

**HAREKET BİLİNÇLİ, GÜVENİLİR TASARSIZ AĞ  
YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Fehime TÜFEKÇİOĞLU  
(504031511)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005  
Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Haziran 2005**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA  
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Emre HARMANCI  
Doç. Dr. Erdal ÇAYIRCI**

**HAZİRAN 2005**

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının başından sonuna kadar her aşamasında, konu seçiminden içeriğin belirlenmesine kadar benden yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren ve motive eden değerli hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında olduğu gibi, tez çalışmalarım sırasında da anlayışları, sevgileri ve sabırlarıyla beni destekleyen sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Son olarak nişanım Orhan BIYIKLIOĞLU'ya tez çalışmamda bana yardım ettiği, beni her zaman desteklediği ve yüreklendirdiği için içtenlikle teşekkür ederim.

Haziran 2005

Fehime TÜFEKÇİOĞLU

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>v</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>HAREKET BİLİNÇLİ, GÜVENİLİR TASARSIZ AĞ YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ</b>	<b>x</b>
<b>ÖZET</b>	<b>x</b>
<b>MOBILITY AWARE, RELIABLE AD HOC ROUTING PROTOCOLS SUMMARY</b>	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. TASARSIZ AĞLAR</b>	<b>4</b>
2.1 Tasarsız Ağ Yönlendirme Protokolleri	5
2.1.1 Yönlendirme Protokollerinin Sınıflandırılması	6
2.1.2 DSR (Dynamic Source Routing) Protokolü	7
2.1.3 AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector ) Protokolü	10
2.1.4 AODV ve DSR Protokollerinin Karşılaştırılması	13
<b>3. HAREKETLİ TASARSIZ AĞLAR İÇİN ÖNERİLEN YÖNLENDİRME TEKNIĞİ</b>	<b>15</b>
3.1 M-DSR (Mobility Aware – Hareket Bilinçli DSR) Protokolü	15
3.1.1 M-DSR Paket Yapısı	15
3.1.2 M-DSR Protokolünün İşleyişi	17
3.2 M-AODV (Mobility Aware – Hareket Bilinçli AODV) Protokolü	20
3.2.1 M-AODV RREQ Paketi	20
3.2.2 M-AODV RREP Paketi	21
3.2.3 M-AODV Yönlendirme Tablosu	21
3.2.4 M-AODV Protokolünün İşleyişi	22
<b>4. SİMÜLASYONLAR VE SONUÇLARI</b>	<b>25</b>
4.1 Kullanılan Simülasyon Aracı	25
4.2 Gerçekleştirilen Simülasyonlar	25
4.2.1 Simülasyon Senaryoları	26
4.2.1.1 Hareket Modeli	29

4.2.1.2	Trafik Modeli	30
4.2.1.3	Parametreler	30
4.2.2	Performans Kriterleri	32
4.3	Simülasyon Sonuçları	32
4.3.1	Paket Alım Oranı	33
4.3.2	Ortalama Uçtan Uca Gecikme	36
4.3.3	Normalize Edilmiş Yük	40
4.3.4	Ortalama Adım Sayısı	44
<b>5.</b>	<b>SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>	<b>46</b>
	<b>KAYNAKLAR</b>	<b>48</b>
	<b>EK A. NS 2 KÜTÜPHANESİNDE YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER</b>	<b>51</b>
5.1	A.1 NS 2 ile M-DSR Protokolünün Gerçeklenmesi	51
5.2	A.2 NS 2 ile M-AODV Protokolünün Gerçeklenmesi	53
5.3	A.3 NS2 Genel Kütüphanesinde Yapılan Değişiklikler	55

## **KISALTMALAR**

<b>AODV</b>	: Ad hoc On-demand Distance Vector
<b>CBR</b>	: Constant Bit Rate
<b>DSDV</b>	: Destination Sequenced Distance Vector
<b>DSR</b>	: Dynamic Source Routing
<b>FSR</b>	: Fisheye State Routing
<b>IETF</b>	: Internet Engineering Task Force
<b>IP</b>	: Internet Protocol
<b>IPSEC</b>	: IP Security Protocol
<b>MAC</b>	: Medium Access Control
<b>M-AODV</b>	: Mobility aware AODV
<b>M-DSR</b>	: Mobility Aware DSR
<b>MANET</b>	: Mobile Ad hoc Networks
<b>NS 2</b>	: Network Simulator 2
<b>OLSR</b>	: Optimized Link State Routing
<b>OTcl</b>	: Object Tcl
<b>PAN</b>	: Personal Area Networks
<b>RREP</b>	: Route Reply
<b>RREQ</b>	: Route Request
<b>QoS</b>	: Quality of Service
<b>TCP</b>	: Transmission Control Protocol
<b>TORA</b>	: Temporally Ordered Routing Algorithm
<b>TTL</b>	: Time to Live
<b>VBR</b>	: Variable Bit Rate
<b>WRP</b>	: Wireless Routing Protocol
<b>ZRP</b>	: Zone Routing Protocol

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 4.1:</b> Sabit düğümlerin koordinatları (tüm senaryolar için) .....	26
<b>Tablo 4.2:</b> Tüm senaryolar için kullanılan simülasyon parametreleri.....	30
<b>Tablo 4.3:</b> AODV ve M-AODV parametreleri .....	31
<b>Tablo 4.4:</b> Tüm senaryolar için AODV ve M-AODV ortalama adım sayıları.....	44
<b>Tablo 4.5:</b> Tüm senaryolar için DSR ve M-DSR ortalama adım sayıları .....	44
<b>Tablo A.1:</b> M-DSR protokolü için yapılan değişiklikler.....	51
<b>Tablo A.2:</b> M-AODV protokolü için yapılan değişiklikler.....	53
<b>Tablo A.3:</b> NS 2 genel kütüphanesinde yapılan değişiklikler.....	55

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Yol kaydının yol keşfi ile oluşturulması .....	8
Şekil 2.2 : Yol kaydını içeren RREP paketinin kaynağa iletilmesi .....	9
Şekil 2.3 : AODV protokolünde ileri ve geri yol kurulumu .....	11
Şekil 3.1 : DSR Paket başlığı.....	16
Şekil 3.2 : M-DSR RREQ başlığı.....	16
Şekil 3.3 : M-DSR RREP opsiyonu.....	17
Şekil 3.4 : M-AODV protokolünün RREQ paket formatı .....	20
Şekil 3.5 : M-AODV protokolünün RREP paket formatı .....	21
Şekil 4.1 : Birinci senaryonun topolojisi (4 sabit, 16 hareketli düğüm).....	27
Şekil 4.2 : İkinci senaryonun topolojisi (7 sabit, 23 hareketli düğüm).....	28
Şekil 4.3 : Üçüncü senaryonun topolojisi (10 sabit, 30 hareketli düğüm).....	29
Şekil 4.4 : AODV ve M-AODV paket alım oranı grafiği (senaryo 1) .....	33
Şekil 4.5 : DSR ve M-DSR paket alım oranı grafiği (senaryo 1).....	34
Şekil 4.6 : AODV ve M-AODV paket alım oranı grafiği (senaryo 2) .....	34
Şekil 4.7 : DSR ve M-DSR paket alım oranı grafiği (senaryo 2).....	35
Şekil 4.8 : AODV ve M-AODV paket alım oranı grafiği (senaryo 3) .....	35
Şekil 4.9 : DSR ve M-DSR paket alım oranı grafiği (senaryo 3).....	36
Şekil 4.10 : AODV ve M-AODV ortalama uçtan uca gecikme grafiği (senaryo 1). 37	37
Şekil 4.11 : DSR ve M-DSR ortalama uçtanuca gecikme grafiği (senaryo 1) .....	37
Şekil 4.12 : AODV ve M-AODV ortalama uçtanuca gecikme grafiği (senaryo 2).. 38	38
Şekil 4.13 : DSR ve M-DSR ortalama uçtan uca gecikme grafiği (senaryo 2) .....	38
Şekil 4.14 : AODV ve M-AODV ortalama uçtan uca gecikme grafiği (senaryo 3). 39	39
Şekil 4.15 : DSR ve M-DSR ortalama uçtan uca gecikme grafiği (senaryo 3) .....	40
Şekil 4.16 : AODV ve M-AODV için yönlendirme yükü (senaryo 1).....	41
Şekil 4.17 : AODV ve M-AODV için yönlendirme yükü (senaryo 2).....	41
Şekil 4.18 : AODV ve M-AODV için yönlendirme yükü (senaryo 3).....	42
Şekil 4.19 : DSR ve M-DSR için yönlendirme yükü (senaryo 1) .....	42

<b>Şekil 4.20</b> : DSR ve M-DSR için yönlendirme yükü (senaryo 2) .....	43
<b>Şekil 4.21</b> : DSR ve M-DSR için yönlendirme yükü (senaryo 3) .....	43



## SEMBOL LİSTESİ

$N$	: Düğüm Kümesi
$N_f$	: Sabit Düğüm Kümesi
$N_m$	: Hareketli Düğüm Kümesi
$num(N_f)$	: Sabit Düğüm Sayısı
$num(N_m)$	: Hareketli Düğüm Sayısı
$rt$	: Yönlendirme Tablosu
$rq$	: Yol İstek Paketi
$rp$	: Yol Cevap Paketi
$rc$	: Yol Cebi
$rl$	: İstek Listesi

## HAREKET BİLİNÇLİ, GÜVENİLİR TASARSIZ AĞ YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİ

### ÖZET

Günümüz iletişiminin önemli bir parçasını oluşturan kablosuz ağların kullanımı üstel olarak artmaktadır. Bu ağların bir kolu olan tasarsız ağlar da akademik dünyada çok ilgi çeken bir çalışma alanıdır. Tasarsız ağlar çok adımlı, alt yapısız ve genellikle hareketli düğümlerden oluşan kablosuz ağlardır. Bu ağlarda düğümler hem diğer düğümlerle iletişim kurarlar hem de paketleri ileterek yönlendirici görevi görürler. Tasarsız ağlar askeri, arama kurtarma, konferans salonu, ofis, kampüs, üniversite ve şehir ağlarında kullanılmaktadırlar.

Tasarsız ağlarda bir altyapının mevcut olmaması, düğümlerin hareketli olması, güç kapasitesinin ve bantgenişliğinin kısıtlı olması bu ağların en büyük problemleridir. Özellikle düğümlerin hareketliliği topolojinin sık sık değişmesine ve kurulan yolların bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum da etkili bir yönlendirme protokolünün kullanımını gerektirmektedir. Tasarsız ağlarda kullanılan yönlendirme protokolleri daha çok en kısa yol bulma esasına dayanmakta, düğümlerin hareketliliğini hesaba katmamaktadır. Oysa tasarsız ağ uygulamalarının çoğunda düğümlerin bir kısmı sabittir. Bu uygulamalarda yönlendirme yaparken sabit düğümlerden yararlanılarak paketlerin bu düğümler üzerinden kurulan yollardan iletmeye çalışılması yönlendirme performansını artıracaktır.

Bu tez çalışmasında tasarsız ağlarda yönlendirme işlemini ağdaki sabit düğümler üzerinden gerçekleştiren bir yönlendirme tekniği önerilmektedir. Bu teknik tasarsız ağlarda çok kullanılan DSR ve AODV yönlendirme protokollerine uygulanarak M-DSR ve M-AODV protokolleri oluşturulmuş ve gerçekleştirilmiştir. Orijinal protokoller ile sunulan protokollerin performanslarını karşılaştırmak için NS 2 simülasyon aracı ile farklı senaryolara göre bir çok simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre önerilen protokollerin paketleri yerine iletme oranı daha yüksek, paket düşürme oranı ve uçtan uca gecikmesi daha düşüktür. Önerilen protokollerde yollar daha uzun ömürlü olup yeni yol bulma süreci sayısı daha düşüktür. Sonuç olarak M-DSR ve M-AODV protokollerinin düğümlerin hareketliliğinden daha az etkilenecek daha etkin ve güvenilir yönlendirme yaptıkları görülmüştür.

## **MOBILITY AWARE, RELIABLE AD HOC ROUTING PROTOCOLS**

### **SUMMARY**

The use of wireless networks which are an essential part of our communication today is growing exponentially. Ad hoc networks are a class of wireless networks drawing the attention of academic world, industry and governments. Ad hoc networks are multi hop, infrastructureless and spontaneous wireless networks which mostly consist of mobile nodes. Nodes in ad hoc networks both act as a router and communicate with other nodes. Ad hoc networks are applied to military, police, disaster recovery, conference room, office, campus, university and city network scenarios.

The absence of infrastructure, the mobile nature of the nodes, the limitations on power capacity and transmission range are great challenges of ad hoc networks that require efficient routing. Especially the mobility of the nodes result in topological changes and breaks in paths making it necessary to use an efficient routing protocol. Ad hoc routing protocols are mostly based on finding the shortest path. They don't consider node mobility. However, some nodes are usually fixed while they are communicating in many ad hoc network scenarios. In these scenarios, routing protocols should benefit the presence of fixed nodes to make a more efficient routing.

This thesis proposes a new routing technique which tries to route packets over fixed nodes in the network. Two new routing protocols M-DSR and M-AODV are implemented by applying this technique to DSR and AODV routing protocols. Simulations are performed in order to compare the performance of the original protocols and the proposed protocols according to different scenarios. Simulation results show that the proposed protocols' packet delivery ratio is higher, the number of packet drops is fewer and the average end-to-end delay is lower. Also the paths have longer life times and the number of route discoveries is fewer in the proposed protocols. As a result, M-DSR and M-AODV are more reliable protocols being less affected from the mobility of the nodes.

## 1. GİRİŞ

Bilgi toplumuna geçişin ivme kazanması, bilginin her zaman ve her yerde erişilebilir olması ihtiyacını doğurdu. Bu ihtiyaç kablosuz ağların günümüz iletişiminin önemli bir parçası olmasını sağladı. Kablosuz ağlar ilk olarak askeri uygulamalarla kullanılmaya başlandı. 1980'li yıllarda kablosuz ağların ticarileşmesiyle fiyatlar da düşerek kablosuz ağ kullanımı üstel olarak arttı. Kablosuz ağlardaki büyümenin önümüzdeki yıllarda da hızla devam edeceği düşünülüyor.

Kablosuz ağlar kullanıcıların bilgiye ve servislere konumlarından bağımsız olarak elektronik ortamda erişmelerini sağlayan bir teknolojidir. Kablosuz ağlar temel olarak iki sınıfa ayrılırlar: altyapılı ağlar ve tasarsız ağlar. Altyapılı ağlarda hareketli istasyonlar sabit baz istasyonları ya da erişim noktalarıyla kapsama alanları içerisinde iletişim kurarlar. Hareketli istasyon hareket ederken baz istasyonunun kapsama alanından çıkarsa yeni bir baz istasyonuna bağlanarak iletişime onun üzerinden devam eder. Tasarsız ağlarda ise belli bir altyapı ya da merkezi yönetim söz konusu değildir. Tüm istasyonlar (düğümler) hem birbirleriyle iletişim kurarlar hem de paketleri yönlendirirler. Tasarsız ağlar askeri, polis, arama kurtarma, konferans salonu, kampüs, üniversite ve şehir ağlarında kullanılabilirler.

Tasarsız ağlar akademi dünyası, endüstri ve hükümetler tarafından oldukça ilgi gören bir çalışma alanıdır. Bu ağların çok adımlı ve değişken topolojiye sahip olması, kablosuz ağ ortamından kaynaklanan olumsuzluklar ve düğümlerin hareketli olması çok sayıda problemi ortaya çıkarmıştır. IETF (Internet Engineering Task Force) tasarsız ağlarda yönlendirme protokolleri konusunda araştırma yapan MANET (Mobile Ad hoc Networks) [1] adlı grubu kurmuştur. Yapılan çalışmalar sonucu tasarsız ağların sorunlarını göz önüne alan birçok yönlendirme protokolü oluşturulmuş ve gerçekleştirilmiştir. Bunlardan en önemlileri Destination Sequenced Distance Vector (DSDV) [2], Wireless Routing Protocol (WRP) [3], Temporally Ordered Routing Algorithm (TORA) [4], Zone Routing Protocol (ZRP) [5], Dynamic Source Routing (DSR) [6] ve Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV) [7] protokolleridir. Bu protokollerde kaynak ve varış arasında en kısa ve en az tıkanık yol seçilmeye çalışılmaktadır. Oysa yönlendirme protokollerinin performansını düşüren en önemli faktör olan düğüm hareketliliği bu protokollerde yönlendirme yapılırken göz önüne alınmamaktadır. Tasarsız ağlarda gezginliği göz önüne alan

çalışmalar [8-11] ise daha çok gezginlik modellerinin sınıflandırılmasına, yönetimine ve pozisyon bilgisinden yararlanmaya yönelik çalışmalardır. Hâlbuki tasarsız ağ uygulamalarının büyük bir kısmında ağ içinde hareketli düğümler olduğu kadar hareketsiz düğümler de yer almaktadır. Örneğin ofis, kampüs, üniversite ve şehirlerde kurulacak tasarsız ağlarda düğümlerin bir kısmı iletişim kurarken sabit olacaklardır. Tasarsız ağlarda internet erişimi sağlayacak düğümler de sabit noktalarda yer alacaklardır. Yönlendirme yapılırken ağdaki bu sabit düğümlerden yararlanılması yönlendirmenin performansını artıracaktır.

Bu tezin temel amacı tasarsız ağlarda yönlendirme yaparken bir kısım düğümlerin sabit olmasından yararlanarak paketlerin bu düğümler üzerinden yönlendirilmeye çalışılmasıdır. Kurulan yollar daha az sayıda hareketli düğüm içereceğinden yolların bozulma olasılığı azalacak, daha uzun ömürlü ve daha kararlı yollar kurulacaktır. Yolların daha uzun ömürlü olması yol kopma sayısını ve yeni yol bulma ihtiyacını azaltacaktır. Bu sayede yerine ulaşabilen paket sayısı artacak, düşen paket sayısı ve uçtan uca gecikme ise azalacaktır. Önerilen bu yönlendirme tekniği AODV ve DSR yönlendirme protokollerine uygulanarak M-AODV (Mobility aware AODV) ve M-DSR (Mobility aware DSR) protokolleri oluşturulmuştur. Önerilen protokoller gerçekleştirilerek NS 2 [12] simülasyon aracının kütüphanesine eklenmiştir. Orijinal protokoller ve önerilen protokoller bu simülasyon aracıyla simüle edilerek belli kriterlere göre performansları karşılaştırılmıştır. Yapılan simülasyonlar sonucunda önerilen protokollerin performanslarının daha yüksek olduğu, hareketlilikten daha az etkilenecek daha etkin ve güvenilir yönlendirme yaptıkları ortaya çıkmıştır.

Bir sonraki bölüm yapılan işin anlaşılmasını kolaylaştırmak için tasarsız ağların genel yapısını, problemlerini ve uygulama alanlarını anlatmaktadır. Tasarsız ağlarda en çok kullanılan, önerilen yönlendirme tekniğinin de uygulandığı AODV ve DSR protokolleri de bu bölümde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Üçüncü bölüm önerilen yönlendirme tekniğini ve bu tekniğin AODV ve DSR protokollerine uygulanmasıyla oluşturulan M-AODV ve M-DSR protokollerini anlatmaktadır.

Dördüncü bölüm önerilen M-AODV ve M-DSR protokollerinin performanslarını AODV ve DSR protokolleriyle karşılaştırmak için gerçekleştirilen simülasyon senaryolarını, kullanılan performans kriterlerini ve bu simülasyonların sonuçlarını içermektedir.

Son bölüm tezde yapılan işi özetlemekte ve sonucu belirtmektedir.

M-AODV ve M-DSR protokollerinin gerçeklenme aşamasında NS 2 simülasyon aracının kütüphane kaynak dosyalarında yapılan değişiklikler ve eklentiler tezin sonunda EK A bölümünde verilmiştir.