



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARAÇSAL AĞLARDA HABERLEŞME UYGULAMALARI

Alper Kaan YILDIRIM

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ali BOYACI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSTANBUL - 2018**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Alper Kaan YILDIRIM tarafından hazırlanan "**Araçsal Ağlarda Haberleşme Uygulamaları**" adlı tez çalışması 14/08/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Ali BOYACI
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Cem KASAPBAŞI
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Oğuzhan ÖZTAŞ
İstanbul Üniversitesi



Onay Tarihi :

17/10/2018


Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Tarih
14/08/2018
İmza

Alper Kaan YILDIRIM



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET | ii |
| ABSTRACT | iii |
| TEŞEKKÜR..... | iv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | v |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | vii |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ..... | 3 |
| 3. ARAÇSAL AĞLAR..... | 5 |
| 3.1. Araç Araç Bağlantısı (Vehicle to Vehicle – V2V) | 5 |
| 3.2. Araç Altyapı Bağlantısı (Vehicle to Infrastructure – V2I) | 6 |
| 3.3. Hibrid Bağlantı..... | 6 |
| 4. ARAÇLAR ARASI KABLOSUZ BAĞLANTI PROTOKOLLERİ | 7 |
| 4.1. Topoloji Bazlı Yönlendirme Protokolleri..... | 7 |
| 4.1.1. Proaktif yönlendirme protokolleri | 7 |
| 4.1.1.1. Dsdv | 8 |
| 4.1.1.1. Olsr | 10 |
| 4.1.2. Reaktif yönlendirme protokolleri | 10 |
| 4.1.2.1. Aodv..... | 10 |
| 4.1.2.1. Dsr | 11 |
| 4.1.3. Hibrid yönlendirme protokolleri..... | 12 |
| 4.1.3.1. Zrp..... | 13 |
| 4.2. Konum Bazlı Yönlendirme Protokolleri..... | 13 |
| 4.3. Küme Tabanlı Yönlendirme Protokolleri | 14 |
| 4.4. Yayın Bazlı Yönlendirme Protokolleri | 15 |
| 4.5. GeoCast Tabanlı Yönlendirme Protokolleri..... | 16 |
| 5. KULLANILAN SİSTEM VE SİMULASYON ORTAMI..... | 17 |
| 5.1. Sumo | 17 |
| 5.2. Ns3..... | 17 |
| 5.3. Senaryo 1 – Şehir İçi Trafik..... | 18 |
| 5.4. Senaryo 2 - Otoyollar..... | 22 |
| 6. UYGULAMA ÇIKTILARI VE ANALİZİ | 26 |
| 6.1. Senaryo 1 Çıktısı ve Analizi..... | 26 |
| 6.2. Senaryo 2 Çıktısı ve Analizi..... | 28 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 31 |
| KAYNAKLAR | 34 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 36 |

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARAÇSAL AĞLARDA HABERLEŞME UYGULAMALARI

Alper Kaan YILDIRIM

**İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali BOYACI

2018, 36 sayfa

Araçsal ağlar (Vanet), mobil ağların özelleşmiş bir halidir. Teknolojik gelişmelerinin son yıllarda hızla artması nedeniyle araçsal ağlar üzerinde çalışmalarda yoğunlaşmıştır. Araçsal ağlar, araçların birbiriyle haberleşmesi sağlayan bir ağ çeşididir. Araçların birbiriyle iletişimi sayesinde konumlarını, yönlerini ve hız bilgilerini diğer araçlara gönderebilir. Bu tez kapsamında araçlar arasında kullanılacak yönlendirme protokolleri karşılaştırılarak farklı durumlarda hangi yönlendirme protokolünün kullanılabileceği ele alınmıştır. Yönlendirme protokollerini farklı senaryolarda test edebilmek için Simulation of Urban Mobility (Sumo) yazılımında trafik oluşturulmuş ve oluşturulan trafik Network Simulator 3 (Ns3) yazılımında teste tabi tutulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Araçsal ağlar, Ns3, Vanet, Sumo

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

COMMUNICATION APPLICATIONS IN VEHICLE COMMUNICATIONS

Alper Kaan YILDRIM

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Computer Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali BOYACI

2018, 36 pages

Vehicle networks (Vanet) is a specialized form of mobile networks. Since technological developments have increased rapidly in recent years, they have concentrated on working on vehicle networks. Vehicle networks are a type of network that allows vehicles to communicate with each other. Through the communication of vehicles, they can send their location, direction and speed information to other vehicles. In this thesis, the routing protocols to be used among the vehicles are compared and it is discussed which routing protocol can be used in different situations. In order to test the routing protocols in different scenarios, traffic was generated in the Simulation of Urban Mobility (Sumo) software and the generated traffic was tested in the Network Simulator 3 (Ns3) software.

Keywords: NS3, Vanet, Vehicle networks, SUMO

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali BOYACI'ya, tezimin yazılıőı sırasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Serhan YARKAN'a ve Mükremin Güven SOLMAZ'a, değerli arkadaşım Ahmet Sina BİRDEVRİM'e her zaman yanımda olan aileme ve niőanlım Büőra KARADAĞ'a teőekkürü borç bilirim.

Alper Kaan YILDIRIM
İSTANBUL, 2018



ŞEKİLLER

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 3.1. Araçsal ağların örnek gösterimi..... | 5 |
| Şekil 4.1. Dsdv yönlendirme örneği..... | 9 |
| Şekil 4.2. Aodv protokolü istek paketinin ağ içerisinde yayılımı | 11 |
| Şekil 4.3. Aodv protokolü istek cevabının ağ içerisinde dönüşü | 11 |
| Şekil 4.4. Dsr protokolü istek paketinin ağ içerisinde yayılımı | 12 |
| Şekil 4.5. Dsr protokolü istek paketinin ağ içerisinde dönüşü..... | 12 |
| Şekil 4.6. Zrp protokol örneği | 13 |
| Şekil 4.7. Konum bazlı yönlendirme protokolleri | 14 |
| Şekil 4.8. Küme tabanlı yönlendirme protokolleri..... | 15 |
| Şekil 4.9. Yayın bazlı yönlendirme protokolleri..... | 15 |
| Şekil 4.10. GeoCast tabanlı yönlendirme protokolleri | 16 |
| Şekil 5.1. Şehir içi trafik senaryosu..... | 18 |
| Şekil 5.2. Senaryo1.net.xml | 19 |
| Şekil 5.3. Senaryo1_rou.xml..... | 20 |
| Şekil 5.4. Sumo konfigürasyon dosyası | 20 |
| Şekil 5.5. Kaynak hedef arası bağlantı | 21 |
| Şekil 5.6. Otoyol trafik senaryosu..... | 22 |
| Şekil 5.7. Senaryo2.net.xml | 22 |
| Şekil 5.8. Senaryo2.rou.xml..... | 23 |
| Şekil 5.9. Sumo konfigürasyon dosyası | 24 |
| Şekil 5.10. Kaynak hedef arası bağlantı..... | 25 |
| Şekil 6.1. Toplam alınan ve toplam düşen paket | 28 |
| Şekil 6.2. Toplam alınan ve toplam düşen paket | 31 |

ÇİZELGELER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 1.1. Yıllara göre motorlu taşıt sayısı | 2 |
| Çizelge 4.1. 1 numaralı düğümün yönlendirilmesi | 9 |
| Çizelge 5.1. Simulasyon 1 çalışma değerleri..... | 21 |
| Çizelge 5.2. Simulasyon 2 çalışma değerleri..... | 25 |
| Çizelge 6.1. Simulasyon 1 alınan paket çıktıları..... | 26 |
| Çizelge 6.2. Simulasyon 1 kaybolan paket çıktıları..... | 27 |
| Çizelge 6.3. Simulasyon 1 alınan paket çıktıları..... | 29 |
| Çizelge 6.4. Simulasyon 1 kaybolan paket çıktıları..... | 30 |



SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------|--|
| AODV | Ad hoc On-demand Distance Vector |
| AUS | Akıllı Ulaşım Sistemleri |
| DARPA | Defense Advanced Research Projects Agency- |
| DSDV | Destination-Sequenced Distance Vector |
| DSR | Dynamic Source Routing |
| DSR | Dynamic Source Routing |
| DSRC | Dedicated Short Range Communications |
| DTN | Delay/Disruption Tolerant Networking |
| FIFO | First In First Out |
| GPS | Global Position System |
| HGS | Hızlı Geçiş Sistemi |
| MAC | Medium Access Control- |
| MANET | Mobile Ad hoc Network |
| NS3 | Network simulator 3 |
| OLSR | Optimized Link State Routing Protocol |
| V2I | Vehicle to Infrastructure |
| V2V | Vehicle To Vehicle |
| V2X | Vehicle to Everything |
| VANET | Vehicular Ad Hoc Network |
| ZRP | Zone Routing Protocol |

1. GİRİŞ

Araçlar arası bağlantının en büyük avantajı ağ altyapısına gerek duymaması nedeniyle çok kolay ve hızlı bir şekilde kurulabilmesidir. Bu özelliği sayesinde kritik durumlarda (deprem, sel baskını vb.) alternatif bir iletişim ağı olarak da kullanılabilir

Araçlar hepimiz için günlük ihtiyaç haline gelmiştir. Otomotiv sektörünün gelişmesiyle birlikte araç üretimi de hızlanmıştır. Bununla birlikte trafiğe çıkan araç sayısı her geçen gün artmaktadır. Çizelge 1.1'de yıllara göre trafiğe çıkan araç sayısı gösterilmiştir.

Araç sayısının artması beraberinde trafik sıkışıklığı ve kazaların artmasına yol açmaktadır. Ülkemizde ve dünyada büyük bir sorun olan trafik kazalarının önlenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve çalışmalar sonucunda ortaya alternatif çözümler çıkmıştır. Ortaya çıkan en önemli çözüm önerilerinden biriside araçlar ile iletişim altyapısını haberleştiren Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) kullanılmasıdır.

Akıllı Ulaşım Sistemleri araçların kendi halinde araç-araç haberleşmesi (Vehicle to Vehicle - V2V) ve diğer iletişim altyapıları (Vehicle to Infrastructure - V2I) ile haberleşmesi olarak 2 ana başlıkta toplanmaktadır.

Araç-Araç bağlantılarının en temel amacı araçlar arası veri aktarımıdır. Bununla birlikte olabilecek kazaların önüne geçilmesi, yolların daha güvenli hale getirilmesi ve yollardaki yoğunluk durumunun hesaplanabilmesi amaçlanmaktadır.

AUS kablosuz bağlantı ile iletişim yapılan bir teknoloji türüdür. Araçlar sürekli hareket halinde olduğundan araç-araç haberleşmesinde ağ topolojileri süreklilik arz etmemekte ve aralarında kurulan kablosuz bağlantı sürekli değişmektedir.

Uygulama alanı oldukça geniş olan araçsal ağlarda oluşan trafik tipi (kalabalık trafik, hızlı akan trafik vb.) sabit olmayıp her yerde farklılık göstermektedir ve her bir trafik tipi farklı bant genişliği, gecikme ve gecikme sürelerindeki değişim açısından farklıdır. Farklı trafik tiplerindeki kullanılacak yönlendirme protokünü belirlemek bu tez kapsamının konusudur.

| Yıl | Trafiğe Çıkan Araç Sayısı |
|------------|----------------------------------|
| 2010 | 15.095.603 |
| 2011 | 16.089.528 |
| 2012 | 17.033.413 |
| 2013 | 17.939.447 |
| 2014 | 18.828.721 |
| 2015 | 19.994.472 |
| 2016 | 21.090.424 |
| 2017 | 22.218.945 |

Çizelge 1.1. Yıllara Göre Motorlu Taşıt Sayısı (TUIK, 2017)

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Ulaşım insanlık tarihinin en önemli özelliklerinden biridir. İnsanlık tarihine bakıldığında ulaşımın ve ulaşım araçlarının çok büyük yol katettiği ve çok önemli noktalara geldiğini görmek mümkündür. Geçmişte insanların ulaşım için kullandıkları hayvanlar zaman ilerledikçe yerini araçlara bırakmıştır.

Günümüzün yoğun dünyasına bakıldığında ulaşım sadece bir yerden bir yere kişisel seyahat amaçlı değil yük taşımacılığında da gereklidir. Bütün bu gerekliliklerin sağlanması için güvenli ve sorunsuz bir şekilde çalışacak altyapı, planlama ve optimizasyona ihtiyaç vardır.

Araçsal ağların yapılan ilk uygulamalar amacında güvenliği sağlamak olsada ticari alandaki uygulamalarda hız kazanmıştır. Navigasyon bilgisi ticari uygulamalara örnektir. Araçsal ağların gelişimini için literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Qian, Lu ve Moayeri yaptıkları çalışmada, araçsal ağlarda güvenli ortam erişimi (Medium Access Control-MAC) protokolü tasarlamışlardır. Farklı durumlarda kullanılmak üzere 4 farklı senaryo oluşturmuşlardır. Oluşturulan dört farklı senaryoda mesaj paketleri tahsisli kısa mesafeli haberleşme (Dedicated Short Range Communication-DSRC) kanalları üzerinden iletilmiştir. Yapılan bu uygulama ile araçsal ağlarda servis kalitesinin güvenlikle ilgili gereksinimlerini karşılayan bir protokol tasarımı yapmayı amaçlamışlardır. (Qian vd., 2008)

Mi, Liu, Xu ve Li yaptıkları çalışmada, araçsal ağlarda gönderilecek gerçek zamanlı mesajlar için öncelik kuyruğu algoritması önermişlerdir. Önerdikleri öncelik kuyruğu algoritmasını ilk gelen ilk gider (First In First Out - FIFO) algoritmasıyla karşılaştırıp paket kayıp oranlarını ve oluşan gecikmeleri analiz etmişlerdir. Önerdikleri algoritmanın hem kayıp oranını hemde gecikme süresini azalttığını belirtmişlerdir. (Mi vd., 2008)

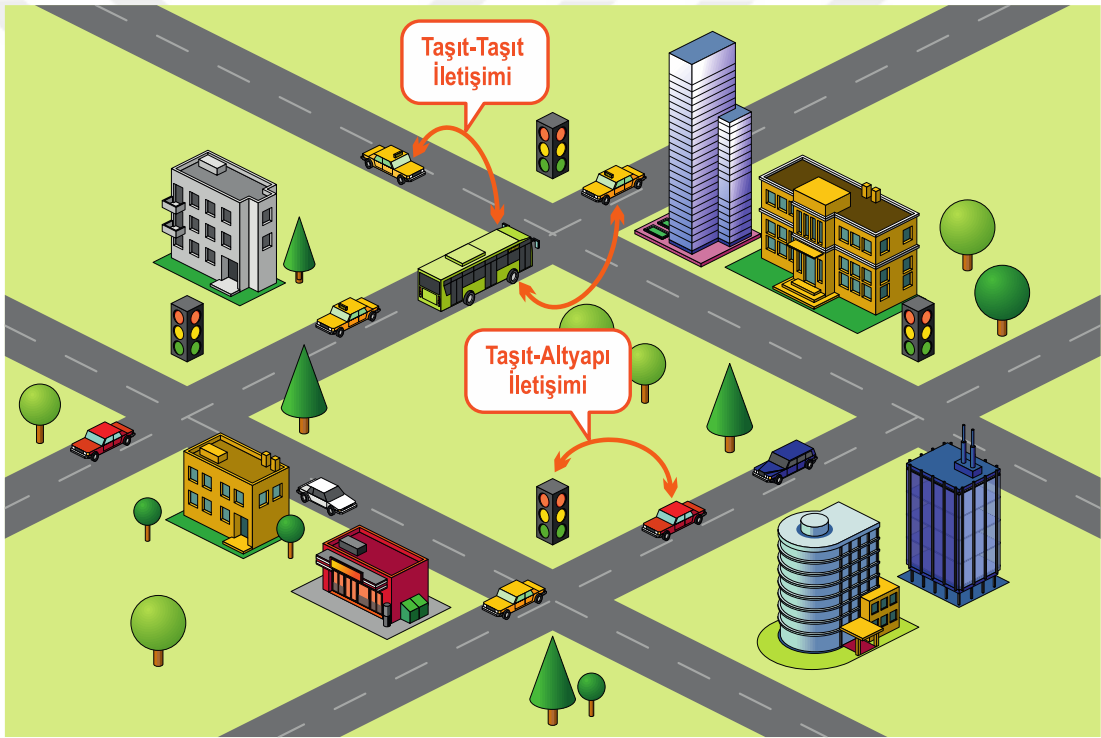
Muazu, Tang, Hasbullah, Lawal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada araçsal ağlar için gerçek zamanlı uygulama mesajları ile öncelikli data akış şeması önermişlerdir. Yaptıkları çalışmada uygulama türlerine göre trafik kazası ve diğer acil durumlar için yüksek, araçların çarpışma uyarısı için normal ve diğer uygulamalar için düşük öncelik tanımlanmışlardır. Gönderilen paketler önceliklerine göre iletilmiştir. Yaptıkları uygulama sonucunda AODV yönlendirme protokolünün paket iletimi ve ortalama paket iletim hızında daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir. (Muazu vd., 2014)

Yapılan literatür taramasında çoğunlukla güvenli bir erişim ortamının kurulması ve ağlarda paket iletiminde hangi algoritmalarda daha iyi çalıştığı üzerine çalışmalar yapılmıştır.



3. ARAÇSAL AĞLAR

Mobil ağlar herhangi bir sabit altyapıya ihtiyaç duymayan ve bulunduğu ortam koşullarına göre kendini hızlıca adapte ederek kaynak ile hedef arasındaki bağlantıyı sağlayan bir kablosuz ağ türüdür. Araçsal ağlar'da mobil ağların özelleştirilmiş halidir. (Sevimli ve Soyturk, 2010) Araçların kendi halinde araç-araç haberleşmesi (Vehicle to Vehicle - V2V) ve diğer iletişim altyapıları (Vehicle to Infrastructure - V2I) ile haberleşmesi olarak 2 ana başlıkta toplanmaktadır. Şekil 3.1 'de araçsal bağlantıların örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Araçsal ağların örnek gösterimi

3.1. Araç - Araç Bağlantısı (Vehicle to Vehicle - V2V)

V2V, araçların birbiri ile iletişim kurması için sağlanan özel bir ağdır. V2V iletişimini kullanabilmek için araçlarda basit bir anten ve GPS teknolojisi ile donatılmış cihaz olmalıdır. Bu şekilde diğer araçların konumu bilinecek ve hedefle kaynak arasında doğrudan iletişim kurulacaktır. Kurulan iletişim sayesinde araba kazaları, yol durumu bilgisi diğer araçlar ile paylaşılabilir. Ayrıca sürücülerin bilgilendirilmesi sayesinde etraftaki sürücülerin tehlikeli sürüşleri

önceden tahmin edilebilir ve buna uygun önlem alınabilir. Bir sürücü gelen uyarılara yanıt vermiyorsa araç kendini harekete geçirebilir ve bir çarpışmadan kaçınarak güvenli bir noktada durmasını sağlayabilir. Bu bilgilere ek olarak V2V teknolojisi sayesinde öndeki araç durduğunda veya öndeki herhangi bir araç ani fren yaptığında ani fren yaptığı bilgisi arkasındaki araçlara iletilerek olası kazaların önüne geçebilir.

3.2. Araç - Altyapı Bağlantısı (Vehicle to Infrastructure - V2I)

V2I, araçlar ile çevredeki diğer altyapı araçları iletişim sunan bir kablosuz ağdır.

Altyapı araçları

RFID okuyucuları ve kameralar, trafik ışıkları, şerit işaretleyicileri, sokak lambaları, tabela ve park sayaçlarını olabilir. İletişimler çift yönlüdür. Araçlardan altyapı sistemlerine haberleşme olduğu gibi tam tersi haberleşmede olabilir. Bu teknoloji vasıtasıyla; uygun park alanları, yakıt ücret bilgileri, çevredeki şarj istasyonları, geçiş önceliği olan araçların geçişi için bilgilendirme, kaza bilgisi, yolun iklim şartlarına göre durumu gibi çeşitli bilgiler iletilmektedir. Hızlı Geçiş Sistemi (HGS) V2I bağlantısına örnektir.

3.3. Hibrid Bağlantı

Araçtan araca ve araçtan altyapıya olan haberleşmenin birlikte yapıldığı bağlantı türüne hibrit bağlantı denir. V2X (Vehicle to X) olarak adlandırılır. Özellikler seyrek trafik yoğunluğu olan yerlerde araçtan araca haberleşmenin yapılamadığı durumlarda hibrid bağlantı kullanımı bağlantı sorunlarını gidermektedir.

4. ARAÇLAR ARASI KABLOSUZ BAĞLANTI PROTOKOLLERİ

Yönlendirme protokolleri, ağ düğümleri arasındaki en uygun yolu bulmak için kullanılır. Araçlar sürekli hareket halinde olduğundan Araçsal bağlantılarda (VANET) mobil ad-hoc bağlantılar (MANET) için hazırlanan yönlendirme protokollerinin yeterli gelmediği görülmüştür.

MANET algoritmaları hedef ile kaynak arasında ki iletişimin sabit ağ düğümleri üzerinden yapılmasına göre geliştirilmiştir. Bu algoritmalar uygulandığında Vanet'lerin sürekli yer değiştirmesinden dolayı veri gönderilirken paket kayıpları oluşacak ve paketlerin gönderilmesinde gecikmeler artacak ve bundan dolayı başarılı paket alım oranı azalacaktır.

VANET'lerin temel amacı, yüksek paket teslim oranını sağlamak ve verileri gönderirken oluşabilecek gecikmeyi azaltmaktır. Bu sorunu çözmek için Vanet için kullanılacak çeşitli yönlendirme protokolleri geliştirilmiştir. Bu yönlendirme protokolleri beş ana kategoride sınıflandırılabilir: Topoloji Bazlı Yönlendirmeler, Lokasyon Bazlı Yönlendirmeler, Küme Tabanlı Yönlendirmeler, Yayın Bazlı Yönlendirmeler, Yöresel Bazlı Yönlendirmeler.

4.1. Topoloji Bazlı Yönlendirme Protokolleri

Vanet'ler için önerilen bu yönlendirme protokollerinde geçmişte MANET'lerde kullanılan bazı algoritmalar da vardır. Bu algoritmalar VANET'lerde kullanılmak üzere ayarlanmıştır. Topoloji bazlı protokoller kendi arasında 3 kategoriye ayrılır: Proaktif, Reaktif ve Hibrid. (Khudaydad, 2014.)

En çok bilinen yönlendirme protokolleri şunlardır: AODV, OLSR, DSDV, DSR ve ZRP

4.1.1. Proaktif yönlendirme protokolleri

Proaktif yönlendirme protokolleri düğümler arası paket iletişimi olmadığı zamanlarda da yönlendirme bilgisini tutmaya devam eder. Ağdaki her bir düğüm diğer düğümlerle arasındaki yönlendirme bilgisini tutar ve periyodik olarak

günceller. Proaktif protokollerin en önemli özelliği düğümler arasında iletişime geçilmeye başlamadan önce yönlendirme bilgisinin hazır halde olmasıdır. Yönlendirme tablolarının hazır halde tutulması büyük çaplı ağlarda ekstra yük olacağından büyük çaptaki ağlar için uygun bir yönlendirme protokolü değildir. En çok kullanılan proaktif protokollerin tanımı aşağıda verilmiştir.

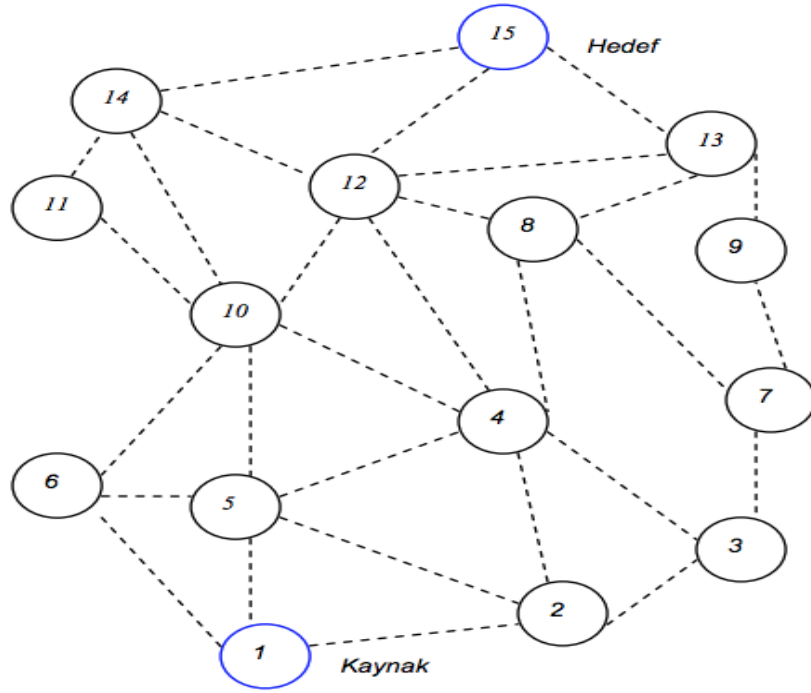
4.1.1.1. Dinamik hedef-sıralı uzaklık vektör protokolü (DSDV - Destination-sequenced distance vector)

Kablosuz ağlar için tasarlanan ilk protokollerinden biridir. Bellman- Ford algoritmasına dayanan bir protokoldür. C. Perkins ve P.Bhagwat tarafından geliştirilmiştir. Proaktif yönlendirme protokollerin genel özelliği olarak ağdaki her bir düğüm, diğer düğümler ile bağlantı sağlamak için yönlendirme tablosunu hazır tutmaktadır. Bu tablolarda tüm hedef düğümlerin listesi ve bu düğümlere ulaşmak için gerekli olan hop sayılarını içermektedir. (Perkins ve Bhagwat, 1994.)

Tabloların her bir satırında hedef düğüm, sonraki düğüm, uzaklık ve sıra numarası tutulmaktadır. Tabloda tutulan sıra numarası o yolun güncelliğini gösterir. Bir düğüm topolojide bir değişiklik gördüğü zaman değişen kendi tablosunu diğer düğümlere gönderir. Büyük bir değişiklik yoksa sadece değişen parça gönderilir.

Eğer büyük bir değişiklik varsa bütün tablo yeniden gönderilir. Tabloda bir değişiklik olduğu zaman bu değişiklik yüksek bir sıra numarası ile diğer düğümlere bildirilir. (Javale vd., 2012)

Bu değişikliği alan diğer düğümlerde kendinde bulunan yönlendirme tablosunu günceller ve kendi komşularına yeni tablosunu gönderir. Bu şekilde tüm ağ yapılan değişikliklerden haberdar olmuş olur. Büyük ağlarda sürekli tablo güncellemeleri ağda ciddi bir trafik yaratacağından küçük ağlarda kullanılması tavsiye edilir.



Şekil 4.1. DSDV yönlendirme örneği

Örnek bir DSDV yönlendirmesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Bu şekile göre oluşan yönlendirme tablosu Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

| Hedef | Sonraki Düğüm | Uzaklık | Sıra Numarası |
|-------|---------------|---------|---------------|
| 2 | 2 | 1 | 22 |
| 3 | 2 | 2 | 26 |
| 4 | 5 | 2 | 32 |
| 5 | 5 | 1 | 134 |
| 6 | 6 | 1 | 144 |
| 7 | 2 | 3 | 162 |
| 8 | 5 | 3 | 170 |
| 9 | 2 | 4 | 186 |
| 10 | 6 | 2 | 142 |
| 11 | 6 | 3 | 176 |
| 12 | 5 | 3 | 190 |
| 13 | 5 | 4 | 198 |
| 14 | 6 | 3 | 214 |
| 15 | 5 | 4 | 256 |

Çizelge 4.1. 1 numaralı düğümün yönlendirilmesi

4.1.1.2. İyileştirilmiş bağ durumu yönlendirme protokolü (OLSR – Optimized link state routing protocol)

Bu protokolde düğümler, diğer düğümlerden öğrendikleri bilgiler sayesinde tüm ağın haritasını çıkartarak çalışırlar. Yani iki düğüm arasındaki tüm yol bilgisine sahiptirler. Böylece elde edilen bilgilerin hepsini tek bir tabloda toplayıp Shortest Path First (Önce En Kısa Yol) algoritmasını kullanarak hangi yolun izleneceğine dair karar verirler. (Olsr, 2018) Düğümlerin yönlendirme tablosu bir kez çıkartıldıktan sonra tüm tabloyu sürekli güncellemek yerine sadece değişiklik olduğunda güncelleme yapılır. Bu da trafik oluşmasını engeller.

4.1.2. Reaktif yönlendirme protokolleri

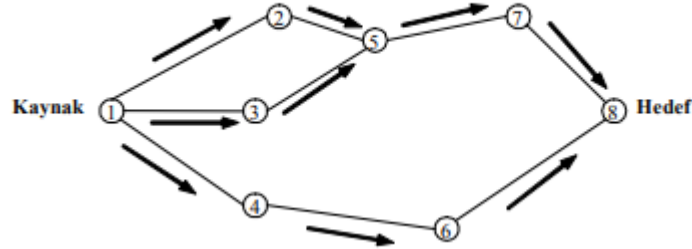
Reaktif yönlendirme protokolleri yönlendirme bilgisini proaktif protokollerin aksine her zaman değil ihtiyacı olduğunda tutar. İki düğüm arasında bir veri iletişimi başlatılacaksa kaynak düğüm hedef düğümü bulmak için ağda keşif işlemi başlatır.

Bu işlem tam tersi olarak hedef düğüm tarafındanda başlatılabilir. Gidilecek rota belirlendikten sonra keşif işlemi sonra erer. Oluşturulan rota bozulana kadar geçerli olur. Eğer iki düğüm arasında herhangi bir bağlantı bulunmuyor ise yönlendirme bilgisinde ihtiyaç yoktur. Proaktif protokollere göre büyük ağlarda daha verimli çalışmaktadır.

4.1.2.1. Eş–eş isteğe bağlı uzaklık vektör yönlendirme (AODV - Ad hoc on-demand distance vector)

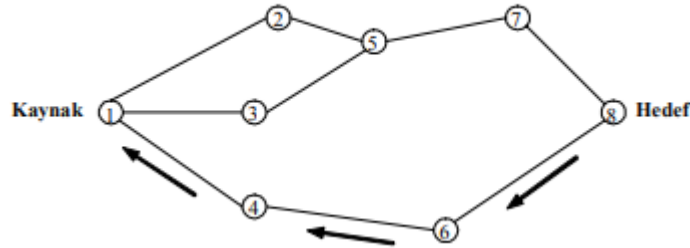
AODV yönlendirme protokolü reaktif protokollerden DSDV protokolününü iyileştirilmiş halidir. DSDV protokolü gibi tüm yönlendirme tablosunu tutmak yerine isteğe göre rota oluşturarak yönlendirme tablosunun minimum düzeyde tutmayı amaçlar. (Dener ve Toklu, 2009) Kaynak düğüm ile hedef düğüm arasında iletişim başlatılmak istediği zaman kaynak düğüm ortama bir istek paketi (RREQ) yayar. Bu paket hedef düğüme iletilinceye kadar komşu düğümler paketi diğer komşularına iletir.

Aynı istek paketinden bir daha gelirse yeni gelen bu kopya istek paketleri göz ardı edilir. Paketi alan her bir düğüm paketi gönderdiği komşu düğümün adresini tutarak geri dönüş yolunun oluşturulmasını sağlar. Elde edilen yolların güncel olup olmadığını belirlemek için her bir yola sıra numarası veriler. Sıra numarası en büyük olan yol en güncel yol demektir.



Şekil 4.2. AODV protokolü istek paketinin ağ içerisinde yayılımı

Şekil 4.2'de kaynak ile hedef arasındaki istek paketinin ağ içerisinde yayılımı gösterilmiştir. Buna karşılık hedef'ten kaynağa oluşturulan geri dönüş rotası ise Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



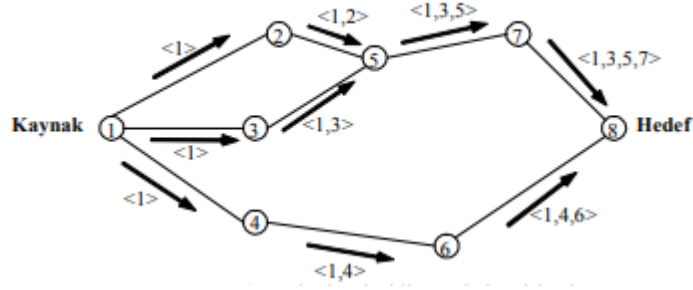
Şekil 4.3. AODV protokolü istek cevabının ağ içerisinde dönüşü

4.1.2.2. Dinamik kaynak yönlendirme (DSR - Dynamic source routing)

DSR protokolü bazı farklılıklar ile AODV'ye benzerdir. Kaynak ile hedef düğüm arasında bir istek paketi yollanıp rota keşfi başlatıldığında ilk önce hedefe ait bir yol bilgisinin olup olmadığı kontrol edilir. Daha önceden kurulmuş olan bir yol var ise bu yol üzerinden paket gönderimi yapılır. (Perkins ve Royer, 1999)

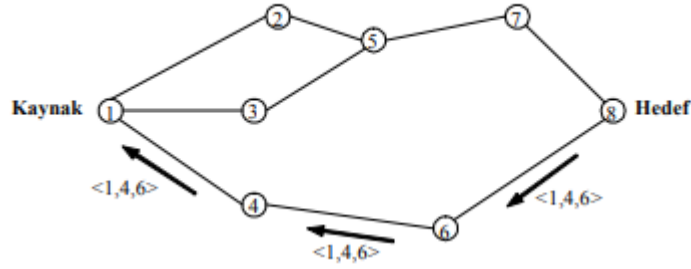
Eğer daha önceden kurulmuş bir yol yok ise veya yol güncelliğini yitirmişse kaynak düğüm hedef düğümü bulmak için tüm ağa istek paketi göndererek yön bulma mekanizmasını başlatır. Kaynak ile hedef arasındaki ara düğümler kaynaktan gelen paketin hedef düğüm ile arasında bir yol olup olmadığını kontrol

eder. Eğer hedef ile bir bağlantısı varsa paketi gönderir. Hedef ile bağlantısı yok ise kendine komşu olan başka bir düğüme paketi yollar.



Şekil 4.4. DSR protokolü istek paketinin ağ içerisinde yayılımı

Şekil 4.4'te kaynak ile hedef arasındaki her bir paketin iletişim hali görülmektedir. Hedef ile bağlantısı olmayan düğümler kendi bilgilerinde ekleyerek komşu paketlere veriyi göndermektedir.



Şekil 4.5. DSR protokolü istek paketinin ağ içerisinde dönüşü

Şekil 4.5'te Kaynak ile hedef arasında oluşan yönlendirme tablosunun ağ içerisinde geri dönüşü gösterilmiştir.

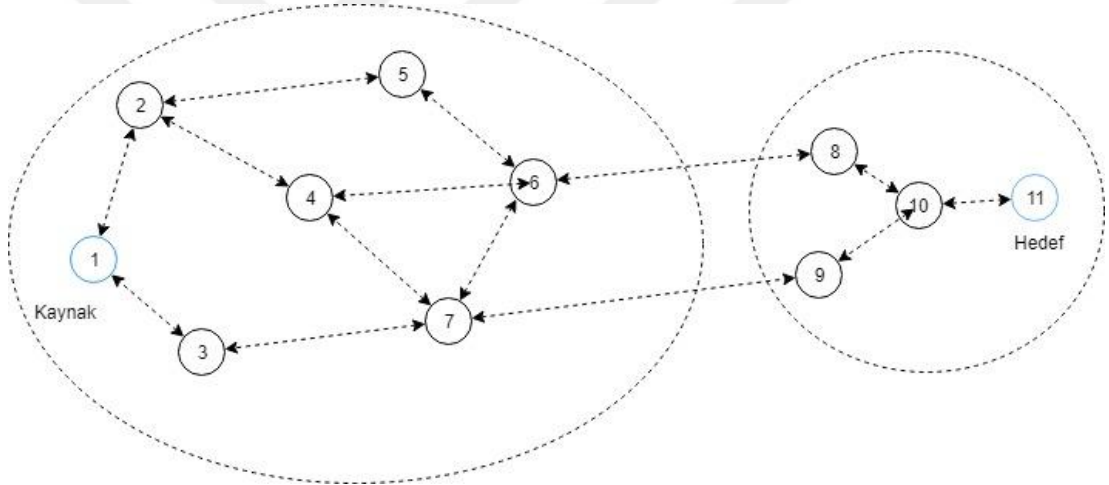
4.1.3. Hibrid yönlendirme protokolleri

Hibrid protokoller proaktif ve reaktif protokollerin avantajlı yanlarını birleştirerek bunları bir arada kullanmayı hedeflerler. Bu protokollede yer alan algoritmalar kaynaktan hedefe giderken kaynağın erişebileceği düğümlere kadar proaktif, diğer düğümler için reaktif özellikte davranırlar. Hibrid protokollerde en bilinen algoritma ZRP (Zone Routing Protocol) algoritmasıdır.

4.1.3.1. Alan yönlendirme (ZRP - Zone routing protocol)

Bu protokolde ağın tamamı bölgelere ayrılarak işlem yapılır. Bölgelere ayırma işlemi yapıldıktan sonra gönderilecek mesaja göre proaktif veya reaktif yönlendirme prokollerinden hangisinin kullanılacağına karar verilir. Hedef düğüm kaynak düğüm ile aynı bölgede ise proaktif yönlendirilme kullanılır. İki düğümde aynı bölgede olduğundan reaktif yönlendirmelerdeki gibi rota yönlendirilmesi için keşfe gerek yoktur. (Vignesh, 2016)

Ancak kaynak düğüm ile hedef düğüm aynı bölgede değilse yönlendirmenin yapılabilmesi için keşfe gerek vardır. Bundan dolayı reaktif yönlendirme protokolleri kullanılacaktır.



Şekil 4.6. ZRP protokol örneği

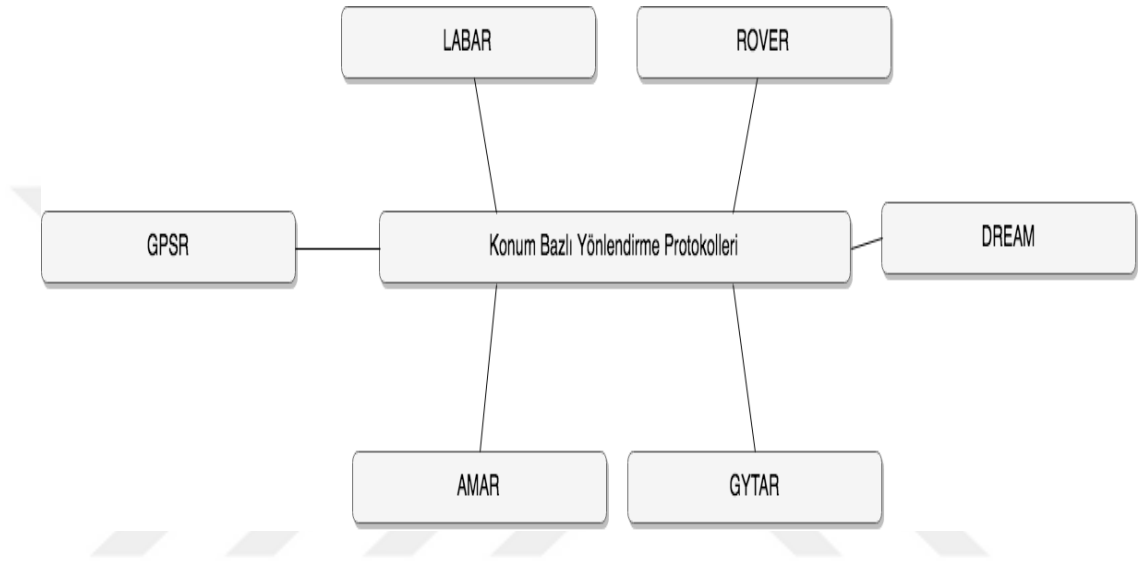
Şekil 4.6'da görüldüğü gibi kaynak'tan hedef'e giderken yukarıda belirtildiği gibi ağ bölgelere ayrılmış durumdadır. 1 nolu düğümden 6 nolu düğüme kadar proaktif bir yönlendirme ile gidilecek daha sonra reaktif yönlendirmeye geçilecektir.

4.2. KONUM BAZLI YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

Araçlar arası bağlantılarda yüksek hızdan dolayı aralarındaki bağlantıların kopması ve ağ topolojisinin hızla değişmesi gibi nedenlerden dolayı topoloji bazlı algoritmaların yeterli verimliliği sağlamadığı durumlar vardır. Kaynak düğüm ve hedef düğüm arasında iletişim kurulmasının bir başka yoluda lokasyon bazlı

yönlendirme protokolleridir. Bu protokol tipinde düğümlerin konum bilgisi GPS (Global Position System) ile çekilmektedir. (Toulmi ve Nsiri, 2015.)

Konum bazlı yönlendirme protokolü algoritmaların başlıcaları Şekil 4.7’de gösterildiği gibidir. Tez’de işlenen ana konu topoloji bazlı yönlendirme protokolleri olduğundan konum bazlı yönlendirme protokolleri ile ilgili detaya girilmemiştir.



Şekil 4.7. Konum bazlı yönlendirme protokolleri

4.3. KÜME TABANLI YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

Küme tabanlı yönlendirme protokollerinde düğümler kümelenecek iletişim sağlanır. Oluşturulan her bir kümenin bir küme başı bulunur ve bu küme başı diğer küme başları ile iletişime geçerek paket iletişiminin gerçekleşmesi sağlanır. Her bir kümenin başı kümesinde bulunan düğümlerin konum bilgilerini ve adreslerini içeren tablolar oluşturur.

Küme içindeki bir düğüm paket iletmek istediğinde hedef düğümü oluşturulan tablolar aracılığıyla bulur. Eğer kaynak düğüm hedef düğümün adresini kendi kümesinde bulamazsa o kümenin başı düğümün nerede olduğunu bulması için diğer küme başlarına istek paketi yollar.

Diğer küme başları kaynak düğümün kendinde olup olmadığını kontrol eder. Hedef düğüm kendi kümelerindeyse gelen istek paketine cevap veririler. Bu

yönlendirme protokolüne küme tabanlı yönlendirme protokolleri denir. Bu protokolü kullanan başlıca algoritmalar Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

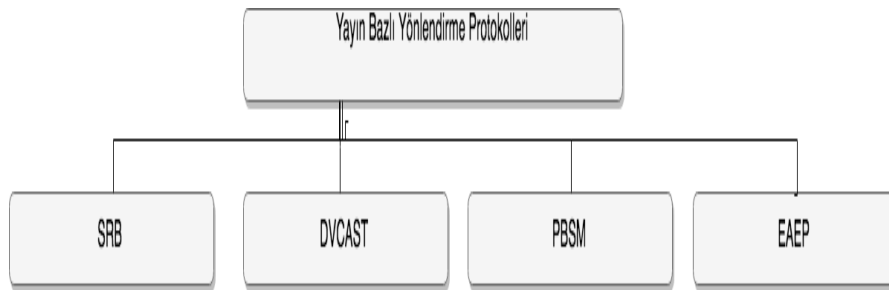


Şekil 4.8. Küme tabanlı yönlendirme protokolleri

4.4. YAYIN BAZLI YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

Yayın bazlı yönlendirme protokollerinde iletişim her bir düğümün mesajı bir diğerine iletmesi şeklinde sağlanır. Kaynak düğüm hedef düğümü bulmak için ağda bulunan tüm düğümlere paketi gönderir. Ağdaki düğüm sayısının fazlalığı gönderilecek paket sayısını arttıracığından ve yüksek bant genişliği kullanacağından büyük çaplı ağlarda kullanılmaz.

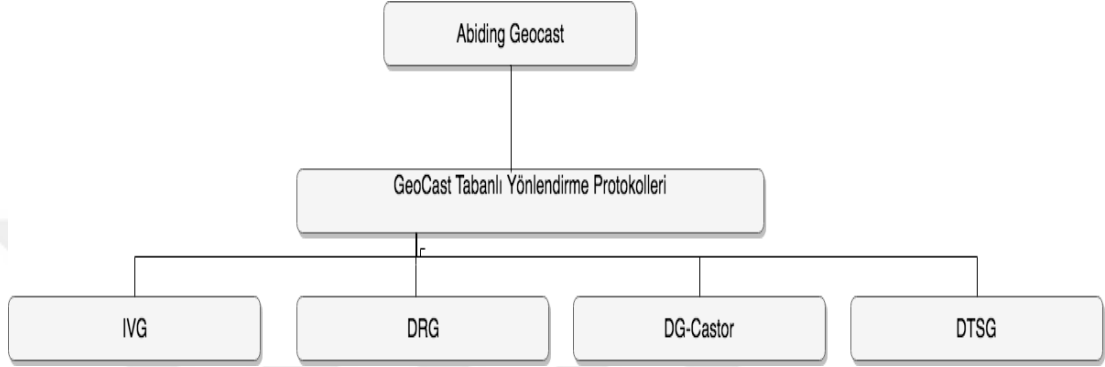
Düğüm sayısının az olduğu ağlar için uygun bir yönlendirme protokolüdür. Yayın bazlı protokollerde örnek olarak SRB, DVCAST, PBSM VE EAEP örnek olarak verilebilir. Şekil 4.9’da kullanılan örnek algoritmalar gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Yayın bazlı yönlendirme protokolleri

4.5. GEOCAST TABANLI YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

Geocast tabanlı yönlendirme temelde yayın bazlı yönlendirmenin özelleştirilmiş halidir. Temel farkı kaynak düğümden hedef düğüme iletilecek paketin belirli bir coğrafi alandaki tüm düğümlere iletilmesidir. Belirlenen alanın dışında iletim yapılmamaktadır. Şekil 4.10'da GeoCast Tabanlı protokollerin örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.10. GeoCast tabanlı yönlendirme protokolleri

5. KULLANILAN SİSTEM VE SİMULASYON ORTAMI

Araçsal ağların simulasyonu için literatür tarandığında Linux tabanlı işletim sistemleri kullanıldığı görülmüştür. Bundan dolayı yapılan çalışmada Linux dağıtımlarından Xubuntu 17.10 versiyonu kullanılmıştır. Simulasyonları kullanılacak trafiği oluşturmak için SUMO simülatörü kullanmıştır. Oluşturulan trafikleri ağ yönlendirme paketlerinde kullanmak için ağ uygulamalarına yönelik yazılım geliştirmede oldukça yaygın kullanılan ns-3.28 yazılımı kullanılmıştır.

Uygulama kapsamında araçların hareketleri için 2 farklı senaryo oluşturulmuş ve bu senaryolara göre uygun trafikler oluşturulmuştur. Birinci senaryoda şehir içi trafik ele alınmıştır. Şehir içi trafikte bir çok kavşak vardır ve trafik yoğundur. Bundan dolayı hız düşüktür. İkinci senaryo ise otoyollar ele alınmıştır. Otoyollarda hız yüksektir ve trafik yoğunluğu şehirdesine göre daha azdır. Oluşturulan 2 senaryoya göre yukarıda anlatılan topoloji bazlı yönlendirme algoritmaları paket iletimi, paket düşümü, gecikme süresi ve yeniden gönderim bakımından test edilmiştir.

5.1. Sumo

Sumo, 2001 yılından beri mevcut olan ücretsiz ve açık bir trafik simülasyonu paketidir. Sumo, karayolu araçları, toplu taşıma ve yayalar dahil olmak üzere karmaşık trafik sistemlerinin modellenmesine izin verir. Bu modellemelerde farklı araç tipleri seçilebilir, çok şeritli yollarda şerit değiştirme uygulamaları yapılabilir ve kavşaklarda yol hakkı tanımlanabilir. 10.000 caddeye kadar geniş bir ortamda çalışabilmektedir. (Martinez vd., 2009) En büyük temel eksikliği oluşturulan trafiğin ns3 gibi ağ simulator yazılımlarında doğrudan kullanılamamasıdır.

5.2. Ns3

Ns, ağ simülasyonu oluşturmak ve ağ simülasyonlarını gerçekleştirmek için 1989 yılından beri geliştirilen açık kaynak kodlu bir yazılımdır. Akademik araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ns kullanımı, 1995 yılında ABD Savunma Bakanlığı İleri Araştırma Projeleri Ajansının (Defense Advanced

Research Projects Agency-DARPA) sponsorluğunda ivme kazanmıştır ve günümüzde de simülasyonun geliştirilmesi geniş bir kullanıcı grubu tarafından sürdürülmektedir. (Çavuşoğlu ve Zengin, 2012) Ns ile kablolu ya da kablosuz ağlarda istenilen miktarda düğümler ve bu düğümler arası linkler tanımlanabilmekte, yönlendirme algoritmaları ile çoklu yayın protokolleri kullanılabilir ve Ad-Hoc network, Wi-Fi, WiMAX gibi bir takım popüler kablosuz ağ uygulamalarının modellemeleri ve simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir.

5.3. Senaryo 1 - Şehir İçi Trafik

Oluşturulan ilk senaryo şehir içi senaryosudur. Bu senaryoda topoloji senaryolarından AODV, DSDV, DSR, OLSR ve ZRP yönlendirme algoritmaları test edilmiştir. Bu senaryo için Sumo simulatoründe 1000 araçlık bir trafik oluşturulmuştur. Oluşturulan trafik için örnek görüntü Şekil 5.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Şehir içi trafik senaryosu

İlk olarak şehir içi senaryosu için harita bilgisinin oluşturulması gerekmektedir. Şekil 5.2 'de gösterildiği gibi oluşturulan senaryo1.net.xml dosyasına harita bilgisi kaydedildi.

```

<edge id="L1a" from="1" to="5" priority="3" type="a">
  <lane id="L1a_0" index="0" speed="13.89" length="237.15"
shape="11.50,251.75 248.65,251.75"/>
  <lane id="L1a_1" index="1" speed="13.89" length="237.15"
shape="11.50,255.05 248.65,255.05"/>
  <lane id="L1a_2" index="2" speed="13.89" length="237.15"
shape="11.50,258.35 248.65,258.35"/>
</edge>
<edge id="L1b" from="5" to="1" priority="3" type="a">
  <lane id="L1b_0" index="0" speed="13.89" length="237.15"
shape="248.65,268.25 11.50,268.25"/>
  <lane id="L1b_1" index="1" speed="13.89" length="237.15"
shape="248.65,264.95 11.50,264.95"/>
  <lane id="L1b_2" index="2" speed="13.89" length="237.15"
shape="248.65,261.65 11.50,261.65"/>
</edge>
<edge id=":5_1" function="internal">
  <lane id=":5_1_0" index="0" speed="13.89" length="22.70"
shape="255.05,271.35 255.05,264.61 255.05,260.00 255.05,255.39
255.05,248.65"/>
</edge>
<edge id=":5_2" function="internal">
  <lane id=":5_2_0" index="0" speed="13.89" length="12.52"
shape="258.35,271.35 259.16,265.66 261.60,261.60 263.35,260.55"/>
</edge>
<edge id=":5_12" function="internal">
  <lane id=":5_12_0" index="0" speed="13.89" length="8.44"
shape="263.35,260.55 265.66,259.16 271.35,258.35"/>
</edge>
<edge id=":5_3" function="internal">
  <lane id=":5_3_0" index="0" speed="13.89" length="5.00"
shape="271.35,268.25 269.99,268.44 269.02,269.02 268.44,269.99
268.25,271.35"/>
..... //diğer harita bilgileri

```

Şekil 5.2. Senaryo1.net.xml

Oluşturulan harita bilgisinde araçların tanımlanması ve bu araçlara ait güzergahların tanımlanması için Şekil 5.3'de gösterilen senaryo1.rou.xml dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dosyanın içinde her bir taşıtı için ayrı olarak

verilmiş bir taşıt_id, taşıtın türü (araç, otobüs vb.), taşıtın gidebileceği maksimum hızı, taşıtın harekete başlayacağı başlangıç zamanı ve gideceği güzergah bilgileri yer almaktadır.

```
<routes>
  <vehicle id="0.0" type="bike" depart="0.00" departSpeed="1"
maxSpeed="5">
    <route edges="L1a L2b L6b L26a"/>
  </vehicle>
  <vehicle id="1.0" type="bus" depart="0.00" departSpeed="4"
maxSpeed="10">
    <route edges="L1a L2b L7b L27a"/>
  </vehicle>
  <vehicle id="10.0" type="car" depart="0.00" departSpeed="12"
maxSpeed="20">
    <route edges="L3a L1b L51a"/>
  </vehicle>
  <vehicle id="11.0" type="bike" depart="0.00">
    <route edges="L3a L4b L54a"/>
  </vehicle>
  .... //diğer araç ve güzergah tanımlamaları
</routes>
```

Şekil 5.3. Senaryo1_rou.xml

Harita dosyası (senaryo1.net.xml) ve araç yol ve güzergah bilgileri dosyası (senaryo1.rou.xml) kullanılarak Şekil 5.4'te verilen SUMO konfigürasyon dosyası oluşturularak ns3 programı içerisinde kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

```
<configuration>
<input>
<net-file value="/home/alperkaan-Macbook/Corebe_Yukseklisans/Traffic
Maker/Senaryo1/senaryo1.net.xml"/>
<route-files
value=" home/alperkaan-Macbook/Corebe_Yukseklisans/Traffic
Maker/Senaryo1/senaryo1.rou.xml"/>
</input>
<output>
<netstate-dump
value=" home/alperkaan-Macbook/Corebe_Yukseklisans/Traffic
Maker/Senaryo1/senaryo1.sumo.tr"/>
</output>
<time>
<begin value="0"/>
<end value="300"/>
</time>
</configuration>
```

Şekil 5.4 Sumo konfigurasyon dosyası (senaryo1.sumo.cfg)

Oluşturulan 1000 araçlık bu senaryoya göre kaynak araçtan başlayarak trafik paketleri sırasıyla 1,2,3 araçlar üzerinden hedef araca gönderilmiştir. Araçların sırası Şekil 5.5'te gösterildiği gibidir. Simulasyon 10 saniye boyunca çalıştırılmış ve bu süre boyunca 1000 paket üretilmiştir. Her bir paketin boyutu 512 byte olarak ayarlanmıştır. Çıktı sonuçları ve analizi 5.5'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Simulasyonun çalıştırıldığı şartlar Çizelge 5.1 'de gösterilmiştir.

| Parametre | Değer |
|--------------------------|----------------------------|
| Yönlendirme Protokolleri | AODV, OLSR, DSDV, ZRP, DSR |
| Paket Boyutu | 512 Byte |
| Toplam Araç Sayısı | 1000 |
| Çalışma süresi | 10sn |
| Transmisyon Mesafesi | 250m |
| Yayılım Modeli | Two ray ground |

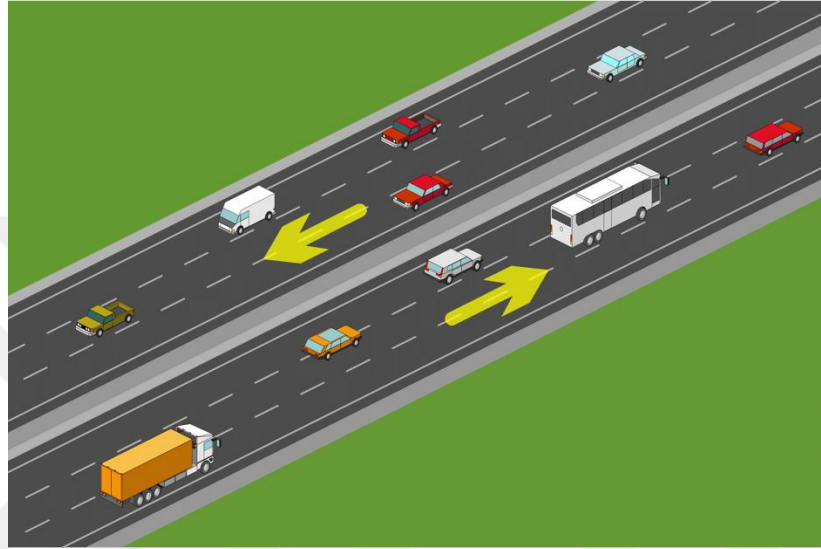
Çizelge 5.1. Simulasyon 1 çalışma değerleri



Şekil 5.5. Kaynak Hedef arası bağlantı

5.4. Senaryo 2 – Otoyollar

Oluşturulan ikinci senaryo otoyolları senaryosudur. Bu senaryoda topoloji senaryolarından AODV, DSDV, DSR, OLSR ve ZRP yönlendirme algoritmaları test edilmiştir. Bu senaryo için SUMO simulatoründe 500 araçlık bir trafik oluşturulmuştur. Otoyollarda trafik daha az ve araçların hızı daha yüksektir. Oluşturulan trafik için örnek görüntü Şekil 5.6 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Otoyol trafik senaryosu

İlk olarak otoyol senaryosu için harita bilgisinin oluşturulması gerekmektedir. Şekil 5.7'de gösterildiği gibi oluşturulan senaryo1.net.xml dosyasına harita bilgisi kaydedildi.

```
<edge id=":0_0" function="internal">
  <lane id=":0_0_0" index="0" speed="15.28" length="9.50"
  shape="508.35,514.75 508.35,505.25"/>
</edge>
<edge id=":0_1" function="internal">
  <lane id=":0_1_0" index="0" speed="15.28" length="9.50"
  shape="514.75,511.65 505.25,511.65"/>
</edge>
<edge id=":0_2" function="internal">
  <lane id=":0_2_0" index="0" speed="15.28" length="9.50"
  shape="511.65,505.25 511.65,514.75"/>
</edge>
<edge id=":0_3" function="internal">
  <lane id=":0_3_0" index="0" speed="15.28" length="9.50"
  shape="505.25,508.35 514.75,508.35"/>
</edge>
<edge id=":1_0" function="internal">
```



```

    <lane id=":1_0_0" index="0" speed="15.28" length="0.10"
    shape="10.00,511.65 10.00,511.65"/>
  </edge>
  <edge id=":1_1" function="internal">
    <lane id=":1_1_0" index="0" speed="15.28" length="2.41"
    shape="10.00,511.65 8.76,510.82 8.35,510.00"/>
  </edge>
  <edge id=":1_4" function="internal">
    <lane id=":1_4_0" index="0" speed="15.28" length="2.41"
    shape="8.35,510.00 8.76,509.18 10.00,508.35"/>
  </edge>
  <edge id=":1_2" function="internal">
    <lane id=":1_2_0" index="0" speed="15.28" length="0.10"
    shape="10.00,508.35 10.00,508.35"/>
  ..... //diğer harita bilgileri

```

Şekil 5.7. Senaryo2.net.xml

Oluşturulan harita bilgisinde araçların tanımlanması ve bu araçlara ait güzergahların tanımlanması için Şekil 5.8’de gösterilen senaryo2.rou.xml dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dosyanın içinde her bir taşıtı için ayrı olarak verilmiş bir taşıt_id, taşıtın türü (araç, otobüs vb.), taşıtın gidebileceği maksimum hızı, taşıtın harekete başlayacağı başlangıç zamanı ve gideceği güzergah bilgileri yer almaktadır.

```

<routes>
  <vehicle id="0.0" type="bike" depart="0.00" departSpeed = "1"
  maxSpeed="5">
    <route edges="L1a L2b L6b L26a"/>
  </vehicle>
  <vehicle id="1.0" type="bus" depart="0.00" departSpeed="4"
  maxSpeed="50">
    <route edges="L1a L2b L7b L27a"/>
  </vehicle>
  <vehicle id="10.0" type="car" depart="0.00" departSpeed="12"
  maxSpeed="100">
    <route edges="L3a L1b L51a"/>
  </vehicle>
  <vehicle id="11.0" type="bike" depart="0.00">
    <route edges="L3a L4b L54a"/>
  </vehicle>
  ..... //diğer araç ve güzergah tanımlamaları
</routes>

```

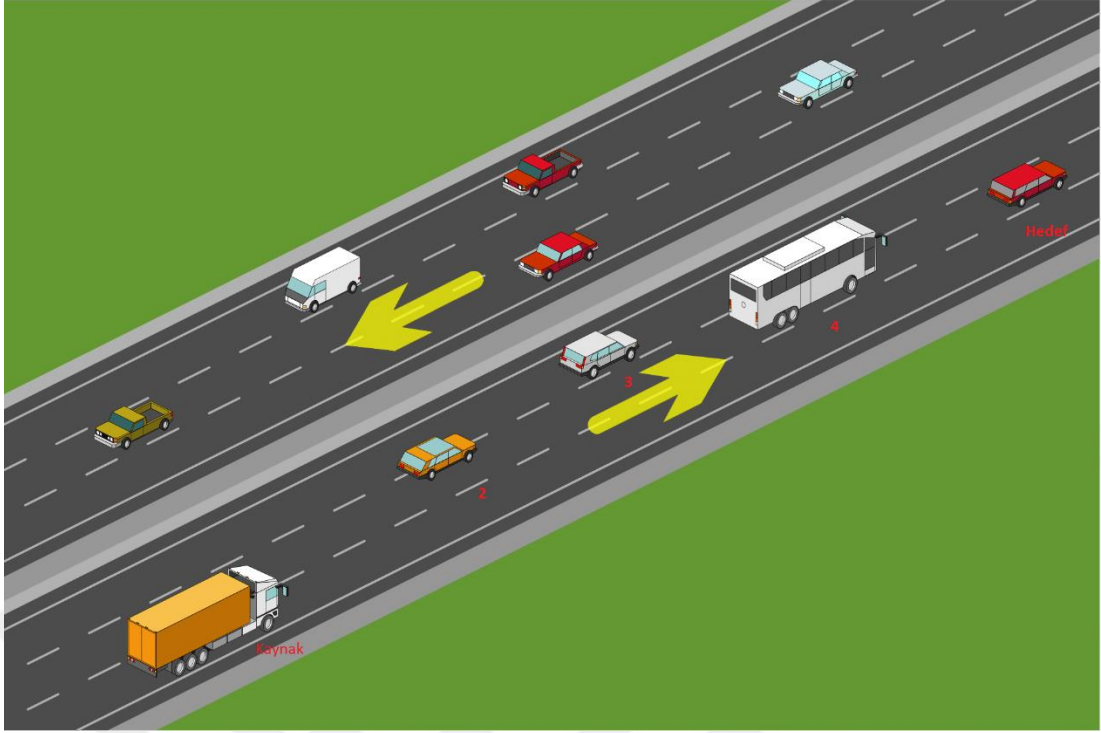
Şekil 5.8. Senaryo2.rou.xml

Harita dosyası (senaryo2.net.xml) ve araç yol ve güzergah bilgileri dosyası (senaryo1.rou.xml) kullanılarak Şekil 5.9’da verilen SUMO konfigürasyon dosyası oluşturularak ns3 programı içerisinde kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

```
<configuration>
<input>
<net-file value="/home/alperkaan-Macbook/Corebe_Yukseklisans/Traffic
Maker/Senaryo2/senaryo2.net.xml"/>
<route-files
value=" home/alperkaan-Macbook/Corebe_Yukseklisans/Traffic
Maker/Senaryo2/senaryo2.rou.xml"/>
</input>
<output>
<netstate-dump
value=" home/alperkaan-Macbook/Corebe_Yukseklisans/Traffic
Maker/Senaryo2/senaryo2.sumo.tr"/>
</output>
<time>
<begin value="0"/>
<end value="300"/>
</time>
</configuration>
```

Şekil 5.9. Sumo konfigürasyon dosyası (senaryo2.sumo.cfg)

Oluşturulan 500 araçlık bu senaryoya göre kaynak araçtan başlayarak trafik paketleri sırasıyla 1,2,3 ve 4 nolu araçlar üzerinden hedef araca gönderilmiştir. Araçların sırası Şekil 5.10’da gösterildiği gibidir. Simülasyon 10 saniye boyunca çalıştırılmış ve bu süre boyunca 500 paket üretilmiştir. Her bir paketin boyutu 512 byte olarak ayarlanmıştır. Çıktı sonuçları ve analizi kısım 6’da ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Simülasyonun çalıştırıldığı şartlar Çizelge 5.2 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Kaynak hedef arası bağlantı

| Parametre | Değer |
|--------------------------|----------------------------|
| Yönlendirme Protokolleri | AODV, OLSR, DSDV, ZRP, DSR |
| Paket Boyutu | 512 Byte |
| Toplam Araç Sayısı | 500 |
| Çalışma süresi | 10sn |
| Transmisyon Mesafesi | 250m |
| Yayımlım Modeli | Two ray ground |

Çizelge 5.2. Simulasyon 2 çalışma değerleri

6.UYGULAMA ÇIKTILARI VE ANALİZİ

6.1. Senaryo 1 Çıktısı ve Analizi

| | DSDV | OLSR | AODV | ZRP | DSR |
|--------------------------------|-------|------|-------|-------|------|
| Toplam Gönderilen Paket Sayısı | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Toplam Alınan Paket Sayısı | 696 | 720 | 874 | 805 | 820 |
| Başarı Yüzdesi | %69,6 | %72 | %87,4 | %80,5 | %82 |

Çizelge 6.1 Senaryo 1 alınan paket çıktıları

Çizelge 6.1’de gönderilen paket ve alınan paketler gösterilmiştir. Başarı yüzdesi hesaplanırken :

$$\text{Başarı yüzdesi} = \frac{\text{Toplam Alınan Paket}}{\text{Toplam Gönderilen Paket}} * 100. \quad (6.1)$$

Formülü kullanılmıştır. Senaryo 1’deki başarıyla iletilen paket sayısına bakıldığında Proaktif ağlar olan DSDV ve OLSR’nin büyük çaplı ağlarda paket başarı oranının reaktif ağlara göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

DSDV protokolü toplam üretilen 1000 paketin 696 adedini hedef araca başarıyla gitmiş ve %69,6 lık bir başarı sağlamıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 1000 paketten 720 tanesini hedef araca başarı ile gitmiş ve %72’lik başarı oranı sağlamıştır.

Reaktif protokoller ise proaktiflere göre daha başarılı olmuştur. AODV protokolü ile 1000 paketin 874 tanesini hedef araca başarı ile gitmiş ve %87,4 ile en başarılı iletim protokolü olmuştur. Diğer bir reaktif protokol olan DSR ise 1000 paketin 820 tanesini hedef araca başarı ile göndererek %82’lik başarı oranı sağlamıştır.

Hibrid bir protokol olan ZRP ise proaktif ve reaktif özellikleri bir arada kullanabilmektedir. Yüksek çaplı ağlarda reaktif özellikle davrandığından reaktif protokollere yakın bir davranış sergileyerek 1000 tane paketin 805 tanesini hedef araca ileterek %80,5 başarı oranı sağlamıştır.

| | DSDV | OLSR | AODV | ZRP | DSR |
|--------------------------------|-------|------|-------|-------|------|
| Toplam Gönderilen Paket Sayısı | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Toplam Kaybolan Paket Sayısı | 304 | 280 | 126 | 195 | 180 |
| Kaybolma Yüzdesi | %30,4 | %28 | %12,6 | %19,5 | %18 |

Çizelge 6.2. Senaryo 1 kaybolan paket çıktıları

Çizelge 6.2’de gönderilen paket ve kaybolan paketler gösterilmiştir. Kaybolma yüzdesi hesaplanırken :

$$\text{Kayıp yüzdesi} = \frac{\text{Toplam Kaybolan Paket}}{\text{Toplam Gönderilen Paket}} * 100 \quad (6.2)$$

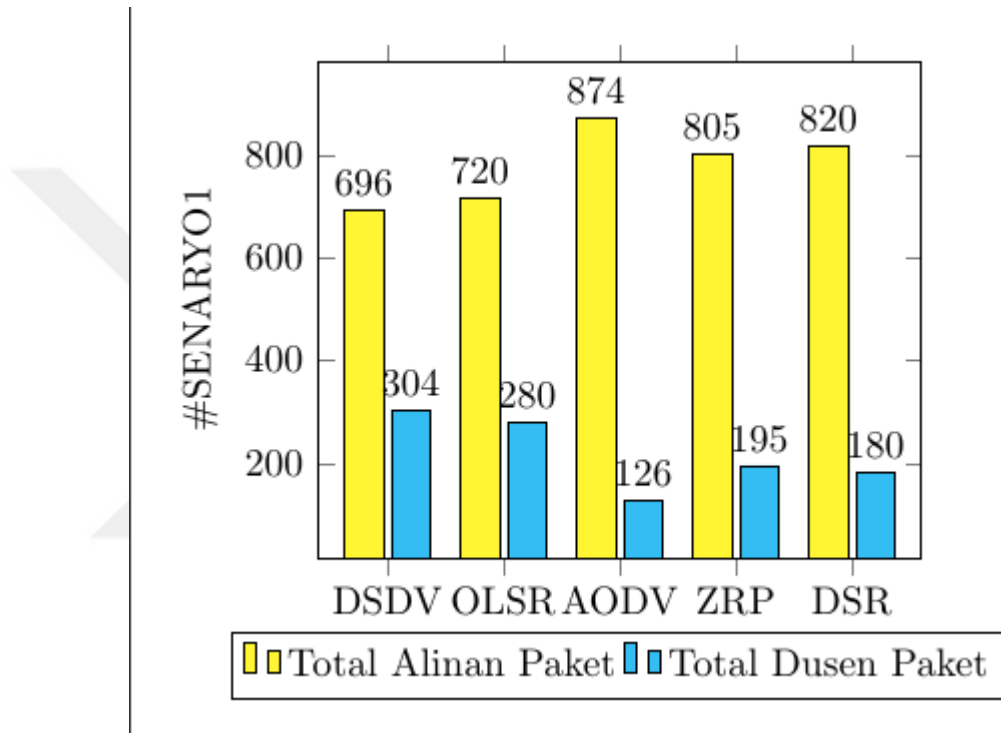
Formülü kullanılmıştır. Senaryo 1’deki düşen paket sayısına bakıldığında Proaktif ağlar olan DSDV ve OLSR’nin büyük çaplı ağlarda paket kaybolma yüzdesinin reaktif ağlara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

DSDV protokolü toplam üretilen 1000 paketin 304 adedini hedef araca gitmemiş ve %30,4’lük bir kayba uğramıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 1000 paketten 280 tanesini hedef araca iletememiş ve %28’lik kayba uğramıştır.

Reaktif protokoller ise proaktiflere göre daha iletim konusunda başarılı olmuştur. AODV protokolü ile hedef araç 1000 paketin 126 tanesini alamamış %12,6 ile en düşük kayıp oranına sahip protokol olmuştur. Diğer bir reaktif protokol olan DSR

ise 1000 paketin 180 tanesini hedef araca ulaştıramamış ve %18'lik kayıp oranı olmuştur.

Hibrid bir protokol olan ZRP ise proaktif ve reaktif özellikleri bir arada kullanabilmektedir. Yüksek çaplı ağlarda reaktif özellikle davrandığından reaktif protokollere yakın bir davranış sergileyerek 1000 tane paketin 195 tanesini hedef araca iletemeyerek %19,5'lik kayıp oranı olmuştur.



şekil 6.1. Toplam alınan ve toplam düşen paket

şekil 6.1'de senaryo 1'deki toplam alınan ve düşen paket oranı gösterilmiştir.

6.2. Senaryo 2 Çıktısı ve Analizi

| | DSDV | OLSR | AODV | ZRP | DSR |
|--------------------------------|------|------|------|-----|-----|
| Toplam Gönderilen Paket Sayısı | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Toplam Alınan | 416 | 427 | 382 | 438 | 394 |

| | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Paket Sayısı | | | | | |
| Başarı Yüzdesi | %83,2 | %85,4 | %76,4 | %87,6 | %78,8 |

Çizelge 6.3. Senaryo 2 alınan paket çıktıları

Çizelge 6.3’de gönderilen paket ve alınan paketler gösterilmiştir. Başarı yüzdesi hesaplanırken :

$$\text{Başarı yüzdesi} = \frac{\text{Toplam Alınan Paket}}{\text{Toplam Gönderilen Paket}} * 100. \quad (6.3)$$

Formülü kullanılmıştır. Senaryo 2’deki başarıyla iletilen paket sayısına bakıldığında Proaktif ağlar olan DSDV ve OLSR’nin küçük çaplı ve araç hızının yüksek olduğu ağlarda paket başarı oranının reaktif ağlara göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

DSDV protokolü toplam üretilen 500 paketin 416 adedini hedef araca başarıyla gitmiş ve %83,2 lık bir başarı sağlamıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 500 paketten 427 tanesi hedef araca başarı ile gitmiş ve %85,4’lük başarı oranı sağlamıştır.

Hızın yüksek olduğu bu senaryoda proaktif protokoller reaktif protokollere göre daha başarılı olmuştur. AODV protokolü ile 500 paketin 382 tanesi hedef araca başarı ile gitmiş ve %76,4’lük başarı oranı sağlamıştır. Diğer bir reaktif protokol olan DSR ise 500 paketin 394 tanesini hedef araca başarı ile göndererek %78,8’lik başarı oranı sağlamıştır.

Hibrid bir protokol olan ZRP ise proaktif ve reaktif özellikleri bir arada kullanabilmektedir. Araçların hızlı olduğu ve seyrek trafiğin bulunduğu ortamlarda proaktif özellikle davrandığından proaktif protokollere yakın bir davranış sergileyerek 500 tane paketin 438 tanesini hedef araca ileterek %87,6 başarı oranı ile en başarılı protokol olmuştur.

| | DSDV | OLSR | AODV | ZRP | DSR |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| Toplam Gönderilen Paket Sayısı | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Toplam Kaybolan Paket Sayısı | 84 | 73 | 118 | 62 | 106 |
| Kaybolma Yüzdesi | %16,8 | %14,6 | %23,6 | %12,4 | %21,2 |

Çizelge 6.4. Senaryo 2 kaybolan paket çıktıları

Çizelge 6.4'de gönderilen paket ve kaybolan paketler gösterilmiştir. Kaybolma yüzdesi hesaplanırken :

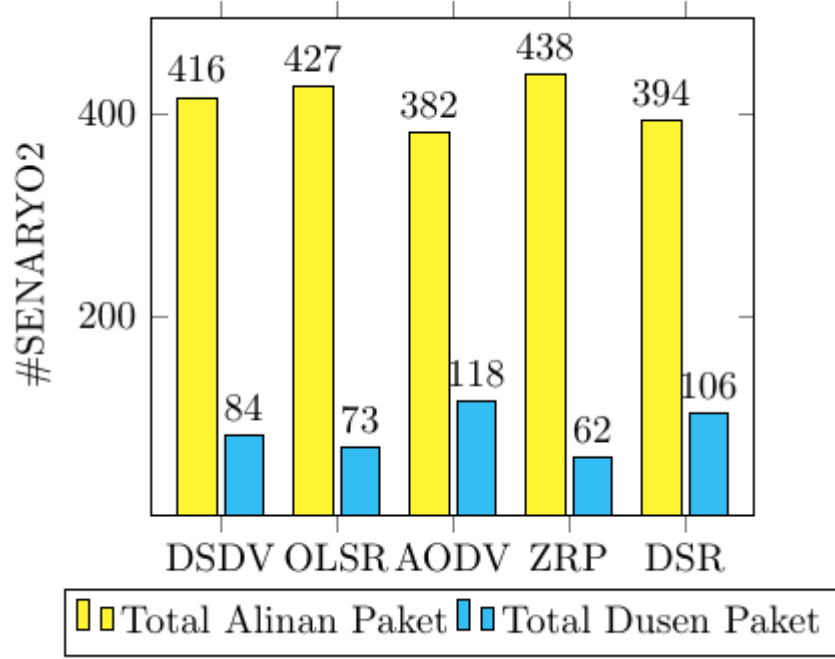
$$\text{Kayıp yüzdesi} = \frac{\text{Toplam Kaybolan Paket}}{\text{Toplam Gönderilen Paket}} * 100 \quad (6.4)$$

Formülü kullanılmıştır. Senaryo 2'deki düşen paket sayısına bakıldığında Proaktif ağlar olan DSDV ve OLSR'nin küçük çaplı ve araç hızının yüksek olduğu ağlarda paket kaybolma oranının reaktif ağlara göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

DSDV protokolü toplam üretilen 500 paketin 84 adedi hedef araca gitmemiş ve %16,8'lük bir kayba uğramıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 500 paketten 73 tanesini hedef araca iletememiş ve %14,6'lık kayba uğramıştır.

Hızın yüksek olduğu bu senaryoda proaktif protokoller reaktif protokollere göre daha başarılı olmuştur. AODV protokolü ile hedef araç 500 paketin 118 tanesini alamamış %23,6 oranında kayba uğramıştır. Diğer bir reaktif protokol olan DSR ise 500 paketin 106 tanesini hedef araca ulaştıramamış ve %21,2'lik kayıp oranı olmuştur.

Hibrid bir protokol olan ZRP ise proaktif ve reaktif özellikleri bir arada kullanabilmektedir. Araçların hızlı olduğu ve seyrek trafiğin bulunduğu ortamlarda proaktif özellikle davrandığından proaktif protokollere yakın bir davranış sergileyerek 500 tane paketin 106 tanesini hedef araca iletemeyerek %12,4 kayıp oranı ile en az kayıplı protokol olmuştur.



Şekil 6.2. Toplam alınan ve toplam düşen paket

Şekil 6.2'de senaryo 1'deki toplam alınan ve düşen paket oranı gösterilmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında afet durumlarında alternatif haberleşmelerden birisi olan araçsal ağlar ve araçsal ağların bileşenlerinden bahsedilmiştir. Araçsal ağların günümüzün ulaştırma alanında yaşanan sorunların çözümüne yönelik büyük katkılar sunacağı öngörülerek bu alandaki kullanılacak yönlendirme protokolleri incelenmiştir.

Çalışma kapsamında araçsal ağlarda kullanılan yönlendirme protokolleri simülasyon ortamında 2 farklı senaryo ile test edilmiştir. Senaryolar farklı parametrelere göre değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde kalabalık trafiğin ve hız oranının düşük olduğu ortamlarda reaktif protokollerin proaktif protokollere göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Senaryo 1'de gönderilen paket miktarlarına ve başarı oranlarına bakıldığında reaktif protokollerin başarı oranı DSR %80, AODV %87,4 olmuştur. Proaktif protokollerin oranı ise DSDV %69,6, OLSR %72 oranında başarılı olmuştur. Diğer bir protokol türü olan hibrid protokollerden ZRP ise %80,5 oranında başarılı olmuştur.

Senaryo 2'de gönderilen paket miktarlarına ve başarı oranlarına bakıldığında reaktif protokollerin başarı oranı DSR %78,8, AODV %76,4 olmuştur.

Proaktif protokollerin oranı ise DSDV %83,2, OLSR %85,4 oranında başarılı olmuştur. Diğer bir protokol türü olan hibrid protokollerden ZRP ise %87,6 oranında başarılı olmuştur.

Hızın yüksek ve trafiğin seyrek olduğu ortamlarda kaybolan paket miktarlarının azaldığı görülmüştür. Hızın düşük ve trafiğin yoğun olduğu ortamlarda kaybolan paket miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Trafik yoğunluğunun yönlendirme protokollerinin performansında etki ettiği görülmektedir. Her iki senaryodada farklı algoritmalar en iyi sonucu verirken ZRP algoritmasının her iki senaryodada ortalamanın üstünde bir sonuç verdiği görülmüştür. Trafiğin yoğun olduğu ya da seyrek olduğu durumlarda iletişimin

kesintisiz şekilde sağlanması için ZRP algoritması afet durumlarında araçsal ağlar için uygun bir yönlendirme protokolüdür.

Algoritmaların farklı senaryolarda test edilerek araçsal ağlarda iletişimin sağlanması için uygun algoritmanın hangisi olduğu konusunda katkı sağlanmıştır.



KAYNAKLAR

- Çavuşoğlu, Ü., Zengin, A., 2012. NS-2 ve NS- 3 Ağ Simülatörlerinin Ölçeklenebilirlik Analizi ve Karşılaştırma, Bilişim Teknolojileri Dergisi, 41-49.
- Dener M., Toklu S.,2009. DSDV ve DSR Manet Yönlendirme Protokollerinin Başarım Değerlendirmesi. Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic s.157-166, 2009
- Khudaydad M., 2014. Mobil Robot Sürüleri İçin Dinamik Yönlendirme Algoritmaları,Yıldız Teknik Üniversitesi, 60 Sayfa
- Martinez, F. J., Toh, C. K., Cano, J., Calafate, C. T., Manzoni, P. ,2009. A Survey and Comparative Study of Simulators for Vehicular Ad hoc Networks (VANETs), Wireless Communications and Mobile Computing, 813-828.
- Mi, J., Liu, F., Xu, S., Li, Q. ,2008. A Novel Queue Priority Algorithm for Real-Time Message in VANETs. 2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA), 919-923.
- Muazu, A. A., Tang, L. J., Hasbullah, H., Lawal, I. A., & Shah, P. A. ,2014. Real-time message differentiation with priority data service flows in VANET. 2014 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS), 1-6
- OLSR, 2018. Erişim Tarihi: 11.02.2018.
<http://www.networksorcery.com/enp/olsr.html>
- Perkins C., Moyer E. , 1999. Ad-hoc on-demand distance vector routing. In Mobile Computing Systems and Applications, Proceedings. WMCSA '99. Second IEEE Workshop on, 90-100
- Perkins C., Pravin B., 1994. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (dsv) for mobile computers. SIGCOM Comput. Commun
- Qian, Y., Lu, K., Moayeri, N.,2008. A secure vanet mac protocol for dsr applications 2008 Global Telecommunications Conference, New Orleans, USA
- Sevimli K., Soy Turk M., 2010. Araçsal Ağlar, Akademik Bilişim 2010 Konferansı,10-12 Şubat, Cilt 2
- Toul ni H., Nsiri B., 2015. A hybrid routing protocol for vanet using ontology. Procedia Computer Science, 94-101,

TUIK, 2017. Sayı: 27640 Motorlu Kara Taşıtları, Tablo 3: Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı

TUIK, 2017. Sayı: 27640 Motorlu Kara Taşıtları, Tablo 3: Yıllara

Vignesh B., Mohamed F., Richard S., Ebenezer A., Aishwarya M., 2016. Zone Routing Protocol (Zrp) – A Novel routing protocol for behiculer ad-hoc networks, ASEE Northeast Section Conference,28-30 Nisan



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alper Kaan YILDIRIM
Doğum Yeri ve Yılı : YALOVA, 30/05/1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : akaan.yildirim@iticu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Süleyman Demirel Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi, 2007
Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Mesleki Deneyim

Beyaz Yazılım San ve Tic. Ltd. Şti 2013-...(devam ediyor)

Yayınları

1 - Yıldırım A., 2018. Araçsal Ağların Afet Senaryolarındaki Performanslarının Karşılaştırılması. Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, Basımda