

# Gezgin Tasarsız Ağlar için Taşıma Tabanlı Yönlendirme Yordamı

## A Flooding Based Routing Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks

Deniz Çokuslu<sup>1</sup> Kayhan Erciyeş<sup>2</sup>

1. Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü  
[denizcokuslu@iyte.edu.tr](mailto:denizcokuslu@iyte.edu.tr)

2. Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü  
Ege Üniversitesi  
[kayhan.erciyes@ege.edu.tr](mailto:kayhan.erciyes@ege.edu.tr)

### Özetçe

Gezgin Tasarsız Ağlar(GTA) bilimsel, ticari, felaket anlarında kurtarma operasyonları ve askeri alanlarda kritik uygulamalarda kullanım alanı bulabilmektedir. Uzun ömürlü olmak, aksaklığa dayanıklılık, dinamik adresleme, çarpışmalardan korunma, gezginlik yönetimi, kümeleme ve yönlendirme, GTA tasarımıda önemli problemleri oluşturarak son yıllarda pek çok çalışma grubu tarafından irdelenmiştir. Özellikle, kendi kendine kümelenme ve küme liderleri arasında omurga oluşturarak dinamik yönlendirme akademik ve endüstriyel araştırma gruplarının ana çalışma hedeflerine yerleşmiştir. Alanda rasgele hareket eden GTA düğümlerinde veri yönlendirmeye oldukça geniş bir zaman adanmıştır. Önceki yıllarda yürütülen araştırmalar, kümeleme ve yönlendirme problemlerini iki bağımsız problem olarak irdemişlerdir. Halbuki uygun kümeleme yöntemlerine ek olarak tasarlanabilecek yönlendirme yordamları verimlilik ve ulaşılabilirlik açısından GTA'ya önemli avantajlar sağlayabileceklerdir. Bu çalışmada GTA için bir taşıma tabanlı yönlendirme yordamı önerilmektedir. Önce, bu yordamın yöntemi açıklanmakta, analizi yapılmakta daha sonra ise bu yordam kullanılarak ns2 benzeşim ortamında elde edilen sonuçlar verilmektedir.

### Abstract

Mobile Ad Hoc Networks (MANETs) are widely in use in rescue, military operations, scientific and business areas. Many studies are addressed in MANETs because of their need to long lasting liveness, fault tolerance, dynamic addressing, collusion prevention, mobility management and security. Especially, self clustering, backbone construction and routing are the most interesting academic and industrial research areas in MANETs. A wide range of studies addressed the routing problem in MANETs. Many previous studies address the clustering and routing problems as separate subjects. However, routing approaches which are specific to the clustering methodologies may have many advantages in terms of efficiency and availability. In this study, a flooding based routing algorithm is proposed. First, a detailed description of

the algorithm is explained, then the analysis and test results using the ns2 simulator are given which show that the designed algorithm is scalable and has favorable performance.

### 1. Giriş

GTA'larda yönlendirme, düğümlerin hareketliliği ve kısıtlı ömürleri sebebiyle üzerinde çok çalışılan bir konudur. GTA'lar gibi sabit bir yapıya sahip olmayan ağlarda yönlendirme tablolarının sıklıkla güncellenmelerini gerektirmektedir. GTA'lar üzerindeki yönlendirme tablolarının güncellenmeleri için gerekli olan haberleşme, telsiz bir ağ üzerinde bant genişliğinin büyük bir bölümünü kaplayabilecek kadar artabilir. Bu durum ağdaki mesajlaşma trafiğini aksatabilecek düzeylerde olabilir. Bu sebeplerle, yerleşik ağlarda kullanılan yönlendirme yordamlarının, GTA'lar için uygun olmadığı söylenebilir. Bu problemi aşmak üzere yeni dinamik yönlendirme yordamları geliştirmek gerekmektedir. GTA'lar belirli yapısal özelliğe sahip olmayan ağlardır. GTA'nın sanal olarak yapılandırılması, üzerinde gerçekleştirilecek yönlendirme yordamının tasarlanmasını oldukça kolaylaştırabilir. Sanal yapılandırma aracı olarak kümeleme yordamları kullanılabilir. Literatürde GTA'lar üzerinde birçok kümeleme yordamı geliştirilmiştir. Uygun yönlendirme yordamlarının geliştirilebilmesi için kümeler arasında omurga ve geçit düğümler tanımlanması gereklidir. Bağlı hakim küme tabanlı kümeleme yordamları hem kümeleme yaparak sanal yapılandırmayı sağlamaktadır, hem de küme liderleri arasında omurga oluşturmaktadır. Küme liderleri aynı zamanda kümeler arasında geçit düğümleri olarak ta kullanılabilir. Bütün bu özellikleriyle bağlı hakim küme tabanlı olarak kümelenecek düğümler üzerine tasarlanacak dinamik bir yönlendirme yordamı GTA'lar üzerindeki yönlendirme problemine bir çözüm olarak irdelenebilir. Bu çalışmada, Taşıma Tabanlı Yönlendirme Yordamını (TTY) öneriyoruz. TTY, bağlı hakim küme yöntemi ile kümelenecek GTA'lar üzerinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yayında kümeleme yordamı olarak Çokuslu ve Erciyeş'in Bağlı Hakim Küme Tabanlı Kümeleme Algoritması [1] kullanılmıştır. TTY, kümelenecek bir

GTA'da akıllı bir taşıma yöntemi kullanarak düğümler arasında verimli mesaj akışını sağlayan bir yordamdır. Çalışmanın 2. bölümünde çeşitli kümeleme ve yönlendirme yordamlarına yer verilmiştir. 3. bölümde TTY'Y'nin detaylı bir açıklaması, 4. bölümde ise analizleri verilmektedir. 5. bölümde örnek bir uygulama, 6. bölümde ise deney sonuçları irdelenmektedir. 7. bölüm, çalışmadan çıkarılan sonuçları içermektedir.

## 2. Literatür Özeti

Bu bölümde bağlı hakim set tabanlı kümeleme (BHS) ve yönlendirme yordamları ile ilgili literatür özeti yapacağız.

### Bağlı Hakim Set Tabanlı Kümeleme Yordamları:

Bağlı hakim set, ağdaki her düğümün hakim set üzerinde olduğu veya hakim set üzerindeki herhangi bir düğüme komşu olduğu, birbirine bağlı düğümlerin oluşturduğu bir alt kümedir[2]. Bağlı hakim set, GTA'lar üzerinde kümeleme amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [3]. Bağlı hakim set tabanlı bir çok kümeleme algoritması tasarlanmıştır. BHS'lerin ağ omurgası oluşturmaları gibi önemli avantajları bulunmaktadır [4]. BHS seçimi için kullanılacak olan algoritmanın seçimi çok önemlidir. En küçük BHS bulma konusunda bugüne kadar birçok çalışma bulunmaktadır. Guha ve Kuller bu konuda iki algoritma geliştirmiştir [5]. Das ve Bharghavan Guha ve Kuller'in merkezi algoritmasını dağıtık ortamlarda çalışması için yeniden uyarlamışlardır [6]. Daha sonra Wu ve Li, Das ve Bharghavan'ın algoritmasını geliştirip her düğümün sadece iki zıplama uzaklığındaki komşularını bilmesi gereken yeni bir algoritma tasarlamışlardır [7]. Wu ve Dai, Wu ve Li'nin dağıtık algoritmasını üzerine bazı yeni kurallar ekleyerek geliştirmişlerdir [8]. Hui Liu, Yi Pan ve Jiannong Cao da Wu ve Li'nin algoritmasının ikinci fazını geliştirmişlerdir [9]. Xinfang Yan, Yugeng Sun ve Yanlin Wang BHS bulmak için düğümlerin hayatta kalma yüzdesi ve güç seviyelerini parametre olarak kullanan bir algoritma tasarlamışlardır [10]. Çokuslu, Erciyeş ve Dağdeviren, Wu ve Li'nin algoritmasına eklenmiş yapılarak geliştirmiş ve yeni kurallar tanımlamışlardır [1], bu sayede BHS'yi Wu ve Li'nin çalışmasına kıyasla daha az sayıda küme lideri seçerek gerçekleştirmeyi başarmışlardır. BHS üzerinde günümüzde daha birçok yordam bulunmaktadır, bu konuda detaylı bir literatür taraması Çokuslu, Erciyeş ve Dağdeviren'in çalışmasında [1] bulunabilir.

### GTA'larda Yönlendirme Yordamları:

GTA'lar üzerinde yönlendirmenin önemi sebebiyle günümüze kadar birçok yordam üzerinde çalışılmıştır. Her ne kadar önerilen yöntemlerin herbirinin ayrı ayrı özellikleri ve avantajları bulunsun da, belirli bir kümeleme yordamının özelliklerini baz alarak hazırlanan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Genel olarak bakıldığında iyi bir yönlendirme yordamı, ağdaki değişikliklere dayanıklı olmalı ve ağdaki kaynakları en az şekilde kullanarak verimli bir yönlendirme altyapısı sunmalıdır. Her ne kadar GTA'larda bir çok yönlendirme yordamı yöntemleri olsa da [11], bu bölümde sadece küme tabanlı yönlendirme yordamlarını irdedeceğiz.

Küme tabanlı yönlendirme yordamları belirli kümeleme yöntemleri üzerinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bu yönlendirme yordamları, GTA üzerinde kümelerin halihazırda oluşturulmuş olduğunu, kümelerin ve küme üyeliklerinin düğümler tarafından bilindiklerini varsayılmaktadır. Küme tabanlı yönlendirme yordamlarında düğümler gruplanmış

halde bulunmaktadır. Bazı yönlendirme yordamları, çok katmanlı yönlendirmeye de izin vermektedir.

CGSR [12] küme tabanlı yönlendirme yordamlarına bir örnek olarak irdelenebilir. CGSR'de, geçit düğümler küme liderleri arasındaki iletişime sorumludurlar. Her düğümden bir üyelik tablosu bulunmaktadır. Bu tabloda düğümler ilgili küme liderlerine eşlenmişlerdir. Düğümler düzenli aralıklarla bu tabloyu çoklu gönderim ile komşularına göndermektedirler. Bu şekilde düğümler birbirlerinin küme bilgilerini güncel bir şekilde bilmektedirler. Mesaj göndermek isteyen bir düğüm, hedef düğümün kümesine gönderilmek üzere mesajı kendi küme liderine gönderir. Yönlendirme, mesaj hedefe ulaşmaya kadar devam eder.

HSR [13] çok seviyeli bir yönlendirme algoritmasıdır. HSR'de, kümeler çok seviyeli olarak belirlenmiştir. Küme elemanları bağlantılı oldukları düğüm bilgilerini kendi kümeleri içerisinde çoklu gönderim ile birbirlerine göndermektedir. Küme liderleri kendi kümelerindeki bağlantı bilgilerini toplayarak geçit düğümler vasıtasıyla diğer küme liderleri ile paylaşmaktadır. Yönlendirme bilgileri bu şekilde ağdaki bütün küme liderleri tarafından bilinmektedir.

CBRP [14], en küçük kimlik tabanlı kümeleme üzerinde çalışan bir yönlendirme algoritmasıdır. Her düğüm kendi komşularının bağlantı bilgilerini bir tabloda tutmaktadır. Küme liderleri de kendi kümesindeki ve komşu kümelerindeki bağlantı bilgilerini tutmaktadır. Mesaj göndermek isteyen bir düğüm öncelikle patika istemi mesajı oluşturur ve kendi küme liderine ve komşu küme liderlerine gönderir. Mesajı alan bir küme lideri, hedef düğüm kendi kümesinde ise mesajı hedefe iletir, aksi takdirde mesajı komşu küme liderlerine gönderir. Aynı mesajı iki defa alan bir küme lideri, mesajı kabul etmez. İstem mesajının, hedefe ulaşmaya kadar geçmiş olduğu patika, mesajın içerisinde saklanır. Daha sonra patika bilgisi göndericiye aynı patika üzerinden yönlendirilir. Patika bilgisini alan gönderici, bu bilgiyi kullanarak mesajı yönlendirir. Hesaplanan patikalar üzerindeki değişiklikler hata ayıklama yöntemi kullanılarak düzeltilir, daha önce hesaplanmış bir patika bilgisi her mesaj gönderiminde yeniden hesaplanmaz.

Denko ve Lu [15] kendi kendine uyarlanan AODV [16] tabanlı bir yönlendirme yordamı tasarlamışlardır. AODV kullanımı kümelerin ve patikaların ihtiyaç olduğunda oluşturulmasını sağlamaktadır. Kümeleme yordamı olarak LID [12] kullanılmaktadır. Mesaj gönderimi ihtiyacı olduğunda iki seviyeli kümeler oluşturulup AODV tabanlı bir yönlendirme mekanizması kullanılarak mesaj yönlendirmesi yapılmaktadır. Mesaj yönlendirilmesi küme içi ve kümeler arası olarak iki farklı şekilde tasarlanmıştır. Küme içi iletişim için küme elemanları kendi kümelerine ait iletişim bilgilerini kullanmaktadır. Kümeler arası iletişim için ise AODV kullanılmaktadır.

## 3. Taşıma Tabanlı Yönlendirme Yordamı

TTY'Y, bağlı hakim set yöntemi kullanılarak kümelenecek ağlarda çalışacak şekilde tasarlanmış bir yönlendirme yordamıdır. TTY'Y tasarlanırken, kümeleme yordamı olarak Çokuslu ve Erciyeş'in TLCDS [17] yordamı kullanılmıştır. TLCDS'nin kullanımı ileride çok katmanlı yönlendirme yordamları tasarlanmasında altyapı sağlaması açısından birçok avantaj sağlamaktadır.

TTY'Y'de, her düğümün ait olduğu kümenin liderini ve komşularını bildiği varsayılmaktadır. Ayrıca küme liderlerinin, kümelerindeki küme elemanlarını da bildikleri

varsayılmaktadır. TTY' de iletilen bütün mesajların bir numarası bulunmaktadır. Bu numaralar mesajı gönderecek düğüm tarafından, "Mesaj Numarası = (Düğüm Numarası \* EnFazlaMesajSayısı) + SıraNumarası" formülü esas alınarak hesaplanmaktadır. Buradaki formülde *Düğüm Numarası* düğümün numarasını, *EnFazlaMesajSayısı* tamponda tutulabilecek en fazla mesaj sayısını, *SıraNumarası* da her seferinde artan mesaj numarasını belirtmektedir. *SıraNumarası*, *EnFazlaMesajSayısı* tabanında hesaplanan bir sayı olarak ele alınmaktadır. Bu formül, ağda aynı mesaj numarasında birden fazla mesaj olmasını engellemektedir. Her düğüm, işletilen mesajları geçici bir süreliğine *Mesaj Bilgi Kutusu (MBK)* adında bir tampon alanda tutmaktadır. Bu tamponda her bir mesaj için, mesaj numarası, bilgilendirme beklenen komşuların listesi, mesajın geçerlilik süresi ve geçerlilik tipi gibi mesajın takibine olanak sağlayacak bilgiler tutulmaktadır.

TTY, mesaj gönderimi ve mesaj alımı olmak üzere iki yordamdan oluşmaktadır.

### Mesaj Gönderimi:

Mesaj göndermek için kullanılmakta olan yordam Şekil.3.1'de görülebilir.

<p><i>Gönderme Yordamı</i>  <i>Başla</i>  <i>Yürütücü küme lideri ise</i>  <i>Hedef yürütücünün kümesinde ise</i>  <i>Mesajı hedefe ilet.</i>  <i>Aksi takdirde</i>  <i>Mesajı komşu küme liderlerine ilet.</i>  <i>Son</i>  <i>Aksi takdirde</i>  <i>Mesajı küme liderime ilet.</i>  <i>Son</i>  <i>Son</i></p>
--

Şekil.3.1

TTY' de mesaj gönderimi, mesajı göndermek isteyen düğümün tipine göre farklılık göstermektedir. Bir küme elemanı mesaj göndermek istediğinde, mesajı hazırlayıp MBK içine kaydeder ve küme liderine gönderir. Bu aşamadan sonra küme liderinden Bilgilendirme Mesajı aldıktan sonra başka bir işlem yapmasına gerek yoktur, mesajın hedefe ulaşması bu noktadan sonra küme liderinin sorumluluğundadır. Gönderen düğüm, MBK'da süresi dolmuş olan mesajları MBK'dan siler.

Küme lideri tipindeki bir düğüm mesaj göndermek istediğinde mesajı hazırlayıp MBK'ya kaydeder. Daha sonra hedef düğümün kendi kümesinde olup olmadığını kontrol eder. Eğer hedef düğüm kendi kümesinde ise mesaj doğrudan hedef düğümüne gönderilir. Eğer hedef düğüm farklı bir kümede ise, gönderici, mesajı küme lideri tipindeki komşularına gönderir. Gönderici düğüm, gelen bilgilendirme mesajlarını kontrol ederek *bilgilendirme beklenen komşular listesinden* siler. Mesajın geçerlilik süresi içerisinde herhangi bir düğümden bilgilendirme mesajı alınmaz ise, mesaj bilgilendirme gelmeyen düğümüne bilgilendirme alınmaya kadar aynı aralıklarla gönderilir. Tüm hedef düğümlerden bilgilendirme mesajı alındıktan sonra, geçerlilik süresi dolan mesaj MBK dan silinir.

### Mesaj Alımı:

Mesaj alımı için kullanılmakta olan yordam Şekil.3.2'de görülebilir.

<p><i>Mesaj Alımı Yordamı</i>  <i>Başla</i>  <i>Yürütücü küme lideri ise</i>  <i>Mesaj ilk defa alınıyor ise</i>  <i>Yürütücü hedef ise</i>  <i>Mesajı al.</i>  <i>Aksi takdirde</i>  <i>Hedef yürütücünün kümesinde ise</i>  <i>Mesajı hedefe ilet.</i>  <i>Aksi takdirde</i>  <i>Mesajı küme lideri komşulara gönder.</i>  <i>Son</i>  <i>Son</i>  <i>Son</i>  <i>Aksi takdirde</i>  <i>Gönderici yürütücünün küme lideri ise VE</i>  <i>Yürütücü hedef düğüm ise VE</i>  <i>Mesaj ilk defa alınıyor ise</i>  <i>Mesajı al.</i>  <i>Son</i>  <i>Son</i>  <i>Son</i></p>
---

Şekil.3.2

TTY' de küme elemanı tipindeki düğümler taşıma işlemine katılmazlar, taşıma işlemi sadece küme liderleri tarafından yürütülür. Bu sebeple küme elemanı tipindeki bir düğüm, kendisine gelen bir mesajı sadece kendisi hedef düğüm ise kabul etmektedir. Ayrıca TTY' de bir küme elemanı sadece kendi kümesinin küme liderinden mesaj kabul etmektedir. Küme liderinin dışındaki bir kaynaktan gelen mesajlar kabul edilmez.

Küme lideri tipindeki bir düğüm bir mesaj aldığı anda, alınan mesaj bir takım kontrolden geçirilir. Bu kontroller:

- C1: Mesaj ilk kez alınıyor ve de yürütücü hedef düğüm
- C2: Mesaj ilk kez alınıyor ve hedef yürütücünün kümesinin bir elemanı
- C3: Mesaj ilk kez alınıyor ve hedef farklı bir kümenin elemanı
- C4: Mesaj daha önce alınmış ve yürütücü mesajın hedefi.
- C5: Mesaj daha önce alınmış ve hedef, yürütücünün kümesinin bir elemanı
- C6: Mesaj daha önce alınmış ve hedef başka bir kümenin elemanı

Eğer C1 koşulu doğru ise alıcı mesajı MBK'ya kaydeder, gönderene bir bilgilendirme mesajı gönderir ve mesajı işleme sokar. Eğer C2 koşulu doğru ise alıcı mesajı MBK'ya kaydeder, hedef düğümüne mesajı iletir, gönderici düğümüne de bilgilendirme mesajı gönderir. Eğer C3 koşulu doğru ise yürütücü mesajı MBK'ya kaydeder, mesajı küme lideri komşularına çoklu gönderim ile gönderir. Bu koşul için bilgilendirme mesajı gönderilmez, çoklu gönderim ile gönderilen mesaj, bir önceki gönderen için bilgilendirme olarak kullanılacaktır. Eğer C4, C5 veya C6 koşullarından biri doğru ise mesaj kabul edilmez. Yürütücü düğüm, bir bilgilendirme mesajı aldığı anda MBK'sını kontrol eder, alınan bilgilendirme mesajı bilgilendirme beklenen komşular listelerinde ilgili girdinin silinmesini sağlar.

C1 koşuluna uyan küme lideri, taşıma işleminin son bulunduğu düğümdür, fakat taşınan mesaj diğer bütün küme liderlerine

ulaşana kadar ağda dağılacaktır. Taşıma yöntemiyle ağa dağılan mesajlar, aynı zamanda bir önceki gönderici için bilgilendirme mesajı olarak ta kullanılmaktadır. Eğer herhangi bir sebeple bir bilgilendirme mesajı alınmaz ise, bilgilendirme bekleyen düğüm belirli bir süre sonra bilgilendirme beklenen düğümüne ilgili mesaja ait bir *Bilgilendirme Talebi* gönderir. Bu mesajı alan düğüm ilgili mesaj MBK'sında var ise bilgilendirme mesajı gönderir, MBK'sında yok ise mesajı kabul edip yukarıda belirtilen koşullara göre gereken işlemi yapacaktır.

#### 4. Analiz

**Teorem 4.1.** *TTY' nin zaman karmaşıklığının alt sınırı  $\Omega(2)$ , üst sınırı da  $n$  küme lideri sayısı olmak üzere  $O(n)$ ' dir.*

**İspat.** En iyi senaryoya göre bir düğüm kendi küme liderine mesaj gönderecektir. Bu durumda biri mesajın kendisi, diğeri bilgilendirme mesajı olmak üzere iki mesaj değişimi gerçekleşecektir. Bu da iki mesaj değişim süresi kadar zaman karmaşıklığına sebep olacaktır. En kötü senaryoda ise gönderen ve alıcı düğümler en uzak iki kümede bulacaklardır. Bu durumda 1 mesaj göndericiden küme liderine,  $n-1$  mesaj küme liderleri arasında, 1 mesaj da son küme liderinden hedef düğümüne gönderilecektir. Bu durumda zaman karmaşıklığı  $(1 + n - 1 + 1) = (n+1)$  olarak hesaplanıp,  $O(n)$  olarak bulunabilir.

**Teorem 4.2.** *TTY' nin mesaj karmaşıklığı en iyi durumda  $\Omega(2)$ , en kötü durumda ise  $n$  küme lideri sayısı olmak üzere  $O(n)$ ' dir.*

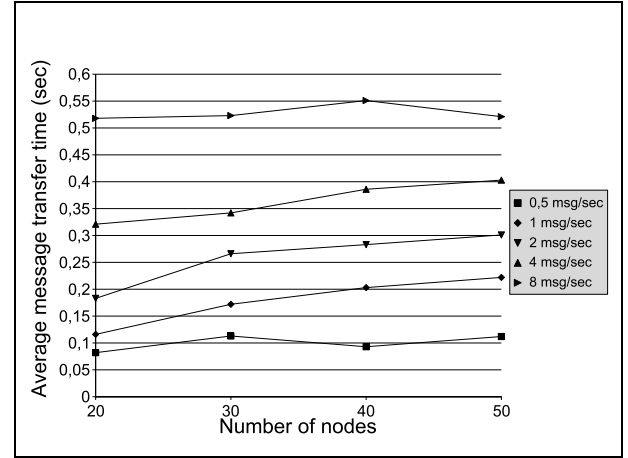
**İspat.** En iyi senaryoya göre bir düğüm kendi küme liderine mesaj gönderecektir. Bu durumda biri mesajın kendisi, diğeri bilgilendirme mesajı olmak üzere toplam iki mesaj gönderilecektir. En kötü senaryoya göre ise gönderen ve alıcı düğümler en uzak kümelerde bulunacaklardır. Bu durumda taşınan mesaj bütün küme liderlerini dolaşacaktır. En kötü senaryoda her küme liderinin en fazla iki küme lideri komşusu olacaktır. Bu durumda gönderilen bir mesaj çoklu gönderim ile her küme lideri tarafından bir defa gönderilecektir. Çoklu gönderim mesajlarında gönderilen mesaj bir önceki gönderen için bilgilendirme olarak alınacağından ayrıca bilgilendirme mesajlarına gerek kalmaz. Bu durumda toplam  $(n+2)$  adet mesaj gönderilecektir, bu da  $O(n)$  zaman karmaşıklığı olarak belirtilebilir.

#### 5. Deney Sonuçları

TTY, yaygın olarak kullanılan bir ağ benzetim ortamı olan *ns2* üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hareketli ağ senaryoları için aynı küme ortamı kullanılmış, ölçümler yapılırken düğümlerin hareketliliği dışındaki etmenler sabit tutulmuştur. Deneylerde 20, 30, 40 ve 50 düğüm sayılarının herbiri için 2 farklı hareketlilik senaryosu ve 5 farklı mesaj yoğunluğu ortamı olmak üzere 40 farklı senaryo denenmiştir. Mesaj trafikleri, yoğunlukları 0,5, 1, 2, 4 ve 8 mesaj/saniye olmak üzere rastgele olarak oluşturulmuştur. Hareketlilik senaryosu olarak hareketsiz ve hareketli olarak iki farklı senaryo belirlenmiştir. Hareketsiz senaryolarda düğümler hareket etmemektedir. Hareketli senaryolarda ise düğümlerin hareketleri 1m/s ve 5m/s hızları arasında rastgele olarak belirlenmektedir.

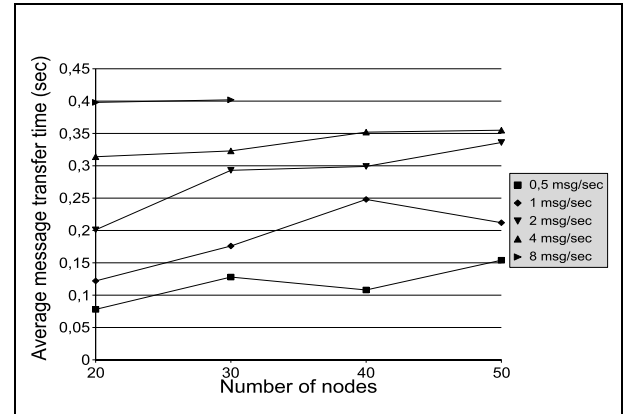
Deneylerde gözlem olarak uçtan uca mesaj ulaşım süreleri ölçülmüştür. Herbir senaryo için 70 örnek olmak üzere toplam 2800 örnek toplanmıştır. Gözlem sonuçları ağdaki düğüm

sayısı ve mesaj trafik yoğunluklarına göre sınıflandırılmışlardır. Hareketli test senaryolarında test süresince küme yapılarının bozulmadığı durumlar dikkate alınmıştır. Hareketsiz deney sonuçları Şekil. 5.1'de görülebilir.



Şekil.5.1 Hareketsiz Ağ Test Sonuçları

Test sonuçlarının ağdaki düğüm sayısından ve trafik yoğunluğundan bağımsız olması beklenmektedir. Test sonuçlarının ağdaki düğüm sayısı ile aralarında orantısal bir bağlantı olmadığı şekilden görülebilmektedir. Fakat mesaj trafik yoğunluğu arttıkça mesaj iletim sürelerinin arttığı görülmektedir. Bunun sebebi artan trafik yoğunluğuna bağlı olarak artan mesaj çakışmalarıdır. Hareketli test senaryosunun verileri Şekil.5.2'de görülebilir. TTY' nin ağ hareketliliğinden bağımsız olması beklenmektedir. Şekil.5.1 ile Şekil.5.2'de okunan değerlerin birbirine olan yakınlığı bu hipotezi doğrulamaktadır.



Şekil.5.2 Hareketli Ağ Test Sonuçları

Deney sonuçlarındaki trafik yoğunluğu ve düğüm sayısı ile ilgili hareketsiz testlerde beklenenler, hareketli ağ testleri için de geçerlidir. Test sonuçlarındaki benzer davranışlar hareketsiz testlerde açıklanan açıklamalarla birebir örtüşmektedir.

#### 6. Sonuç

TTY' nin deneylerde beklenen davranışlara yakın sonuçlar vermesi yordamın analiz ve geçerliliğinin kanıtlanmasına

yardımcı olmuştur. Yordam ile ilgili kısıtlamalar fiziksel iletişim ortamındaki çakışmalardan kaynaklanmaktadır. Bu kısıtlamalar yüksek trafik yoğunluklarında dikkate değer performans kayıplarına sebep olmuştur. Fakat uygulamada gerçeğe yakın sonuçlar alınması ve bu alanda yenilikçi bir yaklaşım taşınması açısından TTY'nin küçük ve orta yoğunluktaki GTA'da kullanılabilmesine inanıyoruz.

## 7. Kaynakça

- [1] D. Cokuslu, K. Erciyes, and O. Dagdeviren, "A Dominating Set Based Clustering Algorithm for Mobile Ad hoc Networks", in *Proc. ICCS2006*, LNCS 3991, 2006, pp.571-578.
- [2] D. West, "Introduction to Graph Theory", *Prentice Hall, second edition*, 2001.
- [3] Y. Chen and A. L. Liestman, "Approximating Minimum Size Weakly-Connected Dominating Sets for Clustering Mobile Ad Hoc Networks", in *Proc. 3rd ACM Intl. Symp. Mobile Ad Hoc Net. and Comp.*, 2002, pp.165-72.
- [4] I. Stojmenovic, M. Seddigh and J. Zunic, "Dominating sets and neighbor elimination-based broadcasting algorithms in wireless networks", in *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol.13, pp.14-25, 2002.
- [5] S. Guha and S. Khuller, "Approximation Algorithms for Connected Dominating Sets", *Springer-Verlag New York, LLC*, 1998.
- [6] B. Das and V. Bharghavan, "Routing in ad-hoc networks using minimum connected dominating sets", *Communications, ICC97, IEEE International Conference*, vol.1, pp.376-380, 1997.
- [7] J. Wu and H. Li, "A Dominating-Set-Based Routing Scheme in Ad Hoc Wireless Networks", *Springer Science and Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V.*, 2001.
- [8] F. Dai and J. Wu, "An Extended Localized Algorithm for Connected Dominating Set Formation in Ad Hoc Wireless Networks", *IEEE Transactions On Parallel and Distributed Systems*, vol.15, no.10, 2004.
- [9] H. Liu, Y. Pan and C. Jiannong, "An Improved Distributed Algorithm for Connected Dominating Sets in Wireless Ad Hoc Networks", in *Proc. of Parallel and Distributed Processing and Applications: Second International Symposium, ISPA 2004*, 2004, pp.340.
- [10] X. Yan, Y. Sun and Y. Wang, "A Heuristic Algorithm for Minimum Connected Dominating Set with Maximal Weight in Ad Hoc Networks", *Grid and Cooperative Computing: Second International Workshop, GCC 2003*, 2003, pp.719-722.
- [11] C. Liu and J. Kaiser, "A survey of mobile ad hoc network routing protocols", *University of Ulm Technical Report Series*, 2005.
- [12] C. Chiang, H. Wu, W. Liu and M. Gerla, "Routing in clustered multihop, mobile wireless networks with fading channel", *Proceedings of IEEE Singapore International Conference on Networks SICON'97, IEEE*, 1997, pp.197-211.
- [13] G. Pei, A. Iwata, C. Chiang, M. Gerla and T. Chen, "Scalable routing strategies for ad-hoc wireless networks", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.17, no.8, pp.1369-1379, 1999.
- [14] J. Mingliang, J. Li and Y. C. Tay, "Cluster based routing protocol (CBRP)", 1999.
- [15] M. Denko and H. Lu, "An AODV-Based Clustering and Routing Scheme for Mobile Ad Hoc Networks, *Ad-Hoc Networking, Boston, Springer*, 2006, pp.83-97.
- [16] C. Perkins and E. Royer, "Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing, *Mobile Computing Systems and Applications, IEEE*, 1999, pp. 90-100.
- [17] D. Cokuslu and K. Erciyes, "A Hierarchical Connected Dominating Set Based Clustering Algorithm for Mobile Ad hoc Networks", in *Proc. of the Fifteenth IEEE International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunications Systems (MASCOTS'07)*, 2007.