulamalarını ülke genelinde yaygınlaştırmışlardır [48]. 1990 ve 2000 yıllarındaki ekonomik büyümenin getirdiği etkiler, şehirlerde nüfusun ve trafik yoğunluğunun artması, Güney Kore'yi AUS alanında yatırım yapmaya yöneltmiştir. AUS sistemlerini ve uygulamalarını tek kurum altında birleştirmişler ve endüstri ile işbirliği yaparak AUS Eylem Planını uygulamışlardır. Güney Kore'nin AUS uygulamalarındaki başarısı, Japonya ile çok benzerlik göstermektedir. Planlama, bütçelendirme, merkezi karar verme ve yönetim modelini benimseme, aşama aşama uygulayarak ülke genelinde yaygınlaştırma, özel sektör/endüstri işbirlikleri AUS'da iki ülkenin dünya lideri olmasını sağlamıştır [49]. Güney Kore'nin diğer ülkelerden daha iyi servis vermesini sağlayan bir diğer neden de, WiMAX tabanlı WiBro iletişim teknolojilerinin kullanılmasıdır. Ülkemizde ve birçok ülkede sivil kullanıma açık olmayan WiMAX teknolojileri, Güney Kore'nin ulaşım ağındaki veri iletimi için temel bir iletişim yöntemi olmuştur.

2.4.1. Güney Kore AUS Mimarisi

Güney Kore, AUS uygulamalarını yapabilmek için ABD ve AB’de olduğu gibi bir AUS mimarisi tanımlamıştır. 1999 yılındaki Eylem Planı ile beraber AUS Mimarisi versiyon 1.0 tanımlamışlardır [9]. Bu ilk AUS mimarisinde AUS alt sistemlerine ait tanımlar yapılmıştır. Süreç-tabanlı AUS mimarisi oluşturma yaklaşımı benimsenmiştir. Öncelikle, ABD ve AB mimarilerinde olduğu gibi, Mantıksal ve Fiziksel mimariler tanımlanmıştır. Ancak, AUS uygulamalarında, bu mimarinin (AUS Mimarisi versiyon 1.0) farklı yorumlandığı, uygulamada sorunlar yaşandığı görülmüştür. Bu nedenle, uygulamadaki sorunların önüne geçmek için 2010 yılında, AUS Mimarisi versiyon 2.0 tanımlanmıştır. İlkine göre Mantıksal Mimaride sadece fonksiyonel tanımlar geliştirilmiştir. Ayrıca, kurumlar arası anlaşmazlıkları önlemek, olası yasal sorunları önlemek, uygulamadaki sorunların önüne geçmek için bir mimari katmanı daha, Proje Mimarisi katmanı tanımlanmıştır [9].

Sürdürülebilir bir AUS ve yukarıdaki sorunları engellemek/istenen faydayı sağlamak için geliştirilecek olan AUS mimarisinin 3 temel rolü sağlaması benimsenmiştir. Bunlar [50];

1. Birlikte çalışabilirliği (inter-operability) ve uygunluğu sağlamak için temelleri/altyapı oluşturma
 - Bilgi aktarım/paylaşım bağlantıları için nesneleri ve yöntemleri tanımlama
 - Birlikte çalışabilirlik için standartlar mimarisini sağlama
2. AUS planlamalarını ve tasarımlarına destek sağlama
 - AUS servislerini detaylı tanımlama: ana gövdeyi oluşturan sistemlerin fiziksel elemanlarını sağlama
 - Bağlanmak istenen sistemleri ve paylaşılacak istenen bilgileri tanımlama
3. Mükerrer yatırımları önleme ve gerekli tüm servisleri tanımlama
 - Bilgi aktarımı için paylaşılacak elemanları tanımlama
 - İlişkili kurum/kuruluşlar arasındaki rolleri ve kooperatif ilişkiyi tanımlama

Güney Kore AUS mimarisi, Bölüm 2’de tanımlanan çok-katmanlı AB ve ABD mimarilerine çok benzemektedir. Mantıksal katman, belirlenen hizmetlerin uygulanabilmesi için fonksiyonları ve bu fonksiyonlar arasındaki ilişkileri tanımlamaktadır. Her hizmet için Veri Akış Diyagramı tanımlanmıştır. Fiziksel Mimari de fiziksel bileşenlerin tanımlamaları yer almakta, fiziksel mimari bileşenlerinin arasındaki ilişkiler ve mantıksal mimarideki fonksiyonları nasıl sağlayacağı tanımlanmaktadır. Bu nedenle, Fiziksel Mimari; mimari akış diyagramları, fiziksel bileşenlerin özellikleri ve veri akış özelliklerinden oluşmaktadır. Proje Mimarisi ise, birçok bileşenden oluşan hizmetler ile aynı bileşenleri kullanan hizmetlerin, aynı anda uygulanabilmesi için tanımlamaları içermektedir. Kaynakların kullanımı ve servisleri sağlamada etkinliği sağlamak için tanımlamalar yapılmıştır. Ayrıca, kurumlar arasındaki ilişkilerde tanımlanmıştır [9].

G.Kore AUS mimarisinde AUS servisleri yedi kategoride toplanmıştır. Bunlar [50];

1. Elektronik Ödeme

- Hi-Pass - Elektronik Geçiş Toplama Sistemi (Electronic Toll Collection - ETCS)
- Kamu Ulaşımı için Otomatik Ücret Toplama (Automatic Fare Collection - AFC)

2. Trafik Yönetimi

- Trafik Kontrol ve Trafik Bilgisi Sağlama
- Trafik Olaylarını Yönetme
- Gerçek-Zaman Adaptif Sinyal Kontrolü
- Otomatik Uygulama (Enforcement)

3. Kamu Ulaşımı - Otobüs Bilgisi Sağlama Toplu Taşıma

- Otobüs Operasyonlarını Yönetme
- Metrobüs (Bus Rapid Transit - BRT) Sistemi
- Otobüs Öncelik Sinyali

4. Trafik Bilgi Sistemi

- AUS Entegresi ve Yönetimi
- Gerçek-Zaman Trafik Durumu İzleme
- Trafik Bilgisi Sağlama (VMS, İnternet, Uygulama ile)
- Trafik Bilgisini İlgili Merkezlere Aktarma/Paylaşma

5. Otonom Araçlar ve Akıllı Yollar

- K-AUS (C-ITS)
- Otonom Sürüş ve Yollar

6. Taşımacılık

- Nakliye Araçlarının Yönetimi
- Tehlikeli Madde Yönetimi

7. Yolcu ve Sürücü Bilgilendirme

- Araç Yönlendirme (Navigasyon)

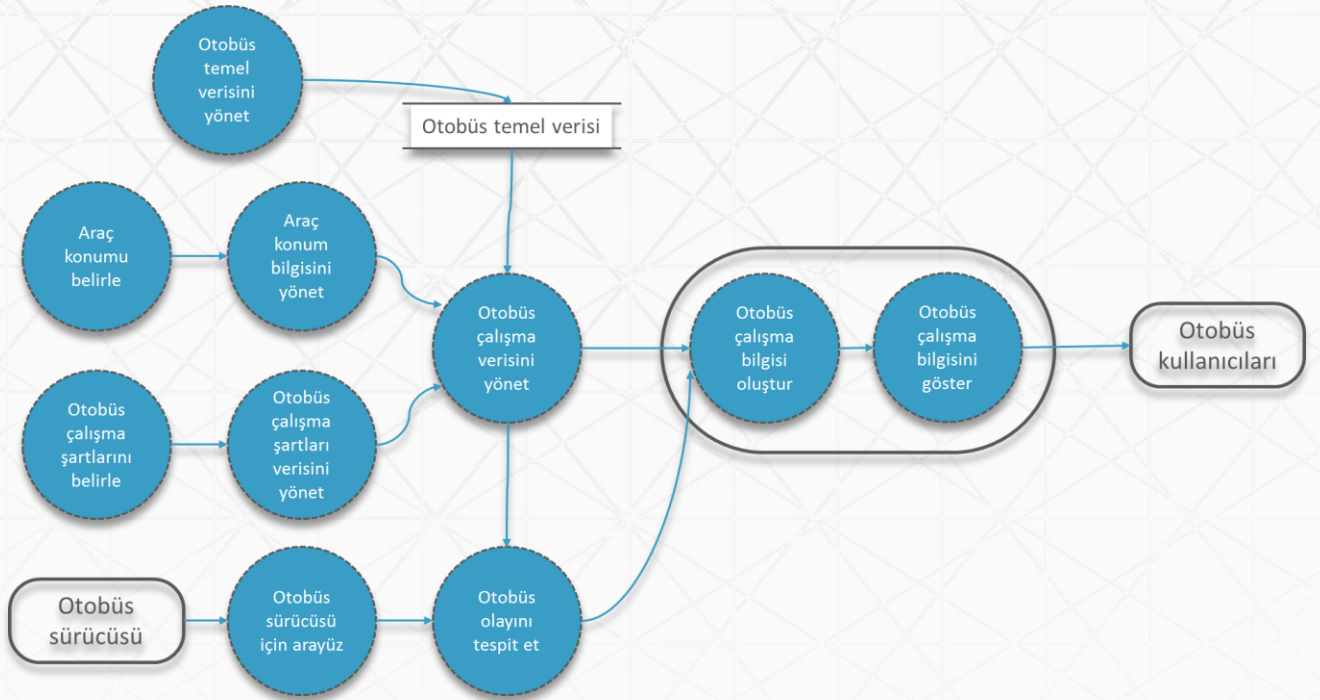
İlk 4 kategorideki hizmetler Kamu Kurumları tarafından, 5inci kategori hizmetleri Kamu Kurumları-Özel Kuruluşlar ortak, 6. ve 7. kategori hizmetleri ise Özel Sektör tarafından gerçekleştirilmektedir.

Güney Kore AUS Mimarisinde 60 adet servis tanımlanmıştır [9]. Tanımlanan servislere örnek olarak, “Otobüs Bilgi Servisi”ne ait senaryo Tablo 2’de, veri akış diyagramı Şekil 21’de, fiziksel bileşenleri gösteren mimari akış diyagramı Şekil 22’de gösterilmiştir.

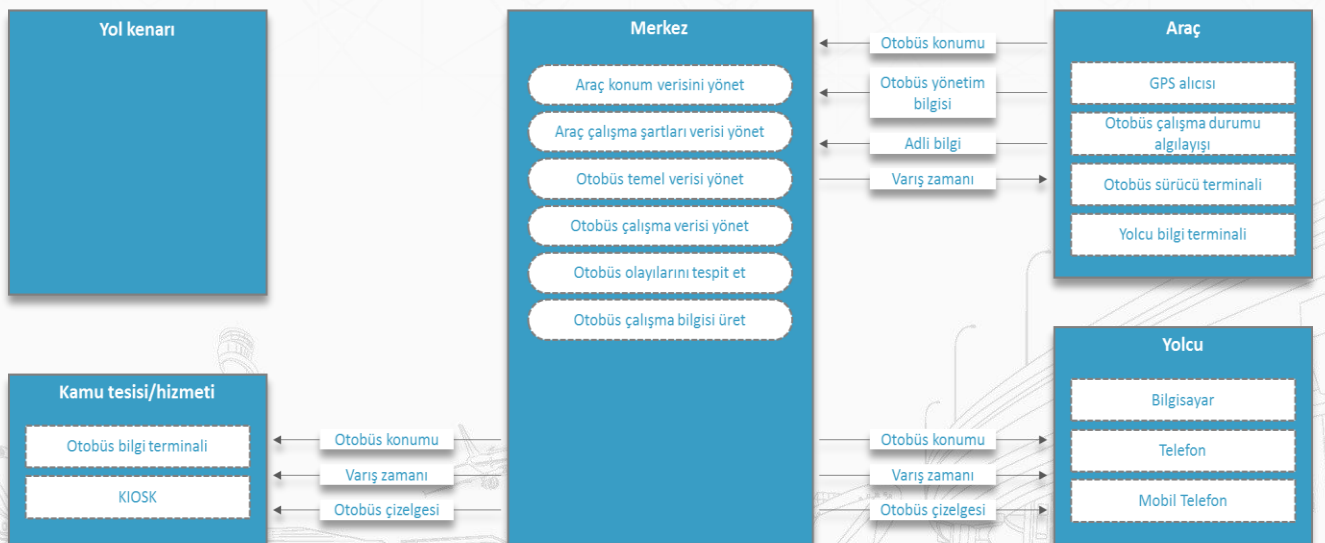
Tablo 2: “Otobüs Bilgi Servisi”ne ait Senaryo [9]

Servis Müşterisi	Servisin Amacı/İçeriği	Servis Zamanı	Servis Yeri	Servis Eylemleri/Ekipmanı
Otobüs Kullanıcıları	Otobüs işletim bilgileri (rota, duraklar, varış zamanları vb.) ile uygun otobüs servisi sağlama	- Yolculuk öncesi - Yolculuk sırasında	- Ev/işyeri - Araçta - Durakta	- Otobüse monte donanım - Kamu alanında bulunan terminaller (KIOSK, VMS) - Kullanıcı cihazları (İnternet, SMS)

Şekil 20: “Otobüs Bilgi Servisi”ne Ait Veri Akış Diyagramı [9]



Şekil 21: “Otobüs Bilgi Servisi”ne Ait Mimari Akış Diyagramı [9]



Güney Kore'nin AUS mimarisi geliştirme yaklaşımı, ABD ve AB ile benzerlik göstermesine karşın bu mimariye ait yeterli açık kaynak bulunmamaktadır. Teknolojik altyapı olarak ise, Japonya ile benzerlik göstermektedir. Kullanılan iletişim standartlarında, Japonya'da olduğu gibi, ülkeye özel tanımlamalar vardır. DSRC standardı olarak Japonya gibi 5.8GHz bandını kullanmaktadır. Bu nedenle, diğer dünya ülkeleri ile teknoloji uyumsuzluğunu getirmektedir. Japonya'da olduğu gibi, V2X sistemlerinden kaynaklı AUS uygulamalarındaki dönüşüm, Güney Kore'yi de standartlaşma ve K-AUS uygulamalarında işbirliklerine yöneltmiştir [43] [44]. Dünyadaki bu ihtiyaç ve gelişmeler, takip eden bölümde sunulmuştur.

2.5. KÜRESEL AUS MİMARİSİ İÇİN YENİ OLUŞUM: UYUMLAŞTIRMA GÖREV GRUBU VE MİMARİSİ

Hem ABD'de hem de AB'de yapılan kapsamlı ve uzun süreli AUS mimarisi oluşturma çalışmaları sonrasında, her iki ülke/birlik de, AUS mimarisini oluşturmak ve sürekliliği sağlamak için yazılım ile geliştirme araçları kullanmışlardır. Her iki yaklaşımda da öncelikle fonksiyonel mimari (çerçeve) sonrasında da fiziksel mimari (çerçeve) oluşturulmaktadır. Tanımlanan AUS mimarisinin uygulamaları sırasında da, uygulama için gereken diğer tanımlar ve standartlar belirlenmektedir. Her iki ülke/birliğin oluşturmuş olduğu AUS mimarisi ve geliştirilen uygulamalar ve veri tabanları ile istenilen ülke veya bölgede (kapsamı ve büyüklüğüne göre) ulusal/bölgesel bir AUS mimarisi oluşturmak, sonrasında da tanımlanan AUS mimarisine göre AUS uygulamaları yapmak mümkündür.

Uzak Doğu, Okyanusya ve Pasifik ülkelerinde de AUS mimarilerini geliştirme çalışmaları bulunmaktadır. Japonya'nın AUS mimarisine ait paylaşımları ve dokümanları yetersiz olmasına karşın son yıllarda ABD ile işbirliği yapıldığı görülmektedir. Okyanusya kıtasındaki ülkelere, özellikle Avustralya ve Yeni Zelanda'nın AUS mimarilerini geliştirme çabaları ve dokümantasyonu çok kapsamlıdır. Bu alanda Avustralya ve Yeni Zelanda işbirliğine gitmişlerdir [51]. Yakın zamanda, AUS mimarisinin nasıl olması gerektiğine dair konsept çalışması yaparak sonuçlarını yayınlamışlardır [52] [53]. Benzer şekilde, diğer Asya-Pasifik ülkelerinde de ortak çalışmalar ile AUS mimarisi çalışmaları yürütülmektedir. Bu ülkelerde, küresel bir AUS mimarisi oluşturulmasının gerekliliğini ortaya koymuşlar, oluşturulacak olan bu mimarinin, ulusal bir AUS mimarisine adapte edilmesini önermişlerdir [54]. Bu çalışma, Türkiye'nin de üyesi olduğu ESCAP (The United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) tarafından yayınlanmıştır. Japonya ve Güney Kore, uzun süredir dünyada AUS uygulamalarında en ileri konumda olan ülkelerdir. Diğer ülkelerin de AUS uygulama istekleri, bu ülkeleri diğer ülkeler ile işbirliği yapmaya, standartların uyumluluğu için ortak çalışma yapmaya yöneltmiştir [41] [42] [43] [44] [45] [46]. Standartların uyumluluğu yönünde çalışma yapılmasının bir diğer nedeni de, Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemlerini yaygınlaştırma çabalarından gelmektedir. V2X iletişimi ve Bağlı Araçlar (Connected Cars) ile sağlanan hizmetlerin

AUS uygulamalarına eklenmesi ile oluşan sisteme Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemi (K-AUS) (Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)) denilmektedir. V2X iletişimi ve Bağlı Araçlar çalışmalarında AB, ABD ve Japonya liderlik etmektedir. Bu teknoloji ve ürünler ile ilk K-AUS test uygulamalarını gerçekleştirme çalışmaları devam etmektedir. K-AUS çalışmalarını Güney Kore de yapmaktadır. Ancak, teknoloji ve standartlardaki farklılıklar, AUS mimarilerini uygulama sırasında uyumsuzluğa neden olmaktadır.

ABD ve AB, dünyadaki bu ihtiyacı ve farklılıkları görerek, geliştirdikleri AUS mimarisi geliştirme araçlarındaki farklılıkları ve eksikleri de değerlendirerek, ortak bir mimari geliştirme çalışması başlatmışlardır [45]. Bu çalışmaya, Japonya gibi diğer ülkelerde katılmaktadır [44] [45]. Bu çalışmanın ve oluşumun amacı, farklılıkları gidererek, sürdürülebilir bir AUS mimarisini oluşturmayı sağlamaktır. Bu çalışma grubuna, uyumlaştırma (Harmonization) anlamında Uyumlaştırma Çalışma Grubu (Harmonization Work Group) denilmiş, daha sonra da Uyumlaştırma Görev Gruplarına (Harmonization Task Groups) (Tablo 3) ayrılmıştır [55]. Bu görev gruplarının amacı, yukarıda belirtildiği gibi, mimarilerin uygulanması sırasında kullanılacak standartlardaki farklılıkları belirleyip uyumlaştırmak, gerekli olan standartları belirlemek, bir fonksiyonu yerine getirmek için tanımlanmış standartların olmaması durumunda bunları belirlemek, yetersiz olanları tespit etmek, tüm bu boşlukları doldurmak için çalışmaları başlatmak ve alternatiflerini belirlemektir.

Tablo 3: Uyumlaştırma Çalışma Grubunun Alt Görev Grupları ile Faaliyet Alanları ve Mevcut Durumu [55]

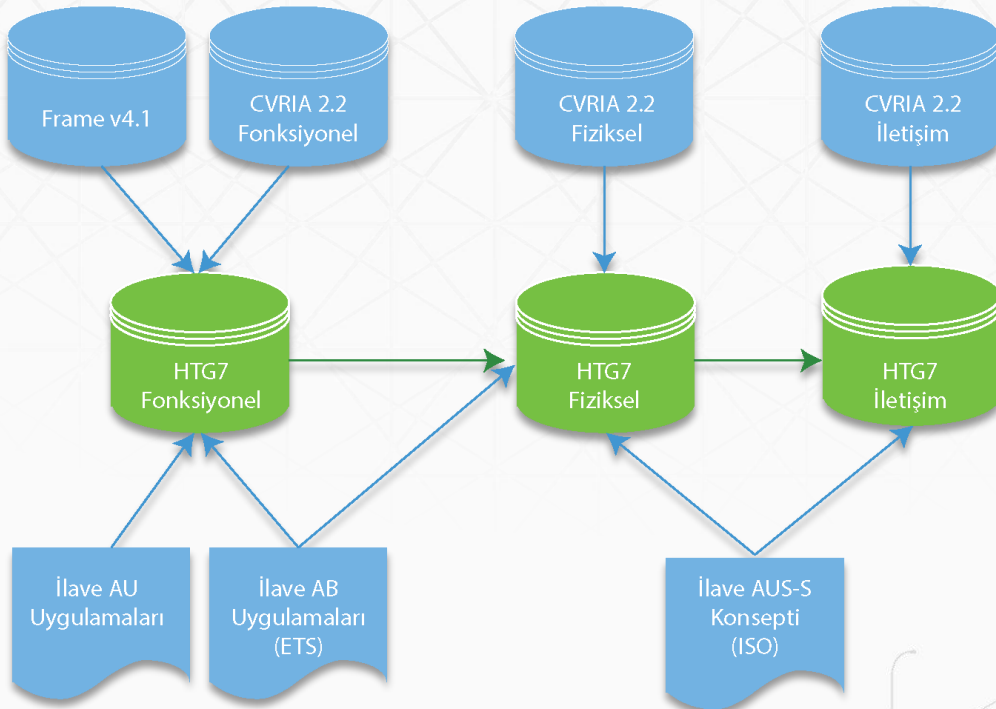
Uyumlaştırma Çalışma Grubu Alt Görev Grupları	Faaliyetleri	Mevcut Durumu
HTG1	AUS Güvenliği	2013 yılında tamamlandı. Standartlaşma çalışmalarına girdi olmakta.
HTG2	BSM/CAM Uyumluluğu	2012 yılında tamamlandı.
HTG3	AUS Haberleşmesi	2013 yılında tamamlandı. Standartlaşma çalışmalarına girdi olmakta.
HTG4/5	Altyapı Mesajları	ISO TC-204 ve CEN TC-278 ile işleme konuldu. ISO oylama sürecinde.
HTG6	AUS Güvenlik Politikası	Rapor tamamlandı. Yorumlar toplanıyor.
HTG7	Standartlar Farklılık/Boşluk Analizi / Tanımlamalar	Ekim 2015’de başlaması kararlaştırıldı. İlk versiyonları Ocak 2016’da yayınlandı. Çalışma devam etmekte.
HTG8	Sonda (Probe) Veri Standartları	Gelecek çalışma konusu.
HTG9	Sertifikalandırma/Uyum Prosedürleri	Gelecek çalışma konusu.

AB ve ABD'nin geliştirdiği AUS oluşturma yazılım araçları kullanılarak, Uyumlaştırma Görev Grubu tarafından geliştirilen mimariye HARTS (Harmonized Architecture Reference for Technical Standards) adı verilmiştir [56]. Bu mimari, AB'nin FRAME mimarisi (ve AUS geliştirme araçları) ile ABD'nin CVRIA mimarisi (ve AUS geliştirme araçlarını) entegre edilmesi ile oluşturulmaktadır [57]. Farklılıklar giderilerek, standartlar belirlenerek, küresel bir mimari geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu oluşumun mimari geliştirme yaklaşımı Şekil 23'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, Fonksiyonel Çerçeve, Fiziksel Çerçeve ve İletişim Çerçevelerini oluşturmak için çalışılmaktadır. Her katmandaki (çerçevedeki) Veri Akış Diyagramları ve tanımlar çok kapsamlıdır. Şekil 23'de örnek bir Veri Akış Diyagramı gösterilmiştir. Ayrıntılı veri içeren bir örnek uygulamaya

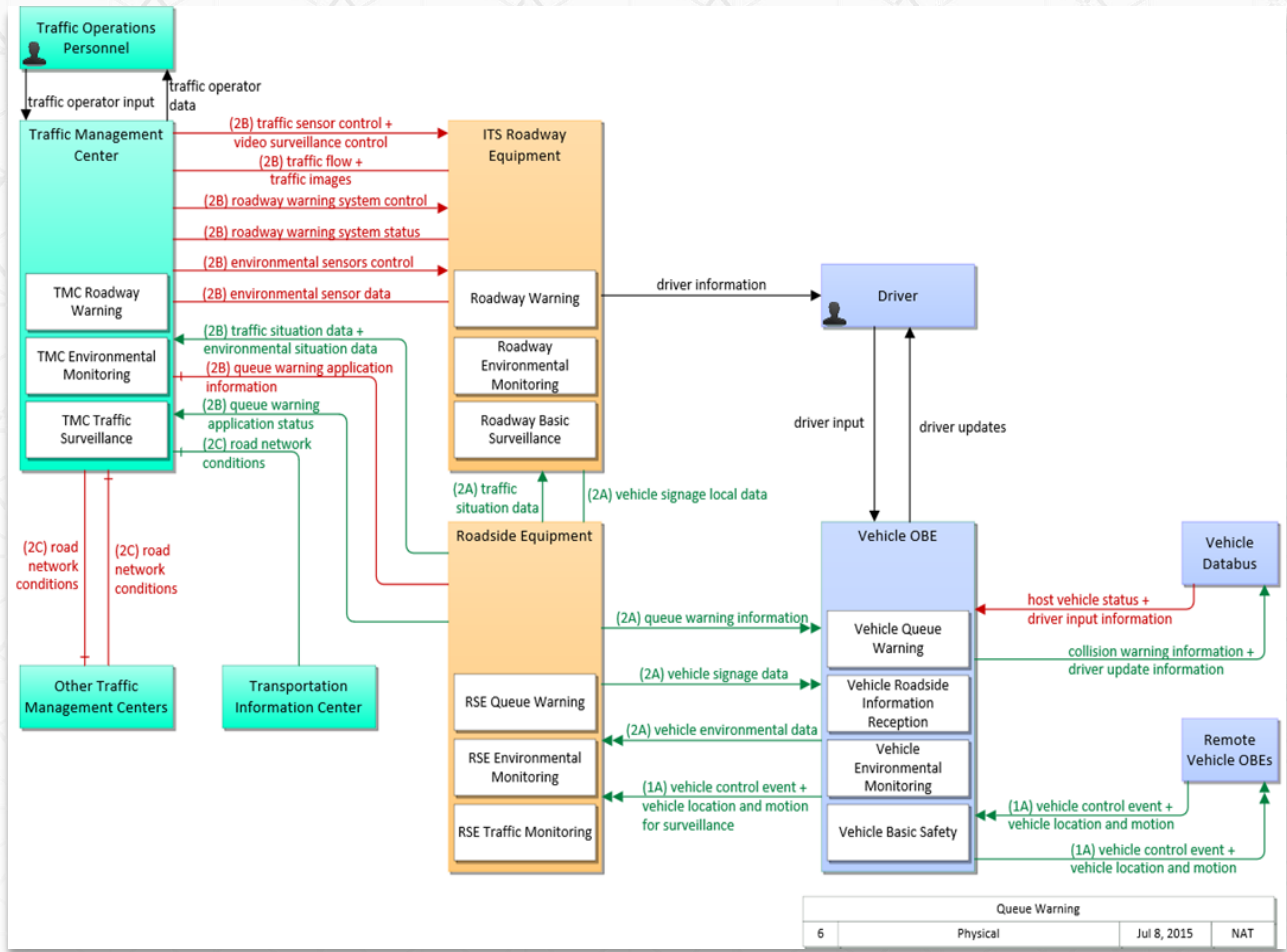
["http://htg7.org/html/viewpoints/physical.html"](http://htg7.org/html/viewpoints/physical.html)

adresinden erişilebilir. Diyagramlarda tanımlanan her bir elemanın üzerine tıklandığında, o elemana ait diyagram ve verilere ulaşılmaktadır. İnteraktif bir arayüz üzerinden tüm mimari verisine erişilebilmektedir.

Şekil 22: HARTS Mimarisinin Oluşturulması [57]



Şekil 23: HARTS'da Oluşturulan Bir Servis için Veri Akış Diyagramı. Trafikte Kuyruk Uyarısı/Bilgilendirmesi [58]. Elemanların veya linklerin üzerine tıklandığında, o eleman için detay bilgiye ve diyagramına erişilmektedir.



3. ULUSAL AUS MİMARİSİNİN DİĞER AUS MİMARİLERİ İLE KARŞILAŞTIRMASI

Ulusal AUS mimarisi, detaylı ve kapsamlı bir şekilde hazırlanmış olup, günümüz Akıllı Ulaşım Sistemlerinde bulunan bileşenleri içermektedir. Değerlendirme ve karşılaştırmalarda, hem günümüz ihtiyaç ve hizmetler hem de yakın gelecekte yaygınlaşmaya başlayacak hizmetler temel alınmıştır. Ayrıca, sürdürülebilir bir AUS ve AUS mimarisi için, olası değişimlerin mevcut Ulusal AUS mimarisine etkisi değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler, mevcut Ulusal AUS mimarisinin ABD, AB ve Uzak Doğu (Güney Kore ve Japonya) gibi AUS mimarilerine göre Yapısal ve İçerik yönünden farklılıkları olmak üzere iki başlık altında yapılmıştır.

3.1. YAPISAL FARKLILIKLAR

İncelenen Ulusal AUS mimarisi, klasörler altında yer alan dosyalar şeklindedir. Ulusal AUS mimarisinin geliştirilmesine Fonksiyonel (Mantıksal) mimarinin oluşturulması ile başlanmış ve 9 adet ana fonksiyon (ve “VAD 0 - AUS Sistemini Yönet” kök fonksiyon) tanımlanmıştır. Bu ana fonksiyonlara ait Veri Akış Diyagramları oluşturularak, aralarındaki bağlantılar diyagramlarda gösterilmiştir. Fonksiyonel mimariye uygun olarak Fiziksel Mimari oluşturulmuştur. Fiziksel Mimari altında, Alt Sistemler, Sonlandırıcılar ve Ekipmanlar alt klasörler altında tanımlanmıştır.

Yapılan çalışmaların oldukça kapsamlı ve detaylı olduğu görülmektedir. Bağlantılar ve elemanların tanımlanmış olması ve mimari yapıda gösterilmesi memnuniyet vericidir. Ulusal AUS mimarisi, diğer AUS mimarileri ile yapısal olarak karşılaştırıldığında eksiklerinin olduğu ve geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Bu eksikler aşağıda tanımlanmıştır.

3.1.1. Kullanım Kolaylığı ve İzlenebilirlik

AUS mimarisinin her paydaş tarafından kolayca izlenebilmesi, ilgili uygulama/servis/sonlandırıcılar/ ekipmanlar arasında kolayca geçiş yapılabilmesi, ihtiyaç duyulan bilgiye hızlı bir şekilde ulaşılabilmesi, istenilen ölçekte altyapı mimarisini bütün olarak görebilmesi, istenildiğinde detay seviyede görebilmek için kolay geçişler yapılabilmesi beklenmektedir. Amaç, istenilen ve ihtiyaç duyulan bilgiye kolayca erişim olmalıdır. Mimari, sadece sistemi tanımlamamalı, aynı zamanda kullanım kolaylığı sunarak, tüm paydaşların kolay ve hızlı bir şekilde yararlanacağı bir kaynak olmalıdır. İhtiyaçların tespitine imkan sunmalı, tüm mimariyi incelemeye gerek kalmadan kullanıcılarına bunu sağlamalı, süreçler-fonksiyonlar-iletişim-ekipmanlar arasında geçişlerin, planlamada olası hataları engelleyecek şekilde izlenebilir ve bilgi sağlayıcı olmalıdır.

Yukarıda tanımlanan kullanım kolaylığının, incelenen Ulusal AUS mimarisindeki en önemli eksiklik olduğu görülmektedir. Mevcut haliyle, mimarideki ilişkileri takip etmek oldukça zordur. Her alt seviyede yeniden dallanmalar olması, her bir dallanan elemanın farklı dosyalar altında olması,

mimarinin istenilen amaç için kullanımını zorlaştırdığı gibi, izlenebilirliği sağlayamamaktadır. AUS mimarisini kullanmak isteyen bir paydaşın hizmet alanı birden fazla uygulama ve alt sistemi ilgilendiriyorsa, izlemesi ve ihtiyaçlarını belirlemesi daha da karmaşık hale gelmektedir. Kullanım kolaylığının olmaması ve izlenebilirliğin olmaması aşağıda tanımlanan birçok olumsuz etkiye neden olabilir.

- Bütünün görülmesini engelleyebileceği için, planlamalarda hataya yol açabilir.
- Bütünün görülmesini engelleyebileceği için AUS uygulayıcılarının eksik uygulama ve hata yapmasına neden olabilir.
- Planlayıcının; planlamada ve uygulamada, ilgilendiği bölüm haricindeki diğer bölümleri de incelemesi gerekecek, zaman ve işgücü kaybına yol açacaktır.

Sistem bütününün veya istenilen bölümünün kavramsal bütünlük içinde görülebilmesi, izlenebilir olması, bileşenler arasındaki geçişlerin ve ilişkinin belirgin, anlaşılır ve takip edilebilir olması gerekmektedir. Mimarinin, farklı perspektiften (paydaşın ilgisine göre) bakanların ilgili alt sistemin bütününü ve kapsamını görebilmesi, istediği kapsamda inceleme imkanını kolayca sunması gerekmektedir. Belirli bir AUS altyapısını incelemek ve hazırlık yapmak isteyen bir paydaş için, nereden başlayacağına dair bir bilgi sunmamakta, ihtiyaç duyduğu bilginin AUS mimarisindeki kapsamını kısa sürede belirleyememektedir. Mevcut mimaride, paydaşın, gereksinim duyduğu sınırlı bilgi için, kolay olmayan ve zaman alan bir araştırma yapması gerekecek, hatta mimarinin bütününü incelemesi gerekebilecektir.

3.1.2. Sürdürülebilirlik

Ulusal AUS mimarisi çok kapsamlı ve yabancı ülke AUS mimarilerindeki bileşenleri ve aralarındaki ilişkilere benzer niteliktedir. Ancak, yapısal olarak bir diğer önemli fark (özellikle AB ve ABD AUS mimarileri) Ulusal AUS mimarisinde olası değişiklik-güncelleme-düzenleme-ilavelerin kolay yapılamayacağı ile ilgilidir. Mevcut mimari, Visio programında çizilen Veri Akış Diyagramları, ekipman paketleri gibi bilgileri içeren dokümanlar, numaralandırma/indeksleme için kullanılan MS Excel dosyalarından oluşmaktadır. Dosyalardaki bilgiler farklı tablolarda statik olarak birbirleri ile ilişkilendirilmeden tutulmaktadır. İlişkiyi tanımlamak için indeks kullanılmaktadır. Ulusal AUS mimarisi, ausmimari.org web sayfasında online olarak hizmete sunulmaktadır. Web sayfası üzerindeki verilerde, dokümanlarla aynı bilgileri aynı şekilde vermekte, mimarinin kullanımı için ilave bir kolaylık sunmamaktadır. Esas önemli olan, mimaride yapılacak olası değişikliklerin tüm bu çizimlerde ve dokümanlarda kolaylıkla yapılamayacak olmasıdır.

Ulusal AUS mimarisi ile AB ve ABD AUS mimarileri arasındaki içerik yönünden farklılıklar bu dokümana ilave bir bölüm olarak eklenmiş olup, orada belirtilen değişikliklerin bu mimari yapıya ilavesi ve işlenmesi çok zor olacaktır. Ayrıca, mevcut mimari yapıda, her güncelleme işlemi, zaman ve iş gücü kaybı yaratacağı gibi, hataya da yol açabilecektir. AUS mimarisindeki bileşenler ve aralarındaki ilişkiler arttıkça, mevcut mimari yapı ile güncellemeler daha da zorlaşacaktır. Bu nedenle sürdürülebilir bir AUS mimarisi hedeflenmelidir. Bunun için de AB ve ABD de olduğu gibi bir yapı oluşturmak gerekmektedir.

3.1.3. Tanımlamalar

Bir diğer yapısal (aynı zamanda içerik olarak) farklılık ise, süreçler içindeki ve süreçler arasındaki gönderilen ve işlenen verinin niteliği, büyüklüğü, sıklığı gibi, sistemin mimari yapısını etkileyecek değerler, mimaride yer almamaktadır. Bu verilerin oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca, bu verilerin oluşturulması dünya ve ulusal standartlara göre yapılmalıdır.

Ulusal AUS Mimarisinin AB, ABD ve Güney Kore AUS Mimarileri karşılaştırması Tablo 4’de özetlenmiştir.

Tablo 4: AUS Mimarilerinin Karşılaştırması

	ABD AUS Mimarisi	AB AUS Mimarisi	G. Kore AUS Mimarisi	Ulusal AUS Mimarisi
Tanımlanan Çerçeve Sayısı	4	3	3	2
Tanımlanan Çerçeveler	- Fiziksel Çerçeve - Fonksiyonel Çerçeve - İletişim Çerçevesi - Organizasyon Çerçevesi	- Fiziksel Çerçeve - Fonksiyonel Çerçeve - İletişim Çerçevesi	- Fiziksel Çerçeve - Mantıksal (Fonksiyone) Çerçeve - Proje Çerçevesi	- Fiziksel Çerçeve - Mantıksal (Fonksiyonel) Çerçeve
Tanımlanan Servis Sayısı	> 150	> 150	60	97
Standartların Tanımlanması	RAD-IT ve SET-IT araçları ile dokümantasyonda DETAYLI olarak yer almaktadır.	FRAME mimarisi ile dokümantasyonda DETAYLI olarak yer almaktadır.	Var	Yok. Dokümanlarda S ibaresi kullanılmakta ancak açıklama ve bilgi bulunmamaktadır.

İzlenebilirlik	Kolay ve kısa sürede izlenebilmektedir. İhtiyaç duyulan bilgiye, diyagramlar veya veri üzerine tıklama ile ilgili bilgiye erişilebilmektedir.	Kolay ve kısa sürede izlenebilmektedir. İhtiyaç duyulan bilgiye, diyagramlar veya veri üzerine tıklama ile ilgili bilgiye erişilebilmektedir.	Var	Zor ve uzun sürede izlenebilmektedir. Hata yapmaya açıktır. Tanımlanan bileşen veya bağlantı numarası kullanılarak bir diğer dokümandaki bilgiye erişilmektedir.
AUS Mimarisi Oluşturma/İzleme/Uygulama için İnteraktif Arayüz	Var. RAD-IT ve SET-IT araçları ile AUS mimarisi oluşturulmaktadır. Uygulama için gereken bileşenler ve teknik özellikler çıkarılmaktadır.	Var. Gezinme Aracı ile bir AUS mimarisinin tüm bileşenleri, servisleri, tanımlar, diyagramlar vs. görülebilmektedir. Seçme aracı ile bir büyük AUS mimarisinden ihtiyaca/uygulamaya göre AUS bileşenleri, servisleri, özellikleri vs. çıkarılmaktadır.	Yok. AUS mimarisi oluşturma için bir interaktif uygulama/yazılım bulunmamaktadır.	Yok. İnteraktif bir arayüz veya yazılım aracı bulunmamaktadır. AUSmimarisi.org web sayfası da interaktif değildir. İhtiyaca göre AUS mimarisinden küçük ölçekli mimari veya AUS uygulama tasarımı çıkarmak mümkün değildir. Bu işlemin, manuel yapılması gerekmektedir.
Sürdürülebilirlik (Mimariye yeni bileşenler ekleme, düzenleme, değişiklik yapma vs. kolaylığı ve imkanı)	Var. Çok iyi. Yazılım araçları ve veri tabanları ile sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Ayrıca, aynı yazılım aracı ile diyagramlar ve bağlantılar oluşturulmakta, bileşenler ve servisler arasındaki ilişkiler kolaylıkla tanımlanmaktadır.	Var. Çok iyi. Yazılım araçları ve veri tabanları ile sürdürülebilirlik sağlanmaktadır. Ayrıca, aynı yazılım aracı ile diyagramlar ve bağlantılar oluşturulmakta, bileşenler ve servisler arasındaki ilişkiler kolaylıkla tanımlanmaktadır.	Var. Orta düzeyde. Geliştirilen veri tabanları ve kurallar ile sürdürülebilirlik sağlanmaktadır.	Çok zayıf. Yeni bileşen ekleme vs. için bu bileşen ile ilgili tüm diğer bileşenler ve servislerin bağlantıları vs. değiştirilmesi işlemlerinin manuel yapılması gerekmektedir. Numaralandırma yönteminin kullanılması bir diğer zayıf noktasıdır. Ayrıca, hata yapmaya açıktır.
Kullanım Kolaylığı	Yüksek İnteraktif arayüzler/yazılım programlarının kullanılması, diyagramlar/veriler üzerinde tıklamalar ile istenilen veriye erişim yapılabilmesi, daha fazla bilgi içermesi, karmaşıklıktan uzak olması nedenleri ile kolay kullanımı vardır.	Yüksek İnteraktif arayüzler/yazılım programlarının kullanılması, diyagramlar/veriler üzerinde tıklamalar ile istenilen veriye erişim yapılabilmesi, daha fazla bilgi içermesi, karmaşıklıktan uzak olması nedenleri ile kolay kullanımı vardır.	Orta düzeyde.	Düşük İnteraktif arayüzler/yazılım programlarının olmaması, diyagramlar/veriler üzerinde izlemelerin ilgili dosyaların açılarak manuel olarak yapılması, istenilen bilgiye erişim için diğer bilgilerin de görünür olması kullanım kolaylığını engellemektedir.

Veri Tabanı Uygulamaları / Bağlantıları	Var Yazılım araçlarının interaktif olarak istenilen veriye erişim yaptığı, yeni verilerin girildiği, değiştirildiği, dokümantasyonunun yapıldığı, gelişmeyi ve sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik veri tabanları mevcuttur. Ayrıca, geçmiş mimari verilerinin tutulması ve görülebilmesini de sağlamaktadır.	Var Yazılım araçlarının interaktif olarak istenilen veriye erişim yaptığı, yeni verilerin girildiği, değiştirildiği, dokümantasyonunun yapıldığı, gelişmeyi ve sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik veri tabanları mevcuttur. Ayrıca, geçmiş mimari verilerinin tutulması ve görülebilmesini de sağlamaktadır.	Var	Yok
Hata Denetimi	Kolay Ayrıca yazılım aracının içinde, oluşturulan mimari/ uygulama için hata denetimi yapmaya yönelik servisler bulunmaktadır.	Kolay	Yapılabilir durumdadır.	Kolay değil
K-AUS Bileşenleri	Var AUS mimarisinin yeniden oluşturulmasında K-AUS bileşenlerinden başlanmış ve servisler tanımlanmıştır.	Var	Var	Yok
K-AUS Bileşenlerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı	Kolay Yazılım araçları, veri tabanları ve tanımlamalardaki kolaylıklara ilave olarak, AUS mimarisinin K-AUS'a göre oluşturulması nedeniyle daha kolay eklemeler/düzenlemeler yapılabilmektedir.	Kolay Yazılım araçları, veri tabanları ve tanımlamalardaki kolaylıklara ilave olarak, AUS mimarisinin K-AUS'a göre oluşturulması nedeniyle daha kolay eklemeler/düzenlemeler yapılabilmektedir.	Var	Zor K-AUS bileşenleri ve servislerinin; mevcut AUS mimarisindeki birçok bileşen/servisi etkilemesi yeni bileşenler/servisler oluşturması mevcut bileşen/servisler ile uyumlaştırılması gerekliliğinden zor hale gelmektedir
V2X İletişim Altyapısı	Var K-AUS'un en temel bileşeni olması nedeniyle K-AUS servisleri ile beraber eklenmiştir.	Var K-AUS'un en temel bileşeni olması nedeniyle K-AUS servisleri ile beraber eklenmiştir.	Var	Yok

V2X İletişim Altyapısını Ekleme İmkânı ve Kolaylığı	Kolay Yazılım araçları, veri tabanları ve tanımlamalardaki kolaylıklara ilave olarak, AUS mimarisinin V2X içerecek şekilde K-AUS'a göre oluşturulması nedeniyle daha kolay eklemeler/düzenlemeler yapılabilir.	Kolay Yazılım araçları, veri tabanları ve tanımlamalardaki kolaylıklara ilave olarak, AUS mimarisinin V2X içerecek şekilde K-AUS'a göre oluşturulması nedeniyle daha kolay eklemeler/düzenlemeler yapılabilir.	Var	Zor V2X iletişimi ve altyapı bileşenleri ile sağlanan servislerin; mevcut AUS mimarisindeki birçok bileşen/servisi etkilemesi yeni bileşenler/servisler oluşturulması mevcut bileşen/servisler ile uyumlaştırılması gerekliliğinden zor hale gelmektedir.
Diyagramlarda Renkli Akış Nesnelerinin (Çizgilerin)	Var	Tek Renk (Siyah)	Tek Renk (Siyah)	Tek Renk (Siyah)
Diyagramlarda Renkli Durum Nesnelerinin (Şekillerin) Kullanımı	Var	Var	Var	Var
Diyagramlarda Farklı Durum Nesnelerinin (Şekillerin) Kullanımı	Var	Var. Ancak, genellikle dikdörtgen ile gösteriliyor.	Var	Yok. Tek Şekil (Dikdörtgen)
Diyagram Nesneleri Bağlantı (Veri vs.) Bilgisi	Bağlantı içeriği (veri vs) bilgisi verilmektedir.	Bağlantı içeriği (veri vs) bilgisi verilmektedir.	Var	Numaralandırma ile verilmektedir. İlave olarak numaralandırma tablosu verilmektedir.

3.2. İÇERİK FARKLILIKLARI

Ulusal AUS mimarisinin çerçevelerini oluşturan bileşen/fonksiyon/iletişim yöntemleri aşağıdaki başlıklar altında tasarlanmıştır. Tanımlar, Ulusal AUS mimarisindeki [59] [60] tanımlarıdır.

Uygulama Paketleri: “AUS mimarisinin hizmet odaklı ve gerçek hayatta uygulanabilir bileşenleridir. Bir veya birkaç tane Uygulama Paketi, belirli bir bölgenin ulaşım sorunu ile ilişkilendirilerek projelendirilebilir. AUS mimarisindeki Alt Sistemler ve Sonlandırıcılar, Fiziksel Akışlar ile birleştirilerek Uygulama Paketleri oluşturulur.” [60]

Alt Sistemler: “AUS uygulamalarının gerçekleştiği fiziksel birimlerdir ve 4 gruba ayrılır; Merkezler, Saha, Yolcular ve Taşıtlar. Örneğin Trafik Yönetim Merkezi Alt Sistemi.” [60]

Sonlandırıcılar: “AUS mimarisinin sınırındaki merkezleri, kişileri ve çevreyi tanımlar ve 4 gruba ayrılırlar; Çevre, Kişi, AUS Sisteminin Diğer Alt Sistemleri ve AUS Sistemine Dahil Olmayan Sistemler.” [60]

Fiziksel Akışlar: “Alt Sistemler ve Sonlandırıcılar arası alışverişi yapılan ve standartları belirlenmiş bilgilerdir.” [60]

Ekipman Paketleri: “Alt Sistemlerin yapı taşlarıdır. Belirli bir Uygulama Paketinin gerçekleşmesi için bir veya birkaç Ekipman Paketi bir araya gelerek ilgili Alt Sistemlerde kurulur.” [60]

Yukarıda tanımlanan mimari yapı unsurları incelendiğinde, çok-katmanlı yapının Fonksiyonel Çerçevesini ve Fiziksel Çerçevesini oluşturduğu görülmektedir. Ulusal AUS mimarisinin oluşturulmasında, çok katmanlı mimari yapı oluşturulduğu, Ulusal AUS web sitesinde de ifade edilmektedir. Mimaride yer alan elemanlar, süreçler (fonksiyonlar) ve aralarındaki bağlantılar incelendiğinde, mimarinin oldukça detaylı ve kapsamlı hazırlandığı görülmektedir. Ulusal AUS mimarisi diğer mimariler ile karşılaştırıldığında aşağıdaki maddelerde belirtilen konularda farklılık/eksiklerin olduğu görülmektedir.

- AUS Mimarisi Oluşturma/ İzleme/Uygulama için İnteraktif Arayüz
- AUS Mimarisindeki Nesneler, Bağlantıları ve Açıklamalar
- K-AUS Bileşenleri ile K-AUS Bileşenlerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı
- V2X İletişim Altyapısı ile V2X İletişim Elemanlarını/Servislerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı
- Otonom Araç ve Yol Desteği
- Standartların Tanımlanması
- Veri Tabanı Uygulamaları / Bağlantıları
- Tanımlanan Servis Sayısı

İçerikteki farklılıklar/eksiklikler bu başlıklar ile değerlendirilecektir.

3.2.1. AUS Mimarisi Oluşturma/ İzleme/Uygulama İçin İnteraktif Arayüz

Taslak Ulusal AUS mimarisinde tanımlanan/belirtilen AUS elemanları bir araya getirilerek bir AUS uygulaması planlanabilir. Ancak, AB ve ABD AUS mimarileri ile kıyaslandığında, planlanacak bir AUS uygulaması için, Ulusal AUS ile daha fazla inceleme ve planlama süresi gerekeceğı değerlendirilmektedir. AUS mimarisinde tanımlanan her bir elemana erişimde oluşacak gecikme, planlamayı ve süreci geciktirecektir. Daha etkin bir erişim yöntemi uygulanması gerekmektedir. AB AUS mimarisi ve ABD AUS mimarisinde olduğu gibi interaktif olarak sunulan bir yapı kullanılmalıdır.

3.2.2. AUS Mimarisindeki Nesneler, Bağlantıları ve Açıklamalar

Ulusal AUS mimarisinde, elemanlar için yapılan tanımların yetersiz olduğu değerlendirilmektedir. Bu durum, AUS uygulama planlayıcıları ve yatırımcılar için önemli bir eksiklik ve belirsizlik oluşturmaktadır. Her bir elemanın tanımının ve diğer elemanlar ile ilişkilerinin tanımının yapılması gerekmektedir. Standartlarda olan belirsizlikler ile uygulamada karşılaşılabilecek olan belirsizliklerin de tespit edilip, mimariye eklenmesi yararlı olacaktır. Uygulamada ve planlamada gereksinim duyulan AUS elemanları için, isterleri karşılayacak standartlar ve nitelikler tanımlı değil ise, hem bu durum planlama ve uygulama sırasında değerlendirilir ve önlem alınabilir, hem de bu eksikliği kapatmak için (yerli ve/veya yabancı ortak çalışma ile) çalışmalar başlatılabilir. Bu tespitler, Uyumlaştırma Görev Grubu tarafından belirtilip bir hedef olarak tanımlanmıştır.

AB AUS ve ABD AUS mimarilerinde, belirli bir fonksiyonu/fonksiyonları yerine getiren servisler için, uçtan uca iletişim (veri iletimi), ilgili fonksiyonlar ve ağ elemanları bir diyagram halinde gösterilmektedir. Ulusal AUS mimarisinde ise, bunlar ekipman paketleri olarak tanımlanmıştır. Ancak, Ulusal AUS mimarisi kullanılarak planlanacak bir AUS uygulaması için uçtan uca tüm veri akışını gösteren diyagram bulunmamaktadır. ABD AUS mimarisinde ve Uyumlaştırma Görev Grubunun yaptığı küresel AUS mimarilerinde, sistemdeki uçtan uca veri akış yaklaşımının gösterilmesi benimsenmiştir. Çizim gösterimleri, interaktif hale getirilerek kullanıcıya sunulmaktadır. Böylece, sadece tıklamalar ile istenilen kapsamda istenilen detayda bilgilere erişilebilmektedir. Benzer bir yaklaşımın Ulusal AUS Mimarisinde uygulanması ihtiyacı vardır.

ABD AUS mimarisi ve Uyumlaştırma Görev Grubu'nun oluşturduğu AUS mimarisinde, iletişim ve diğer elemanların nitelikleri detaylı olarak bulunmaktadır. AUS uygulaması sırasında, tanımlanan değerlere göre planlama yapılması ve sınır değerlerin dışına çıkılmaması gerekmektedir. Ulusal AUS mimarisinde de bu değerlerin tespiti ve düzenlenmesi gerekmektedir.

3.2.3. K-AUS Bileşenleri ile K-AUS Bileşenlerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı

Ulusal AUS mimarisinde, V2X iletişimi olarak adlandırdığımız iletişim yöntemi, bunlara ait fiziksel donanımlar, bu donanım ve iletişim yöntemleri kullanılarak sağlanabilecek servisler, toplanabilecek bilgi, veri arşivi ve veri işleme ile ilgili ilişkileri belirtilmemiştir. V2X iletişimi ile araçların her noktada ağa bağlanabilmesi sağlanmaktadır. Bu nedenle de, bu sistem yapısına, bağlı araçlar (connected cars) denilmektedir. V2X iletişimi ve Bağlı Araçlar ile sağlanan hizmetlerin AUS uygulamalarına eklenmesi ile oluşan sisteme Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemi (K-AUS) (Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)) denilmektedir. V2X iletişim yöntemi ile araçlardan, hem araç (konum, hız, uzunluk, ivmelenme, olağan dışı durum vs.) hem de yol durumu hakkında daha doğru ve tutarlı veri alınması sayesinde, AUS mimarisinde yapılan çalışmalar artık Kooperatif AUS (K-AUS) olarak adlandırılmaktadır. Araçlar kendi aralarında DSRC temelli IEEE 802.11p standardı ile araç-altyapı arasında IEEE 802.11p standardı veya 5G V2X standardı (3GPP 5G Sürüm 14) ile veri paylaşabilmektedir. Araçların her zaman her yerde erişilebilir olmasını sağlayan bu ağa genel olarak Bağlı Araçlar (Connected Cars) denilmektedir. Bu sayede mevcut AUS servislerine ilave olarak yeni servisler geliştirilmekte/oluşturulmaktadır. Tüm bu servislerin büyük ekonomik ve sosyal fayda sağlaması, daha etkin ve daha güvenli ulaşımı sağlaması beklenmektedir.

AB, ABD, Japonya ve Güney Kore, AUS altyapılarını K-AUS'a uyumlu olacak şekilde planlamalar yapmaya başlamıştır. Buna yönelik olarak, AB, bağlı araçlar ağını oluşturmak, K-AUS gelişimini sağlamak için bir platform (K-AUS Platformu) oluşturmuştur [61]. 2014-2016 yıllarını kapsayan birinci faz ile 2016-2017 yıllarını kapsayan ikinci faz çalışmaları süresince birçok AB projesi tamamlanmıştır. 2016 yılında başlayan ve halen devam eden K-Yollar (C-Roads) [62] bu projelerden önemli bir tanesidir. K-AUS Platformu, Eylül 2017'de ikinci faz sonrasında final raporu [63] yayınlayarak çalışmalarını tamamlamıştır. Bu rapor, K-AUS yapılanması için çok kapsamlı ve faydalı bilgiler sunmaktadır. AUS ile K-AUS arasındaki ilişkiler ve farklılıklar ile K-AUS için dönüşümün nasıl yapılacağı tanımlanmıştır. K-AUS ile eklenen servisler ile değişen servisler tanımlanmıştır. Bunları uygulamaya yönelik öneriler ve yaklaşımları içermektedir. Buna yönelik olarak AUS mimarisinde düzenleme gereksinimi oluşmuştur.

Hem AB hem de ABD; K-AUS'a yönelik olarak, bağlı araçlar (connected vehicles) ile sağlanan (ve yakın gelecekte sağlanacak) servislerin sayısının çok olması, bu servisleri sağlamak için yeni ekipmanların kullanılacak olması, bu servisler ve ekipmanlar sayesinde Ulaşım Sisteminin var olandan çok daha "Akıllı" olacağının görülmesi nedeniyle, mevcut AUS mimarilerini yeniden revize etmişlerdir. En büyük ihtiyaç, bağlı araçlar ile çok sayıda yeni hizmetin, dolayısıyla, ilgili bileşenlerin AUS mimarisine eklenmesi ile AUS mimarisinin sürekli güncel tutulması gereksiniminde olmuştur. Bu nedenle, her iki

ülkenin mimarisi de, kolayca ekleme-düzeltilme-değişikliklerin yapılabilirdiği bir yapı haline getirilmiştir. Bu yeni mimarinin yapılanmasına, V2X sistemlerinin getirdiği yeni servislerden başlanılmıştır.

3.2.4. V2X İletişim Altyapısı ile V2X İletişim Elemanlarını/Servislerini Ekleme İmkânı ve Kolaylığı

Ulusal AUS mimarisi incelendiğinde, bağlı araçlar ile ilgili ekipman, iletişim yöntemi, bunlara ait servislerin tanımlanmadığı, mimaride yer almadığı görülmektedir. Ulusal AUS ekipman paketleri incelendiğine, aşağıdaki listede yer alan hizmetlerin sağlanması için gereken ekipmanlar arasında, V2X iletişimine ait ekipmanların olmadığı görülmektedir.

- Taşıtın Boylamsal Kontrolü (Vehicle Longitudinal Control)
- Taşıt Boylamsal Uyarı Sistemi (Vehicle Longitudinal Warning System) paketinde, bu fonksiyon V2X iletişimi ile de yapılabilmektedir. Hem tanımda hem de veri akış diyagramlarında verilmemiştir.
- Yol Yapım/Bakım Yönetimi Çalışma Alanı Yönetimi (MCM Work Zone Management)
- TYM Çalışma Alanı Trafik Yönetimi (TMC Work Zone Traffic Management) ve sağladığı bilgiler
- Karayolu Çalışma Alanı Trafik Kontrolü (Roadway Work Zone Traffic Control)
- Taşıtta Kavşak Güvenlik Uyarısı (Vehicle Intersection Safety Warning)
- Yol Kenarı Emniyet ve Güvenlik Denetleme (Roadside Safety and Security Inspection)
- Karayolu Kavşak Güvenliği Uyarısı (Roadway Intersection Safety Warning)
- Karayolu Güvenlik Uyarı Sistemi (Roadway Safety Warning System)

Yukarıda belirtilen ekipman paketleri örnek olarak verilmiş olup, sayısı artabilir. Yukarıda belirtilen ekipman paket yerine getirilmesi istenen fonksiyon ve/veya servisler V2X iletişimi ile de yapılabilmektedir. Bu servisler ve fonksiyonlar için gerekli bilgiler hem tanımda, hem de veri akış diyagramlarında verilmemiştir.

V2X iletişimi, birçok yeni uygulama ve hizmet sağlayacağı gibi, güvenlik ve trafik etkinliğine yönelik servislerde sağlayacaktır. V2X ile ilgili standartlar 2000 yılından itibaren çalışılmakta olup, 2006 yılından itibaren standartlar güncellenerek çıkarılmıştır. Hem Ar-Ge Merkezi, Araştırma Merkezi ve Üniversitelerin hem de araç üreticileri ve iletişim sektöründeki firmaların yoğun Ar-Ge çalışmaları ve saha testleri ile olgunlaşmış, saha da uygulamak için gerekli tüm standartlar çıkarılmıştır. V2X iletişimine ait gerekli ürünler ve ekipmanlar pazarda yer almaktadır. Hücresel ağ operatörleri ve servis sağlayıcılar da bu pazarda yer alan ürünlerini geliştirmişlerdir. Gelecek nesil teknoloji olan 5G sistemlerinin içerisinde araç-altyapı iletişimi de dahil edilmiş, 2017 yılında 3GPP'nin çıkardığı Release 14 standardı ile hücresel ağlar üzerinden de V2X iletişimi sağlanmaktadır. Araç üreticileri, hem IEEE

802.11p modülünü hem de 5G/LTE modülünü içeren V2X iletişimini sağlayacak donanımlarını, standart donanım olarak 2019 yılından itibaren üretilecek tüm araçlara koyacaklardır. Bu nedenle, V2X iletişimi, mobil telefonlar gibi çok hızlı yaygınlaşacak bir servis ağı yaratacaktır. Buna bağlı olarak, çok sayıda ticari uygulama da geliştirilecektir. Hem ABD’de Ulaştırma Bakanlığı ve Akıllı Ulaşım Sistemleri gibi ilgili başkanlıkları, hem de AB’de Akıllı Ulaşım Sistemleri ile ilgili başkanlıklar, standartlaşmayı sağlayan kurumlar (ABD de IEEE, AB’de ETSI) ile öncelikle emniyete yönelik hizmetleri sunmak için hazırlık yapmışlardır. Buna yönelik ülke ve bölge çapında test ortamları hazırlanmış ve bu sistemlerin testleri yapılmıştır. Tanımlanan emniyete yönelik servislerin hepsi, Ulusal AUS mimarisinde tanımlanan, emniyete yönelik servisler ile örtüşmektedir. Ancak, Ulusal AUS mimarisinde sağlanan servislerin tanımlarında, V2X iletişimi ile ilgili bilgiler ve süreçler yer almamaktadır.



olarak üç gruba ayrılmıştır.

Emniyete yönelik uygulamalar ve bazı trafik etkinliğine yönelik uygulamaların tüm tanımlamaları yapılmış, ETSI tarafından standartları yayınlanmıştır [64]. Aşağıda belirtilen uygulamalar standartlaştırılmış ve standartlaştırma çalışmaları devam etmektedir.

- Yavaş veya duran araç(lar) ve trafik tıkanıklık uyarısı (Slow or stationary vehicle(s) & traffic ahead warning);
- Yol çalışması uyarısı (Road works warning);
- Hava durumu bilgilendirme (Weather conditions);
- Acil fren uyarısı (Emergency brake light);
- Acil araç (ambulans vs) yaklaşma uyarısı (Emergency vehicle approaching);
- Sinyal uygulamaları
- Araç-İçi sinyal uygulaması
- Sinyal ihlali / kavşak güvenliği

- Belirli araçlar tarafından öncelikli geçiş isteklerinin sağlanması
- Yeşil ışık optimal hız tavsiyesi (Green light optimal speed advisory);
- Yol bozukluklarının araçlardan elde edilmesi
- Yakıt ve depolama istasyon bilgilerinin paylaşımı
- Yol üzeri park yönetimi
- Yol harici park yönetimi
- Araç yönlendirme (navigasyon)
- Trafik bilgisi, akıllı rotalama

Bu uygulamaların, Ulusal AUS mimarisine dahil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yukarıda belirtildiği gibi, yakın gelecekte standartlaşması beklenen diğer uygulamalarında Ulusal AUS mimarisine dahil edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, Ulusal AUS mimarisinde güncellemelerin hızlı yapılabilmesi önem kazanmaktadır. Bu, yapısal farklılıklarda belirtildiği gibi, büyük bir ihtiyaçtır.

3.2.5. Otonom Araç ve Yol Desteği

Ulusal AUS mimarisi ekipman paketlerinde otonom araçlar ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Otonom araçlar ile ilgili servisler ve ihtiyaçların mimaride yer alması, daha önce de belirtildiği gibi mimarinin kapsamlı hazırlandığını göstermektedir.

Tanımlanan otonom ile ilgili servisler incelendiğinde, otonom araç ve yol desteğinin sınırlı kaldığı görülmektedir. Ayrıca, yine belirtmek gerekir ki, otonom araçların başarısı ve hizmetlerin sağlanabilmesi, yukarıda belirtilen V2X iletişimi ve bağlı araçlar sistemi ile mümkün ve uygulanabilir olacaktır. Tanımlanan otonom servislerinde bağlı araçlar ile ilgili bileşenler ve bağlantıları yer almamaktadır. Bu nedenle, V2X iletişimi ve bağlı araçlar ile ilgili hizmetler, elemanlar ve ekipmanların incelenip, AB ve ABD’de olduğu gibi mimariye dahil edilmesi büyük önem arz etmektedir.

3.2.6. Standartların Tanımlanması

Ulusal AUS mimarisinde Mantıksal (Fonksiyonel) Mimari ve Fiziksel Mimari olmak üzere iki katman tanımlanmıştır. İletişim katmanları ve organizasyon katmanlarının tanımlanması da gerekmektedir.

İletişim Mimarisi oluşturulmasında, küresel standartlara ilave olarak Türkiye standartlarına ve regülasyonları da belirtilmelidir. İletişim yöntem ve parametrelerinin ulusal regülasyona uygun olması sağlanmalıdır. Standartların belirtilmesinde, henüz mevcut bir standart yok ise veya Türkiye de regülasyon olarak düzenlemesi yok ise, bunlar tespit edilebilmeli, ve bu durum mimaride yer almalıdır. Böylece regülasyon olarak yapılması gerekenler belirlenebilecek ve regülasyon çalışması için paydaşlar daha iyi tespit edilebilecektir. Ayrıca, mimaride de regülasyon çalışmasının durum

bilgisi bulunması durumunda (başlama ve tahmini tamamlama tarihi gibi), Ulusal AUS mimarisine göre yapılacak AUS uygulamaları için planlamalarda dikkat edilmesi gereken değerli bir bilgi olacaktır.

3.2.7. Veri Tabanı Uygulamaları / Bağlantıları

Ulusal AUS mimarisinde; bileşenler, ekipmanlar, bağlantılar, standartlar ile ilgili bilgiler ve diğer açıklamaların, ilgili dosyalarda ilgili yere statik olarak veya bir tablo şeklinde girildiği görülmektedir. Bu statik bilgi yapısı; güncelleme, değişiklik yapma, ekleme/çıkarma gibi işlemler için yorucu olduğu gibi, hataya neden olabilecek niteliktedir. Bu nedenle, AB ve ABD AUS mimarilerinde olduğu gibi veri tabanları veri girilmesi ve ilişkilerin oluşturulması daha kullanılabilir ve güncellenebilir bir yapı sağlayacaktır. Ayrıca, veri tabanlarının kullanılması, AB ve ABD mimarilerinde olduğu gibi, gerektiğinde daha küçük ölçekli bir AUS mimarisinin oluşturulmasına imkan verecektir.

3.2.8. Tanımlanan Servis Sayısı

Ulusal AUS mimarisinde tanımlanan servis sayısının, AB ve ABD AUS mimarilerine göre daha az olduğu görülmektedir. Bunun nedeni de, yukarıda belirtildiği gibi, K-AUS bileşen ve ilgili servislerinin henüz tanımlanmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Bağlı araçlar ve K-AUS bileşenleri ve bu bileşenler ile sağlanacak servislerin eklenmesi ile toplam servis sayısının artacağı değerlendirilmektedir.

3.2.9. Genel Değerlendirme ve Uyumlaştırma Gerekliliği

Dünyadaki AUS uygulamaları incelendiğinde, günümüze kadar en önde gelen ülkelerin Japonya, Güney Kore, Singapur ve sonrasında ABD ve AB olduğu görülmektedir. Japonya, Güney Kore ve Singapur'un ABD ve AB'den daha ileri AUS'a sahip olmalarının birçok nedeni ve etkin faktörü vardır. Bunlar;

1. Stratejik planlarını doğru ve etkin olarak yapmaları,
2. Kısa, orta ve uzun vade uygulama planları oluşturmaları,
3. İleri teknoloji içeren AUS uygulamalarını, şehir-şehir sırasıyla yapmaları,
4. Hükümetin AUS önemine sahip vizyonu ile kararlı bir şekilde büyük yatırımlar ile planları gerçekleştirmeleri,
5. Kalabalık nüfusa sahip şehirlerinin çok olması ve bu ihtiyacı karşılama gerekliliği,
6. AUS'un oluşturacağı ekonomik ve sosyal etkinin bu ülkelerde büyük olması,
7. AUS Karar-Verici yetkilerinin tek bir merkezi kurumda toplanmasıdır.

AUS'da dünya liderliğinde olan bu ülkelerin, bunu sağlamada en önemli faktör olarak literatürde (7) numaralı faktör gösterilmektedir. Sonrasında da (4)-(6) numaralı faktörler gösterilmektedir. ABD ve

AB'nin bu üç ülkenin gerisinde kalmasının nedenleri de özellikle son dört maddeyi sağlayamamalarıdır. ABD ve AB'nin geniş bir coğrafi alana yayılması, ABD'de her eyaletin ve şehrin, AB'de ise her ülkenin kendi AUS'unu kurma ve bütçelendirme/kaynak bulma zorunluluğu, şehirlerinin bu üç ülkeye (Japonya, Güney Kore, Singapur) göre daha az nüfusa sahip olmaları, tüm Akıllı Ulaşım Sistemlerini yönetecek ve yürütecek merkezi bir karar-verme kurumunun oluşturulamaması, ABD ve AB'yi AUS uygulamaları konusunda Japonya, Güney Kore ve Singapur'un gerisinde bırakmıştır. Ancak, AUS mimarileri ile AUS uygulamaları karıştırılmamalıdır. Buradan çıkarılacak en önemli sonuç, AUS mimarisi oluşturmada dünya ölçeğinde en iyi olan ABD ve AB'nin çalışmaları takip edilmeli, AUS planlamaları ve uygulamaları için ise ABD ve AB yanında özellikle, dünyanın en iyisi olan, Japonya, Güney Kore ve Singapur örnek alınmalıdır. ABD ve AB'nin son yıllarda AUS mimarisini oluşturma ve K-AUS uygulamaları ile bu üç ülkeye yaklaştığı görülmektedir. K-AUS'un dünyada ilk uygulaması (araştırma ve test ortamı) Hollanda, Almanya ve Avusturya'nın ortak yürüttüğü "C-ITS Corridor" projesi ile yapılmıştır. "C-ITS Corridor" projesinin [65] bir amacı da, ülkeler arası AUS uygulamalarında uyum için AUS mimarilerinde uyumlaştırmayı sağlamaktır. Devam eden "C-Roads" projesi de [66] bu amaca yöneliktir.

Görüldüğü gibi, AB, K-AUS çalışmalarına yönelik olarak çok kapsamlı çalışmalar başlatmıştır. K-AUS çalışmalarına yönelik olarak 30 Kasım 2016'da Avrupa K-AUS strateji belgesini yayınlamışlardır [67]. Amaç, tüm AB ülkelerinde AUS ve K-AUS arasında uyumlaştırmayı sağlayarak kapsamlı bir şekilde K-AUS uygulamalarını geliştirmek, test etmek ve uyumlaştırma için standartları belirlemektir. Buna yönelik olarak, K-AUS pilot uygulama alanları ve test ortamları oluşturulmuştur. Son olarak, 14 Eylül 2017 tarihinde, Avrupa İçin Uyumlaştırılmış K-AUS Spesifikasyonları [68] yayınlanmıştır. Ulusal AUS mimarisinin, K-AUS uygulamalarını sağlayacak şekilde oluşturulması ihtiyacı vardır. Uyumlaştırma ihtiyacı; AB, ABD ve diğer tüm ülkelerde olduğu gibi, Ulusal AUS mimarisi için de bir ihtiyaç olup, bu alanda yapılan çalışmaların takip edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca, oluşturulacak olan AUS mimarisi, paydaşlarına aşağıdaki çıktıları/faydaları sağlamalıdır.

- Kısa, orta, uzun vade AUS uygulama programlarını tanımlama imkanı,
- Altyapı ve bileşen spesifikasyonları (K-AUS uygulamaları)
- Maliyet-fayda analizi yapabilme imkanı
- Kurumlar arası organizasyon sağlama ve sorunları önceden tespit edebilme
- Risk analizi ve değerlendirme imkanı
- Tüm bunlar için kolay izlenebilirliği olan bir platform ortamında mimarinin sunulması
- Tüm AUS bileşenlerinin uyum içinde çalışabilmesi

- Yeni teknolojiler ve uygulamalar için, güncellenebilir ve sürdürülebilir bir mimari yapı sağlaması
- Yeni teknolojiler ve uygulamaların kullanılması durumunda da sürdürülebilir bir AUS ve uygulamalarını sağlaması



4. TESPİTLER VE ÇIKARIMLAR

Bir AUS mimarisinin nasıl olması gerektiği ve beklenen faydaları İkinci Bölümde verilmiştir. Ulusal AUS mimarisinin diğer AUS mimarilerinden farkı, Üçüncü Bölümde yapılmıştır. Yapılan tespitlerin özeti ve çıkarımlar aşağıda belirtilmiştir.

- Ulusal AUS mimarisinin detaylı ve kapsamlı olarak oluşturulduğu görülmektedir. Ancak, karşılaştırma kısmında belirtilen değişimlerin ve ilavelerin yapılması gereksinimi vardır. Ulusal AUS mimarisi yeniden oluşturulmalıdır. Hem teknik bilgi altyapısı, hem de AUS mimarisini oluşturma yeteneği olan AUS ekibi ile yürütme kolaylığı olacaktır.
- Ulusal AUS mimarisi kapsamlı ve detaylı olmasına karşın AUS uygulaması planlamak için izlenebilir değildir. Bunun sakıncaları, farklılıkların tanımlandığı bölümde belirtilmiştir. Ulusal AUS mimarisi, küçük ölçek/büyük ölçek her türlü AUS uygulamasını planlamak ve uygulamak için tüm paydaşlar tarafından izlenebilen bir yapıda olmalıdır. Bu nedenle, AB ve ABD’de olduğu gibi interaktif bir yapı oluşturulmalıdır.
- Ulusal AUS mimarisi, AB ve ABD AUS mimarileri ile karşılaştırıldığında, daha az bilgi sunmaktadır. AUS planlayıcıları ve uygulayıcıları için daha fazla bilgi sunmalıdır.
- Ulusal AUS mimarisi, AB ve ABD’de olduğu gibi çok katmanlı olarak, İletişim Çerçevesini içerecek şekilde oluşturulmalıdır. Her katmanda ve özellikle İletişim Çerçevesinde standartlar yer almalı ve detaylandırılmalıdır.
- Ulusal AUS mimarisi, sürdürülebilir bir yapıda değildir. Ulusal AUS mimarisini mevcut yapısıyla güncel tutmak oldukça zor ve zaman alıcı süreçleri gerektirecektir. AB ve ABD’de AUS mimarilerinde, özellikle V2X gibi yeni teknolojilerin ve servislerinin gelişmesi sonucu, sürdürülebilir yapının sağlanabilmesi için yeniden yapılanmaya gidilmiştir. Hızlı gelişen teknolojiler ve servisleri nedeniyle Sürdürülebilirlik tüm dünya ülkelerinin en önemli ve en kritik AUS niteliği olmuştur. Ulusal AUS mimarisi sürdürülebilir bir yapıda oluşturulmalıdır. Buna yönelik olarak, AB, ABD ve Uyumlaştırma Görev Grubu AUS mimarilerinden yararlanılmalıdır.
- Hem Ulusal AUS mimarisi, hem de AUS uygulamaları, sürdürülebilirlik için AB ile uyumlu olmalıdır.
- Kolay izlenebilen bir mimari ile gelişen teknolojileri içerecek şekilde sürdürülebilir bir mimari oluşturmak, tüm dünyada bir gereksinim olmuştur. Bu alandaki çalışmalar son yıllarda artarak olgunlaşmıştır. En ileri AUS’a sahip olan ve dünyanın en iyisi olan Japonya ve diğer uzak doğu ülkeleri, AB ve ABD AUS mimarilerini takip etmeye ve örnek almaya başlamışlardır. AB ve ABD’de gelişen farklı iki AUS mimarileri ve mimari geliştirme uygulama/platformları, tüm

dünyadaki belirtilen gereksinimlerden dolayı evrilerek küresel bir platform ve AUS mimarisi oluşturma yaklaşımını getirmiştir. Bu yönelme göz ardı edilmemelidir.

- AUS mimarisi oluşturma ile AUS uygulaması gerçekleştirme birbiri ile karıştırılmamalıdır. Daha önce belirtildiği gibi, AUS mimarisi oluşturmada AB ve ABD AUS mimarileri örnek alınmalı, AUS planlama ve uygulamada, AB ve ABD ile dünyanın en iyileri olan Japonya, Güney Kore ve Singapur örnek alınmalıdır.
- AUS mimarisi, K-AUS uygulamalarını içerecek şekilde oluşturulmalıdır.
- K-AUS, V2X iletişimi ve Bağlı Araçlar ile sağlanan hizmetler ve bileşenler Ulusal AUS mimarisine dahil edilmelidir. Bu yeni teknolojiler, hem AB hem de ABD'nin AUS mimarilerini yenilemelerine neden olmuştur. Ayrıca, bu teknolojilerden başlanarak yeni mimariler oluşturulmaktadır. K-AUS, V2X iletişimi ve Bağlı Araçlar konusunda ülkemizde en deneyimli ve uzman olan Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği altındaki "Araçsal Ağlar ve Akıllı Ulaşım Sistemleri Araştırma Grubu", bu teknolojiler ile ilgili olarak Ulusal AUS mimarisinin oluşturulmasına katkı sağlayabilir, çalışmalarda yer alabilir.

Sonuç olarak, tüm inceleme raporu 3 madde de özetlenecek olursa;

1. Ulusal AUS mimarisi, izlenebilir ve kolay uygulanabilir bir yapıda yeniden oluşturulmalıdır.
2. Ulusal AUS mimarisi, sürdürülebilir bir yapıda oluşturulmalıdır. Teknoloji ve süreçlerdeki yenilikleri mimariye entegre etmek kolay ve süreklilik sağlayacak yapıda olmalıdır.
3. K-AUS uygulamalarına yönelik olarak V2X iletişimi ve bağlı araçlar ile sağlanan servisleri içerecek şekilde yeniden oluşturulmalıdır.



KAYNAKÇA

- [1] ISO/IEC/IEEE 42010:2011, "Systems and software engineering - Architecture description", ISO/IEC/IEEE, 2011.
- [2] IEEE 1471-2000, "Recommended Practice for Architectural Description for Software-Intensive Systems", IEEE, 2000.
- [3] Bir Modern Ulaşım Sistemi Planlaması (Planning A Modern Transport System), Avrupa Komisyonu, AB Beşinci Çerçeve IST Programları, Nisan 2004.
- [4] Bölgesel AUS Mimari Rehberi (Regional ITS Architecture Guidance), ABD Ulaştırma Bakanlığı Federal Otoyol İdaresi, Temmuz 2006.
- [5] H. Tufan, Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye İçin Bir AUS Mimarisi Önerisi, Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 5 Eylül 2014.
- [6] FRAME AUS Mimarisi, Erişim Adresi:
<http://frame-online.eu/>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [7] Fransa AUS Mimarisi, ACTIF, Erişim Adresi:
<http://www.its-actif.org>.
- [8] Kooperatif ve Akıllı Ulaştırma İçin Referans Mimari (Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation, ARC-IT), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/index.html>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [9] Güney Kore Milli AUS Mimarisi 2. 0 (National ITS Architecture 2.0), 2010.
- [10] AB Dördüncü Çerçeve Programları KAREN Projesi, KAREN TR 4108, Erişim Adresi:
http://cordis.europa.eu/telematics/tap_transport/research/projects/karen.html
- [11] AB Beşinci Çerçeve Programları FRAME-NET Projesi - Avrupa İçin Çerçeve Mimarisi - Ağ (FRAME-NET: Framework Architecture Made For Europe - Network), Erişim Adresi:
http://cordis.europa.eu/project/rcn/57169_en.html.
- [12] FRAME-S Projesi, Avrupa İçin Çerçeve Mimarisi - Destek (FRAME-S, Framework Architecture Made for Europe - Support), Erişim Adresi.
<https://trimis.ec.europa.eu/project/framework-architecture-made-europe-support>
- [13] AB Yedinci Çerçeve Programı E-FRAME Projesi, Kooperatif Sistemler İçin Genişletilmiş Çerçeve Mimarisi (Extend Framework Architecture for Cooperative Systems), Erişim Adresi:
<https://trimis.ec.europa.eu/project/extend-framework-architecture-cooperative-systems>.

- [14] AB AUS Direktifi (EU ITS Directive (2010)), Erişim adresi:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0040>,
Erişim Tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [15] AB AUS Eylem Planı (ITS Action Plan (2008)). Erişim adresi:
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52008DC0886>,
Erişim Tarihi: 22 Eylöl 2017, 2008.
- [16] FRAME ve AUS Eylem Planı Broşürü (FRAME and the ITS Action Plan - Booklet). Erişim adresi:
<http://frame-online.eu/wp-content/uploads/2014/10/FRAME-ITS-Action-Plan.pdf>.
Erişim tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [17] İtalya AUS Mimarisi - ARTIST, Erişim Adresi:
<http://www.its-artist.rupa.it/>.
- [18] AB Yedinci Çerçeve Projesi - VIKING, Erişim Adresi:
http://cordis.europa.eu/project/rcn/88625_en.html.
- [19] AB Altıncı Çerçeve Projesi - COOPERS, Erişim Adresi:
http://cordis.europa.eu/project/rcn/79301_en.html.
- [20] AB AUS FRAME Mimarisinin Gelişimi. Erişim Adresi:
<http://frame-online.eu/first-view/background>.
Erişim tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [21] AB FRAME ile AUS Eylem Planı ve AUS Direktifi Arasındaki İlişki (EU FRAME Relationship with the ITS Action Plan and ITS Directive). Erişim adresi:
<http://frame-online.eu/frame-architecture/detailed-information/relationship-with-the-its-action-plan-and-its-directive>.
Erişim tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [22] EU FRAME Gezinme Aracı (The Browsing Tool), Erişim Adresi:
<http://frame-online.eu/frame-architecture/the-browsing-tool>.
Erişim Tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [23] AB FRAME Seçme Aracı (The Selection Tool), Erişim Adresi:
<http://frame-online.eu/frame-architecture/the-selection-tool>.
Erişim Tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [24] FRAME Seçme Aracı Kullanım Kılavuzu (User Manual for the Selection Tool), Erişim Adresi:
<http://frame-online.eu/wp-content/uploads/2014/10/Selection-Tool-User-Manual-02.pdf>
Erişim Tarihi: 22 Eylöl 2017.
- [25] Dominique Luzeaux ve Jean-René Ruault, Systems of Systems, Wiley-ISTE, 15 Mart 2010.

- [26] Y. Denis et J.-F Janin. ACTIF - A tool for conceptualizing concert answers in the challenge for sustainable mobility in public transportation, Busan: 17th ITS World Congress, 28 Ekim 2010.
- [27] Bağlı Araçlar Referans Uygulama Mimarisi (Connected Vehicle Reference Implementation Architecture - CVRIA), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/cvria/>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [28] ABD AUS Mimarisi Servis Paketleri, Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/html/servicepackages/servicepackages-areasort.html>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [29] Akıllı Ulaşım İçin Bölgesel Mimari Geliştirme (Regional Architecture Development for Intelligent Transportation (RAD-IT)), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/html/resources/radit.html>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [30] Akıllı Ulaşım İçin Bölgesel Mimari Geliştirme (RAD-IT) Kullanım Kılavuzu (Haziran 2017), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/tools/RAD-ITv8Help.pdf>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [31] Akıllı Ulaştırma İçin Sistem Mühendisliği Yazılım Aracı (Systems Engineering Tool for Intelligent Transportation (SET-IT)), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/html/resources/setit.html>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [32] Akıllı Ulaştırma İçin Sistem Mühendisliği Yazılım Aracı (SET-IT) Kullanım Kılavuzu (Eylül 2017), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/tools/SET-ITv8Help.pdf>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [33] Kooperatif ve Akıllı Ulaştırma İçin Referans Mimari Yazılım Araçları, Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/html/resources/tools.html>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [34] Bakım ve Filo Yönetim Sistemleri için Yol Hava Durumu Bilgisi için Veri Akış Diyagramı.
- [35] Stephen Ezell, "Explaining International IT Application Leadership: Intelligent Transportation Systems", The Information Technology & Innovation Foundation, Ocak 2010.
- [36] Singapur Kara Ulaşım Eylem Planı, Ekim 2006.
- [37] Şehir İklimi Liderlik Ödülü, 2013, Erişim Adresi:
<https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2014/infrastructure-cities/2014-06->

CCLA/singapore-climate-close-up.pdf

Son Erişim Tarihi: 3 Ekim 2017.

- [38] Singapur Kara Ulaşım Eylem Planı, 2013.
- [39] Japonya AUS Elkitabı 2007-2008, Japonya Otoyol Endüstrisi Geliştirme Organizasyonu. ("ITS Handbook Japan 2007-2008, Japan Highway Industry Development Organization) .
- [40] Jeffrey Kim, Strategies for developing an intelligent transportation systems industrial base in South Korea, S.M. Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division, Technology and Policy Program 2003, Thesis Dissertation.
- [41] Japonya'nın Avrupa ve ABD ile Teknoloji İşbirliği (History of Japan's Technology Cooperation with Europe and the United States), Erişim Adresi:
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/topindex/TrilateralITScooperation.pdf>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [42] Asya-Pasifik Bölgesinde Sürdürülebilir Ulaşım İçin Prensipler (ITS Guideline for Sustainable Transport in the Asia-Pacific Region), Asya-Pasifik AUS, 13 Ekim 2013.
- [43] International Intelligent Transportation System Research Activity Overview, Temmuz 2015.
- [44] Japonya AUS Standartlaşma Çalışmaları (ITS Standardization Activities in Japan), 2016.
- [45] Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Uluslararası Uygulaması (International Deployment of Cooperative Intelligent Transportation Systems), FHWA-JPO-12-081, ABD Ulaştırma Bakanlığı, Ekim 2012.
- [46] ABD-Japonya Değerlendirme Araçları ve Yöntemleri (USA-Japan Evaluation Tools and Methods), Erişim Adresi:
https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/JPO_FS3_US-JapanEvaluation_v12.pdf.
- [47] Keung-whan Young, "Overcoming Barriers to ITS Deployment in Korea", ITS World Congress, 18 Kasım 2008.
- [48] Sunghan Lim and Seongki Ryu, "Current status and plan of ITS in Korea," 2012 8th International Conference on Computing and Networking Technology (INC, ICCIS and ICMIC), Gyeongju, 2012, pp. 143-146.
- [49] 2013 Modularization of Korea's Development Experience: Establishment of Intelligent Transport Systems (ITS), MOLIT, 2014.
- [50] G.Kore AUS Mimarisi ve Servisleri, Erişim Adresi:
https://intl.its.go.kr/en/02_04
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [51] AUS Stratejik Direktifler: Avustralya ve Yeni Zelanda AUS Aktivitelerinin Yol Haritası (ITS Strategic Directions: A roadmap of ITS activities in Australia and New Zealand) (2015), AP-

C95-15, Austroads Ltd. Erişim Adresi:

<https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-C95-15>

Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017, 11 Kasım 2015.

- [52] Yol Ulaşım Yönetimi Çerçevesi ve Prensipleri (Road Transport Management Framework and Principles), AP-R552-17, Austroads Ltd. ISBN 978-1-925671-12-4, Eylül 2017.
- [53] Kooperatif Akıllı Ulaşım Sistemleri Standartlarının Değerlendirilmesi (Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS) Standards Assessment), AP-R474-15, Austroads Ltd. ISBN 978-1-925294-00-2, Ocak 2015.
- [54] Asya ve Pasifik'de Sürdürülebilir Gelişim İçin Akıllı Ulaşım Sistemleri (Intelligent Transportation Systems for Sustainable Development in Asia and the Pacific), Birleşmiş Millerler ESCAP, 26 Kasım 2015.
- [55] Uyumlaştırma Görev Grupları (Harmonization Task Groups), Erişim Adresi: <http://htg7.org/html/about/about.html>.
- [56] Teknik Standartlar İçin Uyumlaştırılmış Referans Mimari (Harmonized Architecture Reference for Technical Standards - HARTS), Erişim Adresi: <http://htg7.org/html/methodology/analysis.html>, Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [57] HARTS Mimarisi (HARTS Architecture), Erişim Adresi: <http://htg7.org/html/methodology/architecture.html> Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [58] Trafikte Kuyruk Uyarısı/Bilgilendirme (Örnek Durum) Diyagramı, Erişim Adresi: <http://htg7.org/html/servicepackages/sp52.html> Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [59] Taslak Ulusal Akıllı Ulaşım Mimarisi, Kara Yolları Genel Müdürlüğü, 2017.
- [60] Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Mimarisi Web Sitesi, Erişim Adresi: www.ausmimari.org Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [61] Avrupa Birliği K-AUS Yapılanması, Erişim Adresi: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/c-its_en.
- [62] Avrupa Birliği K-Yollar Platformu (C-Roads Platform), Erişim Adresi: <https://www.c-roads.eu/platform.html>.
- [63] K-AUS Platformu Faz 2 Final Raporu (C-ITS Platform Final Report Phase II), Eylül 2017.
- [64] ETSI TR 102 638 V1.1.1 (2009-06), Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Definitions, 2009.

- [65] AB K-AUS Koridor Projesi (C-ITS Corridor), Erişim adresi:
<http://c-its-korridor.de/>.
- [66] AB C-Roads Projesi ve Platformu (C-Roads Platform), Erişim adresi:
<https://www.c-roads.eu/platform.html>.
- [67] Avrupa K-AUS Stratejisi (A European strategy on Cooperative Intelligent Transport Systems, a milestone towards cooperative, connected and automated mobility), Avrupa Komisyonu, 30 Kasım 2016.
- [68] Avrupa İçin Uyumlaştırılmış K-AUS Spesifikasyonları (Harmonised C-ITS Specifications for Europe), Erişim Adresi:
https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads-publishes_C-ITS_interface_specifications.pdf,
14 Eyll 2017.
- [69] "ITS Report UK," [Online]. Available:
[http://www.seeits.eu/docs/Related/national_action_plans/ITS_report_UK_annexes%20\(en\).pdf](http://www.seeits.eu/docs/Related/national_action_plans/ITS_report_UK_annexes%20(en).pdf).
- [70] "Intelligent Transport Systems in the UK," [Online]. Available:
https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/road/action_plan/doc/2012-united-kingdom-its-5-year-plan-2012_en.pdf.
- [71] "ITS Action Plan for the Roads in Germany," [Online]. Available:
http://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Documents/LA/its-action-plan-roads.pdf?__blob=publicationFile.
- [72] "Intelligent transport systems in the field of road transport," [Online]. Available:
<http://www.bmvi.de/EN/Topics/Mobility/Road/Intelligent-Transport-Systems/intelligent-transport-systems.html>.
- [73] "German Society for Intelligent Transport Systems - ITS Germany," [Online]. Available:
http://www.its-deutschland.de/media/ITS_Germany_WEB.pdf.
- [74] "Strategy for Automated and Connected Driving," [Online]. Available:
https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/strategy-for-automated-and-connected-driving.pdf?__blob=publicationFile.
- [75] "Intelligent transportation-deployment and development process in Korea," [Online]. Available:
<https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/UT06/UT06074FU1.pdf>.

- [76] "The Experience of Korea ITS," [Online]. Available:
<http://citynet-ap.org/wp-content/uploads/2015/07/Lecture-2The-experience-of-Korea-ITS.pdf>.
- [77] "Automated Driving Development in Korea," [Online]. Available:
http://orfe.princeton.edu/~alaink/SmartDrivingCars/ITFVHA15/ITFVHA15_Korea_AutomatedDrivingDevelopments_Kang.pdf.
- [78] "ITS 2014-2019 Strategic Plan," [Online]. Available:
<https://www.its.dot.gov/strategicplan.pdf>.
- [79] "ITS initiatives in Japan," [Online]. Available:
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/pdf/ITSinitiativesinJapan.pdf>.
- [80] "Intelligent Transportation Systems for Sustainable Development in Asia and the Pacific," [Online].
- [81] "Establishment of Intelligent Transport Systems," [Online]. Available:
http://itsasia-pacific.com/pdf/Establishment_of_ITS_in_Korea_2013.pdf.
- [82] "Intelligent_Transport_Systems," [Online]. Available:
http://www.academia.edu/8002432/ITS_Intelligent_Transport_Systems_Ak%C4%B1l%C4%B1_Ula%C5%9F%C4%B1m_Sistemleri_.
- [83] "AUS 2015 Çalıştay Kitapçığı," [Online]. Available:
http://bandirma.edu.tr/AUS_Calistay_Kitap.pdf.
- [84] Kooperatif ve Akıllı Ulaştırma İçin Referans Mimarisi Çerçevesi (The Architecture Reference for Cooperative & Intelligent Transportation (ARC-IT) Views), Erişim Adresi:
<http://local.iteris.com/arc-it/html/viewpoints/viewpoints.html>
Erişim Tarihi: 22 Eylül 2017.
- [85] Ed Ryen, Overview of the System Engineering Process, North Dakota Department of Transportation, March 2008.
- [86] "ITS KOREA Annual Report 2015," [Online]. Available:
http://itsasia-pacific.com/pdf/ITS_KOREA_ANNUAL_REPORT_2015.pdf.



Hareketliliğin Geleceği

Akıllı Ulaşım Sistemleri



**T.C. ULAŞTIRMA VE
ALTYAPI BAKANLIğI**



Haberleşme Genel Müdürlüğü
Hakkı Turaylıç Caddesi No: 5 Emek
Çankaya / Ankara / Türkiye



www.uab.gov.tr



[/UABakanligi](https://twitter.com/UABakanligi)



[/UABakanligi](https://facebook.com/UABakanligi)



[/uabakanligi](https://instagram.com/uabakanligi)