

Araştırma Makalesi

# ARAÇSAL AĞLARIN AFET SENARYOLARINDAKİ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

**Alper Kaan YILDIRIM<sup>†</sup>, Ali BOYACI<sup>††</sup>, Marwa QARAQE<sup>‡</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Türkiye<sup>‡</sup> Hamad Bin Khalifa University, College of Science and Engineering, Doha, Qatar<sup>†</sup> [akaan.yildirim@istanbulticaret.edu.tr](mailto:akaan.yildirim@istanbulticaret.edu.tr), <sup>††</sup> [aboyaci@ticaret.edu.tr](mailto:aboyaci@ticaret.edu.tr), <sup>‡</sup> [mqaraqe@hbku.edu.qa](mailto:mqaraqe@hbku.edu.qa)

## ÖZET

Can ve mal kaybına yol açan doğal olaylara doğal afetler denilmektedir. Doğal afetler için önlem alınsa da önlemek mümkün değildir. Büyük çaplı doğal afetler ekonomi, enerji, sağlık, ulaşırma ve iletişim gibi konularda büyük zararlara yol açmaktadır. Ulaşırma ve telekomünikasyon, insan hayatının kaybı, ekonomik maliyet ve aksaklıkların en aza indirilmesi için afet müdahale ve yönetiminde kritik bir rol oynamaktadır. Doğal afetlerden sonra iletişim kısmen veya tamamen tahrip olabilir. İletişimin devamlılığını sağlamak için yıllar boyunca Mobil bağlantı (MANET), Araçlar Arası Bağlantı (VANET), Gecikme Toleranslı Ağlar (DTN) gibi özel çözümler ortaya çıkmıştır.

Bu makale kapsamında ortaya konan çözümlerden biri olan VANET ele alınmıştır. Felaket durumlarında araçlar arasında kullanılacak yönlendirme protokolleri (AODV, DSDV, OLSR, DSR, ZRP) 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:** AODV, DSDV, DSR, NS3, OLSR, SUMO, ZRP

## A COMPARISION OF VANET ROUTING PROTOCOLS PERFORMANCE FOR EMERGENCY SITUATIONS

## ABSTRACT

Natural phenomena that cause loss of life and property are called natural disasters. It is not possible to prevent natural disasters if measures are taken. Large-scale natural disasters cause major damage to the economy, energy, health, transport and communication. Transportation and telecommunications play a critical role in disaster response and management in order to minimize the loss of human life, economic costs and disruptions. After natural disasters, communication may be partially or completely destroyed. Over the years, special solutions have emerged to ensure the continuity of communication, such as Mobile connectivity (MANET), Inter-Vehicle Connectivity (VANET), and Delay Tolerant Networks (DTN).

One of the solutions presented in this article is the VANET. In case of disasters, the routing protocols to be used between vehicles (AODV, DSDV, OLSR, DSR, ZRP) 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:** AODV, DSDV, DSR, NS3, OLSR, SUMO, ZRP

Geliş/Received	:	25.05.2018
Gözden Geçirme/Revised	:	25.06.2018
Kabul/Accepted	:	13.07.2018

## 1. GİRİŞ

Kelime anlamı olarak afet sözcüğü çeşitli doğa olayların yıkımı olarak tanımlanabilir. Afetin gerçekleştiği ortamlarda yıkımdan dolayı önemli oranda yapısal değişiklik olmaktadır. Yapısal değişikliğin en çok etkilendiği alan ulaşım ve iletişim alanlarıdır. Afet durumunda iletişim sekteye uğramaktadır. Doğal afet zamanlarında insanların sevdiklerine ulaşmada yaşanan zorlukları giderecek her çözüm yaşanan kaosun önüne geçilmesinde hayati bir öneme sahip olmaktadır.

Zira bu dönemlerde cep telefonu gibi en kolay ulaşım aracı bile bir anda iletişimin önündeki engele dönüşmektedir. Ulaşımında yaşanan zorlukları aşmak ve iletişimin kesintisiz olarak sağlanması için zaman içinde çeşitli alternatif çözümler ortaya konmuştur. Alternatif çözümlere Mobil Ağlar (MANET), Araçsal Ağlar (VANET), Gecikme Toleranslı Ağlar (DTN) örnek gösterilebilir.

Doğal afet zamanların da ortaya konan alternatif çözümlerden araçsal bağlantı protokolleri bu makale kapsamında incelenmiştir. Araçsal bağlantılar ile ilgili yapılan ilk çalışmalar ulaşımın ve iletişimin sağlanmasına yönelik olsa da günümüzde iş eğlence, sürüş yardımı ve kamu hizmetlerinde de kullanılacak duruma gelmiştir (Baldessari vd., 2007).

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.

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 birisi araçlar ile iletişim altyapısını haberleşiren Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) kullanılmasıdır.

Akıllı Ulaşım Sistemleri araçların kendi halinde araç-araç haberleşmesi ve diğer iletişim altyapıları ile haberleşmesi olarak 2 ana başlıkta toplanmaktadır.

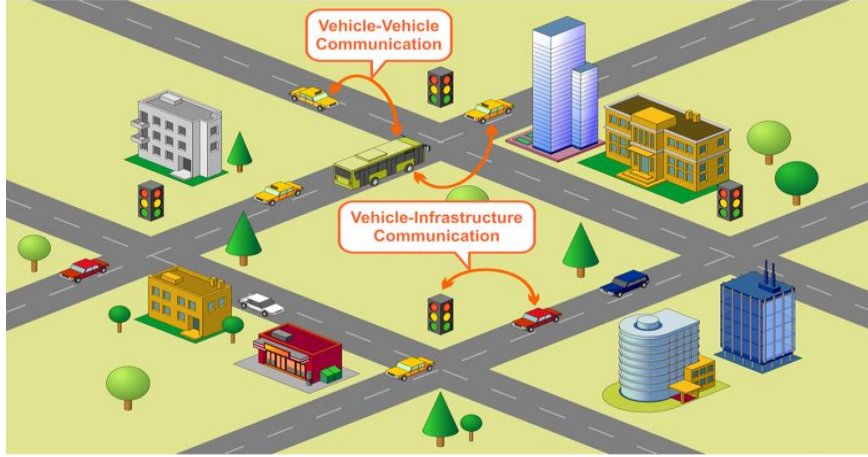
Araç-Araç bağlantılarının en temel amacı araçlar arası veri aktarımıdır. Bununla birlikte olabilecek kazaların önüne geçilmesi, yolların daha güvenli hale getirilmesi ve yollardaki yoğunluk durumunun hesaplanabilmesi amaçlanmaktadır. AUS kablosuz bağlantı ile iletişim yapılan bir teknoloji türüdür. Araçlar 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 (Cunha vd., 2016). Farklı trafik tiplerindeki kullanılacak yönlendirme protokolünü belirlemek bu makale kapsamının konusudur.

Bu makale 6 bölüm olarak düzenlenmiştir, bunlar şöyledir, Bölüm II'de, araçsal ağların genel tanımı genel tanımı verilmiştir; Bölüm III'de, araçsal ağların yönlendirme protokollerinden bahsedilmiştir; Bölüm IV'te, aimülasyon ortamından bahsedilmiştir; Bölüm V'te, simülasyonların sonuçları verilmiştir; Bölüm VI'de, sonuç ve gelecekteki çalışmalar önerilmektedir.

## 2. 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 (Cunha vd., 2016). Araçların kendi halinde araç-araç haberleşmesi ve diğer iletişim altyapıları ile haberleşmesi olarak 2 ana başlıkta toplanmaktadır. Şekil 1'de araçsal bağlantıların örneği gösterilmiştir.



Şekil 1. Araçsal ağların örnek bağlantıları.

### 2.1. Araç – Araç Bağlantısı

V2V, araçların birbiri ile iletişim kurması için sağlanan özel bir ağıdır. V2V iletişimini kullanabilmek için araçlarda basit bir anten ve GPS teknolojisi ile donatılmış cihaz olmalıdır. Bu şekilde diğer araçların konumu bilinecek ve hedef le 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.

### 2.2. Araç – Altyapı Bağlantısı

V2I, araçlar ile çevredeki diğer altyapı araçları iletişim sunan bir kablosuz ağıdır. 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. ARAÇSAL AĞLAR YÖNLENDİRME 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 (Li & Wang, 2007).

Bu makalede, en yaygın kullanılan yönlendirme protokolleri Ad Hoc Tabanlı Yönlendirme protokolleri sunulmuştur. Vanetler de Ad Hoc Tabanlı Yönlendirme protokolleri 3 farklı kategoride sınıflandırılabilir.

### 3.1. 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.

Destination-sequenced Distance-vector Routing (DSDV): 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 (Jagdale vd., 2012).

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.

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 (Perkins & Bhagwat, 1994).

Optimized Link State Routing (OLSR): 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 Önce En Kısa Yol (Shortest Path First) algoritmasını kullanarak hangi yolun izleneceğine dair karar verirler (OLSR Protocols). Düğümlerin yönlendirme tablosu bir kez çıkartıldıktan sonra tüm tabloyu sürekli güncellemek yerine sadece değişiklik olduğunda güncelleme yapılır. Bu da trafik oluşmasını engeller (OLSR Protocols).

### 3.2. 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 (Gupta vd., 2016).

Bu işlem tam tersi olarak hedef düğüm tarafından da 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 bilgisine de ihtiyaç yoktur. Proaktif protokollere göre büyük ağlarda daha verimli çalışmaktadır.

Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV): AODV yönlendirme protokolü reaktif protokollerden DSDV protokolünün iyileştirilmiş halidir. DSDV protokolü gibi tüm yönlendirme tablosunu tutmak yerine isteğe göre rota oluşturularak yönlendirme tablosunun minimum düzeyde tutmayı amaçlar. 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 (Perkins & Royer, 1999).

Dynamic Source Routing (DSR): 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 & Bhagwat, 1994).

### 3.3. Hibrid Yönlendirme Protokolleri

Hibrit protokoller proaktif ve reaktif protokollerin avantajlı yanlarını birleştirerek bunları bir arada kullanmayı hedefler. Bu protokollede yer alan algoritmalar kaynaktan hedefe giderken kaynağın erişebileceği düğümlere kadar proaktif, diğer düğümler için reaktif özellikte davranırlar (Toulmi & Nsiri, 2015). Hibrit protokollerde en bilinen algoritma ZRP (Zone Routing Protocol) algoritmasıdır.

Zone Routing Protocol (ZRP): Bu protokollede ağın tamamı bölgelere ayrılarak işlem yapılır. Bölgelere ayırma işlemi yapıldıktan sonra gönderilecek mesaja göre proaktif veya reaktif yönlendirme protokollerinden 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 (Bhoopathy vd., 2016).

## 4. SİMULASYON ORTAMI

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 birçok kavşak vardır ve trafik yoğunudur. Bundan dolayı hız düşüktür. İkinci senaryo ise otoyollar ele alınmıştır. Otoyollarda hız yüksektir ve trafik yoğunluğu şehirdekine 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.

### 4.1. Senaryo 1: Şehir İçi Trafik

Oluşturulan ilk senaryo şehir içi trafik senaryosudur. Bu senaryoda topoloji senaryolarından AODV, DSDV, DSR, OLSR ve ZRP yönlendirme algoritmaları test edilmiştir. Bu senaryo için SUMO simülatorün de 1000 araçlık bir trafik oluşturulmuştur. Oluşturulan trafik için örnek görüntü Şekil 2 'de gösterilmiştir. Simülasyon parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Şehir içi trafik senaryosu çalışma parametreleri.

Parametre	Değer
Simülasyon Süresi	10 sn
Yayılm Modeli	Two-ray ground
Toplam Araç Sayısı	1000
Paket Boyutu	512 Bytes
Transmisyon Mesafesi	250 m
Eşik Değeri	1 Mbps



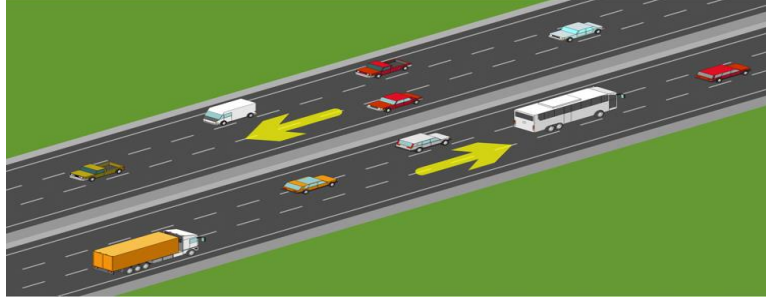
**Şekil 2.** Şehir içi trafik senaryosu.

## 4.2. Senaryo 2: Otoyol

Oluşturulan ikinci senaryo otoyolları senaryosudur. Bu senaryoda topoloji senaryolarından AODV, DSDV, DSR, OLSR ve ZRP yönlendirme algoritmaları test edilmiştir. Bu senaryo için SUMO simülatörünün de 500 araçlık bir trafik oluşturulmuştur. Otoyollarda trafik daha az ve araçların hızı daha yüksektir. Oluşturulan trafik için örnek görüntü Şekil 3'de gösterilmiştir. Simülasyon parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Otoyol senaryosu çalışma parametreleri.

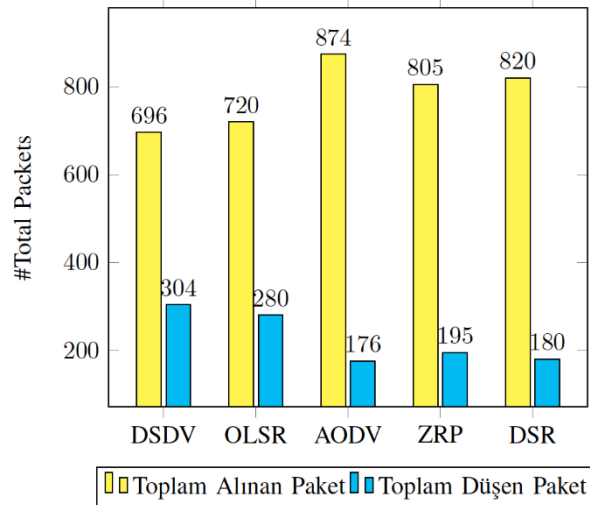
Parametre	Değer
Simülasyon Süresi	10 sn
Yayılm Modeli	Two-ray ground
Toplam Araç Sayısı	500
Paket Boyutu	512 Bytes
Transmisyon Mesafesi	250 m
Eşik Değeri	1 Mbps



**Şekil 3.** Otoyol senaryosu.

## 5. UYGULAMA ÇIKTILARI VE ANALİZİ

Performans ölçümü için iki farklı senaryo test edildi. Şehir içi trafik senaryosu toplam alınan ve gönderilen paket sonuçları Şekil 4'te, otoyol trafik senaryosu toplam alınan ve gönderilen paket sonuçları Şekil 5'te gösterilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin sonuçları Tablo 3 ve Tablo 4'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Şehir içi trafik senaryosu toplam alınan ve düşen paketler.

**Tablo 3.** Şehir içi trafik senaryosu - Toplam gönderilen, alınan ve düşen paket sonuçları

	DSDV	OLSR	AODV	ZRP	DSR
<b>Toplam Gönderilen Paket</b>	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Toplam Alınan Paket</b>	696	720	874	805	820
<b>Toplam Düşen Paket</b>	304	280	176	195	180
<b>Paket İletim Yüzdesi</b>	69.6%	72%	87.4%	80.5%	82%
<b>Ortalama Gecikme</b>	1.10	2.77	1.54	2.60	2.70

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 yüzde 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 yüzde 72'lik başarı oranı sağlamıştır.

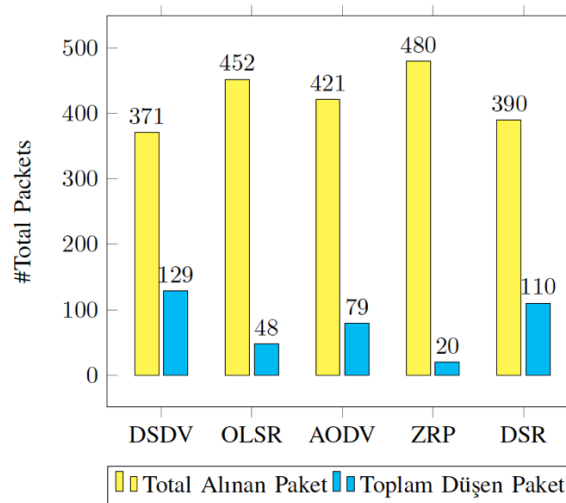
Reaktif protokoller ise proaktiflere göre daha başarılı olmuştur. AODV protokolü ile 1000 paketin 874 tanesini hedef araca başarı ile gitmiş ve yüzde 87,4 ile en başarılı iletim protokolü olmuştur. Diğer bir reaktif protokol olan DSR ise 1000 paketin 820 tanesini hedef araca başarı ile göndererek yüzde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

Hibrit 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 yüzde 80,5 başarı oranı sağlamıştır.

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 yüzde 30,4'lük bir kayba uğramıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 1000 paketten 280 tanesini hedef araca iletememiş ve yüzde 28'lik kayba uğramıştır.

Reaktif protokoller ise proaktiflere göre daha iletim konusunda başarılı olmuştur. AODV protokolü ile hedef araç 1000 paketin 126 tanesini alamamış yüzde 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 yüzde 18'lik kayıp oranı olmuştur.

Hibrit 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 yüzde 19,5'lik kayıp oranı olmuştur.

**Şekil 5.** Otoyol senaryosu toplam alınan ve düşen paketler.

**Tablo 4.** Otoyol senaryosu – Toplam gönderilen, alınan ve düşen paket sonuçları

	<b>DSDV</b>	<b>OLSR</b>	<b>AODV</b>	<b>ZRP</b>	<b>DSR</b>
<b>Toplam Gönderilen Paket</b>	500	500	500	500	500
<b>Toplam Alınan Paket</b>	416	427	382	438	394
<b>Toplam Düşen Paket</b>	84	73	118	62	106
<b>Paket İletim Yüzdesi</b>	83.2%	85.4%	76.4%	87.6%	78.8%
<b>Ortalama Gecikme</b>	1.17	2.25	1.54	2.30	2.15

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 yüzde 83,2’lik bir başarı sağlamıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 500 paketten 427 tanesi hedef araca başarı ile gitmiş ve yüzde 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 yüzde 76,4’lük başarı oranı sağlamıştır. Diğer bir reaktif protokol olan DSR ise 500 paketin 394 tanesini hedef araca başarı ile göndererek yüzde 78,8’lik başarı oranı sağlamıştır.

Hibrit 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 yüzde 87,6 başarı oranı ile en başarılı protokol olmuştur.

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 yüzde 16,8’lük bir kayba uğramıştır. Diğer bir proaktif protokol olan OLSR ise toplam üretilen 500 paketten 73 tanesini hedef araca iletememiş ve yüzde 14,6’lik 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 yüzde 23,6 oranında kayba uğramıştır. Diğer bir reaktif protokol olan DSR ise 500 paketin 106 tanesini hedef araca ulaştıramamış ve yüzde 21,2’lik kayıp oranı olmuştur.

Hibrit 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 yüzde 12,4 kayıp oranı ile en az kayıplı protokol olmuştur.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

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 yüzde 80, AODV yüzde 87,4 olmuştur. Proaktif protokollerin oranı ise DSDV yüzde 69,6, OLSR yüzde 72 oranında başarılı olmuştur. Diğer bir protokol türü olan hibrit protokollerden ZRP ise yüzde 80,5 oranında başarılı olmuştur.

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



Proaktif protokollerin oranı ise DSDV yüzde 83,2, OLSR yüzde 85,4 oranında başarılı olmuştur. Diğer bir protokol türü olan hibrit protokollerden ZRP ise yüzde 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 senaryoda da farklı algoritmalar en iyi sonucu verirken ZRP algoritmasının her iki senaryoda da 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**

- Baldessari, R., Bodekker, B., Deegener, M., Festag, A., Franz, W., Kellum, C. C., Kosch, T., Kovacs, A., Lenardi, M., Menig, C. et. al. (2007). Car-2-Car Communication Consortium - Manifesto.
- Bhoopathy, V. M., Frej, M. B. H., Richard, S., Amalorpavaraj, E., & Bhoopathy, A. M. (2016). Zone Routing Protocol (ZRP) - A novel routing protocol for vehicular ad-hoc networks.
- Cunha, F., Villas, L., Boukerche, A., Maia, G., Viana, A., Mini, R. A. F., & Loureiro, A. A. F. (2016). Data communication in VANETs: Protocols, applications and challenges. *Ad Hoc Networks*, 44, 90–103.
- Gupta, A., Singh, R., Ather, D. & Shukla, R. S. (2016). Comparison of various routing algorithms for VANETS. *International Conference System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*, Morabadabad, (pp. 153-157). India: IEEE
- Jagdale, B. N., Patil, P., Lahane, P., & Javale, D. (2012). Analysis and comparison of distance vector, DSDV and AODV protocol of MANET. *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, 3(2), 121-131.
- Li, F., & Wang, Y. (2007). Routing in vehicular ad hoc networks: A survey. *IEEE Vehicular technology magazine*, 2(2), 12-22.
- OLSR Protocols. Network Sorcery, <http://www.networksorcery.com/enp/protocol/olsr.htm>
- Perkins, C. E., & Bhagwat, P. (1994). Highly dynamic destination- sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. *SIGCOMM '94 Computer Communication Review*, 24(4), 234–244.
- Perkins, C. E. & Royer, E. M. (1999). Ad-hoc on-demand distance vector routing. In *Mobile Computing Systems and Applications*, 2nd IEEE Workshop WMCSA '99 New Orleans, LA, (pp. 90-100). USA: IEEE
- Touluni, H. & Nsiri, B. (2015). A hybrid routing protocol for vanet using ontology. *Procedia Computer Science*, 73, 94–101.