



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TASARSIZ AĞ YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİNİN
KARŞILAŞTIRMASI**

**Mohammad ABO SAALEEK
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç.Dr. A.Halim ZAİM**

Haziran, 2006

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TASARSIZ AĞYÖNLENDİRME PROTOKOLLERİNİN
KARŞILAŞTIRMASI**

**Mohammad ABO SAALEEK
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç.Dr. A.Halim ZAİM**

Haziran, 2006

İSTANBUL

Bu çalışma/...../ 2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Anabilim Dalı programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul
edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman Adı (A.Halim ZAİM)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Jüri Adı
Üniversite
Fakülte

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliđinin numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr .A.Halim ZAIM 'na en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve çalışmamın uygulama kısmını destekleyen İstanbul Üniversitesi'ne teşekkürü borç bilirim.

Haziran, 2006

Mohammad ABO SAALEEK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
TABLO LİSTESİ	iv
SEMBOL LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 ALTYAPISI OLAN AĞLAR.....	1
1.2 ALTYAPISI OLMAYAN (TASARSIZ) AĞLAR.....	1
1.3 IEEE 802.11 – KABLOSUZ ETHERNET.....	2
1.3.1 Fiziksel Katman.....	2
1.3.2 Medya Erişim Kontrolü Katmanı	2
1.4 YÖNLENDİRME PROBLEMİ	3
1.5 PROBLEM TANIMI	4
1.6 İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	4
2. GENEL KISIMLAR.....	5
2.1. KLASİK PROTOKOLLER	5
2.2. BAĞLANTI DURUMU	6
2.3. UZAKLIK VEKTÖRÜ	6
2.4. KAYNAK YÖNLENDİRMESİ.....	6
2.5. FLOODİNG (SEL ALGORİTMASI).....	7

1) 3. MALZEME VE YÖNTEM	8
3.1.TASARSIZ TALEP ESASLI UZAKLIK VEKTÖRÜ PROTOKOLÜ (AODV)..	8
3.1.1. AODV'nin Özellikleri	8
3.1.2. Unicast (teke gönderim) Rota Oluşturma.....	10
3.1.3. Rota Arama.....	10
3.1.4. Geniş Alanda Arama (Expanding Ring Search).....	11
3.1.5. İleri Yol Yapılandırması (Forward Path Setup).....	11
3.1.6. Rota Tablosu Yönetimi.....	12
3.1.7. Rotanın Tutulması.....	13
3.1.8. Yerel Bağlantısallık Yönetimi	14
3.1.9. Sistemi yeniden açma sonrası işlemler.....	14
3.1.10.Yayın.....	14
3.1.11.Güvenlik	15
3.1.12. Optimizasyon ve İyileştirmeler	15
3.1.13. Servis Kalitesi.....	15
3.1.14. Alt ağ yönlendirmesi	16
3.1.15. Karmaşıklıklar.....	17
3.1.16. Kuvvetli ve Zayıf Yönler.....	17
3.2. DİNAMİK KAYNAK YÖNLENDİRMESİ (DSR).....	17
3.2.1 Protokol tanımı	17
3.2.2. Rota Arama.....	18
3.2.3. Rotanın Tutulması.....	18
3.2.4. Optimizasyonlar	19
3.2.5. İnternet ile entegrasyon.....	23
3.2.6. Mobil IP ile entegrasyon.....	24
3.2.7. DSR ile Çoğa Gönderimli Yönlendirme.....	25
3.2.8. Karmaşıklıklar.....	25
3.2.9. Güçlü ve Zayıf Yönler	25
3.3. HEDEF SIRALI UZAKLIK VEKTÖRÜ (DSDV).....	26
3.3.1. Protokole genel bakış.....	27
3.3.2. Rotanın İlan edilmesi.....	27
3.3.3. Rota Tablosu Kaydı ve Rota Seçim Kriterleri.....	28
3.3.4. Topoloji Değişimlerine Cevap Verme.....	29

3.3.5. Baz İstasyonu Kapsamının Geniştirilmesi.....	29
3.3.6. Çalışan DSDV örnekleri.....	30
3.3.7. Dalgalanmaların Söndürülmesi.....	32
3.3.8. DSDV Protokolü'nün özellikleri.....	32
3.3.9. Döngüye meydan vermeyen mimarinin ispatı	33
3.3.10. Diğer Yöntemlerle karşılaştırma.....	33
3.3.11. Güçlü ve Zayıf Noktalar.....	34
3.3.12. Karşılaştırma.....	35
4. BULGULAR	36
4.1. TRAFİK VE MOBİLİTE MODELLERİ.....	36
4.2. PERFORMANS METRİK DEĞERLERİ İ.....	37
4.2.1. Paket teslim fraksiyonu.....	37
4.2.2. Veri paketlerinin ortalama uçtan uca gecikme süresi.....	37
4.2.3. Normalize edilmiş yönlendirme yükü.....	37
4.3. UYGULAMA.....	38
4.3.1. ns-2'nin kurulumu.....	38
4.3.2. ns-2 simülasyon temellerinin anlaşılması.....	38
4.3.3. CMU'nun ns-2'ye eklentileri.....	38
4.3.4. Trafik ve mobilite modellerinin oluşturulması.....	38
4.3.4.1 Trafik modelleri.....	38
4.3.4.2. Mobilite modelleri.....	39
4.3.5. Simülasyon kodu.....	39
4.3.6. Simülasyon izleme kütüklerinin analiz edilmesi.....	39
4.3.6.1. Paket teslim fraksiyonunun (pdf) değerlendirilmesi	40
4.3.6.2. Ortalama Uçtan-Uca paket teslim süresi:.....	40
4.3.6.2.1. Normalize edilmiş yönlendirme yükünün değerlendirilmesi..	40
4.3.7. Sonuçlar ve Değerlendirme.....	41
4.3.7.1. Üretilen Paketlerin sayısı.....	41
4.3.7.2. Protokollerin performans karşılaştırması:.....	42
4.3.7.3. Paket teslim karşılaştırması.....	42
4.3.7.4. Ortalama Uçtan Uca Paket teslimi.....	42
4.3.7.5. DSR ve AODV arasındaki performans farkını	43

4.3.7.6. <i>Paket teslim kıyaslaması</i>	43
4.3.7.7 <i>Normalize Edilmiş Yönlendirme Yükü Kıyaslaması</i>	43
4.3.8. Gözlemler.....	45
4.3.8.1. <i>Mobilite Etkisi</i>	46
4.3.8.2. <i>Yönlendirme Yükü Etkisi</i>	46
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
5.1 İLERDE YAPILACAK ÇALIŞMA.....	48
KAYNAKLAR	49
EKLER	51
ÖZGEÇMİŞ	53

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	: Ağ içerisinde yayılma veya RREQ	10
Şekil 3.2	: Kaynaktan Hedefe Rota Tayini	12
Şekil 3.3	: Rotanın tutulması	13
Şekil 3.4	: Temel DSR Faaliyeti	19
Şekil 3.5	: Rota arabelleğinin kullanımını gösteren bir tasarsız ağ örneği	21
Şekil 3.6	: Mobil host, rotanın kısaltılabileceğini bildiriyor.....	22
Şekil 3.7	: Tasarsız ağ içerisinde bulunmayan bir düğüm nitlanan rota talebi	23
Şekil 3.8	: Tasarsız ağ içerisinde G1 konumunda yer	24
Şekil 3.9	: Bir Tasarsız Ağ örneği	30
Şekil 3.10	: Tasarsız bir Ağ içerisindeki hareketler.....	31
Şekil 4.1	: Üretilen Paketlerin sayısı	41
Şekil 4.2	: Paket teslim karşılaştırması	41
Şekil 4.3	: Ortalama Uçtan Uca Paket teslimi	42
Şekil 4.4	: Paket teslim karşılaştırması (a b c d).....	44
Şekil 4.5	: Normalize Edilmiş Yönlendirme Yüğü Kıyaslaması (a b c d).....	44

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	: Talep esaslı ve tablo esaslı stratejiler karşılaştırma sunmaktadır.....	8
Tablo 3.2	: AODV ile DSR Yönlendirme Protokolleri kıyaslaması	17
Tablo 3.3	: MH4 Yönlendirme tablosu.....	30
Tablo 3.4	: MH4 İlan edilen rota tablosu.....	31
Tablo 3.5	: İlan edilen rota (güncellenmiş).....	31
Tablo 3.6	: MH4 Yönlendirme Tablosu (güncellenmiş)	32
Tablo 3.7	: Çeşitli yönlendirme yöntemleri.....	34
Tablo 3.8	: DSDV,AODV ile DSR Protokolleri arasında karşılaştırma	35

SEMBOL LİSTESİ

AODV	:Ad-hoc On-Demand Vector routing protocol
DSR	:Dynamic Source Routing protocol
DSDV	: Distance Source Distance Vector routing protocol
BDF	: Distributed Bellman Ford

ÖZET

TASARSIZ AĞ YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ KIYASLAMASI

Tasarsız ağ kurulumu taşınabilir cihazların merkezi altyapıdan bağımsız olarak iletişim kurabilmesine imkan tanır. Bununla birlikte, gerçek şu ki aslında merkezi bir altyapı yoktur ve cihazların gelişigüzel hareketi yönlendirme ve güvenlik gibi çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Bu tezde yönlendirme sorunu ele alınmıştır.

Dinamik Kaynak Yönlendirmesi (DSR), Tasarsız Talep Esaslı Uzaklık Vektörü Yönlendirmesi (AODV), Hedef Sıralı Uzaklık Vektörü (DSDV) gibi çeşitli yönlendirme protokolleri geliştirilmiştir. Bu projede, mobil ve tasarsız ağlar için talep esaslı reaktif yönlendirme protokollerinden önde gelen ikisinin performansı karşılaştırılmaya çalışılmıştır: DSR ile AODV'nin yanında geleneksel proaktif DSDV protokolü. MAC modeline sahip simülasyon ve fiziksel katman modelleri, katmanlar arası etkileşimleri ve bunların performans göstergelerini incelemek için kullanıldı. Talep esaslı protokoller olan AODV ve DSR, tablo esaslı DSDV protokolünden daha iyi bir performans göstermektedir. Her ne kadar DSR and AODV benzer talep esaslı işleyişi paylaşıyorlar da, protokolün temel çalışma mekanizmalarındaki farklılıklar belirgin performans farklılıklarına yol açabilmektedir. Performans farklılıkları, değişen ağ yükü, mobilite ve ağ büyüklüğünün kullanılması ile analiz edilir. Bu simülasyonlar, tasarsız simülasyonları çalıştırmak üzere ns-2 ağ simülatörü üzerinde önemli uzantıların yapıldığı Rice Monarch Projesi temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

SUMMARY

COMPARISON OF AD HOC ROUTING PROTOCOLS

Ad hoc networking allows portable devices to establish communication independent of a central infrastructure. However, the fact that there is no central infrastructure and that the devices can move randomly gives rise to various kind of problems, such as routing and security. In this thesis the problem of routing is considered.

A number of routing protocols like Dynamic Source Routing (DSR), Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV), Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV) have been implemented. In this project an attempt has been made to compare the performance of two prominent on-demand *reactive* routing protocols for mobile ad hoc networks: DSR and AODV, along with the traditional *proactive* DSDV protocol. A simulation model with MAC and physical layer models is used to study interlayer interactions and their performance implications. The On-demand protocols, AODV and DSR perform better than the table-driven DSDV protocol. Although DSR and AODV share similar on-demand behavior, the differences in the protocol mechanics can lead to significant performance differentials. The performance differentials are analyzed using varying network load, mobility, and network size. These simulations are carried out based on the Rice Monarch Project that has made substantial extensions to the ns-2 network simulator to run ad hoc simulations.

1. GİRİŞ

Kablosuz ağ iletişimi, kullanıcıların, buldukları coğrafi konumdan bağımsız olarak bilgi ve hizmetlere elektronik olarak ulaşabilmesini sağlayan ve yakın geçmişte doğmuş olan bir teknolojidir. Kablosuz ağlar iki grubu ayrılabilir:

1.1 ALTYAPISI OLAN AĞLAR.

Altyapısı olan ağlar, sabit ve kablo bağlantılı ağ geçitlerinden meydana gelir. Bu sistemde mobil bir host makina, şebeke (baz istasyonu olarak isimlendirilir) içerisinde haberleşme çemberi kapsamında yer alan bir köprü ile iletişim kurar. Mobil ünite haberleşirken coğrafi olarak yer değiştirebilir(Lundeberg 2002). Bir baz istasyonunun kapsama alanı dışına çıktığında yeni bir baz istasyonu ile bağlantı kurar ve onun üzerinden haberleşmeye başlar. Buna handoff işlemi denir. Bu yaklaşımda baz istasyonları sabittir.

1.2 ALTYAPISI OLMAYAN (TASARSIZ) AĞLAR.

Tasarsız ağlarda tüm düğüm noktaları mobildir ve isteğe bağlı bir şekilde dinamik olarak bağlanabilir. Bu ağların tüm düğüm noktaları yönlendirici gibi çalışır ve ağ içerisindeki diğer düğümlere giden rotaların incelenmesi ve bakımı içerisinde rol oynar. Tasarsız ağlar acil durumda arama-kurtarma işlemlerinde, kişilerin hızlı bir şekilde veri paylaşmak istedikleri toplantılarda veya konferanslarda ve iklimi zor olan arazilerde bilgi toplama çalışmalarında çok kullanışlıdır.

1.3 IEEE 802.11 – KABLOSUZ ETHERNET

IEEE 802.11, halihazırda en yaygın olarak kullanılan kablosuz ağ iletişim sistemidir. Intel'in mobil bilişim teknolojisi için yeni çipseti (*Centrino*) entegre 802.11b arayüzü içerdiğinden 802.11 ağ iletişimine erişim muhtemelen gelecekte yaygın olarak kullanılacaktır (Brenner 1997). IEEE 802.11 spesifikasyonu hem fiziksel bir katmandan hem de bir medya erişim kontrolünden (MAC) meydana gelmektedir.

1.3.1 Fiziksel Katman

802.11 fiziksel katman spesifikasyonu telsiz (lisanssız band) iletim ve kızılotesi iletim esaslarını belirtmektedir. 802.11 ilk olarak 1997 1 Mb/s veya 2 Mb/s'de telsiz iletim standardını açıklamıştır. 1999 yılında fiziksel katman standartları olan 802.11a ve 802.11b yayınlanmıştır. 802.11b standardı 5.5 veya 11 Mb/s hızında 2.4 Ghz bandında çalışırken 802.11a, 54 Mb/s'e kadar çıkan hızlarda 5 Ghz bandında çalışmaktadır. 802.11b uygulamaları daha kolaydır ve bu yüzden kullanım alanı daha önce yaygınlaşmıştır.

1.3.2 Medya Erişim Kontrolü Katmanı

802.11, MAC katmanında iki farklı çalışma şekli sağlamaktadır. Bu çalışma içerisinde bu çalışma şekilleri açıklanmıştır. Sistemde altyapısı olmayan bir ağın kullanımına olanak veren bir *Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (DCF)* vardır. DCF'nin kullanılması esnasında medya erişimi için gerekli olan herhangi merkezi bir kontrol yoktur. Bu sistem temel olarak Çarpışma Önleme Mekanizmasına sahip Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim (CSMA/CA) sistemidir. Bir kablosuz iletişim arayüzü gönderim esnasında tek başına çarpışmaları algılayamaz, bu yüzden pozitif bir onay sistemi kullanılır.

Pozitif onaylı çarpışma önleme sisteminde *gizli düğüm problemi* görülebilir:

Gizli düğüm, bir paketin hedefine bu pakete müdahale edebilecek kadar yakın olan fakat göndericiden paketin gönderilmekte olduğunu algılayamayacak kadar uzakta olan (ve bu yüzden iletimi nasıl önleyeceğini bilmeyen) bir düğümdür. Bu problem 802.11'de bir *sanal taşıyıcı algılama* mekanizması ile çözümlenebilmektedir: bu mekanizmada bir veri paketi göndermek isteyen bir düğüm ilk olarak bir *Gönderme*

İsteği Sinyali (CTS) gönderir. Bu paketlerden biri algılayan herhangi bir düğüm bunun akabinde *ağ tahsis vektörünü (NAV)* güncelleyecek ve RTS veya CTS içerisinde belirtilmiş olan süre boyunca iletim yapmayacaktır.

Sanal taşıyıcı algılama mekanizması, gizli düğüm problemine yönelik bir çözüm sunabilir. Fakat kablosuz paket ağları aynı zamanda *açıkta düğüm problemi* ile karşı karşıyadır. Bu tip düğümler, paketlerini ve RTS'yi algılayacak kadar göndericiye yakın olup pakete müdahale edemeyecek kadar hedef noktadan uzakta olan düğümlerdir. Açıkta düğümler, mevcut band genişliğinin tam yükte çalışmasına sebep olabilir.

MAC katmanında, bir tekil gönderim (unicast) paketi onaylanmadığında otomatik yeniden iletim mekanizmaları (yediye kadar) kullanılır. Fakat 802.11'de çoğa gönderim paketleri tanınmaz. Bunlar ne pozitif onay mekanizması ne de sanal taşıyıcı algılamalı mekanizmalar kullanır. Ağ grubunun üst katmanlarının çoğa gönderim paketlerinde yaşayabileceği hata oranı, tekil gönderim paketleri için olandan çok daha yüksek olabilir.

1.4 YÖNLENDİRME PROBLEMİ

Yönlendirme, trafik akışı için kaynak ile hedef arasındaki yolu tespit eden ağ katmanının bir fonksiyonudur. İlk bakışta kablosuz çok sekmeli (multihop) ağ içerisinde yönlendirmenin, çok dinamik bir topoloji ile ilgilenme problemi dışında başka bir sıkıntı yaratmadığı görülmektedir. Gerçekte mobilitesi yüksek, çok sekmeli ve paylaşımlı kanal içerisinde yönlendirme datagramı, diğer ağlarda çok nadir olarak gündeme gelen bazı durumlar gündeme getirir. Yönlendirme tasarımının temel kriteri “verimlilik” olacaktır. Son derece dinamik kablosuz ağlar, kablolu ağlar için söz konusu olan geleneksel yönlendirme algoritmalarının ya stabil olmayacağını ya da yönlendirme güncellemesi için çok sayıda protokol yüküne gerek olacağını ortaya koymaktadır. Topoloji değişimine hızlı cevap verilmesi gerekir çünkü topoloji stabil hale gelene kadar paketlerin ilgili yerlere teslimi fizibil bir çözüm değildir. Sınırlı band genişliği ve bununla birlikte yönlendirme güncellemesi için çok miktarda protokol yüküne gerek olması durumu “verimliliğin”, çok sekmeli kablosuz yönlendirme protokollerinin tasarımında çok önemli olduğu anlamına gelmektedir.

1.5 PROBLEM TANIMI

Bu mastır tezinin amacı, kablosuz tasarsız ağlar için öne sürülmüş yönlendirme protokolünü performansa dayalı olarak değerlendirmektir. Bu değerlendirme teorik olarak ve simülasyon aracılığıyla yapılmalıdır. Aynı zamanda elde edilen sonuçları, geleneksel kablolu ağ içerisindeki yönlendirme protokolü sonuçlarıyla karşılaştırmak da amaçlanmıştır. Bu mastır tezinin başında protokolün herhangi bir uygulaması yapılmamıştır bu yüzden ilk ana görev, bazı protokolleri uygulamak olmuştur.

Tez aynı amanda, tasarsız ağ alanı kapsamında sonradan yapılacak çalışmalar için bir platform olarak kullanılabilen bir simülasyon ortamı yaratmayı amaçlamıştır. Bu simülasyon ortamı, mümkünse Berkeley tarafından çıkarılan Ağ Simülatörü 2'ye dayalı olacaktır.

Bu tezin amacı şunlar olmuştur:

- Tasarsız ağlar hakkında genel bir fikir edinmek.
- Sonraki çalışmalar için kullanılabilen bir simülasyon ortamı oluşturmak.
- Kablosuz ve tasarsız ağlar için öne sürülen bazı yönlendirme protokollerinin uygulamasını yapmak.
- Protokolü teorik olarak ve simülasyon ile analiz etmek.

1.6 İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Birçok yönlendirme protokolü teklif edilmiştir fakat farklı protokoller arasında çok az sayıda karşılaştırma yapılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar arasında Carnegie Mellon Üniversitesi'nde (CMU) Monarch projesi kapsamında yapılan çalışma, öne sürülen bazı farklı yönlendirme protokollerini karşılaştırmış ve bu protokolleri aynı nicel ölçülere göre değerlendirmiştir. Sonuçlar, Ekim 1998 başında yayınlanan “Çok sekmeli ve tasarsız kablosuz ağ protokollerinin performans kıyaslaması” adlı makale içerisinde sunulmuştur(Broch ve diğ. 1998). Çeşitli protokoller üzerinde yapılmış bazı diğer simülasyon sonuçları da mevcuttur. Fakat bu simülasyonlar aynı kriterleri kullanmadıklarından birbirleriyle kıyaslanabilmeleri söz konusu değildir.

2. GENEL KISIMLAR

Sabit ağlar için bile yönlendirme kararlarının verilmesinde bir yönlendirme protokolüne ihtiyaç vardır. Yönlendirme protokolü iki ana işleve sahiptir: çeşitli kaynak-hedef çiftleri için rota seçimi ve mesajların doğru hedeflere sevki. Burada, çeşitli protokoller ve veri yapıları (yönlendirme tabloları) kullanan ikinci işlev teorik olarak daha güvenilirdir.

2.1. KLASİK PROTOKOLLER

Link state (bağlantı durumu) veya distance vector (uzaklık vektörü) gibi klasik yönlendirme protokolleri son derece iyi test edilmiştir ve bilgisayar haberleşmeleriyle ilgilenen birçok insan bu protokollere aşınadır. Eğer bir yönlendirme protokolüne ihtiyaç varsa o zaman niye kullanmayalım? Bu protokollerde karşımıza çıkan temel sorun, çok sık değişen bir topolojiye sahip tasarsız bir ağda bu protokollerin statik topolojiye göre tasarlandıklarından sabit duruma gelme problemidir. Bağlantı durumu ve uzaklık vektörü düşük devingenliğe sahip tasarsız bir ağda muhtemelen iyi çalışacaktır. Burada halen devam eden problem, bu protokollerin, ađ düğümleri arasında yönlendirme tablolarının sık sık güncellenmesini gerektiren periyodik kontrol mesajlarına yüksek oranda bağımlı olmaları ve bu yüzden band genişliği, pil gücü ve CPU gibi kaynaklar içerisinde maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Hem bağlantı durumu hem de uzaklık vektörü ulaşılabilir tüm hedeflere giden rotaları tutmaya çalıştığından bu rotaların korunması gereklidir ve bu durum yukarıda bahsedilen aynı sebepten ötürü kaynakları israf eder.

Klasik protokollerin diğer bir özelliği de çift yönlü bağlantıları kabul etmesidir. Fakat kablosuz iletişim ortamında durum her zaman böyle değildir. Teklif edilen tasarsız yönlendirme protokollerinin birçoğu temelde yer alan algoritma olarak geleneksel bir yönlendirme yöntemi kullandığından uzaklık vektörü, bağlantı durumu ve kaynak yönlendirmesi gibi klasik protokollerin temel çalışma prensibini anlamak gereklidir.

2.2. BAĞLANTI DURUMU

Bağlantı durumu yönlendirmesinde her düğüm, her bağlantı için maliyet bilgisi eşliğinde tüm topolojinin bir görünümünü tutar(Peterson ve Davie 2001). Bu maliyeti stabil tutmak için her düğüm periyodik olarak tüm diğer düğümlere, kendisinden çıkan bağlantılarının maliyetlerini flooding yöntemi (sel algoritması) ile yayımlar. Bu bilgiyi alan her düğüm ağ topolojisi görünümünü günceller ve her varış noktası (hedef) için sonraki durağı seçmek üzere en kısa rota algoritmasını uygular. Belli bir düğümde bazı bağlantı maliyetleri, uzun yayılım gecikmeleri, segmentlere bölünmüş ağlar vb gibi unsurlardan ötürü doğru olmayabilir. Bu gibi tutarlı olmayan ağ topolojisi görünümleri, yönlendirme döngülerinin oluşmasına sebep olabilir. Yine de bu döngüler kısa ömürlüdür çünkü ağ çapı içerisinde geçme mesajını aldığı an kaybolur.

2.3. UZAKLIK VEKTÖRÜ

Uzaklık vektöründe her düğüm sadece dışarı giden bağlantılarının maliyetlerini izler, fakat bu bilgiyi tüm düğümlere yayınlamak yerine komşularından her birine ağ içerisindeki tüm diğer düğümlere olan en kısa mesafe tahminini periyodik olarak yayımlar(Peterson ve Davie 2001). Daha sonra bu bilgiyi alan düğümler bu bilgiyi kullanarak, kendi uzaklık vektörünü alınan bilgi ile karşılaştırmak suretiyle yönlendirme tablosunu yeniden hesaplar. Bağlantı durumuna kıyasla uzaklık vektörü işlem performansı olarak daha etkin ve uygulaması daha kolay olup çok daha az saklama alanı gerektirir. Fakat uzaklık vektörünün hem kısa ömürlü hem uzun ömürlü döngüler oluşturabileceği iyi bilinmektedir. Bu düğümlerin bir sonraki duraklarını, aldıkları bilgiye dayalı olarak tamamen dağıtık yapıda seçmelerinin temel nedeni stabil olmaktır.

2.4. KAYNAK YÖNLENDİRMESİ

Kaynak yönlendirmesi her paketin ağ genelinde takip etmesi gereken tüm rotayı taşıması gerektiği anlamına gelir. Bu sebeple yönlendirme kararı kaynaktan alınır (Peterson ve Davie 2001). Bu yaklaşımın avantajı, yönlendirme döngülerinin çok kolay bir şekilde önlenbilmesidir. Dezavantajı ise her paketin az miktarda ekstra protokol yükü gerektirmesidir.

2.5. FLOODİNG (SEL ALGORİTMASI)

Birçok yönlendirme protokolü, kontrol bilgisini dağıtmak, yani kontrol bilgilerini bir kaynak düğümden tüm diğer düğümlere göndermek için çoğa gönderim sistemini kullanır. Yaygın olarak kullanılan çoğa gönderim şekli sel algoritmasıdır ve şu şekilde çalışır: kaynak düğüm bilgilerini komşularına gönderir (kablosuz iletişimde verici kapsamında yer alan tüm düğümler) (Peterson ve Davie 2001). Komşu düğümler de bunu kendi komşularına aktarır ve paket ağ içerisindeki tüm düğümlere ulaşmaya kadar bu işlem devam eder. Bir düğüm paketi sadece bir kez komşusuna yönlendirecektir. Bunu sağlamak için bazı sıra numaraları kullanılabilir. Bu sıra numarası, bir düğümün algıladığı her yeni paket için artar.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu tasarsız yönlendirme protokolleri iki kategoriye ayrılabilir:

- **TABLO ESASLI OLUŞTURULMUŞ YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ.**

Tablo esaslı yönlendirme protokollerinde, tüm düğümlere gönderilen güncel ve sürekli yönlendirme bilgisi her düğümde tutulur.

- **TALEP ESASLI YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ.**

Talep esaslı yönlendirme protokollerinde rotalar ihtiyaç duyulduğunda oluşturulur. Bir kaynak bir hedefe bilgi göndermek istediğinde bu kaynak, rota keşif mekanizmalarını çağırarak ilgili hedefe giden rotayı bulur.

Tablo 3.1 , Talep esaslı ve tablo esaslı stratejiler arasında bir karşılaştırma sunmaktadır.Royer ve Toh (2001)

Parametreler	Talep esaslı	Tablo esaslı
Yönlendirme bilgisi elverişliliği	İhtiyaç olduğunda elverişli	İhtiyaçtan bağımsız olarak her zaman elverişli
Yönlendirme felsefesi	Düz	Büyük ölçüde düz
Periyodik rota güncellemeleri	Gerekli değil	Evet
Mobiliteye yatkınlık	Lokalize rota keşif mekanizmaları kullanarak	Uygun yönlendirme tablosu bulmaları için diğer düğümleri bilgilendirme
Oluşturulan sinyal trafiği	Aktif rotaların artan mobilitesi ile birlikte büyür	Talep esaslı yönlendirme trafiğinden daha büyüktür
Servis Destek Kalitesi	Çok azı QoS'ı destekler	Esasen QoS olarak en kısa rota

Son yıllarda, özellikle bu ortam için hedeflenmiş olan çeşitli yeni yönlendirme protokolleri geliştirilmiştir. Tasarım tercihleri kapsamında yer alan üç çok sekmeli kablosuz tasarsız ağ yönlendirme protokolü vardır:

1. Hedef Sıralı Uzaklık Vektörü (DSDV)

2. Dinamik Kaynak Yönlendirmesi (DSR)
3. Tasarsız Talep Esaslı Uzaklık Vektörü Yönlendirmesi (AODV).

DSDV tablo esaslı bir yönlendirme protokolü olurken DSR ve AODV, talep esaslı yönlendirme protokolleri kategorisine girmektedir.

3.1. TASARSIZ TALEP ESASLI UZAKLIK VEKTÖRÜ PROTOKOLÜ (AODV)

Tasarsız Talep Esaslı Uzaklık Vektörü (AODV) yönlendirme algoritması, tasarsız mobil ağlar için tasarlanmış olan bir yönlendirme protokolüdür. Bu protokol dinamik bağlantı durumlarına, düşük işlem ve bellek proseslerine çabuk adaptasyon sağlar(Perkins 1997) (Perkins ve Royer 1999) (Royer 2000). Klasik uzaklık vektörü protokolleri ile ilişkili döngü problemlerini çözmek için (sonsuz kadar sayma problemi gibi) hedef sıra numaraları kullanır.

3.1.1 AODV'nin Özellikleri

Tasarsız Talep Esaslı Uzaklık Vektörü (AODV) yönlendirme algoritması, talep esaslı bir algoritmadır, yani sadece kaynak düğümler tarafından ihtiyaç duyulması durumunda düğümler arasında rotalar inşa eder ve bu rotalar sadece gerekli oldukları müddetçe tutulur(Perkins ve Royer 1999). AODV'de, kopuk bağlantıları onarıırken bile hiçbir zaman döngü oluşumu söz konusu değildir. Komşu topolojide bir değişim hakkında bilgi sahibi olduğu her an sıralı olarak ortan bir sıra numarası söz konusudur. Bu sıra numarası, her rota araması yapıldığında en güncel rotanın seçilmesini sağlar. AODV teke gönderimli, çoğa gönderimli ve geniş gönderimli haberleşme yeteneğine sahiptir. Ayrıca AODV, çok gönderimli grup üyelerini birbirine bağlayan ağaçlar oluşturur. Bu ağaçlar grup üyelerinden ve üyeleri birbirine bağlamak için gerekli olan düğümlerden meydana gelmektedir. Son olarak temel algoritmaya yapılan düzenli iyileştirmelerin (mesela QoS uygulamaları için, istemci-sunucu aramaları için veya asimetrik yönlendirme yollarının kullanımı için) hem tekli hem de çoğa gönderim tabanlı veri iletimine fayda sağlaması beklenmektedir.

AODV halihazırda komşu düğümler arasında sadece simetrik bağlantılar kullanmaktadır. İlgili yönlendirme bilgilerini kaydetmek için hem teke gönderim hem de çoğa gönderim yönlendirme tabloları kullanılır. Bu tablolar, sabit hareket halindeki düğümler için bile hem teke gönderim hem de çoğa gönderim rotalarını tutabilir. Ayrıca

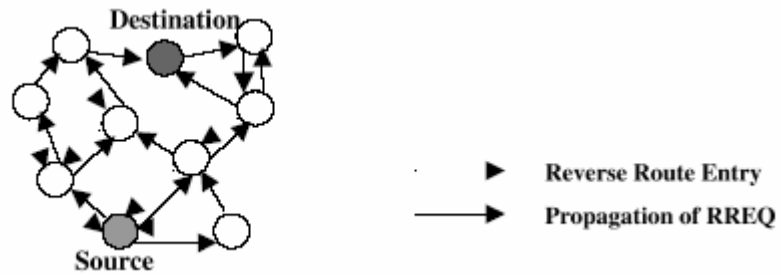
özel bir rota hata mesajı kullanımı vasıtasıyla geçersiz rotaların çabuk şekilde silinmesine olanak verir. AODV, çabuk ve zamanlı bir şekilde aktif rotaları etkileyen topolojik değişikliklere cevap verir. Rotaları, yönlendirme kontrol mesajlarından doğan sadece ufak miktarda bir protokol yükü ile ve herhangi ekstra bir ağ protokol yükü olmadan inşa eder. Sonuç olarak AODV veri paketleri üzerine herhangi ekstra bir protokol yükü yüklemeyi çünkü kaynak yönlendirmesi kullanmaz.

3.1.2. Unicast (teke gönderim) Rota Oluşturma

AODV ile rota bulma tamamen talep esaslıdır ve bir rota talep/rota cevap arama döngüsünü takip eder. Talepler bir Rota Talep (RREQ) mesajı kullanılarak gönderilir. Bir Rota Cevap (RREP) mesajı ile, bir rota oluşum bilgisi geri gönderilir.

3.1.3. Rota Arama

Bir kaynak düğüm belli bir hedef düğüme veri paketi göndermek istediğinde ve bu hedef düğüm için geçerli bir rotası olmadığında bir rota arama prosesi başlatır. Böyle bir işlemi başlatmak için kaynak düğümü bir RREQ paketi oluşturur. Kaynak düğümün IP adresine, mevcut sıra numarasına ve geniş gönderim ID'sine ilave olarak RREQ aynı zamanda hedef için kaynak düğümün bildiği en güncel sıra numarasını da içerir. RREQ oluşturulduktan sonra bu kaynak düğüm paketi komşusuna gönderir, buradan talep komşulara aktarılır ve bu işlem, hedef düğüme veya "hedefe en güncel rota bilgisine" sahip ara düğüme ulaşıncaya kadar devam eder ve sonra bir zamanlayıcı set edilerek beklemeye alınır.



Şekil 3.1 Ağ içerisinde yayılma veya RREQ Perkins ve Royer (1999)

Bu RREQ'yu işlemek için düğüm, kaynak düğüm için rota tablosu içerisinde, kaynak düğümün IP adresini ve sıra numarasını ve ayrıca kaynak düğümün IP adresine kadar olan sekme sayısını ve sıra numarasını ve aynı zamanda RREQ bilgisinin alınmış

olduğu komşu düğümün IP adresini içeren bir ters rota kaydı oluşturur(Perkins 2002). Şekil 3.1, RREQ'un ağ genelinde yayılımını ve ayrıca her ağ düğümünde ters rota kayıtlarının oluşumunu göstermektedir. Her rota kaydı ile ilişkili olarak, belirlenen periyotta kullanılmaması durumunda kaydın silinmesini sağlayacak bir rota zamanlayıcısı mevcut olacaktır.

RREQ'yu alan düğüm, hedef düğüm olması durumunda veya RREQ içerisinde yer alan sıra numarasına eşit veya bu numaradan büyük olan sıra numarasına sahip olması durumunda bir rota cevabı (RREP) gönderebilir. Eğer durum böyleyse kaynağa RREP bilgisini teke gönderim yöntemiyle geri iletir. Aksi takdirde RREQ bilgisini komşu hücrelere aktarmaya devam eder.

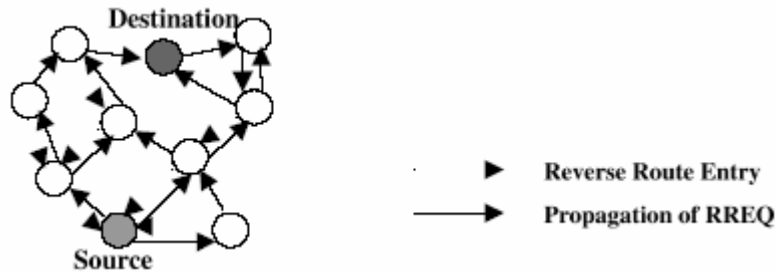
3.1.4. Geniş Alanda Arama (Expanding Ring Search)

Düğüm bazı yeni hedefler için bir rota arama işlemi başlattığı her an ağ geneline bir RREQ yayınlamak zorundadır. Ufak bir ağ için bu sel algoritmasının etkisi az olabilir fakat büyük bir ağ için bu etki yüksek ve zarar verici olabilir. Tüm ağ geneline yayımlanan RREQ'ları kontrol etmek için kaynak düğüm bir "geniş alanda arama tekniği" kullanmak zorundadır. Bu teknik sayesinde, hedefe giden bir rota bulunamazsa ağ içerisinde kapsamı gittikçe artan alanlarda arama yapılır. Bu arama tekniğini kullanmak için kaynak düğüm, RREQ'nun Yaşam Süresini (TTL) başlangıç ttl_start değerine getirir. Eğer arama süresi içerisinde herhangi bir cevap alınamazsa değeri artış değeri kadar arttırılarak bir sonraki RREQ yayımlanır. TTL değerini bu şekilde arttırma işlemi bir eşik değere ulaşılan kadar devam eder.

3.1.5. İleri Yol Yapılandırması (Forward Path Setup)

Sonuç olarak RREQ, istenen hedefe giden mevcut bir rota barındıran bir düğüme (muhtemelen hedefin kendisi) ulaşacaktır. RREQ mesajını alan düğüm ilk olarak RREQ'nun çift yönlü bir bağlantı üzerinden alınıp alınmadığını kontrol eder. Eğer ara bir düğüm istenen hedef için rota kaydına sahipse, istenen hedef için kendi rota kaydı içerisinde sıra numarasını RREQ içerisindeki hedef sıra numarasıyla karşılaştırmak suretiyle bu rotanın güncel olup olmadığını tespit eder. Eğer hedef sıra numarası ara düğümde kayıtlı olan sayıdan büyükse, ara düğüm RREQ'ya cevap vermek için kendi kayıtlı rotasını kullanmamalıdır. Bunun yerine yapması gereken şey RREQ'yu yeniden ağ geneline yayınlamaktır. Ara düğüm, anca RREQ içerisinde kayıtlı sıra numarasına

eşit veya bu numaradan büyük olan bir sıra numarası olan bir rotaya sahipse cevap verebilir. Eğer istenen hedef için bir rotaya sahipse ve eğer RREQ daha önceden işleme tabi tutulmadıysa düğüm, RREQ mesajını almış olduğu komşusuna teke gönderim şekliyle bir rota cevap paketi (RREP) gönderir. İstenen hedefe rota temin edebilecek bir düğümüne bir yayın paketi ulaşana kadar RREQ kaynağına bir ters yol oluşturulmuş olur. RREP, kaynağa doğru geri yol aldıkça yol boyu her düğüm RREP'nin geldiği düğümüne ileri yönlü bir işaretçi koyar, kaynağa ve hedefe olan rota kayıtları için zaman aşımı bilgilerini günceller ve istenen hedef için en son hedef sıra numarasını kaydeder. Şekil 3.2, RREP'nin hedeften kaynağa doğru ilerlemesi esnasında söz konusu olan ileri yol yapılandırmasını göstermektedir. RREP tarafından tespit edilen yol boyunca yer almayan düğümler, ACTIVE_ROUTE_TIMEOUT süresi sonrasında (3000/msec) zaman aşımına uğrayacak ve silinecektir.



Şekil 3.2 Kaynaktan Hedefe Rota Tayini Perkins ve Royer (1999)

Eğer düğüm birden fazla RREP alırsa ilkini ve bir önceki RREP'den daha büyük veya bu RREP ile aynı hedef sıra numarasına ve daha küçük sekme sayısına sahip olanları ağa yayar.

3.1.6. Rota Tablosu Yönetimi

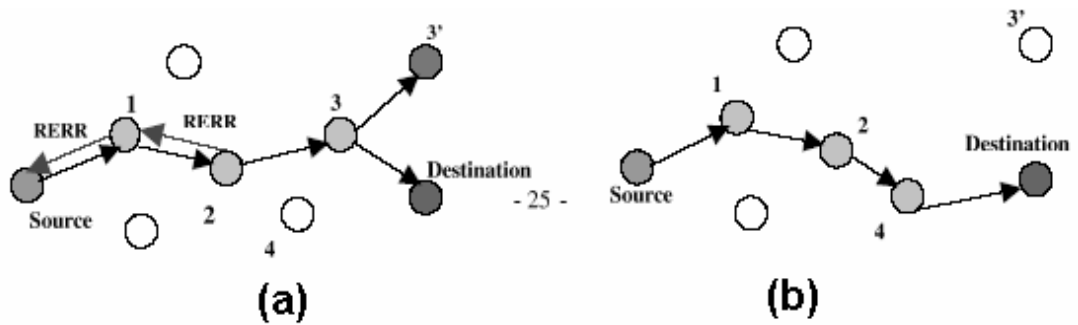
AODV, her rota tablosu kaydı için şu parametrelerin kaydını tutmak zorundadır.

- Hedef IP Adresi: Hedef düğüm için IP adresi
- Hedef sıra numarası: Bu hedef için sıra numarası
- Sekme sayısı: Hedefe doğru sekme sayısı
- Sonraki sekme: Bu rota kaydı için hedefe paket sevk etmek üzere tahsis edilmiş olan komşu düğüm
- Yaşam süresi: rotanın geçerli olarak kabul edildiği süre

- Aktif komşu listesi: Bu rota kaydını aktif olarak kullanan komşu düğümler

3.1.7. Rotanın Tutulması

Belirli bir kaynak/hedef çifti için bir rota bulunduğunda bu rota, kaynak düğüm tarafından ihtiyaç duyulduğu müddetçe tutulur. Tasarsız ağ içerisinde düğümlerin hareketi sadece bu düğümleri içeren rotaları etkiler, bu yol aktif yol olarak isimlendirilir. Aktif bir yol boyunca söz konusu olmayan hareket herhangi bir protokol işlemini tetiklemez. Eğer kaynak düğüm aktif bir oturum esnasında hareket ederse, hedefe yeni rota tespit etmek amacıyla rota arama işlemini yeniden başlatabilir. Hedef düğüm veya herhangi ara bir düğüm hareket ederse etkilenen kaynak düğüme bir Rota Hatası (RERR) mesajı gönderilir. Bu RERR, kesintinin yukarı yönündeki düğüm tarafından tetiklenir (yani kaynak düğümlere yakın olan). Bu mesaj, bağlantı kaybından ötürü o an itibariyle erişilemeyen durumdaki her hedefi listeler. Eğer kesintinin yukarı yönündeki düğüm, bağlantı kaybından ötürü bir veya daha fazla erişilemeyen düğüme sahipse veya hedef için öncü düğüm olarak listelenmiş bir veya birden fazla düğüme sahipse (bir veya daha fazla düğüm yani hedefe ulaşmak için bu öncü düğüm üzerinden geçiyor), RERR mesajını bu komşu düğümlere yayımlar. Komşular RERR mesajını aldığı anda, hedefe olan mesafeyi sonsuz yapmak suretiyle hedefe olan rotalarını geçersiz olarak işaretler ve sırasıyla RERR mesajını öncü düğümlerine yayar (rota tablolarında hedefler için bu gibi düğümler listelenmişse). Kaynak düğüm RERR mesajını aldığı anda, rotaya halen ihtiyaç varsa rota arama prosedürünü yeniden başlatabilir.



Şekil 3.3 Rotanın tutulması Perkins ve Royer (1999)

Şekil 3.3, rota tutma prosedürünü göstermektedir. Şekil 3.3'da kaynaktan hedefe giden orijinal yol 1, 2 ve 3 no'lu düğümler üzerinden geçmektedir. Düğüm 3 daha sonra 3 konumuna hareket ederek düğüm 2 ile aradaki irtibatı kesintiye uğratar. Düğüm 2 bu kesintiyi algılar ve düğüm 1'e RERR mesajı gönderir. Düğüm 1 bu rotayı geçersiz

olarak işaretler ve RERR'yi kaynağa yönlendirir. Kaynak düğüm RERR'yi aldığı anda halen rotaya ihtiyacı olup olmadığını tespit eder ve gerekiyorsa rota arama prosedürünü yeniden başlatır. Şekil 3.3 (b), düğüm 4 aracılığıyla bulunmuş olan yeni rotayı göstermektedir.

3.1.8. Yerel Bağlantısallık Yönetimi

Komşu bilgiler, komşu düğümler tarafından gönderilen paket yayınlarından elde edilir. Bir düğüm komşu bir düğümden veri yayını aldığı anda yerel bağlantısallık bilgisini güncelleyerek bu komşu düğümü kapsamına alır. Eğer tablo içerisinde halihazırda bu komşu için herhangi bir kayıt yoksa düğüm bu kaydı oluşturur. Eğer bir düğüm aşağı yönündeki aktif komşularının tümüne hello_ süre aralığında herhangi bir paket göndermezse komşularına, kimliğini ve mevcut sıra numarasını içeren bir Hello mesajı (talep edilmemiş özel bir RREP) yayınlar. Bu mesaj, değeri 1 olan bir TTL içerdiğinden düğümün komşuları dışına yeniden yayınlanamaz. Çeşitli Hello_ mesajlarının periyodik iletimi tarafından tanımlanan süre içerisinde bir komşudan herhangi bir iletim alınamaması, yerel bağlantısallığın değiştiğine ve bu komşu için rota bilgilerinin güncellenmesi gerektiğine işaret eder.

3.1.9. Sistemi yeniden açma sonrası işlemler

Sistem yeniden açıldığında, bir düğüm bir önceki sıra numarasını ve aynı zamanda diğer hedefler için bilinen son sıra numaralarını kaybetmiş olacaktır. Komşu düğümler bu düğümü sonraki aktif sekme olarak kullanabileceğinden yönlendirme döngüleri yaratabilir. Bu ihtimali ortadan kaldırmak için sistem yeniden açıldığında her düğüm delete_ süresi kadar bekler ve bu esnada herhangi bir yönlendirme paketine cevap vermez. Fakat bir veri paketi aldığı anda RERR mesajı yayınlar ve mevcut zaman + delete_ süresi sonrasında sona ermek üzere bekleyen zamanlayıcı (yaşam süresi) sıfırlar.

3.1.10. Yayın

AODV, paket yayınlarının iletim davranışını belirler. Bir düğüm paket yayını üretmek istediğinde yayın paketini bilinen yayın adresi olan 255.255.255.255'ye gönderir.

Düğüm 255.255.255.255 adresine gönderilmiş bir paket yayını aldığı anda kaynak IP adresini, IP boşluk değerini ve paketin IP başlığının parçacık etkisini düğümler. Daha

sonra paketin alınıp alınmadığını ve buna bağlı olarak yeniden iletilip iletilmediğini tespit etmek üzere yayın listesi kayıtlarını kontrol eder. Eğer karşılık gelen böyle bir kayıt yoksa düğüm ilgili yayın paketini işler ve yeniden iletir. Aksi durumda sessizce paketi reddeder.

3.1.11. Güvenlik

Halihazırda AODV herhangi özel bir güvenlik tedbiri öngörmemektedir. Fakat yönlendirme protokolleri, başka biri adına yetkisiz sisteme girmeye çalışan kişilerin temel hedefidir. Bu girişimler içerisinde yanlış yönlendirme bilgisine sahip RREP'ler iletmek ve tekrarlı RREQ mesajı yayınlamak suretiyle servis kullanımı engelleme girişimleri yer almaktadır. Ayrıca kablosuz iletim doğası gereği güvenli değildir. Veri paketleri, iletim kapsamında yer alan herhangi bir kişi tarafından alınabilmekte ve bu veriler şifreli değilse aynı zamanda başkası tarafından da okunabilmektedir. Bu saldırılara karşı korunmak için kopyalanamayan ve kuvvetli şekilde şifrelenmiş mesajlar veya dijital imzalar kullanılabilir. Güvenlik konusunun önem kazandığı ortamlarda, AODV kullanan tasarsız ağın üyelerine anahtar dağıtmak amacıyla gerekli anahtar yönetimi kapsamında IPsec kimlik denetim üstbilgilerinin yaygınlaştırılması beklenmektedir.

3.1.12. Optimizasyon ve İyileştirmeler

Çeşitli simülasyonlar ile AODV çeşitli ağ senaryoları içerisinde mükemmel performans göstermiştir. Fakat ekstra servisler sağlaması ve çok yönlülük kazanması yönünde halen yapılacak iyileştirmeler ve geliştirmeler vardır. Aşağıdaki bölümler, AODV'yi optimize etmeye ve iyileştirmeye yönelik yöntemleri açıklamaktadır.

3.1.13. Servis Kalitesi

AODV, belirli servis kalitesi parametreleri talep etmek için kullanılabilir, bunlar bilhassa bir RREQ'ye ilave edilebilen Maksimum Gecikme ve Minimum Band genişliği gibi parametrelerdir. Bu uzantılara sahip bir RREQ'ya cevap vermek için düğüm, belirtilmiş servis kalitesi sınırlamalarını sağlamalıdır. Eğer böyle bir rota oluşturulduktan sonra yol boyunca yer alan herhangi bir düğüm talep edilen servis

kalitesini artık koruyamadığını algırsa, bu talepte ilk olarak bulunmuş olan düğüme ICMP QOS_LOST mesajı göndermek zorundadır.

Minimum Band genişliği uzantısı için gerekli olan herhangi bir ekstra işlem gerekmez çünkü ara düğümler, bu uzantıya sahip olan RREQ mesajını yeniden yayınlamaktadır. Maksimum Gecikme uzantısı için her ara düğüm, sonraki veri paketlerinin işlenmesine gecikme ilave etmek için kendi karakteristik değerini çıkarmak zorundadır. Bu karakteristik değer ölçülmüş işlem zamanına ve aynı zamanda zamana göre değişen kuyruk uzunluklarına bağlıdır. Gelen veri paketleri için kuyruk uzunluklarının son derece değişken olması beklenir bu yüzden önceden belirlenmiş konservatif bir metrik değer hazırlanır. Ayrıca talepte bulunan düğümden gelen paketler için kuyruk gecikmelerini azaltmak amacıyla böyle bir fiks gecikme zamanı öneren bir düğüme ihtiyaç duyulabilir. Aynı IP kaynağı düğümünden gelen çeşitli tiplerdeki akışlar arasında gönderici düğümün ayırım yapmasını sağlamak için ekstra çalışma gerekli olabilir.

3.1.14. Alt ağ yönlendirmesi

Alt ağ yönlendirmesinin yapıldığı durumlarda grup içerisindeki düğümlerden herhangi birine olan rota, hemen hemen bir sekme ilerideki veya gerideki herhangi diğer bir düğüme giden rota kadar iyidir. Bu yüzden tüm düğümlere giden rota bilgileri tek bir rota tablosu kaydı ile özetlenebilir ve rota kümelemesi yapılabilir.

AODV ile çalışmak için alt ağa giden rotalara, tıpkı çoğa gönderim gruplarına bir sıra numarası atanır gibi bir hedef sıra numarası atanmalıdır. Alt ağ için gereken tüm şey alt ağ üzerindeki düğümlerden birinin sıra numarası oluşturma ve yönetme sorumluluğunu üzerine almasıdır. Eğer alt ağda bir yöneltici (router) varsa bu düğüm bu amaçla en mantıklı tercih olacaktır, eğer yoksa başka bir düğüme bu fonksiyon ve aynı zamanda alt ağ üzerindeki diğer düğümler için trafiği yönlendirme fonksiyonu atanmalıdır. Sıra numarasını yöneten düğüm alt ağ öncüsü olarak isimlendirilir ve bu tüm alt ağ düğümleri için yöneltici olarak kabul edilmelidir.

Alt ağ üzerinde RREQ mesajını alan düğümler bu mesajları alt ağ öncüsüne yönlendirmek zorundadır. Alt ağ öncüsü, alt ağ düğümlerine, ağ içerisindeki herhangi diğer bir düğüme yaptığı şekilde bir ters rota yaratır. Alt ağ üzerindeki herhangi bir düğüm üzerinden akan RREP mesajları alt ağ öncüsü vasıtasıyla kaynağa geri

gönderilmelidir. Alt ağ içerisinde tüm rota oluşumları talep esaslı olsa da herhangi periyodik bir rota ilanına gerek yoktur.

3.1.15. Karmaşıklıklar

Zaman ve haberleşme karmaşıklıkları bazında mevcut yönlendirme algoritmaları ile yapılan AODV karşılaştırmaları Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2 AODV ile DSR Yönlendirme Protokolleri arasında karmaşıklık kıyaslaması

Yönlendirme Protokolü Tipi	Zaman Karmaşıklığı	Haberleşme
AODV (başlangıç durumuna getirme)	$O(2d)$	$O(2N)$
AODV(hata sonrası)	$O(2d)$	$O(2N)$
DSR(başlangıç durumuna getirme)	$O(2d)$	$O(2N)$
DSR(hata sonrası)	$O(2d)$ veya o (cache hit) (aranan verinin tampon bellekte bulunması)	$O(2N)$

3.1.16. Kuvvetli ve Zayıf Yönler

Kuvvetli Yönler: Band genişliğini etkin şekilde kullanır (kontrol ve veri trafiği için ağ yükünü asgariye indirerek), topoloji içerisindeki değişimlere karşı esnek, ölçeklenebilir ve yönlendirmede döngü olmamasını sağlar. AODV özellikle çoğa gönderimli (multicast) rota desteği itibariyle üstündür. AODV şu ana kadar, hem tekli hem de çoğa gönderimli rotaları arayabilen tek protokoldür. Tüm diğer mevcut protokoller ya tekli ya da çoğa gönderimli rota arama özelliğine sahip olmakta, her ikisini aynı anda sağlayamamaktadır.

Zayıf Yönler: Simülasyon sonuçları, ara düğümlerde daha fazla çarpışma ve daha uzun kuyruk uzunluklarına sebep olan uzun paketlerin sırasıyla RREQ ve RREP mesajlarını geciktirdiğini ve rota yakalama gecikmesini arttırmaktadır.

3.2. DİNAMİK KAYNAK YÖNLENDİRMESİ (DSR)

3.2.1. Protokol Tanımı

Dinamik Kaynak Yönlendirmesi (DSR) de yine talep esaslı protokoller sınıfına aittir ve 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 (Johnson ve diğ 1998) (Johnson ve Maltz 1996 a b). DSR periyodik yönlendirme mesajları kullanmaz (mesela yöneltici ilanları) ve böylece ağ band genişliği üzerindeki protokol yükünü azaltır, elektrik enerjisinden tasarruf sağlar ve tasarsız ağ genelinde geniş kapsamlı yönlendirme güncellemelerinin yapılmasını ortadan kaldırır. Bunun yerine DSR, MAC katmanından gelen desteğe bağımlıdır (MAC katmanı yönlendirme protokolünü bağlantı hatası hakkında bilgilendirmelidir). DSR'deki iki ana çalışma modeli rota araması ve rota muhafazasıdır.

3.2.2. 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 yayımlar. 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.

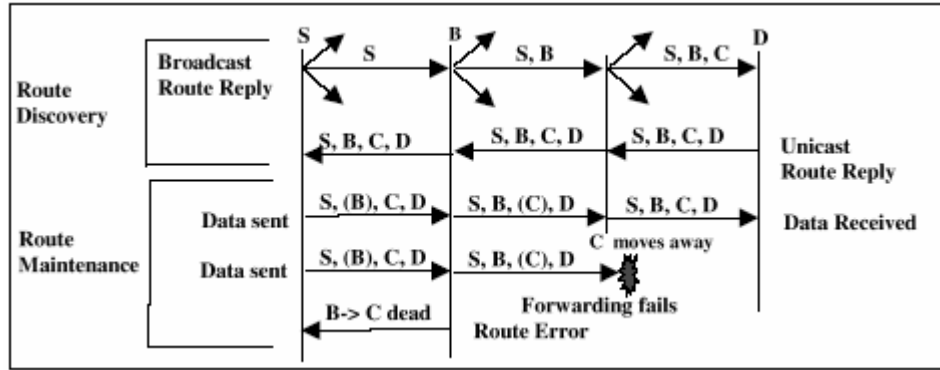
Düğüm bir rota talep paketi aldığı anda bu talebi aşağıdaki adımlara göre işleme tabi tutar:

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

3.2.3. 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 makinanın kablosuz iletim kapsamının dışına çıkması veya kapatılarak rotayı kullanılamaz hale getirmesi durumunda meydana gelebilir. Kopuk bağlantı ya aktif olarak onayları gözlemek suretiyle ya da pasif çalışma durumunda bir paketin komşu bir düğüm tarafından yönlendirildiğini rasgele farkederek algılanır.

Rota tutma mekanizması kullanımda olan bir rotaya ilişkin bir problem tetkik ettiğinde S kaynak düğümüne bir Rota Hata paketi (RERR) gönderilir. Bu RERR paketi ulaştığında bu host makinanın rota arabelleğinden hatalı sekme temizlenir ve bu sekmeyi ihtiva eden tüm rotalar bu noktada kırılır. Şekil 3.4 temel DSR faaliyetini göstermektedir.



Şekil 3.4 Temel DSR Faaliyeti Johnson ve diğ (1998)

3.2.4. Optimizasyonlar

Performansı arttırmak ve protokol yükünü azaltmak için DSR'de birkaç optimizasyon yapılabilir. Bunlardan bazıları şöyledir:

- **Rota Arabelleğinin Tam Kullanımı:** Bir host makina rotası içerisindeki veri herhangi bir formatta saklanabilir fakat aktif rotalar, arabelliklerinde bir rota ağacı oluşturur ve bu ağaç ilgili host makinadan ağ içerisindeki diğer host makinalara giden rotaları listeler. Bir rota, yeni bir rota hakkında bilgi sahibi olduğu her an rota arabelleğine yeni kayıtlar ekleyebilir. Bir host, paket

içerisindeki rota üzerinde bir ara sekme olarak bir veri paketi gönderirse bu host paket içerisindeki tüm rotayı gözleyecektir. Eğer başka bir hosttan kendisine bir rota cevap paketi gönderilirse gelen bu cevap içerisinde yer alan rota kaydından rota bilgilerini kendi rota arabelleğine ekleyebilir. Tüm kablosuz ağ iletimleri doğaları gereği yayın yaptığından, bir host, ağ arayüzünü her paketi alma moduna konfigüre edebilir ve kulak misafiri olduğu herhangi bir rota cevap paketinden veya herhangi bir veriden gelen rota bilgilerini kendi rota arabelleğine ekleyebilir.

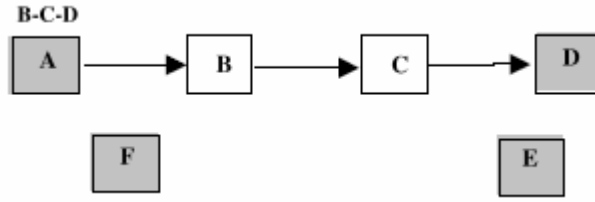
Bir host, başka bir hosttan alınmış olan bir rota talep paketinin ağa yayılmasını önlemek için kendi rota arabelleğini kullanabilir. Mesela eğer F mobil host D mobil hosta bir paket göndermek zorundaysa bir rota arama prosedürü başlatacak ve bir rota talep paketi yayınlayacaktır. Eğer bu yayın A'ya ulaşırsa A hemen D hedefine giden tam rotayı ihtiva eden ve ayrıca A, B, C ve D sekmelerinin sırasını barındıran rota cevap paketini F'ye gönderebilir.

Fakat birden fazla mobil host ilgili düğümün rota talep paketini aldığı anda ve tümü kendi rota arabellekleri içerisinde bulunan rotalara dayalı olarak cevap gönderdiklerinde problem ortaya çıkabilir. Bu örnekte ikiden fazla mobil host olduğunda, yayını alan mobil hostların aynı anda vereceği cevaplar bu cevapların tümü veya bazıları arasında paket çarpışmasına ve kablosuz ağda lokal sıkışıklığa yol açabilir.

Bu problemi ortadan kaldırmak için her host, şu denklemde belirtilen oranda bir gecikme uygular (gecikme süresi $d = H * (h-1+r)$, burada h: bu hostun cevabı içerisinde belirtilecek rota için söz konusu olan ağ sekmesinin sayısı, r: 0 ve 1 arası rasgele bir sayı, ve H: arabellekten cevap vermeden önce sekme başına öngörülmüş olan ufak bir sabit gecikmedir. Hedefe giden rotadaki sekme sayısına orantılı olan bir gecikme süresinin kullanılması, kaynağın ilk olarak en kısa rotayı alma ihtimalini arttırmaktadır.

Hostlar rota taleplerine kendi arabelleklerinden cevap verirken gündeme gelen bir diğer problem de, rota cevap paketi içerisinde gönderilen rotada döngü oluşmasıdır. Bu problemi gidermek için, eğer bir host bir rota talebi alırsa ve bu talebin hedefi durumunda değilse fakat kendi arabelleğinden cevap verebilme durumuna sahipse, verilecek cevaptaki rota eğer bir döngü içerecekse bu talebi reddedebilir.

Sonuç olarak kaynak düğümler, TTL değerini sıfır sekmeye ayarlamak suretiyle ağa yayılmayan rota talepleri üretebilir. Böylece sadece komşuların bu mesajı alması sağlanır ve onların da mesajı daha ileri yayınlamaları önlenmiş olur. Bu teknik, kaynak düğümün, hedefe giden rotaya yönelik olarak komşularının arabelleğini sorgulamasına olanak verir. Eğer verilen bir zaman aralığı içerisinde bir cevap alnamazsa düzenli bir rota talep mesajı gönderilir. Bu teknik protokol yükünü azaltma, enerji etkinliğini artırma ve sınırlı kapasiteli bağlantılar üzerinde tıkanmayı azaltma potansiyeline sahiptir.

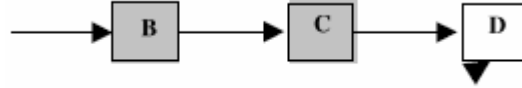


Şekil 3.5 Rota arabelleğinin kullanımını gösteren bir tasarsız ağ örneği Johnson ve diğ (1998)

- **Rota talep mesajlarını sırtlama (piggybacking):** DSR, rota arama gecikmesini düşürmek için rota talep mesajı üzerindeki verileri sırtlayabilir. Eğer hedef durumunda olmayan bir düğüm arabelleğinden bu hedefe giden bir rota bilgisi ile cevapta bulunursa bu düğüm bir veri paketi oluşturma ve bunu hedefe yönlendirerek herhangi bir bilgi kaybının olmamasını sağlama yeteneğine sahip olmalıdır. Bu teknik, talep esaslı protokollerde en büyük sıkıntı olan gecikme problemini azaltma potansiyeline sahiptir.
- **Daha Kısa Rotaların Yansıtılması:** İki host birbiriyle arabellekli rotaları kullanarak haberleşiyorken, hostlar birbirine yeteri kadar yaklaştığında bu hostların daha kısa rotaları kullanmaya başlamaları istenir. Birçok durumda temel rota tutma prosedürü bunu başarmak için yeterlidir çünkü eğer hostlardan biri rotanın kısaltılmasına olanak vermeye yetecek kadar hareket ederse muhtemelen mevcut rota üzerindeki ilk sekmenin iletim kapsamı dışına çıkacaktır.

Daha kısa rotaları yansıtma olarak tanımlanan bu yöntem için, eğer hostlar ağ arayüzlerini her paketi alma modunda çalıştırıyorlarsa daha da bir iyileşme söz konusudur. Şekil 3.6'da gösterildiği gibi bir paketin sevk edilmesi içerisinde bir yerde mobil host B'nin C'ye bir paket gönderdiğini, D'nin paket rotası içerisinde C'den sonra gelen sekme olduğunu düşünelim. Eğer D bu paketi alırsa

paketin, paket rotası ile amaçlandığı gibi kendisine iki yerine bir sekme ile B'den geldiğini görmek için paketi inceleyebilir. Bu durumda D, rotanın, C üzerinden ara sekme devre dışı bırakmak üzere rotanın kısaltılabileceği sonucunu çıkartabilir. D bu durumda paketin ilk göndericisine talep edilmemiş bir rota cevap paketi göndererek şu anda B'den tek sekme ile D'ye ulaşabileceğini bildirir.



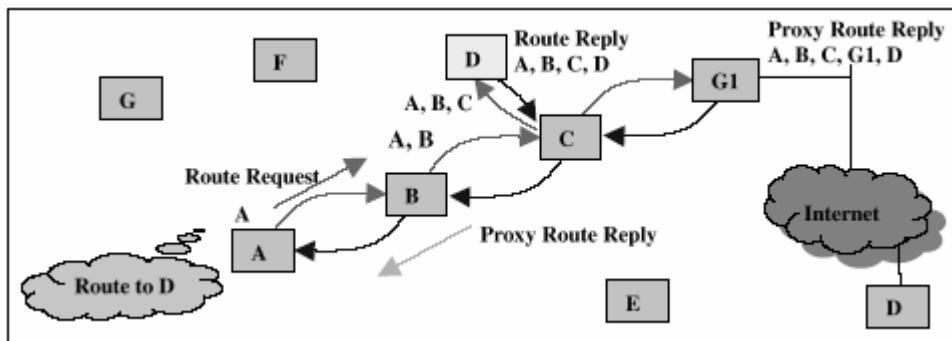
Şekil 3.6- Mobil host, rotanın kısaltılabileceğini bildiriyor Johnson ve diğ (1998)

- **Ağ Segmentleri:** Tasarsız bir ağ içerisinde ele alınması gereken genel bir hata durumu, ağın etkin bir şekilde segmentlere ayrılmış olması durumudur. Yani haberleşmek isteyen iki host birbirilerinin iletim kapsamı içerisinde değildir ve aralarında, paketleri üzerinden iletebilecekleri bir sekme dizisi oluşturmak üzere yeterli sayıda başka mobil host yoktur. Eğer bu durumda bir host tarafından gönderilen her paket için yeni bir rota arama prosedürü başlatılırsa tasarsız ağın bu host tarafından erişilebilir alt ağı içerisine çok sayıda verimsiz Rota talep paketi yayılır. Bu rota arama prosedürlerinden doğan protokol yükünü azaltmak için aynı hedef için herhangi bir hosttan yeni rota arama prosedürlerinin başlatılabilme oranını sınırlandırmak amacıyla bir üssel geri çekilme algoritması (exponential backoff algorithm) kullanılır.
- **Rota Hata paketlerinin gizlice dinlenmesi (Her Paketi Alma Modu):** Hataların ele alınması sürecini geliştirmek için mümkün olan bir diğer optimizasyon, hostun, diğer hostlara gönderilen Rota Hata paketlerini gizlice dinlemesine olanak vermek için her paketi alma modu kullanmaktır. Bir Rota Hata paketi, hataya sebep olan rota sekmesinin her iki ucunu tanımladığından hata paketini alan herhangi bir host kendi rota arabelleğini güncelleyerek, paket içerisinde belirtilen iki hostun artık doğrudan haberleşemediğini yansıtabilir. Rota hata paketini alan bir host, bu sekme kullanan rotalar için bir rota arama prosedürü başlatabilir ve bulunan her sekme için rota bu sekmede kırılır. Hataların ele alınması sürecine yapılan son iyileştirme, bir hostun rota arabelleği içerisinde “negatif” bilgilerin arabelleklenmesinin desteklenmesidir.

- **Simetrik bağlantı desteği:** DSR her ne kadar asimetrik bağlantıları destekliyorsa da, sadece çift yönlü bağlantıların kullanılmasını sağlayacak şekilde konfigüre edilebilir. Eğer tüm rota talep mesajlarının geldikleri ters yolda üzerinden kaynak düğüme geri dönmesi gerekiyorsa rota talep mesajları tek yönlü bağlantılar üzerinden alınmayacaktır.
- **Kurtarma (salvaging):** Ayrıca DSR, kurtarma özelliğine sahiptir. Kurtarma, hedef yol üzerindeki ara bir düğümün bir sonraki sekmenin erişilemez durumda olduğunu fark etmesi durumunda meydana gelir. Eğer arabellekte alternatif bir rota varsa kopuk bağlantının yerini alabilir. Fakat bu ara düğümün halen kaynağa bir rota hata mesajı göndermesi gereklidir.

3.2.5. Internet ile entegrasyon

Rota Arama ve Rota Tutma mekanizmalarını, tasarsız ağ içerisindeki düğümler ile daha geniş kapsamlı internet kapsamındaki dış düğümler arasında haberleşme olmasını destekleyecek şekilde genişletmiştir(Johnson ve Maltz 2001). Böylece tasarsız ağ kapsamında yer alan her düğüm, ağ içerisindeki ve dışındaki düğümler ile haberleşirken sabit bir kimliğe sahip olur. Burada her düğümün, ev adresi olarak adlandırılan ve tüm diğer düğümler tarafından bilinen tek bir IP adresi seçmesini isteriz. Bu ev adresi, Mobil IP tarafından tanımlanan IP'ye özdeştir(Kent ve Atkinson 1998). Mobil IP'de olduğu gibi her düğüm kendi ev adresi ile konfigüre edilir ve gönderdiği tüm paketler için bu adresi IP kaynak adresi olarak kullanır.



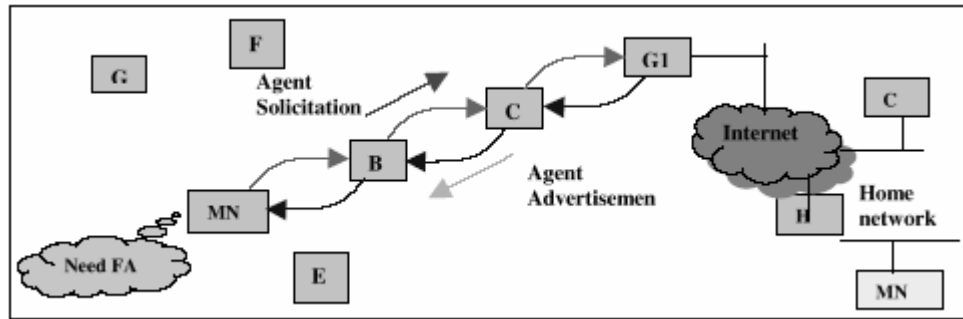
Şekil 3.7- Tasarsız ağ içerisinde bulunmayan bir düğüm için yapılan ve yabancı bir unsur tarafından yanıtlanan rota talebi Johnson ve diğ (1998)

Şekil 3.7, tasarsız ağ içerisinde yer alan ve ağ dışındaki D düğümüne giden rotayı arayan A düğümünü göstermektedir. D hedefi için Rota Talebi ağda yayıldıkça en son G1 ağ geçici düğümü tarafından alınır ve G1, yönlendirme tablosuna başvurur. Eğer D

hedefinin tasarsız ağ kapsamı dışında erişilebileceğine kanaat getirirse kendisini rota içerisinde ikinci-son düğüm olarak listeleyen bir Rota cevabı gönderir ve cevabı işaretleyerek A'nın bunu bir proxy cevabı olarak fark etmesini sağlar. Eğer D hedef düğümü fiziksel olarak tasarsız ağ kapsamındaysa A düğümü hem G1'den hem de D'den bir Rota cevabı alacaktır. A, bunlardan hangisinin proxy cevabı olduğunu ayırt edebilir ve D'ye paket gönderirken doğrudan rotayı tercih edebilir.

3.2.6. Mobil IP ile entegrasyon

DSR, bir tasarsız ağ ile internet arasında, paketlerin şeffaf olarak tasarsız ağdan internet içerisindeki düğümlere ve internetten tasarsız ağ içerisindeki düğümlere yönlendirilmesine olanak veren dikişsiz karşılıklı çalışma mekanizmasını destekler. MN düğümü, mevcut konumuna bağlı olarak farklı IP alt ağlarına iştirak edebilmek zorunda olduğundan internete bağlanmak için Mobil IP kullanır(Perkins 2002). Şekil 3.8, MN'nin tasarsız ağa ait olmayan bir alt ağ içerisinde hedefe nasıl yönlendirildiğini, fakat MN'nin tasarsız ağ kapsamında gezindiğini ve G1 düğümünün tasarsız ağ ile internet arasında Mobil IP yabancı sunucu servisleri sağlayan bir ağ geçidi olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.8 Tasarsız ağ içerisinde G1 konumunda yer alan yabancı bir sunucuya kaydolun gezgin düğüm Johnson ve diğ (1998)

Mobil düğüm (MN) tipik olarak kendi ağ arayüzünü her paketi alma modunda tutacak ve böylece Rota Talebi, Rota Cevabı veya üzerlerinde DSR kaynak rotalara sahip veri paketleri gibi DSR paketlerine parametre eklerken bir DSR ağına girdiğini bilecektir.

Eğer MN, en iyi bağlantısallığın tasarsız ağ üzerinden olacağına karar verirse IP sınırlı yayın adresi (255.255.255.255)'ni hedefleyen bir Rota talebi üzerinde sırtlanmış bir Mobil IP Sunucu İstemi yayınlar. Bu durum, her ne kadar ağ geçitleri alt ağlar arasında yayılmasına izin vermeyecekse de tasarsız ağ üzerindeki sekmelere İSTEM'in yayılmasını sağlar. G1 noktasındaki yabancı sunucu İSTEMİ aldığı anda bir SUNUCU

İLANI yaparak MN'nin tasarsız ağı ziyaret eden bir Mobil IP düğümü olarak bu yabancı sunucuya ve kendi lokal sunucusuna kendisini kaydetmesini sağlar. Kayıt işlemi tamamlandığında mobil düğümün lokal sunucusu, mobil düğüm MN için hedeflenmiş paketleri G1 konumundaki yabancı sunucuya tünellemek için bir Mobil IP kullanacak ve G1, bu paketleri lokal olarak DSR'yi kullanan mobil düğümüne teslim edecektir.

3.2.7. DSR ile Çoğa Gönderimli Yönlendirme

DSR halihazırda gerçek bir çoğa gönderimli yönlendirme desteklememekte fakat birçok ağ kaynağı içerisinde yeterli olan bir konjektürü desteklemektedir. Rota Arama mekanizmasının bir miktar daha genişletilmesi suretiyle DSR, tasarsız ağ içerisinde, paketi gönderenin tanımlı sekme sayısı kapsamında yer alan tüm düğümlere veri paketinin kontrollü sel algoritması ile gönderilmesi mekanizmasını destekler. Bu düğümler daha sonra, paketi belirtilen çoğa gönderimli hedef adresine kaydolmuş bu düğümlere sınırlandırmak üzere hedef adres filtrelemesi (mesela yazılımsal olarak) uygulayabilir. Her ne kadar bu mekanizma ağ kaynaklarını korumak için yayın ağacının kırılmasını desteklemiyorsa da, tasarsız ağ içerisinde çoğa gönderimli hedef adresine kaydolmuş tüm düğümlere bilgi dağıtmak için kullanılabilir. Bu mekanizma aynı zamanda gönderici etrafında sınırlı bir alan kapsamındaki tüm düğümlere uygulama düzeyinde paketlerin gönderilmesi için kullanışlı olabilir.

Bu tarz bir çoğa gönderim şeklinde DSR düğümü üzerindeki bir uygulama, çoğa gönderimli hedef adrese bir paket gönderir ve DSR, çoğa gönderimli adrese hedeflenmiş bir Rota Talebi içerisinde paketten verileri sırtlar. Normal Rota Talebi yayma yöntemi, bu paketlerin, paketi gönderenin tanımlı sekme sayısı (TTL) kapsamında ağ içerisindeki tüm düğümlere etkin olarak dağıtılmasını sağlar. Paket, Rota Arama mekanizması için tanımlandığı şekilde sevk edildikten sonra, paketi alan her düğüm münferit olarak hedef adresini inceler ve eğer bu paket kendisinin kayıtlı olmadığı bir çoğa gönderimli adrese yönlendirilmişse paketi dikkate almaz.

3.2.8. Karmaşıklıklar

DSR'nin zaman ve haberleşme karmaşıklıkları AODV için anlatılmış olanlarla aynıdır.

3.2.9. Güçlü ve Zayıf Yönler

Güçlü yönler:

- DSR, temel olarak kaynak yönlendirme konseptini kullanmaktadır. Ara düğümlerin, ileri ilettikleri paketleri yönlendirmek için güncel yönlendirme bilgilerini tutmaları gerekli olmamaktadır. Ayrıca, özellikle çok az veya hiçbir ciddi host hareketinin meydana gelmediği dönemlerde ağ band genişliğinde azalmaya ve protokol yükünün artmasına yol açacak periyodik rutin ilan mesajlarına da ihtiyaç olmamaktadır. İlan mesajlarını gönderme ve alma zorunluluğu olmadığından mobil hostlarda pil enerjisi korunur ve host makina bu iletim yerine uyku durumuna girer.
- Protokol, alınan paketlerdeki bilgileri taramak suretiyle rotaları öğrenme avantajına sahiptir. A'dan C'ye B üzerinden giden bir rota A'nın C'ye giden rotayı öğrenmesi ve ayrıca B'ye giden rotayı da öğrenecek olması anlamına gelecektir. Bu tip aktif öğrenme çok idealdir ve ağ içerisindeki protokol yükünü azaltır.
- Herhangi bir bağlantı simetrisinin kabulü gerekli değildir.
- Durum esaslı veya uzaklık vektörü esaslı protokollere göre değişimlere daha hızlı cevap verme imkanı.

Zayıf yönler:

- DSR ölçeklenebilirlik problemleri yaşayabilir. Ağ büyüdükçe, rotadaki her düğüm için adres bilgileri taşımaları gerektiğinden kontrol paketleri ve mesaj paketleri de aynı şekilde büyür. Tasarsız ağlar sınırlı band genişliğine sahip olduğundan bu durum bir problem teşkil edebilir.
- Arayüzleri her paketi kabul etme konumunda çalıştırma ciddi bir güvenlik sorunudur çünkü arayüzün adres filtrelemesi kapatılır ve tüm paketler içerisindeki bilgiler taranır. Potansiyel bir davetsiz misafir tüm paketleri dinleyebilir ve bunların içlerinden şifreler ve kredi kartı numaraları gibi kullanışlı bilgileri tarayabilir. Uygulamalar, iletim öncesinde veri paketlerini şifrelemek suretiyle güvenlik sağlamalıdır. Yönlendirme protokolleri sistemdeki davetsiz misafirlerin temel hedefleridir ve bu yüzden bu protokoller de şifrelenmelidir.
- DSR her paketi kabul etme modunda çalıştığından yüksek pil enerjisi sarfeder.

3.3. HEDEF SIRALI UZAKLIK VEKTÖRÜ (DSDV)

Hedef Sıralı Uzaklık Vektörü Yönlendirmesi (DSDV), tasarsız ağlara ilave edilen geleneksel bir yönlendirme protokolüdür(Perkins ve Bhagwat 1994). Klasik bir uzaklık vektörü algoritması olan Dağıtık Bellman-Ford (DBF) algoritmasından doğmuştur. Temel DBF içerisindeki döngü problemini gidermeye yönelik iyileştirmeler yapılmaktadır. Döngü oluşumu, yönlendirme bilgisini çağırarak üzere sıra numarasına sahip her rota tablosu kaydını etiketlemek suretiyle giderilir.

3.3.1. Protokole genel bakış

DSDV’de paketler, her düğümde saklanan yönlendirme tabloları kullanılarak bir tasarsız ağın düğümleri arasında yönlendirilir. Her yönlendirme tablosu, her düğümde, mevcut tüm hedefleri ve bu hedeflerden her birine kadar olan sekme sayısını listeler. Her rota tablosu kaydı, hedef tarafından oluşturulmuş bir sıra numarası ile etiketlenir. Yönlendirme tablolarının tutarlılığını sağlamak için DSDV hem periyodik hem de tetiklemeli yönlendirme güncellemeleri kullanır. Ağ içerisinde herhangi topolojik bir değişim olduğunda yönlendirme bilgisini mümkün olduğunca çabuk yaymak için periyodik güncellemelere ilave olarak tetiklemeli yönlendirme güncellemeleri kullanılır. Güncelleme paketleri içerisinde her düğümden erişilebilir olan hedefler ve her hedefe ulaşmak için gerekli olan sekme sayısı ile her rota ile ilişkilendirilmiş olan sıra numarası yer alır. Her hedef için ayrıca ilk rota varışı ile en iyi rota varışı arasındaki zaman farkı hakkında veriler de tutulur. Bu verilere dayalı olarak, değişmeye yüz tutan ve bu sebeple rota tablolarında oynamalara neden olacak rotaların ilan edilmesini geciktirmeye yönelik bir karar alınabilir. Normalde aynı sıra numarası ile ulaşan muhtemel rota kayıtlarının yeniden yayınlanma sayısını düşürmek için muhtemelen stabil olmayan rotaların ilanı geciktirilir.

3.3.2. Rotanın İlan edilmesi

DSDV protokolü, her mobil düğümün, kendi rota tablosunu mevcut komşularından her birine ilan etmesini ister. Bu ilan, liste içerisindeki kayıtlar zaman içerisinde dinamik olarak değiştiğçe her bir mobil düğümün hemen hemen her zaman bu grup içerisindeki diğer her bir mobil düğümün yerini tespit edebilmesini sağlayacak yeterlilikte yapılmalıdır. Ayrıca her mobil düğüm, talep üzerine diğer düğümlere veri paketi aktarmayı kabul eder. Bu mutabakat, bir hedefe giden rota için en az sekme sayısını

tespit etme yeteneğine ek yük bindirecektir. Bu sayede mobil bir düğüm, grup içerisinde bir başka mobil düğüm ile veri alışverişinde bulunabilir, hatta verinin hedefi doğrudan haberleşme kapsamı içerisinde yer almasa da bu alışveriş gerçekleşebilir. Kendi aralarında veri yolları oluşturmak üzere ortak karşılıklı çalışma içerisinde bulunan tüm düğümler, her beş saniyede bir periyodik olarak gerekli verileri yayınlar.

3.3.3. Rota Tablosu Kaydı ve Rota Seçim Kriterleri

Her düğüm tarafından yapılan veri yayını, her yeni rota için yeni sıra numarasını ve şu bilgileri ihtiva edecektir:

- Hedefin adresi
- Hedefe ulaşmak için gerekli olan sekme sayısı
- Hedef tarafından ilk durumda damgalandığı üzere hedefe ilişkin olarak alınan bilginin sıra numarası

Bir X düğümü ortaya çıktığında, ilk olarak bir işaret mesajı (“yaşıyorum mesajı”) yayınlar. Bu mesaj düğümüne lokal olarak tutulan sıra numarasını damgalar. Bu düğümüne komşu olan düğümler bu mesajı dinler ve bu düğüm için bilgileri günceller. Eğer düğümler bu X düğümü için herhangi bir eski kayda sahip değilse yönlendirme tabloları içerisine hemen X’in adresini ve ayrıca sekme sayısını (bu durumda 1) ve sıra numarasını, yayınlanan X olarak işler. Eğer düğümler X için daha eski bir kayda sahipse yayınlanan bilgilerin sıra numarası, X hedefi için düğüm içerisinde saklanan sıra numarası ile karşılaştırılır. Eğer alınan mesaj daha yüksek bir sıra numarasına sahipse o halde düğüm, konumu hakkında yeni bilgileri ağ geneline yaymış demektir ve bu yüzden alınan yeni bilgi gereğince kaydın güncellenmesi gereklidir. Daha yeni bir sıra numarasına sahip bilgi, X düğümü bizzat sıra numarasını damgaladığından kesinlikle yeni bir bilgidir.

Bir düğümün aldığı yeni bilgi, bu düğümün komşularına yayınlanmak üzere programlanır, böylece komşular topolojideki değişimleri öğrenmiş olur. Komşu düğümler de yine aynı kuralı takip eder, yani yeni bir sıra numarasına sahip bir düğüm hakkında bilgi alındığında bilgilerini günceller. Yeni alınan yayın bilgisinden seçilen rotalar için metrik değerler, her sekme için bir birim arttırılır, böylece yeni bilgiler tüm düğümlerde kademeli olarak güncellenir ve bu düğümler, paketi X hedefine doğru şekilde yönlendirmek için bir sonraki sekmeyi bilir hale gelir.

3.3.4. Topoloji Değişimlerine Cevap Verme

Mobil düğümler, bir yerden başka yere hareket ettikçe kopuk bağlantılar yaratabilir. Bir sonraki sekmeye giden bir bağlantı koptuğunda, bu sekme üzerinden giden herhangi bir rotaya hemen sonsuz bir metrik değer ve güncellenmiş bir sıra numarası atanır. Bu durum sadece, hedef dışında sair bir kişi tarafından sıra numaralarının tahsis edilmesi durumunda gerçekleşir. Bir düğüme sonsuz bir metrik değer ulaştığında ve bu düğüm, kendisine ulaşan sıra numarasına eşit veya bundan daha yüksek bir sıra numarasına sahip olduğunda bir rota güncelleme yayını tetiklenir. Böylece sonlu metrik değere sahip rotaların yerini hemen, yeni tespit edilen hedeften yayılan gerçek rotalar alacaktır. Topoloji değişimleri olduğunda düğümlerin ve komşularının yanıltıcı sıra numaraları üretmesini önlemek için düğümler sadece kendileri için sıra numaraları üretir ve bağlantı değişimlerine cevap veren komşular sadece tek sıra numaraları üretir.

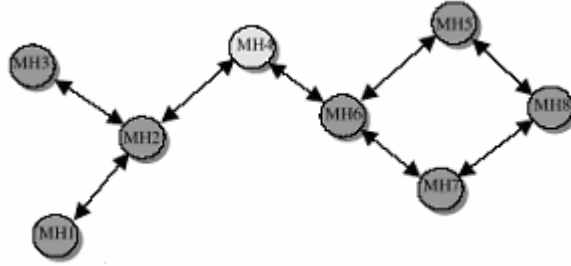
Ağ üzerindeki protokol yüklerini azaltmak için bir düğüm iki farklı paket tipi seçebilir: Tam döküm (full dump) ve marjinal (incremental). Tam döküm mesajları, göndericinin yönlendirme tablosundan mevcut tüm yönlendirme bilgilerini taşır. Bu bilgiler muhtemelen birden fazla pakete ihtiyaç duyar. Marjinal mesajlar ise sadece yapılan son tam içerik dökümünden bu yana değişen bilgileri taşır. Bu mesajlar tek bir paket ile sınırlıdır. Düğümler çok sık hareket etmediğinde marjinal dökümler muhtemelen yeterli olacak ve tam dökümler daha nadir olarak iletilecektir. Düğümler sık sık hareket ettiğinde marjinal güncelleme mesajının boyutu tam döküm mesajının boyutuna yaklaşır. Bu durumda tüm dökümler, marjinal güncellemelerin büyüklüğünü azaltmak amacıyla daha sık yapılmak üzere programlanmalıdır.

3.3.5. Baz İstasyonu Kapsamının Genişletilmesi

Mobil düğümler, kendilerine kablolu ağa bağlı diğer düğümler ile veri alışverişi yapma olanağı veren baz istasyonları ile sık sık etkileşimde bulunacaktır. DSDV protokolüne iştirak etmek suretiyle baz istasyonları, kablosuz vericileri tarafından belirtilmiş olan kapsama alanlarını mobil bir düğüm kadar genişletebilir. Bu sayede bir baz istasyonunun kapsamı içerisinde bulunan mobil düğümler, baz istasyonunun kapsama alanını bu alan dışında yer alan diğer düğümlere, bu diğer mobil düğümler kapsama alanı içerisinde yer alan bir mobil düğüme yakın olduğu müddetçe, hizmet vermek amacıyla etkin olarak genişletmek üzere işbirliği yapabilir.

3.3.6. Çalışan DSDV örnekleri

Tablo 3.3, Şekil 3.9’da gösterilen ağ topolojisi için MH4’te tutulan yönlendirme tablosunun olası bir yapısını göstermektedir. Her düğümün adresini MH_i kabul edersek tüm sıra numaraları SNNN_ MH_i olarak gösterilmektedir. Kurulum zamanı, eski bir rotanın ne zaman silinmesi gerektiğinin tespitine yardımcı olmaktadır.



Şekil 3.9 Bir Tasarsız Ağ örneği Perkins ve Bhagwat (1994)

Tablo 3.3 MH4 Yönlendirme tablosu Perkins ve Bhagwat (1994)

Destination	Next Hop	Metric	Seq. Number	Install	Stable
MH_1	MH_2	2	S406_ MH_1	T001_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_2	MH_2	1	S128_ MH_2	T001_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_3	MH_2	2	S564_ MH_3	T001_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_4	MH_4	0	S710_ MH_4	T001_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_5	MH_6	2	S392_ MH_5	T002_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_6	MH_6	1	S076_ MH_6	T001_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_7	MH_6	2	S128_ MH_7	T002_ MH_4	Ptr1_ MH_1
MH_8	MH_6	3	S050_ MH_8	T002_ MH_4	Ptr1_ MH_1

Courtesy from Carleton university lecture note (94.581x)

Tablo 3.3’den, tüm düğümlerin, hemen hemen aynı zamanda MH4 için elverişli olduğunu, çünkü birçoğunun Kurulum zamanının yaklaşık aynı olduğunu görebiliriz.

Tablo 3.4, MH4’ün ilan edilen rota tablosunun yapısını göstermektedir

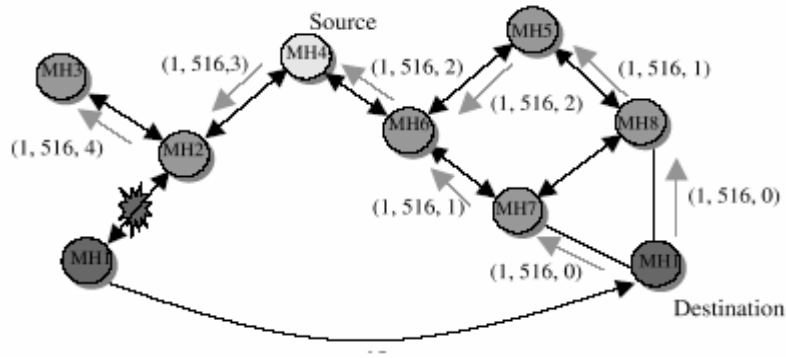
Tablo 3.4 MH4 İlan edilen rota tablosu Tablo 3.5 İlan edilen rota (güncellenmiş)

Perkins ve Bhagwat (1994)

Perkins ve Bhagwat (1994)

Destination	Metric	Seq. Number	Destination	Metric	Seq. Number
MH ₁	2	S406_MH ₁	MH ₄	0	S820_MH ₁
MH ₂	1	S128_MH ₂	MH ₁	3	S516_MH ₂
MH ₃	2	S564_MH ₃	MH ₂	1	S238_MH ₃
MH ₄	0	S710_MH ₄	MH ₃	2	S674_MH ₄
MH ₅	2	S392_MH ₅	MH ₅	2	S502_MH ₅
MH ₆	1	S076_MH ₆	MH ₆	1	S186_MH ₆
MH ₇	2	S128_MH ₇	MH ₇	2	S238_MH ₇
MH ₈	3	S050_MH ₈	MH ₈	3	S160_MH ₈

Şimdi MH₁'in MH₅ ve MH₇ civarına hareket ettiğini ve diğerlerinden uzaklaştığını düşünelim (özellikle MH₂'den)



Şekil 3.10 Tasarsız bir Ağ içerisindeki hareketler Perkins ve Bhagwat (1994)

Yukarıdaki Şekil, MH₁ hedefi için rota bilgisinin yayılmasını göstermektedir. Her satır hedef adresi, sıra numarasını ve bağlantı metrik değerini göstermektedir.

Rotanın ilanı hedef düğümde başlar ve tüm ağ geneline yayılır. Şekil 3.4, ağ üzerinde bir hedef düğümde diğer düğümlere rota kaydının mantıksal yayılımını göstermektedir. Hedef düğüm, yeni rota ilanlarına bir sıra numarası ekler. Şekil, sadece MH₁ hedefine ilişkin bilgileri göstermektedir. Gerçekte her düğüm, sadece MH₁ bilgilerini değil kendisine ait tüm rota tablosunu yayınlayacaktır. Daha sonra Tablo 3.4'te gösterildiği gibi MH₄'te yeni dahili yönlendirme tabloları belirebilir.

Tablo 3.4, sadece MH₁ kaydını ve yeni bir metrik değer göstermektedir, fakat müdahale zamanında birçok yeni sıra numarası kayıtları ulaşmıştır. Bu değişim sadece yüksek sıra numarasından ötürü meydana gelir. Sırasıyla MH₅ ve MH₇'den aynı güncelleme mesajı

(yani aynı hedef ve sıra numarası) MH₆'ya ulaşır. MH₆, metrik değeri daha iyi olduğu için MH₇'den gelen mesajı seçer.

Tablo 3.6 MH4 Yönlendirme Tablosu (güncellenmiş) Perkins ve Bhagwat (1994)

Destination	Next Hop	Metric	Seq. Number	Install	Stable Data
MH ₁	MH ₁	0	S516_MH ₁	T510_MH ₁	Ptr1_MH ₁
MH ₂	MH ₂	1	S238_MH ₂	T001_MH ₄	Ptr1_MH ₁
MH ₃	MH ₂	2	S674_MH ₃	T001_MH ₄	Ptr1_MH ₁
MH ₄	MH ₄	0	S820_MH ₄	T001_MH ₄	Ptr1_MH ₁
MH ₅	MH ₆	2	S502_MH ₅	T002_MH ₄	Ptr1_MH ₁
MH ₆	MH ₆	1	S186_MH ₆	T001_MH ₄	Ptr1_MH ₁
MH ₇	MH ₆	2	S238_MH ₇	T002_MH ₄	Ptr1_MH ₁
MH ₈	MH ₆	3	S160_MH ₈	T002_MH ₄	Ptr1_MH ₁

MH₄'te, ilan edilmiş marjinal yönlendirme güncellemesi Tablo 4'te gösterilen biçime sahiptir. Bu ilan içerisinde ilk olarak MH₄ bilgisi gelir çünkü ilanı yapan sekme bu sekmedir. Bunu MH₁ bilgisi takip eder çünkü etkide bulunan önemli rota değişimlerine sahip tek sekmedir

3.3.7. Dalgalanmaların Söndürülmesi

DSDV, rota tablosu güncellemeleri içerisindeki dalgalanmaları söndürmek için özel bir mekanizma kullanır. Birçok bağımsız düğümün asenkron olarak yönlendirme bilgisi ilettiği bir ortamda bazı dalgalanmalar meydana gelebilir. Mesela bir düğüme, aynı sıra numarasına sahip ve aynı hedefe giden iki rota ulaşabilir, bu durumda metrik değeri en kötü olan rota her zaman ilk ulaşır. Bu durum, rota güncellemelerinde sürekli kesintilere ve yönlendirme tablolarında dalgalanmalara yol açabilir. DSDV bu problemi, "stabilizasyon süresi" fikrini kullanarak çözmektedir. Rota stabil hale gelene kadar geçen zaman dilimi (stabilizasyon süresi) tahmin edilir ve ağa yeni rota bilgisi ilan edilmeden önce bu stabilizasyon süresinin geçmesi beklenir. Başka bir deyişle stabilizasyon süresi, yeni rotalar ilan edilmeden önce ne kadar bir süre bekleneceğine kadar vermek için kullanılır. Stabil olmayan rotaların ilanını geciktirmek suretiyle yönlendirme tablolarındaki dalgalanmalar önlenir ve sonuç olarak rota güncelleme sayısı azaltılır.

3.3.8. DSDV Protokolü'nün özellikleri

DSDV teorik olarak şu özelliklere sahiptir:

- Hiçbir an döngü oluşumu olmadan yönlendirme
- Dinamik, çok sekmeli, kendi kendine başlayan nitelikte
- Düşük bellek ihtiyacı
- Tetiklenmiş güncellemeler vasıtasıyla hızlı yakınsama
- Tüm hedefler için elverişli rotalar
- Hızlı işlem süresi
- Makul ağ yükü
- Minimum rota değişimi
- “Mobilite faktörüne” dayalı olarak 100'e kadar mobil düğümün çalışmasına destek

3.3.9. Döngüye meydan vermeyen mimarinin ispatı

i düğümü sonraki sekmesini her değiştirdiğinde potansiyel olarak bir döngü meydana gelebilir. Bu iki durumda oluşabilir:

* i düğümü bir sonraki sekmesine giden bağlantının kopuk olduğunu algılar: Açık bir biçimde bu işlem, i düğümünü ihtiva eden bir dönü meydana getiremez.

* i düğümü komşularından biri olan k düğümünden D hedefine giden bir rota alır ve bu rotanın sıra numarası $s(k)$ i düğümünde ilk durumda kayıtlı olan sıra numarası $s(i)$ ile aynı olur.

Bir i düğümü $s(i)$ sıra numarasını komşularına bunu ancak bir sonraki mevcut sekmesinden aldıktan sonra yayar. i düğümü, belirli bir hedef için bir sonraki sekme olarak belli bir komşusunu seçtiğinde bunun bilgisi sadece bir sonraki sekme tarafından alınır. Böylece her zaman bir sonraki sekmede kayıtlı olan sıra numarası i düğümünde kayıtlı değere eşit veya bu değerden yüksek olur. i düğümünden başlayarak eğer sonraki sekme imleçleri zincirini takip edersek ziyaret edilen düğümlerde kayıtlı olan sıra numaraları bir azalmayan sıra olacaktır. Şimdi i düğümünün, sonraki sekmesi olarak k 'yi seçmesi ile bir döngü meydana getirdiğini düşünelim. Bu durum, i düğümünün k 'nin hem öncesinde hem de sonrasında yer aldığı anlamına gelecektir. Bahsedildiği gibi k 'nin sonrasında bulunduğundan $s(k) \leq s(i)$ olmalıdır (bir yol boyunca sıra numaralarının azalmayan bir sıra meydana getirdiği ispatlandığı üzere). Fakat bu da ilk durumdaki $s(k) > s(i)$ varsayımı ile çelişmektedir. Bu yüzden eğer

düğüm, rotaları seçmek için yeni sıra numaraları kullanıyorsa döngü oluşumu meydana gelemez.

3.3.10. Diğer Yöntemlerle Karşılaştırma

Tablo 3.7, seçilen birkaç yönlendirme protokolünün bazı temel özelliklerinin kısa bir özetini sunmaktadır. Tasarsız ortamda bir Dağıtık Bellman Ford algoritması kullanma noktasındaki temel endişe, bu algoritmanın, yönlendirme döngülerinin oluşumuna ve sonsuza kadar sayma problemine müsait bir yapısının olmasıdır. RIP’de aynı problemi yaşamaktadır. DBF’nin aksine RIP sadece her hedefe giden en iyi rotanın kaydını tutar ve pinpon tip döngüye mahal vermemek için split-horizon ve poisoned-reverse olarak bilinen teknikler kullanır fakat bu teknikler, iki veya daha fazla sekmenin içerisinde yer aldığı döngüleri önlemek için yeterli değildir. BF’de döngü oluşumunun sebebi olan “koordineli olmayan değişiklikler” problemi, Merlin ve Segal tarafından öne sürülen bir düğümler arası koordinasyon mekanizması ile hafifletilmektedir. Daha iyi yakınsama sonuçlarına sahip benzer bir teknik Jaffe ve Moss tarafından geliştirilmiştir. Bağlantı durumu algoritmaları da yine sonsuza kadar sayma problemi taşımaz. Fakat bu algoritmalar, her düğümde tüm ağ topolojisi hakkında güncel bilgiye ihtiyaç duyar. Bağlantı Durumu (LS), geçici yönlendirme döngülerinin oluşumunu ortadan kaldırmaz. DSDV yaklaşımı, istenen özelliklerin son derece çekici bir kombinasyonunu sunar. Hafıza gereksinimi son derece ılımlıdır. Tüm düğümlerde döngü meydana gelmeye rotalar garanti eder

Tablo 3.7 - Çeşitli yönlendirme yöntemleri

Yönlendirme Yöntemi	Döngü	Dahili Koordinasyon	Yer Karmaşıklığı
Bellman Ford	s/l	-	$O(nd)$
Link State (bağlantı durumu)	s	-	$O(n^2)$
Döngüsüz BF	s	-	$O(nd)$
RIP	s/l	-	$O(n)$
Merlin Segall	döngü yok	gerekli	$O(nd)$
Jaffe Moss	döngü yok	gerekli	$O(nd)$
DSDV	döngü yok	-	$O(n)$

s: kısa süreli döngü, l: uzun süreli döngü

n: düğüm sayısı, d: maksimum düğüm derecesi

3.3.11. Güçlü ve Zayıf Noktalar

Güçlü noktalar: DSDV'nin temel avantajlarından biri, tüm düğümlerde döngüsüz rotalar sağlar ve bellek ihtiyacı orta düzeylidir $O(n)$.

Zayıf noktalar: DSDV bazı dezavantajlara sahiptir. Belli bir hedef için maksimum stabilizasyon süresi gibi parametreler için optimal değerleri tespit etmek güçtür. Bu durum, rotada dalgalanmalara sahte rota ilanlarına yol açabilir ve buna bağlı olarak band genişliği gereksiz yere meşgul edilebilir. DSDV ayrıca ekstra iletişim yüküne sebep olabilecek periyodik ve tetiklemeli yönlendirme güncellemeleri kullanmaktadır. Ayrıca DSDV içerisinde bir düğüm, hedef için yönlendirme tablosu kaydını güncellemeden önce hedef tarafından oluşturulmuş sonraki rota güncellemesini alana kadar beklemek zorundadır. Bu hedef-merkezli senkronizasyon mekanizması gecikme problemi yaratmaktadır. Ayrıca DSDV çok-yollu yönlendirmeyi desteklemez.

3.3.12. Karşılaştırma

Protokol teorik olarak analiz edilmiştir. Aşağıdaki tablo 3.8 , bu teorik/nitel analizlerin sonuçlarını özetlemekte ve karşılaştırmakta ve protokolün hangi özelliklere sahip olduğunu ve olmadığını göstermektedir.

Tablo 3.8 DSDV ,AODV ile DSR Yönlendirme Protokolleri arasında karmaşıklık kıyaslaması (Lundebrg 2002)

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

4. BULGULAR

Değerlendirme içerisinde ns-2'ye dayalı ayrıntılı bir simülasyon modeli kullanılmıştır. Son yapılan çalışmalardan birinde Monarch araştırma grubu Carnegie-Mellon Üniversitesi'nde, ns-2'de fiziksel veri bağlantısı ve medya erişim kontrolü (MAC) katmanı modellerine sahip çok sekmeli kablosuz ağları için simülasyon desteği geliştirdi. Kablosuz LANlar için IEEE 802.11'in Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (DCF) MAC katman protokolü olarak kullanılmaktadır. Veri paketlerin iletimi için Çarpışma Önleme Mekanizmasına sahip Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim (CSMA/CA) sistemi kullanılmaktadır. Kablosuz iletişim modeli, ticari bir kablosuz iletişim arayüzü olan Lucent'in WaveLAN'ına benzer karakteristikler kullanmaktadır. WaveLAN, nominal 2 Mb/s'lik bit hızına ve nominal 250 m'lik sinyal ranjına sahip paylaşımlı bir medya kablosuz iletişim sistemi olarak modellenmiştir.

Protokoller, 64 paketlik bir gönderme arabelleğine sahiptir. Rota cevabı için bekleyen tüm paketleri içerir, mesela rota arama prosedürünün başlatıldığı fakat henüz bir cevap alınmamış olan paketler. Paketlerin sonsuz arabelleklenmesini önlemek için paketler, gönderme arabelleğinde 30 saniyeden fazla beklediğinde otomatik olarak serbest bırakılır. Yönlendirme katmanı tarafından gönderilmiş olan tüm paketler (hem veri hem de yönlendirme paketleri), MAC katmanı bunları iletene kadar arayüz kuyruğuna girer. Arayüz kuyruğu maksimum 50 paket büyüklüğüne sahiptir ve her biri FIFO sırasına göre çalışan iki öncelikli bir kuyruk olarak tutulur. Yönlendirme paketleri veri paketlerinden daha yüksek öncelik alır.

4.1. TRAFİK VE MOBİLİTE MODELLERİ

CBR (sabit bit hızı) trafik kaynakları kullanılmaktadır. Kaynak-hedef çiftleri ağ üzerine rasgele dağılmış durumdadır. Sadece 512-byte'lık veri paketleri kullanılır. Kaynak-hedef çiftlerinin sayısı ve her çiftte paket gönderme hızı, ağ içerisindeki yüke göre değişir.

Mobilite modeli dikdörtgensel bir alan içerisinde *rasgele aranokta* modeli kullanır. Kullanılan alan konfigürasyonları 50 düğümlü 500 m x 500 m'dir. Burada her paket yolculuğuna rasgele seçilmiş bir hızda (sabit 0-20 m/s aralığı içerisinde dağılmış şekilde) rasgele bir konumdan rasgele bir hedefe doğru başlar. Hedefe ulaşıldığında belli bir bekleme süresinden sonra başka bir rasgele hedef seçilir. Mobile düğümlerin nispi hızlarını etkileyen bekleme süresi değişkenlik gösterir. Simülasyonlar 100 saniye boyunca yapılır. Adil sonuçlar elde etmek için protokollerde eşdeğer mobilite ve trafik senaryoları kullanılır.

4.2. PERFORMANS METRİK DEĞERLERİ

Üç önemli performans metrik değeri değerlendirilir:

4.2.1. Paket teslim fraksiyonu

Hedeflere teslim edilen veri paketlerinin, CBR kaynakları tarafından üretilen paketlere oranı.

4.2.2. Veri paketlerinin ortalama uçtan uca gecikme süresi

Bu değer kapsamında, rota arama gecikmesi esnasında yapılan arabelleklemeden ve arayüz kuyruğunda beklemekten, MAC'da meydana gelen yeniden iletim gecikmelerinden ve yayılım ve transfer zamanlarından doğan tüm olası gecikmeler yer almaktadır.

4.2.3. Normalize edilmiş yönlendirme yükü

Hedefe teslim edilen veri paketleri başına iletilmiş olan yönlendirme paketi sayısı. Sekme genelinde gerçekleşen her bir yönlendirme paketi iletimi, tek iletim olarak sayılır.

Bahsedilen ilk iki metrik değer, en iyi performanslı trafik için en önemli iki unsurdur. Yönlendirme yükü metrik değeri, yönlendirme protokolünün etkinliğini değerlendirir. Fakat bu metrik değerlerin tamamen bağımsız olmadığı unutulmamalıdır. Mesela düşük paket teslim fraksiyonu, gecikme metrik değerinin birkaç örnek ile değerlendirildiği anlamına gelir. Klasik bir bakış açısıyla rota uzunluğu ne kadar fazla olursa paket kaybı riski o kadar yüksek olur. Bu yüzden düşük bir teslim fraksiyonu ile örnekler genellikle kısa rota uzunlukları ve buna bağlı olarak daha az gecikme oluşturmaya meyillidir.

4.3 UYGULAMA

4.3.1.ns-2'nin kurulumu

Ns-2 ağ simülatörü şu web sitesinden yüklenmiştir:

<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

ns-2'nin kurulumu bir miktar uzun ve zaman alan bir işlemdir. 250 MB'lık bir veri paketinin bilgisayara indirilmesinden ve kurulmasından ibarettir. Fakat simülasyonların gerçekleştirilmesinde simülatörü çalışır hale getirmek ilk adımdır.

4.3.2. ns-2 simülasyon temellerinin anlaşılması

Temel ns-2 simülasyonlarını anlamak için şu web sitesinde çok ideal bir kaynak bulabilirsiniz:

<http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/index.html>

4.3.3. CMU'nun ns-2'ye eklentileri

CMU'nun ns-2 kablosuz iletişim uzantısı (mevcut sürümde ns-2.29), DSR, AODV, DSDV yönlendirme protokollerinin uygulanmasını sağlar.

Nam, ns-2 simülasyonları için kullanılan temel görselleştirme aracıdır. Ayrıca çıkış izleme çalışmasına yardımcı olması için matlab yazılım aracı ve awk kullanılmaktadır.

4.3.4. Trafik ve mobilite modellerinin oluşturulması

4.3.4.1 Trafik modelleri

Bir trafik senaryosu oluşturma komut dosyası kullanılarak mobil düğümler arasında rasgele TCP ve CBR trafik bağlantıları yapılandırılabilir. Bu trafik oluşturma komut dosyası `~ns/indep-utils/cmu-scen-gen` altında mevcuttur ve `cbrgen.tcl` olarak adlandırılmaktadır. Kablosuz mobil düğümleri arasında CBR ve TCP trafik bağlantıları yaratmak için kullanılabilir. Böylece komut şu şekilde karşımıza çıkacaktır:

```
ns cbrgen.tcl [-type cbr|tcp] [-nn nodes] [-seed seed] [-mc connections][[-rate rate]
```

Yapılan simülasyonlar için, cbr trafik kaynaklarına sahip 50 düğüm için 8 kbps hızında maksimum 10,20,30,40 bağlantılı trafik modelleri oluşturulmuştur.

4.3.4.2. Mobilite modelleri

~ns/indep-utils/cmu-scen-gen/setdest dizini altında düğüm-hareket oluşturucusu mevcut olup setdest{.cc,.h} ve Makefile'dan ibarettir. Komut şu şekilde karşımıza çıkacaktır:

```
./setdest [-n num_of_nodes] [-p pausetime] [-s maxspeed] [-t simtime] \ [-x maxx] [-y maxy] > [outdir/movement-file]
```

Simülasyonlar için 50 düğüm kullanılarak, 0,10,20,40,100 saniyelik bekleme sürelerine, 20m/s'lik maksimum hızına, 500x500'lük topoloji sınırına ve 100 saniyelik simülasyon süresi sahip Mobilite modelleri oluşturulmuştur.

Not: Simülasyonlar, daha yüksek trafik hızları kullanılarak daha karmaşık senaryolar için yapılabilmektedir. Fakat simülasyonları tamamlamak çok uzun bir zaman alır ve her çalıştırılan simülasyonun oluşturduğu izleme dosyası 50 Mb'tan fazla yer kaplar.

4.3.5. Simülasyon kodu

Kablosuz simülasyon bileşenlerini yapılandırmak için TCL kod yazımı: ağ bileşeni tipleri, anten tipi gibi parametreler, radyo sinyali yayılım modeli, tasarsız yönlendirme protokolü tipi, trafik modelleri ve mobil düğümler tarafından kullanılan düğüm hareket modelleri.

4.3.6. Simülasyon izleme kütüklerinin analiz edilmesi

Her simülasyondan sonra trafik ve düğüm hareketlerini kaydeden izleme kütükleri oluşturulur. Bu dosyaların, performans metrik değerlerini ölçmek için gerekli bilgilere ulaşmak için analiz edilmesi gerekir. Analiz için yeni izleme formatı kullanılmıştır:

Yeni izleme formatı şu şekildedir:

```
s -t 0.267662078 -Hs 0 -Hd -1 -Ni 0 -Nx 5.00 -Ny 2.00 -Nz 0.00 -Ne -1.000000 -NI RTR  
-Nw --- -Ma 0 -Md 0 -Ms 0 -Mt 0 -li 20 -Is 0.255 -Id -1.255 -It
```

Burada (Hs) 0 kaynak düğümünden (Hd) 1 hedefine, (t) 267662078 saniye zamanında paketin gönderildiğini (s) görüyoruz. Kaynak düğüm ID'si (Ni) 0'dır, x koordinatı (Nx) 5,00'tir, y koordinatı (Ny) 2.00'dir, z koordinatı (Nz) 0.00'dir, enerji düzeyi (Ne) 1.000000'dir, izleme düzeyi (NI) RTR'dir ve düğüm etkinliği (Nw) boştur. MAC seviye bilgisi 0 süresi (Ma), 0 Eternet adresi (Md), 0 Eternet adresi (Ms) ve 0 Eternet tipi (Mt) ile verilmektedir.

4.3.6.1. Paket teslim fraksiyonunun (pdf) değerlendirilmesi:

Şu izleme şekline sahip “gönderilmiş paketlerin” sayısının hesaplanması:

```
/^s *- NI AGT.*-Is (\d{1,3})\.\d{1,3} -Id (\d{1,3})\.\d{1,3}.*-It cbr.*-Ii (\d{1,6})/
```

AGT => Sunucu Düzeyini İzleme

Şu izleme şekline sahip “alınmış paketlerin” sayısının hesaplanması:

```
/^r -t (\d{1,3})\.\d{9}.*-NI AGT.*-Is (\d{1,3})\.\d{1,3} -Id (\d{1,3})\.\d{1,3}.*-It cbr.*-Ii (\d{1,6})/
```

paket teslim fraksiyonu (%pdf) = (alınmış paketler/ gönderilmiş paketler) *100

4.3.6.2. Ortalama Uçtan-Uca paket teslim süresi:

İzleme düzeyi (AGT) olan ve tipi (cbr) olan (Ii) ID'li her paket için gönderim (t) ve alışı (r) zamanını (t) hesaplayın ve bunların ortalamasını alın.

4.3.6.2.1. Normalize edilmiş yönlendirme yükünün değerlendirilmesi:

Gönderilen yönlendirme paketinin hesaplanması:

```
/^[s|f].*-NI RTR.*-It (?:AODV|DSR|message) -Ii (\d{1,4})/
```

f=> ileri

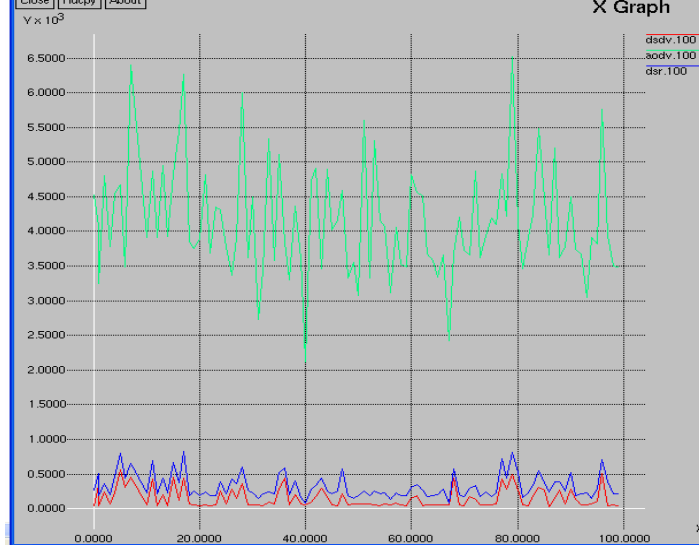
RTR=> Yönlendirme İzleme Düzeyi

Normalize edilmiş yönlendirme yükü = (gönderilen yönlendirme paketleri) / alınanlar.

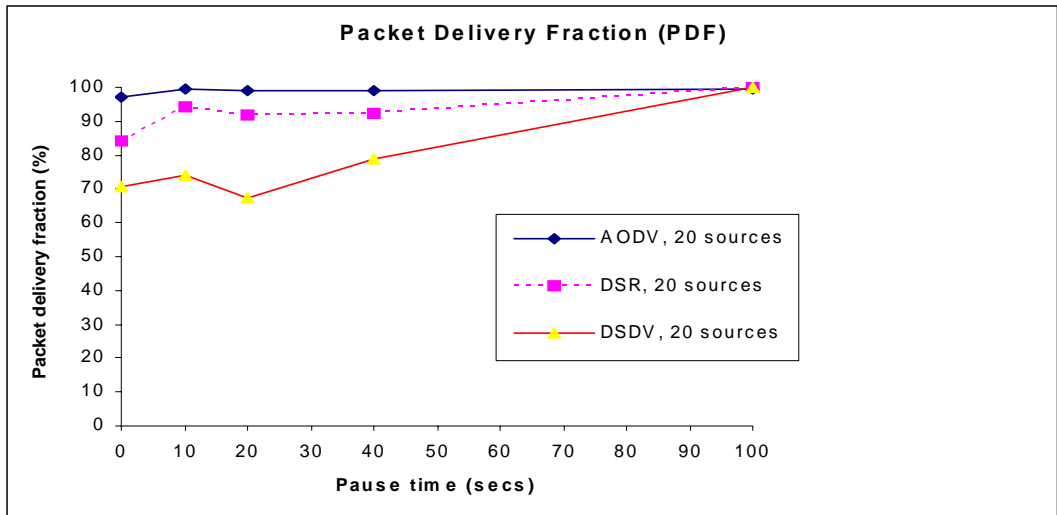
4.3.7. Sonuçlar ve Değerlendirme

4.3.7.1. Üretilen Paketlerin sayısı

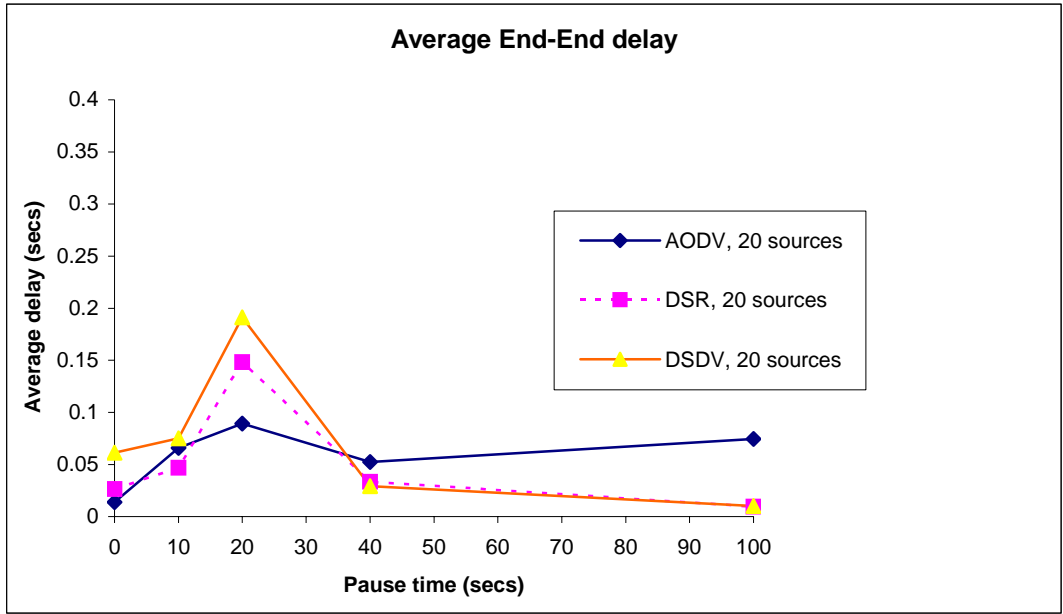
AWK komut dosyaları ile 100 düğümlü bir sistem için 200 saniyelik işlem süresinde 10.00 s'lik bekleme süresiyle çıktı hesaplanmış ve grafiğe dökülmüştür.



Şekil 4.1 Üretilen Paketlerin sayısı



Şekil 4.2 Paket teslim karşılaştırması



Şekil 4.3 Ortalama Uçtan Uca Paket teslimi

4.3.7.2. Protokollerin performans karşılaştırması:

İlk olarak 3 protokolün tümünü aynı simülasyon ortamında karşılaştırmaya çalışılmıştır. Tüm simülasyonlar için aynı hareket modelleri kullanılmış, trafik kaynakları sayısı 20 olarak tespit edilmiş, düğümlerin maksimum hızı 20 m/s olarak set edilmiş ve bekleme süresi 0s, 10s, 20s, 40s ve 100s arasında değişmiştir.

Şekil 1 ve 2 üç yönlendirme protokolünün nispi performansını vurgulamaktadır. Protokollerden tümü, ufak bir düğüm mobilitesi olduğunda (yani geniş bekleme süresinde) oluşturulmuş veri paketlerini büyük oranda teslim ederken herhangi bir düğüm hareketi olmadığında teslim performansı %100'e yakındır.

4.3.7.3. Paket teslim karşılaştırması:

Talep esaslı protokoller olan DSR ve AODV son derece iyi bir performans göstererek mobilite hızından bağımsız olarak veri paketlerinin %85'inden daha fazlasını teslim etmiştir.

4.3.7.4. Ortalama Uçtan Uca Paket teslimi:

Ortalama uçtan uca paket teslimi, hem DSR ve AODV'ye kıyasla DSDV'de daha yüksek olmuştur.

Özetle her iki talep esaslı yönlendirme protokolü AODV ve DSR, tablo esaslı yönlendirme protokolünün DSDV performansını aşmıştır; sebepler ilerde değerlendirilecektir.

Sonra, hem AODV hem de DSR iyi performans gösterdiğinden, Mobilite modelini ve trafik kaynağı sayısını değiştirmek suretiyle bu ikisi arasındaki performans farkı değerlendirilmeye çalışılmıştır.

4.3.7.5. DSR ve AODV arasındaki performans farkını görmek için Değişen Mobilite ve Kaynak Sayısı

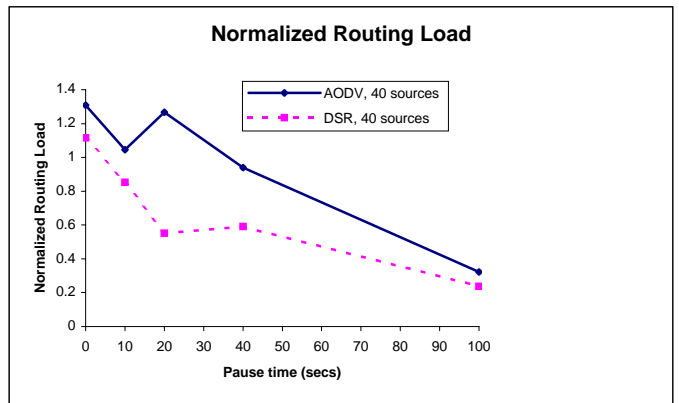
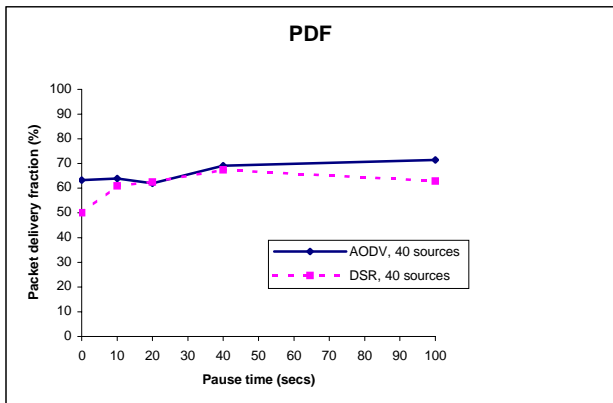
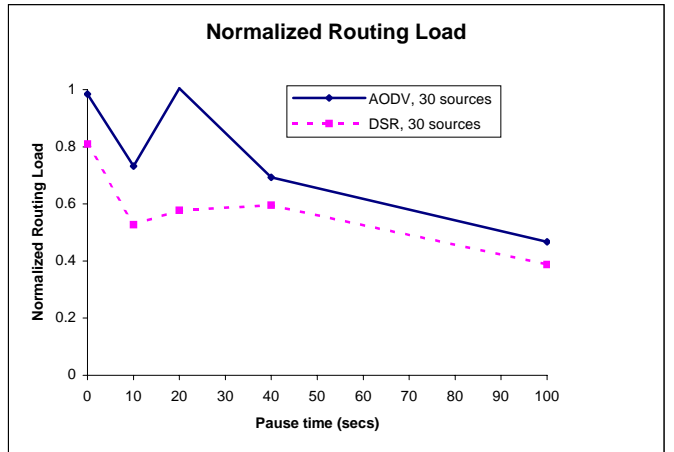
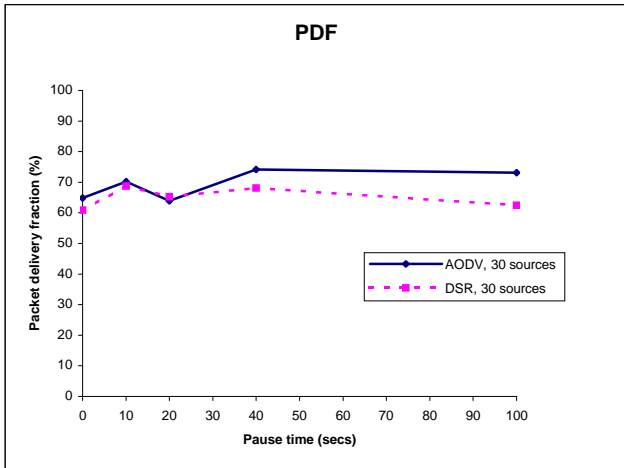
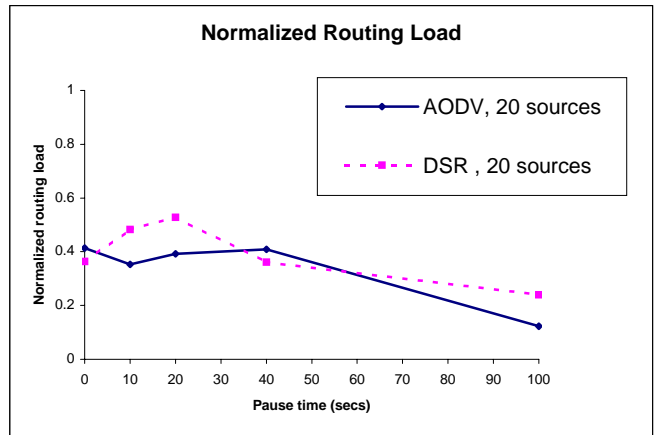
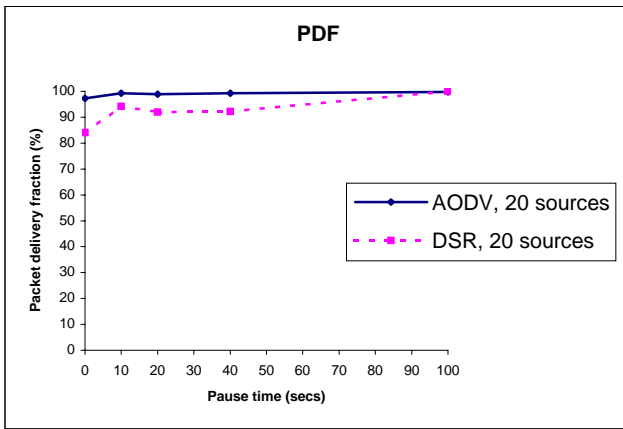
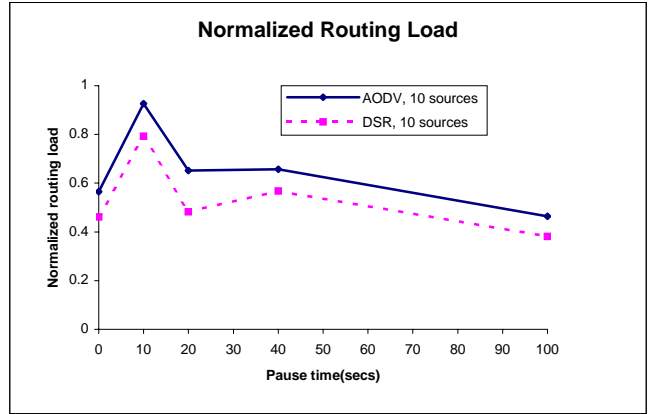
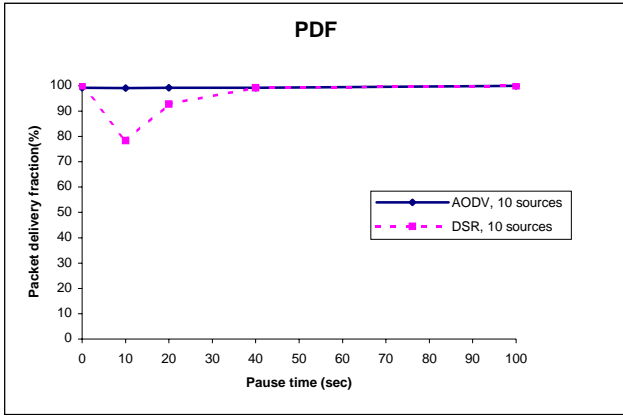
Burada, 10, 20, 30 ve 40 adet değişen trafik kaynağı sayısı ile simülasyonlar yapılmıştır. Bekleme süresi 0 (yüksek mobilite), 10, 20, 40,100 (mobilite yok) olarak çeşitlendirilmiş ve paketler 4 paket/saniye hızında gönderilmiştir.

4.3.7.6. Paket teslim kıyaslaması:

DSR ve AODV için paket teslim fraksiyonları 10 kaynakta benzerdir (Şekil 4.4a). Fakat 20, 30 ve 40 kaynakta AODV DSR'ye göre düşük bekleme zamanlarında (yüksek mobilite) yaklaşık %15 oranında daha yüksek performans göstermiştir.

4.3.7.7 Normalize Edilmiş Yönlendirme Yüğü Kıyaslaması:

Tüm durumlarda DSR, kaynak sayısı arttıkça AODV'ye göre bariz oranda düşük yönlendirme yüğü sergilemektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.4 : Paket teslim karşılaştırması (a b c d)
 Şekil 4.5 : Normalize Edilmiş Yönlendirme Yüğü Kıyaslaması (a b c d)

Özetle kaynak sayısı düşük olduğunda DSR ve AODV performansı, mobiliteden bağımsız olarak birbirine benzerdir. Kaynak sayısı arttıkça AODV, yüksek mobiliteli senaryolar için DSR performansını geride bırakmaktadır. Çeşitli kaynaklardan gelen veriler, AODV'nin, yüksek sayıda düğüm ortamında düşük yönlendirme yükünde DSR performansını geride bırakmaya başladığını göstermektedir. AODV'nin yönlendirme yüküne temel katkı rota taleplerinden gelirken rota cevapları DSR yönlendirme yükünün büyük bir kısmını teşkil etmektedir. Ayrıca AODV DSR'den daha fazla rota talebine sahiptir ve rota cevapları için ise tersi söz konusudur.

4.3.8. Gözlemler

Simülasyon sonuçları, yönlendirme protokolleri arasında bazı önemli karakteristik farklar arz etmektedir.

Yüksek mobilitenin varlığı, sık sık bağlantı hatasının olmasını doğurur ve her yönlendirme protokolü bağlantı hataları esnasında farklı tepki verir. Bu protokollerin temel çalışma mekanizmalarının arasındaki farklılık performans farklılığına yol açmaktadır.

DSDV, düşük bekleme süreleri altında yönlendirme problemleri yaşamaktadır. Yüksek mobilite oranlarında (daha düşük bekleme süreleri), DSDV performansı düşmekte ve paket teslim oranı %70'lere düşmektedir. Taşınan paketlerin hemen hemen hepsi kaybolmuştur çünkü geçersiz bir yönlendirme tablosu kaydı, bu paketleri kopuk bir bağlantıya yönlendirmiştir. Önceki bölümde ifade edildiği gibi DSDV hedef başına sadece tek bir rota tutar ve sonuç olarak MAC katmanının teslim edemediği her paket, alternatif bir rota bulunmadığından bırakılır.

DSR ve AODV için paket teslim oranı, sunulan trafik yükünden bağımsız olmuş ve her iki protokol de tüm durumlarda paketleri %85-%100'ü aralığında teslim etmiştir.

DSDV, yönlendirme bilgisinin tutulmasında tablo esaslı yaklaşım kullandığından, yüksek mobilite esnasında meydana gelen rota değişikliklerine adapte olamaz. Aksine AODV ve DSR gibi talep esaslı protokollerin çalışma yaklaşımı gereği yönlendirme bilgileri sadece gerekli olduğu anda üretildiğinden bu protokoller daha iyi performans gösterir (yüksek paket teslim fraksiyonu ve ortalama uçtan uca paket gecikmelerinin düşük olması)

Şekil 3 ve 4'te AODV ve DSR'nin performanslarını kıyaslayan simülasyon sonuçları bizi şu sonuçlara götürmektedir.

4.3.8.1. Mobilite Etkisi:

Yüksek mobilite altında bağlantı kopmaları çok sık meydana gelebilir. Bağlantı hataları, yönlendirme tablosunda hedef başına en fazla bir rotaya sahip olduğundan AODV içerisinde yeni rota arayışlarını tetikler. Bu yüzden AODV içerisindeki rota arama sıklığı, rotada meydana gelen kesilmeler ile doğrudan orantılıdır. DSR'nin bağlantı hatalarına verdiği tepki nispeten ılımlıdır ve daha az sıklıkla rota arama prosedürü başlatır. Sebep, her düğümde arabelleklenmiş rota sayısının çok fazla olmasıdır. Bu yüzden rota arama prosedürü, arabelleklenmiş tüm rotalar başarısızlıkla sonuçlanıncaya kadar DSR içerisinde geciktirilir. Fakat yüksek mobilitede arabellekteki rotaların atılma düşme oranı DSR'de oldukça yüksektir. Sonuç olarak bir rota arama prosedürü başlatıldığında yüksek MAC protokol yüküne ve veri trafiğine artan müdahaleye bağlı olarak çok sayıda cevap alınır. Bu yüzden arabellekteki rotanın geçersizliği ve yüksek MAC yükü, yüksek mobiliteli senaryolar içerisinde DSR performansında birlikte yüksek bir düşüşe neden olur.

Düşük mobiliteli senaryolar içerisinde, arabelleklerden biri içerisinde rota bulma şansı çok yüksek olduğundan DSR performansı genellikle AODV'den daha yüksektir. Fakat kısıtlı simülasyon ortamı sebebiyle (daha düşük simülasyon zamanı ve daha düşük mobilite modelleri), DSR'nin AODV üzerinde daha yüksek performans göstermesi gözlenmemektedir.

4.3.8.2. Yönlendirme Yüğü Etkisi:

DSR hemen hemen her zaman AODV'den daha düşük bir yönlendirme yüküne sahiptir. Bu durum DSR tarafından kullanılan arabellekleme stratejisi ile ilişkilendirilebilir. Agresif arabelleklemeden dolayı DSR'nin ara bellek içerisinde rota bulma ihtimali daha yüksektir ve bu yüzden AODV'ye göre rota arama prosedürüne daha nadir başvurur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu proje, ns-2 simülasyonları kullanarak tasarsız ağlar için DSDV, AODV ve DSR yönlendirme protokollerinin performansını karşılaştırmıştır.

DSDV proaktif tablo esaslı yönlendirme stratejisi kullanırken hem AODV ve DSR reaktif talep esaslı yönlendirme stratejisi kullanmaktadır. Hem AODV ve DSR, yüksek mobiliteli simülasyonlar altında DSDV'ye göre daha yüksek performans gösterir. Yüksek mobilite sık sık bağlantı hatalarına yol açar. Yeni yönlendirme bilgisi ile birlikte tüm düğümlerin güncellenmesi kapsamında yer alan protokol yükü, DSDV'de AODV ve DSR'ye göre çok daha fazladır çünkü AODV ve DSR'de rotalar sadece gerektiğinde oluşturulur.

DSR ve AODV'nin her ikisi talep esaslı rota arama prosedürü kullanır fakat yönlendirme mekanizmaları farklıdır. Bilhassa DSR kaynak yönlendirmesi ve kaynak rotaları kullanır ve herhangi bir periyodik veya zamanlayıcı esaslı faaliyetlere bağlı olmamaktadır. DSR, arabellekleme mekanizmasını agresif olarak kullanır ve hedef başına birden fazla rota tutar. Öte yandan AODV hedef başına bir rota olacak şekilde yönlendirme tabloları, hedef sıra numaraları ve döngüleri önleme ve rotanın canlılığını tespit etme mekanizması kullanır. Simülasyona bağlı olarak yapılan genel gözleme göre, paket teslim fraksiyonu ve gecikmesi gibi uygulama esaslı metrik değerler için DSR, daha geniş performans boşluklarının söz konusu olduğu daha az "stresli" ortamlarda (yani düşük düğüm sayısı ve düşük yük ve/veya mobilite), DSR'ye göre daha yüksek performans gösterir. Fakat DSR AODV'ye göre mütemadiyen daha az yönlendirme yükü oluşturur. DSR'nin zayıf performansı temel olarak agresif arabellek kullanımı ve geçersiz rotaları iptal etmeye veya rotaların canlılığını tespit etmeye yönelik bir mekanizma olmaması ile ilişkilendirilebilir. Agresif arabellekleme mekanizmasının, düşük yüklerde DSR'ye yardımcı olduğu görülmekte ve ayrıca yönlendirme yükünü düşük tutmaktadır.

5.1 İLERDE YAPILACAK ÇALIŞMA

İlerde bu proje kodu kullanılarak, tasarsız yönlendirme protokollerinin derinlemesine performans analizini yapabilmek için kapsamlı kompleks simülasyonları yapılabilir.

Kaynaklar

BERTSEKAS D. and GALLAGER R. , 1987 “DATA NETWORKS”, 2nd ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. pp. 297-333 ISBN 0-13-200916-1

GREENHALGAH ADAM “First Year Report “ 2001

[URL:http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/A.Greenhalgah](http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/A.Greenhalgah)

PERKINS C.E.and WATSON T.J., Highly dynamic destination sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers, in: ACM SIGCOMM_94 Conference on Communications Architectures, London, UK, 1994.

PERKINS C. E. and BHAGWAT P., .Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers. In Proceedings of the ACM Special Interest Group on Data Communications (SIGCOMM), August 1994, pages 234-244

PERKINS C. and BHAGWAT P.. Routing over Multi-hop Wireless Network of Mobile Computers, 1994.

[URL:http://citeseer.nj.nec.com/context/296468/0](http://citeseer.nj.nec.com/context/296468/0)

ROYER ELIZABETH M. and TOH C-K “ A review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks “ Dept of Electrical & Computer Engineering university of California , Santa Barbara 2000

EKLER

TCL CODES

```

# wrls1.tcl
# A 100-node example for ad-hoc simulation with AODV

# Define options
set val(chan)      Channel/WirelessChannel  ;# channel type
set val(prop)      Propagation/TwoRayGround ;# radio-propagation model
set val(netif)     Phy/WirelessPhy         ;# network interface type
set val(mac)       Mac/802_11              ;# MAC type
set val(ifq)       Queue/DropTail/PriQueue ;# interface queue type
#set val(ifq)      CMUPriQueue             ;# interface queue type
set val(ll)        LL                      ;# link layer type
set val(ant)       Antenna/OmniAntenna     ;# antenna model
set val(ifqlen)    50                      ;# max packet in ifq
set val(nn)        100                    ;# number of mobile nodes
set val(rp)        aodv                    ;# routing protocol
set val(x)         500                     ;# X dimension of topography
set val(y)         500                     ;# Y dimension of topography
set val(stop)      150                     ;# time of simulation end

set ns_            [new Simulator]

set tracefd        [open "|gzip > AODV1_100.tr.gz" w]

$ns_ use-newtrace
$ns_ trace-all $tracefd

set namtrace        [open "|gzip > AODV1_100.nam.gz" w]
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $val(x) $val(y)
$ns_ namtrace-all-wireless $namtrace $val(x) $val(y)

# set up topography object
set topo            [new Topography]

$topo load_flatgrid $val(x) $val(y)

#create-god $val(nn)
set god_            [create-god $val(nn)]

#
# Create nn mobilenodes [$val(nn)] and attach them to the channel.
#

# configure the nodes

```



```

$ns_ node-config -adhocRouting $val(rp) \
                -llType $val(ll) \
                -macType $val(mac) \
                -ifqType $val(ifq) \
                -ifqLen $val(ifqlen) \
                -antType $val(ant) \
                -propType $val(prop) \
                -phyType $val(netif) \
                -channelType $val(chan) \
                -topoInstance $topo \
                -agentTrace ON \
                -routerTrace ON \
                -macTrace OFF \
                -movementTrace ON

    for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
        set node_($i) [$ns_ node]
    }

# Provide initial location of mobilenodes
source cbr-100-90-1
# Generation of movements
source scen-100-200-500x500
# Define node initial position in nam
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
# 30 defines the node size for nam
$ns_ initial_node_pos $node_($i) 100
}

# Telling nodes when the simulation ends
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
    $ns_ at $val(stop) "$node_($i) reset";
}

# ending nam and the simulation
$ns_ at $val(stop) "$ns_ nam-end-wireless $val(stop)"
$ns_ at $val(stop) "stop"
$ns_ at 150.01 "puts \"end simulation\" ; $ns_ halt"
proc stop {} {
    global ns_ tracefd namtrace
    $ns_ flush-trace
    close $tracefd
    close $namtrace
}

$ns_ run

```

ÖZGEÇMİŞ

Mohammad ABO SAALEEK 1968'de Amman'da doğdum. Evli ve bir çocuğum var. 2001 yılında Ürdün'de Philadelphia Üniversitesi'nde mezun olduğum Bilgisayar Bilimleri ve Bilgileri Sistemleri lisans dalında 2002'de yüksek öğrenim bursu kazandım. Halen İstanbul Üniversitesi'nde Yüksek lisansına devam etmekteyim.