

Tasarsız Taşıt Ağları İçin Gerçek Zamanlı Uygulama Test Ortamı

Murat DÖRTERLER^{1*}, Ömer Faruk BAY¹,

Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Telsiz teknolojisinin yaygınlaşması ve maliyetlerinin düşmesi sonucu bu alanda elde edilen birikimler farklı alanlara yansıtılmaktadır. Telsiz teknolojisindeki bu gelişmelerin karayolu taşımacılığına yansıtılması ile doğan çalışma alanı, Tasarsız Taşıt Ağları olarak adlandırılmıştır. Bu alana yönelik çalışmaların ekseriyeti benzetim çalışmalarıyla yürütülmektedir. Bu çalışmada tasarsız taşıt ağlarına yönelik gerçek zamanlı uygulamalar için test ortamı geliştirilmiştir. Geliştirilen test ortamının donanımı etkin güvenlik uygulamaları göz önüne alınarak seçilmiştir. Test ortamının yürütülmesi ve donanımın eşgüdüm içerisinde çalışabilmesi için gerekli yazılım geliştirilmiştir. Test ortamı iki adet motorlu taşıta kurularak taşıtlar arasında seyir halinde coğrafi konum ile dinamik verileri iletimi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Taşıtlar Arası İletişim, Tasarsız Taşıt Ağları, Test Ortamı, Gerçek Zamanlı Uygulama

Real Time Test Bed for Vehicular Ad-Hoc Networks

ABSTRACT

As a result of the wireless technology becoming widespread and the decrease in the cost of this technology, experiences which have been gained in this field have been reflected on the different fields. The field which is rising by virtue of the reflection of wireless technology on the overland transportation is called as Vehicular Ad Hoc Networks. Most of the studies on this field are carried by simulation studies. In this study, a test bed is developed for real-time application which is oriented to Vehicular Adhoc Networks. The hardware of the test bed which is developed is chosen by considering active safety applications. The software necessary for carrying out the test bed and enabling the hardware to operate in a coordinated way is developed. The test bed is installed on two vehicles so these vehicles are enabled to send and receive each other's geographical location and dynamic data at navigation.

Key Words : Inter-Vehicle-Communications, Vehicular Ad Hoc Network, Test Bed, Real Time Application

1. GİRİŞ

Dünya genelinde her yıl 1,2 milyondan fazla insan trafik kazalarında hayatını kaybetmekte, 50 milyondan fazlası ise yaralanmakta ya da sakat kalmaktadır. Dünya genelindeki ölüm nedenleri arasında trafik kazaları %2,2'lik oranla 9. sırada yer almaktadır. Bu oranın 2030 yılında %3,6 ya yükseleceği ve 5. sıraya yerleşeceği ön görülmektedir[1]. Karayolu taşımacılığı, başta insan hayatı ve sağlığı olmak üzere, ekonomik, çevre, sosyal boyutlarda pek çok olumsuzluğu beraberinde getirmesine rağmen insanlık için vazgeçilmez bir yere sahiptir. Bu nedenle karayolu taşımacılığının daha güvenli ve daha etkin yapılabilmesi için araştırmalar çok boyutlu yapıya gelmiştir. Son yıllarda bilişim teknolojisiyle birlikte telsiz teknolojisindeki gelişmelerin karayolu taşımacılığında da yansımaları görülmektedir. Daha etkin ve güvenli karayolu taşımacılığını amaçlayan yaklaşımlardan birisi Taşıtlar Arası İletişimdir (TAİ- Inter-Vehicular Communication).

Telsiz teknolojisinin yaygınlaşması ve maliyetlerinin düşmesi sonucu bu alanda elde edilen

birikimler farklı alanlara yansıtılmaktadır. Telsiz teknolojisindeki bu gelişmelerin TAİ alanına yansıtılması ile doğan çalışma alanı, Tasarsız Taşıt Ağları(TTA, Vehicular Ad hoc Networks -VANETs) olarak adlandırılmıştır. Günümüz itibarıyla TTA henüz insanlığın kullanımına sunulmamakla birlikte akademik ve endüstriyel alanda Ar-Ge ve standardizasyon çalışmaları etkin olarak devam etmektedir.

Ülkemizin bu yönde daha fazla Ar-Ge çalışmasına ve tecrübeye ihtiyacı vardır. TTA'nın sağlayacağı faydalar göze alındığında bu teknolojiye yönelik akademik ve ticari araştırma ve geliştirme çalışmalarının artış gösterecektir. Bu çalışmaların etkinliği ve başarımının ölçülmesi içinse gerçek ortamlarda, gerçek zamanlı olarak sınanması gerekmektedir. Ancak günümüzde dünya çapında yapılan akademik çalışmaların çoğu benzetim araçlarıyla sınanmaktadır. Yapılan çalışmalar ya da tasarlanan ürünler gerçek dünya şartlarında sınanamamaktadır ya da sınanamamaktadır.

Bu çalışma kapsamında TTA çalışmalarında kullanılmak üzere bir test ortamı geliştirilmiştir. Bu alanda yapılacak akademik çalışmalara bilgi, birikim ve tecrübe açısından faydalı olacağı gibi TTA üzerine yapılacak akademik çalışmalar içinde gerekli donanım altyapısının hazır olması sağlanacaktır.

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

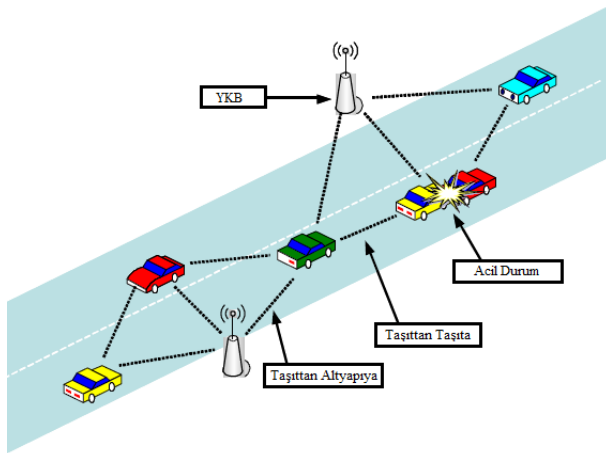
e-posta: omerbay@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2013.16.2, 83-90

Bu çalışmanın ikinci bölümünde TTA ve yapılan çalışmalar aktarılmıştır. Üçüncü bölümde test ortamının geliştirilme safhaları ve saha uygulamalarından anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise sonuçlar paylaşılmıştır.

2. TASARSIZ TAŞIT AĞLARI

Başta trafik kazaları olmak üzere karayolu taşımacılığında karşılaşılan olumsuzlukların iyileştirilmesi için çok yönlü çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmını da teknolojinin sağladığı imkânların yol güvenliğine yansıtılması oluşturmaktadır. Yol güvenliği üzerine yapılan bu çalışmalar etkin güvenlik sistemleri ve edilgen güvenlik sistemleri olmak üzere iki başlık altında toplanmaktadır. Edilgen sistemler kaza anında insanların yaralanmamasını amaçlarken, etkin sistemler kazaya meydan vermemeyi amaçlamaktadır[2].



Şekil 1. Bir TTA Örneği [3]

Etkin güvenlik sistemleri de kendi içerisinde bağımsız ve işbirlikçi etkin güvenlik sistemleri olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Bağımsız Etkin Güvenlik Sistemleri (BEGS), algılayıcılar vasıtasıyla aracın çevresinden veriler toplamakta ve çözümlemektedir. BEGS elde ettiği verilerden tehlike olasılığı belirlendiğinde, tehlikeyi bertaraf edici eylemleri devreye sokmaktadır. İşbirlikçi Etkin Güvenlik Sistemleri (İEGS) ise araçlar arasında veri alışverişini ön plana çıkarmıştır. İEGS, BEGS gibi algılayıcılar vasıtasıyla veri toplarken diğer taraftan çevredeki araçlarla veri alışverişi yapmaktadır. İEGS, bir yandan tehlikeleri bertaraf ederken diğer yandan da daha etkin bir taşıt trafiğinin vuku bulmasını amaçlamaktadır[4].

Taşıtlar Arası İletişim (TAİ), Zeki Taşımacılık Sisteminin (Intelligent Transportation System – ITS) alt araştırma alanlarından biridir. TAİ kavramı ve araştırmaları 1980'li yıllarda başlamıştır[5]. Ancak bu alanda ki Ar-Ge çalışmaları son bir kaç yıl içerisinde katlanarak artmıştır. Son yıllardaki bu hızlı artışın sebepleri şu şekilde sıralanmaktadır.

- IEEE 802.11 teknolojisinin yaygınlaşması ve maliyetlerin düşmesi,

- Araç üretiminde güvenlik, rahatlık ve çevre kaygılarının ön plana çıkması,
- Ulusal ve bölgesel hükümetlerin TAİ için frekans tahsis etmeleri,
- Hücresel ağlar kullanılarak kaliteli ses ve veri iletiminde elde edilen tecrübenin artmasıdır.

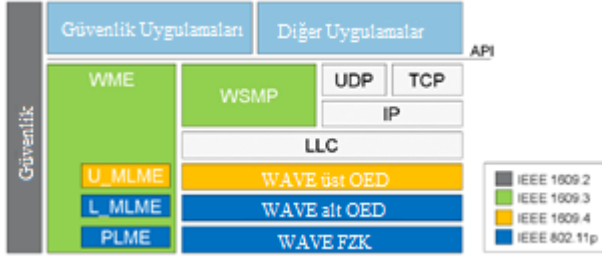
Telsiz teknolojisindeki bu gelişmelerin TAİ alanına yansıtılması ile doğan çalışma alanı, Tasarsız Taşıtlar Ağı (TTA, Vehicular Ad hoc Networks - VANETs) olarak adlandırılmıştır. TTA, Taşıtlar Üstü Birim (TÜB - Onboard Units, OBUs) ve Yol Kenarı Birimi (YKB-Roadside Units RSUs) olmak üzere iki yaklaşım ayrı ayrı ya da birlikte kullanılmaktadır. TÜB ile araçlar birbirleri ile doğrudan iletişime geçmektedir. Bu iletişim türüne Taşıttan Taşıta[6] (Vehicle-to-Vehicle - V2V) denilmektedir. YKB ile de araçlar yol kenarlarına kurulan istasyonla iletişime geçmektedir. Bu iletişim türüne ise Taşıttan Altyapıya[7] (Vehicle to Infrastructure- V2I) ya da Taşıttan Yol Kenarına[6] (Vehicle to Roadside Communication - V2R) olarak adlandırılmaktadır. Her iki yaklaşımda da temel amaç bilgi ve tehlike bildirimleri ile trafik bilgisinin asgari süre içerisinde alınıp verilmesini amaçlamaktadır.

1990'ların sonlarına doğru Küresel Uydular Seyrüsefer Sistemi (KUUS, Global Navigation Satellite Systems - GNSS) alıcılarının ve Telsiz Yerel Alan Ağlarının (WLAN) maliyetlerinin düşmesi TAİ alanında araştırmalara ivme kazandırdı. Bu araştırmaların temel hedefleri şunlardır.

- Yol güvenliği artırmak
- Etkin Taşımacılık
- Çevreye olumsuz etkileri asgariye indirmektir.

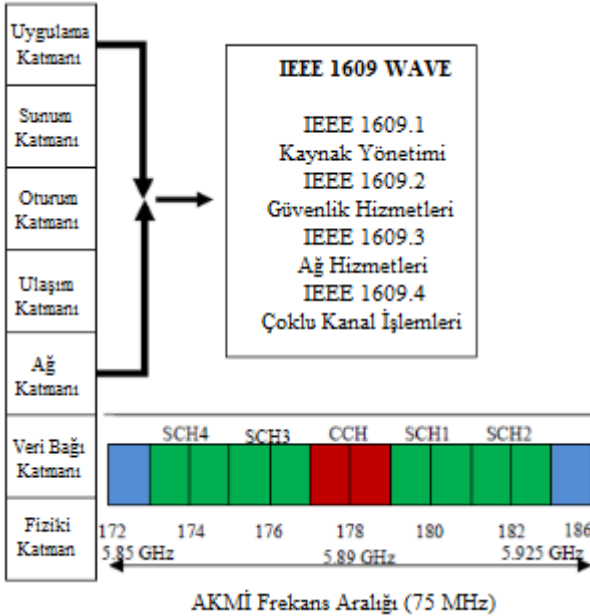
TTA üzerine yapılan çalışmaların yaygınlaşması üzerine standartlaşma ve frekans tahsisi girişimleri de hız kazanmıştır. TTA'ya yönelik geliştirilen iki standart mevcuttur. Bunlardan ilki IEEE tarafından geliştirilen 802.11p standardıdır. 802.11p TTA için Ortam Erişim Denetimi (OED, Media Access Control MAC) ve fiziki katmanlarına yönelik 802.11'e yapılan eklentileri kapsamaktadır[8]. Bu konudaki diğer bir standart ise yine taslak halinde olan Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) IEEE 1609 standart ailesidir. Bu standart ise ağın güvenliğinde ve yönetiminde karşılaşılan sorunlara standart getirmeyi amaçlamaktadır. 1609 standardı şu alt gruplardan oluşmaktadır.[9]

- 1609.1 Kaynak Yönetimi
- 1609.2 Uygulamalar ve Taşıtlar için Güvenlik Hizmetleri
- 1609.3 Ağ Hizmetleri
- 1609.4 Çoklu Kanal İşlemleri



Şekil 2 AKMİ Standartları ve İletişim Yapısı

802.11p standardı, TAİ alt yapısını çok kanallı bir ortam üzerine inşa etmiştir. ABD'de Birleşik Devletler İletişim Kurumu 5.850-5.925 GHz de 75 MHz'lik bir bant genişliğini araçtan araca ve araçtan altyapıya iletişim için kullanıma açmıştır. Bu frekans aralığı Adanmış Kısa Mesafe İletişim (AKMİ, Dedicated Short Range Communication DSRC) olarak adlandırılmaktadır[16]. Bu aralık 10 MHz genişliğinde 7 kanala ayrılarak kullanılmaktadır. Ancak bu frekans aralığı Avrupa'da ve Türkiye'de askeri radarlar ve sabit uydular için tahsis edilmiş durumdadır[10].



Şekil 3 IEEE 802.11p ve IEEE 1609 standartlarının OSI katmanlarında temsili

Şekilde görüldüğü üzere 802.11p ve AKMİ tabanlı işlemleri tanımlayan protokollerin bütün katmanlarını kapsayan standartların bir parçasıdır. IEEE 802.11p, IEEE 802.11 standardının kapsamıyla sınırlıdır. IEEE 802.11 ilgi alanı OED ve fiziki katman seviyesiyle sınırlıdır ve bu seviyede iletişim tek bir mantıksal kanalla gerçekleştirilmektedir. AKMİ kanallarının planlanması ve işlemleriyle alakalı bütün bilgi ve karmaşıklık üst katmanları kapsayan IEEE 1609 standartlarında tanımlanmıştır. IEEE 1609.3 WAVE bağlantısının kuruluşunu ve yönetimini sağlamaktadır. IEEE 1609.4 ise IEEE 802.11p'nin hemen üst katmanındadır ve üst katmanların fiziki katman parametrelerine ihtiyaç duymadan çoklu kanallar üzerinden iletişim kurmasını sağlamaktadır [11].

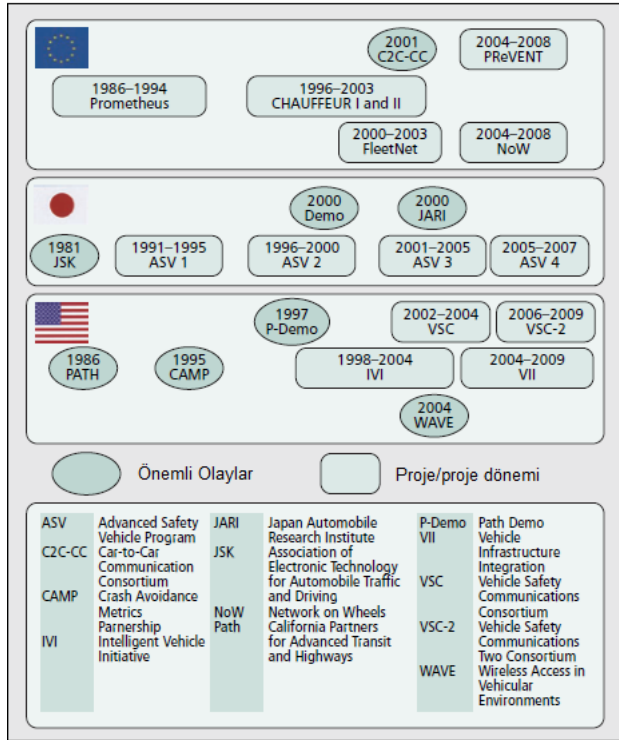
TTA için araştırma alanlarını şu başlıklar altında toplayabiliriz.

- Yol kenarı-taşıt ve taşıttan taşıta iletişim.
- İletişim protokolleri
- Kanal modelleme
- Modülasyon ve kodlama
- Güç denetimi ve ölçeklenebilirlik
- Çoklu kanal organizasyonu ve işletimi
- Güvenlik
- OED protokolü
- Yönlendirme protokolü
- Hareketlilik yönetimi
- Ağ yönetimi
- Güvenlikli ve güveniksiz uygulamalar
- Benzetim yazılımları ve gerçek dünya çalışmaları

OED, TAİ'deki kilit sorunlardan birisidir. Her ne kadar önceleri TDMA ve SDMA temelli yaklaşımlar önerilmekteyse de, bu gün için ana eğilim IEEE 802.11 CSMA'e kaymaktadır. Kanalların frekans bant genişliğinin, 10 MHz ile 20 MHz aralığında olması öngörülmektedir. Yüksek trafik yoğunluğu, bu kanalların tıkanmasına ve kanalların kolayca işlevsiz kalmasına neden olabilmektedir. Birden fazla kanal kullanımı ise çoklu kanal senkronizasyonunu sorununu beraberinde getirmektedir[12].

TTA için OED çalışmaları, genellikle Tasarsız Gezici Ağlar (TGA, Mobile Ad Hoc Networks - MANET) için geliştirilen OED protokolleri üzerine temellendirilmektedir. Bunun sebebi TTA'nın esasında TGA yapısına benzemesinden kaynaklanmaktadır. Ancak aşağıdaki sıralanan sebeplerden dolayı TGA yapısı doğrudan TTA'ya uygulanamamaktadır[13].

- Düğünlerin çok hızlı hareket etmesi nedeniyle topoloji ve yolda hızlı değişiklikler.
- Açık bir ağ olması nedeniyle ölçeklenememesi,
- Radyo alımları binalar ve radyo gürültüleri nedeniyle fazla,
- Kaynak kısıtı yok.



Şekil 4 TTA'ya yönelik yapılan belli başlı projeler [17]

TAİ alanında ilk çalışma 1980'lerin başında Japonya'da yapılan JSK'dır (Otomobil Trafik ve Sürüşü için Elektronik Teknolojisi Birliği) [14]. Bu çalışmada TAİ'de trafik ve sürücü bilgi sistemlerinin geliştirilmesine ağırlık verilmiştir. 1990'larda ve 2000lerde Amerika'da PATH [15] ve Avrupa'da Chaffeur [16] projeleri ile taşıtlar üzerinden veri aktarımını sağlayan sistemleri araştırmak ve uygulamak için çalışmışlardır.

Yakın zamanda telsiz iletişimindeki umut verici gelişmeler taşıt güvenliğine yönelik ulusal ve uluslararası pek çok projeye ışık tutmuştur. 2000 yılından bu yana pek çok Avrupa projesi otomobil üreticileri, özel şirketler ve araştırma enstitüleri tarafından desteklenmiştir. Bu projelerin ortak hedefi taşıtlar arası ortak bir iletişim platformu kurmaktır.

Avrupa 5. Çerçeve Programı projesi olan CarTalk2000[18] TAİ'de sürücü yardımcısı sistemi ve kendi kendine örgütlenen tasarsız telsiz ağı iletişimi üzerine odaklanmıştır. Almanya projesi olan FeetNet [19], altı otomobil üreticisi ve üç üniversite tarafından desteklenmiştir. TTA üzerine deneysel sonuçlar elde edilen projede yeni protokoller ve farklı telsiz teknolojileri keşfedilmiştir.

FleetNet'in halefi olan NoW (Network on Wheels) telsiz ağları kullanarak taşıttan taşıta ve taşıttan altyapıya iletişim amaçlı çalışmalar yapmaktadır. NoW'un yaptığı çalışmalar güvenli uygulamalar ve güvenli uygulamalar olmak üzere iki kısımda yürütülmektedir.

Benzer çalışmalar dünyanın çeşitli yerlerinde yürütülmektedir. Kuzey Amerika'da Vehicle-Infrastructure Initiative (VII) [20], Japonya'da Vehicle

Information and Communication System (VICS) [21] ve Hindistan'da ITSIndia [22] (Intelligent Transport System India) belli başlı projelerdendir.

VII Otomotiv üreticileri ile ABD Federal ve Eyalet Ulaşım Birimleri (Federal and State departments of transportation - DOT's) ortak girişimidir. Bu proje ile ulaşım sisteminin daha güvenli ve etkin bir iletişim sisteminin teknik, ekonomik, sosyal ve politik açıdan yapılabilirliğini gerçekleştirme yolunda çalışmalar yapılmaktadır.

Bu alandaki önemli faaliyetlerden birisi de Car-to-Car Communication Consortium (C2C-CC) [23]. Bu birliktelik Avrupalı taşıt üreticileri tarafından başlatılmıştır. Bu birliktelik yerel alan ağı bileşenlerini kullanarak taşıttan taşıta ve taşıttan altyapıya iletişim için bir Avrupa standardı oluşturmayı ve Avrupa çapında işletilebilmeyi garantilemeyi amaçlamaktadır.

3. GELİŞTİRİLEN GERÇEK-ZAMANLI TTA TEST DÜZENİ VE UYGULAMASI

TAİ kapsamında pek çok araştırma konusu mevcuttur. Geliştirilen test ortamı ile TAİ'nin hem telsiz ağı yeterliliklerini hem de ileride geliştirilecek gerçek zamanlı uygulamaların sınanması amaçlanmıştır. Bu amacın güdümünde test ortamının geliştirme süreci üç ana safhaya ayrılmıştır. Bunlar test ortamında kullanılacak araç-gerecin tespiti ve temini, gerekli yazılımların geliştirilmesi ve eşgüdümü, test ortamının kurulumu ve sınanmasıdır.

3.1. Araç Gereç Tespiti ve Temini

Proje kapsamında ihtiyaç duyulan araç gereçler test ortamının kullanım alanı göz önüne alarak belirlenmiştir. Geliştirilen test ortamı, bir yandan TAİ'ye yönelik telsiz ağı çalışmalarına hitap ederken diğer yandan TAİ'ye yönelik geliştirilmesi öngörülen gerçek zamanlı uygulamaların sınanmasına imkân vermektedir.

Çalışma kapsamında TAİ için geliştirilen IEEE 802.11p standardını destekleyen donanımın kullanılması en iyi çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak IEEE 802.11p standardının henüz taslak seviyesinde olması nedeniyle bu standardı destekleyen donanımların Ar-Ge çalışmaları için özel olarak sınırlı sayıda üretilmektedir. Bu nedenlerden dolayı test ortamında IEEE 802.11p destekli donanım yerine, olan IEEE 802.11a destekli donanım kullanılmasına karar verilmiştir. Bu kararda IEEE 802.11a'nın IEEE 802.11p ye en yakın standart olması ve ülkemizde bu standardı destekleyen ürünlerin kolayca temini etkili olmuştur.

Çizelge 1 IEEE 802.11a ve IEEE 802.11p'nin karşılaştırması[24]

Parametreler	IEEE 802.11a	IEEE 802.11p	Farklılıklar
Veri hızı (Mbit/s)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27	Yarısı
Modülasyon türü	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	Fark yok
Kod oranı	1/2, 2/3, 3/4	1/2, 2/3, 3/4	Fark yok
Alt taşıyıcı sayısı	52	52	Fark yok
Sembol süresi	4 µs	8 µs	İki katı
Koruma zamanı	0.8 µs	1.6 µs	İki katı
FFT aralığı	3.2 µs	32 µs	İki katı
Başlangıç süresi	16 µs	32 µs	İki katı
Alt taşıyıcı boşluğu	0.3125 MHz	0.15625 MHz	Yarısı

IEEE 802.11a, IEEE 802.11p gibi OFDM kullanmaktadır. 802.11p'de fiziki katman için 20 MHz, 10 MHz ve 5 MHz olmak üzere üç ayrı mod tanımlanmıştır. Saat frekansı değiştirilerek bu modlar arasında geçiş yapılabilmektedir. 802.11a genellikle tam saat hızı olan 20 MHz'de çalışmaktadır. 802.11p ise yarım saat hızı olan 10 MHz de çalışmaktadır. Bu bağlamda fiziki katmanda 802.11a'nın saat hızı düşürülerek 802.11p sinyali elde edilebilmesi mümkündür[24].

TAİ çalışmalarının öncelikli çalışma alanı İEGS'dir. İEGS çalışmalarında genellikle taşıtın coğrafi konum, hız, yön, ivme ve yönelim verilerinden faydalanılmaktadır. Bu nedenle test ortamında coğrafi konum, hız ve yön verilerinin temini için KUSS alıcılarının bulunmasına karar verilmiştir. Taşıtın ivme ve yönelim verilerinin temini için Atalet Ölçüm Biriminin (AÖB) kullanılmıştır.

İEGS'nin uygulama alanlarını seyir halindeki taşıtlardır. Yüksek hızlarda seyreden taşıtların coğrafi konumları ve dinamik durumları anlık olarak değişmektedir. Bu sebeple test ortamında kullanılan ölçüm cihazlarının yüksek yineleme hızına ve yüksek doğruluk değerlerine sahip olması gerekmektedir. Bu iki kıstası sağlama derecesine göre söz konusu cihazların maliyetleri de artmaktadır. Bu sebeple kullanılan ölçüm cihazları yüksek maliyetli ve düşük maliyetli olarak sınıflandırılmaktadır.

Test ortamı biri yedek olmak üzere üç taşıt donanımını içerecek üç ayrı takım halinde geliştirilmiştir. İki takımında 0,40 metre doğrulukta, 20 Hz hızında ölçüm yapabilen FLEXG2-V2-L1 KUSS alıcısı kullanılmıştır. Üçüncü takımında ise KUSS cihazı

olarak düşük maliyetli MediaTek MT3329 GPS cihazı temin edilmiştir. 10Hz yineleme hızına sahip olan bu KUSS alıcısı 3 metrenin altında doğruluğa sahiptir.

İki farklı KUSS alıcının uygulamada kullanımıyla yüksek ve düşük maliyetli cihazlar arasında karşılaştırma imkânı sağlanmıştır. Özellikle AÖB ile yapılacak veri birleştirmelerinin ile düşük maliyetli cihazların başarımında artışlar sağlanabileceği öngörülmektedir.

İvme ve yönelim ölçümleri için ise Sparkfun firmasının ürettiği Atomic IMU 6 Degrees of Freedom IMU kullanımına karar verilmiştir. Bu cihaz üç eksen, 1.5g, 2g, 4g ya da 6g hassasiyette ayarlanabilen ivme ölçülebilmektedir. Ayrıca üzerinde 300°/s hassasiyetinde üç adet jiroskop ile üç eksen, yönelim ölçümleri yapılabilmektedir.

3.2. Gerekli Yazılımların Geliştirilmesi Ve Eşgüdümü

Geliştirilen test ortamının yürütülebilmesi için paralel süreçleri olan yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım ile aynı zamanda test ortamının başarımının da ölçülmesi amaçlanmıştır. İhtiyaç duyulan yazılım taşıta yerleştirilen mikroişlemcili sistem üzerinde yürütülmektedir.

Tasarlanan sistem eş zamanlı olarak değişik TAİ süreçlerini yürütebilecek şekilde geliştirilmiş bulunmaktadır:

- Sistem bileşenlerinin eşgüdümünün sağlanması,
- Algılayıcılardan gelen verilerin alınarak işlenmesi.
 - Coğrafi konum okuma
 - Taşıt dinamiği okuma
- Verilerin ağdan yayınlanması,
 - Multicast yayın
- Komşu düğümden gelen verilerin ağdan alınması.
 - Multicast alma
- Olay kayıtlarının tutulması
 - Dosyaya kayıt
- Sürücüyü komşu düğümler hakkında bilgilendirme
 - E-Haritaya yansıtma

Bu süreçler ve bu süreçlere dâhil olacak taşıt ve veri paketlerinin modellemesi yapılmıştır. Modellemesi yapılan sistemin yazılım kısmında süreçler çoklu iş parçacıkları halinde tanımlanmıştır. Yazılımda süreçler birbirinden bağımsız paralel olarak çalışmakta ve süreçlerin ürettiği veriler eş zamansız olarak süreçler arasında paylaşılmaktadır. Yazılım nesne Yönelimli Programlama (NYP) yöntemleriyle Java dili ile kodlanmıştır.

Geliştirilen test ortamında seyir halindeki taşıttan coğrafi konum (enlem, boylam, yükseklik), üç boyutlu ivme (ivme X, ivme Y, ivme Z), üç eksenli yönelim (yatış, yunuslama, sapma), hız (yatay hız, dikey hız) ve yön (manyetik kuzey açısı) bilgileri toplanmıştır.

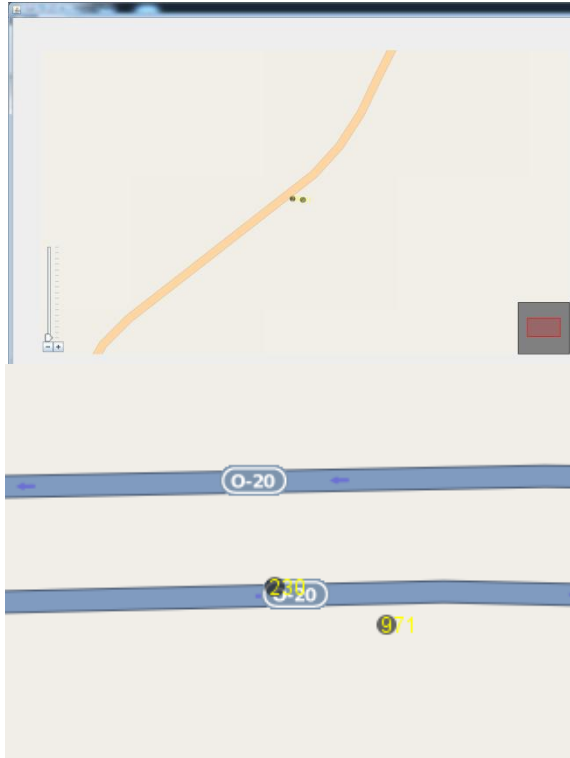
Seyir halindeki taşıttan kendisine ait konum ve dinamik verileri telsiz ağ üzerinden diğer taşıtlara paylaşımı için multicast yayın benimsenmiştir. Bu sebeple test

ortamında verileri yayınlamak için multicast yayın süreci ve multicast alma süreçleri geliştirilmiştir.



Şekil 5 İki Düğüm Arasında Yazılım Vasıtasıyla Veri Aktarımı.

Taşıt sürücünün, ağa dâhil komşu taşıtların konum ve hareketlerini gerçek zamanlı takibi için çevrim dışı e-harita geliştirilmiştir. Ağdan toplanan veriler kullanılarak taşıtların konum, hız, yön değerleri gerçek zamanlı olarak sürücüye harita üzerinde görüntülenmiştir.

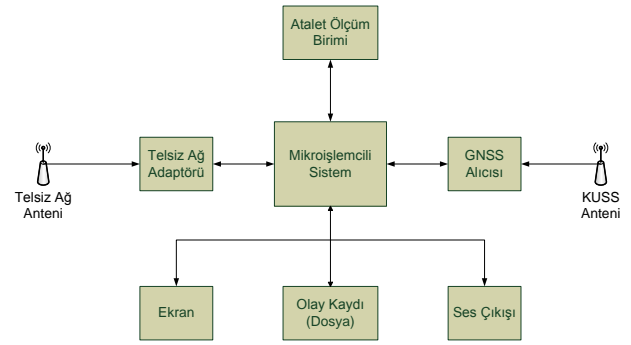


Şekil 6 Seyir halindeki iki taşıtın harita üzerinde temsili

3.3. Kurulum ve Uygulama

Test ortamının çekirdeğinde taşıt üzerine yerleştirilmiş mikro işlemcili sistem bulunmaktadır. Mikro işlemcili sisteme bağlı telsiz ağ ara yüzü, KUSS alıcısı, AÖB ile olay kayıtlarını tutmak ve kullanıcıyı uyararak için çıkış birimleri donanımın diğer öğeleridir. Mikro işlemcili sistem üzerinde çalışan yazılım ile bu

donanım eş güdüm içerisinde çalıştırılmakta ve ihtiyaç duyulan veriler işlenmekte ve iletilmektedir.



Şekil 7 Test ortamının blok diyagramı



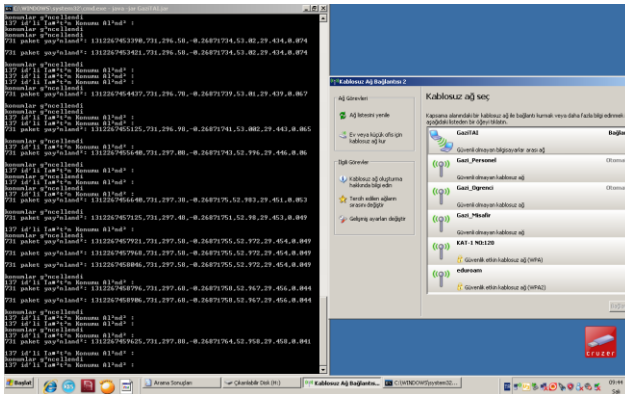
Şekil 8 Saha Çalışmalarında Kullanılan Güzergâh

Test ortamı için geliştirilen sistem motorlu taşıtlar üzerine kurularak seyir halinde sınanmıştır. Test ortamının başarısını ölçmek için örnek bir gerçek zamanlı uygulama senaryosu hazırlanmıştır. Bu senaryoya göre KUSS alıcılarından ve AÖB'den 20 Hz frekansta gelen verilerin toplanarak işlenmesi, işlenen verilerin komşu taşıta yine 20 Hz frekansta yayılması, komşu taşıttan yayınlanan verilerin toplanması ve tüm değerlerin dosyaya kaydedilip genel durumun haritadan takibi planlanmıştır.



Şekil 9 Test Ortamının Taşıta kurulumu

İki adet taşıt test ortamı ile donatıldıktan sonra Ankara Çevre Yolunda saha uygulamaları yapılmıştır. Çeşitli hız seviyelerinde seyreden taşıtlarla planlanan senaryo icra edilmiştir. KUSS ve AÖB'den alınan çeşitli veriler MultiCast yöntem ile komşu taşıta iletilmiş ve komşu taşıtın yayınladığı veriler de başarıyla alınmıştır. Elde edilen veriler dosya sistemine kaydedilmiştir. Seyir halindeki taşıtların durumları anlık olarak e-haritaya yansıtılmıştır.



Şekil 10 GaziTAI tasarsız ağı üzerinde 731 nolu düğümün konumunu yayınlaması ve 137 nolu düğümden konum bilgilerinin alması.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karayolları taşımacılığı, Türkiye'de taşımacılık alanında en büyük paya sahiptir. TAİ'nin yaygınlaşması ile birlikte karayolları altyapısına yönelik önemli yatırımların yapılması gerekecektir. İhtiyaç duyulacak

bu altyapıların kendi öz kaynaklarımızla yapılması en faydalı yoldur.

TAİ'nin gelişmesi, daha etkin ve daha güvenli taşıt trafiğine imkân sağlayacaktır. Bu sayede başta insan hayatı ve sağlığı olmak üzere, ekonomik, sosyal, çevresel boyutlarda olumlu etkiler doğuracağı ön görülmektedir. Bu olumlu etkiler göze alındığında bu yeni teknolojinin benimsenmesi ve bu teknolojiye geçiş kaçınılmaz olacaktır. Bugün karayolu taşımacılığında OGS, KUSS, seyrüsefer (navigasyon) sistemleri gibi bu teknolojinin öncü temsilcileriyle karşılaşmaktayız.

Türkiye'de bu yönde daha fazla Ar-Ge çalışmasına ve tecrübeye ihtiyacı vardır. TAİ'nin sağlayacağı faydalar göze alındığında bu teknolojiye yönelik akademik ve ticari araştırma ve geliştirme çalışmaları artış gösterecektir. Bu çalışmaların etkinliği ve başarımının ölçülmesi içinse gerçek ortamlarda, gerçek zamanlı olarak sınanması gerekmektedir. Ancak günümüzde dünya çapında yapılan akademik çalışmaların çoğu benzetim araçlarıyla sınanmaktadır. Yapılan çalışmalar ya da tasarlanan ürünler gerçek dünya şartlarında sınanmamaktadır ya da sınanmamaktadır.

Geliştirilen test ortamı ile taşıttan taşıta iletişim için gerekli test ortamı geliştirilmiştir. TTA'nın "Taşıttan Altyapıya" kısmının da test ortamına eklenebilmesi için yol kenar birimlerinin teminine ihtiyaç vardır. Gelecek çalışmalarda test ortamı tablet bilgisayarlar ve araç seyrüsefer cihazlarıyla uyumlu hale getirilebilir.

Bu çalışma kapsamında TAİ çalışmalarında kullanılmak üzere test ortamı geliştirilmiştir. Gereksinimleri karşılayacak uygun donanım temin edilmiş, donanımı yürütecek yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen test ortamı kullanılarak seyir halindeki iki taşıt arasında veri alışverişi sağlanmıştır. Test ortamı kullanılarak veri iletiminin güvenliğine ve başarımına yönelik çeşitli çalışmalar yapmak mümkün kılınmıştır.

Tercih edilen donanımın yüksek frekans ve doğruluk değerlerine sahip olması hasebiyle veri iletim çalışmalarına ek olarak, İEGS alanına yönelik saha çalışmalarında da test ortamının kullanımı imkân dâhilindedir.

Geliştirilen yazılımın mimarisi birinden bağımsız ve paralel süreçlerden oluşmaktadır. Bu sayede test ortamının kullanılacağı saha çalışmalarının kapsamına bağlı olarak test ortamına yeni süreçler eklenebileceği gibi mevcut süreçlerde de kolaylıkla değişiklik yapmak mümkün kılınmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Global status report on road safety: time for action, World Health Organization 2009.
2. A Jarasuniene, G Jakubauskas, "Improvement of road safety using passive and active intelligent vehicle safety systems", TRANSPORT, Volume: 22, Issue: 4, pp: 284-289, 2007
3. N. Yi Qian Kejie Lu Moayeri., "A Secure VANET MAC Protocol for DSRC Applications", Proceedings of IEEE Globecom'2008, New Orleans, LA, November 30 – December 4, 2008

4. I. Chisalita, N., Shahmehri, "Vehicular communication - a candidate technology for traffic safety", SMC (4) pp 3903-3908, 2004
5. H. Kawashima, "Japanese Perspective of Driver Information Systems," Transportation, vol. 17, no. 3, , pp. 263-284, Sept.1990
6. S.Yanamandram, "Shahnasser, H. Analysis of DSRC based MAC protocols for VANETs", Ultra Modern Telecommunications & Workshops, 2009. ICUMT '09. International Conference on, p 1-6, St. Petersburg, 12-14 Oct. 2009
7. C.Pinart, P. Sanz, I. Lequerica, D. Garcia, I. Barona, D.S. Aparisi, "DRIVE: a reconfigurable testbed for advanced vehicular services and communications", TridentCom '08: Proceedings of the 4th International Conference on Testbeds and research infrastructures for the development of networks & communities pp. 1-8. (2008)
8. IEEE 802.11p Amendment, "Wireless Access in Vehicular Environments," v. D3.0, 2007
9. IEEE 1609 Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environments; available from IEEE Standards.(2009)
10. J. Jakubiak, Y. Koucheryavy, "State of the Art and Research Challenges for VANETs", Consumer Communications and Networking Conference, 2008. CCNC 2008. 5th IEEE, 912 – 916 10-12 Jan. 2008
11. D. Jiang, L. Delgrossi , "IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments", Vehicular Technology Conference, 2008. VTC Spring 2008. IEEE, 2036-2040 (20 May 2008).
12. Yanamandram S. , Shahnasser H. , "Analysis of DSRC based MAC protocols for VANETs", The International Workshop on Scalable Ad Hoc and Sensor Networks, Saint Petersburg (Russia), October 12-13 2009
13. Yunpeng Zang; Stibor, L.; Walke, B.; Reumerman, H.-J.; Barroso, A, "Towards Broadband Vehicular Ad-Hoc Networks - The Vehicular Mesh Network (VMESH) MAC Protocol", Wireless Communications and Networking Conference, 2007.WCNC 2007. IEEE 417 – 422 11-15 March 2007
14. S. Tsugawa, Issues and recent trends in vehicle safety communication systems. IATSS. Research, Vol.29 No.1 2005
15. J. Hedrick, M. Tomizuka, P. Varaiya, Control issues in automated highway systems, 1994.
16. O. Gehring, H. Fritz, Practical Results of a Longitudinal Control Concept for Truck Platooning with Vehicle to Vehicle Communication", Boston, 1997.
17. H. Hartenstein, K.P. Laberteaux, "A tutorial survey on vehicular ad hoc Networks" Communications Magazine, IEEE Volume 46, Issue 6, 164 – 171, June 2008
18. Reichardt, D., Miglietta, M., Moretti, L., Morsink, P., Schulz, W., "CarTALK 2000: safe and comfortable driving based upon inter-vehicle-communication", IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Versailles, 545-550(2002)
19. Enkelmann, W., "FleetNet - applications for inter-vehicle communication", IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Columbus, 162-167(2003)
20. Vehicle Infrastructure Integration, "VII Architecture and Functional Requirements", ITS Joint Program Office US Department of Transportation, Washington, 1-2 (2005).
21. Tamura, K., Hirayama, M., "Toward realization of VICS - Vehicle Information and Communication System," IEEE Vehicle Navigation and Information Systems Conference, Ottawa, 72-77(1993)
22. İnternet: <http://www.itsindia.org/>
23. CAR 2 CAR Communication Consortium, "Memorandum of Understanding for OEMs within the CAR 2 CAR Communication Consortium on Deployment Strategy for cooperative ITS in Europe", C2C-CC Final Version 4.01.02, Braunschweig, 1-5(2011)
24. Müller M. "WLAN 802.11p Measurements for Vehicle to Vehicle (V2V) DSRC 1 Application Note ", Rohde & Schwarz 2009, p 7-8