

# DSDV ve DSR Manet Yönlendirme Protokollerinin Başarım Değerlendirmesi

Murat DENER, Sinan TOKLU

## ÖZET

Mobil Ad-hoc ağlar (MANET), kablosuz istasyonlar arasında herhangi bir erişim noktası olmaksızın, geçici olarak oluşturulan ve dinamik olarak değişen bir ağ yapısına sahiptir. MANET için birçok yönlendirme protokolü oluşturulmuş ve uygulanmaya başlanmıştır. Bu protokollerden en çok kullanılanlar ise Dinamik Hedef-Sıralı Uzaklık Vektör (Destination Sequenced Distance Vector, DSDV), Dinamik Kaynak (Dynamic Source Routing, DSR), Kablosuz Yönlendirme (Wireless Routing Protocol, WRP), Geçici Sıralı Yönlendirme (Temporarily Ordered Routing Algorithm, TORA) ve Eşe-Eş İsteğe Bağlı Uzaklık Vektör Yönlendirme (Ad hoc On-demand Distance Vector, AODV) protokolleridir. Yönlendirme protokollerinin temel amacı ağ içerisindeki düğümler arasında doğru ve etkin haberleşme sağlamaktır. Bu makalede genel olarak MANET ağlarında kullanılan yönlendirme protokollerinden bahsedilmekte ve ns2 2.27 yazılımı yardımıyla DSDV ve DSR yönlendirme protokollerinde hızlı iletişime geçme, iletişimin devamlılığı ve iletişimin güvenliği konuları baz alınarak karşılaştırmalı performans analizi sunulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Ad-Hoc Ağlar, Yönlendirme Protokolleri, DSDV, DSR, Performans Analizi

## Performance Evaluation of DSDV and DSR Manet Routing Protocols

### ABSTRACT

Mobile ad hoc networks (MANET) have a network structure which is temporarily created and dynamically changing without any access point. Many routing protocols are proposed and implemented for MANET. The most used of these protocols are DSDV- Destination Sequenced Distance Vector, WRP- Wireless Routing Protocol, TORA- Temporarily Ordered Routing Algorithm, DSR- Dynamic Source Routing, AODV- Ad hoc On-demand Distance Vector. The fundamental aim of routing protocols is providing accurate and effective communication between nodes in network. In this paper, routing protocols in MANET are explained in general and comparative performance analysis is presented on passing quickly into communication, continuity of communication and security of communication in DSDV and DSR routing protocols with the aid of ns2 2.27 program.

**Keywords :** Mobile ad hoc network, Routing Protocols, DSDV, DSR, Performance Analysis

### 1. GİRİŞ

Gezgin kullanıcılara çoğul ortam hizmetlerini sunmayı hedefleyen hareketli ağ teknolojileri, 1970'lerde ilk ortaya çıkışlarından itibaren, bilişim alanında giderek daha fazla ilgi çeken bir konu olmuştur (1). Telsiz erişimden yararlanan hareketli ağlar genellikle iki sınıfa ayrılarak incelenirler. Sabit bir altyapıyı gerektiren Hücreli Ağlar ve sabit altyapıya ihtiyaç duymayan Hareketli eş-eşe ağlar (Mobile Ad Hoc Network, MANET) (2).

Hücreli ağ, birkaç radyo hücresi kullanılarak oluşturulmuş bir kablosuz ağ tipidir. Her hücreye hizmet bir [baz istasyonu](#) tarafından verilir. Günümüzdeki çok bilinen örnekleri [GSM](#), [DECT](#) veya [Wi-fi](#)'dir. Hücreli ağlarda, gezgin uç düğümleri sabit altyapıya ait bir erişim noktasına tek sekmeli (single-hop) telsiz bağ (link) yoluyla erişirler (3).

*Makale 05.01.2009 tarihinde gelmiş, 01.09.2009 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.*

*M. DENER, S. TOKLU, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Müdürlüğü 06570 Maltepe / ANKARA*

*e-posta : muratdener@gazi.edu.tr s.toklu@gazi.edu.tr*

*Digital Object Identifier 10.2339/2009.12.3, 157-166.*

şim noktasına tek sekmeli (single-hop) telsiz bağ (link) yoluyla erişirler (3).

MANET ise sabit bir alt yapıyı gerektirmeyen, ortam koşullarına hızla ve ön hazırlıksız kendi kendini uyarlayarak hizmet ettiği uç birimler arasında iletişimi sağlayan kablosuz ağ tipidir. Hiçbir sabit altyapının olmadığı, çok az sabit altyapının var olduğu, ya da mevcut bir sabit altyapıya erişimin güçlükle yapıldığı bölgelerde, gezgin kullanıcılara, çoğul ortam iletişim hizmetleri MANET sayesinde sunulabilir (4, 5, 6, 7). MANET' ler kendiliğinden yapılanırlar, geniş bir alana kolayca yayılırlar ve sabit bir altyapı kullanmazlar. Her yönde hareket edebilen ve kısıtlı imkanlara karşın iletişimi sürdürmek için sürekli işbirliği yapan telsiz düğümlerden oluşurlar. MANET' lere düğümler sabit olabildikleri gibi, çok yüksek hızla da hareket edebilirler (8).

MANET'le ilgili temel özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Ağın denetimi, yönetimi ve yol atama için bir merkezi otorite yoktur.

- Tüm ağ elemanları buldukları ortamda yönlerini sürekli değiştirerek, hızla hareket edebilirler.

- Bütün iletişim (kullanıcı verisi ve denetim bilgileri) telsiz ortam üzerinden taşınır. Hiçbir telli bağlantı yoktur.

- Telli ağda kısıtlı olmayan enerji, band genişliği, işlem kapasitesi ve bellek gibi özkaynaklar, kısıtlıdır.

- Gezgin düğümlerin her biri, gereğinde yol atama gibi ağ fonksiyonlarını da yerine getirirler (9,10).

Bu çalışmada MANET ağlar için literatürde önerilen yönlendirme protokolleri incelenmekte ve ns2 2.27 yazılımının desteklediği Dinamik Hedef-Sıralı Uzaklık Vektör (Destination Sequenced Distance Vector, DSDV) ve Dinamik Kaynak (Dynamic Source Routing, DSR) yönlendirme protokollerinin ns-2'da benzetimi oluşturulan senaryo neticesinde toplam paket sayıları, atılan paket sayıları ve kaybolan paket sayıları üzerinden sırasıyla hızlı iletişime geçme, iletişimin devamlılığı ve iletişimin güvenliği konuları baz alınarak karşılaştırmalı performans analizi sunulmaktadır. İkinci Bölümde MANET'lerde kullanılan yönlendirme protokolleri, tabloya dayalı yönlendirme protokolleri, isteğe bağlı yönlendirme protokolleri anlatılmakta ve DSDV, DSR algoritmalarından örneklerle bahsedilmektedir. Üçüncü Bölümde oluşturulan benzetim senaryosu, dördüncü bölümde ise benzetim sonuçları açıklanmaktadır.

## 2. MANET'LERDE KULLANILAN YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

MANET' de ağ içerisindeki haberleşmeyi kolaylaştırmak için düğümlerin yerlerinin tespitini sağlayan yönlendirme protokolleri kullanılır. Kablosuz ağlardaki yönlendirme protokollerinin başlıca amacı düğümler arasında doğru ve hızlı yollar tesis etmektir.

MANET, birlikte çalışan gezgin düğümlerin birleşimidir. Bu düğümler gönderim menzili, band genişliği ve güçteki bazı kısıtlamalar altında telsiz iletişimi sağlarlar. Eşten-eşe iletişim, özel yönlendiriciler kullanılmadan ve tek-sekmeli (daha fazla güç harcamayla sinyal menzilini büyütür) iletişim ihtiyacı doğmadan çok-sekmeli olarak yapılır. Uç-noktalar arasındaki yollar, gezgin düğümlerin işbirliğiyle sağlanır. Bütün bağlar telsizdir ve aradaki düğümler bulunduğu ortamda rasgele hareket edebilir. Aynı zamanda, (düğüm hareketliliği, çevresel ve fiziksel etkenler nedeniyle) kullanılan yolların bozulan kısımları onarılarak veya alternatif bir yol (route) bulunarak iletişimin devamı sağlanmalıdır. Bu koşullar altında, telsiz eşe-eş ağda yol atama problemi, verimlilik ve yanıtlatma arasında zor bir uzlaşma sonrasında sağlanır (11, 12, 13). Eşe-eş ağlarda sürekli olan topoloji değişikliği aşırı yüke neden olur. Aynı zamanda düğüm hareketliliği ve bağ kalitesindeki değişikliğe göre de ağı hızlı bir şekilde uyarlamak gerekir. Problem bu ikisi arasındaki dengeyi sağlamaktır. Aşırı yük, bandgenişliğinin kullanımı, güç tüketimi ve gezgin düğümlerin işlem ihtiyaçları ile ölçülür. Bu çatışan ihtiyaçları etkili bir şekilde dengeleyen bir strateji oluşturmak, yol atama zorluğunun temelini oluşturur. Bu kap-

samda MANET için fazlaca yönlendirme protokolü geliştirilmiştir.

MANET'lerde kullanılan ve kullanılmak üzere önerilen birçok yönlendirme protokolleri bulunmaktadır. Bunlar Tablo 1'de verilmiştir. Yönlendirme protokolleri kullandıkları yönlendirme çeşitleriyle birbirinden ayrılmaktadır. Tabloya dayalı yönlendirme protokolünde (Pro-active / Table-driven), her bir düğüm ağı topolojik yapısını yönlendirme tablosu biçiminde tutar. Bu tabloların oluşumunda, belirli aralıklarla ya da ağı topolojisindeki bir değişimden dolayı düğümler arasında karşılıklı iletilen yönlendirme bilgileri rol oynar. Bu kategorideki protokoller, yönlendirme bilgisinin talep edildiği anda hazır bulunmasının avantajını taşır. İsteğe tetiklenen yönlendirme protokolünde (Reactive / On-Demand), düğümler ağı topolojisi hakkında önceden bir bilgi tutmazlar. Gidilmek istenilen düğüme ulaşan yol gerektiği anda tespit edilir. Belirli aralıklarla düğümler arasında iletilen yönlendirme bilgisi mevcut değildir. Hiyerarşik yönlendirme protokolünde (Hierarchical), çeşitli yönlendirme katmanları oluşturmak için iki veya daha fazla strateji birleştirilir. Coğrafi yönlendirme protokolünde (Geographical), diğer protokollere nazaran daha fazla donanıma ihtiyaç vardır. Güç odaklı yönlendirme protokolünde (Power aware), düğümler depolanmış güç kullanımını optimize eder.

Tablo 1. MANET'lerde Kullanılan Yönlendirme Protokolleri

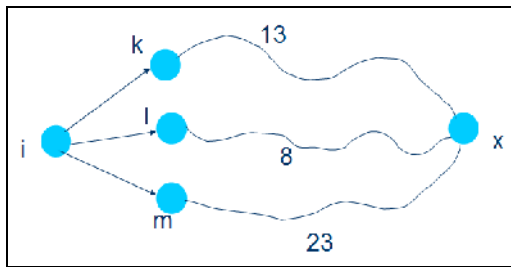
(Pro-active / Table-driven) Tabloya Dayalı	CGSR, DBF, DSDV, DTDV, HSLS, HSR, LCA, MMBDP, MMLDP, MMRP, OLSR, STAR, TBRPF, WRP
(Reactive / On-Demand) İsteğe Bağlı	ABR, AODV, BSR, DSR, FORP, LMR, LUNAR, RDMAR, SSR, TORA
(Hierarchical) Hiyerarşik	CBRP, CEDAR, DDR, GSR, FSR, HARP, HSR, LANMAR, ZRP, BRP, IARP, IERP
(Geographical) Coğrafi	DREAM, GLS, LAR, ZHLS
(Power aware) Güç Odaklı	ISIAH, PARO, PAMAS
(Multicast) Çoğa Gönderim	ABAM, ADMR, AMRIS, AMRoute, CAMP, CBM, DDM, FGMP, LAM, MAODV, MCEDAR, MZR, ODMRP, SRMP
(Geographical Multicast) Coğrafik Çoklu Yayılım	LBM, GeoGRID, GeoTORA, MRGR

### 2.1. Tabloya Dayalı Yönlendirme Protokolleri

Tabloya dayalı yönlendirme protokollerinde her bir düğüm, ağıdaki tüm düğümlere ait yönlendirme bilgilerini içeren bir ya da daha fazla tablo tutar. Ağ içerisindeki bir değişiklikte tüm düğümler tablolarını günceller. Tabloya dayalı yönlendirme protokollerinden

en bilinenleri Dinamik Hedef-Sıralı Uzaklık Vektör (Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing Protocol, DSDV) ve Kablosuz Yönlendirme (Wireless Routing Protocol, WRP) protokolleridir.

DSDV kablosuz ağlar için tasarlanan ilk protokollerden biridir. Her bir düğüm, ağdaki diğer düğümler için bir yol bulunan tablo tutar. Her satırda hedef düğüm, sonraki düğüm, uzaklık ve sıra numarası kayıtlıdır. Sıra numarası o yolun güncelliğini gösterir. Bir düğüm topolojide anlamlı bir değişiklik gördüğü zaman kendi tablosunu diğer düğümlere gönderir. Değişiklik büyük ise bütün tablo gönderilir, değilse sadece o parçası gönderilir. Bir düğüme giden yol ile ilgili bir değişiklik olduğu zaman bu durum komşu düğümlere daha yüksek bir sıra numarası ile bildirilir. Bu değişikliği alan her düğüm, yönlendirme tablosunu günceller ve değişikliği kendi komşularına bildirir. Bu şekilde bütün ağ bu değişiklikten haberdar olur (14, 15, 16, 17). DSDV’de her bir düğüm bütün ağ için kendi yönlendirme tablosunu muhafaza eder. Örneğin bir S düğümü olsun. S düğümü, D düğümüne bir mesaj göndermesi gerektiği takdirde; S düğümü, kendi yönlendirme tablosundan D’ye ulaşmak için en iyi yolu seçer ve en iyi yol boyunca komşu düğümlere iletmek istediği mesajı iletir. Her bir düğüm, kendi yönlendirme tablosunu muhafaza etmek için gerekli bilgilere sahip olması gerekmektedir. Şöyle ki; her bir düğüm, grafik olarak tüm ağı bilir. Bilgiler, düğümlerin listesi, düğümler arasındaki sıralar ve her bir sıranın maliyetidir. Sıra maliyetleri, uzaklık, veri hızı, fiyat, tıkanıklık veya gecikmeyi içerir. Aralarında başka düğüm olmayan iki düğümün sıra maliyeti 1’dir. Her bir düğüm, kendi yönlendirme tablosunu Şekil 1’de görüldüğü gibi Bellman-Ford algoritması sayesinde elde eder. Her bir düğüm (i), her bir hedefde (x), her bir komşu için (j), uzaklık (dij(x)) belirler. Eğer dik(x), bütün dij(x)lerin minimumu ise, i düğümü, x düğümüne mesajı göndermek için bir sonraki zıplamada k komşuna yönelir (18).



Şekil 1. Bellman-Ford algoritması Örneği (18)

Örneğin, i düğümünden, x düğümüne mesaj gönderilecekse yol maliyeti en düşük olduğundan l düğümü üzerinden gönderilir.

**Yol Seçimi :** Eğer bir yönlendirici yeni bilgi alırsa, sonrasında o en son sıra numarasını kullanır. Eğer sıra numarası, tablodaki herhangi bir sıra numarasıyla aynıysa, yönlendirme için metrik olanı kullanılır. Bozulan yerler, bir süre güncellenemez. Ve bir sonraki zıplamada silinirler(19).

**Avantajları :** DSDV, eskiden beri mevcut olan bir algoritmadır. DSDV, düğüm sayısı az olan ad-hoc ağlar oluşturmak için oldukça uygundur. Bu algoritmanın resmi bir şartnamesi olmadığından, algoritmanın ticari yürütmeleri yoktur. Algoritmanın, çoğu iyileştirilmiş şekilleri önerilmektedir(19).

**Dezavantajları :** DSDV, yönlendirme tablolarının düzenli güncellenmesine (ağ boşken batarya gücünü ve bir miktar bant genişliği kullanır) ihtiyaç duyar(19). Ağ değişikliklerinin topolojisinde, ağın bir noktaya yönlendirmesinden önce bir yeni sıra numarası gerekir. Bundan dolayı, DSDV Yüksek dinamik ağlar için uygun değildir.

WRP protokolünde her bir düğüm, mesafe, yönlendirme, bağlantı-maliyet ve mesaj tekrarlama listesi olmak üzere dört tablo kullanır. Yönlendirme işlemi için tablo sayısının fazlalığı bu protokolü kullanan düğümlerde ağ büyüklüğü ile orantılı olarak önemli bellek ihtiyacı gerektirir.

## 2.2 İsteğe Bağlı Yönlendirme Protokolleri

İsteğe bağlı yönlendirme protokollerinde, tabloya dayalı yönlendirme protokollerinin aksine sürekli olarak düğümlere ait yönlendirme tablolarının tutulma gereksinimi yoktur. Bunun yerine yönlendirme gerektiğinde yön bulma mekanizmaları çalıştırılarak hedefe ait yönler oluşturulur. Oluşturulan yönler paket hedefe iletilinceye kadar ya da ihtiyaç duyulduğu sürece geçerlidir.

Birçok isteğe bağlı yönlendirme protokolü bulunmaktadır. Bunların en bilinenleri; Küme Temelli Yönlendirme (Cluster Based Routing Protocols, CBRP), Geçici Sıralı Yönlendirme (Temporarily Ordered Routing Algorithm, TORA), Dinamik Kaynak Yönlendirme (DSR) ve Eş-Eş İsteğe Bağlı Uzaklık Vektör Yönlendirme (AODV) protokolleridir. DSR, kaynak yönlendirmeli isteğe bağlı bir yönlendirme protokolüdür. Her düğüm, kaynak yönlerini içeren bir bellek bulundurur. Düğümler hedefe bir paket göndermek istediğinde, önce belleğinde hedefe ait mevcut bir yol olup olmadığını kontrol eder. Eğer geçerli bir yol var ise bu yolu kullanarak paketi gönderir. Eğer yolun süresi dolmuş ya da yok ise kaynak ve hedefin adres bilgisi ile ağ içerisinde tek olan ID’ye (kimlik numarası) sahip yön istek paketini yayın (broadcasting) modunda ağı göndererek yön bulma mekanizmasını başlatır. Her bir ara düğüm kendisinde, gelen yön istek paketindeki hedef adrese ait bir yol olup olmadığını kontrol eder. Eğer yoksa paketi komşu bir düğüme gönderir (20, 21, 22, 23).

DSR, düğümün çoklu ağ sekmeleri boyunca herhangi bir hedefe giden rotayı dinamik olarak keşfedebilmesine olanak verir. Kaynak yönlendirmesi, her paketin kendi üstbilgisi içerisinde paketin geçmesi gereken eksiksiz düğümler listesini taşıdığı anlamına gelir (24).

**Rota Arama :** Rota arama, D hedefine paket göndermek isteyen S düğümünün D hedefine kaynak rotayı elde etmesi mekanizmasıdır. Bir rota oluşturmak için S kaynağı, kendi kablosuz iletim alanı içerisindeki host makinalar tarafından alınabilecek olan ve benzersiz bir talep ID'sine sahip bir Rota Talep (RREQ) paketi yayınlar. Bu talep mesajı hedefe veya hedefe giden rota bilgisine sahip olan düğüme ulaştığında bu noktadan kaynağa yol bilgisini ihtiva eden bir Rota Cevap (RREP) mesajı geri gönderilir. Her düğümde tutulan "rota arabelleği", bir ağ arama prosedürü tarafından yaratılan protokol yükünü azaltmak amacıyla düğümün zaman içerisinde öğrendiği rotayı ve protokol yükünü kaydeder.

Düğüm bir rota talep paketi aldığı anda bu talebi aşağıdaki adımlara göre işleme tabi tutar:

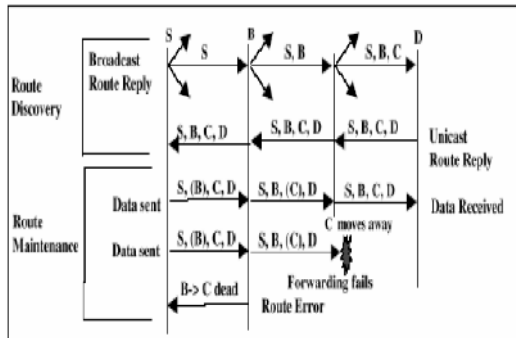
- Eğer bu rota talebi için çiftli parametre (talepte bulunanın adresi, talep ID) host makinenin son görülen talepler listesinde bulunuyorsa o zaman rota talep paketi dikkate alınmaz ve üzerinde herhangi bir işlem yapılmaz.

- Ya da, eğer host makinenin adresi talep içerisindeki rota kaydında bulunuyorsa o halde rota talep paketi dikkate alınmaz ve üzerinde herhangi bir işlem yapılmaz.

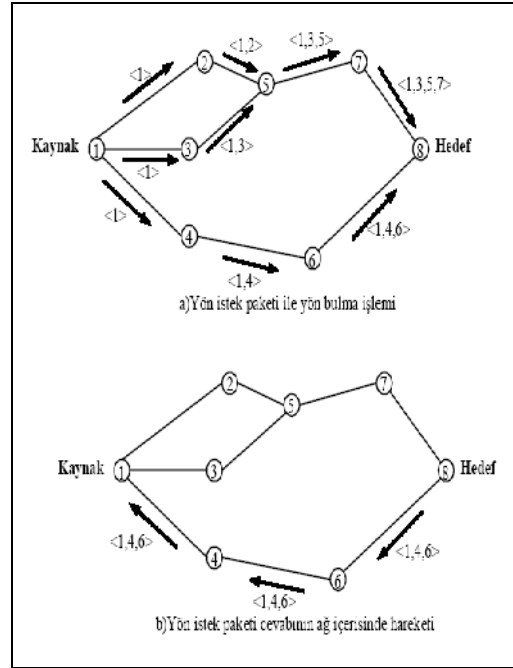
- Ya da, eğer düğüm istenen hedefse, rota kaydı tamamdır, rota cevabı verilir.

- Ya da, düğüm rota talep paketi içerisindeki rota kaydına eklenir ve mesaj yeniden yayınlanır.

**Rotanın Tutulması :** Rotanın tutulması, bir S paket göndericisinin, ağ topolojisinde bir değişimin meydana geldiğini ve buna bağlı olarak D hedefine olan rotasını artık kullanmadığını algıladığı bir mekanizmadır. Bu durum, bir kaynak rotası içerisinde yer alan bir host makinenin kablosuz iletim kapsamının dışına çıkması veya kapatılarak rotayı kullanılamaz hale getirmesi durumunda meydana gelebilir. Rota tutma mekanizması kullanımda olan bir rotaya ilişkin bir problem tetkik ettiğinde S kaynak düğüme bir Rota Hata paketi (RERR) gönderilir. Bu RERR paketi ulaştığında bu host makinenin rota arabelleğinden hatalı sekme temizlenir ve bu sekmeyi ihtiva eden tüm rotalar bu noktada kırılır. Şekil 3 temel DSR faaliyetini göstermektedir.



Şekil 3. Temel DSR Faaliyeti (24)



Şekil 4. DSR protokolünde yön bulma mekanizması (24)

AODV protokolünde de kaynak, hedefe ait yolu bulabilmek için yayın modunda ağa bir yön istek paketi gönderir. Yön istek paketi, hedef hakkında en son geçerli yön bilgisine sahip düğüme ya da hedefe ulaşıncaya kadar komşu düğümler arasında dolaşır. Bir düğüm yön istek paketini komşu düğüme gönderdiğinde aynı zamanda yön istek paketini kendi tablosuna kaydeder. Böylelikle yön istek paketinin cevabı için bir yol çizilmiş olur (24, 25).

Protokoller teorik olarak analiz edilmiştir. Aşağıdaki tablo 3., bu teorik/nitel analizlerin sonuçlarını özetlemekte ve karşılaştırmakta ve protokolün hangi özelliklere sahip olduğunu ve olmadığını göstermektedir.

Tablo 3. DSDV ile DSR Yönlendirme Protokolleri arasında karmaşıklık kıyaslaması (25)

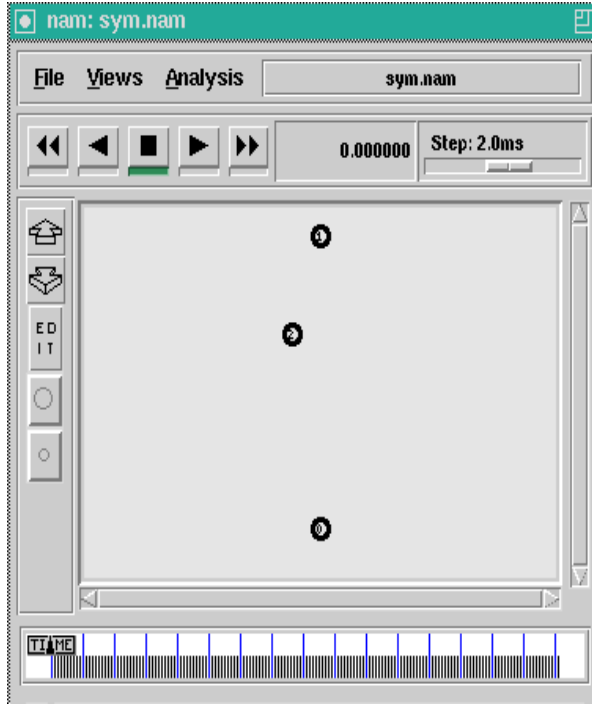
Parametreler	DSDV	DSR
Döngü yok	Evet	Evet
Çoklu rotalar	Hayır	Evet
Dağıtık	Evet	Evet
Tepkisel	Hayır	Evet
Tek yönlü bağlantı desteği	Hayır	Evet
QoS Desteği	Hayır	Hayır
Çoğa gönderim	Hayır	Hayır
Güvenlik	Hayır	Hayır
Güç Tasarrufu	Hayır	Hayır
Periyodik Yayın	Evet	Hayır
Güvenilir veya sıralı veri gerektirir	Hayır	Hayır

### 3. BENZETİM SENARYOSU

Yönlendirme protokolü olan DSR ve DSDV protokollerinin benzetimi için iki senaryo tasarlanmıştır.

#### *Birinci Senaryo:*

3 tane düğümden oluşmaktadır. Düğüm 0 ile düğüm 1 arasında ise TCP bağlantısı yapılmıştır. Benzetim sırasında 45. saniyede düğüm 0 belirlenen koordinatlara doğru hareket etmektedir. Bu benzetimde aynı senaryo DSDV ve DSR protokolleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Şekil 5'te DSDV ve DSR protokollerinin uygulandığı benzetimde oluşturulan senaryonun ilk hali gösterilmiştir.



Şekil 5. DSDV ve DSR protokollerinin benzetiminde oluşturulan düğümlerin ilk görüntüsü

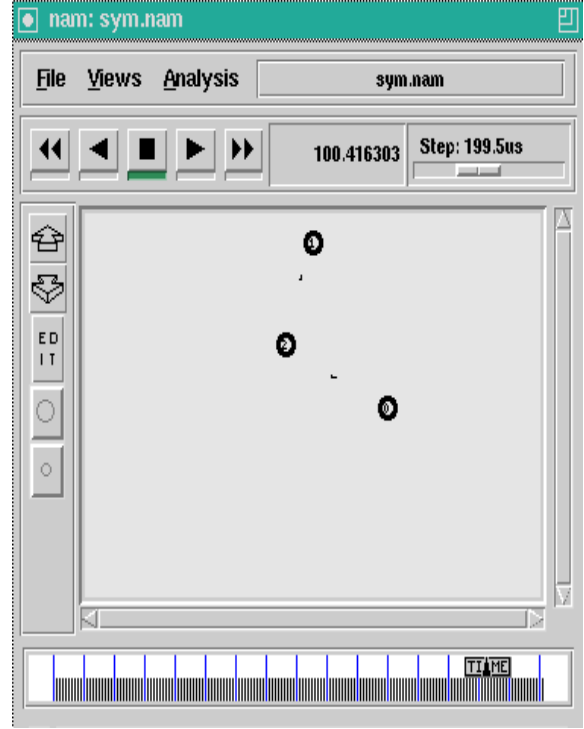
Şekil 5'de gösterildiği gibi düğüm 1 ile düğüm 0 arasında TCP bağlantısı düğüm 2 üzerinden gerçekleştirilecek şekilde tasarlanmıştır. Hazırlanan benzetim senaryosunda 3 düğüm kullanılmıştır. Oluşturulan bu 3 düğümün başlangıç koordinatları şu şekilde belirlenmiştir;

```
$node_(0) set X_ 245.0
$node_(0) set Y_ 45.0
$node_(0) set Z_ 0.0
$node_(1) set X_ 245.0
$node_(1) set Y_ 495.0
$node_(1) set Z_ 0.0
$node_(2) set X_ 205.0
$node_(2) set Y_ 355.0
$node_(2) set Z_ 0.0
```

Oluşturulan bu düğümlerin hareket durumları ve gidecekleri son koordinatlar aşağıda gösterildiği gibi belirlenmiştir.

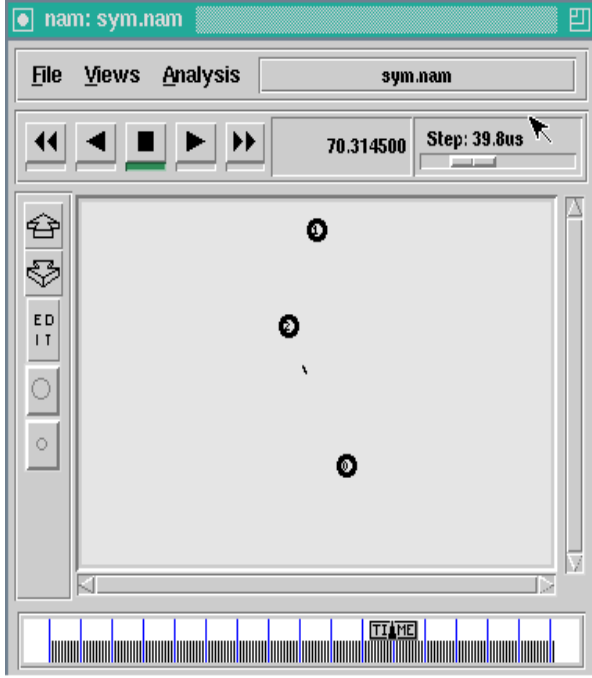
```
$ns at 45.0 "$node_(0) setdest 485.0 395.0 5.0"
```

Yukarıda yazılan bu kod ile benzetim sırasında sadece düğüm 0 hareketli olmakta, diğer düğümler ise belirlenen koordinatlarda sabit olarak kalmaktadır. Şekil 6'da DSDV protokolünün benzetimde uygulanması sonucu ilk paketlerin gönderildiği an gösterilmektedir.



Şekil 6. DSDV protokolünün benzetiminin de ilk paketlerin gönderilmesi

Şekil 6'da DSDV protokolünün benzetiminin 100.40'inci saniyesinde ilk iletişim kurulmakta ve bu aşamadan sonra düğüm 0 ile düğüm 1 arasında tasarlanan TCP paket gönderilme işlemi için ilk ACK'lar gönderilmektedir. DSDV protokolünde olan her düğümün yönlendirme tablosuna bakılarak sıra maliyeti en düşük düğüm olan düğüm 2 ye ondan sonra da düğüm 1'e gitmektedir. Şekil 7'de ise DSR protokolüyle yapılan benzetimde düğümlerin ilk paketlerin gönderildiği an gösterilmektedir.



Şekil 7. DSR protokolünün benzetiminde ilk paketlerin gönderilmesi

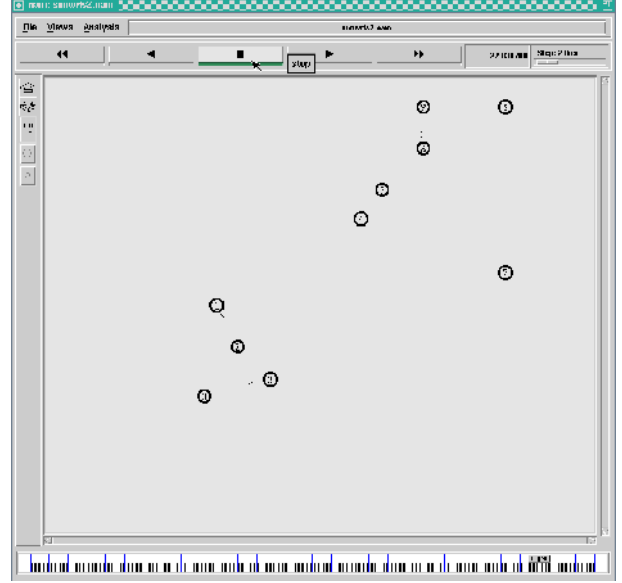
Şekil 7’de DSR protokolünün uygulandığı benzetimin 70.11’nci saniyesinde ilk iletişim kurulmakta ve bu aşamadan sonra düğüm 0 ile düğüm 1 bir arasında tasarlanan TCP paket gönderilme işlemi için ilk ACK’ lar gönderilmektedir. DSR protokolünü kullanarak iletişim yapan düğümler ilk önce kendi aralarında ACK yollamakta ve bu sayede hedefe varan en kısa yolu bulmaktadır. Düğüm 0 ile düğüm 1 arasında en kısa yol bulunduktan sonra iletişim başlamaktadır. Şekil 6 ve Şekil 7’de görüldüğü gibi DSR protokolünün en kısa yolu bulması ve düğümler arası iletişime geçmesi DSDV protokolüne göre daha hızlı olmaktadır.

#### **İkinci Senaryo:**

10 tane düğümden oluşmaktadır. Düğüm 0 ile düğüm 1 / Düğüm 4 ile düğüm 5 / Düğüm 2 ile düğüm 4 / Düğüm 8 ile düğüm 5 / Düğüm 6 ile düğüm 9 arasında TCP bağlantısı yapılmıştır. Benzetim sırasında 10. saniyede düğüm 0, 40. saniyede düğüm 4, 45. saniyede düğüm 8 belirlenen koordinatlara doğru hareket etmektedir. Bu benzetimde aynı senaryo DSDV ve DSR protokolleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Şekil 3.1’de DSDV ve DSR protokollerinin uygulandığı benzetimde oluşturulan senaryonun ilk hali gösterilmiştir.

Oluşturulan bu 10 düğümün başlangıç koordinatları şu şekilde belirlenmiştir;

```
$node_(0) set X_ 150.0
$node_(0) set Y_ 250.0
$node_(0) set Z_ 0.0
$node_(1) set X_ 250.0
$node_(1) set Y_ 500.0
```



Şekil 8. DSDV ve DSR protokollerinin benzetiminde oluşturulan düğümlerin ilk görüntüsü

```
$node_(1) set Z_ 0.0
$node_(2) set X_ 300.0
$node_(2) set Y_ 400.0
$node_(2) set Z_ 0.0
$node_(3) set X_ 380.0
$node_(3) set Y_ 320.0
$node_(3) set Z_ 0.0
$node_(4) set X_ 600.0
$node_(4) set Y_ 710.0
$node_(4) set Z_ 0.0
$node_(5) set X_ 650.0
$node_(5) set Y_ 780.0
$node_(5) set Z_ 0.0
$node_(6) set X_ 750.0
$node_(6) set Y_ 880.0
$node_(6) set Z_ 0.0
$node_(7) set X_ 950.0
$node_(7) set Y_ 580.0
$node_(7) set Z_ 0.0
$node_(8) set X_ 950.0
$node_(8) set Y_ 980.0
$node_(8) set Z_ 0.0
$node_(9) set X_ 750.0
$node_(9) set Y_ 980.0
$node_(9) set Z_ 0.0
```

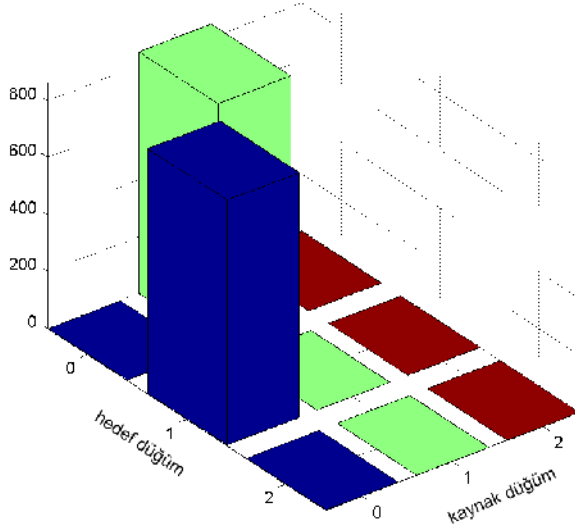
Oluşturulan bu düğümlerin hareket durumları ve gidecekleri son koordinatlar aşağıda gösterildiği gibi belirlenmiştir.

\$ns at 10.0 "\$node\_(0) setdest 490.0 400.0 5.0"  
 \$ns at 40.0 "\$node\_(4) setdest 520.0 700.0 5.0"  
 \$ns at 45.0 "\$node\_(8) setdest 880.0 880.0 5.0"

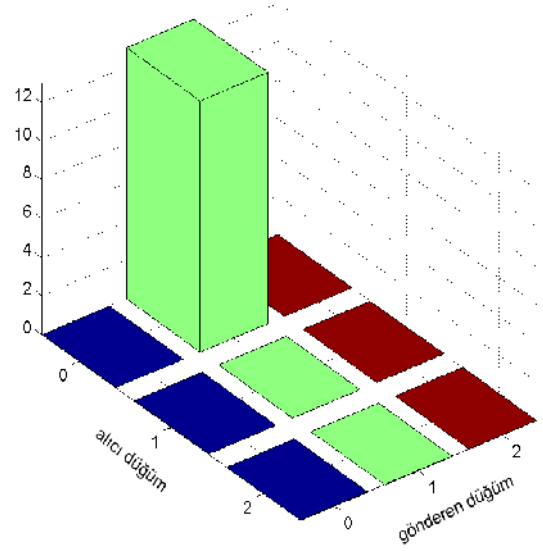
#### 4. BENZETİM SONUÇLARI

##### Birinci Senaryo :

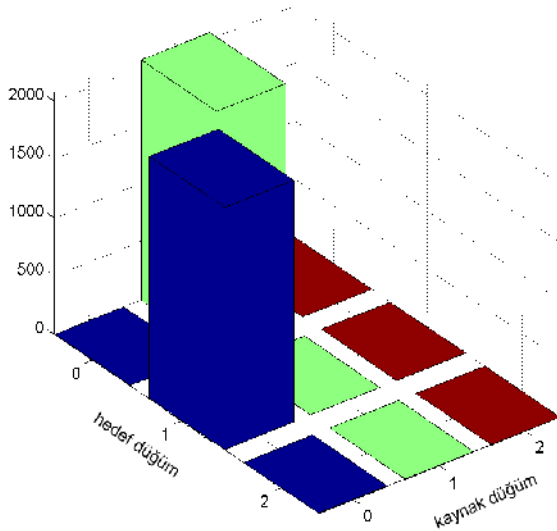
Senaryo oluşturulduktan sonra benzetimin 10 kere çalıştırılması sonucu ortalama değerler elde edilmiştir. Network Animatör sayesinde oluşan tr uzantılı dosyaları kullanarak TraceGraph programı ile birlikte aşağıdaki görüntüler elde edilmiştir.



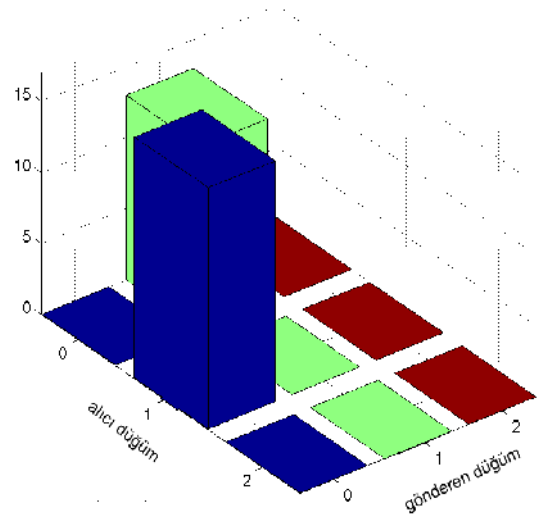
(a)



(a)



(b)



(b)

Şekil 9.(a) DSDV protokolünün benzetiminde üretilen toplam paket sayıları (b) DSR protokolünün benzetiminde oluşturulan toplam paket sayıları

Şekil 9'da gösterildiği gibi DSDV protokolünün uygulandığı benzetimde düğüm 0'da ortalama 855 ve düğüm 1'de ortalama 848 tane paket oluşturulmuş sonucunda elde edilmiştir. DSR protokolünün uygulandığı benzetimde ise düğüm 0'da ortalama 2242 ve düğüm 1'de 2248 tane paket oluşturulmuş sonucunda elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında DSR protokolünün iletişimi DSDV protokolünden daha hızlı bulduğu ve bu sayede daha fazla paket üreterek iletişim gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır.

Şekil 10. (a)DSDV protokolünün benzetiminde düğümlerde kaybolan toplam paket sayıları (b) DSR protokolünün benzetiminde düğümlerde kaybolan toplam paket sayıları

Şekil 10'da gösterildiği gibi benzetim esnasında, DSDV protokolünde düğüm 1'den gönderilen ve kaybolan toplam paket sayısının 13, DSR protokolünde ise düğüm 1'den gönderilen ve kaybolan toplam paket sayısının 14, düğüm 0'dan gönderilen ve kaybolan toplam paket sayısının 17 olduğu elde edilmiştir. Bu durumda DSDV protokolünün DSR protokolünden daha iyi olduğu varsayımı yapılabilir, ancak toplam oluşturulan paketler içerisinde kaybolan paketlerin oranlaması yapıldığında DSR protokolünün daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Oranlama şu şekilde açıklanabilir;

Tablo 4. DSDV ve DSR algoritmasına ait kazanç oranı

Oran	DSDV			DSR		
	Düğüm 0	Düğüm 1	Toplam	Düğüm 0	Düğüm 1	Toplam
Oluşturulan Toplam Paket Sayısı	855	848	1703	2242	2248	4490
Kaybolan Toplam Paket Sayısı	0	13	13	17	14	31

Dolayısıyla  $1703/13=131$  ve  $4490/31=144$  işlemlerinden de anlaşılacağı gibi DSR protokolünün DSDV protokolüne göre daha fazla paketi hedefe gönderdiği görülmektedir.

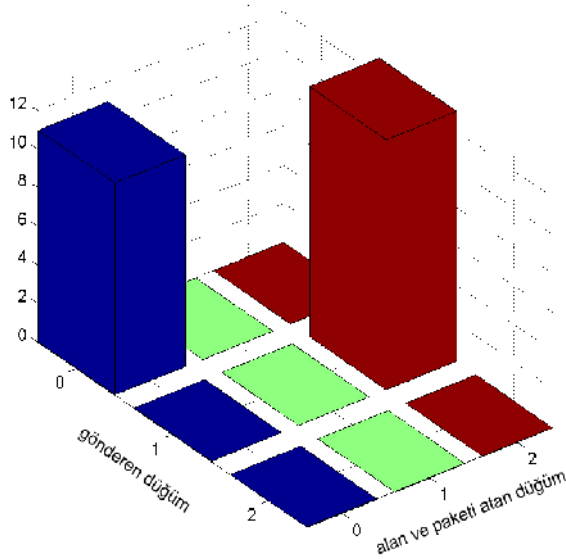
atılan ortalama toplam paket sayısı ise 13 olarak elde edilmiştir. DSR protokolünde ise sadece düğüm 0'da ortalama 3 paketin atıldığı görülmektedir.

#### İkinci Senaryo :

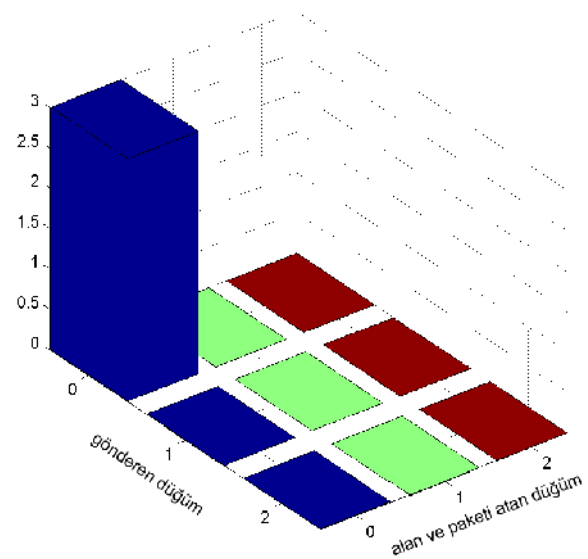
Senaryo oluşturulduktan sonra benzetimin 10 kere çalıştırılması sonucu ortalama değerler elde edilmiştir. Network Animatör sayesinde oluşan tr uzantılı dosyaları kullanarak DSDV protokolünde TraceGraph programı ile birlikte görüntüler elde edilmesine rağmen DSR protokolü için TraceGraph programı sonuç vermemiştir. Bu nedenle .cc ve .h dosyaları incelenerek üretilen, kaybolan, atılan paket sayılarını belirlemek amacıyla koda sayaç eklenmiştir. Bu şekilde alınan verilerle karşılaştırma yapabilme olanağı doğmuştur.

Tablo 5. DSDV algoritmasına ait kazanç oranı

Oran	DSDV						
	D0	D1	D5	D6	D8	D9	Toplam
Oluşturulan Toplam Paket Sayısı	223	296	27	452	32	702	1732
Kaybolan Toplam Paket Sayısı	11	1	3	7	5	2	29



(a)



(b)

Şekil 11.(a)DSDV protokolünün benzetiminde düğümlerde atılan toplam paket sayıları (b) DSR protokolünün benzetiminde düğümlerde atılan toplam paket sayıları

Şekil 11'de gösterildiği gibi, düğüm 0'dan düğüm 0'a atılan paketlerin sebebi, paketler oluşturulduktan sonra düğüm 0 da gerçekleşen bağlantı kopmasından dolayı yeni yol bulma çabalarıdır. DSDV protokolünde düğüm 0'da atılan ortalama toplam paket sayısı 11, düğüm 2'de

İkinci senaryoda da  $1732/29=60$  ve  $4566/69=67$  işlemlerinden de anlaşılacağı gibi DSR protokolünün DSDV protokolüne göre daha fazla paketi hedefe gönderdiği görülmektedir.



Tablo 6. DSR algoritmasına ait kazanç oranı

Oran	DSR						
	D0	D1	D5	D6	D8	D9	Toplam
Oluşturulan Toplam Paket Sayısı	580	770	44	724	51	700	4566
Kaybolan Toplam Paket Sayısı	24	7	9	5	12	2	69

Bütün bu elde edilen verilerden de anlaşılacağı gibi DSR protokolünün DSDV protokolüne göre daha hızlı iletişim kurduğu, topolojide daha az paketin atıldığı ve bu sayede iletişimin devamlılığının sağlandığı, gönderilen paketlerin kaybolma riskinin daha az olduğu görülmektedir.

### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makalede ad-hoc ağlarda kullanılan ve literatürde önerilen yönlendirme protokollerinden genel olarak bahsedilerek DSDV ve DSR protokollerinin yön bulma mekanizmaları anlatılmaktadır. DSDV yönlendirme protokolünde her bir düğüm, ağdaki diğer düğümler için bir yol bulunan tablo tutar. Her satırda hedef düğüm, sonraki düğüm, uzaklık ve sıra maliyeti kayıtlıdır. Bir düğümden, diğer düğüme veri gönderilirken sıra maliyeti en düşük olan seçilir. Bu tablo sayesinde iletişim gerçekleşir. DSR protokolünde ise; her düğüm, kaynak yönlerini içeren bir bellek bulundurmaktadır. Düğümler hedefe bir paket göndermek istediğinde, önce belleğinde hedefe ait mevcut bir yol olup olmadığını kontrol eder. Eğer geçerli bir yol var ise bu yolu kullanarak paketi gönderir. Eğer yolun süresi dolmuş ya da yok ise kaynak ve hedefin adres bilgisi ile ağ içerisinde tek olan ID'ye (kimlik numarası) sahip yön istek paketini yayın (broadcasting) modunda ağa göndererek yön bulma mekanizmasını başlatır. Her bir ara düğüm kendisinde, gelen yön istek paketindeki hedef adrese ait bir yol olup olmadığını kontrol eder. Eğer yoksa paketi komşu bir düğüme gönderir. DSR yönlendirme protokolü, sadece aktif haberleşen uçlar arasında çalıştığı için gereksiz yön bilgileri düğümler tarafından öğrenilmez. Yönlendirme kararları ve yol seçimi önceden yapıldığı için arada kalan düğümler için yönlendirme iş yükü düşük olur. Arada kalan düğümlerin yönlendirme yapmak için herhangi bir durum bilgisi veya yönlendirme tablosu tutmasına gerek olmaz. DSDV protokolünde, yönlendirme tablolarının düzenli güncellenmesi gerekir. Bu işlemin gerçekleşmesi için ise batarya gücü ve bir miktar bant genişliği gerekir. Teorik olarak karşılaştırma yapıldığında DSR yönlendirme protokolünün, DSDV yönlendirme protokolüne göre üstünlükleri epeyce fazladır. Gerçekleştirilen senaryo sonucu oluşan çıktılarda bu söylemi doğrulamaktadır. Sonuç olarak; DSR ve DSDV protokollerinin ns-2'da benzetimi oluşturulan toplam paket sayıları, atılan paket sayıları ve kaybolan paket sayıları üzerinden sırasıyla hızlı iletişime geçme,

iletişimin devamlılığı ve iletişimin güvenliği konuları baz alınarak karşılaştırılmış ve DSR protokolünün DSDV protokolüne göre bu alanlarda daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

### 6. KAYNAKLAR

- 1) E.M. Royer and C-K Toh. A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks. IEEE Personal Communications, Apr. 1999.
- 2) Chung, Wei-Ho. Probabilistic Analysis of Routes on Mobile Ad Hoc Networks. IEEE Communications Letters, Vol. 8, No. 8, August 2004.
- 3) E. Çayırıcı. Application Of The 3G PCS Technologies To The Mobile Subsystem Of The Next Generation Tactical Communication Systems. Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, 2000.
- 4) J. Broch et al. A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Routing Protocols. In Proceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, Oct. 1998.
- 5) D. B. Johnson and D. Maltz. Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks. In T. Imielinski and eds. H. Korth, editors, Mobile Computing. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- 6) S.-J. Lee, M. Gerla, C.-K. Toh. A Simulation Study of Table-Driven And On-Demand Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks. Internet Draft.
- 7) G. Pei, M. Gerla. Mobility Management in Hierarchical Multihop Wireless Networks. Internet Draft.
- 8) A.B. McDonald. A Mobility-Based Framework for Adaptive Dynamic Cluster-Based Hybrid Routing in wireless Ad Hoc Networks. Ph.D. Dissertation Proposal, Uni. Of Pittsburgh, 1999.
- 9) Bhatt, M.; Chokshi, R.; Desai, S.; Panichpapiboon, S.; Wisitpongphan, N.; Tonguz, O.K. Impact Of Mobility On The Performance Of Ad Hoc Wireless Networks. Vehicular Technology Conference. IEEE 58th Volume 5, 6-9 Oct. 2003 Page(s): 3025 – 3029, 2003.
- 10) T. Camp, J. Boleng, and V. Davies. A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research. Wireless Communication & Mobile Computing (WCWC): Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, vol. 2, no. 5, pp. 483-502, 2002.
- 11) M. Joa-Ng, I.-T. Lu, A peer-to-peer zone-based two-level link state routing for mobile ad hoc networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications 17 (8) (1999) 1415-1425.
- 12) Cook, Jason L. and Ramirez-Marquez, Jose E. Mobility and reliability modeling for a mobile ad-hoc network. (IIE Transactions), 2006.
- 13) Lazarou, Georgios, Li, Jing, and Picone, Joseph. A cluster-based overefficient MAC scheme for event driven sensing applications, Ad Hoc Networks, 2006.
- 14) C. E. Perkins, and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing", ACM SIGCOMM Computer Commun. Rev., 24(4): 234-244 (1994).
- 15) C. Siva Ram Murthy, B. S. Manoj, "Ad-Hoc Wireless Networks - Architectures And Protocols", Prentice Hall, New Jersey, 0-13-147023-X (2004).

- 16) J.-M. Dricot and P. D. Doncker, "High-accuracy physical layer model for wireless network simulations in ns-2", In Proceedings of the International Workshop on Wireless Ad-hoc Networks, (2004).
- 17) Perkins, Charles E. and Bhagwat, Pravin, DSDV Routing over a Multihop Wireless Network of Mobile Computers. Ad Hoc Networking. ISBN: 0-201-30976-9 Chapter 3, © 2001.
- 18) [http://en.wikipedia.org/wiki/Bellman-Ford\\_algorithm](http://en.wikipedia.org/wiki/Bellman-Ford_algorithm)
- 19) [http://en.wikipedia.org/wiki/Destination-Sequenced\\_Distance\\_Vector\\_routing](http://en.wikipedia.org/wiki/Destination-Sequenced_Distance_Vector_routing)
- 20) Abolhasan, M., Wysocki, T., Dutkiewicz, E., A review of routing protocols for mobile ad hoc Networks, AD HOC NETWORKS, pp 1-22, 2004.
- 21) Royer, E., M., Toh, C., A Review of Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks, IEEE PERSONEL COMMUNICATIONS MAGAZINE, pp 46-55, 1999.
- 22) Toh, C-K, Ad Hoc Mobile Wireless Networks. Prentice Hall PTR, 2002.
- 23) Pahlavan, Kaveh and Krishnamurthy, Prashant. Principles of Wireless Networks, Prentice Hall PTR, pp. 224-229, 2002.
- 24) Johnson D. and Maltz D., "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks", Mobile Computing, 353(5), 153-181, 1996.
- 25) Janne L., "Routing Security in Ad Hoc Networks," <http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/19440/http:zSzzSzwww.tml.hut.fizSzjluzSznetszczSznetsc-lundberg.pdf/routing-security-in-ad.pdf>