



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

VANET SİSTEMLERİNDE KULLANILAN İLETİŞİM
PROTOKOLLERİNİN ANALİZİ

Ömür BENEK

DANIŞMAN
Prof. Dr. Aydın AKAN

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

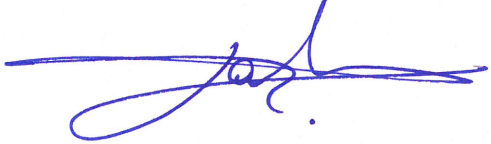
İSTANBUL-2019

Bu alışma 25.06.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ


Prof. Dr. Aydın AKAN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi


Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÖZTÜRK
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi


Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ÇEKİÇ
Bahçeřehir Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans eğitimim sırasında ve sonrasında tez çalışmamı başlayarak bitirmemde bana olan inancı, sabrı ve değerli katkıları için tez danışmanım Prof. Dr. Aydın AKAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tez savunmamdaki yorumları ve değerli katkıları için tez komitesinde yer alan Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÖZTÜRK ile Dr. Öğr. Üyesi Yalçın ÇEKİÇ'e teşekkürlerimi sunarım.

Bunların ötesinde özel teşekkürlerimi de bana olan inançları, destekleri ve cesaretlendirmeleri nedeniyle sevgili eşim Sinem SARI BENEK, canımdan değerli kızlarım Elif Sena ve Hanzade ile ailem ve akrabalarımın tümüne sunuyorum. Tez çalışmamı onlara adıyorum.

Ömür BENEK

Haziran 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 TEZİN HEDEFİ VE KATKILARI	6
2. GENEL KISIMLAR	7
2.1 ARAÇSAL TASARSIZ AĞLAR NEDİR?	7
2.2 VANET AĞ BİLEŞENLERİ	10
2.2.1 Araç Üstü Ünitesi	10
2.2.2 Uygulama Ünitesi	11
2.2.3 Yol Kenarı Ünitesi	12
2.3 VANET KATEGORİLERİ	13
2.3.1 Kablosuz Kafes Ağları	14
2.3.2 Kablosuz Sensör Ağları	14
2.3.3 Mobil Tasarsız Ağlar	14
2.3.4 Araçsal Tasarsız Ağlar	15
2.3.5 Akıllı Araçsal Tasarsız Ağlar	15
2.3.6 İnternet Tabanlı Mobil Tasarsız Ağlar.....	15
2.4 VANET KARAKTERİSTİKLERİ	16
2.4.1 Dinamik Topoloji	16
2.4.2 Genel Olarak Bağlantısız Ağ.....	16
2.4.3 Mobilite Model	17
2.4.4 Yayılma Modeli	17
2.4.5 Güç ve Depolama	17

2.4.6 Araca Monteli Sensörler	17
2.4.7 VANET İhtiyaçları ve Uygulamaları	17
2.4.7.1 Güvenlik Uygulamaları	18
2.4.7.2 Ticari Uygulamalar ve Eğlendirici Bilgilendirmeler	18
2.4.7.3 Elverişlilik Uygulamaları	19
2.5 VANET MİMARİ YAPISI	19
2.6 VANET İLETİŞİM PROTOKOLLERİ	20
2.6.1 Coğrafik Bazlı Yönlendirme Protokolleri	21
2.6.1.1 İşaret / İşaretçi	22
2.6.1.2 Örtüşmeli Non-DTN İşaretçisiz Protokoller	22
2.6.1.2.1 GPCR	22
2.6.1.2.2 CAR	23
2.6.1.2.3 GSR	23
2.6.1.2.4 A-STAR	24
2.6.1.2.5 STBR	24
2.6.1.2.6 GyTAR	25
2.6.1.2.7 LOUVRE	25
2.6.1.3 Örtüşmesiz Non-DTN İşaretçisiz Protokoller	26
2.6.1.3.1 GRANT	26
2.6.1.3.2 PRB-DV	26
2.6.1.3.3 GPSR	27
2.6.1.3.1 Non-DTN Beacon	28
2.6.1.3.2 Non-DTN Hybrid	28
2.6.1.3 DTN	29
2.6.1.4 Hybrid	30
2.6.2 Topoloji Bazlı Yönlendirme	32
2.6.2.1 Proaktif Protokoller	32
2.6.2.2 Reaktif Protokoller	33
2.6.2.3 Hibrid Protokoller	35
2.7 KABLOSUZ ERİŞİM TEKNOLOJİLERİ	37
2.7.1 Kablosuz Erişim Teknolojileri	38
2.7.2 Erişim Teknolojileri Jenerasyonları	38

2.7.3 Wi-Fi	39
2.8 VANET DE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR	41
2.8.1 Teknik Zorluklar	41
2.8.1.1 Ağ Yönetimi	41
2.8.1.2 Yoğunluk ve Çarpışma Kontrolü	41
2.8.1.3 Çevresel Etki	42
2.8.1.4 MAC Tasarımı	42
2.8.1.5 Güvenlik	42
2.8.2 Güvenlik Zorlukları	42
2.8.2.1 Gerçek Zamanlı Kısıtlar	42
2.8.2.2 Veri Tutarlılığı	42
2.8.2.3 Hatalara Karşı Düşük Tolerans	43
2.8.2.4 Anahtar Dağılımı	43
3. MALZEME VE YÖNTEM	44
3.1 VANET UYGULAMASI	44
3.1.1 Sistem Tasarımı	44
3.1.2 Simülasyon İş Akış Diyagramı	46
3.1.3 Simülasyon Tasarımı	46
3.1.4 Araçların Tanımlanması	47
3.1.5 Rotaların Hazırlanması	47
3.1.6 Sinyallerin Oluşturulması	48
3.1.7 Kanal Etkileri	49
3.1.7.1 Beyaz Gauss Gürültüsü	49
3.1.7.2 Alçak Geçiren Filtre (FIR)	50
3.1.8 İşaret Gürültü Oranı (SNR)	50
3.1.9 Bit Hata Oranı (BER)	51
3.1.10 Simülasyon Senaryolarının Çalıştırılması	51
4. BULGULAR	56
4.1 SENARYO ÇIKTILARI VE ANALİZİ	56
4.1.1 Senaryo-1 Çıktıları ve Analizi.....	56
4.1.1.1 Genlik ve Frekans Belirlenerek Yapılan Simülasyon	56

4.1.1.2 AWGN Eklerek Yapılan Simülasyon	57
4.1.1.3 FIR Kanal Eklerek Yapılan Simülasyon	57
4.1.2 Senaryo- 2 Çıktıları ve Analizi	58
4.1.2.1 Senaryo-2 Koordinat Çizimi	59
4.1.2.2 AWGN Eklerek Yapılan Simülasyon	59
4.1.2.3 FIR Kanal Eklerek Yapılan Simülasyon	60
4.1.3 Senaryo-3 Çıktıları ve Analizi.....	61
4.1.3.1 Senaryo-3 Koordinat Çizimi	61
4.1.3.2 AWGN Eklerek Yapılan Simülasyon	62
4.1.3.3 FIR Kanal Eklerek Yapılan Simülasyon	63
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	64
KAYNAKLAR	67
EKLER.....	74
ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

1.1 : 2000 – 2016 yılları arasında 100.000 insan içerisindeki trafik kazalarında ölen kişi sayısı değişimi	2
2.1 : VANET Erişim Yapısı	7
2.2 : VANET Bileşenleri	10
2.3 : VANET Mimarisi	11
2.4 : OBU lara ait verilerin iletimi için alanı genişleten RSU	12
2.5 : OBU lar için internet bağlantısı sağlayan RSU	12
2.6 : OBU ile internet bağlantısı sağlayan RSU	13
2.7 : VANET Kategorileri	14
2.8 : VANET Mimari Çeşitleri	19
2.9 : VANET Yönlendirme Protokolleri	21
2.10 : Kablosuz Erişim Teknolojilerinin Sınıflandırılması	37
2.11 : Kablosuz Erişim Teknolojileri Gelişim/Zaman Eğrisi	41
3.1 : Alıcı - Verici Sistem Tasarımı	44
3.2 : VANET Simülasyon İş Akış Diyagramı	46
3.3 : Senaryo-1 İçin Araç Hareket Rotaları	46
3.4 : Araçların Matlab’de Tanımlanması	47
3.5 : Araç Rotaları Koordinat Değişimlerinin Hesaplanması	48
3.6 : Üretilmiş Örnek Kare Giriş Sinyali	48
3.7 : Simülasyon GUI Gösterimi	53
3.8 : Araç Koordinatlarının Seçimi	53
3.9 : Senaryo-1 İçin Araç-A Koordinat Çizimi	54

3.10 : Araçların Koordinat Çizimleri	54
3.11 : Araç-A ve Araç-B Arasındaki İletişimin Gösterimi	55
4.1 : Senaryo-1 BER-SNR Gösterimi	56
4.2 : AWGN İle BER-SNR Gösterimi	57
4.3 : FIR İle BER-SNR Gösterimi	58
4.4 : Senaryo-2 Koordinat Çizimi	59
4.5 : Senaryo-2 BER-SNR Gösterimi	59
4.6 : AWGN İle BER-SNR Gösterimi	60
4.7 : FIR İle BER-SNR Gösterimi	61
4.8 Senaryo-3 Koordinat Çizimi	61
4.9 Senaryo- BER-SNR Gösterimi	62
4.10 AWGN İle BER-SNR Gösterimi	63
4.11 FIR İle BER-SNR Gösterimi	64

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

2.1: VANET Uygulama Alanları	8
2.2 : VANET İletişim Protokolleri	20
2.3 : VANET Coğrafik Bazlı Yönlendirme Protokolleri Karşılaştırması	31
2.4 : VANET Topoloji Bazlı Yönlendirme Protokolleri Karşılaştırması	37
2.5 : Nesil Bazlı Kablosuz Erişim Teknolojileri ve Özellikleri	39
2.6 : Kablosuz Erişim Protokol Standartları ve Karşılaştırma	40

SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ

Simgeler Açıklama

Byte	: Bayt
MHz	: Megahertz
s	: Saniye
ms	: Milisaniye
m/s	: Metre / Saniye

Kısaltmalar Açıklama

VANET	: Vehicular Ad Hoc Network (Araçsal Tasarsız Ağlar)
QoS	: Quality of Service (Servis Kalitesi)
ECS	: Electronic Communication Services (Elektronik Haberleşme Servisleri)
SRD	: Short Range Devices (Kısa Mesafeli Araçlar)
CR	: Cognitive Radio (Bilişsel Radyo)
SDR	: Software Defined Radio (Yazılım Tanımlı Radyo)
AU	: Application Unit (Uygulama Ünitesi)
RSU	: Road Side Unit (Yol Kenarı Ünitesi)
OBU	: On Board Unit (Araç Üstü Ünite)
IEEE	: The Institute of Electrical and Electronic Engineers (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
RCP	: Resource Command Processor (Kaynak Komut İşlemcisi)
TCP	: Transmission Control Protocol (İletim Kontrol Protokolü)
WAVE	: Wireless Access In Vehicular Environments (Araç Ortamlarına Kablosuz Erişim)
I2V	: Infrastructure to Vehicle Communication (Sistem ve Araç Arasında İletişim)
V2V	: Vehicle to Vehicle Communication (Araçlararası İletişim)
MAC	: Medium Access Control (Orta Erişim Kontrolü)
FIFO	: First In First Out (İlk Giriş İlk Çıkış)
SNR	: Signal Noise Ratio (İşaret Gürültü Oranı)
BER	: Bit Error Rate (Bit Hata Oranı)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VANET SİSTEMLERİNDE KULLANILAN İLETİŞİM PROTOKOLLERİNİN ANALİZİ

Ömür BENEK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Aydın AKAN

Araçlar arası iletişimi konu alan VANET (Vehicular Ad-hoc NETworks: Araçlar Arası Tasarsız Ağlar) sistemleri özellikle son 10 - 15 sene içerisinde yoğun olarak gündeme gelmiş ve yakın zamanda da çeşitli uygulama alanları ile hayatımıza girmiştir.

Bu tez çalışmasında mobil araçlar arasında iletişim amacıyla kullanılan VANET sistemleri ve iletişim protokolleri detaylı olarak incelenerek belirlenen simülasyon üzerinden bilgisayar benzetimleri ile gerçekleştirilerek başarımlar analizleri yapılacaktır. Uygulanan simülasyon kapsamında alıcı ve verici araçlar arasında iletilen sinyalin başarımlar oranları benzetimi yapılmıştır. İletimi yapılan sinyalin kanal ortamının da etkisi ile alıcıya gelmesinde yaşanan çeşitli değişimler matlabde sonuç olarak çıktısı alınmıştır. Ayrıca hareket halindeki araçlar arasında olması sebebiyle ortam değişikliğine bağlı olarak değişimin de izlenebilmesi sağlanmıştır. Böylece karşılaştırmalı olarak bu protokolda iletişim yapılması ile avantaj ve dezavantajları ortaya konarak standart bir sistem önerilmesi hedeflenmiştir.

Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş kısmı olarak genel bilgilendirme ve çeşitli raporlar sunulmuştur. İkinci bölümde ise literatürdeki çalışmalar kapsamında VANET'e ait mimari ve bileşenler, ağ kategorileri, karakteristikler, mimari yapılar ile iletişim protokolleri ile avantaj ve dezavantajları, kablosuz ağlarda erişim ve teknolojiler ve

VANET’de karşılaşılan zorluklar detaylıca irdelenmiştir. Üçüncü bölümde uygulama için kullanılacak sistem benzetim ortamları ile uygulama aşamaları ve simülasyon senaryolarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise hazırlanmış olan senaryolara göre alınan çıktılar analizleri ile yer almaktadır. Son olarak beşinci bölümde ise sonuçlar ve yorumlar sunulmuştur.

Haziran 2019, 73 sayfa.

Anahtar kelimeler: VANET, Araçsal Tasarsız Ağlar, Kablosuz Haberleşme.



SUMMARY

M.Sc. THESIS

ANALYSIS OF COMMUNICATION PROTOCOLS USED IN VANET SYSTEMS

Ömür BENEK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Aydın AKAN

Vehicular Ad-hoc Network systems have been one of the most popular subject in Wireless Communication for 10 to 15 years which also focus on communication between vehicles. In addition, It's applications have affect the daily life positively for improving the quality of life. In this thesis, Specific subjects as communcaition routing protocols of vehicular ad hoc network has been investigated in detail and run simulators to have succesfull outputs with the analysis of belonging to vehicular network. In the scope of the simulation, the changes of signals and packages have been investigated according to Gauss and Channel Distribution during on the route from source vehicle to destination vehicle. And then, velocities of vehicles have been changed in the second simulation.

Values of this thesis are to be demonstrated that succesfull delivery ratios have been changed according the changes in velocities of source and destination vehicles, channel affects etc. Therefore, obtained results show appropriate velocities and channel types will be proposed to have more successful delivery ratios.

This thesis have five different parts. In the first part, General informations and several reports have been presented that are related with wireless communication and accidents on roads. In the second part, the architecture and its components, network categories, communication

routing protocols with advantages and disadvantages, detailed information on wireless communication systems and challenges of Vehicular Ad-hoc Networks. In the third part, simulation scenarios, system simulation environments and application steps have been presented. There are outputs of simulations that are run on Matlab with analyses. At the end there will be conclusion and comments about the simulation and its outputs.

June 2019, 73 pages.

Keywords: VANET, Vehicular Ad-hoc Network, Wireless Communication, Ad-Hoc.



1. GİRİŞ

Kablosuz haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler diğer bir çok teknolojik alanda olduğu üzere hızla gerçekleşmektedir. Avrupa’da yer alan radyo spektrum yönetimi ise karmaşık yapıda bulunmakla beraber uygun olan spektrumun gerekli olan teknoloji ve buna bağlı frekanslar için hazır olması önem arz etmektedir [1]. Avrupa Komisyonu’na göre (European Commission) Avrupa’da 27 den fazla yerel noktadaki regülatif yapılarda radio spektrumlarına koordine olunması gerekmektedir. Avrupa Birliği kanun koyucuları son dönemde özellikle aşağıdaki gündem maddelerine odaklanmaktadır.

Spektrumun Yeniden Tahsis Edilmesi:

Avrupa’da radyo spektrumunun artmasına yönelik talepler ile olabilen en verimli yapıda ve en uygun şekilde maksimum faydayı sağlaması hedeflenmeli. Avrupa televizyon yayıncılığı noktasında önemli bir etki yapacak olan analog yayımdan dijitale yayına doğru geçişte “Dijital Ödeme – Digital Pay” kullanımı sağlanmalıdır [1].

Elektronik Haberleşme Sevisleri (Electronic Communication Services - ECS):

2020 yılında %100 kapsama alanı ile 30 Mbps hızı hedefleyen “Avrupa Dijital Ajandası” kapsamında yüksek hızlı kablosuz internet erişimlerini de kapsayacak şekilde ileri mobil haberleşme ve diğer bilgi ve haberleşme teknolojileri ile tüm ortamlar için kablosuz genişbant haberleşmenin sağlanmasını içermektedir. Sürekli değişken, dinamik ve inovatif olan bu sektörde esnek ve pazara duyarlı bir yaklaşım gerekliliği de bulunmaktadır [1].

Spektrum Kullanımının Paylaşımı:

Bu alan spektrumun lisanslı olmayan kullanımını da kapsamakta olup önemli sayıdaki bağımsız kullanıcıların aynı anda aynı frekansa erişimine izin verir. Kısa mesafeli araçlar (Short Range Devices - SRD) bu konuda tek olmayan güzel bir örnek olarak verilebilir. Artan bir şekilde Bilişsel Radyo (Cognitive Radio – CR) gibi ve/veya Yazılım Tanımlı Radyo (Software

Defined Radio - SDR) gibi yeni nesil radyo erişim teknolojileri verimli spektrum erişim paylaşım fırsatlarını arttırmayı hedeflemektedir [1].

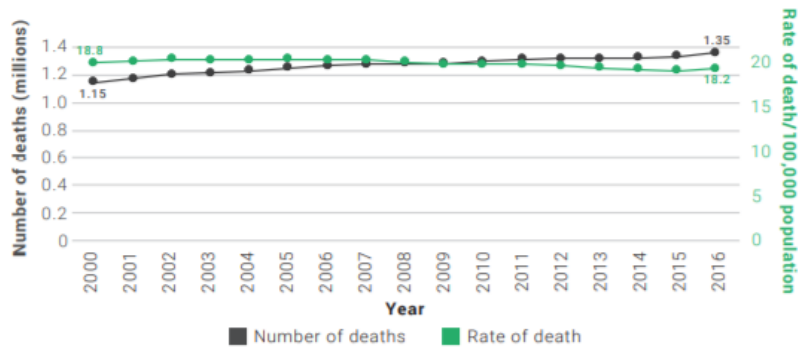
Taşıma:

Radyo spectrum geleceğin taşıma sistemleri için önemli bir role sahiptir. Örnek olarak araçlar arası iletişimi sağlamak ya da güvenliği arttırmaya yönelik sensor sistemleri gibi teknolojiler verilebilir [1].

Kamusal Koruma ve Felaket Önleme (Public Protection and Disaster Relief – PPDR):

Acil durum Hizmetleri günümüzde kablosuz iletişim kapasitelerine daha fazla bağımlı halde-dir. Özellikle acil durumlardaki kaza ya da doğal afet ve insan kaynaklı önemli sorunlar örnek olarak verilebilir [1].

Öte yandan her geçen yıl trafikteki araç sayısının hızla artması ve buna bağlı olarak dünyada her gün milyonlarca insanın trafik kazalarında yaralanması veya hayatını kaybetmesi giderek önemli bir problem haline gelmiştir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan 2018 yılına ait Yol Güvenliği Raporu'na göre (World Health Organisation – Global Status Report On Road Safety 2018) trafik kazalarında ölen kişi sayısı 2016 yılı itibariyle 1 milyon 350 bin gibi rakamlara ulaşmış durumdadır [2].



Şekil 1.1: 2000 – 2016 yılları arasında 100.000 insan içerisindeki trafik kazalarında ölen kişi sayısı değişimi [2].

Trafik kazalarında ölüm ayrıca tüm ölüm sebebine neden olan gruplar arasında 8. sırada iken bu ilerlemeye paralel olarak trafik kazalarında ölen kişi sayısı HIV/AIDS ve tüberküloz hastalıklarından ölen kişi sayısını da geçmiş durumda. Bazı ülkeler trafik kazalarında ölüm sayılarını son yıllarda azaltmış ancak bu olumlu ilerleme dünyanın farklı konum ve coğrafyalarında farklılık göstermektedir [2].

Trafik kazası ile oluşan ölümlerin önüne geçebilmek amacıyla belirlenen kök nedenler aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- Yüksek hızlı araç kullanımı,
- İçkili araç kullanımı,
- Çocuk koltuğunun takılmaması,
- Kemer takılmaması,
- Motorlu araç kullanımı sırasında kasket kullanılmaması.

Ölümlü ya da yaralanmalı kazalara sebep olan yolların güvenli hale getirilmesi amacıyla altyapının iyi hazırlanması ve standartlara uyulması büyük oranda iyileşme sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar 112 ülkede araç hızlarını yönetebilmek ve belirlenen maksimum sınırların içerisinde tutabilmek amacıyla ulusal standartlarının olduğunu göstermiştir [2]. 92 ülkede ise yayalar ve motorlu araçlar için bölünmüş yollara sahip olduğu gözlemlenmiştir. 132 ülkede ise yayalar için yaya kaldırımı ve geçiş yollarının olduğu gözlemlenmiştir [2].

Güvenli araçların otoyollarda daha fazla yer alması ölümlü trafik kazalarının azalmasına önemli bir etken. Araçlardaki elektronik sabitlik kontrolü ve gelişmiş fren sistemleri gibi özellikler hem kazayı önlemekte hem de oluşabilecek kazalarda yaralanmayı azaltmakta. Tüm bu potansiyel avantajlara rağmen yeni araçların hepsi uluslararası güvenlik standartlarına uymamakta [2].

Trafik kazasında ölüm sayısındaki artış son yıllarda stabil duruma geldi. Bu ilerleme artan nüfusa rağmen bir çok ülkede uygulanan ve az önce belirttiğim risk azaltma yöntemleriyle sağlanmış. Bu oranlar 2020 yılı için Sürdürülebilir İlerleme Hedefi (SDG – Sustainable Development Goal) ile örtüşmemekte. Bu önemli risk faktörlerinin incelenmesi ile beraber

ilerleme ancak yol güvenlik kanunları, daha güvenli altyapının sağlanması, araç standartlarına uyulması gibi gelişmelerle sağlanabilir [2].

Tüm bu bilgiler ışığında baktığımızda trafik kazalarının kök nedenleri için yapılan çalışmalarda ilerlemeler halen kişilere, sürücülere ve kanun koyuculara bağlı olduğu kadar trafiğe çıkan araçların uluslararası standartlara uygun, güvenlik testlerinden başarılı olarak geçmesine de bağlı. Tüm bu önlemlerin daha da ötesinde bu tez çalışmasının da bir noktada sağlayacağı fayda olarak güvenli araç kullanımı, testleri hızla devam eden otonom / sürücüsüz araçların geliştirilmesi olarak belirtmek mümkündür.

Vehicular Ad-Hoc Network ya da kısaca VANET şeklinde adlandırılan yapı Türkçe'ye Araçsal Tasarsız Ağlar olarak çevirebilecek bir iletişim yöntemidir. İletişim, araçtan sabit bir noktaya olabileceği gibi araçtan araca iletişim şeklinde de olabilir. Özellikle son dönemlerde sürücüsüz yani otonom araçlar üzerine yapılan çalışmalar ile trafik sağlığı ve güvenliği açısından önem arz etmeye başlamıştır. Ayrıca VANET hareket halindeki araçları mobil bir iletişim ağı oluşturmak amacıyla bir nokta olarak kullanabilmektedir. Araçlar üzerine yüklenen kısa mesafeli kablosuz iletişim ekipmanları ile mobil bir iletişim ağı sağlanabilmektedir.

Hareket halinde olsun ya da olmasın tüm cihazlar bir konum ve değişim bilgisi oluşmaktadır. Bu konum ve özellik bilgileri de hareket halindeki ya da sabit durumdaki araçlar ve noktalar arasında kurulan erişim ile veri alışverişi halinde aktarım yapılabilir hale gelmiştir. Bu kapsamda bakıldığında sadece hareket eden ya da duran iki araç veya yaya değil bunun dışında erişim ağı içerisinde yer alan trafik ışıkları, benzin istasyonları, emniyet ve itfaiye birimleri vb. gibi birimler arasında da veri alış verişi imkanı söz konusudur. Bu bilgi aktarımı sayesinde de trafik yoğunluğunu takip etmenin dışında trafik sağlığı ve acil müdahale gereken durumlarda hızlı erişim ve otonom bilgilendirmeler mümkün olabilmektedir.

Son yıllarda gelişen teknolojilere paralel olarak donanım, yazılım ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler de farklı ortamlarda uygulanabilen farklı ağ türlerinin tasarım ve uygulamasını belirli noktalarda zorunlu hale getirmiştir. Artık kablosuz teknolojilerin hareket, erişilebilirlik ve esnekliği sayesinde bir çok uygulama da bilgi ve veri iletimi için kablosuz iletişim yapmaya

başladı. Ayrıca farklı aygıt türleri ve iletişim teknolojilerinin kullanımı sayesinde de hareketli ortamda dahi bilgiye erişilebilmektedir. Bu alanda yaşanan teknik gelişme ve ilerlemeler sayesinde yeni bir ağ türü ortaya çıkarken bu teknolojide yapılan ilk çalışmalar ulaşım sistemleri ve trafik güvenliği üzerine olmaktadır. Bu alanların dışında ise iş, eğlence, sürücü ve sürüş yardımı ile kamu hizmetlerinde çeşitli noktalarda uygulama imkanı da bulabilmektedir. Ayrıca uygulama alanı içerisindeki trafik desimülasyon yapılan anın dışında zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Buradaki önemli farklılıklar ise trafik tipi, trafik yoğunluğu, bant genişliği, gecikme sürelerinde yaşanan değişimler gibi ayrı ayrı değişkenlere bağlıdır.

Literatürde baktığımızda ise VANET ve uygulama alanlarının daha da geliştirilerek günlük hayatımıza ve ticari olarak katkı sunması amacıyla bir çok araştırma ve çalışma da yapılmaya devam edilmektedir. Örneğin, Bükreş Politeknik Üniversitesi'nden Valentin, Victor, Cristian, Raluca ve Rutgers Üniversitesi'nden Liviu'nun yaptığı ortak simülasyon çalışmasında Vanet uygulamalarına odaklanmış olup araçlar, mobil araç özellikleri ve simülasyon araçlarının entegrasyonu aktarılmış ve tanınan bazı simülasyonlar için kritik çözümler değerlendirilmiştir. Özellikle trafik kontrol ve güvenliği hedefleyen bu çalışmada DSDV, DSRC ve GPS protokolleri ile TIGER, VISSIM ve VNSIM gibi simülatörler incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada VNSIM simülatörü ile çalışma yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır [3].

Lu, Moayeri ve Qian ise VANET'ler için güvenli bir ortam erişimi olarak (Medium Access Control - MAC) protokolü geliştirmeleri amaçlayıp farklı uygulamalarda dört farklı öncelik sınıfı oluşturmuşlardır. İletimi sağlanan Mesaj paketleri ise önceliklerine göre tahsisli kısa mesafe iletişim (Dedicated Short Range Communication - DSRC) protokolü üzerinden gönderilmiştir. Simülasyon tasarımında ise gene belirlenmiş olan öncelik sınıflarına göre dört farklı kuyruk kullanılmıştır [4].

Liu, Xu, Mi ve Li ise yapmış oldukları çalışmada [5], VANET'lerde gerçek zamanlı mesajlar için öncelik kuyruğu algoritması önermiş olup önerdikleri algoritma FIFO (First in, first out) kuyruk şemasıyla karşılaştırılmış ve ortalama uçtan uca gecikme ve paket kayıp oranları analiz edilmiştir. Sonuç olarak da öncelikli kuyruk yapısının hem paket kayıp oranını hem de ortalama olarak uçtan uca gecikme süresini düşürdüğünü belirtmişlerdir [5].

1.1 TEZİN HEDEFİ VE KATKILARI

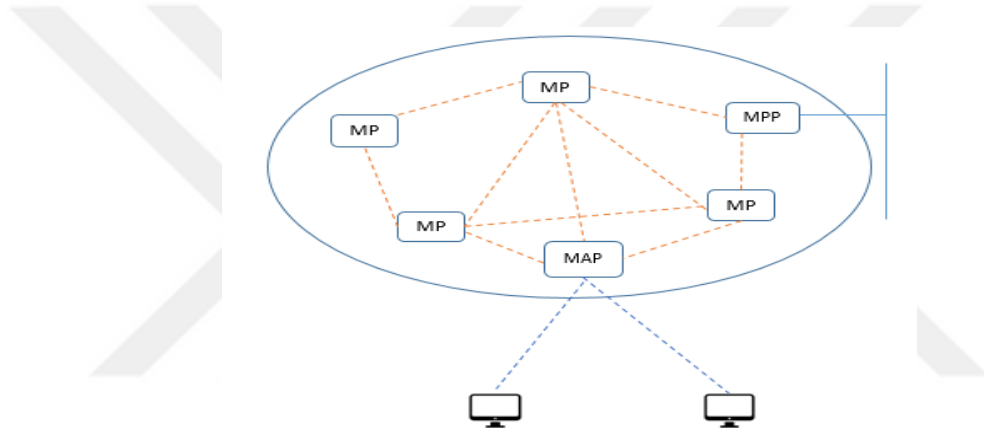
Bu tez çalışması ile VANET konusunda detaylı bir literatür araştırması hazırlanmıştır. Kablosuz haberleşme üzerine bir bilgilendirme ve yaşanan trafik kazaları hakkındaki raporlar sonrasında VANET'lere ait mimari ve bileşenler, ağ kategorileri, karakteristikler, mimari yapılar ile iletişim protokolleri ile avantaj ve dezavantajları, kablosuz ağlarda erişim ve teknolojiler ve VANET'de karşılaşılan zorluklar detaylıca irdelenmiştir. Sonrasında hazırlanan simülasyon senaryo ortamı ile hareketli iki araçtan biri kaynak ve bir diğeri de hedef (alıcı) araç olmak üzere gönderimi yapılan sinyallerin (bilgi) iletim ortamı olan hava ve kanal etkisiyle değişimleri irdelenmiştir.

Bu tez çalışmasının katkısının yapılan simülasyon ile hareket halindeki araçların ortam ve kanal etkisi ile iletimi yapılan sinyalde yaşanan değişimlerin irdelenmesi amaçlanmıştır. Böylece sinyalin alıcıya varışı ile ilgili başarı oranına bağlı olarak uygun gönderim kanalı önerilecektir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 ARAÇSAL TASARSIZ AĞLAR NEDİR?

Son dönemlerde hızla gelişim gösteren Araçsal Tasarsız Ağ (Vehicular Ad Hoc Network – VANET) sistemlerinde yapılan ilk uygulamalar güvenliğe yönelik olsa da, ardından çıkan ihtiyaçlara bağlı olarak ticari uygulama çalışmaları da hızlanmış ve gelişim göstermiştir.



Şekil 2.1: VANET Erişim Yapısı

Tablo 2.1’de belirtildiği üzere VANET uygulamalarının gelişen teknolojiye paralel olarak gelişmesi, ağ trafik tiplerindeki çeşitliliğe ve kaynaklardaki kısıtlılığa bağlı olarak servis kalitesi ve ağ yönetimi konularını daha önemli hale getirmiştir. Uygulama alanlarındaki farklılıklara göre ihtiyaç duyulan servis kalitesi farklılaşmaktadır.

Tablo 2.1: VANET Uygulama Alanları

Uygulama Alanları	Hedef/Durum	Uygulama Örnekleri
Sürüş ve Trafik Sistemleri	Trafik Yoğunluğu	1. Akıllı Trafik Akış Kontrolü 2. Gelişmiş Yol Rehberi 3. Harita Yükleme ve Güncelleme 4. Boş Park Alanı Bulma 5. Kaza ve Yol Durumunu Gösterme 6. Kaza ve Yol Durumunu Hedef Noktaya Gönderme
	Gelişmiş Sürüş Yardımları	1. Otoyol Yardımı 2. Araç Geçiş / Sollama Yardımı 3. Entegre Hız Sabitleyici 4. Bilgi Ekranında Uyarı İşaretlerinin Gösterimi 5. Otomatik Vitesi Değişimi 6. Entegre Hız Sabitleyici
Aktif Güvenlik Sistemleri	Kaza Öncesi Durum	1. Kaza Öncesinde Kaza Algılama
	Çarpışma Tehlikesi	1. Kör Nokta Uyarısı 2. Tehlikeli Kavşak Uyarısı 3. Şerit İhlal Uyarısı 4. Acil Fren Lambası 5. Ön / Arka Çarpma Uyarısı 6. Hemzemin Geçit Uyarısı 7. Yaya Geçidi Uyarısı
	Tehlikeli Yollar	1. Viraj Hız Uyarısı 2. Alçak Köprü Uyarısı 3. Arızalı Trafik Işıkları ve Fren Lambaları
	Olağandışı Trafik ve Yol Durumu	1. Çalışma Alanı Uyarısı 2. Görüş İyileştirme 3. Altyapı Tabanlı Yol Durum Uyarısı 4. Araç Tabanlı Yol Durum Uyarısı
	Kaza Sonrası Durum	1. Kaza Uyarısı 2. Arıza Uyarısı 3. Acil Yardım Çağruları
İş / Eğlence Sistemleri	Araç Bakım	1. Anlık Arıza Kontrolü 2. Güvenlik Çağrısı 3. Yazılım Güncelleme 4. Kablosuz Kontrol
	Mobil Servisler	1. İnternet Erişim 2. Mesajlaşma Sistemi
	E-Ödemeler	1. Köprü Geçiş Ücretleri 2. Yakıt Ücreti 3. Park Ücreti
	Kurumsal Faydalar	1. Filo Takip Yönetimi 2. Araç Kiralama Yönetimi 3. Bölge Giriş Kontrolü 4. Tehlikeli Madde Bildirimi 5. Değerli Kargo Bildirimi
Kamusal Servisler	Acil Uyarı Sistemleri	1. Acil Durum Aracı Sinyal Algılama 2. Yaklaşan Acil Durum Aracı Uyarısı
	Kamu Güvenliği	1. Elektronik Ehliyet 2. Elektronik Belgeler 3. Araç Güvenlik Kontrolü 4. Çalıntı Araç Takibi

Güvenliğe yönelik uygulamalar da Tablo 2.1’de de görüleceği üzere çalışma alan uyarısı, görüş iyileştirme, yol yardımı (kör nokta uyarısı, tehlikeli kavşak uyarısı, şerit ihlali uyarısı), yol bilgisi (viraj hız uyarısı), uyarı mesajları (trafik yoğunluk ve kaza bilgisi) olarak örneklenebilir. Hayati önem arz etmesi nedeniyle bu tarz güvenlik ve kaza durumlarında haberleşme bilgisi ve yaşanabilecek gecikmeler oldukça kritiktir. Herhangi bir kaza anında ya da trafikte hareket halindeyken yaşanabilecek duraklamalarda ve ani fren yapıldığında iletilmesi gereken kritik bilginin ilgili birimlere gecikme yaşanmadan ve mümkünse anlık olarak iletilmesi ve diğer sürücülerin uyarılması ile kaza yapmalarını önlemek mümkün olacaktır. Buna ilaveten yaşanan bir kaza sonrasında ise uyarı amaçlı gönderilecek yol tıkanıklık bilgisi ve trafik durum bilgisi ise nispeten gecikme toleranslı olabilir.

Güvenlik ve aciliyet gerektiren diğer uygulamalar dışında kalan diğer ticari uygulamalar tamamıyla yolcu ve sürücülerin yol konforu ve imkanlarının iyileştirilmesine yönelik uygulamalardır. Bu uygulamalara örnek olarak yolculuk esnasında internet erişim imkanı sunulması, araçta (otobüs, servis vb.) ya da duraklama ve benzin istasyonları gibi ortamlarda sunulan reklamlar ile araçlar arasındaki çeşitli multimedya mesajlaşmaları bu tarz uygulamalara örnek olarak verilebilir. Her ne kadar bu tür ticari uygulamalar çok kritik olmasa da kullanıcılara ait bilgi ve verilerin güvenliği kritik önem taşımaktadır. Bu güvenliği sağlamak için de çeşitli güvenlik uygulamaları ile farklı fiziksel katman ve kanalları kullanmak gerekebilir.

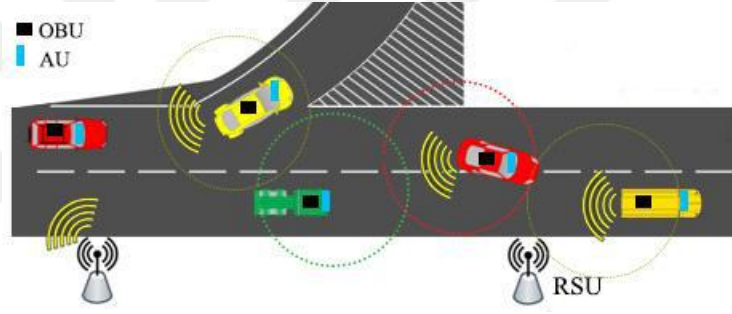
Ayrıca, VANET’lerin ihtiyaç duymakta olduğu servis kalitesine (Quality of Service – QoS) olan bağımlılıkları uygulama alanlarındaki farklılıklara göre değişkenlik gösterebilmektedir. VANET’lerin en büyük avantajı olarak ağ altyapısına gerek duymayan tasarsız yapıda olması nedeniyle çok kolay ve hızlı bir şekilde kurulabilmesidir. Bu özelliği sayesinde hayati önem taşıyan kritik durumlarda (doğal afetler, büyük kazalar vb.) alternatif bir iletişim ağı olarak kullanılabilir.

2.2 VANET AĞ BİLEŞENLERİ

VANET'lere ait ağ bileşenleri şunlardan oluşmaktadır:

- Uygulama Ünitesi (Application Unit – AU)
- Araç Üstü Ünitesi (On Board Unit – OBU)
- Yol Kenarı Ünitesi (Road Side Unit – RSU)

RSU ile araç boyunca iletişim -ki bu araç iletişim sistemleri olarak belirtilebilir- Wave olarak kablosuz olarak sağlanır [6].



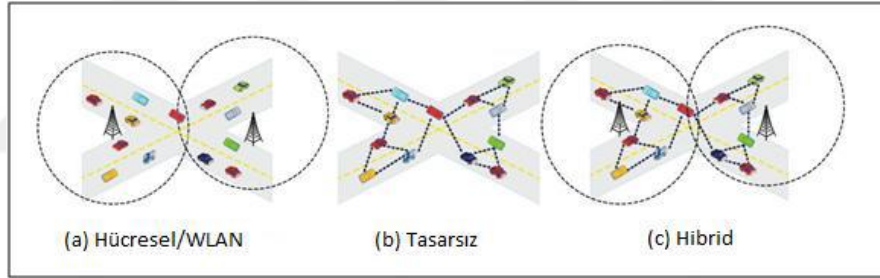
Şekil 2.2: VANET Bileşenleri [6].

Şekil 2.2’de belirtilmiş olan VANET Bileşenlerinden RSU servisi sağlamak üzere genelde üzerinde bir uygulama barındırır. Cihaz “Sağlayıcı” olarak adlandırılabilir şekilde uygulamayı barındırırken uygulamanın kullanıcısı olarak da “Kullanıcı” olarak adlandırılabilir. Her araç OBU ve bilgileri doğrulamak ile süreci işletmek üzere bir grup sensörü barındırır. Sensörlerden kablosuz ortamda diğer araçlara ya da RSU ara doğru iletilen mesajlardaki bilgiler ayrıca tekli ya da çoklu AU’yu OBU’ların bağlantı yeterliliklerine göre sağlamaktadır. RSU internet ya da farklı bir sunucuya bağlanabilmekte olup böylece çoklu araçlardaki AU larından internete yönlendirilerek bağlanmasına imkan vermektedir [6, 7].

2.2.1 Araç Üstü Ünitesi

Araç Üstü Ünitesi (On Board Unit – OBU) olarak bilinen kablosuz haberleşme aracı, genel-

likle araç üstüne monte edilmekte olup RSU ve diğer OBU' lar ile bilgi transferi için kullanılmaktadır. OBU, kaynak komut işlemcisi (Resource Comman Processor – RCP) ve bilgiyi depolamak için kullanılan okuma / yazma hafızasından oluşur. Ayrıca diğer OBU' lar ile bağlantı için özelleştirilmiş bir arayüz barındırmakta olup IEEE 802.11p radyo frekans teknolojisine tabi olan kısa mesafe kablosuz haberleşme ağ cihazıdır. Ayrıca IEEE, 802.11a/b/g/n gibi radio frekanslarına tabi olan güvenli olmayan uygulamalar için farklı ağ cihazlarını da kapsamaktadır. OBU, RSU ve diğer OBU' lar ile bu bağlantıları sağlamakla yükümlü olan IEEE 802.11p radyo frekans kanalı üzerinden bağlantı kurmaktadır. Ağ içerisinde bulunan diğer OBU' lara verilerin iletimi ve AU' ya haberleşme servisi sunmaktadır. VANET içerisindeki OBU' nun temel fonksiyonları kablosuz radyo erişimi olup veri güvenliği, güvenilir mesaj transferi, ağ yoğunluk kontrolü ile anlık coğrafi yönlendirme imkanları da sağlamaktadır [6, 8].



Şekil 2.3: VANET Mimarisi [9].

2.2.2 Uygulama Ünitesi

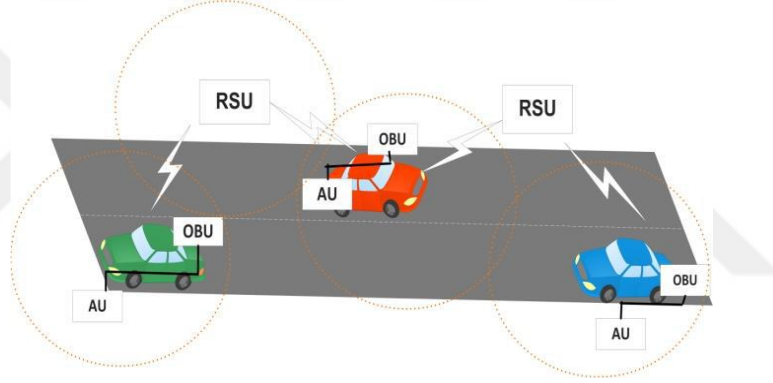
AU, bir OBU'nun sağladığı iletişim kapasitesini kullanan ve benzeri uygulamaları kullanan bir araç içi ünedir. AU, Kişisel Dijital Yardımcı (Personal Digital Assistant – PDA) gibi güvenli uygulamalar için dedike cihazdır. AU, kablolu ya da kablosuz bağlantı ile tekil bir fiziksel birim olarak OBU ya bağlanabilmekte. AU ve OBU' lar arasındaki farklılık mantıksal yapıdadır. AU sadece mobil ve ağ fonksiyonları için görevleri barındıran bir OBU aracılığı ile bağlantı kurmaktadır [6].

2.2.3 Yol Kenarı Ünitesi

Yol Kenarı Ünitesi (Road Side Unit – RSU), araç ortamlarına kablosuz ağ cihazı olup özellikle yol boyunca ya da kavşak ve yakındaki park yerleri gibi noktalarda yer alır. RSU, IEEE 802.11p radyo teknolojisini temel alan DSRC için bir ağ cihazı olup Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6’da görüleceği üzere altyapısal ağ ile erişim için kullanılabilir [6].

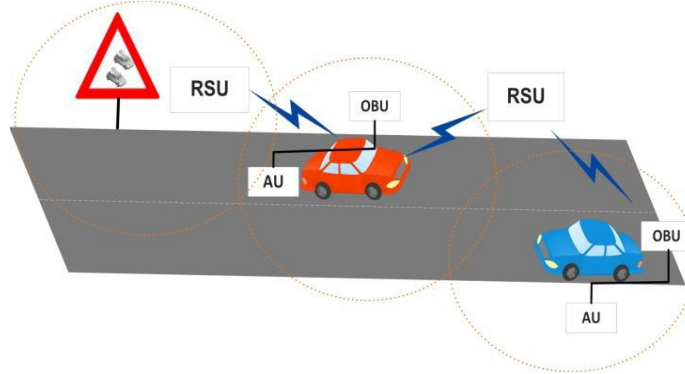
RSU ile temel fonksiyonlar şöyle belirtilebilir:

1. Şekil 2.4’de görüleceği gibi bilginin OBU’lara tekrar dağıtımını ve diğer RSU’lar ile diğer OBU’lara iletimi için tasarsız ağda iletişim alanını genişletilmesi [6].



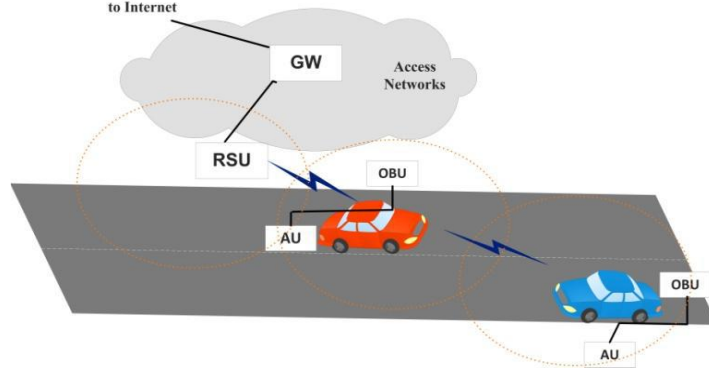
Şekil 2.4: OBU’lara ait verilerin iletimi için alanı genişleten RSU [6].

2. Düşük köprü yüksekliği, kaza uyarısı ya da kaza bölgesine giriş gibi acil durumlarda güvenlik uygulamaları amaçlı bilgi kaynaklarının kullanılarak araçlar arası iletişim altyapısının (Infrastructure to Vehicle Communication – I2V) çalıştırılması.



Şekil 2.5: OBU’lar için internet bağlantısı sağlayan RSU [6].

3. Araç Üstü Üniteler İçin İnternet Bağlantısının Sağlanması

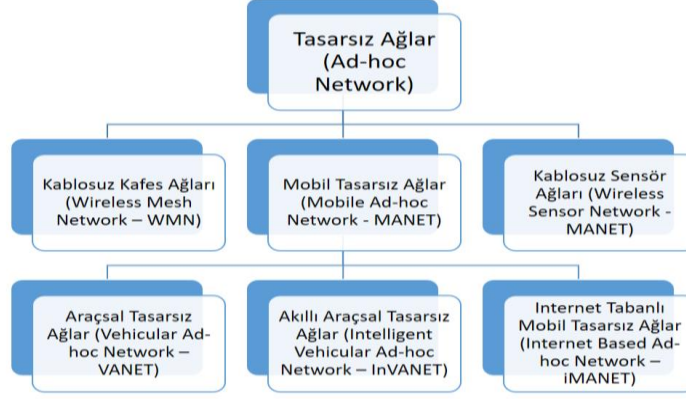


Şekil 2.6: OBU ile internet bağlantısı sağlayan RSU [6].

2.3 VANET KATEGORİLERİ

VANET' ler sabit bir altyapı olmadan iletişim kurabilmek adına yüzlerce hatta binlerce iletişim aracından oluşmaktadır. Her iletişim düğümü iletişim kurabilmek amacıyla dinamik olarak komşu düğümleri bulmaktan sorumludur. Sonuç olarak her düğüm komşu düğümleri hariç ağ içerisindeki her düğüm ile iletişim kuramaz. Böylece bir düğüm kendisine komşu olmayan başka bir düğümle iletişim kurmak istediğinde bazı orta seviyedeki düğümler bir yönlendirici fonksiyonu gibi davranarak kaynaktan hedefe istenen mesajların iletilmesini sağlamaktadır[10].

VANET' lerin topolojisi oldukça dinamiktir. Çünkü düğümler bir noktadan başka bir noktaya ağ altyapısında herhangi bir sınırlama olmadan hareket edebilecek yeteneğe sahiptir. Bu hareket sonucunda hat ve komşuluk bilgileri sabit olmayacak olup mesajın iletimi ve yönlendirilmesi için yönlendirme kararını etkileyecek şekilde dinamik yapıda olurlar [10].



Şekil 2.7: VANET Kategorileri

2.3.1 Kablosuz Kafes Ağları

Kablosuz kafes ağları (Wireless Mesh Network) olarak isimlendirilen ağ tipi çeşitli iletişim radyo erişim düğümleri, yönlendirici ve kapıların toplamından oluşmaktadır. Dahası her düğüm kendi iletişim ağı içerisindeki tüm diğer düğümlerden haberdardır. Böylece kaynak ve hedef noktalar arasında yer alan bağlantı ve çoklu yönlendirme tüm ağ için sağlanmış olur. Ek olarak kafes ağ yönlendiricileri kaynak, hedef ve geçitler (gateway) arasında mesajların iletiminin sağlanması için kullanılmaktadır [11].

2.3.2 Kablosuz Sensör Ağları

Kablosuz sensör ağları (Wireless Sensor Networks) sıcaklık gibi çevresel durumların değişimini izleyebilmek adına statik sensör düğümlerinin toplamından oluşmaktadır. Ardından bu sensör düğümleri genelde uzakta konumlandırılan merkez istasyona veri gönderimi ve takibi için iş birliği yapar. Sensör ağları askeri, endüstriyel ve medikal uygulamalar amaçlı çeşitli uygulama alanlarına sahiptir [11].

2.3.3 Mobil Tasarsız Ağlar

Mobil tasarsız ağlar (Mobile Ad-hoc Networks - MANET) kablosuz hatlar ve daha az ağ yapılarınınca bağlanmış olan mobil cihazların toplamından oluşur. Sonuç olarak, mobil cihazlar herhangi bir doğrultuda rahatça hareket edebilirler. Böylece MANET değişimindeki bir hat, bir

noktadan diğerk bir noktaya mobil düğüm olarak hareket eder. Kayda değerk bilgi olarak belirtmek gerekirse MANE' in asıl amacı mesajların yönlendirilmesi için gerekli bilgilerin hazırlanmasını sağlamak üzere mobil düğüm cihazlarını bir araya getirmektir. Dahası MANET' lerdeki düğümler diğerk düğümlerden oluşturulan mesajların iletimi için yönlendirici fonksiyon ihtiyacı duymaktadırlar [11].

Şekil 2.7' den anlaşılacağı üzere MANET kategori olarak üç alt kategoriye ayrılmıştır. Bu üç kategorinin ismi Araçsal Tasarsız Ağlar (VANET), Akıllı Araçsal Tasarsız Ağlar (InVANETs) ve İnternet Tabanlı Mobil Tasarsız Ağlardır (iMANET).

2.3.4 Araçsal Tasarsız Ağlar

VANET yapısında düğümler hareket eden araçlar olup böylece her hareketli araç yönlendirici fonksiyonuna ihtiyaç duyar. Sonuç olarak geniş bir ağ, araçların birbirlerinden 100 metreden 300 metreye kadar mesafede de iletişim kurabilmesi mümkün olmaktadır [11].

2.3.5 Akıllı Araçsal Tasarsız Ağlar

Akıllı Araçsal Tasarsız Ağlar (Internet Based Mobile Ad-hoc Networks – InVANET) olarak adlandırılan bu kategoride akıllı yollar, Wifi IEEE 802.11 ve Zigbee gibi çoklu tasarsız ağ teknolojilerle entegre olması ve VANET leri kullanılabilmesi için tanımlanmıştır. Bu yüzden kolay doğrulama, efektif, yalın bir iletişim araçlar boyunca elde edilebilir. Çeşitli kablosuz teknolojiler, DSRC gibi VANET' lere Wifi erişim tipi olarak kabul edilmiş şekilde uyarlanabilir[11].

2.3.6 İnternet Tabanlı Mobil Tasarsız Ağlar

iMANET (Internet Based Mobile Ad-hoc Networks - iMANET) iki bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen, mobil düğümleri birbirine bağlamak için kullanılan tasarsız ağlar iken ikinci bileşen ise ilk bileşende doğrudan iMANET üzerinde uygulanamayan tasarsız ağlar için normal yönlendirme algoritmaları ve mesaj iletişimi için kapı düğümleri olarak adlandırılabilir [13,14].

2.4 VANET KARAKTERİSTİKLERİ

VANET' ler MANET' lerin bir alt kategorisi olarak bazı karakteristiklerini paylaşmakla beraber VANET' leri diğer ağ tiplerinden ayıran özel yetenekleri ya da karakteristikleri bulunmaktadır. MANET' ler gibi VANET' ler de hareket eden araçlarda bulunan ağlardan ayrı olarak kendi kendini ayarlamaya yapabilmekte. Bu özelliklerinden ayrı olarak VANET' ler önemli sayıda karakteristiktir [12].

2.4.1 Dinamik Topoloji

Araçların yüksek hızlarda seyahat etmesinden dolayı topoloji sürekli değişmektedir. Örneğin, araçlar için otoyolda ortalama hız 60-70 mil/saat dir. Böylece araçlar arasında kurulan hatta eğer radyo frekans mesafesi 125 metre ise 10 sn sonrasında kopabilir [12]. Bu yüzden mobil düğümler arasında bağlantı kurabilmeleri amacıyla VANET' ler için algoritmalar geliştirilmiştir. Diğer bir deyişle, bu algoritmalar bağlantı devamlılığını sağlayabilecek yetkinlikte olmalıdır. Ayrıca yakındaki sık değişiklikler ve araçlar 10 – 20 saniye mesafedeki mevcut altyapı alanı içerisinde kalmıyorsa yüksek hız mobilitesi için de benzer yetkinlikte olmalıdır [15].

2.4.2 Genel Olarak Bağlantısız Ağ

Genel olarak bağlantısız ağ yapısında, iki araç arasındaki bağlantı yüksek dinamik topoloji nedeniyle kaybolur. Ayrıca seyrek zamanlardaki çeşitli düğüm yoğunlukları (farklı düğüm yoğunlukları) da düğüm bağlantısızlıklarının bir sonucudur. Sonuç olarak dirençli yönlendirme protokolleri topoloji ve erişim için değişikliklere adapte olmak ve tepki verebilmek için gereklidir [12].

2.4.3 Mobilite Model

Araçlarca kullanılan spesifik mobilite modeli, sürücü davranışları, yoldaki trafik ışıkları, hız limitleri ve trafik yoğunluğu gibi çeşitli etmenlerden etkilenmektedir. Bu yüzden yönlendirme

protokollerinin ölçümü modelden gelen izler ve kullanılan mobilite modelinden etkilenmektedir [12]. Çeşitli mobilite iz üretimi, VANET yönlendirme protokollerinin test ve simülasyonu için geliştirilir [15].

2.4.4 Yayılma Modeli

VANET' lerde yayılma modelinde, binalar ve ağaçlar gibi engeller değerlendirmeye alınmaz. Sabit nesnelerin etkileri, diğer araçların kablosuz iletişim girişimleri ve erişim noktaları (Access Point) varlığı VANET Yayılma Modeli tarafından değerlendirmeye alınmalıdır [12].

2.4.5 Güç ve Depolama

Sensör ağlarındaki düğümlerden hariç olmak üzere VANET' lerdeki düğümler önemli güç ve depolamaya sahiptir. Bu yüzden çeşitli görevlerdeki enerji ve güç tüketimi sensör ağlarındaki kadar VANET' ler için kritik öneme sahip değildir [12].

2.4.6 Araca Monteli Sensörler

VANET' lerde düğümler yönlendirme bilgisini sağlayabilmek için sensörlerle donatılmıştır. Bir çok yönlendirme protokolü araç üstü navigasyon sistemi olarak kullanılan GPS' lerde (Küresel Konum Belirleme : Global Position System – GPS) elverişliliği için geliştirilir. Araç üstü sensörlerden alınabilen çok sayıdaki bilgi, yönlendirme kararlarının geliştirilmesi içindir. Örneğin, GPS' den alınan lokasyon bilgisi ve hız ölçerden alınan hız bilgisi VANET yönlendirme protokolleri tarafında kullanılacak çok fazla miktarda bilgi içerir [12].

2.4.7 VANET İhtiyaçları ve Uygulamaları

VANET' de güvenlik uygulamaları, ticari uygulamalar ve elverişlilik uygulamaları için çeşitli geliştirmeler yapılır. Bu geliştirmelerin amacı gerçek hayattaki sorunlar ve erişim yetersizliği, hızlı iletişim, güvenlik ve eğlendirici bilgilendirmeler gibi isimlendirilebilen senaryolar için çö-

züm bulmaktır. Belirtmek gerekirse farklı ağ modelleri ya da mimariler, hedeflere ulaşabilmek için uygulamalarca benimsenmektedir [16].

2.4.7.1 Güvenlik Uygulamaları

Yol güvenlik seviyesinin artırılması için, araçlar yol izleyen ve kazaları önleyen işlemcilerle donatılır [15]. Bu yüzden araç üstü sensörlerin etkileşimi ayarlanmış olmalı çünkü öncül ve ardıl sensörler tarafından hız ve yönü sağlamaları için gerekli olan verileri üretirler [16].

Bu uygulama kategorileri çevresel etmenlerin izlenmesi, yakında araçların da takibini sağlar. Ayrıca altı adet ayrı kategoriye ayırmak mümkün: Gerçek zamanlı trafik, ortak mesaj transferi, kaza bildirim, yol tehlike kontrol bildirim, karşılıklı çarpışma uyarısı ve uyanık yol sürüşü. Gerçek zamanlı trafik ve uyanık yol sürüşünde trafik bilgileri RSU' da tutulur ya da kameralar yol durum bilgilerini alarak RSU' lar üzerinde yüklenir. Ayrıca bu tür bilgiler trafik yoğunluğunu önlemek amacıyla da araçlar için mümkün olabilmektedir. Öte yandan diğer dört uygulama mesajları kazaları, trafik yoğunluğunu önlemek ve kazaların durum bilgisini iletmek amacıyla araçlar arasında değiştirilebilir [16]. Yüksek hızda seyreden araçlar bağlı oldukları ağdan kopabilmekteler. Bunun bir sonucu olarak da yüksek hızlı araçlar için bir iletişim imkanı sağlanması gerekmektedir [15]. Diğer bir deyişle yüksek hızda seyreden araçlar için ağ topolojisinin önemli oranda dinamik olması ve düğüm yakınlıklarının hızlıca değişken olması gerekmektedir. Dahası yola bağlı olarak birçok seçenek de mevcuttur. Bir araç birden fazla seçenektan birini seçebilir ve sonuç olarak RSU' lar araçların verimli bir şekilde iletişimde kalmasını sağlayacak sıklıkta kurulmuş olmalıdır [16].

Yüksek hızda seyreden araçların güvenli ve güvenli olmayan verileri araçlar iletişim alanından çıkmadan önce temin edilmesi gerekmektedir [15]. Sonuç olarak yolun otoyol ya da şehir içindeki bir yol olması gibi yol tipine bağlı olarak farklı özelliklerin iletişim halinde olması gerekli. Veri ise acil durumlar nedeniyle tam zamanında iletilebilir olmalı. Örnek olarak sürücü gideceği yol hakkındaki bir problemi o yola girdikten sonra öğrenmesinin bir faydası olmayacaktır. Bu yüzden zamanında iletim yüksek veri hızları düşünülerek belirlenmeli ve planlanmalıdır [16].

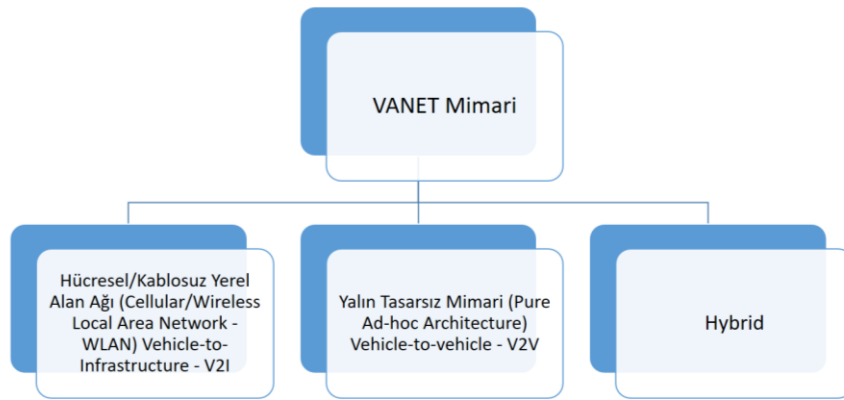
2.4.7.2 Ticari Uygulamalar ve Eğlendirici Bilgilendirmeler

Bu alandaki konular ise güvenlik konuları haricindeki çevrimiçi oyun, müzik ve veri paylaşımı olarak belirtilebilir [15]. Sürücü talep ettiği filmleri eğer sağlanırsa indirebilir ve gerçek zamanlı bir videodan da izleyebilir [16]. Bu uygulamalar sürücülerin internete erişimi ve eğlence seçeneklerinden yararlanması için geliştirilmektedir. Dahası sürücü ilgili ayarlamaları da yaparak isterse araç ayarlarını da kişiselleştirebilir. Ayrıca RSU bu imkanı sunarsa RSU' ların da kullanılarak internete erişilmesi mümkün olabilir. Sonuç olarak seçilen ve istenen alanlar, özellikler indirilip kullanılabilir [16].

2.4.7.3 Elverişlilik Uygulamaları

Bu alandaki uygulamalar, elverişlilik ya da uygunluk olarak belirtebileceğimiz seviyelerin artması ve sürücü deneyimlerinin yaygınlaştırılması için geliştirilmiştir. Burada otomatik güzergah planlama, daha kısa ve uygun yolun bulunması, elektronik bilet ödeme, boş park alanı konusunda sürücünün bilgilendirilmesi ve hız kontrolü ile yakıt tüketiminin en verimli şekilde kullanılmasına yönelik coğrafi bilgilerin tahminlenmesi gibi imkanlar söz konusudur [16].

2.5 VANET MİMARİ YAPISI



Şekil 2.8 : VANET Mimari Çeşitleri

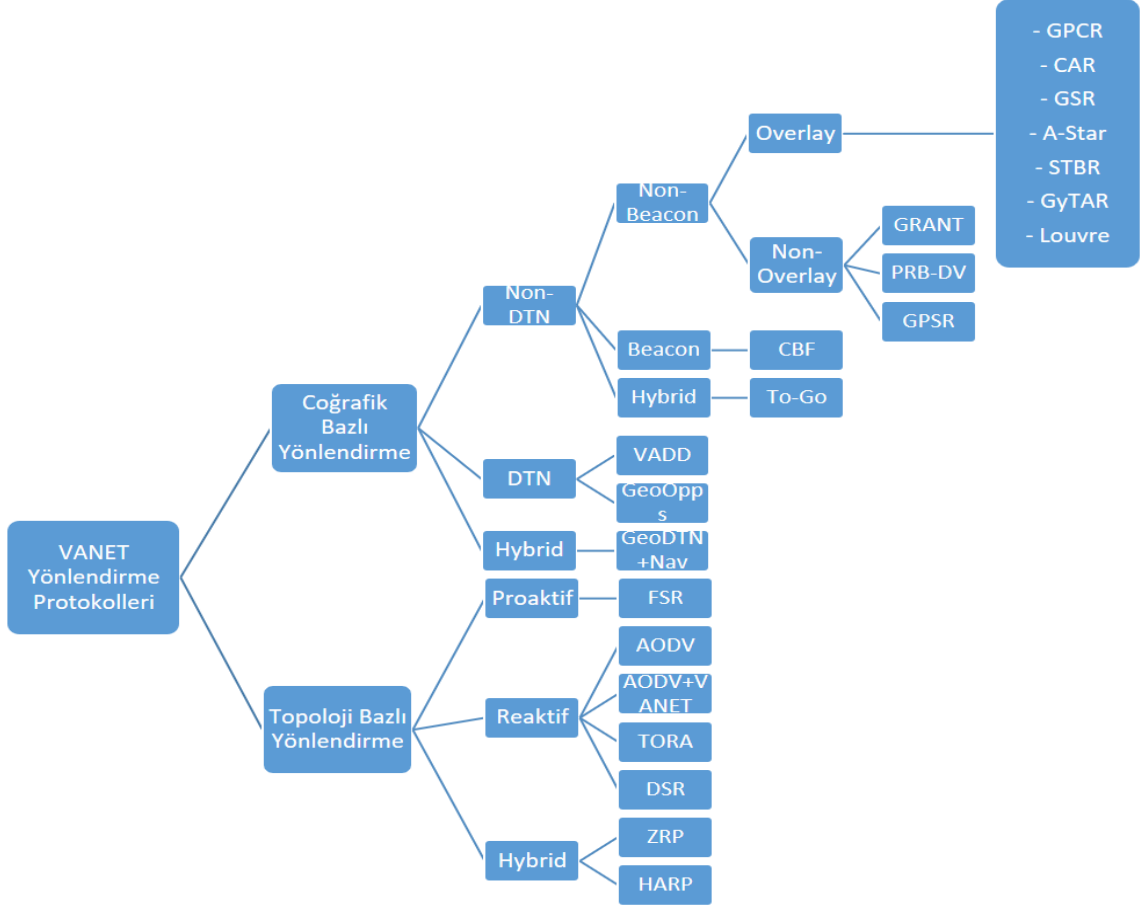
Mobil haberleşme ve mevcut tasarsız ağların gelişmekte olması farklı Servis Kalitelerinde (Quality of Services – QoS) uygulamaların desteklenmesi ile otoyol, şehir ve şehir dışı gibi çevrelerde VANET’ lere ait mimari yapıların geliştirilmesini sağlamaktadır [17]. VANET mimarisi yakın mesafedeki araçların iletişim kurmasını ve Şekil 2.8’ deki gibi üç tip olasılığın araçlar ve cihazlar arasında yol boyunca statik olarak geliştirilmesini amaçlamaktadır [17].

2.6 VANET İLETİŞİM PROTOKOLLERİ

Tam otonom VANET sistemleri halen tüm özellikleriyle tamamlanmış durumda değildir. IEEE 802.11’ e bağlı olan IEEE 802.11p standardı draft durumdadır. IEEE 1609 ise IEEE 802.11p ile beraber tamamlayıcı standarttır. Önceki anlaşmalar fiziksel katman ve MAC alt katmanı için olmakla beraber üst seviye protokolünün implementasyonu ve özellikleri sonraki taslaklar olarak yer almaktadır. Katman bazlı iletişim protokolleri aşağıdaki gibi Tablo 2.2’ de görülebilir.

Tablo 2.2 : VANET İletişim Protokolleri [18]

	No. of layer	ISO/OSI ref model	Data Plane		Management Plane
Higher Layers	SAE J2735				
	IEEE 1609.1	7 Application	e.g. HTTP	WAVE Application (Resource Manager)	
Network Services		4 Transport	TCP/UDP	WSMP	WAVE Station Management Entity (WSME)
		3 Network	IPv6		
	IEEE 1609.2	2b Data Link	802.2 LLC		
	IEEE 1609.3	2a Data Link	WAVE MAC		
Lower Layers	IEEE 1609.4	1b Physical	WAVE Physical Layer Convergence Protocol (PLCP)		PHY Management
	IEEE 802.11p	1a Physical	WAVE Physical Medium Dependent (PMD)		



Şekil 2.9 : VANET Yönlendirme Protokolleri [55]

2.6.1 Coğrafik Bazlı Yönlendirme Protokolleri

Coğrafik yönlendirme, her düğüm kendi ve komşu düğümlerin konum bilgisine sahip olma durumudur. Bu bilgi, GPS gibi servislerce bilinebilir. Coğrafik yönlendirme protokolü yönlendirme tablolarının devamlılığını ya da komşu düğümlerle hat durum bilgilerinin değişimini sağlamaz [19, 21, 32].

Coğrafik Yönlendirme Protokolleri, Gecikme Tolerans Ağı (Delay Tolerant Network – DTN), non-DTN ya da hybrid modellerde olmak üzere kategorize edilebilir. Bir DTN ağdaki düğümlerin sık bağlantı kopyalamaları ile ilgilenir. Bir non-DTN protokolü ise işaretçi, işaretçi olmayan ve hybrid olarak kategorize edilebilir. İşaretlendirme, protokolün kısa mesajların periyodik

olarak iletimini sağladığında karşımıza çıkarken ayrıca uygun olan düğümün konumu ve mevcudiyetini belirtir. İşaretlemede komşu bir düğüm, komşu düğümden belirli bir süre sonra işaretçi almakta başarısız olursa komşu düğüm tablolarından çıkarılır.

İşaretçi olmayan (Non-Beacon) protokol ise işaretçi göndermezken hybrid işaretlemede matematiksel hesaplamalar, coğrafik yayın limitleri ile ilgili mesaj gönderimlerinde kullanılır [19, 32].

2.6.1.1 İşaret / İşaretçi

İşaret, periyodik olarak kısa karşılama (Hello) mesajlarının iletimi anlamına gelir. Bir düğümün mevcudiyetini ve konumunu işaret eder. Girişi yapılan bir bilgi ya da veri, eş düğümden belirli bir süre sonunda işareti alamaması durumunda alıcı düğümdeki komşu tablodan çıkarılacaktır [23].

2.6.1.2 Örtüşmeli Non-DTN İşaretçisiz Protokoller

2.6.1.2.1 GPCR

Greedy Çevre Koordinatör Yönlendirme (Greedy Perimeter Coordinator Routing – GPCR) düzlemsel grafik varsayımını caddeler ve kavşaklara bağlı olarak yapar. Bu varsayım GPCR' nin sabit bir yol haritası ya da farklı tipteki harici bilgilerin kullanımından sakınmasını sağlar. GPCR, bir onarım stratejisi gibi ayrıca sınırlı Greedy iletim prosedüründen oluşur. GPCR' nin onarım stratejisi ise gerçek zamanlı yollar ve kavşaklar topolojisine dayanmakta olup böylece düzlemsel grafik algoritması kullanımının önüne geçer [23, 39].

Avantajları:

- Yolların yönlendirilmesi boyunca düzlemselleştirmenin yok edilmesi.
- Global ya da harici bilgi ihtiyacı duymaması.

Dezavantajları:

- Kavşak noktalarına bağımlı olması.

- Kavşak noktalarında duran paketlerin yönlendirilmesinde verimsizlik yaşanması.

2.6.1.2.2 CAR

Bağlantı-Duyarlı Yönlendirme (Connectivity-Aware Routing – CAR) protokolü; Hedef lokasyon ve rota araştırması, veri paket iletimi, yol devamlılığı ve hata düzeltmeleri olmak üzere dört ana fonksiyondan oluşur. CAR’ da yerel üst sınır sorunu çözülür. CAR tercihli grup yayını (Preferred Group Broadcast-PGB) AODV rota araştırmasındaki yayın ek yükünü azaltmak için kullanır [23, 37].

Avantajları:

- GPSR’ye göre yüksek paket iletim oranı sunması.
- Dijital bir harita ihtiyacının olmaması.

Dezavantajları:

- Eğer trafik ortamı değişirse ayrı bir alt yol ise uyarlaması mümkün olmamaktadır.

2.6.1.2.3 GSR

GSR yönlendirme, VANET’ in şehir içerisindeki kullanımı için önerilmekte. GSR, topolojik bilgi (önceden seçilen en kısa yol) ile beraber konum tabanlı yönlendirme (Position-Based Routing) yani Greedy Forwarding bir araya getirilir. GSR, Dijkstra algoritmasını en kısa yolun hesaplanması için kullanır [23, 38].

Avantajları:

- AODV ve DSR’ ye kıyasla daha ölçeklenebilir olması.
- AODV ve DSR’ ye kıyasla daha yüksek paket iletim oranı olması.

Dezavantajları:

- GSR’ de karşılama (Hello) mesajlarının kontrol mesajları olarak kullanımı nedeniyle GSR’ de yüksek yönlendirme ek yükü vardır.
- Paket iletimlerinde düğüm yetersizliği olduğunda düşük yoğunluklu ağların kontrol

edilememesi.

2.6.1.2.4 A-STAR

Çengel Bazlı Yol ve Trafik Haber Yönlendirmede (Anchor-Based Street and Traffic Aware Routing – A-STAR) bir yol haritası sıralı çengellerin (yol kavşakları) hesaplanması için kullanılır. Bu çengeller trafik bilgilendirmesi ile hesaplanır ve bir paket hedef lokasyonuna ulaşabilmek için bir çengel aşması gerekmektedir. A-STAR’ daki tüm paketler çengel noktalarına göre rotası çıkarılmıştır [23, 36].

Avantajları:

- A-STAR düşük trafik yoğunluğunda uçtan uca bağlantı bulmasını sağlar.

Dezavantajları:

- Yüksek oranda karmaşıklık barındırması.
- Paket iletim oranının GSR ve GPSR’ ye kıyasla daha düşük olması.

2.6.1.2.5 STBR

Cadde/Sokak Topoloji Bazlı Yönlendirme (Street Topology-Based Routing – STBR) düzlemsel grafik gibi bir cadde/sokak haritası kullanımı sağlarken bir rota oluşturmak için üç adet durumdan istifade eder. Bu durumlar usta (master), köle (slave) ve taşıyıcı/gönderen (forwarder) olmak üzere üç tiptir. Bir kesişim/kavşak noktasında sadece bir master varken tüm diğer düğümler slave modunda olacaktır. Ara katmandaki diğer düğümler ise gönderici olarak görev yapmaktadır [23, 42].

Avantajları:

- Tek yönlü iletişim imkanı sunması.

Dezavantajları:

- Karışık senaryolar (şehiriçi ve şehir dışı uygulamalar gibi) için uygun olmaması.

2.6.1.2.6 GyTAR

Greedy Trafik Bilgisi Yönlendirme (Greedy Traffic Aware Routing – GyTAR) protokolü kavşaklar ya da kesişimlerdeki coğrafik yönlendirme protokolüdür. GyTAR kavşak seçimini şehiriçi ortamlardaki dirençli rotaları bulmak için kullanır. GyTAR protokolü, iki kavşak arasında verinin seçimi ve iletimi olmak üzere iki modülden oluşmaktadır [23,40].

Avantajları:

- GSR' a göre daha iyi seviyede gecikme ve yönlendirme ek yükü sunması.
- Yüksek seviyede mobilize topoloji değişimleri ve ağ dağılımlarının verimli şekilde çözümlenebilmesi.

Dezavantajları:

- Tahmin edilen yoldaki araç sayısı bilgisinin RSU' lar tarafından sağlanacağını tahminlediği için GyTAR' ın, RSU'lara bağımlı olması.

2.6.1.2.7 LOUVRE

Şehiriçi Araç Yönlendirme Ortamları İçin Yön Bulma İşaretçilerinin Örtüştürülmesi (Landmark Overlays for Urban Vehicular Routing Environments – LOUVRE) bir şehiriçi topolojide yön bulma işaretçi ağlarının inşa edilmesini sağlar. LOUVRE protokolündeki her işaretçi, kesişimlerde ve araç trafik yoğunluğunda konumlandırılmış olup tahminlenmektedir. LOUVRE' ın bir diğer özelliği ise hatlar arasında trafik yoğunluğuk bilgisini baz alarak işaret-işaretçiler arasında ağ kurmasıdır.

LOUVRE protokolü rota üzerinde yolun devamı için işaretçilerin konumuna göre en iyi yolu seçer. Bir araç, en iyi yolu bulabilmek adına kendi rota tablosunu analiz eder. Bu da hedefe giden yolda kesişimlerin (kavşaklar) işaretçilerin yer aldığı yolların birbiriyle bağlanmasını sağlayacaktır [23, 41].

Avantajları:

- Engelsiz coğrafik yönlendirmeye imkan sunması.

- GPCR ve GPSR'ye göre daha yüksek paket iletim oranı olması.

Dezavantajları:

- Ölçeklenebilir olmaması.

2.6.1.3 Örtüşmesiz Non-DTN İşaretçisiz Protokoller

2.6.1.3.1 GRANT

“Şehir Senaryoları İçin Pozisyon Tabanlı Tek Gönderimli Yönlendirme” de Soyut Komşu Tabloda Greedy Yönlendirme (Greedy Routing with Abstract Neighbor Table – GRANT) ileri sürülür. GRANT, GSPR'ın genişletilmiş hali olup amacı lokal yüksek seviyeleri hariç bırakmaktır. GRANT her bölge için temsilci seçer. Bu süreç komşu düğümlerden bilgi alınması sırasındaki ek yükün azaltılmasını da sağlamaktadır [23, 35].

Avantajları:

- Standart Greedy rotasına kıyasla paketin düzeltilmesinin daha az zaman alması.
- Şehir senaryolarında GPSR'a göre daha iyi performans göstermesi.

Dezavantajları:

- Performansın doğrulanması için herhangi bir performans metriğinin olmaması.

2.6.1.3.2 PRB-DV

Mesafe Vektörü İle Pozisyon Bazlı Yönlendirme (Position-Based Routing with Distance Vector – PRB-DV) AODV rota geri alma sürecini paketler yerel üst sınırla geldiğinde kullanır. PRB-DV' de bir düğüm, eğer yerel üst sınırla ise talep paketi yayını yapacaktır. Eğer bir düğüm talep paketini alırsa, düğüm onun yayın düğümüne göre hedef lokasyona eğer daha yakınsa onu tespit edebilecektir. Ancak eğer düğüm daha yakında değilse, düğüm yayın düğümünü kaydeder ve sonra talebi tekrar yayınlar. Eğer düğüm hedef lokasyona daha yakınsa düğüm yayını düğümüne bir cevap dönecektir [32].

Avantajları:

- Yerel üst sınırların kontrol edilebilmesi.

Dezavantajları:

- PRB-DV ye göre GPSR ya da AODV protokolleri için değerlendirme yapılmaması nedeniyle paket performansı ve ek yük belirsizdir.

2.6.1.3.3 GPSR

Greedy Çevre Durum Bilgisiz Yönlendirme (Greedy Perimeter Stateless Routing – GPSR) protokolü hedef lokasyona daha yakın olmak üzere paket gönderimi için Greedy yöntemini uygular. GPSR, araçların GPS gibi konum belirleme cihazlarına sahip olduğunu varsayar. Böylece düğümler kendi coğrafi bilgilerine erişebilirler. GPSR’ de kesikli karşılama mesajları (Hello), yakın mesafedeki araçlara onların konumu ve yakınlarında bir sekme mesafedeki komşu noktaları öğrenmek için iletir. Bu bilgi iletilen paketin başlık alanında (header) saklanır [23, 33, 34].

Avantajları:

- Paket iletim kararının dinamik olarak yapılabilmesi.
- Konum bağımsız olması.
- Bir düğümün sadece bir sekmelik bir paket iletimi mesafedeki komşu düğümleri bilmesi.

Dezavantajları:

- GPSR’ nin konum bağımsız olmasına bağlı olarak paketler yerel çoğul alana aynı güzergah üzerinden iletilmesi.
- Hedef noktanın hareket halinde olması durumunda eğer hedef nokta bilgileri orta seviye düğümlerinde güncellenmemiş olduğunda sorunlar çıkabilmesi.

2.6.1.3.1 Non-DTN Beacon

CBF

Müsabaka Bazlı İletim (Contention-Based İletim – CBF) protokolü Greedy konum bazlı iletim algoritmasını temel almakta. Veri paketleri, her komşu düğümlere direk olarak gönderim yaparken, komşu düğümler de paketin sonraki iletimine karar verir. CBF’de işaretçi mesajları proaktif olarak iletilir [23, 44,].

Avantajları:

- İşaret mesajlarının kullanımının olmaması ile daha az bant genişliği kullanması.

Dezavantajları:

- Şehir ortamında yerel üst sınırın, kaynak ve hedef lokasyonların farklı yollar üzerinde olması nedeniyle sıklıkla kullanımı.

2.6.1.3.2 Non-DTN Hybrid

TO-GO

Topoloji Destekli Geo-Opportunistic Yönlendirme (Topology-assist Geo-Opportunistic Routing - TO-GO) topoloji bilgilerini kullanan bir coğrafi yönlendirme protokolüdür. İki sekmeli işaretçi ile TO-GO hedefe en iyi gönderici ve göndericiye ulaşabilme olasılığı en yüksek düğüm seçme uyarlamasını yapmak için topoloji bilgisini kullanabilir. İletimcinin seçimi kablosuz kanal kalitesi ile de alakalı olup TO-GO bir hibrid Non-DTN yapısındadır [43].

Avantajları:

- En iyi iletim düğümünü belirlemek için farklı yol segmentlerinde kesişme noktalarının en uzaktaki düğümünün bilinmesi ile TO-GO iki sekmeli işaretçinin ek yükünün azaltabilmesi

Dezavantajları:

- GPCR ve GPSR’ ye göre daha iyi uçtan uca gecikme süresi sunması.

2.6.1.3 DTN

VAAD

Araç Yardımcılı Veri İletimi (Vehicle-Assisted Data Delivery - VAAD) protokolü olup tahmin edilebilir araç mobilitesini taşıdığı bilgiler ve iletim değerlendirmesine yardımcı olur. H-VAAD olarak önerilen VAAD protokolü en iyi performanslarından birini gösterir. VAAD üç temel prensibi takip eder: İlk prensip olabildiği kadar kablosuz kanallardan iletim yapılmasıdır. İkinci prensip eğer paket birden fazla yolda taşınacaksa daha yüksek hıza imkan sağlayan yolun seçimidir. Üçüncü prensip ise dinamik yol seçiminin, paket iletim süreci boyunca sürekli çalıştırılmasıdır [23, 45].

Avantajları:

- Çok sekmeli veri iletimi sunması.
- Yüksek iletim oranı sunması.

Dezavantajları:

- Topoloji değişimi ve trafik yoğunluğu nedeniyle önemli sürelerde gecikmeler yaşanabilmesi.

GeOpps

Coğrafi Fırsatçı Yönlendirme (Geographical Opportunistic Routing - GeOpps) protokolü bir coğrafi gecikme tolerans yönlendirme algoritmasıdır. Bir aracın konum bilgilendirme sistemini kullanarak GeOpps spesifik olarak belirlenmiş hedef lokasyonlara doğrudan 31 adet mesaj gönderebilmektedir. GeOpps'da bir paket bir düğüme en kısa varış zamanı ile iletilecektir. GeOpps'da araçlar periyodik olarak paketlerin hedeflerini yayınlarlar. Bir sekme mesafedeki komşu alanda Tahmini En Düşük Teslim Süresi (Minimum Estimated Time Of Delivery – METD) paketin iletimi için hesaplanacak olup bu değer sonra araca iletilecektir. Eğer araç en düşük METD değerine sahipse paketi korur ancak tersi durumda paket en düşük METD değerine sahip olan düğüme doğru iletilir. Bu durum paket hedefe ulaşana de tekrarlanır [23,46].

Avantajları:

- İletim oranının ağ yoğunluğundan ziyade güzergah topolojisine bağlı olması.
- Yüksek iletim oranı sunması.

Dezavantajları:

- Navigasyon bilgisi ağda paylaşıldığı için bazı güvenlik sorunlarına yol açabilmesi.

2.6.1.4 Hybrid**GeoDTN+Nav**

Bir Yönlendirici İle Coğrafik DTN Yönlendirme (Geographic DTN Routing with Navigator – GeoDTN+Nav) protokolü düğüm hareketlerini izler ve DTN moduna göre sonraki gönderim düğümünü hesaplar. GeoDTN+Nav protokolü, VANET Doğrulanmış Çapraz Hat Yönlendirme (VANET Cross Link Corrected Routing – VCLCR) protokolünün bir çıkarımıdır. GeoDTN+Nav protokolü VCLCR' yi araç mobilitesi ve GPS gibi lokasyon karar servisleri aracılığı ile geliştirilir. GeoDTN+Nav'da her araç sanal navigasyon arayüzü (Virtual Navigation Interface – VNI) ile donatılır. VNI navigasyon bilgisini tutarlı bir formatta sağlar ve komşu araçların bulunması için araç bileşenlerini baz almaktadır [23, 47, 48].

Avantajları:

- Depolama-Taşıma-İletim tolerasn gecikmelerinin kullanımı ile grafik erişilebilirliğinin geliştirilmesi.
- Non-DTN'den DTN moduna geçiş yapabilmesi.

Dezavantajları:

- Sadece tek bir protokolde test edilebilmesi.
- Son hedefe çoğullanmış paketlerin yüksek sayıda iletimi.

Tablo 2.3 : VANET Coğrafik Bazlı Yönlendirme Protokolleri Karşılaştırması

Yönlendirme Protokolü	Tip	İletim Tipi	Geri Kazanım Tipi	Dijital Harita Gerekliliği	Senaryo Tipi
GPCR	Non-DTN, Beacon, Overlay	Greedy İletimi	Saklama ve İletme	Hayır	Şehiriçi
CAR	Non-DTN, Beacon, Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
GSR	Non-DTN, Beacon, Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
A-STAR	Non-DTN, Beacon, Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
STBR	Non-DTN, Beacon, Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
GyTAR	Non-DTN, Beacon, Overlay	Greedy İletimi	Saklama ve İletme	Hayır	Şehiriçi
Louvre	Non-DTN, Beacon, Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
GRANT	Non-DTN, Beacon, Non-Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
PRB-DV	Non-DTN, Beacon, Non-Overlay	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
GPSR	Non-DTN, Beacon, Non-Overlay	Greedy İletimi	Saklama ve İletme	Evet	Şehiriçi
GPSR	Non-DTN, Beacon, Non-Overlay	Greedy İletimi	Saklama ve İletme	Evet	Otoyol
CBF	Non-DTN, Non-Beacon	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Otoyol
TO-GO	Non-DTN, Hybrid	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
VADD	DTN	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
GeoOpps	DTN	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi
GeoDTN+Nav	Hybrid	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehiriçi

2.6.2 Topoloji Bazlı Yönlendirme

2.6.2.1 Proaktif Protokoller

Bir mesajın yayılımı için proaktif yönlendirme protokolleri bir yönlendirme tablosu kullanır. Proaktif yönlendirme protokolleri, yüksek mobilitelere sahip yüksek hızlı düğümler (araçlar) nedeniyle uygun olmadığı söylenebilir [19, 20, 21].

FSR

Balıközü Durum Yönlendirme (Fisheye State Routing – FSR), Global Durum Yönlendirme (Global State Routing – GSR) genişletilmesidir. FSR temel olan durum protokol linkine dayanır ki bu yüzden her düğüm bir topoloji haritası oluşturur. Düğümün kaynaktan olan mesafesine bağlı olarak, yönlendirme bilgisi farklı oranlarda güncellenir. Eğer bir düğüm kaynağa yakın ise uzaktan kontrollü bir hedefe göre daha sık olarak güncellenir [19, 23, 24].

Başlangıçta her düğüm boş bir topoloji tablosu ve boş bir yakınlık listesi ile başlar. Yakınlık araştırma mekaniği yeni düğümler kazanılmasını ve mevcutların da devamlılığını sağlar. Sonrasında yerel değişkenler devreye girer. Sonrasında ağ içerisinde yer alan Bağ Durum Paketleri (Link State Packets – LSP) yayılım mekaniği bilgisinin kullanımı ile oluşturulur. FSR’ de her düğüm LSP’ lerden oluşan bir veri tabanına sahiptir. Bu veri tabanı sayesinde, protokol için güzergah tablosu oluşturmak için rota hesaplama mekaniği düğüm tarafından oluşturulabilir [19, 23, 24].

Avantajları:

- Tüm ağ yerine, sadece yakın düğümlerin kullanımı ile topoloji tablosunun periyodik değişimi.
- Yönlendirme ek yüklerinin azaltımı.

Dezavantajları:

- Düşük yoğunluklu tasarsız ağlarda zayıf performans göstermesi.

- Ağ büyüklüğüyle lineer olarak büyüyen yönlendirme tabloları.
- Uzak düğümler hakkında düşük bilgi seviyesi.
- Rota oluşturmada yetersiz bilgi seviyesi olması.

2.6.2.2 Reaktif Protokoller

Reaktif protokolleri sadece ihtiyaç duyulan durumlarda rota hazırlar. Bu yüzden eğer bir düğüm aralarında herhangi bir güzergahı bulunmayan bir diğer düğüm ile iletişim kurmak isterse, reaktif yönlendirme protokolü bir rota oluşturmayı deneyecektir [19, 20, 21].

AODV

Talep Bazlı Tasarsız Mesafe Vektörü (Ad-hoc On-Demand Distance Vector – AODV) adım adım ilerleme metoduyla hareket eder. AODV, ağdaki tüm düğümlerin katılımı ile çok adımlı dinamik rotaya imkan sağlar. AODV’ de düğümler yeni hedef noktalar için hızlıca rotaları oluşturur ve düğümler rotaların devamına ihtiyaç duymadığında ise inaktif pozisyonda olacaktır [20, 21, 23].

Avantajları:

- Hedef lokasyon ardışık numaraları son rotanın tanımlanması.
- Rota tekrarını önlemek için tanımlanması.
- Düşük bağlantı ayar gecikmesi yaşanması.
- Geniş ölçekli tasarsız ağlara entegre olabilmesi.

Dezavantajları:

- Orta seviye düğümlerinin eski ve tutarsız rotaları olabilmesi. Bu durum eğer kaynak ardışıl numaraları mevcut kaynak ardışıl numaralarından eski ise yaşanmaktadır.
- Yüksek yayın ek yükü getirmesi.
- Periyodik işaretlemeye bağlı olarak aşırı bant genişliği kullanımı.

AODV-VANET

AODV-VANET' in hedefi VANET özellikleri ile AODV' nin yönlendirme protokolünü bir araya getirerek rota araştırma sürecini geliştirmektir. AODV yönlendirme protokolü, ağ değişimlerine hızlıca tepki verebilmesi ve etkin rota araştırma metodundan ötürü seçilmiştir. AODV-VANET, Rota Toplam Yükünü (Total Weight of the Route – TWR) sunmaktadır [25].

Avantajları:

- TWR ve tahmini bitiş süresi AODV-VANET' in daha iyi rota performansı göstermesini sağlar.
- AODV' ye göre daha düşük bant genişliği tüketimi olması.
- AODV' ye göre daha tutarlı hat kurulabilmesi.
- Bağlantı Kurulum süresinin daha kısa olması.
- Daha geniş ölçekli tasarsız ağa uyarlanabilmesi.

Dezavantajları:

- AODV gibi, Orta seviye düğümlerinin tutarsız rotaları olabilmesi olup eğer kaynak ardışıl numaraları mevcut kaynak ardışıl numaralarından eski ise yaşanmaktadır.
- Çoklu RREP' lerin tekil RREQ' ya cevap vermesine bağlı olarak daha yoğun ek yükü kontrol edebilmesi.

TORA

Geçici Sıralı Yönlendirme Algoritması (Temporarily Ordered Routing Algorithm – TORA) hat tersine dönme algortimasının arttırılmış versiyonudur. TORA' da kaynak kod, gönderici düğüm tarafından yayınlanan paketlerin ve ağacın kaynağı durumundadır. Eğer bir paket alınır ve komşu düğüm düşen hatta ise, komşu düğümler paketleri direk çevrimsiz grafiğe (Direct Acyclic Graph – DAG) göre tekrar yayınlamaktadır [19, 23, 26, 28].

Avantajları:

- Gerekli olduğunda DAG oluşturulması.

- Tekrar yayın için sadece orta seviye düğümlerde değil, TORA' nın ağdaki ek yükü azaltabilmesi.
- Yoğun bir ağda da iyi performanslı olması.

Dezavantajları:

- Ölçeklenebilir olmaması.
- AODV ve DSR' ye göre daha kötü performans sunması.

DSR

Dinamik Kaynak Yönlendirme (Dynamic Source Routing – DSR) paket ek yük ölçөгünü talebe bağılı olarak protokolün çalıştırılması gibi otomatik olarak yönlendirir. Gelen talebe bağılı olarak çalıştırılması için, DSR her noktada süreklilik için yönlendirme tablosunu baz alır. Bunun anlamı bir rota, düğüm talep ettiğinde talebe uygun olarak form alır. DSR iki temel mekanizmadan oluşur: Rota araştırma ile Rota Devamlılığı. Bu iki mekanizma, düğümlerin hedef lokasyonlar için rota araştırması ve rotaların sürekliliğini sağlamak için bir arada çalışmaktadır [23, 26, 27].

Avantajları:

- İşaretsiz olması.
- Veri saklama (cache) yaptığı için ağda küçük ek yükler oluşması.
- Periyodik güncellemelere ihtiyaç duymaması.

Dezavantajları:

- Eğer ağda çok fazla düğüm varsa çoklu ek yük oluşması.
- Yüksek bant genişliği kullanımı ile gereksiz paket gönderimi oluşması.
- Yüksek mobilize modeller ile uygulamalar için uygun olmaması.

2.6.2.3 Hibrid Protokoller

Hibrid protokoller yada hibrid yönlendirme protokolleri, proaktif yönlendirme protokollerince oluşan kontrol yükünün ve reaktif yönlendirme protokollerince oluşan rota araştırma gecikmelerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır [19, 21].

ZRP

Bölgesel yönlendirme protokolü (Zone Routing Protocol – ZRP) rotaların sürekliliğini sağlamak üzere bölgesel olarak hareket etmektedir. ZRP her düğümde bölge merkezli topolojik harita sunar. Böylece proaktif ve reaktif topoloji bazlı protokoller bir araya getirilmiş olur. Eğer hedef lokasyon bölgenin dışında bir alanda ise ZRP rota araştırma prosedürünü işletmektedir [29, 30].

Avantajları:

- Proaktif ya da reaktif yönlendirmeye kıyasla trafik yoğunluğunun azaltılması
- Geniş ağlarda performanslı çalışması

Dezavantajları:

- Karmaşıklık artması

HARP

Hibrid Tasarsız Yönlendirme Protokolü (Hybrid Ad-hoc Routing Protocol – HARP) bölümleri bölgelerdeki ağ içerisinde ek yük oluşturmadan kaynak düğümden hedef düğüme doğru tutarlı bir yol üretir. HARP gecikme süresini iyileştirme adına bir süreç yürütür. Hedef lokasyonuna bağlı olarak HARP, bölgeler arası ya da bölge içi yönlendirme kullanır. Bölge içinde proaktif protokoller kullanırken bölgeler arasında ise reaktif protokoller kullanır [31].

Avantajları:

- Ağdaki akışı sınırlanması ve bölgelerdeki rota araştırmasının uygulanabilmesi.
- Tutarlılık kriterine uygun olarak seçilmiş daha güçlü rotalar sağlanması.

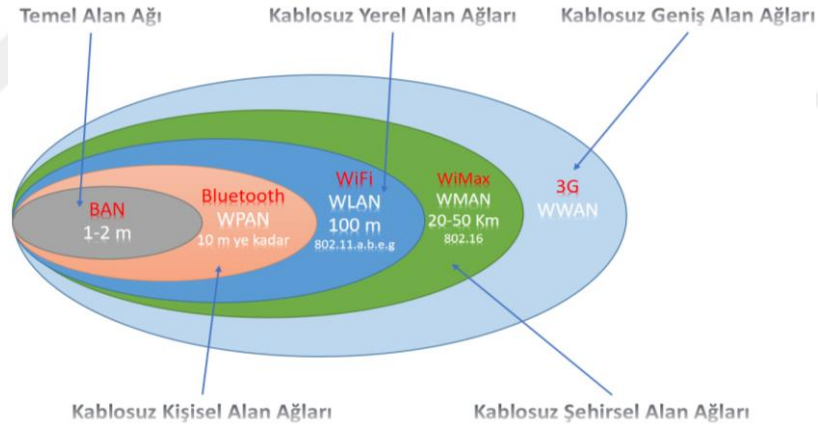
Dezavantajları:

- Yüksek mobilitedeki ağlar için uygulanabilir olmaması.

Tablo 2.4 : VANET Topoloji Bazlı Yönlendirme Protokolleri Karşılaştırması

Yönlendirme Protokolü	Tip	İletim Tipi	Geri Kazanım Tipi	Dijital Harita Gerekliliği	Senaryo Tipi
FSR	Proaktif	Çoklu Sekme	Çoklu Sekme	Hayır	Şehir içi
AODV	Reaktif	Çoklu Sekme	Saklama ve İletme	Hayır	Şehir içi
AODV-VANET	Reaktif	Çoklu Sekme	Saklama ve İletme	Hayır	Şehir içi
TORA	Reaktif	Çoklu Sekme	Saklama ve İletme	Hayır	Şehir içi
DSR	Reaktif	Çoklu Sekme	Saklama ve İletme	Hayır	Şehir içi
ZRP	Hibrid	Çoklu Sekme	Saklama ve İletme	Hayır	Şehir içi
HARP	Hibrid	Çoklu Sekme	Saklama ve İletme	Hayır	Şehir içi

2.7 KABLOSUZ ERİŞİM TEKNOLOJİLERİ

**Şekil 2.10 : Kablosuz Erişim Teknolojilerinin Sınıflandırılması**

Kablosuz mobil ağlar geleneksel hücre konseptine bağlı olarak, sabit ağ altyapılarında erişim noktaları (Access Point – AP) ile iletişim kuran cihazlar üzerine şekillenmiştir. Erişim için dış ortamlarda olduğu gibi geniş alanlar ile yerel ağ alanlarına servis erişimi ve destekleyici bir ağ servisi gereklidir. Kablosuz ağ erişimlerine tipik örnek olarak; limitli erişim oranı ile uluslararası ağ erişimi sunan hücresel ağlar; kablosuz bölgesel ağlar (Wimax / IEEE 802.16 gibi) ve 3. Nesil (Third Generation – 3G) gibi kablosuz geniş alan ağlarıdır [49].

Kablolu haberleşme teknolojisini geliştirirken beraber kablosuz haberleşme teknolojisi de özellikle son yıllarda kullanıcıların istediği zaman istediği yerden erişimi ile kullanabileceği

farklı ortamlardaki çeşitli protokollerin de gelişimi ile paralellik göstermiştir. Şekil 2.10' da haberleşme teknolojisi ve tasarsız ağlara bağlı Bluetooth (WPAN, IEEE 802.15), Wifi (WLAN, IEEE 802.11), Wimax (WMAN 802.16), 3rd Generation (WWAN) gibi kapsama alanları da herhangi bir zamanda ve konumda uygun servislerin, çeşitli ağların entegrasyon avantajları ile daha fazla servis kalitesi ve performans sağlanmıştır [49].

2.7.1 Kablosuz Erişim Teknolojileri

Kablosuz ağlar bir kablosuz Yerel Alan Ağı (Local Area Network – LAN) bağlantısı ile erişim noktalarına bağlantı için orta mesafe erişiminde radyo ağları kullanır. WLAN'ın ilk prototipi 1997 yılında üretilirken 802.11a ve 802.11b 1999 yılında oluşturulmuştur. 802.11b kablosuz erişim protokolü 11Mbps transfer hızına sahipken 802.11a ve 802.11g' de transfer hızı 54 Mbps seviyelerine kadar çıkmakta. Erişim Noktaları (Access Point – AP) pahalı olmayıp kurulumu kolay olduğu için geniş kullanıma sahiptir. Tipik olarak Wifi kablosuz erişimi şirketlerde, okullarda ve her tür bireysel kullanımda internet erişimi için kullanılır. Bu nedenle Wifi erişimi popülerdir. Bununla birlikte Wifi sadece kısıtlı küçük bir alanda iken 802.16 WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) daha geniş alanda erişim için Wifi erişim teknolojisine alternatiftir. Bu nedendir ki WiMax, 70 mil (112 km.) mesafede 70 Mbps den daha fazla transfer hızına ulaşabilir. Ayrıca WiMax orjinal 2G (2nd Generation) erişimin yerini alıp 3G ile yarışmaktadır. Ayrıca düşük iletim oranı ve verimsiz ses ve vide bilgisi iletim desteği ile kablosuz 3G telefon, UMTS (Uzun Mesafe Telefon Sistemleri) ve CDMA2000 teknolojileri yüksek hızlı transfer hızı ile 2G erişimin yerini almıştır [50].

2.7.2 Erişim Teknolojileri Jenerasyonları

İlk jenerasyon (1G) 80' li yılların başında Gelişmiş Mobil Telefon Hizmetleri (Advanced Mobile Phone Service – AMPS) hücreli ağların kurumsal gelişimi ile başlamıştır. İkinci nesil (Second Generation – 2G) ise 90' larda mobile operatörlerin iki dijital ses standardını geliştirmesi ile gündemimize girmiştir. Kuzey Amerika'da bazı operatörler IS-95 ile uygularken, dünya genelinde ise bir çok telekom operatörü Mobil Haberleşme Küresel Sistemi (Global System for Mobile – GSM) standardına geçiş yaptı. Uluslararası Telekomünikasyon

Birliği (The International Telecommunications Union – ITU) Üçüncü Nesil (Third Generation – 3G) mobil haberleşme standartlarını tanımlamıştır. Ayrıca Üçüncü nesil mobil erişim standartları, yüksek hızlı radyo erişimi, optimize edilmiş multimedya erişimleri için internet erişimi sağlamıştır. Örneğin GSM, sadece ses değil ayrıca 14.4 Kbps hızlarına kadar devre anahtarlı erişimi sağlamıştır. Fakat mobil multimedya uygulamalarının desteği için 3G, paket anahtarlı verileri daha yüksek hızlarda daha verimli halde sunmuştur. Veri hizmetlerinin mesafe ve kapasiteleri dijital mobil sistemlerince desteklenirken servis sağlayıcılar kendi ağ yapılarını 3G teknolojilerinden birine yükseltmek durumunda kalmıştır. Bu destek bina içi ortamlarda 2 Mbps iken dış ortamlarda 384 Kbps seviyelerinde olmuştur [51].

Tablo 2.5 : Nesil Bazlı Kablosuz Erişim Teknolojileri ve Özellikleri

1G	2G	2.5G	3G	3G Sonrası	4G
<ul style="list-style-type: none"> Analog Ses NMT & AMPS 	<ul style="list-style-type: none"> Dijital Ses GSM, PDC, IS-95A, IS-136 	<ul style="list-style-type: none"> Ses + Veri GPRS, HSCSD, EDGE, IS-95B 	<ul style="list-style-type: none"> Multimedya Servisleri WCDMA, CDMA 2000 	<ul style="list-style-type: none"> Genişbant Multimedya HSPA, WiMAX, UMTS-LTE, CDMA 2000, IxEV 	<ul style="list-style-type: none"> Yaygın Ağlar IMT-A
<ul style="list-style-type: none"> FM Modülasyonu Analog Anahtarlama Hücreyel Konsept 	<ul style="list-style-type: none"> Dijital Modülasyon Hata Kontrolü Veri Sıkıştırma Yüksek Ses Kalitesi 	<ul style="list-style-type: none"> Ses + Veri 2G den Daha Yüksek Oran 	<ul style="list-style-type: none"> Her zaman ve her yerden multimedya imkanı Paket Bazlı Veri Yüksek Kapasite 	<ul style="list-style-type: none"> Genişbant Multimedya Yüksek Veri Oranı Yüksek QoS Yüksek Genişbant Alanı 	<ul style="list-style-type: none"> Heterojen Ağlar Adaptif Arayüz Garantili QoS Geniş Alanda Genişbant İmkanı
<ul style="list-style-type: none"> FDMA 	<ul style="list-style-type: none"> TDMA/CDMA 	<ul style="list-style-type: none"> TDMA/CDMA 	<ul style="list-style-type: none"> WCDMA 	<ul style="list-style-type: none"> WCDMA/OFDMA 	<ul style="list-style-type: none"> OFDMA
<ul style="list-style-type: none"> Çok Düşük Oran 	<ul style="list-style-type: none"> 9.6 - 28.8 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> 57 - 115 kbps 	<ul style="list-style-type: none"> 0.144 – 2 Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> 10'larca Mbps 	<ul style="list-style-type: none"> 100'lerce Mbps
<ul style="list-style-type: none"> 1970ler/1980ler 	<ul style="list-style-type: none"> 1982/1992 		<ul style="list-style-type: none"> 1992/2001 	<ul style="list-style-type: none"> .../2007,2012 	<ul style="list-style-type: none"> 2017

2.7.3 Wi-Fi

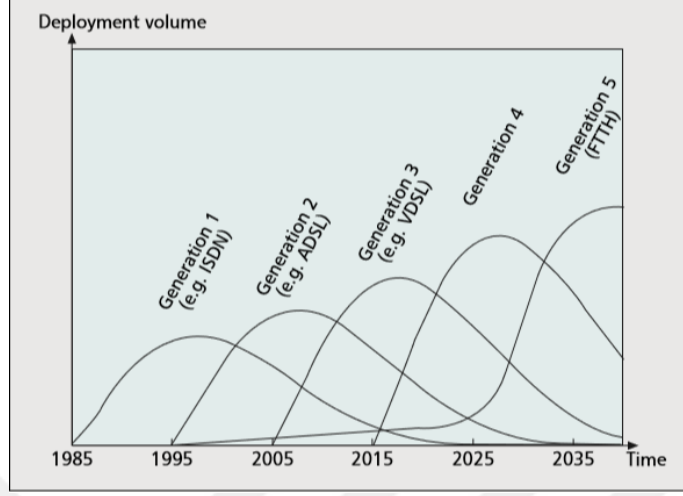
Wi-Fi, Tablo 2.6' da özetlenmiş olan WMAN üretimi için 802.11, 802.11a (54 Mb üst bant genişliği ile), 802.11b (11 Mb üst bant genişliği ile) ve 802.11g (54 Mb üst bant genişliği ile) standartları ile kablosuz haberleşme sistemlerini kullanır. Bu terim WiFi tarafından farklı firmalarda IEEE 802.11 standardı ile Kablosuz Yerel Ağ (Wireless Local Area Network – WLAN) iletişimini sağlar ve önerir. WLAN için IEEE 802.11a, b, g gibi kablosuz erişim alanları ve 802.16 standardı WMAN için tasarlanmıştır [50, 51, 52].

Tablo 2.6 : Kablosuz Erişim Protokol Standartları ve Karşılaştırma

Standartlar	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n
• Yıllar	• 1997	• 1999	• 1999	• 2003	• 2009
• Bantgenişliği (GHz)	• 2.4 – 2.4835	• 2.4 – 2.4836	• 5.15 – 5.35 • 5.725 – 5.825	• 2.4 – 2.4835	• 20 -40
• Kanal Bantgenişliği	• 83.5 MHz	• 83.5 MHz	• 300 MHz	• 83.5 MHz	• 40 MHz
• Kapsama Mesafesi	• 100 m	• 100 m	• 50 m	• 100 m	• 10 m – 250 m
• Modülasyon Tipi	• DBPSK, DQPSK	• DBPSK, DQPSK	• M-PSK, MQAM	• M-PSK, M-QAM	• OFDM
• Maksimum Hız Oranı (bps)	• 1M / 2M	• 1M / 2M / 5.5M / 11M	• 6M den 54M	• 6M den 54M	• 54M – 60M
• Modülasyon Tipleri	• FHSS, DSSS	• DSSS, CCK, PBCC	• OFDM	• OFDM, CCK	• OFDM

Dördüncü nesil iletişime (Fourth Generation Broadband Communication – 4G) baktığımızda, veri iletim hızı 100 Mb/s ile 1 Gb/s aralığında olup 3. Nesil iletişime göre çok daha hızlı olmaktadır. Bu seviyedeki iletim için daha kısa iletim çevrim mimarisine ihtiyaç duyulmaktadır. Dördüncü nesil iletişim, sabit geniş bant (Fixed Broadband Access Technology) erişim teknolojisi bakır tabanlı iletişimden fiber iletişime mimarisine doğru evrilmeyi gerektirmiştir [53].

Şekil 2.11’ de kablosuz erişim teknolojileri sırasıyla gelişim / zaman eğrisinde gösterilmiştir. Önceki yıllardan gelen verilere göre her iletişim teknolojisi arasında yaklaşık 10 yıl olduğu öngörülmüştür. Ancak hızla gelişen yeni nesil teknolojiler ile beraber 4. Ve 5. Nesil iletişim teknolojilerinin öngörülen yıllardan daha hızlı teste ve sonrasında günlük hayatımıza girdiği ya da gireceği öngörülebilir. İlk adım Nesil 0 ve Nesil 1 dediğimiz dönemde ses modemlerinden başlamıştır. 4G ise 3G’ den 10 kat daha hızlı olan 1 Gb/s hızını en son dağıtım noktası (Distribution Point – DP) ve vektör teknolojisini kullanarak ulaştırır. 4G sonrasında ise hayatımıza girmek üzere testleri devam eden 5. Nesil Haberleşme Teknolojisi ev kullanıcıları için 10 Gb/s hızlarını sağlayacaktır [53].



Şekil 2.11 : Kablosuz Erişim Teknolojileri Gelişim/Zaman Eğrisi [53]

2.8 VANET DE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

VANET' de karşılaşılan zorlukları iki kategori halinde görmek mümkündür:

2.8.1 Teknik Zorluklar

VANET' de karşılaşılan teknik sorunlar ve bu sorunların çözümleri ise şöyle olabilir.

2.8.1.1 Ağ Yönetimi

Ağ topolojisi ve kanal koşulları VANET' de yer alan araçların mobilite durumlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, topolojideki değişimlere uyum sağlayacak ve sürekliliği devam ettirecek yapılar oluşturulamayacağı için ağaç iletişim yapısı kullanılamamaktadır [54].

2.8.1.2 Yoğunluk ve Çarpışma Kontrolü

VANET' de bir diğer zorluk, özellikle şehiriçinde geceleri ve kırsal bölgelerde de trafik yoğunluğunun düşük olması ile sınırlandırılmış ağ büyüklüğü nedeniyle oluşmakta. Bundan ötürü de trafiğin yoğun olduğu zaman aralıklarında bağlı olarak ağ yapısında da sıkışıklık ve yoğunluk yaşanmaktadır [54].

2.8.1.3 Çevresel Etki

Araçlar arasında iletişim için elektromanyetik dalgaların kullanımı nedeniyle oluşmaktadır. Bu dalgalar ise çevredeki ağaç ve binalar gibi engellerden dolayı oluşmakta. Bu nedenle VANET tasarımı ve uygulamalarında çevresel etki de düşünölmelidir [54].

2.8.1.4 MAC Tasarımı

Genelde VANET ortak paylaşımı araçlar tarafından iletişim için kullanılırken buradaki kilit nokta ise MAC tasarımıdır. IEEE 802.11 de CSMA, TDMA ve SDMA gibi çeşitli yaklaşımlar ile VANET için MAC tabanlı CSMA araçlar arası iletişimde protokol tasarımı için entegre edilir [54].

2.8.1.5 Güvenlik

VANET tarafından sağlanan yol güvenliği hayati önem taşır. Bu nedenle güvenlik amaçlı iletilen mesajların tatmin edici olması gereklidir [54].

2.8.2 Güvenlik Zorlukları

VANET mimari tasarımında, güvenlik protokolleri, kriptografik algoritması gibi güvenlik konularının değerlendirilmesi, düşünölməsi gereklidir. Bazı güvenlik zorlukları şu şekilde sıralanabilir. [54].

2.8.2.1 Gerçek Zamanlı Kısıtlar

Güvenlikle ilgili mesajlar taşıdığı önem nedeniyle VANET' de 100ms iletim gecikmesi ile iletilmesi gereklidir. Bu yüzden hızlı kriptografik algoritması gerçek zamanlı kısıtların önüne geçmek için kullanılabilir [54].

2.8.2.2 Veri Tutarlılığı

VANET’ de kötü niyetli aktiviteler tanımlı/izinli düğümler tarafından gerçekleştirilebilmekte olduğu için ağda kazalarla karşılaşılabilir. Bu yüzden tutarsızlığı ortadan kaldıracak bir mekanizma kurulmalıdır. Farklı araçlardan alınan özelleştirilmiş verilerde bu tür tutarsızlıkların önüne geçilmesi gerekir [54].

2.8.2.3 Hatalara Karşı Düşük Tolerans

VANET’ deki olasılık temellerine dayalı kesin protokoller tasarlanmıştır. VANET kısa sürede gerçekleşen kritik hayati bilgileri kullanır. Bu durum olasılık algoritmasında küçük bir hataya da neden olabilir [54].

2.8.2.4 Anahtar Dağılımı

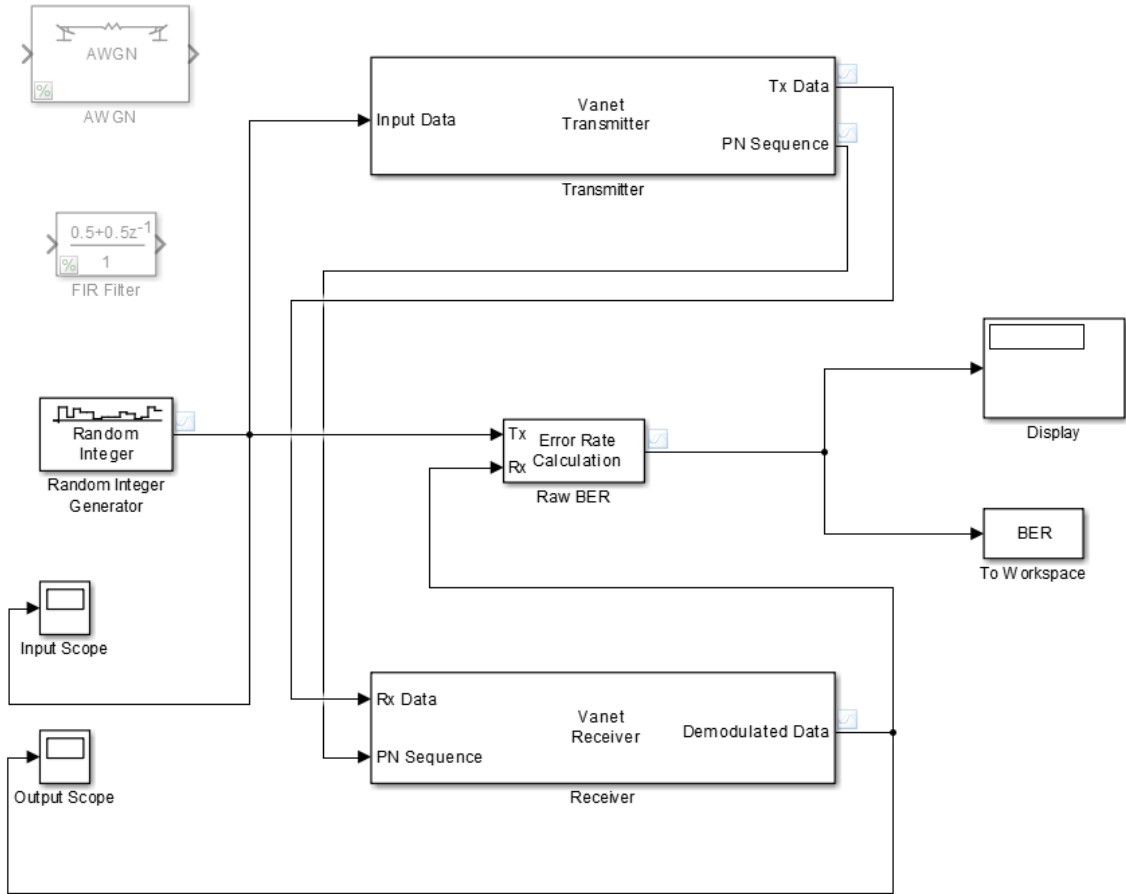
VANET’ de tüm entegre edilmiş güvenlik mekanizmaları anahtarlara bağımlıdır. Alıcıda gelen mesajın çözülmesi için farklı ya da aynı tarzda bir anahtar kod olmalıdır. Farklı üreticiler farklı yollarda ve çeşitlerde anahtarları oluşturabilirler. Bu yüzden güvenlik protokollerinin tasarımı gibi önemli bir zorluk da araçlar arasında anahtarların dağılımıdır [54].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 VANET UYGULAMASI

Uygulama olarak iki adet aracın belirli hızlarda iki farklı senaryoda farklı rotalar şeklinde hareket ettirilmesi planlandı. Belirlenen güzergah üzerinde rotanın başı ve sonu arasında yer alan düğümler ile ölçümlerin yapılması sağlandı. Ayrıca iki araç kendi rotalarında kendi hızları ile hareket halinde iken aralarındaki haberleşme sırasında iletişim kanalı ortamı kaynaklı girişimlerin de sinyale olan etkileri ayrı ayrı çıktı olarak gösterildi.

3.1.1 Sistem Tasarımı



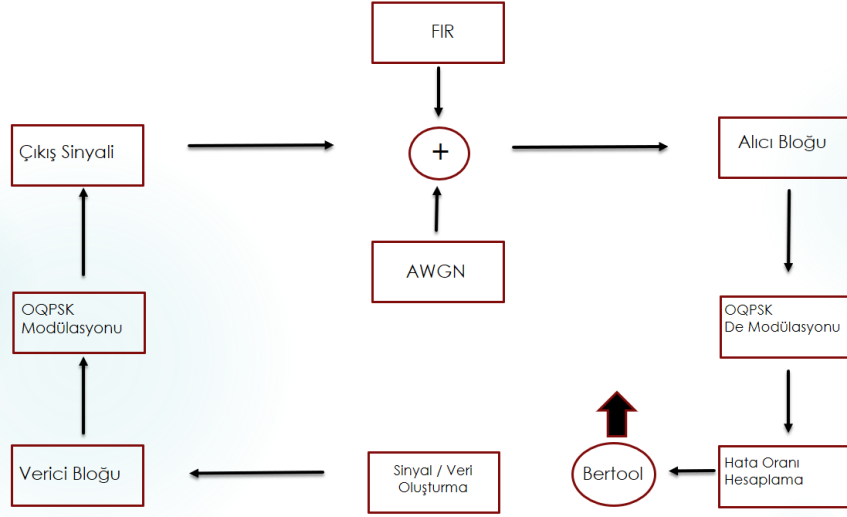
Şekil 3.1: Alıcı – Verici Sistem Tasarımı

Araçların vektörel düzlemde hareket edebilmesi için hazırlanmış olan matlab kodlarının dışında sinyal üretimi ve araçlar arası haberleşme için aşağıdaki bloklar Şekil 3.1' deki tasarıma dahil edilmiştir.

- Random Integer Generator
- Vanet Verici (Transmitter)
- Vanet Alıcı (Receiver)
- AWGN Modülü
- FIR Filtre Modülü
- Error Rate Calculation (Raw BER)
- Input Scope
- Output Scope
- To Simout
- Display

Tasarımda Alıcı ve Verici blokları içerisinde dijital sinyal gönderimi sağlayan OQPSK modülasyonunu baz alan sistem kullanılmıştır. Böylece faz kaymalı olan bu sistem ile simülasyonda araçlar arası iletişim sırasında giriş ve çıkış noktalarında faz farkları da gözlemlenmiştir. Random Integer Generator bloğu ile sinyal üretimi yapılmış olup simülasyonda kullanabilmek amacı ile sisteme uygun olarak boolean tipi sinyal tercih edilmiştir.

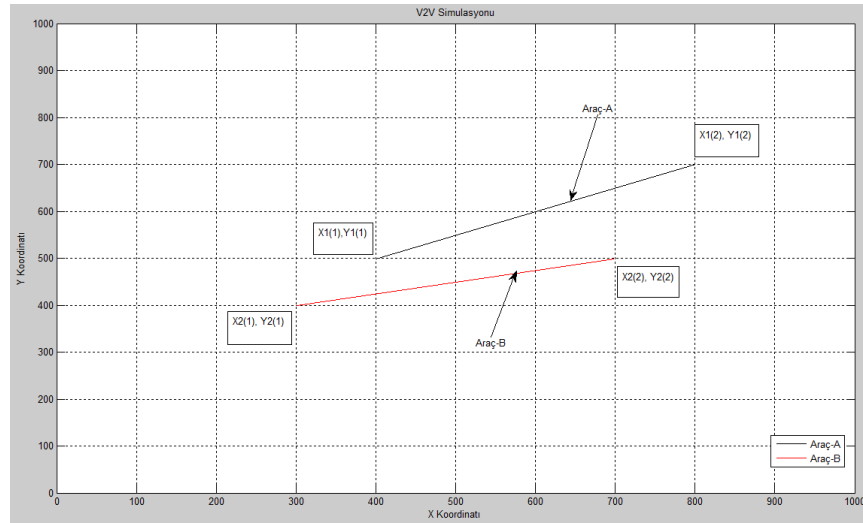
3.1.2 Simülasyon İş Akış Diyagramı



Şekil 3.2: VANET Simülasyon İş Akış Diyagramı

3.1.3 Simülasyon Tasarımı

Şekil 3.3' de görülebildiği üzere Senaryo-1 kapsamında Araç-A ve Araç-B için rotaları X-Y düzleminde çizdirildi. X-Y düzleminde ekran boyutu 1000x1000 olarak belirlendi. Bu düzlemde iki aracın izlediği rota üzerinde aralarındaki mesafe hesaplanmaktadır.



Şekil 3.3: Senaryo-1 İçin Araç Hareket Rotaları

3.1.4 Araçların Tanımlanması

Araç-A ve Araç-B arasında iletişimi yapılacak olan araçlar ve belirtilmiş olan rotalar için tanımlamalar aşağıdaki Şekil 3.4' de gösterildiği üzere Matlab'de tanımlanmıştır.

```

1 - axis([0 1000 0 1000]);           % Ekran boyutunun 1000 olarak ayarlanması
2 - DELAY=0.5;
3 - DELAY1=0.45;
4 - [x1,y1] = ginput(2);           % Hat1 için kullanıcıdan giriş
5 - line(x1,y1,'color','black');   % Yolun çizilimi (Yol1)
6 - hold on ;
7 - [x2,y2] = ginput(2);           % Hat2 için kullanıcıdan giriş
8 - line(x2,y2,'color','red');     % Yolun çizilimi (Yol2)

```

Şekil 3.4: Araçların Matlab'de Tanımlanması

3.1.5 Rotaların Hazırlanması

Şekil 3.3'de Araçların üzerinde hareket edeceği rotalar da tanımlanmıştır. Rotaların 1000X1000 boyutundaki alan üzerinde istenildiği noktadan noktaya olacak şekilde seçilebilmesi sağlandı. Bu simülasyonda araçlar için belirlenmiş olan rotaları üzerinde koordinat değişimleri ise Şekil 3.5' deki tanımlanmış olup şu şekildedir:

Senaryo – 1 :

Araç A: X koordinat değişimi: 400 → 800

Y Koordinat değişimi: 500 → 700

Araç B: X koordinat değişimi: 300 → 700

Y Koordinat değişimi: 400 → 500

Ya da başka bir gösterim ile belirtmek istenirse;

X1(1),Y1(1) = 400,500

X1(2),Y1(2) = 800,700

X2(1),Y2(1) = 300,400

X2(2),Y2(2) = 700,500

```

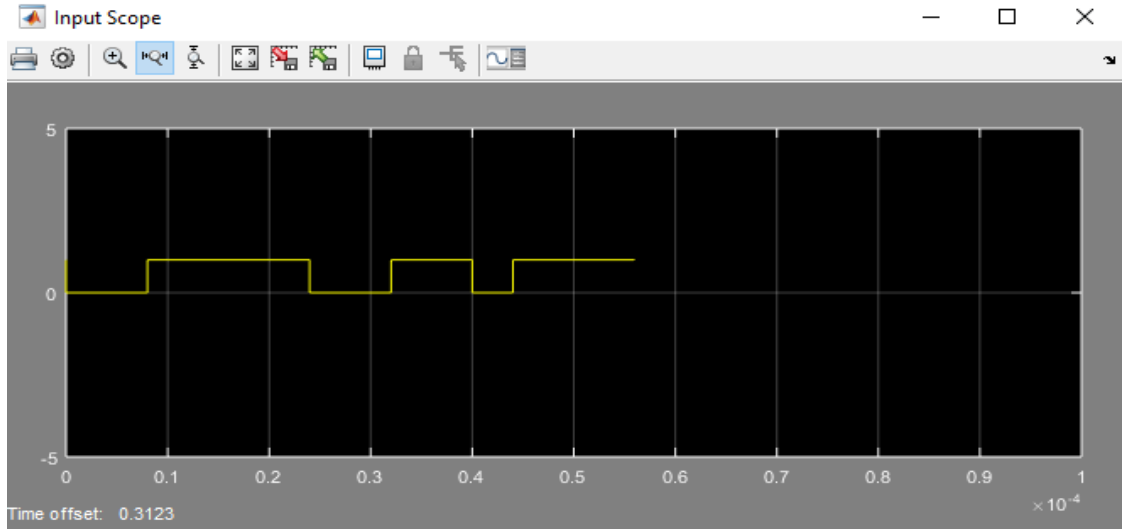
22 - for i=1:1000
23 -     for k = 1:speed_newl           % Linspace deki tüm değerler için
24 -         first_vehicle.XData = point1(k); % İlk araca ait x koordinatı
25 -         first_vehicle.YData = point2(k); % İlk araca ait y koordinatı
26 -         second_vehicle.XData = point3(k); % İkinci araca ait x koordinatı
27 -         second_vehicle.YData = point4(k); % İkinci araca ait y koordinatı
28 -         plot(point1(k),point2(k),point3(k),point4(k));
29 -         vehicle_dist=[point1(k),point2(k);point3(k),point4(k)]; % İki aracın konumu arasındaki Euclidian mesafesinin hesaplanması
30 -         distance1= pdist(vehicle_dist,'euclidean');

```

Şekil 3.5: Araç Rotaları Koordinat Değişimlerinin Hesaplanması

3.1.6 Sinyallerin Oluşturulması

Bu koordinat düzleminde iki araç hareket halinde Araç-A' dan alıcı Araç-B' ye gönderilecek sinyal halinde vericiden alıcı araca sinyallerin iletimi yapılacaktır. Sinyal üretimi Random Integer Generator blok elemanı ile Şekil 3.6' daki gibi rastgele kare sinyaller üretildi.



Şekil 3.6: Üretilmiş Örnek Kare Giriş Sinyali

Aradaki kanalda da Toplamsal Beyaz Gauss Gürültüsü (Additive White Gaussian Noise - AWGN) ve kanaldan kaynaklı Alçak Geçiren Filtre (FIR) etkileri de ayrı ayrı hesaplanarak alıcı tarafta çıktı olarak gösterilecektir.

3.1.7 Kanal Etkileri

İki araç hareket halindeyken aralarındaki sinyal iletişim sırasında tüm verilerin ve sinyalin eksiksiz ve sağlıklı şekilde hedefe ulaşmasını sağlamak idealde ana hedeftir. Ancak gerçek ortamda baktığımızda ise aşağıdaki gibi çeşitlendirilen farklı tipte ve özellikle etkileşimler sinyal hedefe ulaşım oranlarını, sinyali gücünü ve frekansı gibi değerleri etkilemesi beklenmektedir.

VANET sistem performansı ve tasarımında en kritik rollerden birini VANET Radyo Kanalın karakteristiği almaktadır. Çoklu-Yol ya da Boş Alan Propagasyon etkisi iletilen elektromanyetik sinyalin yol üzerindeki çeşitli engellerden (çeşitli büyüklükte ve özellikte olan binalar, diğer araçlar, yol yüzeyi, ağaçlar ve diğer engeller) oluşmaktadır.

En önemli fiziksel etkiler metal obje yüzeylerinden sinyallere yayılım ve yansıma etkisi olup 5.9 GHz frekans aralığı içerisinde binalar elektromanyetik sinyal dalgaları üzerinde Gölgeleme (Shadowing) etkisi oluşturmaktadır. Bu etkiler binaların yüksek yoğunluklu olduğu şehir içi senaryolarında araçlar arası iletişimi de etkilemektedir. Objeler arasında etkileşimlere bağlı olarak sinyal alıcıya farklı yollardan ulaşmaktadır. Her yol da sinyal gücünü, fazını ve propagasyon zamanını yolların uzunluklarına ve objeler arası etkileşime bağlı olarak da etkilemektedir. Bu nedenle alıcı tarafta farklı yollardan gelen sinyal parçalarının bindirilmesini tespit etmektedir. Bu etki ayrıca “Yayılım Gecikmesi” olarak adlandırılır.

- Toplamsal Beyaz Gauss Gürültüsü (AWGN)
- Alçak Geçiren Filtre (FIR)

3.1.7.1 Beyaz Gauss Gürültüsü

Toplamsal Beyaz Gauss Gürültüsü (Additive White Gauss Noise – AWGN) olarak isimlendirilen bu etki, her iletişim kanalındaki bir sinyal için geniş frekans aralığında rastgele radyo

gürültüsü olarak her iletişim kanalı için kategorize edilebilir [57]. Bu çalışmada Toplamsal Beyaz Gauss Gürültüsünün sinyal üzerinde iletimi sırasında BER ve SNR değerlendirmenin değişimi simüle edilecektir.

Beyaz Gauss Gürültüsünü aşağıdaki eşitlikte formülize etmek mümkündür:

$$\text{AWGN} = 10 \log_{10}(\log_2(M) + E_b N_0) \text{ db} \quad (3.1)$$

3.1.7.2 Alçak Geçiren Filtre (FIR)

Bir Alçak Geçiren Filtre olarak FIR filtre yapısı birim geciktirme elemanı, çarpıcı ve toplayıcı olmak üzere üç temel elemandan oluşmaktadır. Birim geciktirme elemanlarının sayısı darbe cevabının sonlu süresini tanımlarken $n-1$ olarak gösterilmiş olan birim geciktirme elemanların sayısı filtrenin derecesini belirlemektedir. Çarpıcı elemanlar ise bağlı oldukları giriş işaretini ilgili filtre katsayısı ile çarpırlar. Yani, k . geciktiricinin çıkışını temsil eden $x(n-k)$ girişine karşılık çarpıcının çıkışı üretilecektir. Toplayıcılar ise, çarpıcı çıkışlarını birbiri ile toplayarak filtreye ait toplam çıkışı üretecektir. FIR filtrenin giriş çıkış ilişkisi aşağıdaki gibi olup burada $x(n)$ giriş işaretini, $y(n)$ ise filtre çıkışını temsil etmektedir [58].

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} b_k x(n-k) \quad (3.2)$$

3.1.8 İşaret Gürültü Oranı (SNR)

İşaret Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio - SNR) olarak adlandırılan bu oran iletimi yapılmak istenen sinyalin; yüzey, ortam, kanal ve diğer gürültü kaynaklarından yayılan gürültü sinyallerine oranı olarak açıklanmaktadır. Yayınlanan sinyalin gürültü sinyallerine oranının desibel (dB) cinsinden değeridir.

$$\text{SNR} = \text{Yayınlanan Sinyal Gücü} / \text{Gürültü Sinyalinin Gücü} \quad (3.3)$$

$$\text{SNR} = P_{\text{sinyal}} / P_{\text{gürültü}} \quad (3.4)$$

$$\text{SNR (dB)} = 10 \cdot \log (P_s / P_n) = 20 \cdot \log (A_s / A_n) \quad (3.5)$$

3.1.9 Bit Hata Oranı (BER)

Bit Hata Oranı (Bit Error Rate – BER) belirli bir iletişim ağında hedef noktaya belirli bir süre içerisinde başarılı iletimi yapılan bit sayısı oranıdır. Bu nedenle gelen olarak bit ölçüğünde veri iletimi bir saniyeye göre oranlanır ve megabit ya da kilobit (Kbps) olarak gösterimi yapılır. Bit oranı ayrıca Veri Transfer Oranı (Data Transfer Rate – DTR) ile benzerdir.

$$\text{BER} = \text{Gönderilen Hata Bit Sayısı} / \text{Toplam Gönderilen Bit Sayısı} \quad (3.6)$$

PSK sisteminde BER değeri aşağıdaki eşitlikle bulunabilmektedir.

$$P_b = Q \left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right) \text{ ya da } P_b = \frac{1}{2} \text{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \quad (3.7)$$

3.1.10 Simülasyon Senaryolarının Çalıştırılması

Simülasyon senaryoları aşağıdaki gibi araç hareket koordinatları verilen iki araç için iki adet senaryo ile tekrarlanacaktır.

Senaryo – 1 Koordinat Bilgileri:

Araç A: X koordinat değişimi: 400 → 800

Y Koordinat değişimi: 500 → 700

Araç B: X koordinat değişimi: 300 → 700

Y Koordinat değişimi: 400 → 500

Ya da başka bir gösterim ile belirtilmek istenirse;

$$X1(1), Y1(1) = 400, 500$$

$$X1(2), Y1(2) = 800, 700$$

$$X2(1), Y2(1) = 300, 400$$

$$X2(2), Y2(2) = 700, 500$$

Senaryo – 2 Koordinat Bilgileri:

Araç A: X koordinat değişimi: 200 → 200

Y Koordinat değişim: 800 → 500

Araç B: X koordinat değişimi: 400 → 400

Y Koordinat değişimi: 800 → 500

Ya da başka bir gösterim ile belirtilmek istenirse;

$$X1(1), Y1(1) = 200, 800$$

$$X1(2), Y1(2) = 200, 500$$

$$X2(1), Y2(1) = 400, 800$$

$$X2(2), Y2(2) = 400, 500$$

Her iki senaryoda da aynı kodlar çalıştırılmakta, aynı sinyaller üretilmekte olup gene iki tip gürültü sinyale dahil edilerek SNR ve BER oranları irdelenir.

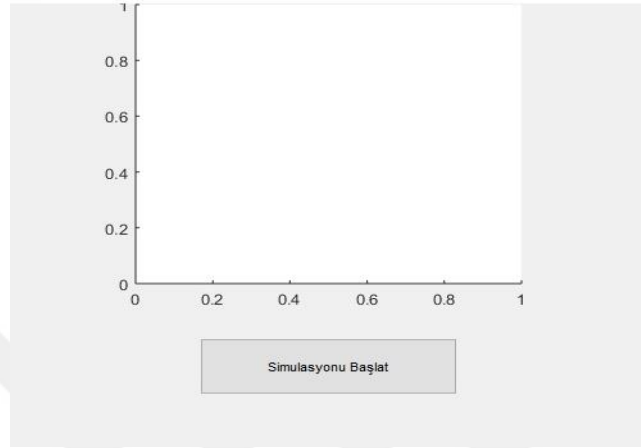
Simülasyonun çalıştırılması sırasındaki adımlar şu şekilde belirtilebilir:

Adım - 1 : Matlab kodu (V2V) ile yazılan araçlar iki senaryoda da belirtilen koordinatlar tanımlı olmak üzere yer alır.

Adım - 2 : Simulink' te tasarımı yapılmış olan Alıcı-Verici sistem tasarımı fonksiyonel olarak Matlab kodlarına bağlanır.

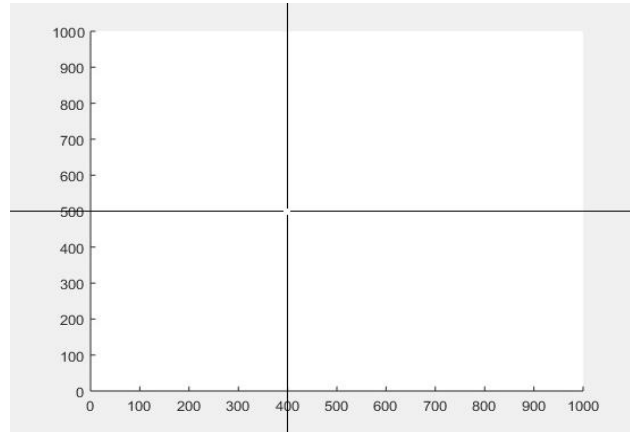
Adım - 3 : GUI olarak tanımlar yapılır.

Adım - 4 : Matlab kodu (V2V) içerisinde Editör → RUN yapılarak simülasyon çalıştırılır. Karşımıza Şekil 3.7’deki gibi görsel ile “Simülasyonu Başlat” butonu çıkar.



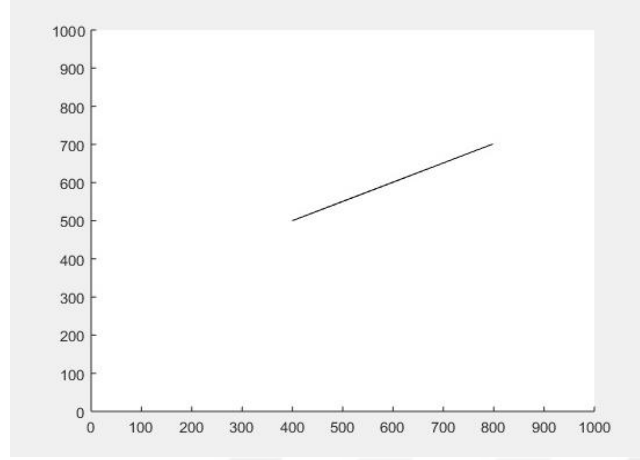
Şekil 3.7: Simülasyon GUI Gösterimi

Adım - 5 : Senaryo - 1 ve Senaryo - 2’ de tanımlanmış olan koordinatlar dikkate alınarak Şekil 3.8’ deki gibi imleç noktasal olarak kaydırılarak seçilir.



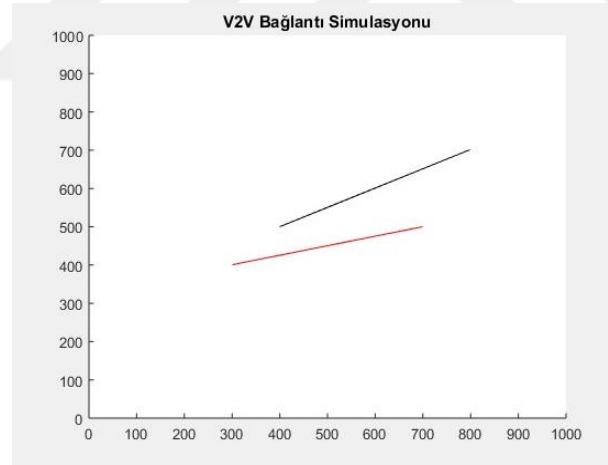
Şekil 3.8: Araç Koordinatlarının Seçimi

Adım - 6 : İlk aracın koordinatı Senaryo - 1 baz alındığında Şekil 3.9’deki gibi çizilebilir.



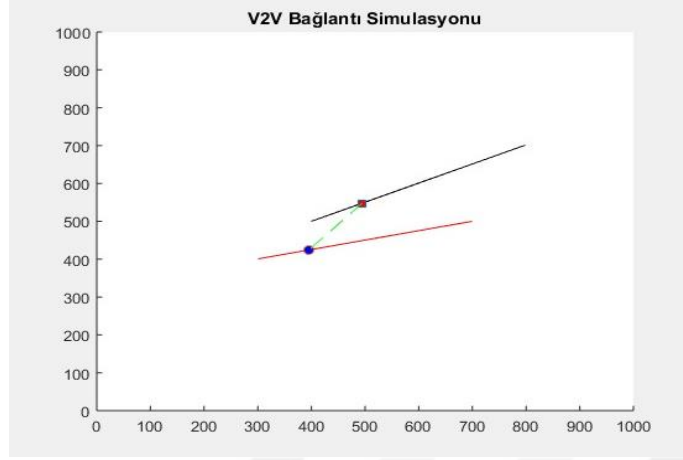
Şekil 3.9: Senaryo-1 için Araç-A Koordinat Çizimi

Adım - 7 : Şekil 3.10' daki gibi Senaryo-1 kapsamında Araç-A ve Araç-B için koordinat çizimleri gerçekleştirilir.



Şekil 3.10: Araçların Koordinat Çizimleri

Adım - 8 : İki aracın koordinatı çizildikten sonra sinyal gönderimi ile haberleşme otomatik olarak araçlar arasında başlayacaktır. Bu sırada sinyal gönderiminin grafiksel gösterimi de Şekil 3.11'deki gibi olacaktır.



Şekil 3.11: Araç-A ve Araç-B Arasındaki İletişimin Gösterimi

4. BULGULAR

4.1 SENARYO ÇIKTILARI VE ANALİZİ

4.1.1 Senaryo-1 Çıktıları ve Analizi

Senaryo -1 kapsamında belirlenmiş güzergahlar aşağıdaki gibidir.

$$X1(1), Y1(1) = 400,500$$

$$X1(2), Y1(2) = 800,700$$

$$X2(1), Y2(1) = 300,400$$

$$X2(2), Y2(2) = 700,500$$

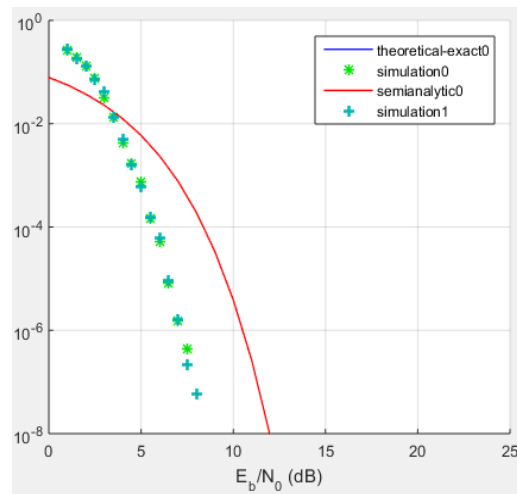
4.1.1.1 Genlik ve Frekans Belirlenerek Yapılan Simülasyon:

Bu gönderimde sinyal özellikleri şöyle belirlenmiştir:

- Genlik (A) : 5000
- Frekans (Hz) : 100 K

Buna bağlı olarak oluşturulan sinyal;

$$Y(t) = \text{Genlik} * \text{Dalga Boyu (Frekans,t)}$$



Şekil 4.1: Senaryo -1 BER-SNR Gösterimi

4.1.1.2 AWGN Eklenecek Yapılan Simülasyon:

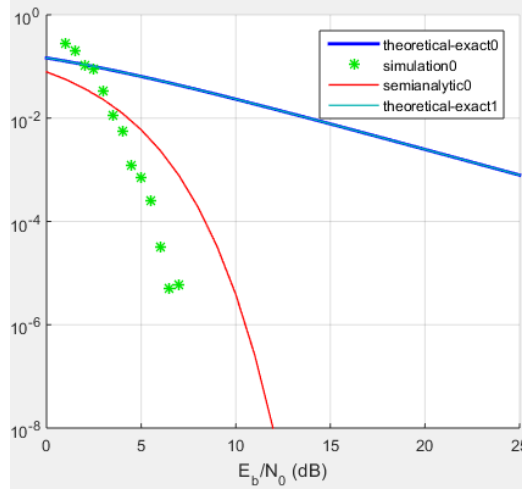
AWGN olarak eklenen beyaz gauss gürültüsü Simulink'de "AWGN Channel" şeklinde blok olarak Verici bloğunun sinyal gönderici ucuna eklenmiştir. Çıkışı ise Alıcı kanala girdi olarak yönlendirilmiştir. Gürültü bloğunun etkisi ile mevcut senaryo için belirlenmiş koordinat uyarınca sinyal gönderimi başlatılmış ve koordinat düzlemindeki düğümlerde sinyal gönderimi yapılarak koordinat sonunda simülasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Buna bağlı olarak Bertool' dan BER-SNR çıktıları aşağıdaki gibi Şekil 4.2'de belirtildiği üzere alınmıştır.

AWGN bloğunda temel alınan özellikler şöyledir:

Sembol başına bit sayısı: 1

Giriş sinyali gücü: 0.001 kw

Sembol periyodu: 1

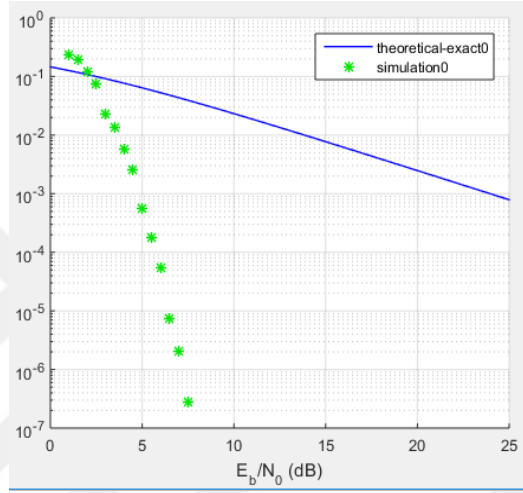


Şekil 4.2: AWGN İle BER-SNR Gösterimi

4.1.1.3 FIR Kanal Eklenecek Yapılan Simülasyon:

Alçak geçiren filtre olarak eklenen FIR kanalı Simulink'de "Discrete FIR Filter" şeklinde blok olarak Verici bloğunun sinyal gönderici ucuna eklenmiştir. Filtre çıkışı ise Alıcı kanala

girdi olarak yönlendirilmiştir. FIR kanalının etkisi ile mevcut senaryo için belirlenmiş koordinat uyarınca sinyal gönderimi başlatılmış ve koordinat düzlemindeki düğümlerde sinyal gönderimi yapılarak koordinat sonunda simülasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Buna bağlı olarak Bertool' dan BER-SNR çıktıları aşağıdaki gibi Şekil 4.3' de belirtildiği üzere alınmıştır.



Şekil 4.3: FIR İle BER-SNR Gösterimi

4.1.2 Senaryo - 2 Çıktıları ve Analizi

Senaryo - 2 kapsamında belirlenmiş rotalar aşağıdaki gibidir.

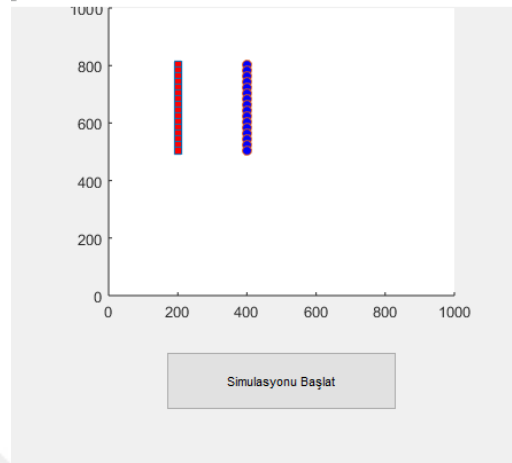
$$X1(1), Y1(1) = 200,800$$

$$X1(2), Y1(2) = 200,500$$

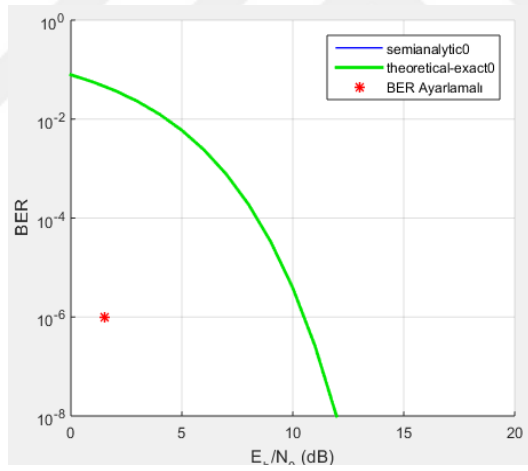
$$X2(1), Y2(1) = 400,800$$

$$X2(2), Y2(2) = 400,500$$

4.1.2.1 Senaryo-2 Koordinat Çizimi



Şekil 4.4: Senaryo - 2 Koordinat Çizimi



Şekil 4.5: Senaryo - 2 BER-SNR Gösterimi

4.1.2.2 AWGN Eklenecek Yapılan Simülasyon:

AWGN olarak eklenen beyaz gauss gürültüsü Simulink'de "AWGN Channel" şeklinde blok olarak Verici bloğunun sinyal gönderici ucuna eklenmiş olup çıkışı ise Alıcı kanala girdi olarak yönlendirildi. Gürültü bloğunun etkisi ile mevcut senaryo için belirlenmiş koordinat uyarınca sinyal gönderimi başlatılmış ve koordinat düzlemindeki düğümlerde sinyal gönderimi yapılarak

koordinat sonunda simülasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Buna bağlı olarak Bertool' dan BER-SNR çıktısı aşağıdaki gibi Şekil 4.6' da belirtildiği üzere alınmıştır.

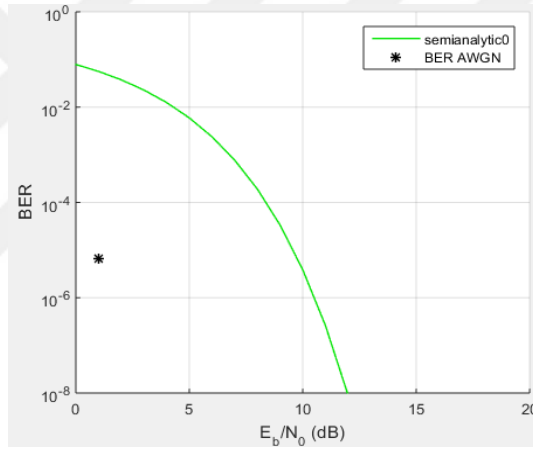
AWGN bloğunda temel alınan özellikler şöyledir:

$E_b/N_0 = 10$ dB

Sembol başına bit sayısı: 2

Giriş sinyali gücü: 0.001

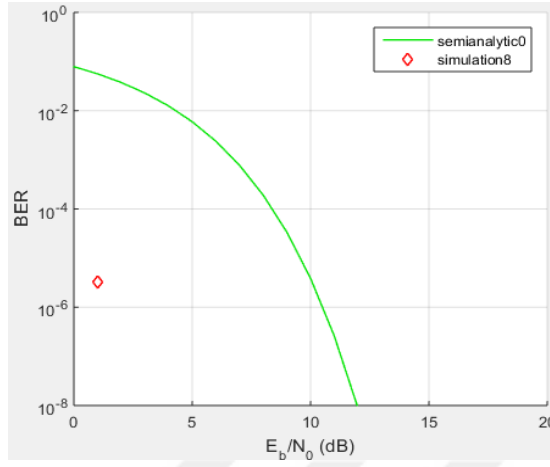
Sembol periyodu: 4×10^{-6}



Şekil 4.6: AWGN İle BER-SNR Gösterimi

4.1.2.3 FIR Kanal Eklenecek Yapılan Simülasyon:

Alçak geçiren filtre olarak eklenen FIR kanalı Simulink'de "Discrete FIR Filter" şeklinde blok olarak Verici bloğunun sinyal gönderici ucuna eklenmiş olup çıkışı ise Alıcı kanala girdi olarak yönlendirildi. FIR kanalının etkisi ile mevcut senaryo için belirlenmiş koordinat uyarınca sinyal gönderimi başlatılmış ve koordinat düzlemindeki düğümlerde sinyal gönderimi yapılarak koordinat sonunda simülasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Buna bağlı olarak Bertool' dan BER-SNR çıktısı aşağıdaki gibi Şekil 4.7' de belirtildiği üzere alınmıştır.



Şekil 4.7: FIR İle BER-SNR Gösterimi

4.1.3 Senaryo - 3 Çıktıları ve Analizi

Senaryo - 3 kapsamında belirlenmiş rotalar aşağıdaki gibidir.

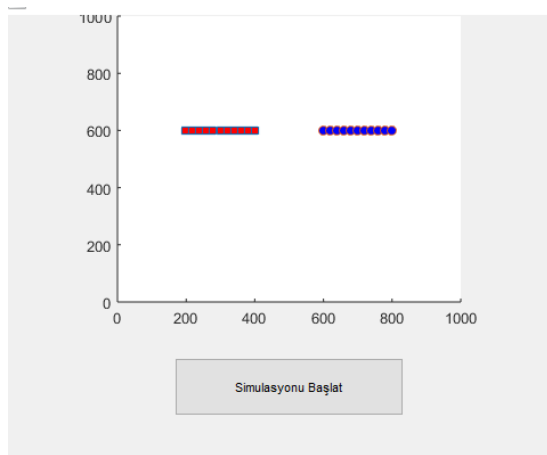
$$X1(1), Y1(1) = 200,600$$

$$X1(2), Y1(2) = 400,600$$

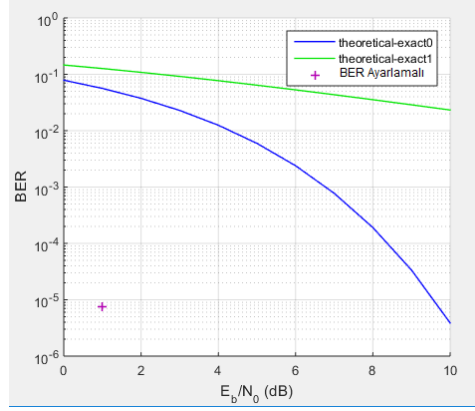
$$X2(1), Y2(1) = 600,600$$

$$X2(2), Y2(2) = 800,600$$

4.1.3.1 Senaryo - 3 Koordinat Çizimi



Şekil 4.8: Senaryo - 3 Koordinat Çizimi



Şekil 4.9: Senaryo - 3 BER-SNR Gösterimi

4.1.3.2 AWGN Eklenecek Yapılan Simülasyon

AWGN olarak eklenen beyaz gauss gürültüsü Simulink’de “AWGN Channel” şeklinde blok olarak Verici bloğunun sinyal gönderici ucuna eklenmiş olup çıkışı ise Alıcı kanala girdi olarak yönlendirildi. Gürültü bloğunun etkisi ile mevcut senaryo için belirlenmiş koordinat uyarınca sinyal gönderimi başlatılmış ve koordinat düzlemindeki düğümlerde sinyal gönderimi yapılarak koordinat sonunda simülasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Buna bağlı olarak Bertool’ dan BER-SNR çıktısı aşağıdaki gibi Şekil 4.10’ da belirtildiği üzere alınmıştır.

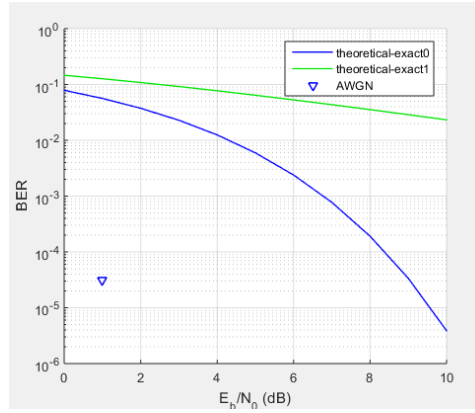
AWGN bloğunda temel alınan özellikler şöyledir:

$E_b/N_0 = 10$ dB

Sembol başına bit sayısı: 2

Giriş sinyali gücü: 0.001

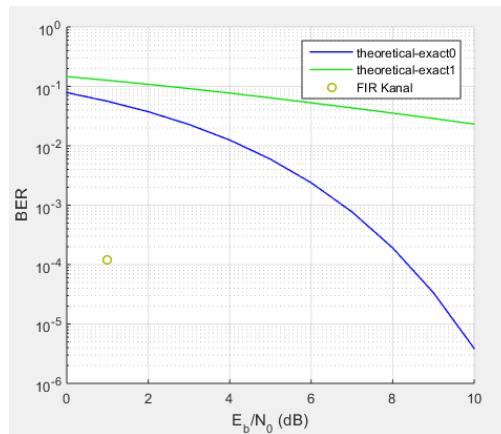
Sembol periyodu: 4×10^{-6}



Şekil 4.10: AWGN İle BER-SNR Gösterimi

4.1.3.3 FIR Kanal Eklenerek Yapılan Simülasyon

Alçak geçiren filtre olarak eklenen FIR kanalı Simulink’de “Discrete FIR Filter” şeklinde blok olarak Verici bloğunun sinyal gönderici ucuna eklenmiş olup çıkışı ise Alıcı kanala girdi olarak yönlendirildi. FIR kanalının etkisi ile mevcut senaryo için belirlenmiş koordinat uyarınca sinyal gönderimi başlatılmış ve koordinat düzlemindeki düğümlerde sinyal gönderimi yapılarak koordinat sonunda simülasyon otomatik olarak sonlandırılmıştır. Buna bağlı olarak Bertool’ dan BER-SNR çıktısı aşağıdaki gibi Şekil 4.11’ de belirtildiği üzere alınmıştır.



Şekil 4.11: FIR İle BER-SNR Gösterimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hazırlanmış olan bu tezin kapsamında, araçsal ağlarda kullanılmak üzere hareket halinde olan iki araç arasında haberleşme sağlanmış ve sinyaller izlenmiştir. İki farklı rota senaryosu için yapılan simülasyonlar ile haberleşme sağlanmıştır. Öncelikle araçların vektörel düzlemde hareket etmesi için yazılım gerçekleştirilmiş ve test edilmiştir. Sonraki aşamada araçlar arası iletişimin sağlanması amacıyla Simulink üzerinde Alıcı-Verici sistem tasarımı hazırlanmıştır. Yapılan sistem tasarımına fonksiyonel olarak vektörel araç hareketini sağlayan kodlar eklenmiş ve Matlab GUI' de çıktıları alınarak görsel kolaylık sağlanmıştır.

Araçlar arası iletişim için farklı tiplerdeki sinyallerin gönderimi yapılarak test edilmiştir. Araçlar arasında sadece doğrudan sinyal gönderiminin yapıldığı, AWGN eklendiği ve FIR Alçak Geçiren Filtrenin eklendiği ve farklı testler üç güzergah senaryosu için ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve çıktıları alınmıştır.

Bit Hata Oranı olarak tanımladığımız (BER) değeri bu 3 tip gönderim arasında Senaryo-1 için karşılaştırılmış ve FIR kanal etkisi ile gönderimin sabit karşılaştırma değeri olarak (5dB) de yaklaşık $1.9 \times 10^{-3.1}$ ile aynı zaman dilimi içerisinde daha fazla hatalı olduğu belirlenmiştir. Sonrasında en düşük ikinci BER hata oranına sahip gönderim $1.45 \times 10^{-3.6}$ ile AWGN olmuşken, kanal etkisi olmadan gönderim yapılan ilk test sonucunda BER oranı 1.56×10^{-4} ile en az hatalı olduğu tespit edilmiştir.

BER hata oranı değerleri en düşükten itibaren sırasıyla şu şekilde olmuştur:

1. Kanal Etkisi Olmadan : 1.56×10^{-4}
2. AWGN Etkisi İle: $1.45 \times 10^{-3.6}$
3. FIR Kanal Etkisi İle : $1.9 \times 10^{-3.1}$

BER değeri Senaryo-2 için de sabit karşılaştırma değerinde (1dB) karşılaştırılmış ve 6.49×10^{-6} hata oranı ile AWGN kanal etkisi gönderimin aynı zaman dilimi içerisinde daha fazla hatalı olduğu belirlenmiştir. Sonrasında aynı oran için (1dB) de 3.18×10^{-6} olarak en düşük 2. Sırada BER hata oranına sahip gönderim FIR kanal etkisi ile olmuşken, kanal etkisi olmadan gönderim yapılan ilk test sonucunda (1.5dB'de) BER oranı 9.77×10^{-7} ile en az hatalı olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca herhangi bir kanal gürültü etkisi olmadan yapılan gönderim ise iki senaryoda da en az hatalı gönderim ortamı olarak öne çıkmıştır.

BER hata oranı değerleri en düşükten itibaren sırasıyla şu şekilde olmuştur:

1. Kanal Etkisi Olmadan : 9.77×10^{-7}
2. FIR Kanal Etkisi İle : 3.18×10^{-6}
3. AWGN Etkisi İle : 6.49×10^{-6}

BER değeri bu 3 tip gönderim arasında Senaryo-3 için de karşılaştırılmış ve FIR kanal etkisi ile gönderimin sabit karşılaştırma değeri olarak (1dB) de yaklaşık 1.2×10^{-4} ile aynı zaman dilimi içerisinde daha fazla hatalı olduğu belirlenmiştir. Sonrasında en düşük ikinci BER hata oranına sahip gönderim 3.17×10^{-5} ile AWGN olmuşken, kanal etkisi olmadan gönderim yapılan ilk test sonucunda BER oranı 7.54×10^{-6} ile en az hatalı olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca herhangi bir kanal gürültü etkisi olmadan yapılan gönderim ise iki senaryoda da en az hatalı gönderim ortamı olarak öne çıkmıştır.

BER hata oranı değerleri en düşükten itibaren sırasıyla şu şekilde olmuştur:

1. Kanal Etkisi Olmadan : 7.54×10^{-6}
2. AWGN Etkisi İle : BER Değeri : 3.17×10^{-5}
3. FIR Kanal Etkisi İle : 1.2×10^{-4}

Araçlar ve gürültü gibi diğer çevresel koşullar sabit tutularak yapılan üç senaryodaki simülasyonda koordinat farkının ortaya çıkan sonuçlarda etki ettiği tespit edilememiştir.

Araçsal ağların etkin şekilde yakın zamanda daha aktif bir şekilde kullanılabilmesi, uygun haberleşme ortamlarının kurulmasına bağlıdır. Öte yandan seçilecek araçlar arası ve araçlar ile yol kenarı ünitelerinin kalitesi ve becerileri de kurulacak olan sistemlerin kaliteli olmasını sağlayacaktır. Acil durum senaryolarından kaza önlemeye kadar insanlığa ve doğal çevreye bir çok faydası olan araçlar arası haberleşmenin yaygınlaştırılması da önemli bir kriter olacaktır. İlerleyen zamanlarda bu konuda çeşitli protokollerin geliştirilerek daha başarılı ve kaliteli iletişim ortamları sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] European Commission – Spectrum needs and spectrum availability <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/content/spectrum-needs-and-spectrum-availability>
- [2] World Health Organisation – Global Status Report On Road Safety 2018 https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/English-Summary-GSRRS2018.pdf
- [3] Valentin Cristea, Victor Gradinescu, Cristian Gorgorin, Raluca Diaconescu, Liviu Iftode (2009). Simulation of VANET Application (Chapter XIV). University Politehnica of Bucharest, Romania & Rutgers University, USA.
- [4] Qian, Y., Lu, K., & Moayeri, N. (2008, November 30–December 4). A secure vanet mac protocol for dsrc applications. Paper presented at Global Telecommunications Conference, New Orleans, USA,
- [5] Mi, J., Liu, F., Xu, S., & Li, Q. (2008). A Novel Queue Priority Algorithm for Real-Time Message in VANETs. Paper presented at 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 919–923.
- [6] Raju Barskar, Meenu Chawla. “Vehicular Ad hoc Networks and its Applications in Diversified Fields” International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 123 – No.10, August 2015
- [7] Hartenstein, Hannes, and Kenneth Laberteaux, eds. VANET vehicular applications and inter-networking technologies. Vol. 1. John Wiley & Sons, 2009.
- [8] Mohammad, Sajjad Akbar, Asim Rasheed, and Amir Qayyum. "VANET architectures and protocol stacks: a survey." In Communication technologies for vehicles, pp. 95-105. Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [9] Misra, S., Woungang, I., & Chandra Misra, S. (Eds.). (2009). *Guide to Wireless Ad Hoc Networks*, London: Springer London.
- [10] Ramanathan, R. and J. Redi, 2002. A brief overview of ad hoc networks: Challenges and directions. IEEE Commun. Magazine, 40: 20-22. DOI: 10.1109/MCOM.2002.1006968
- [11] Student, V.R.P.G. and R. Dhir, 2013. A study of ad-hoc network: A review. Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Software Eng., 3: 135-138.
- [12] Ranjan, P. and K.K. Ahirwar, 2011. Comparative study of VANET and MANET routing protocols. Proceedings of the International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, (CCT' 11), RG Education Society, pp: 517-523.

- [13] Kale, M.R.A., S.R. Gupta and B.R. Prmit, 2013. An overview of MANET ad hoc network. *Int. J. Comput. Sci. Applic.*, 6: 223-227.
- [14] Malik, P., 2012. Consequences of limited MANET resources. *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Software Eng.*
- [15] Nagar, J.K. and A. Singhrova, 2014. A review paper for comparative study of different routing protocols in VANET. *Int. J. Enhanced Res. Sci. Technol. Eng.*, 3: 313-320.
- [16] Kumar, P. and A. Kumar, 2013. Simulation based analysis of DSR, LAR and DREAM routing protocol for mobile ad hoc networks. *Int. J. Comput. Sci. Inform. Technol.*, 3: 58-62.
- [17] Da Cunha, F.D., A. Boukerche, L. Villas, A.C. Viana and A.A.F. Loureiro, 2014. Data communication in VANETs: A survey, challenges and applications. PhD Diss., INRIA Saclay; INRIA.
- [18] Dr. Thomas Strang, Matthias Röckl, "Vehicle Networks, V2X communication protocols", [Online] <http://www.sti-innsbruck.at/fileadmin/documents/vn-ws0809/11-VN-WAVE.pdf> [Accessed March 2012]
- [19] B. Paul, M. Ibrahim, and A. Bikas, "VANET Routing Protocols: Pros and Cons," *International Journal of Computer Applications*, vol. 20, no. 3, April 2011.
- [20] M. A. Ramteke, "Realistic Simulation for Vehicular Ad-hoc Network Using ZigBeeTechnology," *International Journal of Engineering*, 2012.
- [21] T. Kaur and A. K. Verma, "Simulation and Analysis of AODV routing protocol in VANETs," *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol. 2, July 2012.
- [22] C. E. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," *Proceeding SIGCOMM '94 Proceedings of the conference on Communications architectures, protocols and applications*, pp. 234–244, 1994
- [23] Bijan Paul, Md. Ibrahim, Md. Abu Naser tBikas, VANET Routing Protocols: Pros and Cons. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 20– No.3, April 2011*
- [24] G. Pei, M. Gerla, and T.-W. Chen, "Fisheye State Routing: A Routing Scheme for Ad Hoc Wireless Networks," *Communications, 2000. ICC 2000. 2000 IEEE International Conference on*, vol. 1, pp. 70 – 74, June 2000.
- [25] X. Yu, H. Guo, and W. Wong, "A Reliable Routing Protocol for VANET Communications," *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)*, pp. 1748–1753, 2011.

- [26] The Dynamic Source Routing Protocol. Available: <http://www.cs.cmu.edu/~dmaltz/dsr>
- [27] D. B. J. Rao, K. Sreenu, and P. Kalpana, "A Study on Dynamic Source Routing Protocol for Wireless Ad Hoc Networks," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 1, October 2012.
- [28] V. Park and S. Corson, "Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA) Version 1 Functional Specification," IETF MANET Working Group INTERNET-DRAFT, July 2001.
- [29] Z. J. Haas, M. R. Pearlman, and P. Samar, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks," IETF Internet Draft, July 2002.
- [30] N. Bejjar, "Zone routing protocol (zrp)."
- [31] N. Nikaein, C. Bonnet, and N. Nikaein, "HARP-Hybrid Ad Hoc Routing Protocol," IST 2001, International symposium on telecommunications, September 2001.
- [32] N. Soni and S. Tiwari, "Survey of Various Protocols in Geographical Based Routing in Vehicular Adhoc Networks," *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, pp. 357–366, 2013.
- [33] L. Hu, Z. Ding, and H. Shi, "An Improved GPSR Routing Strategy in VANET," *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM)*, September 2012.
- [34] H. K. Brad Karp, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," *MobiCom '00 Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking*, pp. 243–254, August 2000.
- [35] S. Schnauffer and W. Effelsberg, "Position-based unicast routing for city scenarios," *World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, pp. 1–8, June 2008.
- [36] B. chong Seet, G. Liu, B. sung Lee, C. heng Foh, and K. kee Lee, "A-STAR: A mobile ad hoc routing strategy for metropolis vehicular communications," *Proc. NETWORKING 2004*, pp. 989–999, 2004.
- [37] V. Naumov, Z. ETH Zurich, and T. Gross, "Connectivity-Aware Routing (CAR) in Vehicular Ad-hoc Networks," *INFOCOM 2007. 26th IEEE International Conference on Computer Communications. IEEE*, pp. 1919–1927, May 2007.
- [38] C. Lochert, H. Hartenstein, J. Tian, D. Herrmann, H. Fubler, and M. Mauve, "A Routing Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks in City Environments," *Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2003)*, pp. 156–161, 2003.
- [39] C. Lochert, M. Mauve, H. Fubler, and H. Hartenstein, "Geo-graphic routing in city scenarios," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 9, p. 69–72, January 2005.

- [40] M. Jerbi, S.-M. Senouci, R. Meraihi, and Y. Ghamri-Doudane, "GyTAR: An Improved Vehicular Ad Hoc Routing Protocol for City Environments," ICC '07. IEEE International Conference, pp. 3972 – 3979, June 2007
- [41] K. Lee, M. Le, J. Harri, and M. Gerla, "LOUVRE: Landmark Overlays for Urban Vehicular Routing Environments," Vehicular Technology Conference, pp. 1–5, Sept 2008.
- [42] D. Forderer, "Street-Topology Based Routing," University of Mannheim, May 2005.
- [43] K. C. Lee, U. Lee, and M. Gerla, "TO-GO: Topology-assist geo-opportunistic routing in urban vehicular grids," Proceeding WONS'09 Proceedings of the Sixth international conference on Wireless On-Demand Network Systems and Services , pp. 9–16, February 2009.
- [44] H.Fubler,H.Hartenstein, J.Widmer, M.Mauve, and W.Effelsberg, "Contention-Based Forwarding for Street Scenarios,"1st Int. Workshop in Intelligent Transportation, 2004.
- [45] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks," Vehicular Technology, IEEE Transactions, vol. 57, pp. 1910– 1922, May 2008.
- [46] I. Leontiadis and C. Mascolo, "GeOpps: Geographical Opportunistic Routing for Vehicular Networks," World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, 2007. WoWMoM 2007., pp. 1–6, June 2007.
- [47] K. C. Lee, P.-C. Cheng, J.-T. W. L.-C. Tung, and M. Gerla, "VCLCR: A Practical Geographic Routing Protocol in Urban Scenarios," UCLA CSD Technical Report: TR080009, pp. 69–72, March 2008.
- [48] P.-C. Cheng, K. C. Lee, M. Gerla, and J. Harri, "GeoDTN+Nav: Geographic DTN Routing with Navigator Prediction for Urban Vehicular Environments," Mobile Networks and Applications, vol. 15, pp. 61–82, February 2010.
- [49] M. Sun and D. Blough, "Mobility prediction using future knowledge," in Proceedings of MSWiM, 2007.
- [50] Wimax forum network architecture (stage 2: architecture tenets, reference model and reference points)[part 2] release 1.1.0, july 11, 2007.
- [51] Part-16 ieee standard for local and metropolitan area networks part 16: air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems amendment 2: physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands and corrigendum 1, ieee std 802.16e-2005 and ieee std 802.16 2004 / cor 1-2005, 2006.
- [52] I. Chlamtac, M. Conti and J. J.-N. Liu, Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges, Ad Hoc Networks Vol.1, pp. 13 – 64, 3003. University of Cambridge, Computer Laboratory, Cambridge, UK, 2005.

- [53] Per Ödling, Thomas Magesacher, Stefan Höst, and Per Ola Börjesson, Lund University Miguel Berg, Ericsson AB Enrique Areizaga, Tecnalia-robotiker. The Fourth Generation Broadband Concept. Advances In Signal Processing For Communcations. IEEE Communications Magazine, January, 2009.
- [54] Mithun Kumar, Ajay Kumar Nigam, T. Sivakumar, “A Survey on Topology and Position Based Routing Protocols in Vehicular Ad hoc Network (VANET)” International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering ISSN: 2454-4248 Volume: 4 Issue: 2, Feb 2018.
- [55] Kevin C. Lee, Uichin Lee, Mario Gerla, Survey of Routing Protocols in Vehicular Ad Hoc
- [56] Theodore S. Rappaport. Wireless Communications: Principles and Practice, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, 2002.
- [57] Dr. Perry Xiao, ATM Shafiul Alam, CD MSc Internet & Multimedia Engineering Engineering, Science and The Built Environment. Effect of Additive White Gaussian Noise (AWGN) on the Transmitted Data. Introduction to Data Communications (ECI-M-917), 2008.
- [58] Erman Özpolat, Barıı Karakaya, Arif Gülten, FIR Filtre Tasarımı ve FPGA Ortamında Gerçeklenmesi, Science and Eng.J.of Fırat Univ. 29(2), 269-275,2017.

EKLER



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ömür BENEK
Doğum Yeri	Bornova/İZMİR
Doğum Tarihi	03.11.1982
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	05062844019
E-Posta Adresi	omur.benek@gmail.com
Web Adresi	www.omurbenek.com



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Erciyes Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik
Bölümü	Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2007

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği