HAVA H ARP OKULU
HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ

# MANET YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİNİN İHA'LAR İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İsmail TURNADERELİ**

**Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Yazılım Mühendisliği Programı**

**EYLÜL 2013**

**HAVA HARP OKULU**
**HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ**

# MANET YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİNİN İHA'LAR İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İsmail TURNADERELİ**
**(110102)**

**Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Yazılım Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Yrd.Doç.Dr.İlker BEKMEZCİ**

**EYLÜL 2013**

Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsünün 110102 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, İsmail TURNADERELİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "MANET Yönlendirme protokollerinin İHA'LAR için değerlendirilmesi" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

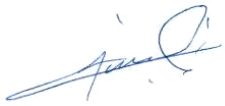
**Tez Danışmanı :** **Yrd.Doç. Dr. İlker BEKMEZCİ** .....
Hava Harp Okulu

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr.Olcay KURŞUN** .....
İstanbul Üniversitesi

**Yrd.Doç. Dr. Özgür Koray ŞAHİNGÖZ** .....
Hava Harp Okulu

**Teslim Tarihi :** **20 Eylül 2013**
**Savunma Tarihi :** **20 Eylül 2013**

Bu tez çalışmasında belirtilen görüş ve yorumlar yazara aittir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ya da diğer kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz. Ayrıca bu tez çalışması bilimsel ahlak ve etik değerlere uygun olarak yazılmış olup, yararlanılan tüm eserler kaynaklarda gösterilmiştir.



Eylül 2013 İsmail TURNADERELİ

***Eşime ve çocuklarıma,***

## ÖNSÖZ

Günümüzde İnsansız Hava Araçlarının (İHA) kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. İHA'ların gelecekte bir grup halinde ve otonom olarak görev yapmaları öngörülmektedir. Gerek askeri gerek sivil amaçlarla çeşitli görevler yerine getireceklerdir.

İHA'lar yapıları gereği belirli bir faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptirler. Görevleri için gerekli olan tüm yükleri taşıyamamaları nedeniyle bir grup halinde hareket etmeleri gerekecektir. Örnek olarak hedef tespiti için kullanılan bir İHA ile hedefi tahrip etmek ile görevli İHA'nın iletişim halinde olması gerekecektir. Ayrıca grup halinde otonom hareket için hassas konum bilgisi ihtiyacı gibi yüksek hacimli iletişim ihtiyacı bulunmaktadır.

Bu çalışmada, günümüzde kullanılan İHA'ları iletişim ihtiyacın yönelik olarak mevcut ağ yapılarının iletişim özellikleri incelenmiştir. İHA'ların bir araya gelerek oluşturdukları Havada Kurulan Tasarsız Ağlar (Flying Ad Hoc Network-FANET) yönlendirme özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla Hareketli Tasarsız Ağlar (Mobile Ad Hoc Network-MANET) yönlendirme protokolleri ile çeşitli hareket modelleri ve hızlar kullanılarak simülasyonlar yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışamada emeği geçen başta tez danışmanım Yrd.Doç.Dr.İlker Bekmezci, emeği geçen tüm hocalarıma ve aileme teşekkür ederim.

Eylül 2013 Ismai TURNADERELİ

**İÇİNDEKİLER**

**Sayfa**

## KISALTMALAR

**AD** : Ortalama Gecikme
**AODV** : Tasarsız Talep Esaslı Uzaklık Vektörü (Ad Hoc On Demand Vector)
**AOMDV** : Tasarsız Talep Esaslı Çoklu Yol Uzaklık Vektörü (Ad Hoc On Demand Multi Path Vector)
**DSDV** : Dinamik Sıralı Uzaklık Vektörü (Dynamic Squence Distance Vector)
**DSR** : Dinamik Kaynak Yönlendirme
**FANET** : Havada Kurulan Tasarsız Ağ
**İHA** : İnsansız Hava Aracı
**MANET** : Hareketli Tasarsız Ağ
**OLSR** : İyileştirilmiş Bağ Durum Yönlendirme Protokolü
**PDR** : Paket İletim Oranı
**VANET** : Araçlar için Tasarsız Ağ
**WRP** : Kablosuz Yönlendirme Protokolü
**ZRP** : Bölge Yönlendirme Protokolü

## ÇİZELGE LİSTESİ

**Sayfa**

## ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa**

# MANET YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİNİN İHA'LAR İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

## ÖZET

Çoklu İHA sistemleri yüksek irtifa platformları ve uydu sistemlerinin keşif görevleri için bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoklu İHA sistemleri atmosferik olaylardan (yüksek irtifada bulunan bulutlar) diğer sistemlere nazaran daha az etkilenmektedir. Uydu sistemlerini ele alacak olursak belli bir yörünge üzerinde hareket etmektedir. Bu durum her bir geçiş ile kapsadıkları alanlar sınırlıdır. Havacılık ve elektronik alanlarındaki gelişmeler ile mini İHA sistemlerinin gerçekleştirilmesi mümkün kılmaktadır. Tek bir mini İHA'nın imkan ve kabiliyetleri kısıtlıdır. Bu sistemler için en önemli nokta birlikte hareket edebilme kapasiteleridir. Görev esnasında dinamik bir yapının kurulması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu tip dinamik ortamlar için en uygun yapılar MANET'lerdir. MANET'lerin yönlendirme protokolleri genel proaktif ve reaktif protokoller olarak ikiye ayrılır. Reaktif yapıdaki yönlendirme protokolleri proaktif protokollere göre daha fazla trafik oluşturur. Proaktif yönlendirme protokolleri yol bilgisinin ortaya çıkarılması için daha karmaşık yapılara sahiptirler. Dinamik olmayan yapılar karşısında kaynak hedef arasındaki performansları yüksektir. Ancak, yol bulma mekanizmaları ile yol bilgisinin güncellenmesi ihtiyacı ortaya çıktığında karmaşık mekanizmaları nedeniyle beklenen performansı gösterememektedir.

MANET yönlendirme protokolleri kullanılarak yaptığımız simülasyonlarda çok sayıda parametre ile İHA'lar çalışma ortamları simule edilmeye çalışılmıştır. Temel olarak ele aldığımız görev senaryosu ise belirli bir alan içerisinde bulunan rastgele bir hedefi bulunması ve hedefe ait 60 saniyelik görüntünün merkeze gönderilmesidir. Bu amacın gerçekleştirilmesi amacıyla 3 farklı hareket modeli belirlenmiştir. Ayrıca İHA'ların hızları değişkenlik göstermesi göz önünde tutularak 3 farklı hız kullanılmıştır. Bununla birlikte radyo sinyal yayılımının etkilerinin belirlenmesi ve İHA'ların görev yaptıkları ortamdaki şartların benzetilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 1000m.×1000m.lik bir alanda 600 sn.lik bir sürede simulasyon yapılmıştır. 60 sn.lik bir video akışı ile hedefe ait görüntünün merkeze aktarılması sağlanmıştır. Tüm parametrelerin kullanılması ile oluşturulan senaryo NS-2 ortamında gerçeklenerek denenmiştir.Toplam olarak her bir parametreye ilişkin olarak 10 defa denenerek elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

Bu çalışmadaki amacımız İHA sistemlerine yönelik olarak geliştirilecek olan yönlendirme protokolleri için ihtiyaç duyulan özelliklerin belirlenmesidir. Böylelikle FANET'lerin gerçeklenmesi amacıyla yapılacak çalışmalar için temel özellikler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Temel olarak elde ettiğimiz sonuçlar neticesinde; dinamik ortam özelliklerine uygun olan reaktif protokollerin daha iyi sonuçlar verdikleri gözlemlenmiştir. Reaktif protokollerin temel başarımı ise yol bulma işleminde yer almaktadır. Yönlendirme işlemlerinin daha basit ve ihtiyaç duyulduğu anda başlatılması ile gerçekleştirilmesi esneklik sağlamaktadır. FANET'lerin yönlendirme protokolleri; Dinamik ortam özelliklerine cevap verebilen, değişen topolojilere uyum gösterebilen, bandgenişliğini etkin kullanabilen, kaynakların kullanımında etkinlik sağlayan, dağıtık işleme isteklerine uygun özelliklere sahip olması gerektiği değerlendirilmektedir.

## PERFORMANCE COMPRISION OF MANET ROUTING PRTOCOLS FOR FANET

## SUMMARY

The usage of multi-UAV for ISR missions is an alternative to observation satellites and high altitude platforms. Multi-UAV systems give an opportunity to observe landscape without difficulties of atmospheric conditions. Satellite systems search is limited with its orbit. Recent development of aeronautic and electronic technologies gives an opportunity to realize small UAV. However, single small UAV will limit efficiency. Small UAV collaboration is the key point of design. Small-UAV systems are required to collaborate with each other to achieve their missions. Techniques for UAV collaboration are being developed in academic, commercial, and military settings. During the mission, a dynamic network structure has to be established. Generally, there are two types of routing protocols: These are reactive routing protocols and proactive routing protocols. The traffic is generated more than proactive routing protocols. The mechanism of discovering route is less complex and usage of memory is very low level. Proactive protocols have complex mechanisms compared to reactive routing protocols. It meant that they have to have cache memory and more systems sources from reactive. When the change ratio of topology is low, finding a route from source to destination is easy. At first, proactive protocols look like an advantage but its advantage causes a problem in FANETs. Rapid change of topology results in update of routing tables of all nodes. They use a route update message mechanism for revealing topology in new situation and delay of packet increases.

Basically, we try to simulate flight environment of UAVs with search mission scenario. The mission scenario is finding a random target on area of interest and sending its visual data to the mission center. In order to accomplish this goal has been identified three different mobility models. In addition, considering the variability of the UAVs speed three different speeds are used. However, to determine the effects of radio signal propagation and served UAVs are intended to simulate the conditions in their environment. 1000m this purpose. × 1000m.lik-second clip 600 in a period in a field simulation is conducted. 60-second clip of a video stream with the destination's image has been transferred to the center. The scenario generated by the use of all the parameters in the environment gerçeklenerek denenmiştir.topla as NS-2 in relation to each parameter of the results obtained by testing 10 times were averaged.

In FANET, network generates more traffic than expected by mobility of nodes. In this paper, we propose an alternative network solution for observation satellites and high altitude platforms that are operates on singular solution. Collaboration of UAV gives us an opportunity to design a low-cost and reliable network environment as high altitude platforms and observation satellites. The main accomplishment of our study is evaluation based on sending video form source UAV to base by different routing protocols. Basically the results obtained as a result of the dynamic environment in accordance with specifications of the reactive protocols were observed to give better results. Reactive protocols, the basic performance of the discovery process is located on the road. The time needed for routing much simpler and provide flexibility to perform with the launch. Fanette of the routing protocols; responsive to dynamic media features, which can adapt to the changing topology,

which can effectively use the bandwidth, enabling the efficient utilization of resources, distributed processing requests with the appropriate characteristics should be evaluated.

# 1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılan İHA sistemlerinde tek bir İHA ve görev merkezi ile iletişimi şeklinde planlamalar yapılmaktadır. Bu amacın gerçekleştirilmesi amacıyla gerek yönlendirilmiş antenler, gerekse uydu iletişmi kullanılmaktadır. Bu yöntem ile hem yüksek bir maliyet hem de ölçeklenebilir bir ağ oluşturmaya izin vermeyen bir durumdur. Bu durumun engellenebilmesi ve daha uygun bir sistem gerçekleyebilmek üzere var olan yapılar incelendiğinde ise Hareketli Tasarsız Ağlar (Mobile Ad Hoc Network-MANET) uygun bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sayede MANET'lerin sahip oldukları özellikleri İHA sistemlerinde kullanabilme imkânına sahip olmaktayız.

Bütün bunların yanında İHA'lar arasında bir ağ kurulması gereksinimi grup İHA'ların ortaya çıkması ile beraber kaçınılmaz olacaktır. Grup İHA'lar geniş bir araştırma alanına sahiptir. İster sivil amaçlı kullanım (Arama-Kurtarma, Doğal Afet ve Çevre İzleme vb.) isterse askeri amaçlı kullanım olsun ilerleyen yıllarda grup İHA'ların kullanılması daha sık gündeme gelecektir. Aynı anda tüm faydalı yükü bir İHA üzerinde taşınmasına alternatif olarak, bir görevi yerine getirmek üzere farklı konfigürasyona sahip hava araçları kullanımı gerekecektir. Bu amaçla İHA'lar arasında veya kapsama alanını genişletmek amacıyla röle görevinde bulunsunlar İHA'lar arasında iletişim gereksinimi ortaya çıkacaktır.

Tez çalışmamızdaki temel amaç bu tip iletişimlere gereksinim duyan grup İHA'lar için mevcut olan MANET yönlendirme protokollerini kullanarak bir arama algoritması ile belirli bir alanda bulunan hedef noktanın görüntülerinin merkeze aktarılması sırasındaki performanslarını NS-2 simülasyon ortamı ile incelemektir. Bu sayede geliştirilecek olan yönlendirme protokollerinin temel gereksinimleri belirlenmesine yardımcı olacaktır.

## 1.1 FANET Ağların Gelişimi

Günümüzde kullanılan alt yapı ihtiyacı duymaya ağlara genel bakıldığında ise sıralama olarak karşımıza; Tasarsız Hareketli Ağlar (Mobile Ad Hoc Network-

MANET), Araçlar Arası Tasarsız ağlar (Vehicluar Ad Hoc Network-VANET) ve Havada Kurulan Tasarsız Ağlar (Flying Ad Hoc Network-FANET) olarak bir sıralama çıkmaktadır.

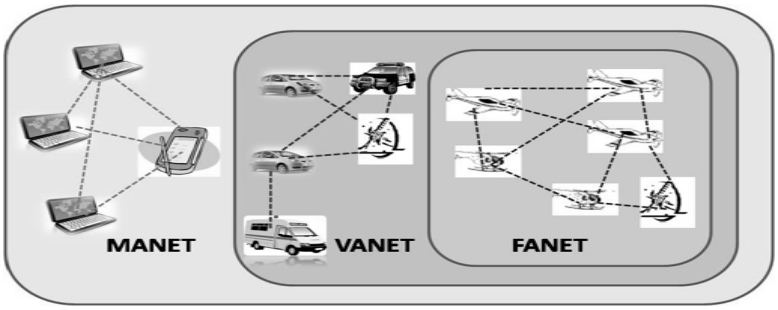
İlk ağ yapısı olarak MANET'leri ele aldığımızda; sabit altyapının bulunmadığı kendini konfigüre edebilen ve kısa süre içerisinde oluşturulabilen kablosuz ağlardır. Bu tip ağların genel özellikleri ve faydaları ise;

a. Herhangi bir kablolu altyapı ihtiyacı bulunmaz,
b. Merkezi yönetim ihtiyacı yoktur,
c. Dağıtık işleme,
d. Çoklu yollar ile erişim (Multi-Hop)
e. Kısıtlı Band genişliği kullanımı,
f. Değişken ağ kapasitesi sahiptirler.

Sakıncaları ise;

a. Güç tüketimi,
b. Servis kalitesi
c. Ortaklaşa çalışabilme,
d. Güvenlik ve güvenirlik olarak özetlenebilir.

VANET'ler, MANET ile aynı özelliklere sahip olmak ile beraber hareket halindeki araçları kullanarak oluşturulan Tasarsız ağlar ağlardır. Bu tip ağlar yoğun olarak askeri alanlarda kullanılmaktadır.




**Şekil 1.1:** FANET'lerin Gelişimi.

FANET'lerin hava araçları arasında gereksinim duyduğumuz MANET'lerin özel bir yapısı olduğunu söyleyebiliriz [1]. Genel olarak İHA'lar arasında kurulan tasarsız ağlar ağlardır.

### 1.1.1 FANET'lerin özellikleri

FANET'ler tanımları üzere uçan tasarsız ağlar olara adlandırılabilir. FANET'ler diğer tasarsız ağlardan ayıran özelliklerine bakacak olursak

a. Hareketlerinin daha hızlı ve dinamik yapıya sahip olması,

b. Topoloji değişimlerinin sık olarak yaşanması,

c. Uçtan-uca iletişimin yanında görevlerinin yerine getirmeleri,

ç. Düğümler arasındaki mesafenin diğer ağlardaki düğümlere göre fazla olması,

d. Çoklu İHA sistemlerinin sahip oldukları değişik tipteki algılayıcıların gereksinim duydukları farklı iletim stratejileri gelmektedir.

## 1.2. İHA Sistmeleri

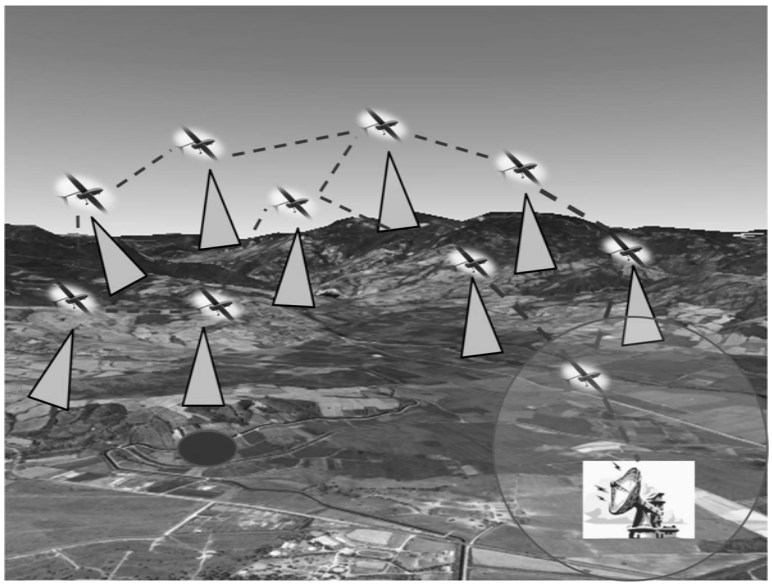
İHA içerisinde insan olmayan uzaktan kumanda ile yönlendirilebilen veya otonom olarak uçabilen motorlu itki gücü kullanan, silah veya faydalı yükleri ana gövdesine takılıp çıkarılabilen, görev sonunda geri dönerek iniş yapabilen veya hedefte silah olarak imha edebilen araçlara olarak tanımlanmaktadır [2].

### 1.2.1 İHA'ların sınıflandırılması

İHA'lar değişik büyüklük ve görevlere göre ayrılmaktadırlar. İHA'lar insanlı uygulamalara göre sıkıcı, kirli, tehlikeli işler gibi görevleri yerine getirmek üzere geliştirilmiş ve kullanılmaktadır İHA'lar belli bir hedefe ait görüntü tespiti yapmak, radyoaktif bölgelerin izlenmesi, elektronik harp kapsamında sinyal bozucu yayınlar yapmak gibi askeri ve sivil alanda geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir. İHA'lar genel olarak 4 ana gruba ayrılmaktadır.

- Küçük / Mikro İHA'lar: Çoğunlukla personel tarafından taşınan ve elle fırlatılan sistemlerdir.
- Alçak İrtifa Uzun Uçuş Süreli İHA'lar (Low Altitude Long Endurance; LALE)
- Orta İrtifa Uzun Uçuş Süreli İHA'lar (Medium Altitude Long Endurance, MALE)

- Yüksek İrtifa Uzun Uçuş Süreli İHA'lar (High Altitude Long Endurance; HALE)



**Şekil 1.2:** FANET Örneği.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında küçük /mikro İHA sistemlerine ilişkin olarak gerçeklenecek olan bir tasarsız ağlar network oluşturulmasına yönelik ihtiyaç duyulan yönlendirme mekanizmalarının incelenmesi hedef alınmıştır.. FANET'lerin en temel özelliği dinamik topolojiye sahip ve belirli bir görevi gerçekleştirmek amacıyla küçük İHA'ların bir araya gelmesi ile oluşturulabilir. FANET'in bir örneği Şekil 1.1'de gösterilmiştir.

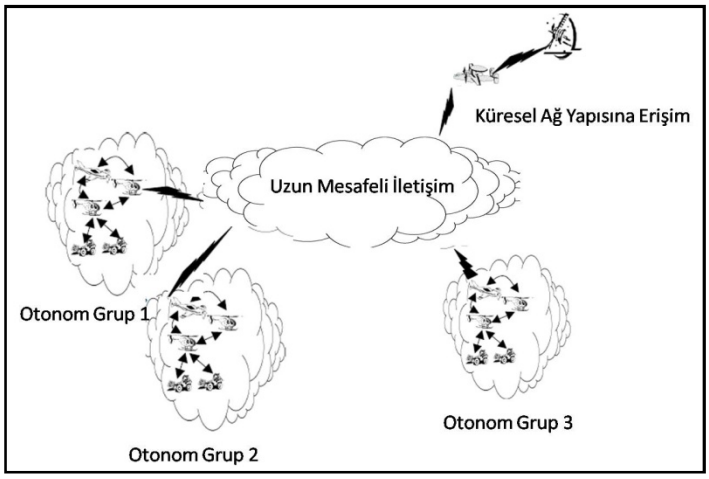
## 1.3 Önceki Çalışmalar

İHA'ların gelişimine paralel olarak yapılan çalışmaların bir kısmı İHA'lar arasında kurulacak olan ağ yapılarına ve gerçekleştirdikleri görevler özgü yapılar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Özellikle çalışmaların bir kısmı otonom hareket etme özelliği kazandırılmış olan İHA'ların arasında gerçekleştirilecek olan ağ yapılarına ilişkindir.

Amerikan Deniz Kuvvetleri desteğinde gerçekleştirilen bir çalışmada üç yapılı bir ağ ortamı önerilmiştir [3]. Bu üç yapıya ilişkin olarak grup arası, gruplar arası ve küresel iletişim olmak üzere üç yapı belirlenmiştir (Şekil 1.2). Her bir ağ yapısı arasında iletişimin gerçekleştirilmesi için4 farklı yapılar önerilmiştir. Otonom araçlar arasında tasarsız ağ ile iletişimi kullanılması önerilmiştir. Bu amaçla Topoloji yayınına dayana geri yol ilerletmesi (Topology Broadcast based on Reverse Path Forwarding-TBRPF) adlı yeni bir protokol önerilmiştir. Gruplar arası iletişimde her bir grubun arasından seçilen uygun bir düğüm ile iletişime geçilmesi esas alınmıştır. Küresel iletişim için ise gruplar arasında Site İçinde Otomatik Tünel Adresleme

Protokolü (Intra-site Automatic Tunnel Adressing Protocol- ISATAP ) kullanılması öngörülmüştür.

Ayrıca Amerikan Hava Kuvvetleri Teknoloji Enstitüsünde yapılan bir başka çalışmada ise arama görevini gerçekleştiren grup İHA'lar için pozisyon tabanlı bir tasarsız ağ iletişim protokolü önerilmiştir [4]. Bu çalışmada katmanlar arası bir




**Şekil 1.2:** Otonom Grup Araçlar için Tasarsız Ağ Yapısı.

protokol önerilmiştir. Arama görevlerine özgü bir protokol önerilmiştir.

Bir başka çalışmada ise yönlendirme performansının hareket modelleri üzerinde etkisi olduğu öngörülmüştür [5] Kullanılan modellerin gerçek harekat şartlarını yansıtmadığı belirtilmiş. SwarMM adlı bir model kullanılarak hareketli tasarsız ağ protokollerinin performansı üzerinde etkisi ölçülmüştür. SwarMM adlı hareket modelinde dost ve düşman birliklerinin konuş durumu ve arazi etkilerinin neler olduğu üzerinde çalışılmıştır.

Amerikan Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuarı tarafından desteklenen bir başka çalışmada ise harekete duyarlı Hava Ağ İskelet yapısı önerilmiştir [6]. Hiyerarşik yapıya sahip bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen konsepte göre İHA'lar tüm görevlerini önceden planlandığı belirtilmiştir. Planlama dahilinde tüm kapsama alanlarının belirli olacağı Harekete Duyarlı Yönlendirme Protokolü (Mobility Aware Routing Protocol-MARP) ve Hareket Yayılma Protokolü (Mobility Dissemination Protocol-MDP) olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. MARP belirli hareketlere göre kapsama alanlarını bildirilerek yönlendirme yapar. İkinci bileşen MDP ise kapsama alanlarını değiştiren etkilere göre yeni konum bilgisine yönelik olarak bilgilerin ortaya çıkarılmasını sağlamaktadır.

Colorado Üniversitesinde yapılan bir başka çalışmada ise kablosuz tasarsız ağlar bir test ortamı geliştirilmiştir [7]. DSR protokolü bu test ortamında kullanılmıştır. Test ortamı için ise düğümler, güç yükseltici, kablosuz radyo arayüzü, çeşitli donanım ve yazılımlar kullanılarak hareketi ve sabit testlerin nasıl yapılacağı ve performans kriterlerinin belirlenmiştir. Gecikmeler, sıkışıklık (congestion), çıktı oranları kriterleri denenmiştir. Bu sayede geliştirilecek olan protokollerin denenmesi için ortamlar hazırlanmıştır.

Ayrıca İHA sistemleri için kendilerini adapte edebilen bir kablosuz tasarsız ağ yapısı dizayn ve uygulaması gerçekleştirilmiştir [8]. Bu çalışmada adaptif bir ağ yapısı önerilmiştir. Artan sayıda İHA'ların olması ile ağ yapısının oluşturulan görev yapısına uygun hale getirilmesi gerektiği öngörülmüştür. Bu yapının özelliklerinin ortaya çıkarılması için mevcut kablosuz tasarsız ağ protokolleri kullanılarak dizayn edilecek olan yönlendirme protokolünün özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

# 2. HAREKELİ TASARSIZ AĞLAR (MOBİLE AD HOC NETWORKS-MANET)

## 2.1 Tasarsız ağlar (ad hoc) ağlar ve hareketli tasarsız ağlar

Tasarsız ağlar kendiliğinden yapılanırlar, geniş bir alana kolayca yayılırlar ve sabit bir altyapı kullanmazlar. Her yönde hareket edebilen ve kısıtlı imkânlara karşın iletişimi sürdürmek için sürekli işbirliği yapan kablosuz düğümlerden oluşurlar. Tasarsız ağlardaki düğümler sabit olabildikleri gibi, çok yüksek hızlar da hareket edebilirler. Böylece ağın genel olarak genişleyebilir olma özelliği sağlanır. Her bir düğüm hem yönlendirici görevi hem de konak görevi üstlenebilir. Bu sayede yüksek maliyetli olan herhangi bir altyapı imkanı bulunmadan ve yüksek maliyetli baz istasyonları gibi yapılara ihtiyaç duyulmaksızın bir ağ yapısı meydana getirilebilir. Ağda yer alan düğümlerin donanımsal özellikleri, kapasiteleri ve kullandıkları ortak protokoller sayesinde gerçekleştirilir.

MANET'ler dizüstü bilgisayar ve IEEE 802.1b/g standardının kullanımının yaygınlaşması ile beraber gündeme gelmiştir. Bu tip ağlarda cihazlara herhangi altyapı gereksinim olmadan daha büyük bir ağa bağlanabilirler. Bir üniversite yerleşkesinde internet erişimi için cihazlar arasında bir ağ oluşturularak hizmetin sağlanması örnek verilebilir. Bu tip bir ağ yapısında her bir elemanın hareketinin olması ile ağın sahip olduğu ağ katmanı görevi zorlaşmaktadır. Bunun nedeni ağın içerisinde yer alan yol bilgisi ve cihazlar arasındaki kablosuz bağlantı durumları farklılaşacaktır. Hareket ağın özellikleri arasında yer aldığı zaman ise ağ yönetiminin tüm karmaşıklığının arasına topolojinin güncellenmesi problemi de dahil olur. Bu durumda yönlendirme tablolarının güncellenmesi, komşuluk ilişkileri içinde veri paketlerinin dağıtımının yapılması gibi konularda önem kazanır.

### 2.1.1 Hareketli tasarsız ağların kullanım alanları

MANET'ler ile, İnternet Erişimi, Akıllı Ulaşım Sistemleri, Güvenlik Sistemleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Örnek vermek gerekirse; Güvenlik Sistemleri uygulamasında San Mateo Polisinin kullanımı için oluşturulmuş olan 30 Wi-Fi erişim noktası kurulmuştur. Kullanılan MAC standardı olarak ise 802.11 b/g

kullanılmıştır. Polis departmanında kullanılan tüm motosiklet ve bisikletlerdeki PDA'ler ve araçlardaki dizüstü bilgisayarlar ağa dahil edilmiştirler [9]. MANET'lerin kullanım alanları Tablo-1'de yer almaktadır.

**Çizelge 2-1:** MANET'lerin Kullaım Alanları.

| Ağ Özellikleri | Kullanım Alanları |
|---|---|
| Taktik Ağlar | Askeri İletişim Ağları<br>Muharebe Alanı Otomasyonu<br>Arama Kurtarma<br>Doğal Afet |
| Acil Hizmetler | Doğal Afetler Sonrası Altyapı İhtiyacı Nedeniyle<br>Emniyet ve İtfaiye İhtiyaçları İçin<br>Doktor ve Sağlık Görevlerini destek için |
| Ticari ve Sivil Kullanım | E-Ticaret: Elektronik Ödemlerin herhangi biryer ve zamanda ödenebilmesi amacı ile<br>İş dünyası:Veri Tabanına dinamil erişim ve mobil ofis uygulamaları amacı ile<br>Araç Uygulamaları: Yol Tarifi, Acil Durumların bildirimi, Ticari Araç Takip ve Otomasyon işlemleri<br>Kamusal Alanlarda İnternet Erişimi |
| Kişisel ve Kurumsal Kullanım | Ev/Ofis içerisinde ağ oluşturulması<br>Konferans ve toplantı Salonları<br>Kişisel Alan Ağları<br>Şantiye Sahalarında kurulan ağlar |
| Eğitim | Üniversite ve Kampus Alanlarında Kullanılan Ağlar<br>Sanal Sınıflar<br>Dersler ve ya toplantı sırasında anında katılım |
| Sensor Ağları | Ev uygulamaları; Akıllı Cihazların iletişimi<br>Kişisel Alan Ağları<br>Kimyasal veya Biyolojik tehlikeli bölgelerin ve ya vahşi hayvanların takibi |
| Kapsama Alanın Arttırılması | Cep telefonlarının kapsama alanın arttırılması<br>İnternet ve ya intranetin genişletilmesi |

### 2.1.2 Hareketli tasarsız ağların temel özellikleri

Kablosuz iletişim ile oluşturulan ağlar için ayrım yapmak gerekirse iki tip yapı karşımıza çıkmaktadır; Hücresel ağlar ve MANET ağlar.

Hücresel ağlarda düğümler arasındaki bağlantı sabit iletişim noktası ile düğüm arasında gerçekleşir. Bu bağlantının temel özelliği tek atlamalı (hop) bir bağlantı şeklinde olmasıdır. Hiçbir altyapı imkânının bulunmadığı ve ya kaynakların çok kısıtlı bulunduğu durumlarda ise MANET'ler kullanılır. Ağın temel özellikleri ise;

Dinamik Topolojiler: Düğümler öngörülemeyen şekilde ve zamanda hareket edebilirler. Ağ Topolojisi hızla ve rastlantısal şekilde değişir.

Bant genişliği sınırlamalı, değişken kapasitede linkler: Kablosuz bağlantılar kablolu bağlantılara göre daha düşük kapasiteye sahiptirler. Kablosuz iletişim ile gerçekleşen çıktı maksimum iletim oranından daha azdır. Bunun nedenleri; çoklu erişim, solma, gürültü, karışma durumları, vb.'dir.

Enerji sınırlamalı işleme: MANET'deki düğümlerin bazıları ya da hepsi batarya ya da batarya benzeri tükenir enerji kullanır. Bu düğümler için, en önemli sistem tasarım kriteri enerji tasarrufu yapmaktır.

Sınırlı fiziksel güvenlik: Hareketli Tasarsız ağlar, fiziksel güvenlik tehditlerine kablolu ağlara göre daha fazla maruz kalırlar. Gizli dinleme, yanıltma ve servis yalanlama saldırılarının artan olasılığı dikkatli bir şekilde göz önüne alınmalıdır. Güvenlik tehditlerini azaltmak için var olan bağlantı güvenlik teknikleri kablosuz ağlara uygulanabilir. MANET'lerde merkezi olmayan ağ kontrolü, merkezi yaklaşımlardaki tek nokta arızasına karşı ilave sağlamlık sağlar.

Otonom terminal: MANET'de her mobil terminal, konak ve yönlendirici olarak davranan otonom düğümdür. Diğer ifade ile; mobil düğümler, konak gibi temel işleme yeteneğinin yanında yönlendirici gibi yönlendirme yapma yeteneğine de sahiptir.

Dağıtık İşleme: Ağ işlemlerinin merkezi kontrolü olmadığı için, ağın kontrolü ve yönetimi terminaller arasında dağıtılmıştır. MANET'deki düğümler birbirleri arasında işbirliği yapmalıdır ve gerektiğinde her düğüm güvenlik ve yönlendirme gibi fonksiyonları gerçekleştirmek için relay olarak davranmalıdır.

Çok Atlamalı yönlendirme: Tasarsız ağlar yönlendirme algoritmaları tek atlamalı ve çok atlamalı olabilir. Tek atlamalı MANET, çok atlamalı yapı ve gerçekleştirim olarak daha basittir. Veri paketlerini kaynağından direk kablosuz iletim menzili dışındaki hedefine iletirken, paketler bir ya da daha fazla ara düğüm kullanılarak iletilmelidir.

Düşük İşlem Güçlü Terminaller: Çoğu durumda; MANET düğümleri, düşük CPU işleme yeteneğine, az belleğe ve düşük güç depolama yeteneğine sahip mobil cihazlardır. Bu cihazlar, hesaplama ve haberleşme fonksiyonlarını gerçekleştiren optimize edilmiş algoritma ve mekanizmalara ihtiyaç duyar [10].

### 2.1.3 Hareketli tasarsız ağlarda karşılaşılan problemler

Yönlendirme: Ağın topolojisi sürekli olarak değiştiği için, paketlerin herhangi düğüm çifti arasında yönlendirilme konusu sorun çıkaran bir görevdir. Çoğu protokoller önleyici yönlendirmeye dayalı olmak yerine tepkisel yönlendirmeye dayalı olmalıdır. Çoklu yayın yönlendirme bir diğer sorun çıkaran görevdir çünkü çoklu yayın ağacı düğümlerin ağ içindeki rastgele hareketi yüzünden durağan değildir. Düğümler arasındaki yollar çoklu hop içerebilir.

Güvenlik ve Güvenilirlik: Kablosuz bağlantının zayıf noktalarına ek olarak, Tasarsız ağlar ağ güvenlik problemlerine sahiptir. Dağıtık işleme doğası gereği farklı kimlik denetimi ve anahtar yönetim planlarına gereksinim duyar. Kablosuz link karakteristikleri aynı zamanda güvenilirlik problemleri ortaya çıkarır. Bu güvenilirlik problemlerinin sebepleri; sınırlı kablosuz iletim menzili, kablosuz ortamın yayım doğası, mobilite yüzünden ortaya çıkan paket kayıpları ve veri iletim hatalarıdır.

Servis Kalitesi(QoS): Sürekli değişen ortamda farklı servis seviyesinde kalite sağlamak sorun çıkaran bir görevdir. MANET'in haberleşme kalitesinde var olan stokastik özellik bir cihaza sunulan serviste sabit garantiyi sunmayı zorlaştırır. Çoklu ortam servislerini desteklemek için, geleneksel kaynak rezervasyonu üzerinde uyarlamalı QoS gerçekleştirilmelidir.

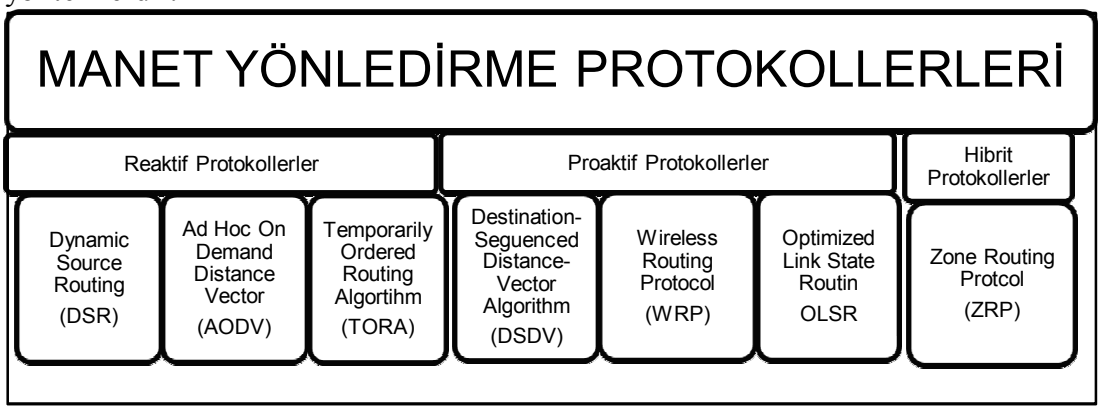
Beraber İşlem Yapabilme: Çoğu durumda; tasarsız ağlar ağ ile haberleşmenin yanında, MANET ile sabit ağlar arasında beraber işlem yapabilme özelliği de beklenmektedir. Böyle bir mobil cihazda; yönlendirme protokollerinin birlikte bulunması, uyumlu mobilite yönetimi için sorun çıkarmaktadır.

Güç Tüketimi: Çoğu düşük güçlü mobil terminal için; haberleşmeyle ilgili fonksiyonlar, zayıf güç tüketimi için optimize edilmelidir. Güç tasarrufu ve güç tüketimi dikkatli yönlendirme göz önüne alınmalıdır.

## 2.2. Hareketli Tasarsız Ağlarda Kullanılan Yönlendirme Protokolleri

Sabit ağ yapılarının kullandığı yönlendirme yöntemleri kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerin performansları ağın yapısı genişledikçe büyük oranda düşecektir. Bunun sebebi ise ağın topolojisinin değişimi artan bir hesaplama gerektirmesi, ağ yönteminin güncelleme bilgilerinin gerekli zamanda ulaşamaması nedeniyle çok sayıda paket hedef cihaza ulaşamayacaktır. Bu neden ile MANET'ler için farklı tipte yönlendirme protokollerinin kullanılması uygun olacaktır. Bunun için kullanılacak

olan üç tip genel yöntem bulunmaktadır. 1) Proaktif, 2) Reaktif ve 3) Hibrit yöntemlerdir.




**Sekil 2.1**: MANET Yönlendirme Protokolleri.

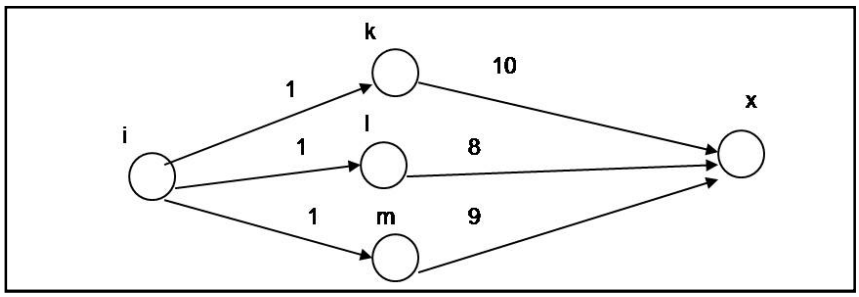
### 2.2.1. Proaktif manet yönlendirme protokolleri

Altyapı kullanılarak oluşturulan sistemlerde kullanılan yöntemlerin mobil ortama uyarlanmış olan yönlendirme protokolleridir. Burada mevcut olabilecek olan tüm yol hesaplanarak ağ ortamına yayınlanması ile gerçekleştirilir. Bir düğümün hiçbir zaman kullanmayacağı yol bilgisi o düğüm üzerinde tutulur. Yol bilgisi bir veya birkaç tabloda tutulduğu için bu tip protokollerin adı da tabloya dayalı protokoller olarak adlandırılır. Ağ topolojisinde bir hareket gerçekleşirse, periyodik olarak gönderilen mesajlar ve güncelleme mesajlarıyla bu durum tüm düğümlere iletilir. Protokollerin başarısını etkileyen faktörler gönderilen durum mesajlarının sıklığı ve güncelleme sıklığının doğru seçilmesinde yatmaktadır. Eğer durum belirleme mesajı çok sık gönderilecek olursa, ağda hedefe gönderilen mesaj sayısı kadar ortamda dolaşımda olan kontrol mesajları bulunur. Gönderme sıklığı çok yüksek tutulacak olursa, bu defada yolların güncellikleri geçerli olmayacaktır. Bu sebepten dolayı da hedefe ulaşması gerekenler paketler ulaşamayarak ağ ortamından düşecektir. Değişim hızının düşük olduğu ağ topolojilerinde bu yöntemin başarım oranı yüksek olur. Ancak mobilite hızının yükselmesi ile beraber başarım oranı azalır.

#### 2.2.1.1. Dinamik sıralı uzaklık vektörü yönlendirme (dynamic sequence distance vector- dsdv)

DSDV kablosuz ağlar için tasarlanan ilk protokollerden biridir. Her bir düğüm, ağdaki diğer düğümler için bir yol bulunan tablo tutar. Tablonun içeriğinde her satırda hedef düğüm, sonraki düğüm, uzaklık ve sıra numarası kayıtlıdır. Sıra numarası ile o yolun güncelliği gösterilir. Bir düğüm topolojide anlamlı bir değişiklik

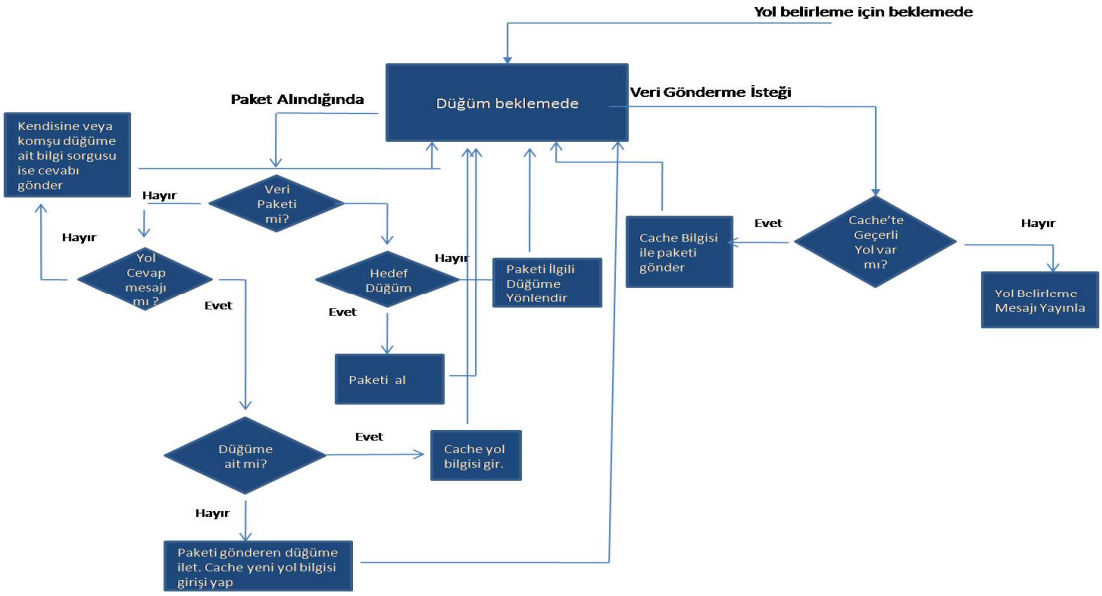
gördüğü zaman kendi tablosunu diğer düğümlere gönderir. Değişiklik büyük ise tüm tablo gönderilir, değilse sadece ilgili olan parçası gönderilir. Bir düğüme giden yol ile ilgili bir değişiklik olduğu zaman bu durum komşu düğümlere daha yüksek bir sıra numarası ile bildirilir. Bu değişikliği alan her düğüm, yönlendirme tablosunu günceller ve değişikliği kendi komşularına bildirir. Bu şekilde bütün bir ağ bu




**Şekil 2.2**: Bellman-Ford Algoritması Yol Bulma.

değişiklikten haberdar olur [11]. DSDV'de her bir düğüm bütün ağ için kendi yönlendirme tablosunu muhafaza eder. Örneğin bir S düğümü olsun. S düğümü, D düğümüne bir mesaj göndermesi gerektiği takdirde; S düğümü, kendi yönlendirme tablosundan D'ye ulaşmak için en iyi yolu seçer ve en iyi yol boyunca komşu düğümlere iletmek istediği mesajı iletir. Her bir düğüm, kendi yönlendirme tablosunu muhafaza etmek için gerekli bilgilere sahip olması gerekmektedir. Şöyle ki; her bir düğüm, Şekil 4 olarak tüm ağı bilir. Bilgiler, düğümlerin listesi, düğümler arasındaki sıralar ve her bir sıranın maliyetidir. Sıra maliyetleri, uzaklık, veri hızı, fiyat, tıkanıklık veya gecikmeyi içerir. Aralarında başka düğüm olmayan iki düğümün sıra maliyeti 1'dir. Her bir düğüm, kendi yönlendirme tablosunu Şekil 2.2'de görüldüğü gibi Bellman-Ford algoritması sayesinde elde eder. Her bir düğüm (i), her bir hedefde (x), her bir komşu için (j), uzaklık (dij(x)) belirler. Eğer dik(x), bütün dij(x)lerin minumumu ise, i düğümü, x düğümüne mesajı göndermek için bir sonraki zıplamada k komşuna yönelir (Ram,Manoj-2004). Eğer maliyetli hesabı dikkate alınırsa burada da görüleceği üzere i düğümünden x düğümüne gidecek paket öncelikle birinci aşamada hepsi eşit maliyete sahiptir. İkinci atlamaya gelindiğinde ise düğümler arasında maliyet olarak en düşük olan yol ise l-x'tir. Yani paket i-l-k yolunu izleyerek hedefe ulaşacaktır. Bu yöntem geçmişten beri bilinen bir yöntemdir. Küçük bir MANET oluşturmak için kullanılabilir. Ticari bir uygulaması

bulunmamaktadır. Algoritmanın iyileştirilmiş birçok örneği mevcuttur.



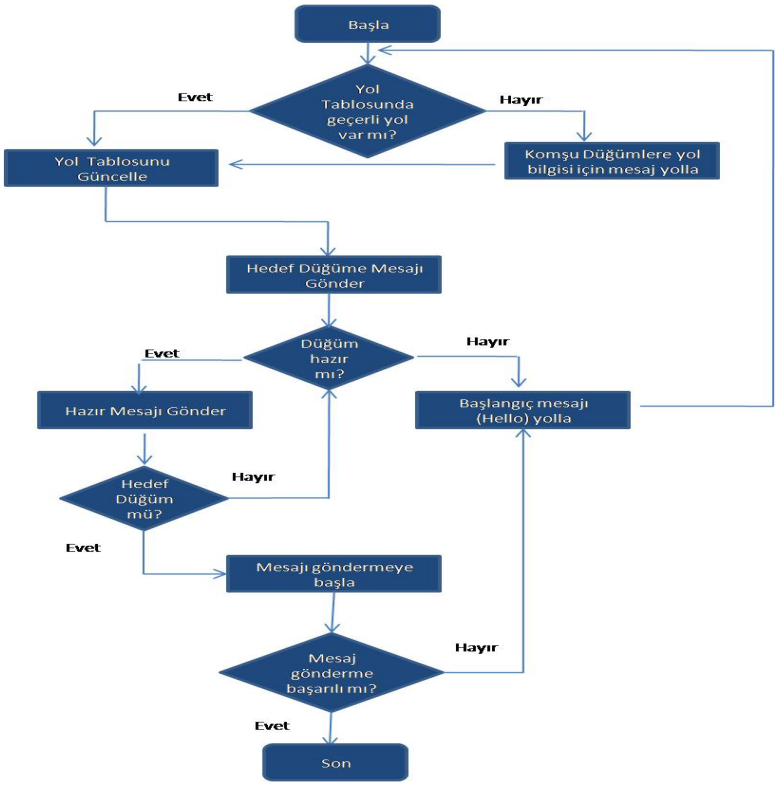

**Şekil 2-3** : DSDV Akış Şeması.

DSDV, kontrol mesajları yayınlaması dolayısıyla ağ üzerinde herhangi bir iletişim ihtiyacı olmasa bile iletişim gereksinimi gösterir. Kontrol mesajlarının yayınlanması ile bandgenişliğinin kullanımı gerçekleşir.

### 2.2.1.2. İyileştirilmiş bağ durum (optimized link state) yönlendirme

İyileştirilmiş Bağ Durum Yönlendirme (OLSR), MANET'ler için karar verme yetkisini ele alan bir yönlendirme protokoldür. OLSR proaktif bir protokoldür. Bu protokolde "hello" ve "topology control (TC)" mesajları ile yol tablolarının oluşturulması ve güncellemesi gerçekleştirilir. Her bir düğüm bir sonraki hedefi hesaplayabilmek için gerekli bilgiyi bu tabloyu ve seçim kriteri olarak ise en kısa yolu kullanılır. OLSR özel olarak MANET'ler için geliştirilmiş olan bir yönlendirme protokoldür [12].

OLSR'de, Multi Point Relay (MPR) olarak adlandırılan düğümler kullanılarak sel halinde aktarılan kontrol trafiğinin tüm ağı meşgul etmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu durum ile seçilen gruplar içerisinde seçilen MPR'lar sayesinde komşuluk ilişkileri ortaya çıkarılarak, her bir düğümün kendi başına yayınlanan kontrol mesajlarının sayısının azaltılması ve bandgenişliğinin etkin kullanılması amaçlanmıştır. Ayrıca bu sayede ağın genişletilebilir olması hedeflenmiştir.




**Şekil 2.4** : OLSR Akış Şeması.

### 2.2.1.3. Kablosuz yönlendirme protokolü (wireless routing protocol-wrp)

WRP, DSDV protokolünün geliştirilmiş bir çeşididir. Kablosuz ortamın özellikleri gereği olarak yolun oluşturulmasına ilişkin gerçekleşecek olan sonsuz döngü probleminin çözülmesi ve güvenilir mesaj iletimini sağlamak üzere geliştirilmiştir. WRP, Bellman-Ford algoritmasının özelliklerini taşır. Sonsuz sayıda yol hesaplamasının önüne geçebilmek ve en hızlı şekilde yol bulabilmek amacıyla kaynak-hedef ve hedef-kaynak arasındaki en kısa yolun bilgisi ortaya çıkaran bir yöntem kullanır. WRP proaktif yönlendirme protokollerine ilişkin olarak kullanılan yol bilgisini içeren tablo güncelleme yöntemini kullanır.

DSDV'den farklı tablo saklama ve güncelleme yöntemine sahiptir. DSDV sadece ağa ait olan topoloji bilgisini tutarken, WRP yola ait verilere ilişkin daha fazla tablo saklar. WRP'nin sakladığı tablolar; uzaklık tablosu (distance table-DT), yönlendirme tablosu (routing table-RT), bağ maliyet tablosu (link cost table-LCT), ve mesaj tekrar iletim listesi (message retransmission list-MRL).

Uzaklık Tablosu; düğümün komşularına ait olan uzaklık bilgisine sahip olan bir matristir. Bu tabloda komşularında ait bir sonraki düğümün bilgisi de bulunmaktadır. Yönlendirme Table; bu tablo ağ içerisinde bilinen tüm yollara ait veriler bulunmaktadır. Bu tablo içeriğinde; en kısa yol, önceki düğüm bilgisi, erişilebilir

sonraki düğüm bilgisi ve yola ilişkin değerler saklanmaktadır. Yola ilişkin olarak en son güncellemede o yola ait olan geçerlilik bilgisi yer alır. Geçerlilik bilgisi ilişkin değer bir döngü veya geçerli yol bilgisi olarak işaretlenmektedir.

Bağ Maliyet Tablosu; bu tabloda yola kaç düğüm ile ulaşıldığının bilgisi yer almaktadır. Geçerliliğini yitiren bir yol ilişkin olarak ise değer sonsuz ile ifade edilmektedir. Bu tabloda periyodik olarak kaç kez güncellendiği bilgisi yer almaktadır.

Mesaj Tekrar İletim Listesi; her güncelleme mesajı ile birlikte bir giriş oluşturulur. Bu sayede girişe ilişkin olarak belirlenen sayı azaltılır. Bu sayı sıfıra ulaştığında güncelleme mesajı tekrar yol geçerliliğini belirlemek üzere yayınlanarak yollara ait olan verilerin güncellenmesi sağlanır. Böylelikle, her bir düğümde bulunan RT tablolarına güncelleme mesajına ilişkin veri girişi de yapılır. Ayrıca, güncelleme mesajı ile birlikte komşu düğümlere ilişkin uzaklık bilgisi düğümler arasında karşılıklı olarak kontrol edilmesi nedeniyle aralarında bulunan en kısa yolun ortaya çıkarılması ile DSDV'ye göre daha hızlı bir yol hesaplaması sağlanır.

Tüm bu özelliklerinin yanında bu protokolün en büyük dezavantajı çok sayıda tablo içermesi ve karmaşık bir yapı göstermesidir. Bu durumda sistem kaynaklarına yüksek seviyede kullanma ihtiyacı vardır. Yüksek hareketin bulunduğu ortamlarda etkili olamamaktadır.

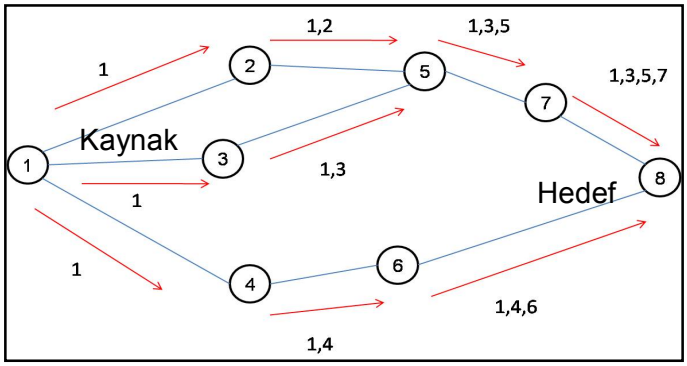
### 2.2.2. Reaktif manet yönlendirme protokolleri

Reaktif protokollerin temel özellikleri proaktif protokollere göre bir tablo bulunmamasıdır. Tabloların bulunamaması ile her bir veri paketi gönderimi öncesinde yol bulma prosesinin işleme konmasıdır. Bu işlemin en büyük avantajı yalnızca ihtiyaç duyulması halinde yol bulma işleminin gerçekleştirilmesidir. Bunun yanında dezavantajı ise gereksinim duyulmayan diğer yolların da ortaya çıkarılmasıdır. Proaktif protokollerde ise bu durum gerçekleşmemektedir. Her ne kadar kaynak hedef arasında yolların bir tabloda tutulmamasına karşın belli süreler içersinde tutulma gereksinimi bulunmaktadır.

#### 2.2.2.1 Dinamik kaynak yönlendirmesi (dynamic source routing-dsr)

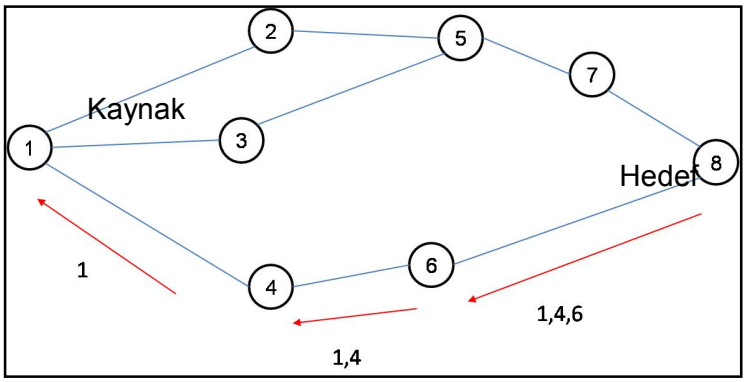
DSR, kaynak yönlendirmeli isteğe bağlı bir yönlendirme protokolüdür Düğümlerde, kaynak yönlerini içeren bir bellek bulundurur [13]. Kaynak düğümden hedefe bir paket gönderilmesi istediğinde, önce belleğinde söz konusu hedefe ait mevcut bir yol

olup olmadığı kontrol edilir. Eğer geçerli bir yol var ise bu yol kullanılarak paket gönderilir. Eğer yolun süresi dolmuş ya da yok ise kaynak ve hedefin adres bilgisi ile ağ içerisinde tek olan ID'e (kimlik numarası) sahip yön istek paketini yayın (broadcasting) modunda ağa göndererek yön bulma mekanizmasını başlatır (Şekil 2.5). Her bir ara düğüm kendisinde, gelen yön istek paketindeki hedef adrese ait bir yol olup olmadığını kontrol eder. Eğer yoksa paketi komşu bir düğüme gönderir [14].

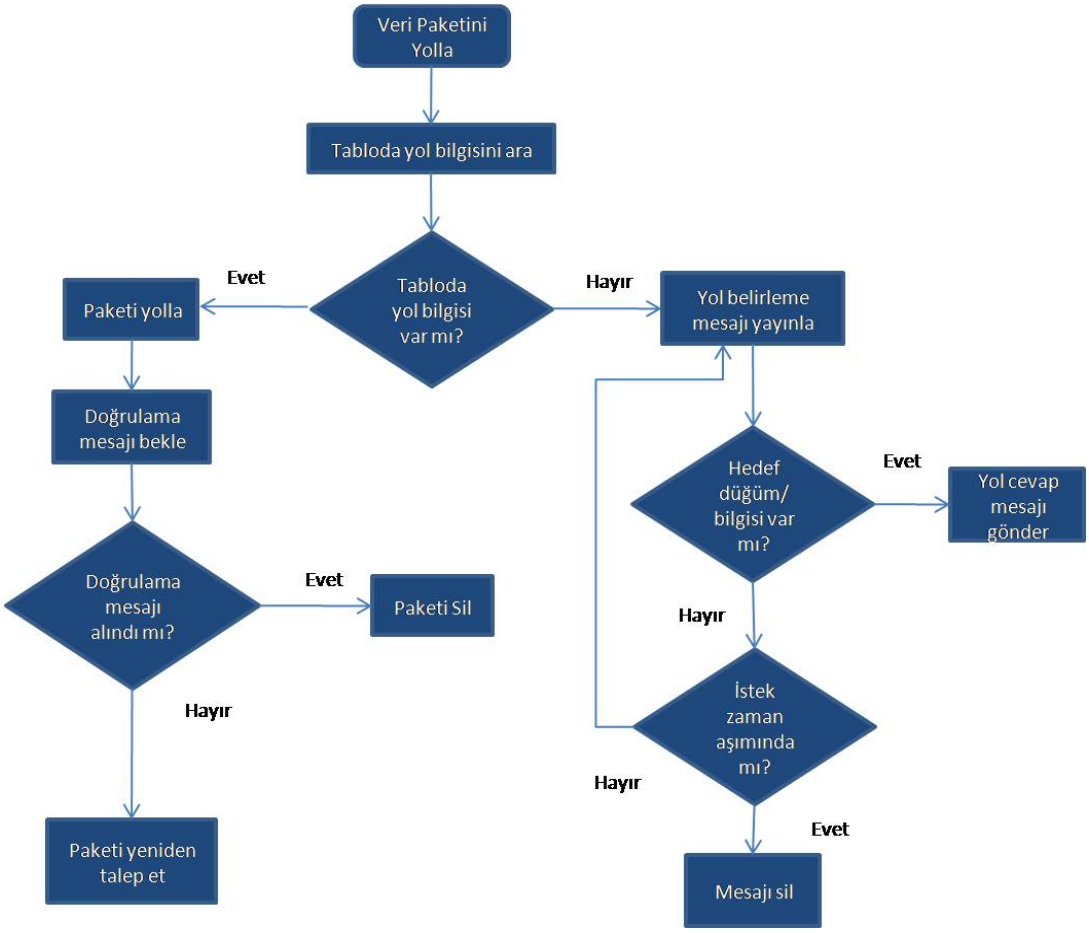



**Şekil 2.5:** DSR Yol Bulma Prosesi Başlangıç Mesajı (RREQ Message).

Yol bulma mesajı hedef düğüme ulaştığında ise en kısa yolun bulunması amacıyla karşılaştırma yapılır ve bulunan en kısa yol bilgisini içeren mesaj aynı yol üzerinden kaynak düğüme gönderilir. (Şekil 2.5)



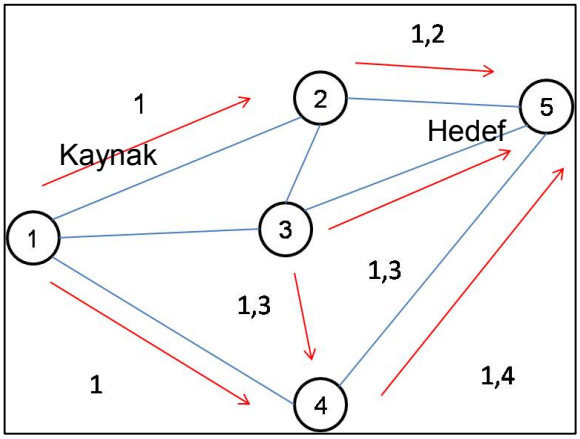

**Şekil 2.6 :** DSR Yol Cevap Mesajı (RREP Message).



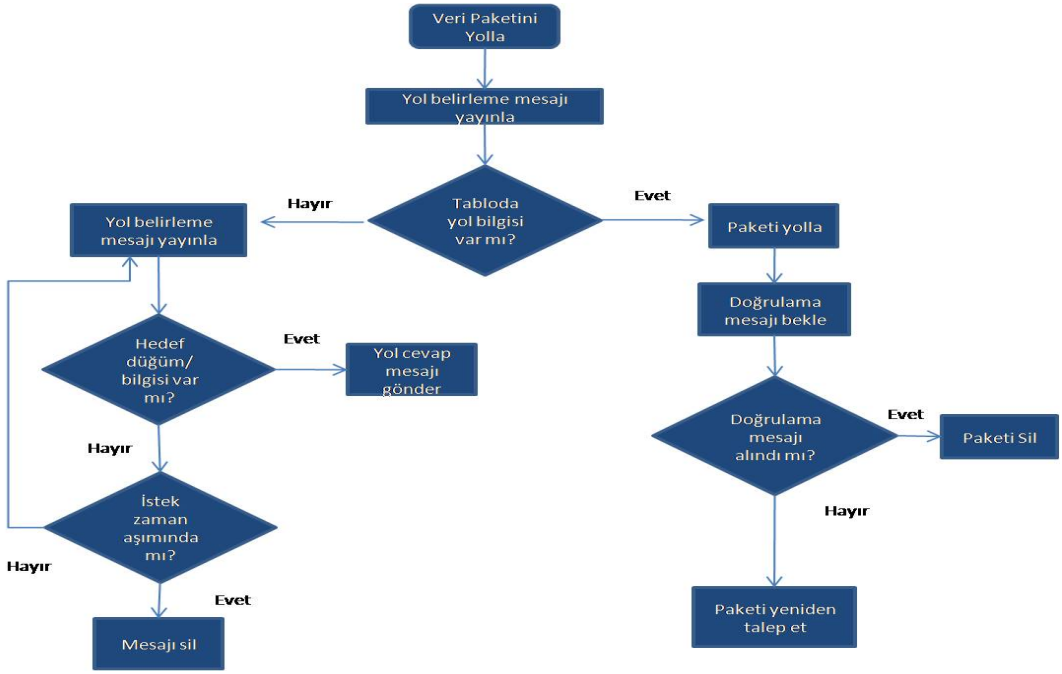

**Şekil 2.7**: DSR Akış Şeması.

### 2.2.2.2. Tasarsız talep esaslı uzaklık vektörü protokolü (Ad-hoc on demand vector routing protocol-aodv)

AODV ile rota bulma tamamen talep esaslıdır ve bir rota talep/rota cevap arama döngüsünü takip eder [15] Talepler bir yol istek (RREQ) mesajı kullanılarak gönderilir. Bir yol cevap (RREP) mesajı ile bir yol bilgisi geri gönderilir. Bu yönlendirme protokolünde ağ herhangi bir gönderim isteği olana kadar durağandır. Bağlantı kurulmasına yönelik olarak bir mesaj tüm ağ üzerinde yayınlanır (Şekil 2.8). Bu yayından sonra ağda bulunan tüm düğümler mesajı komşu düğümlere iletir ve mesajı gönderen düğüme ilişkin olarak kimlik bilgisini tutarlar. Bu mesajı alan düğüme ilişkin olarak talep edilen yol tablosu içinde mevcut ise istekte bulunan düğüme yol bilgisi mesajı iletilir.



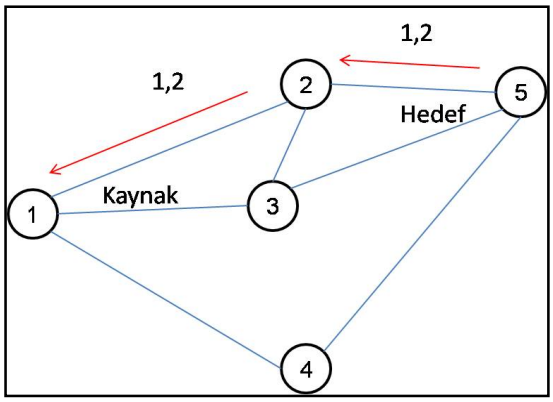

**Şekil 2.8 :** AODV Yol Bulma İşlemi (RREQ).




**Şekil 2.9**: AODV Akış Şeması.

Kullanılmayan yol bilgileri belli bir zaman aralığı sonunda silinir. İletişim başladıktan sonra yol geçersiz hale gelirse yukarıdaki işlem adımları tekrarlanır. Yöntemin karmaşıklığı nedeniyle az sayıda mesaj bile ağın trafik yoğunluğunu yüksek seviyede artırır. Her bir yol isteğine ait sıra numarası bilgisi bulunmaktadır. Ağda bulunan düğümlere gelen aynı sıra numaralı istek mesajları düğümler tarafından ağdan çıkartılır. Ayrıca her bir istek mesajın belli bir tekrar sayısı bulunmaktadır. Bu sayı sıfıra ulaştığı zaman istek mesajı kendini sonlandırmaktadır.

Bulanan yol bilgisi hedeften kaynağa doğru yönlendirilir. Yukarıda belirtildiği üzere eğer yol bilgisi ara düğümler üzerinde geçici olarak tutulan tablolar içerisinde ise ara düğüm tarafından kaynak düğüme gönderilmesi istenen yol bilgisi (RREP) gönderilir (Şekil 2.10)

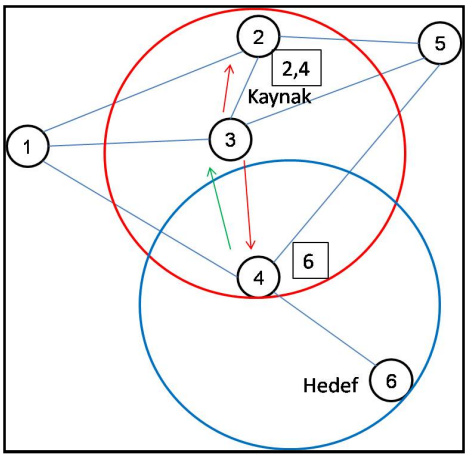



**Şekil 2.10** : AODV Yol Bulma İşlemi Sonucu (RREP Message).

Bu protokolün en büyük avantajı ise ağ üzerine fazladan bir yük getirmememsidir. Ayrıca bu yöntem diğer protokollere göre daha basit bir yapıya sahiptir. Daha az bellek ve hesaplama ihtiyacı bulunmaktadır. Bandgenişliğini etkin şekilde kullanır (kontrol ve veri trafiği için ağ yükünü asgariye indirerek), topoloji içerisindeki değişimlere karşı esnektir, ölçeklenebilir ve yönlendirmede döngü olmamasını sağlar. AODV özellikle çoklu yayın yol sağlaması açısında daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar. AODV şu ana kadar, hem tekli hem de çoklu yayın yolları arayabilen tek protokoldür. Tüm diğer mevcut protokoller ya tekli ya da çoğa gönderimli rota arama özelliğine sahip olmakta, her ikisini aynı anda sağlayamamaktadır.

### 2.2.3. Hibrit yönlendirme protokolleri (zone routing protocol- zrp)

Bu yöntem proaktif ve reaktif yönlendirme protokollerin üstün özelliklerini kullanarak oluşturulmuş olan bir protokoldür. Proaktif protokollerin gereksiz olarak yayınlanmış oldukları kontrol mesajlarını ve reaktif protokollerin yol bulma prosesinin ilişkin olarak gerçekleşen zaman gecikmesini engelleme amacıyla geliştirilmiştir. Her iki yönteme ait bileşenler içermektedir. Bu yöntemde her bir düğümün k uzaklığında komşu düğümlerini de içeren bir alan oluşturur. Bu alan içerisinde proaktif olarak yol bulma işlemi gerçekleştirilir. Alan dışında olan yol istekleri için reaktif yöntemler kullanır. Kaynak düğüm hedefe ilişkin isteği ile beraber komşu düğüme mesajını yayınlar. Hedef düğüme ulaşılana kadar bu işlem tekrarlanır. Söz konusu hedef düğüme ilişkin olarak bilgiye ulaşıldığında aynı yol izlenerek yol bilgisi kaynak düğüme iletilir.




**Şekil 2.11:** ZRP Yol Bulma Yöntemi (RREQ, RREP).

# 3. DEĞERLENDİRMELER

## 3.1. Performans Ölçütleri

### 3.1.1. Kullanılan protokoller

Burada kullandığımız temel protokoller DSR, DSDV, AODV ve AOMDV'dir. Protokollerden DSR, AODV ve AOMDV reaktif protokollerdir. DSDV ise proaktif bir protokoldür. Bu kriteri kullanarak iki temel yaklaşım arasındaki fark ile birlikte reaktif olanların arasında daha yüksek performans gösteren yönlendirme protokolünün tespit edilmesidir. Bu sayede en yüksek performans gösteren yönlendirme protokolün hangi yöntemler ile diğerlerinden ayrılabildiğini ortaya koymak amaçlanmıştır. FANET'lerde kullanılacak olan bir protokoldeki temel gereksinimler ortaya çıkarılabilecektir.

### 3.1.2. Kullanılan hareket modelleri

Üç temel hareket modeli kullanılmıştır. Bunlar Rastlantısal, Genişleyen ve Koordineli Arama modelleridir. Deneysel amaçlar için döner kanat platformlar tarafından kullanılmak üzere geliştirilmiştir [7] Bu hareket modelleri ile hem arama hem de hareketler için gerekli modellemeler gerçekleştirilmiştir.

Rastlantısal Arama Modelinde; İHA'ların görevi tüm alanı dolaşarak gerekli arama görevini yerine getirmektedir. Herhangi bir ilgi alanı üzerinde yoğunlaşmadan arama yapmaktadır. Diğer modellere göre hareketleri rastlantısal şekilde oluşturur.

Genişleyen Arama Modelinde; İlgi alanını özel bölgelere ayırarak her bir bölge üzerinde İHA'ların ayrılmasını ve bölge üzerinde arama görevlerini yerine getirmeleri üzerine hareketler gerçekleştirilir.

Koordineli Arama Modelinde; İHA'lar bölgeyi belli parçalara ayrılarak her birinin kapsama alanları içerisindeki bölgeyi beraber aramalarına göre hareket modeli gelişirilimiştir.

### 3.1.3. İHA'ların hızları

İHA'lar VANET'ler bulunan araçlara göre daha hızlı hareket etme kabiliyetine sahiptir. Bu kriterdeki temel amaç İHA'ların hızlarından kaynaklanan bir kapsama alanı dışına çıkış değildir. İHA'ların hareketi ile birlikte radyo dalgasının karşılaştırılması halinde İHA'ların hızları göz ardı edilebilir bir seviyede oldukları görülür. Ancak, iletişim halinde kapsama alanından çıkılması durumda kullanılan yönlendirme protokollerinin tekrar bir route oluşturmak üzere mekanizmaları incelenmesi hedeflenmiştir. Üç temel hız kullanılmıştır. 6, 15, 30 m/s.

### 3.1.3. Radyo sinyal yayılım modelleri

Radyo Sinyal Yayılım (Radio Propagation) Modelleri ile İHA'ların bulunduğu ortamlar genel olarak açık olarak ifade edilebilir, ancak hava ortamı içerisinde de sinyal irtifa ve bulutlar arasındaki elektrik yükleri ile değişim gösterebilmektedirler. Bu durumun modellenmesi ile sinyalin yayılımında gösterebileceği farklılıkların incelenebilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla; Serbest Alan (FreeSpace), Nakagami, İkili Işınım (Two Ray Ground) ve Gölgeleme (Shadowing) modelleri kullanılmıştır. Her bir model ile antenlerin sinyali yaymasına ilişkin olarak değişik modellere göre hesaplaması yapılmıştır.

**Serbest Alan :** Bu modelde radyo sinyali herhangi bir engel ile karşılaşmadan ilerleyen bir modeldir. Bir anlamda ise karşılaştırma yapmak üzere temel nokta olarak ele alabiliriz. NS-2 kütüphanesinde standart olarak yer almaktadır.

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \qquad (3.1)$$

$P_r$ ile alıcı antenini gücü, $P_t$ ile verici antenin gücü, $G_t$ ile alıcı antenin kazancı, $G_r$ ile verici antenin kazancı, L ile sistem kaybı, λ ise dalga boyu temsil edilmektedir. Bu modelde sinyalin yayılımının bir daire şeklinde olduğu edilebilir.

**İkili Işınım :** İki mobil düğüm arasında tek bir yolun oluşması nadir bir durumdur. İkili ışınım modelde ise bir engelden yansıyan ışın ile birlikte doğrudan giden ışın ile birlikte en az iki yolun bulunduğu göz önüne alınır. Bu model serbest alan modeline göre daha uzun mesafelerde gerçekçi sonuçlar elde edilebilir.

$$P(r)^2 = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{d^4 L} \qquad (3.2)$$

Pr ile alıcı antenini gücü, Pt ile verici antenin gücü, Gt ile alıcı antenin kazancı, Gr ile verici antenin kazancı, L ile sistem kaybı, λ ise dalga boyu temsil edilmektedir. $h_t$

ve $h_r$ ile alıcı ve verici antenler arasındaki yükseklik farklılıkları ifade edilmektedir. Düğümler arasındaki mesafeler artıkça anten gücünde hızlı bir düşüş yaşanır. Bu modele göre kısa mesafelerde osilasyondan kaynaklanan problemden ötürü iyi sonuçlar vermemektedir. Uzun mesafelerde iyi sonuçlar elde edilir.

**Gölgeleme** : Serbest Alan ve İkili Işım'ın temel özelliği deterministik olarak alıcı gücün hesaplanmasına dayanan modeller olmasıdır. Her ikisi de kapsama alanını bir daire olarak belirler. Gerçekte ise alıcı antendeki güç yayılan sinyalin kat ettiği mesafe ile belirli bir sönümlenme etkisine sahip çoklu yollara sahip rastlantısal bir değişkendir. Gölgeleme modeli ise iki parçalı bir yapıya sahiptir. İlki belli bir d mesafe sonunda antene ulaşacak olan sinyalin gücünü Pr(d0) ile ifade eden yol kaybı modelidir. Beta ise toplam alanın hesaplanması ile elde edilen bir üstel değişkendir

$$\left[\frac{\overline{P_{r(d)}}}{\overline{P_{r(d_0)}}}\right]_{dB} = -10\beta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \qquad \textbf{(3.3a)}$$

İkinci bölümde ise, modelin belli bir mesafede anten tarafından alınan sinyal gücünün belirlenmesi yer alır. XdB ise gaussian bir değişkendir.

$$\left[\frac{\overline{P_{r(d)}}}{\overline{P_{r(d_0)}}}\right]_{dB} = -10\beta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_{dB} \qquad \textbf{(3.3b)}$$

Bu sayede sinyalin izlediği yol ile bir zenginleştirme yapılarak kapsama alanın sınırında iletişim devam etmesi sağlanabilir. Böylelikle sinyalin dairesel formu değiştirilerek gerçekçi ışıma diyagramlarına yakın bir yol olması hedeflenmiştir.

**Nakagami :** Bu model temel olarak radyo sinyallerinin sönümlenmesine dönük olarak matematiksel bir hesaplama modelidir. Diğer modeller ile karşılaştırıldığında ise tüm modelleri gerçekleyebilecek değişkenlere sahiptir. Bu sayede serbest alan modelden otoyol üzerinde seyreden bir aracın özellikleri dahil olmak üzere gerçeklenebilir

$$f(x) = \frac{2^m x^{m-1}}{\Gamma(m)\Omega^m} exp\left[-\frac{mx^2}{\Omega}\right], x \geq 0, \qquad \Omega > 0, \qquad m \geq \frac{1}{2} \qquad \textbf{(3.4)}$$

Bunun sebebi ise değişkenlerin bu duruma adapte olabilmeye izin vermesidir. Bu fonksiyon ise yoğunluk olasılık denklemdir.

### 3.1.5 Atlama sayısı

MANET'lerde hop sayısının önemi uçtan-to-uca iletişim gerçekleştirilirken yaşanan paket kayıpları neticesinde performansının ölçebilmektir. Atlama sayısının artması ile birlikte paketlerin iletiminde problemler yaşanmaya başlamaktadır. Bunun nedeni ise ne kadar fazla sayıda düğüm geçilirse o kadar fazla bir gecikmeye sebep olunmasıdır. Ayrıca aynı esnada ağın iletişimi devam etmektedir ki bu da bir sıkışmaya (congestion) sebep olmaktadır.Çalışmamızda bu parametre için sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 hop kullanılmıştır. Bu sayede senaryo alanımıza uygun olarak azami hop sayısı oluşturulmuştur. 4 hop sayısına ulaşılması ile beraber tüm yönlendirme protokollerinde aynı düşüşlere ulaşılmıştır.

### 3.1.5 Sabit ağ trafik yükü

Oluşturduğumuz senaryo üzerinde her belirli olarak sabit bir ağ trafik yoğunluğu oluşturulmasına karar verdik. Buradaki amacımız ağın gönderebileceği azami trafik yoğunluğunu elde etmektir. Bu amaç ile her İHA (düğüm) sabit olarak 256 Kb./sn.lik paketleri ile yön, hız ve konum verisini içerecek şekilde merkeze göndermektedir. Böylelikle her bir İHA'ya ait olarak gerekli verilerin ulaşması ve ağ üzerinde sabit trafik oluşturularak ağın devamlı olarak kullanılması amaçlanmıştır.

## 3.2. Performans Ölçütleri ve Görev Senaryosu

### 3.2.1. Performans ölçüm kriterleri

Tüm parametreler göre iki temel ölçümleme kriteri kullandık. Paket İletim Oranı (PDR-Packet Delivery Ratio) ve Ortalama Gecikme (AD-Average Delay).

**PDR :** Kaynak düğüm tarafından oluşturulan paketlerin hedef düğüme ulaşan paketlerin oranlarıdır. Yüksek oranların anlamı, kaynaktan hedefe doğru gönderilen paketlerin yüksek oranda iletimin sağlandığı anlaşılmaktadır. NS-2 tarafından oluşturulan her bir paketin tanımlayıcısı bulunmaktadır. Bu paketlerden hangilerin başarı ile hedef düğüme iletildiği tespit edilmektedir. Düşük oranların anlamı ise kaynak düğümden hedef düğüme düşük oranda paketlerin ulaşması anlamına gelmektedir.

$$PDR = \frac{\sum_1^n CBR_{rec}}{\sum_1^n CBR_{sent}} \times 100 \qquad (3.5)$$

Paketleri iletiminin başarımı doğrudan olarak yönlendirme protokolünün başarımı ile ilgilidir. Ağ içersinde yer alan her bir düğüm aslında aktarıcı görevini de yerine

getirmektedir. Her bir aktarıcı düğümün belirli büyüklüğe sahip kuyruk yapısını da içermektedir. Bu kuyruk yapısı sayesinde aktarıcı düğüm görevini yerine getiren düğümlerin belirli bir oranda işlem yapılacak paketleri saklaması sağlanmaktadır. Bu sayede oluşan trafik yoğunluğu belirli oranda kontrol altında tutulmakta ve yönlendirme protokolün performansını olumlu yönde etkilemektedir.

**AD** : Bir paketin kaynak düğüm tarafından oluşturulmasından başlayarak hedef düğüme kadar geçen ortalama geçen zamandır. Gecikmenin oluşmasının temel sebepler; protokol tarafından yol bulunması için geçen zaman, kuyrukta bekleme, MAC için tekrar gönderme amacıyla yapılan işlemler olarak tanımlanabilir. NS-2 ile yapılan hesaplamalar için ise ilk paketin gönderilme zamanı ile son paketin gönderilme zamanı arasındaki zaman farkının toplam gönderilen paket sayısına bölünmesi ile elde edilir.

$$AD = \frac{\Sigma_1^n CBR_{sendtime} - \Sigma_1^n CBR_{receivedtime}}{\Sigma_1^n CBR_{recieved}} \qquad (3.6)$$

Her bir paket için ayrı ayrı hesaplanan bu değerlerin ortalaması hesaplanarak yönlendirme protokollerinin başarımı ölçülebilmektedir. Yüksek bir AD'nin anlamı kaynak düğümden üretilen paketin hedef düğüme doğru gönderilirken geçen zaman büyük olması demektir. Söz konusu paketlerin gönderilmesi için çok fazla sayıda işleme tabi olması veya her bir relay düğüm üzerindeki kuyruklarda çok fazla beklemesi demektir. Ayrıca; yüksek AD ağ performansı üzerindeki yoğunluğun (congestion) varlığına işaret etmektedir.

### 3.2.2. Görev senaryosu

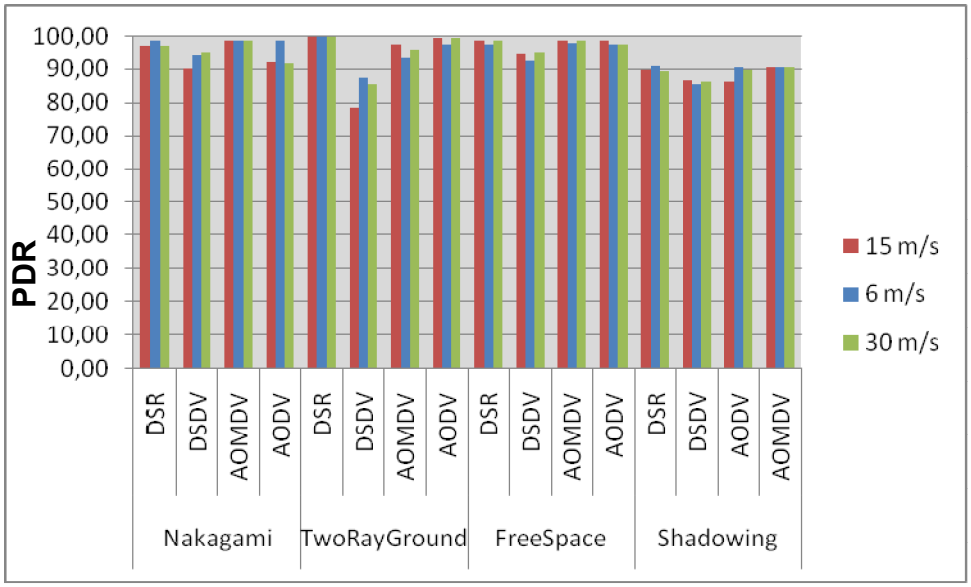
FANET'lerin ihtiyaç duyacakları yönlendirme protokollerin performansları üzerindeki etkileri inceleyebilmek amacıyla; 1000m×1000m'lik bir alan üzerinde 10 mini İHA ile rastlantısal bir hedefin bulunarak 60 saniyelik video görüntüsünün merkeze aktarılmasını içeren bir görev senaryosu oluşturduk. İHA'ların üzerinde görüntüyü işleyerek mpeg2 formatında sıkıştıran kamera setinin bulunması üzerine ortam NS-2 ile benzetim ortamına aktarıldı. NS-2 ile oluşturulan benzetim ortamı ile ağ yapısına ait verilerin elde edilerek ve çeşitli değişkenler kullanılarak ağ yapısına ait özelliklerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu amacı gerçekleştirmek için MANET'ler için oluşturulan yönlendirme protokolleri kullanılmıştır. Protokollere ait detaylı açıklamalar ikinci bölümde yer almaktadır. Kullanılan protokoller ise; DSDV, DSR, AODV, AOMDV'dir. Ayrıca; diğer değişkenler hareket modelleri, hop sayısı, radyo sinyal yayılım modelleri ve İHA'ların hızları seçilmiştir. Hop sayısının denenmesi amacıyla radyo sinyal yayılım modellerinde nakagami kullanılmıştır. Nakagami kullanılmasındaki hareket noktamızın diğer modellerin kullanılması ile sinyal yayılım parametrelerinin uygun şekilde ayarlanamamasından kaynaklanmaktadır. Her bir parametre için 10 tekrar ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Toplam olarak benzetimler 1440 defa koşturulmuştur. 240 saatlik bir benzetim denemesi yapılmıştır. Tüm çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin ortalaması alınarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı FANET'lerin MANET'lere olan benzerliklerinden yola çıkarak grup İHA'larınn gereksinim duyacakları yönlendirme protokollerinin temel özelliklerini belirlemektir.

## 4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

NS-2 ortamı kullanılarak yukarıdaki tüm parametrelere ilişkin olarak gerçekleştirilen tüm simulasyonlara ait elde edilen sonuçlar aşağıya çıkarılmıştır. Bu sonuçların elde edilmesi amacıyla her bir parametre 10 tekrar ile koşturularak elde edilen sonuçların ortalaması alınarak elde edilmiştir. Her bir hareket modeline göre sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 düğümün yayın yapması halinde performanslarının incelenmesi hedeflenmiştir.

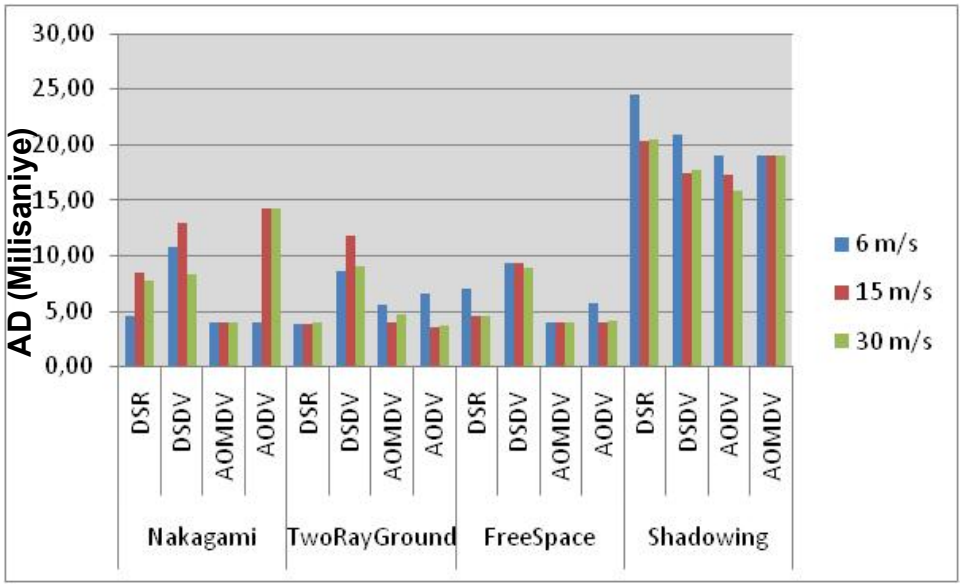
### 4.1. Rastlantısal arama hareket modeli sonuçları




**Şekil 4.1 :** Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Oranına Göre Performansı (1 Düğüm Yayın).

İlk olarak Rastlantısal Arama modeline göre Paket İletim Oranına ile tüm parametrelere göre elde edilen sonuçlar Şekil 4.1'de yer almaktadır. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere tüm yönlendirme protokolleri, değişik hızlar ve radyon sinyal yayılım modellerine göre değerlendirilmişlerdir. Şekil 4.1'den çalışmamızın başında da öngördüğümüz üzere İHA'ların hızlarının etkileri sınırlı olarak kalmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre radyo sinyal yayılım modellerine göre en kötü sonuç ikili ışınım ile gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilmiştir. Reaktif yönlendirme protokollerin (DSR, AODV ve AOMDV) performanslarına

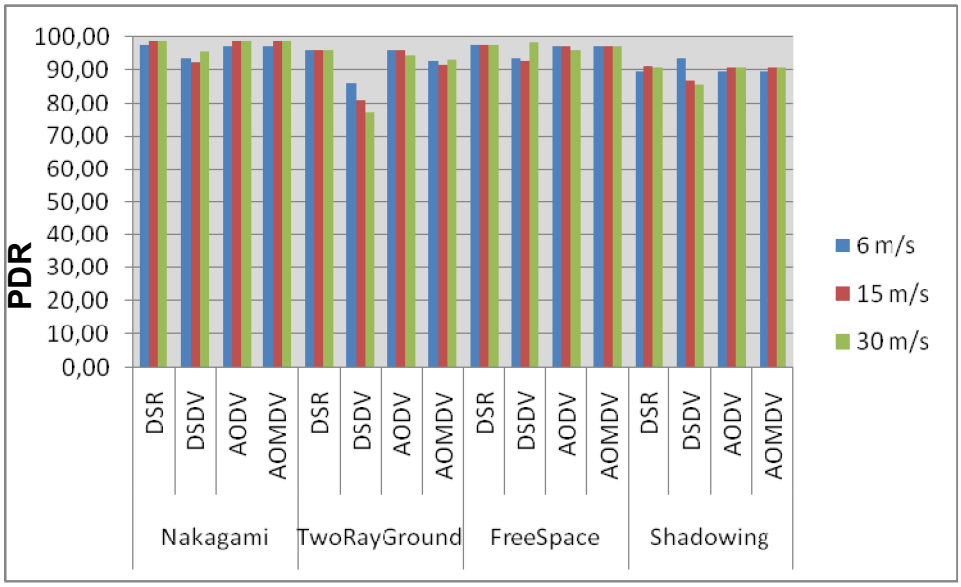
bakıldığında yaklaşık olarak %95 PDR ile iletişim sağlanmaktadır. Proaktif yönlendirme protokollerini (DSDV) performansına bakılacak olursa %90 PDR ile iletişim sağlanmaktadır. Bu oranlar ile hız arasındaki ilişkiye incelendiğinde ise İHA'ların 6, 15, ve 30 m/s.'lik hızları pozitif veya negatif herhangi bir korelasyon bulunmamaktadır.



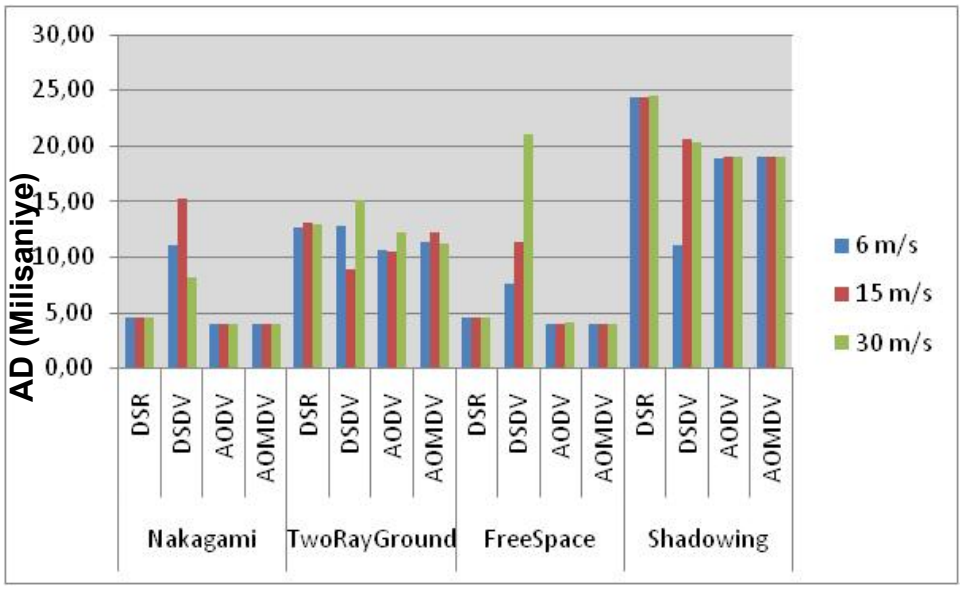

**Şekil 4.2**-: Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı(1 Düğüm Yayın).

Radyo Sinyal Yayılım modelleri açısından inceleme yapılacak olursa, ikili ışınım sinyal yayılım modeli kullanılarak gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda diğer modellere göre performansının düşük olduğu görülecektir. Bunun sebebi söz konusu modelin iki sinyalin çakışması esas alınarak modellenmiş olması nedeniyle paketlerin iletimi esnasında anten güçlerinin etkisi nedeni ile gerçekleşmiş olmasıdır.

Şekil 4.2 incelenecek olursa yönlendirme protokollerinin kaynaktan düğüme kadar olan paketlerin ortalama gecikmesidir. Bir önceki grafiğe benze olarak bu Şekil 4.'de de ikili ışınım sinyal yayılım modelinde tüm protokollerde gecikmenin yüksek olduğu görülmektedir. Ancak diğer yayılım modeller incelendiğinde gecikmelerin normal bir dağılım izlediği görülmektedir. Protokollerin özellikleri göz önüne alındığı takdirde ise reaktif özellik gösteren protokoller genel olarak daha yüksek gecikmeye sahiptir. Bunun sebebi ise yol bilgi talebine ilişkin olarak çalıştırılan mekanizmalar nedeniyle öncelikle yolun belirlenmesi, sonrasında ise belirlenen yola ilişkin verinin tekrar kaynak düğüme gönderilmesidir.



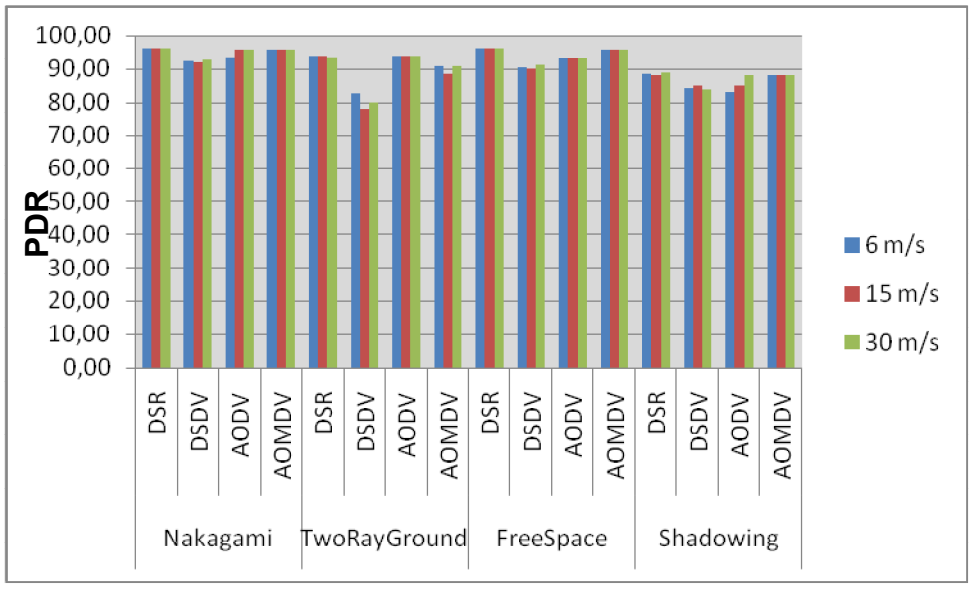

**Şekil 4.3** : Rastlantısal Arama Modeline Yönlendirme Protokollerinin PDR Oranına Göre Performansı (2 Düğüm Yayın).



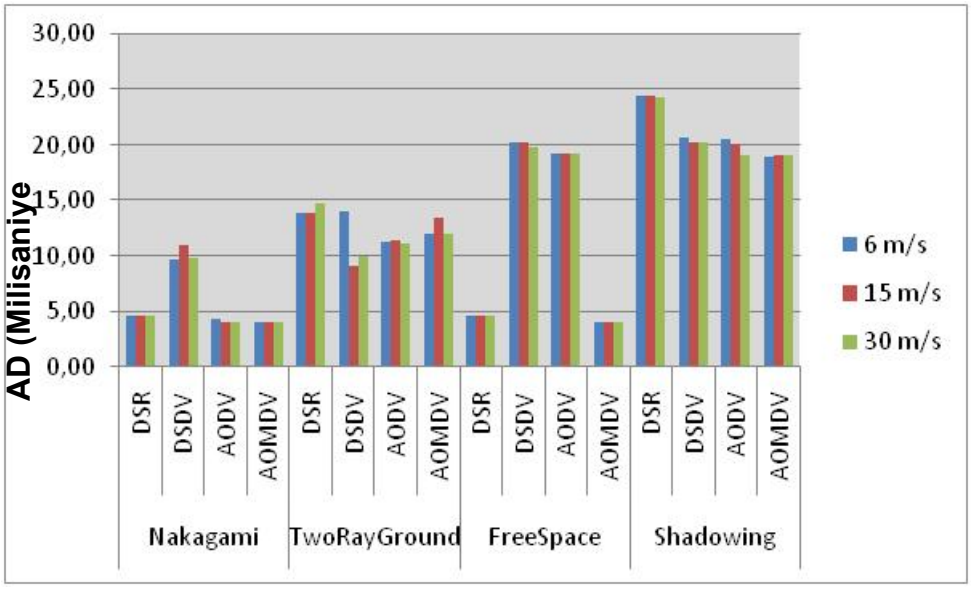

**Şekil 4.4:** Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (2 Düğüm Yayın).

Şekil 4.3'de aynı arama modeline göre 2 düğümün yayın yapması halinde elde edilen sonular görülmektedir. Proaktif yönlendirme protokolü olan DSDV harekete ilişkin olarak performansı reaktif protokollere göre daha kötü bir performans göstermiştir. Proaktif protokollerin genel özelliği gereği yol bilgilerine ilişkin tabloların bulunmasıdır. Tablo yapısının dinamik ortamlarda zamana bağlı olarak güncelleme ihtiyacı bulunmaktadır. Buna bağlı olarak tablo içerisinde güncel olmayan bir yol olması halinde yola ait olarak bilginin güncellenmesi işlemi nedeniyle PDR oranları düşmektedir.

Şekil 4.3 incelendiğinde bir önceki Şekil 4.1'de bulunan PDR oranına benzer olarak proaktif protokollerin ortalama gecikmesi yüksek olarak gerçekleşmektedir. DSDV protokolü incelendiğinde ise 30 m/s hız ile performansının düşmesidir. Önceki bölümde açıklandığı üzere yol bulma mekanizması nedeniyle yükselmektedir. Gerçekleşen durum hıza bağlı değil İHA'nın konum değişikliği nedeniyle oluşmaktadır.



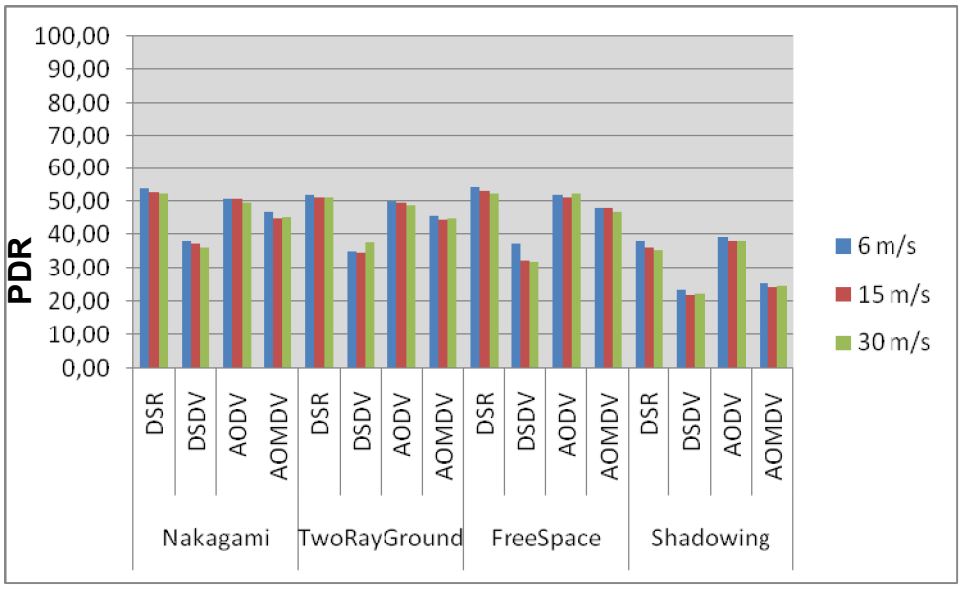

**Şekil 4.5** : Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (3 Düğüm Yayın).



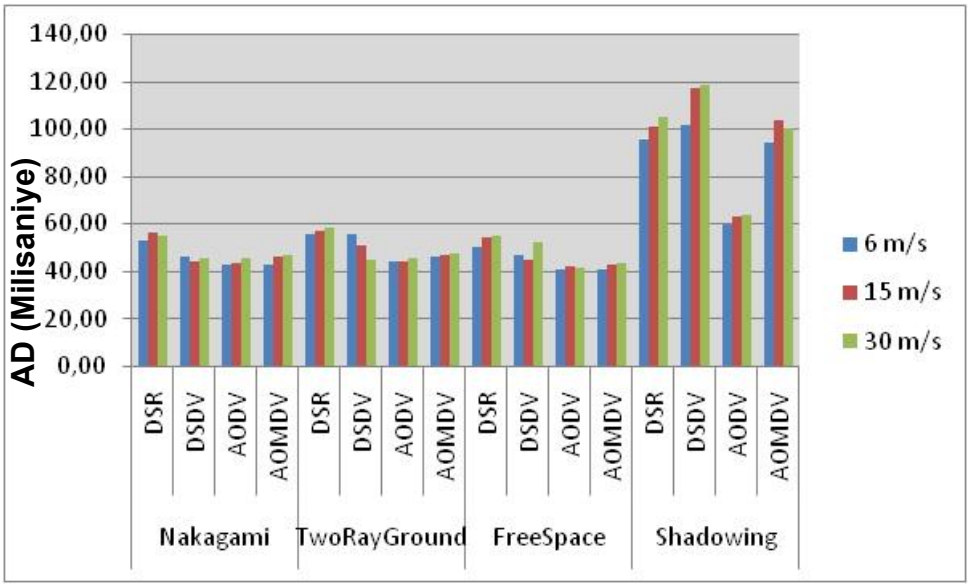

**Şekil 4.6:** Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (3 Düğüm Yayın).

3 düğüm yayına erişildiğinde ise bütün yönlendirme protokollerinin performansı yaklaşık olarak %90 seviyesinde olmak ile birlikte reaktif protokollerin

performansları daha iyi düzeydedir. Şekil 4.6 'da görüldüğü üzere elde edilen sonuçlar PDR performansına benzer özelliklere sahiptir.




**Şekil 4.7** :Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (4 Düğüm Yayın).




**Şekil 4.8:** Rastlantısal Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (4 Düğüm Yayın).

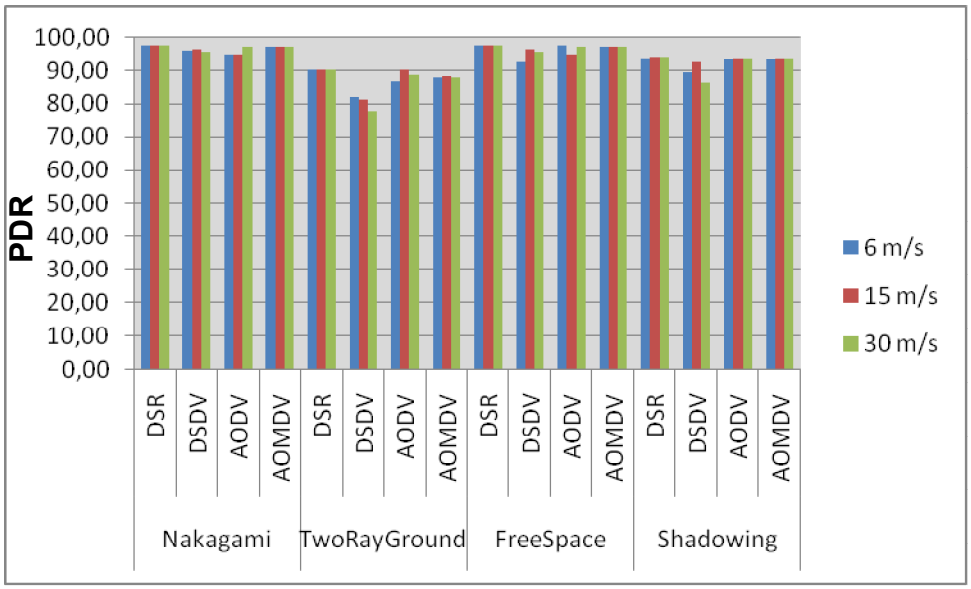
Şekil 4.7'de görüldüğü üzere 4 düğümün aynı anda yayın yapması halinde tüm protokollerin performansının ciddi biçimde düştüğü görülmektedir. Temel sebebi kullandığımız İEEE 802.1 MAC katmanın band genişliğinin sınırlarına erişilmiş olmasıdır. Ağ üzerinde kullanılan trafik yoğunluğun sabit ve hedefin görüntüsüne ilişkin verinin iletilmesi için kullanılmasıdır. Ancak Şekil 4.7'de detaylı olarak

incelendiğinde ise reaktif protokollerin performansının halen daha iyi olduğu görülmektedir.

Aynı şekilde Şekil 4.8 incelendiğinde ise önceki ortalama gecikmelerin 5 -10 milisaniyelerden 50-100 milisaniyelere çıktığı görülmektedir. Aynı şekilde ağ üzerinde oluşan trafiğine bağlı olarak hedef düğümden kaynak düğüme iletilen paketlerin iletim oranının düşmesi ile birlikte iletim zamanları da ciddi şekilde artmıştır.

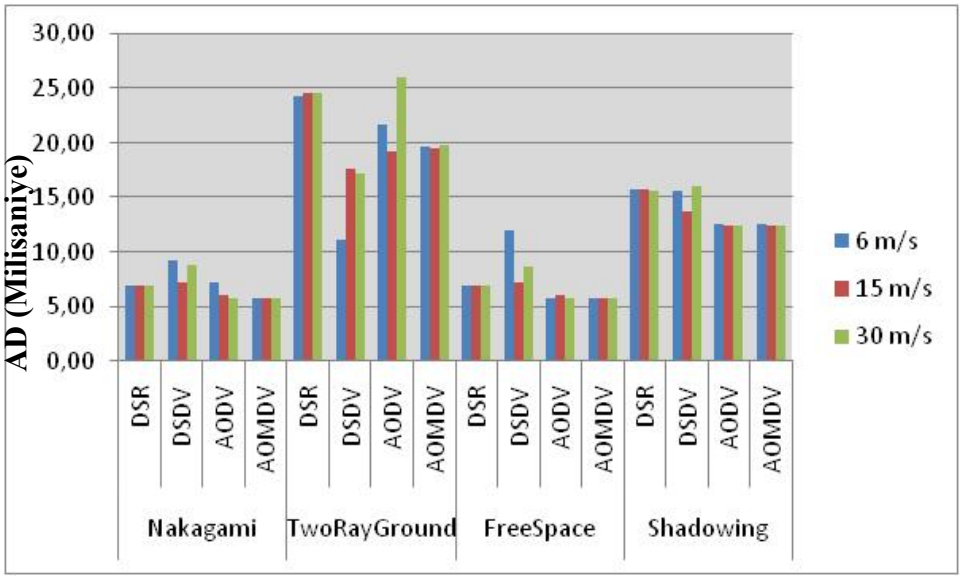
Yukarıdaki elde edilen veriler Rastlantısal Arama hareket modeline ilişkin olarak gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda elde edilmiştir. Bu hareket modeli düğümlerin arama alanı içerisinde belirsiz olarak hareketi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

### 4.2. Genişleyen arama hareket modeli sonuçları



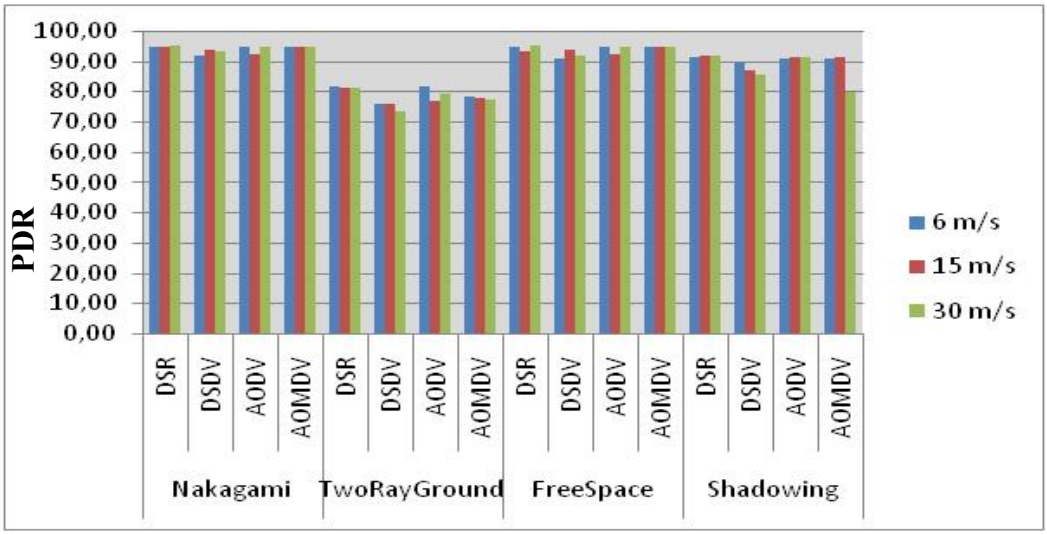

**Şekil 4.9** : Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (1 Düğüm Yayın).

Şekil 4.9 'da önceki hareket modeline göre daha dengeli bir PDR oranına sahiptir. Bunun sebebi düğümlerin hareketinin belirli bir algoritmaya bağlı olarak gerçekleştirilmesidir. Buna bağlı olarak hareketin etkisi yönlendirme protokollerinin performanslarında olumlu olarak görülmektedir. Bir önceki hareket modeli ile benzer şekilde reaktif protokoller iletim oranı açısından daha yüksek oranlara sahiptirler.

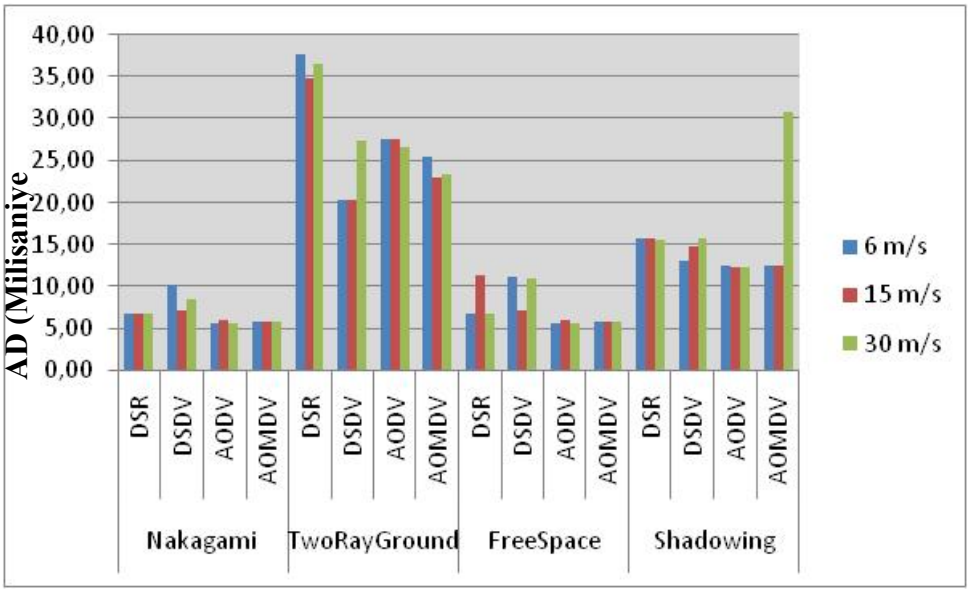



**Şekil 4.10** : Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (1 Düğüm Yayın).

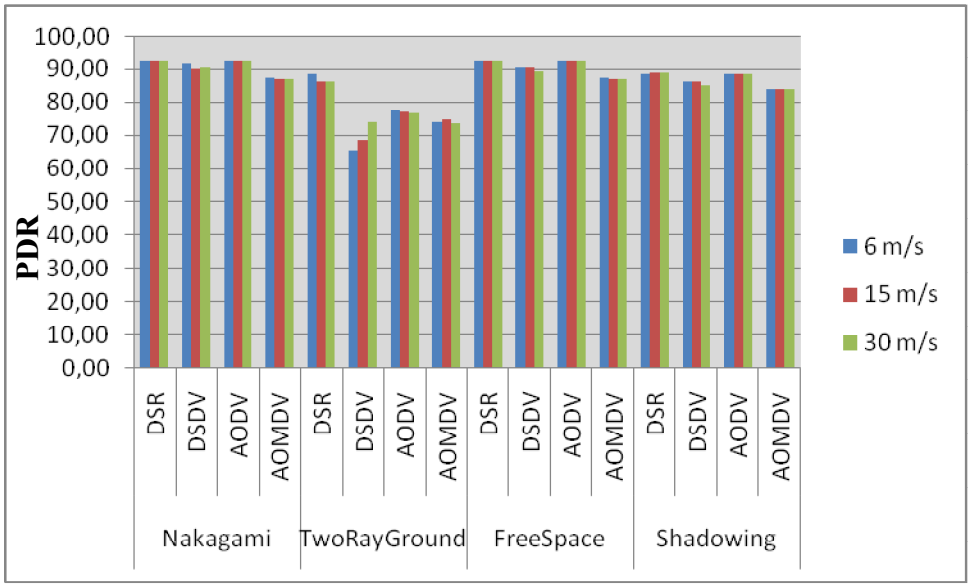
Ortalama gecikme grafiğine bakıldığında ise reaktif protokollerin ortalama gecikmelerinin yükseldiği görülmektedir. Yol bulma mekanizmalarının farklılığı temel sebep olarak karşımıza çıkmaktadır. Reaktif protokoller yol bilgisini proaktif protokoller gibi tablo benzeri yapıda tutmamaktadırlar. Kullanım gereksinimi duyulduğunda söz konusu yol ortaya çıkarılması için çeşitli yöntemler kullanılır. Bu sebeple reaktif protokoller gecikme oranları açısından daha kötü performans göstermektedirler.



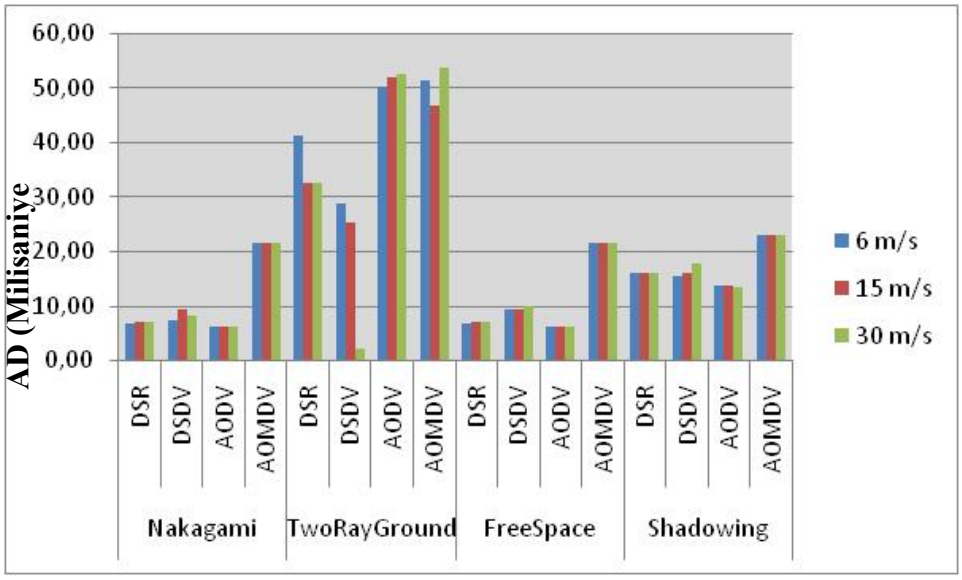

**Şekil 4.11** :Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (2 Düğüm Yayın).




**Şekil 4.12** : Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (2 Düğüm Yayın).

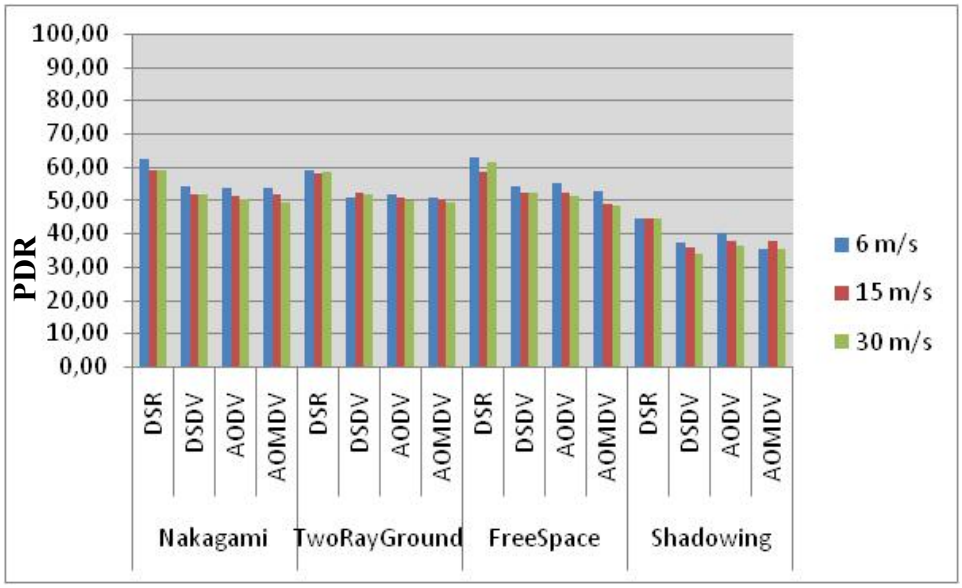



**Şekil 4.13**: Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (3 Düğüm Yayın).

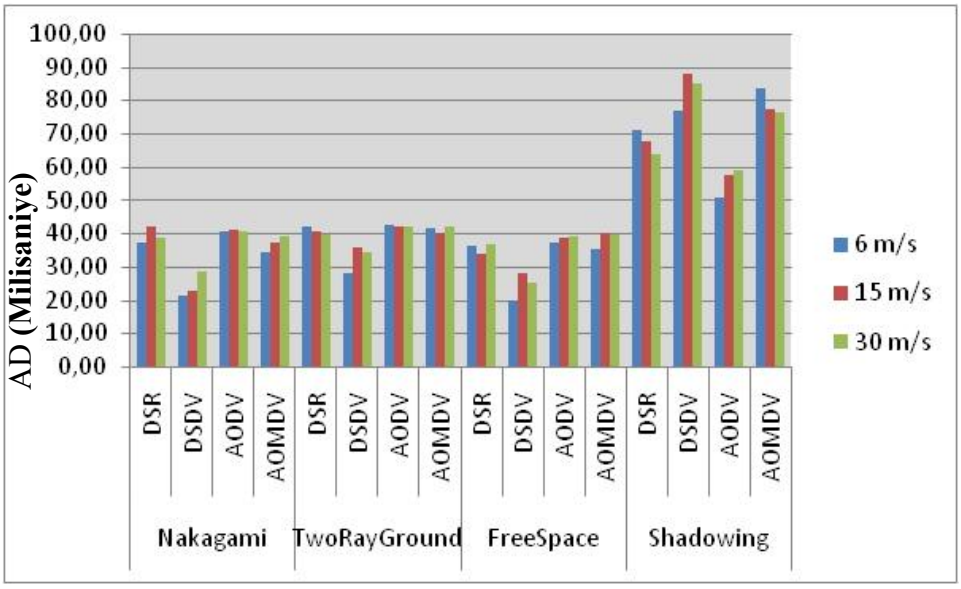



**Şekil 4.14** : Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (3 Düğüm Yayın).

Genişleyen arama hareket modeline göre gerçekleştirilen 2 ve 3 düğümün simülasyonların sonuçları 1 düğümün yayın yapmasına benzer olarak paket iletim oranların açısından reaktif protokollerin yüksek paket iletim oranlarına sahip olmaları, ortalama gecikmelerinde proaktif protokollerin düşük gecikmelere sahip olması şeklinde sonuçlanmıştır.




**Şekil 4.15**: Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (4 Düğüm Yayın).



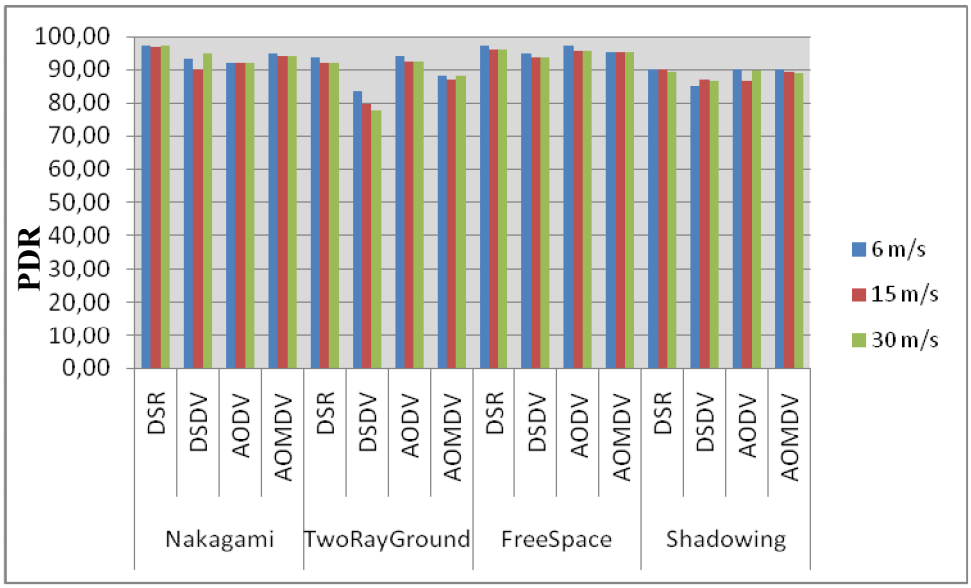

**Şekil 4.16** : Genişleyen Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (4 Düğüm Yayın).

Rastlantısal arama hareket modeline benzer şekilde 4 düğümün aynı anda yayın yapması halinde tüm protokollerin performansının ciddi biçimde düştüğü görülmektedir. Sonuç olarak band genişliğini sınırlarına erişildiği zaman yönlendirme protokollerinin tamamının performanslarında düşüş meydana gelmektedir. İletim oranlarında %90'lardan %40-60'lara varan gerilemeler söz konusudur. Ancak Şekil 4.15 detaylı olarak incelendiğinde ise reaktif protokollerin performansının halen daha iyi olduğu görülmektedir.

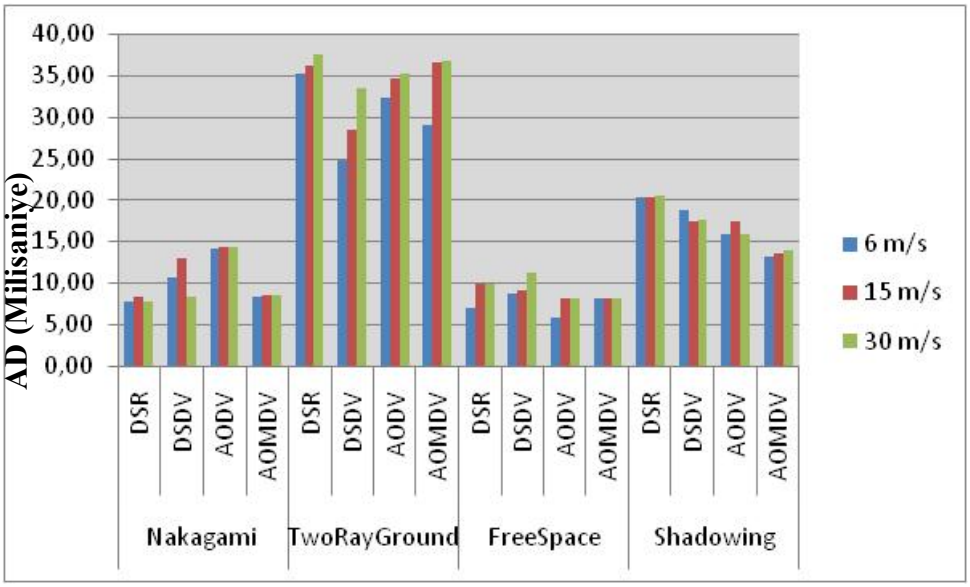
Aynı şekilde Şekil 4.16 incelendiğinde ise önceki ortalama gecikmelerin 5 -10 milisaniyelerden 50-100 milisaniyelere çıktığı görülmektedir. Gecikme açısından yaptığımız değerlendirmeye göre ise proaktif protokollerin ortalama gecikmesi reaktif protokollere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Hareket modeli etkisi açısından yukarıdaki grafikler incelendiği zaman karşımıza düğümlerin hızlarından daha çok hareketli düğümleri anten kapsama alanına giriş ve çıkışları etkili olmaktadır. Düğümler belirli sabit konumlarda bulunmaları halinde veya yavaş bir hareket gerçekleştirmeleri durumunda proaktif yönlendirme protokollerinin performansının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, dinamik topolojilerin bulunduğu ortamlarda düğümlerin daha sık yer değiştirmesi nedeniyle yol bilgilerinin tutulduğu tabloların güncelleme ihtiyacı bulunmaktadır. Proaktif yönlendirme yöntemlerini kullanan mekanizmaların daha fazla mesaj gönderme ihtiyacı bulunmaktadır.

## 4.3. Koordineli arama hareket modeli sonuçları




**Şekil 4.17** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (1 Düğüm Yayın).

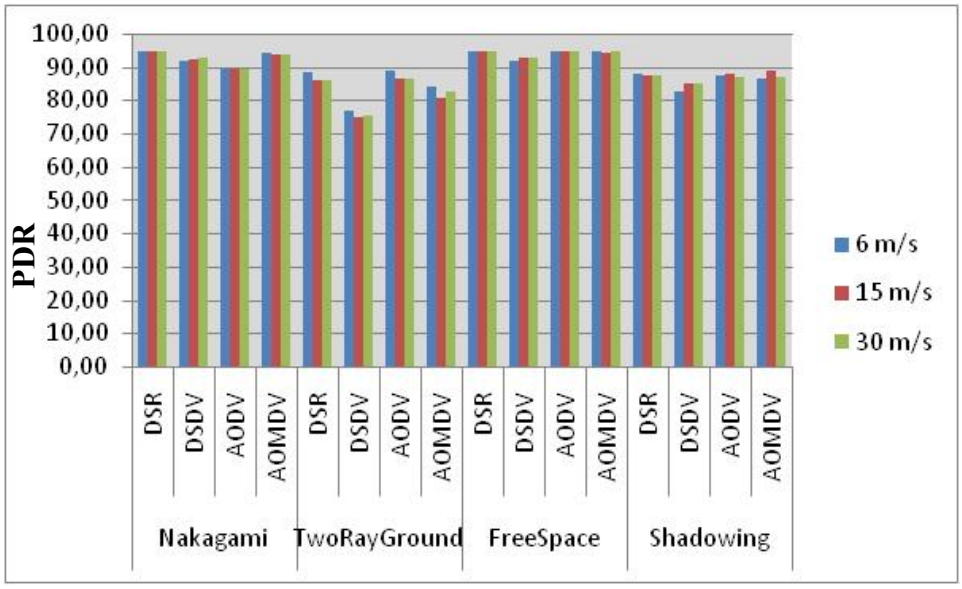



**Şekil 4.18** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (1 Düğüm Yayın).

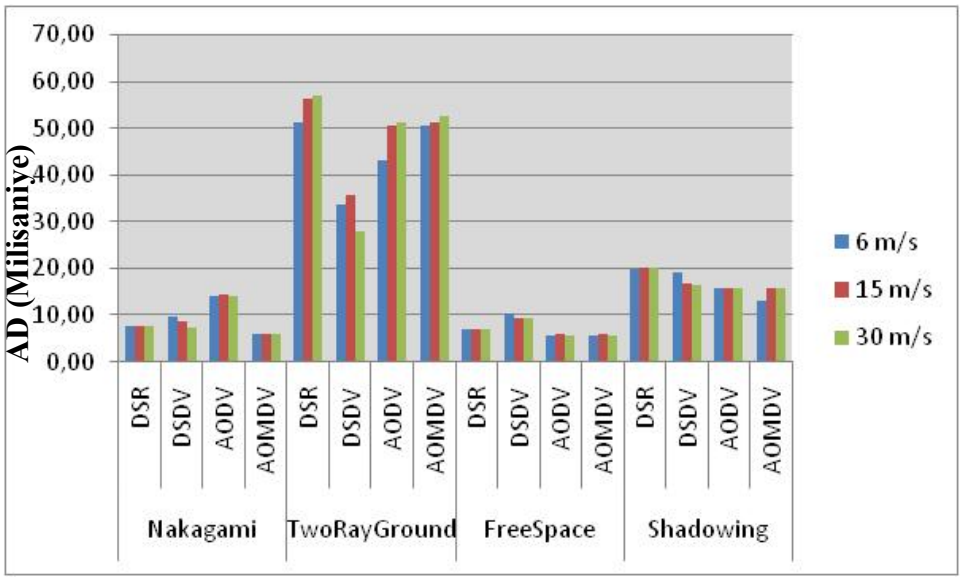
Koordineli arama hareket modeline göre 1 düğümün yayın yapmasına göre yapılan simülasyon neticesinde elde edilen paket iletim oranına göre sonuçlar Şekil 4.17 ve ortalama gecikmeye göre elde edilen sonuçlar ise Şekil 4.18'dedir. Koordineli arama hareket modelinin temel özelliği belirli bir alan içersinde detaylı arama yapmaktır. Böylece aramanın yapıldığı alan daha detaylı olarak incelenebilmektedir.

Paket iletim oranları açısından rastlantısal arama ve genişleyen arama modellerinde benzer şekilde bu arama modelinde tüm protokollerin performansları yaklaşık olarak %90-95 seviyesindedir.

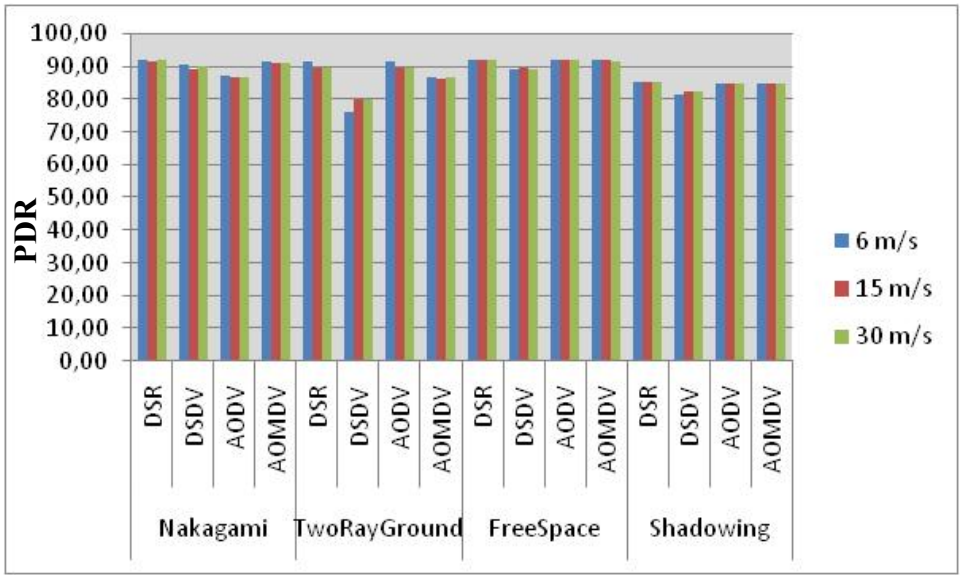
Gecikme açısından yönlendirme protokolleri değerlendirildiğinde benzer şekilde ortalama gecikmelerin proaktif protokollerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



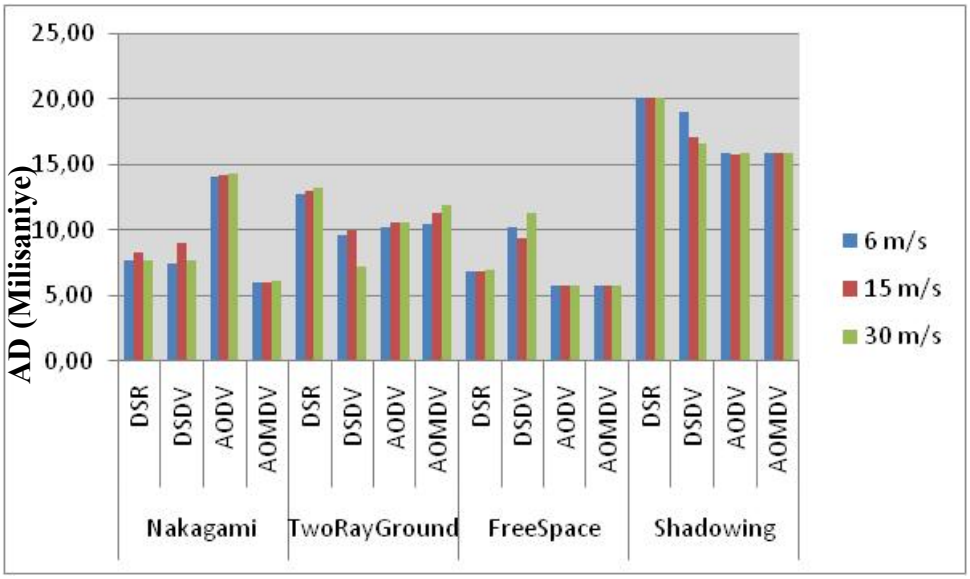

**Şekil 4.19** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (2 Düğüm Yayın).




**Şekil 4.20** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (2 Düğüm Yayın).

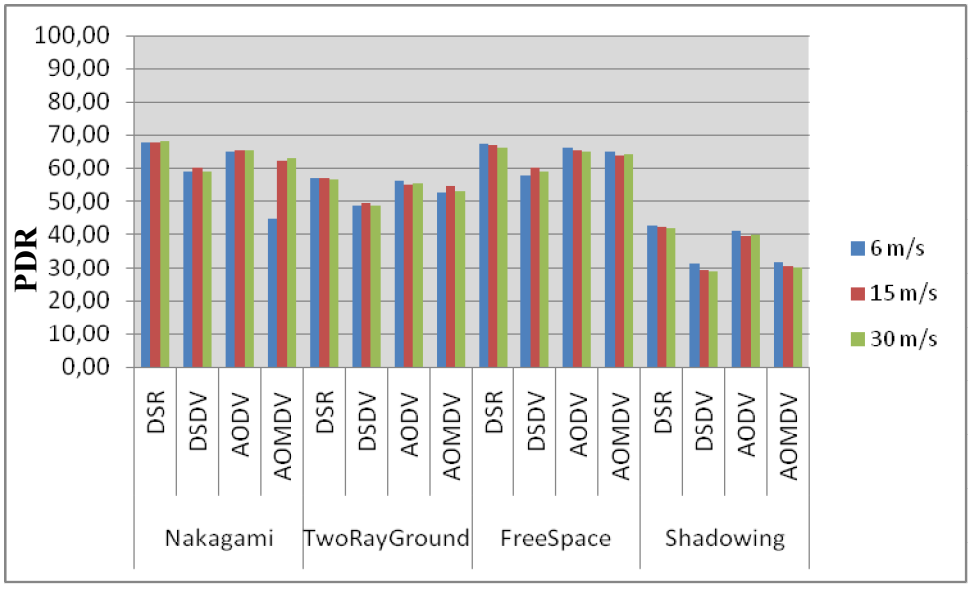



**Şekil 4.21** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (3 Düğüm Yayın).

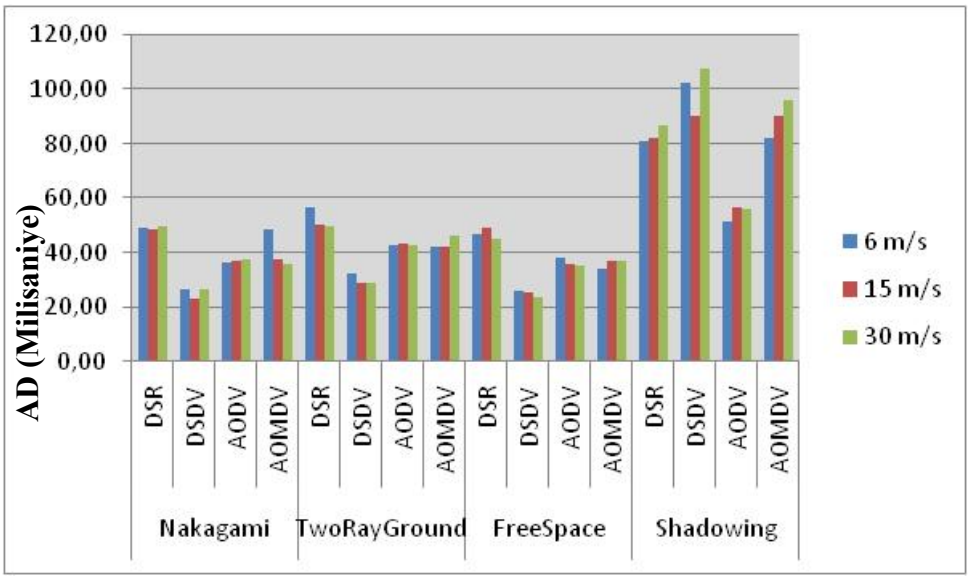



**Şekil 4.22** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (3 Düğüm Yayın).

Koordineli arama hareket modeline göre gerçekleştirilen 2 ve 3 düğümün simülasyonların sonuçları 1 düğümün yayın yapmasına benzer olarak paket iletim oranların açısından reaktif protokollerin yüksek paket iletim oranlarına sahip olmaları, ortalama gecikmelerinde proaktif protokollerin düşük gecikmelere sahip olması şeklinde sonuçlanmıştır.




**Şekil 4.23** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin PDR Performansı (4 Düğüm Yayın).




**Şekil 4 24** : Koordineli Arama Modeline Göre Yönlendirme Protokollerinin AD Performansı (4 Düğüm Yayın).

İlk iki hareket modelinde olduğu gibi Koordineli Arama hareket modelinde de 4 düğüm aynı anda yayına başladığı zaman bandgenişliğinin sınırlarına erişilmesi nedeniyle tüm protokollerin performansında düşüşler görülmektedir. Diğer simülasyonlarda elde edilen sonuçlara benzer şekilde paket iletim oranları açısından reaktif protokollerin performansları 4 düğümün aynı anda yayın yapmasına karşın proaktif protokollere göre daha iyi performans göstermektedirler.

Dinamik yapıya sahip olan İHA'ların ortamına uygun olarak reaktif yönlendirme protokollerin iletim oranları açısından yaptığımız karşılaştırmada daha iyi sonuçlar

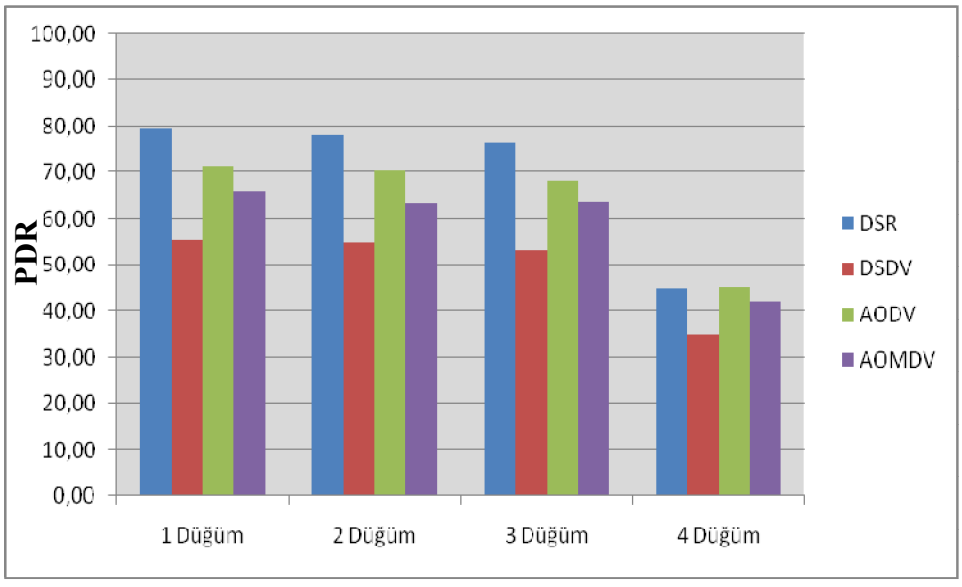
verdikleri görülmüştür. Koordineli arama hareket modelinde 4 düğümün aynı anda yayın yaptığı durumda bile %10-%15 gibi bir farkla daha iyi sonuçlar verdikleri görülmektedir.

Ortalama gecikmelere bakıldığında ise proaktif protokollerin performanslarının 10-20 milisaniye farkla daha düşük sonuçlar verdiği görülmektedir. Reaktif protokollerin yol bulma mekanizmalarının çalışma esasları nedeniyle gecikmeler daha yüksek olmaktadır. Her bir düğüm için iletim isteğinin ortaya çıkması ile birlikte söz konusu düğümler arasındaki yolun belirlenmesine yönelik olarak ortaya çıkarılma işlemleri yapılır. Bu nedenle her paket gönderiminin ilk isteğinde yol bilgisine ilişkin olarak işlemler yapılır. Bu sebepten dolayı reaktif protokollere ilişkin olarak gecikmeler daha yüksek olmaktadır

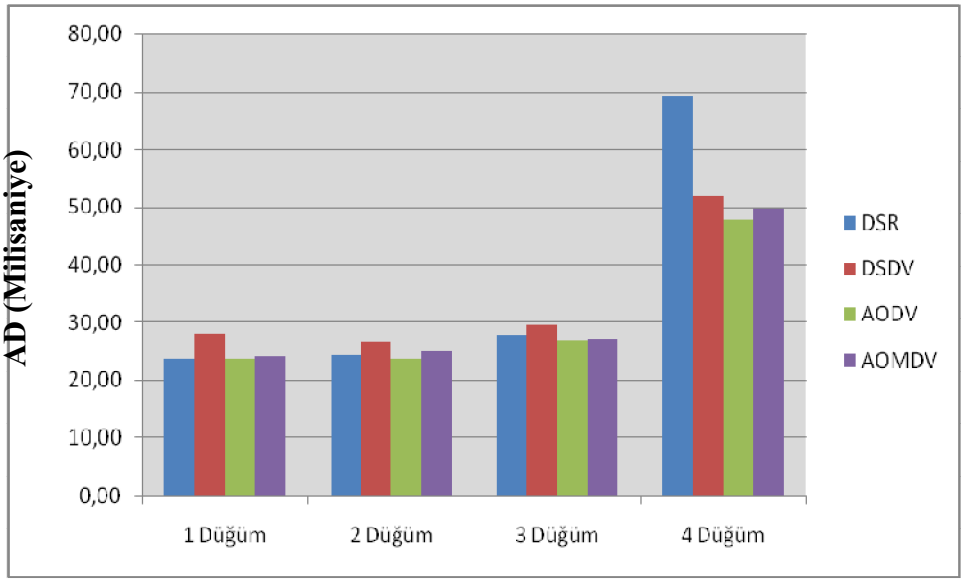
## 4.4. Düğümler Arası Atlama Sayısına Göre Değerlendirme

Bu değerlendirmeye göre düğümler arasında iletişimde paketlerin izledikleri yollara ilişkin olarak geçtikleri düğüm sayısının etkisi incelenmiştir. Sinyal yayılım modeli olarak Nakagami parametre olarak belirlenmiştir. Nakagami sinyal yayılım modeli ile sinyal şiddeti ayarlanarak düğümlerin izledikleri yolun arttırılması amaçlanmıştır. Tüm hareket modellerine göre 1, 2, 3 ve 4 atlama sayısı esas alınarak simülasyonlar koşturulmuştur.

### 4.4.1. Rastlantısal arama modeline göre sonuçlar



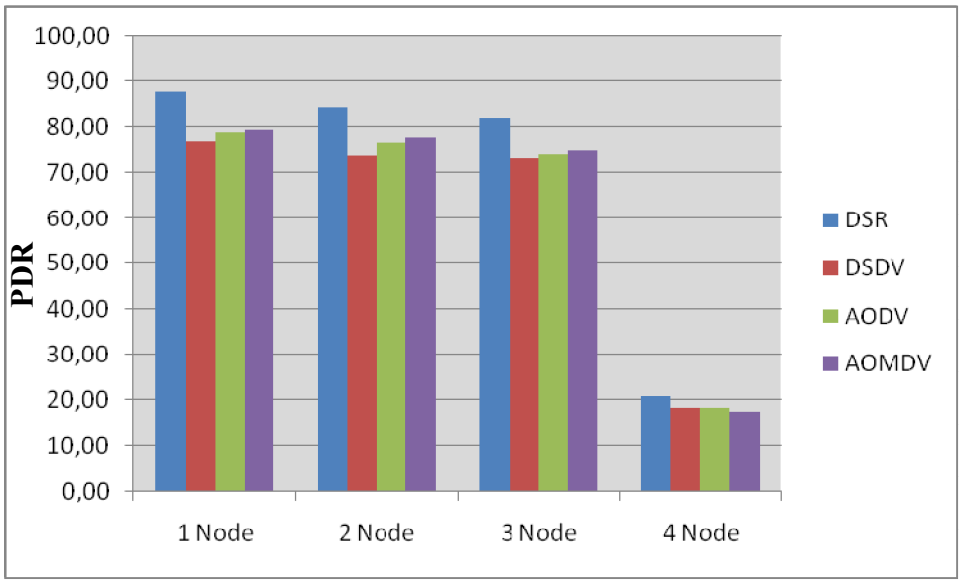

**Şekil 4.25** : Rastlantısal Arama Hareket Modeline Göre PDR Performansı (1,2,3, ve 4 Atlama).



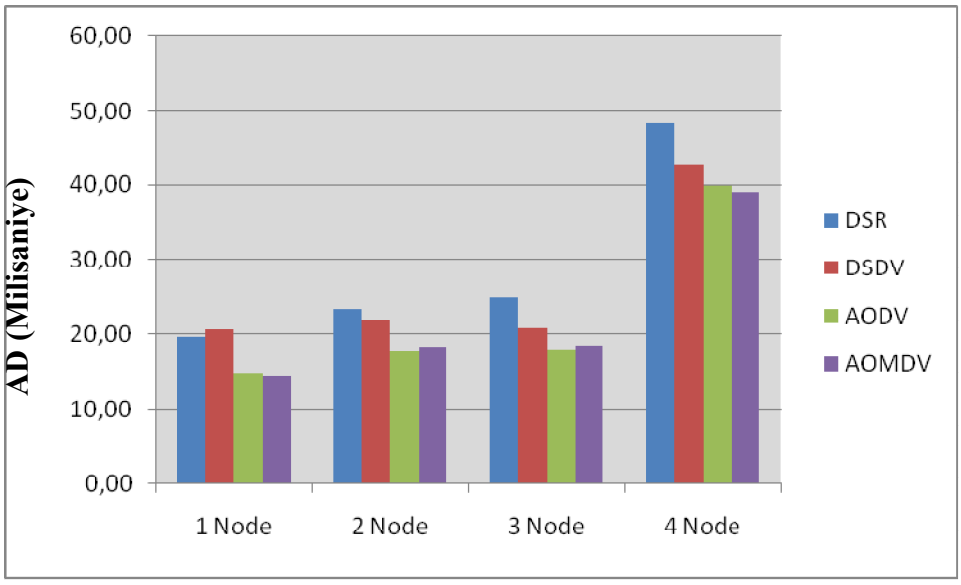

**Şekil 4.26**: Rastlantısal Arama Hareket Modeline Göre AD Performansı (1,2,3, ve 4 Atlama).

Yukarıdaki Şekil 4.25ve 4.26'da rastlantısal arama hareket modeline göre hop sayılarına ilişkin sonuçlar yer almaktadır. Grafiklerden de görüldüğü üzere ağ üzerinde hareket eden paketlerin azami 4 düğüm üzerinden geçerek hareket ettikleri görülmektedir. Geçilen düğüm sayısı ilet paket iletim oranlarının arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Geçilen düğüm sayınsın artması ile birlikte paketlerin izleyecekleri yol uzamaktadır. Bununla birlikte her bir paketin hedeften kaynağa doğru aktarılırken geçtikleri her bir düğüm üzerinde işlem görmeleri nedeniyle düğümler üzerinde oluşan kuyruklar nedeniyle ağ üzerinden çıkarılmaktadırlar. Aynı etki ortalama gecikme üzerinde de görülmektedir.

### 4.4.2. Genişleyen arama hareket modeline göre sonuçlar



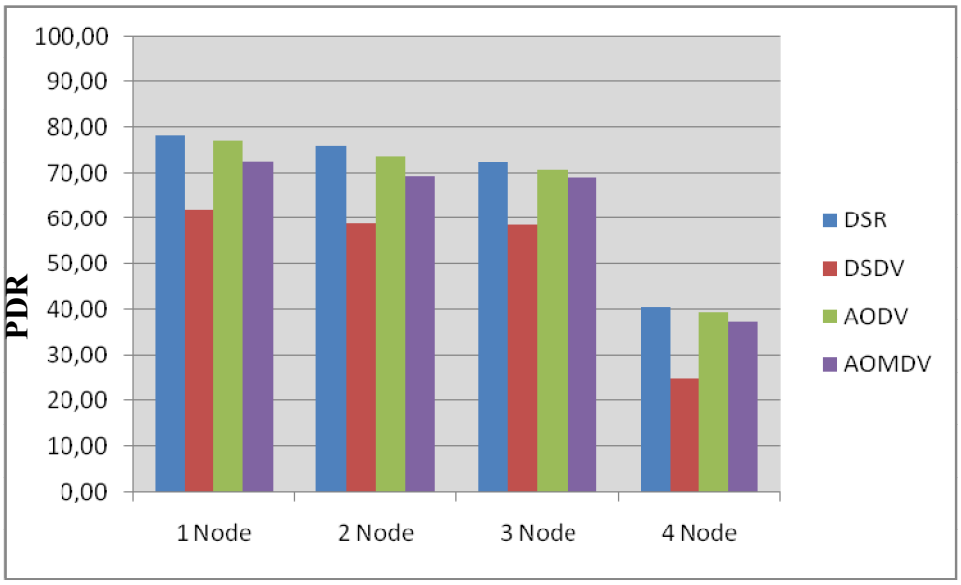

**Şekil 4.27** : Genişleyen Arama Hareket Modeline Göre PDR Performansı (1,2,3, ve 4 Atlama).



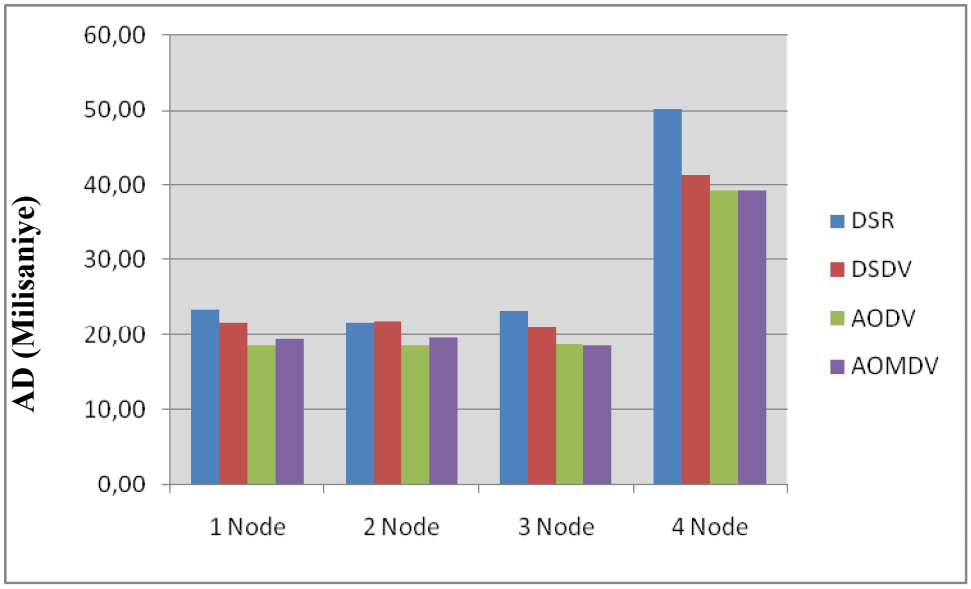

**Şekil 4.28**: Genişleyen Arama Hareket Modeline Göre AD Performansı (1,2,3, ve 4 Atlama).

Genişleyen Arama hareket modelinde göre katedilen düğüm sayısına göre yapılan simülasyonlar neticesinde elde edilen sonuçlar incelenecek olursa dinamik ortamın gereksinimlerine karşılayabilecek reaktif yapılarıdır. Proaktif yönlendirme protokolleri yol bilgisinin tutulması yöntemi durağan yapılarda hız ve etkinlik getirirken dinamik bir yapıya sahip İHA'larda ise aynı sonuçları vermemektedir.

### 4.4.3. Koordineli arama hareket modeline göre sonuçlar




**Şekil 4.29** : Koordineli Arama Hareket Modeline Göre PDR Performansı (1,2,3, ve 4 Atlama).




**Şekil 4.30** : Koordineli Arama Hareket Modeline Göre AD Performansı (1,2,3, ve 4 Atlama).

Kullanılan son hareket modelimiz olan koordineli aramada ise elde edilen sonuçlar bir farklılık içermemektedir. Katedilen düğüm sayısı ile paket iletim oranı açısından karşılaştırılsa reaktif protokollerin performansının daha yüksek olduğu görülmektedir. Açıklandığı üzere reaktif yönlendirme protokollerin özellikleri görev

senaryomuzun dinamik yapısının ihtiyaçların karşılayarak iletim oranları daha yüksek olarak sonuçlanmıştır.

Proaktif protokoller iletişim için gereksinim duyulan yol bilgisini ortaya çıkarılması için kullandıkları yöntemler nedeniyle ortalama gecikme süreleri daha azdır. Ancak yola ait olan güncelleme bilgilerinin kaybolması nedeniyle paket iletim oranları açısından daha kötü bir performans vermektedirler.

Tüm hareket modelleri incelendiğinde hareket modellerinin yönlendirme protokollerinin performansları açısından anlamlı farklılıklar bulunmamaktadır. Katedilen düğüm sayısı açısından 4 düğüm geçilmesi ile birlikte paket iletim oranları %80'den % 30 seviyesine inmektedir. Burada röle görevini yürüten düğümler üzerinde oluşan sıkışıklık nedeniyle paket iletimleri oranları ve ortalama gecikmeler üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır.

# 5. SONUÇ

Sonuç olarak İHA'ların kullanım alanı her geçen gün artan bir kullanım alanına sahiptirler. Bu gelişmeler neticesinde İHA'ların grup olarak kullanımı gündeme gelmektedir. Grup İHA'lar üzerindeki çalışmalar artan bir seyir izlemektedir. Grup İHA'ların görevlerini yerine getirmeleri esnasında ise İHA'ların arasında iletişim ihtiyacı artan bir şekilde oluşacaktır. (Örn. Formasyon Uçuşu, Grup Görevleri vb.) Bu görev tiplerinde her bir İHA arasında ve görev kontrol merkezi arasında iletişimin ortaya konulması ve ihtiyaçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ağ yapısı İHA'ların özellikleri de göz önünde tutularak alındığında; karşımıza Havada Kurulan Tasarsız Ağlar'dır. (Flying Ad-Hoc Network-FANET) çıkar. Bu ağ yapısının temel özelliği yüksek hareket kapasitesine sahip düğümlerdir. Ağ içersinde bulunan her bir İHA düğüm olarak kabul edilebilmektedir.

Bu yapıya özgü özellikler ile birlikte veri iletişimine ilişkin olarak ağ katmanı içersinde yönlendirme protokolleri büyük önem göstermektedir. Uygulamalar için güvenilir ve genişletilebilir özellikler sağlamalıdır. Bu temel özellikleri kapsayacak şekilde gerçekleştirilmesine imkan veren uygun kablosuz iletişim ortamı ise tasarsız ağlardır. Ağ yapısının değerlendirilebilmesi amacıyla üç farklı hareket modeline sahip arama görevi senaryosu uygulanarak NS-2 ortamında simule edilmiştir. Hava ve yer şekillerinden kaynaklanabilecek etkilere ilişkin olarak ise farklı radyo sinyal yayılım modelleri ile simulasyon tekrarlanarak etkileri incelenmiştir.

Yaptığımız bu çalışmanın neticesinde elde ettiğimiz veriler değerlendirildiğinde, hareket modellerinin yönlendirme protokolleri üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda öngördüğümüz şekilde hareketlerin düğümler üzerinde yönlendirme performansları üzerinde etkileri sınırlıdır. FANET'lerin dinamik topolojilere sahip olmaları ise etken bir durumdadır. Düğümler bazı anlarda görevin doğası gereği olarak hareketleri sonucunda antenlerinin kapsama alanı dışına çıkarak ve mevcut olarak belirlenmiş olan yolların yeniden belirlenmesi

anlatılmaktadır. Böylelikle, kaynak düğüm ile hedef düğüm arasında yeni bir yol ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada kullandığımız reaktif ve proaktif yönlendirme protokollerinin yol bulma ve oluşturma mekanizmalar dikkate alındığında, öngörüldüğü üzere reaktif yönlendirme protokollerinin paket teslim oranı (Packet Delivery Ratio-PDR) ve ortalama gecikme (Average Delay-AD) üzerinden başarımlarının daha iyi sonuç verildiği görülmüştür.

Radyo sinyal yayılım modellerinin etkisini temel alınması ile değerlendirilmeye çalışılan durum ise İHA'ların uçuşlarını gerçekleştirdikleri ortam şartlarının yönlendirme protokolleri üzerindeki etkisidir. İHA'ların uçuşu gerçekleştirdikleri ortam yüksek, alçak, açık arazi ve şehir içi olması gibi farklı özelliklere sahiptir. Ancak bu etkilerin değerlendirilen protokolleri üzeride etkisinin çok sınırlı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, radyo sinyal yayılım modelleri ile uçuşun gerçekleştirildiği etkisinin sınırlı kaldığı gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda MAC olarak IEEE 802.11 kullanılmıştır. Görev senaryomuz içerisinde oluşturduğumuz trafik yükü ile birlikte taşıyabileceği veri paketleri ölçümledik. Başlangıçta her bir düğüm standart olarak kendisine ait olan gerekli veriler (hız, konum, irtifa, motor verileri vb.) merkeze ilettiği durumda tüm protokollerin tümü performansları iyi seviyededir. Ayrıca sırasıyla değerlendirilen protokollerde 1, 2, 3 ve 4 düğümün hedefe ait olarak video akış verisini gönderdiği durumda ise 4 düğümün yayın yaptığı durumda ise tüm protokollerin performansı ciddi bir şekilde düşmüştür.

Ayrıca, tasarsız ağların özellikleri içerisinde yer alan host ve terminal olma özelliklerinden faydalanarak hop sayısının arttırılması ile değerlendirme yapılmak üzere simulasyonlar gerçekleştirilmiştir. Bir röle zinciri oluşturulduğu takdirde video akış ile performansın belirlenmesi ve etkilerinin gözlemlenmesi hedef alınmıştır. Böylelikle değerlendirilen yönlendirme protokollerinin 4 düğüm ile güvenilir iletişimin sağlandığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, değerlendirmenin temeli olarak kullandığımız MANET yönlendirme protokollerinin özellikleri ile paralellik taşıyan FANET'lerin ihtiyaç duyulan temel özellikleri, daha büyük bandgenişliğine sahip olması, proaktif yönlendirme protokolleri gibi yollara ait bilgilerin tutulmasına ihtiyaç göstermeyen yöntemler ve

reaktif özelliklere sahip yönlendirme mekanizmalara sahip olması gerektiği değerlendirilmektedir. FANET'lere özgü olarak geliştirilecek olan yönlendirme protokollerinin uygulamalar için güvenilir iletişim ortamı sağlaması hedeflenmelidir. Ortamın karmaşık yapısı da göz önüne alındığında ağ katmanına yönelik yapılacak iyileştirmelerin MAC katmanından da etkilendiği ve birlikte ele alınması kaçınılmazdır. Ortama erişimler ile birlikte ortalama gecikmelerin de dizayn edilmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Çalışmamızın sonucunda FANET'lerin ihtiyaçlarına yönelik olarak en uygun yapıların reaktif yönlendirme protokolleri oldukları belirlenmiştir. Bu sayede düğümlere ait sistem kaynaklarının ekonomik olarak kullanılabilmesine imkân verilecek ayrıca ortamın dinamik yapısına bağlı olarak her bir düğümün hareketi sonucunda veri paketlerinin kaynak düğümden hedef düğüme ulaşmaması nedeniyle gereksiz yol belirleme işlemlerine başlatılmasına gerek duyulmayacaktır. Proaktif yönlendirme protokollerinde kullanılan yol tablolarının güncellenmesi neticesinde ağ üzerinde reaktif olarak yol belirleme işlemlerine göre hedef ve kaynak düğüm arasındaki yolun belirlenmesine yönelik iletişimden daha fazla iletişim gerçekleştirilecektir. Sonuç olarak FANET'lerin dinamik topolojilere sahip olması nedeniyle reaktif yönlendirme protokollerinin en uygun ağ katmanı çözümü olduğu değerlendirilmektedir. [15]

## KAYNAKLAR


[1] **İ.Bekmezci, O.K.Sahıngoz, S.Temel** "Flying Ad Hoc Network (FANETs), International Journal of Ad HocNetworks, Volume 11, Issue 3, May 2013, Pages 1254–1270

[2] **B.Pakkan, M.Ermiş,** "İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması" Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi Ocak 2010 CİLT 4 SAYI 3 (77-84)

[3] **C.E Perkins, and Pravin, Bhagwat,** "DSDV Routing over a Multihop Wireless Network of Mobile Computers. Ad HocNetworking. ISBN: 0-201-30976-9 Chapter 3, © 2001

[4] **H.C.Christmann and E.N.Johnson** "Design and Implementation of a Self-configuring Ad-hoc Network for Unmanned Aerial Systems", American Institute of Aeronautics and Astronautics.

[5] **CE ,Perkins, Royer EM.** "Mobile Ad Hoc on-demand distance vector routing."In Proceedings of IEEEWorkshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA), 1999.

[6] **Ade,P.A.Tijare**,"Performance Comparison of AODV, DSDV, OLSR and DSR Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks" International Journal of Information Technology and Knowledge Management July-December 2010, Volume 2, No. 2, pp. 545-548

[7] **H.C.Christmann and E.N.Johnson** "Design and Implementation of a Self-configuring Ad-hoc Network for Unmanned Aerial Systems", American Institute of Aeronautics and Astronautics.

[8] **T. X. Brown, B. M. Argrow, E. W. Frew, C. Dixon, D. Henkel, J. Elston, and H. Gates**, Experiments Using Small Unmanned Aircraft to Augment Mobile Ad hoc Network, ch. 28, pp. 123–145. No. ISBN-13:9780521 895842, 2007.

[9] **Ramanathan, R. and Redi, J**., \A brief overview of Ad hoc ağlar networks: challenges and directions," Communications Magazine, IEEE, vol. 40, no. 5, pp. 20{22, 2002. OI:10.1109/MCOM.2002.1006968.

[10] **Corson, M., Macker, J**., "Mobile Ad Hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations", http://community.roxen.com/developers/idocs/rfc/rfc2501.html

[11] **C. E. Perkins, and P. Bhagwat,** "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing ", ACM SIGCOMM Computer Commun. Rev., 24(4): 234-244 (1994).

[12] **T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Muhlethaler** "Optimized Link State Routing Protocol," a. Qayyum et L. Viennot, IEEE INMIC Pakistan 2001

[13] **Azizol Abdullah, Norlida Ramly, Abdullah Muhammed, Mohd Noor Derahman:** Performance Comparison Study of Routing Protocols for Mobile Grid Environment, pp 82-88, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.8 No.2, February 2008

[14] **David B. Johnson and David A. Maltz**, ''Dynamic source routing in adhoc wireless networks," in Mobile computing, T. lmielinski and H. Kmh, Eds, Kluwer Academic, 1996, ch.5 .

[15] **Alshabtat and L. Dong,** "Low Latency Routing Algorithm for Unmanned Aerial Vehicles Ad-Hoc Networks," International Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 5, 2012

[16] **Ade,P.A.Tijare**,"Performance Comparison of AODV, DSDV, OLSR and DSR Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks" International Journal of Information Technology and Knowledge Management July-December 2010, Volume 2, No. 2, pp. 545-548

[17] **İ.Turnadereli, İ.Bekmezci**, "Performance Comparison of MANET Routing Protocols for FANET's" Proceedings of the 3rd ISCSE Kuşadası, İZMİR pp.250-254" 2013.

[18] **B. Karp and H. T. Kung**, "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," in Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking, MobiCom '00, (New York, NY, USA), pp. 243–254, ACM, 2000.

[19] **B. R. Bellur, M. G. Lewis, and F. L. Templin**, "An Ad Hoc Network for Teams of Autonomous Vehicles," in Proc First Annual Symposium on Autonomous Intelligence Networks and Systems, AINS Symposium, May 2002.

[20] **C.-K. Toh**, Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems. Prentice Hall, 2001.

[21] **C. Siva Ram Murthy, B. S. Manoj,** "Ad-Hoc Wireless Networks - Architectures And Protocols", Prentice Hall, New Jersey, 0-13-147023-X (2004). 166.

[22] **C. E. Perkins and E. M. Royer,** "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Mobile Computing Systems and Applications, IEEE Workshop on, p. 90, 1999.

[23] **J.-M. Dricot and P. D. Doncker**, "High-accuracy physical layer model for wireless network simulations in ns-2",In Proceedings of the International Workshop on Wireless Ad-hocNetworks, (2004).

[23] **J.Hoebeke, I.Moerman, B.Dhoedt ve P.Demeester** An Overview of Mobile Ad HocNetworks: Applications and Challenges, The Journal of The Communications Network, 3th quarter 2004, Vol. 3, Issue 3

[24] **L. Lin, Q. Sun, J. Li, and F. Yang**, "A Novel Geographic Position Mobility Oriented Routing Strategy for UAVs," Journal of Computational Information Systems, vol. 8, pp. 709–716, 2012.

[25] **M. T. Hyland, B. E. Mullins, R. O. Baldwin, and M. A. Temple**, "Simulation-Based Performance Evaluation of Mobile Ad Hoc Routing Protocols in a Swarm of Unmanned Aerial Vehicles," in Proceedings of the 21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops - Volume 02, AINAW '07, (Washington, DC, USA), pp. 249–256, IEEE Computer Society, 2007.

[26] **Marco Conti, Silvia Giordano**. Multihop Ad Hoc Networking: The Reality. IEEE Communications Magazine, April 2007.

[27] **P. Singh, H.Kaur and S.P.Hauja** "Brief Description of Routing Protocols in MANETS And Performance And Analysis (AODV, AOMDV, TORA)", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 2 Issue 1, January 2012

[28] **S. Basagni, I. Chlamtac, V. R. Syrotiuk, and B. A. Woodward**, "A distance routing effect algorithm for mobility (DREAM)," in Proceedings of the 4th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, MobiCom '98, (New York, NY, USA), pp. 76–84, ACM, 1998

[29] **S.Reidt, S.D. Wolthusen** Exploiting UAVs' Capabilities in Tactical MANETS, ACITA 2008,322-32.

[30] **T. Brown, S. Doshi, S. Jadhav, D. Henkel, and R. Thekkekunnel**, "A full scale wireless Ad hoc network test bed," in Proc. of International Symposium on Advanced Radio Technologies, (Boulder, CO), pp. 50–60, March 2005.

[31] **V. D. Park and M. S. Corson**, "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," in Proceedings of the INFOCOM '97. Sixteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Driving the Information Revolution, INFOCOM '97, (Washington, DC, USA), pp. 1405–1413, IEEE Computer Society, 1997.

[32] **V. R. Khare, F. Z. Wang, S. Wu, Y. Deng, and C. Thompson,** "Adhoc network of unmanned aerial vehicle swarms for search & destroy tasks,"

inIntelligent Systems, IS, International IEEE Conference, 2008.

[33] http://netlab.caltech.edu/projects/ns2tcplinux “Ns2 Tutorial”.

**EKLER**

**EK A:** Kaynak Kodu

## EK A Kaynak Kodu

```
# Define options
set val(chan) Channel/WirelessChannel ;# channel type
set val(prop) Propagation/Nakagami;# radio-propagation model
set val(netif) Phy/WirelessPhy ;# network interface type
set val(mac) Mac/802_11 ;# MAC type
set val(ifq)  CMUPriQueue;#Queue/DropTail/PriQueue;   ;interface queue type
set val(ll) LL ;# link layer type
set val(ant) Antenna/OmniAntenna ;# antenna model
set val(ifqlen) 40 ;# max packet in ifq
set val(nn) 9 ;# number of mobilenodes
set val(rp) DSR;# routing protocol
set val(x) 1000 ;# X dimension of topography
set val(y) 1000 ;# Y dimension of topography
set val(stop) 225 ;# time of simulation end

set ns [new Simulator]
set tracefd [open wireless2.tr w]
set namtrace [open wireless2.nam w]

$ns trace-all $tracefd
$ns namtrace-all-wireless $namtrace $val(x) $val(y)

# set up topography object
set topo [new Topography]

Phy/WirelessPhy set CSThresh_       6.30957e-13
Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.2818      ;# 250m
#Phy/WirelessPhy set freq_          5.18e9
Phy/WirelessPhy set L_              1.0
Phy/WirelessPhy set RXThresh_       3.652e-10
Phy/WirelessPhy set bandwidth_      20e6
Phy/WirelessPhy set CPThresh_       10.0

#Phy/WirelessPhy set CPThresh_ 15.0
#Phy/WirelessPhy set CSThresh_ 6.31e-15
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 3.652e-11
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 1.47635e-07
Phy/WirelessPhy set Rb_ 2*1e6
#Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.2818
#Phy/WirelessPhy set freq_ 2.41e9
#Phy/WirelessPhy set L_ 1.0


Mac/802_11 set CWMin_               15
Mac/802_11 set CWMax_               1023
Mac/802_11 set SlotTime_            0.000009
Mac/802_11 set SIFS_                0.000016
Mac/802_11 set ShortRetryLimit_     7
Mac/802_11 set LongRetryLimit_      4
Mac/802_11 set PreambleLength_      60
Mac/802_11 set PLCPHeaderLength_    60
Mac/802_11 set PLCPDataRate_        6.0e6
Mac/802_11 set RTSThreshold_        2000
Mac/802_11 set basicRate_           6.0e6
Mac/802_11 set dataRate_            6.0e6


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

```
create-god $val(nn)



# 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 OFF


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

# Provide initial location of mobilenodes
$n(0) set X_ 76.962622950820
$n(0) set Y_ 75.963278688525
$n(0) set Z_ 000000000000

$n(1) set X_ 74.104874754098
$n(1) set Y_ 73.618693770492
$n(1) set Z_ 000000000000

$n(2) set X_ 71.056874754098
$n(2) set Y_ 73.618693770492
$n(2) set Z_ 000000000000

$n(3) set X_ 77.152874754098
$n(3) set Y_ 73.618693770492
$n(3) set Z_ 000000000000

$n(4) set X_ 74.866874754098
$n(4) set Y_ 77.578161916594
$n(4) set Z_ 000000000000

$n(5) set X_ 70.294874754098
$n(5) set Y_ 77.578161916594
$n(5) set Z_ 000000000000

$n(6) set X_ 68.008874754098
$n(6) set Y_ 73.618693770492
$n(6) set Z_ 000000000000

$n(7) set X_ 70.294874754098
$n(7) set Y_ 69.659225624389
$n(7) set Z_ 000000000000

$n(8) set X_ 74.866874754098
```

```
$n(8) set Y_ 69.659225624389
$n(8) set Z_ 000000000000


##Setup a UDP connection
set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(8) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(0) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  1


#Setup a VBR over UDP connection
set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 256
$vbr set rate  2mb
$vbr set interval 0.25
$vbr set random  false
$ns at 60.0 "$vbr start"
$ns at 80.0 "$vbr stop"

set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(8) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  9

set Vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 256
$vbr set rate  2mb
$vbr set interval 0.25
$vbr set random  false
$ns at 80.0 "$vbr start"
$ns at 100.0 "$vbr stop"


set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(1) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  2


set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
```

```
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"

set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(2) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  3

set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"

set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(3) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  4

set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"

set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(4) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  5

set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"


set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(5) $null
$ns connect $udp $null
```

```
$udp set fid  6

set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"

set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(6) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  7

set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"


set udp [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $n(0) $udp
set null [new Agent/Null]
$ns attach-agent $n(7) $null
$ns connect $udp $null
$udp set fid  8

set vbr [new Application/Traffic/VBR]
$vbr attach-agent $udp
$vbr set type VBR
$vbr set packet size 0.1
$vbr set rate  1mb
$vbr set interval 1.0
$vbr set random  false
$ns at 0.0 "$vbr start"
$ns at 200.0 "$vbr stop"




#defining heads



#$ns at 0.0 "$n(5) label N2"

$ns  at 2.000000000000 "$n(7) setdest 200.243406688525 110.233350084428 30.000"
$ns  at 2.000000000000 "$n(6) setdest 195.435643068035 115.041113704918 30.000"
$ns  at 2.000000000000 "$n(5) setdest 200.243406688525 119.848877325408 30.000"
$ns  at 2.000000000000 "$n(4) setdest 205.051170309015 115.041113704918 30.000"
```

```
$ns at 2.000000000000 "$n(3) setdest 199.363524878280 113.517113704918 30.000"
$ns at 2.000000000000 "$n(2) setdest 199.363524878280 116.565113704918 30.000"
$ns at 2.000000000000 "$n(1) setdest 202.003170309015 115.041113704918 30.000"
$ns at 23.875466492665 "$n(7) setdest 213.824595147541 246.044635068035 30.000"
$ns at 23.875466492665 "$n(6) setdest 209.016831527051 250.852398688525 30.000"
$ns at 23.875466492665 "$n(5) setdest 213.824595147541 255.660162309015 30.000"
$ns at 23.875466492665 "$n(3) setdest 212.944713337296 249.328398688525 30.000"
$ns at 23.875466492665 "$n(2) setdest 212.944713337296 252.376398688525 30.000"
$ns at 23.875466492665 "$n(4) setdest 218.632358768031 250.852398688525 30.000"
$ns at 46.265338239598 "$n(7) setdest 238.270554491803 250.118961625412 30.000"
$ns at 46.265338239598 "$n(6) setdest 233.462790871313 254.926725245902 30.000"
$ns at 46.265338239598 "$n(3) setdest 237.390672681558 253.402725245902 30.000"
$ns at 46.265338239598 "$n(2) setdest 237.390672681558 256.450725245902 30.000"
$ns at 46.265338239598 "$n(5) setdest 238.270554491803 259.734488866392 30.000"
$ns at 46.265338239598 "$n(4) setdest 243.078318112293 254.926725245902 30.000"
$ns at 50.330817393045 "$n(7) setdest 446.740763016393 282.713674018854 30.000"
$ns at 50.330817393045 "$n(6) setdest 441.932999395903 287.521437639344 30.000"
$ns at 50.330817393045 "$n(3) setdest 445.860881206148 285.997437639344 30.000"
$ns at 50.330817393045 "$n(2) setdest 325.667947960247 159.345642491803 30.000"
$ns at 50.330817393045 "$n(5) setdest 326.547829770492 162.629406112293 30.000"
$ns at 50.330817393045 "$n(4) setdest 331.355593390982 157.821642491803 30.000"
$ns at 71.858649326821 "$n(5) setdest 331.980365114754 165.345623817211 30.000"
$ns at 71.858649326821 "$n(4) setdest 336.788128735244 160.537860196721 30.000"
$ns at 72.854997229399 "$n(5) setdest 332.659419540984 175.531540145080 30.000"
$ns at 72.854997229399 "$n(4) setdest 337.467183161474 170.723776524590 30.000"
$ns at 74.529624224091 "$n(5) setdest 339.449963803279 181.643029981146 30.000"
$ns at 74.529624224091 "$n(4) setdest 344.257727423769 176.835266360656 30.000"
$ns at 76.028269722450 "$n(5) setdest 349.635780196721 180.963975554916 30.000"
$ns at 76.028269722450 "$n(4) setdest 354.443543817211 176.156211934426 30.000"
$ns at 77.702880360008 "$n(5) setdest 355.068215606557 174.852485718851 30.000"
$ns at 77.702880360008 "$n(4) setdest 359.875979227047 170.044722098361 30.000"
$ns at 79.044235034809 "$n(5) setdest 355.747270032787 164.666569390982 30.000"
$ns at 79.044235034809 "$n(4) setdest 360.555033653277 159.858805770492 30.000"
$ns at 80.718862029501 "$n(5) setdest 356.426324459016 155.838861849998 30.000"
$ns at 80.718862029501 "$n(4) setdest 361.234088079506 151.031098229508 30.000"
$ns at 82.171254827644 "$n(5) setdest 355.068215606557 145.653045456556 30.000"
$ns at 82.171254827644 "$n(4) setdest 359.875979227047 140.845281836066 30.000"
$ns at 83.856943495400 "$n(5) setdest 351.672943475410 134.788174636883 30.000"
$ns at 83.856943495400 "$n(4) setdest 356.480707095900 129.980411016393 30.000"
$ns at 84.944161513352 "$n(7) setdest 466.433441311475 284.071782871313 30.000"
$ns at 84.944161513352 "$n(6) setdest 461.625677690985 288.879546491803 30.000"
$ns at 84.944161513352 "$n(3) setdest 465.553559501230 287.355546491803 30.000"
$ns at 85.724237857757 "$n(5) setdest 348.277671344262 128.676584866392 30.000"
$ns at 85.724237857757 "$n(4) setdest 353.085434964752 123.868821245902 30.000"
$ns at 86.871117873609 "$n(5) setdest 344.882399213115 122.565095030326 30.000"
$ns at 86.871117873609 "$n(4) setdest 349.690162833605 117.757331409836 30.000"
$ns at 88.017983558986 "$n(5) setdest 346.240508065574 109.608678295082 30.000"
$ns at 88.182260897332 "$n(7) setdest 477.298312131148 273.885866543444 30.000"
$ns at 88.182260897332 "$n(6) setdest 472.490548510658 278.693630163934 30.000"
$ns at 88.182260897332 "$n(3) setdest 476.418430320903 277.169630163934 30.000"
$ns at 90.155024515356 "$n(5) setdest 349.635780196721 100.780970754098 30.000"
$ns at 90.625321034025 "$n(7) setdest 478.656420983607 259.625723592625 30.000"
$ns at 90.625321034025 "$n(6) setdest 473.848657363117 264.433487213115 30.000"
$ns at 90.625321034025 "$n(3) setdest 477.776539173362 262.909487213115 30.000"
$ns at 91.706555635741 "$n(5) setdest 353.031052327869 88.557991081967 30.000"
$ns at 92.975168280429 "$n(7) setdest 479.335475409836 239.253990871313 30.000"
$ns at 92.975168280429 "$n(6) setdest 474.527711789346 244.061754491803 30.000"
$ns at 92.975168280429 "$n(3) setdest 478.455593599591 242.537754491803 30.000"
$ns at 93.787556878347 "$n(5) setdest 359.821596590164 81.088292459016 30.000"
$ns at 95.443551584582 "$n(5) setdest 368.649304131148 70.223421639344 30.000"
```

```
$ns at 96.318843985413 "$n(6) setdest 484.034473756559 221.652958426230 30.000"
$ns at 96.318843985413 "$n(7) setdest 488.842237377049 216.845194805740 30.000"
$ns at 96.318843985413 "$n(3) setdest 487.962355566804 220.128958426230 30.000"
$ns at 97.739986234260 "$n(5) setdest 376.798057180328 66.149095081967 30.000"
$ns at 99.234500756735 "$n(5) setdest 384.946710295082 62.753822950820 30.000"
$ns at 100.311953211482 "$n(6) setdest 496.936607789346 202.639334557377 30.000"
$ns at 100.311953211482 "$n(7) setdest 501.744371409836 197.831570936887 30.000"
$ns at 100.311953211482 "$n(3) setdest 500.864489599591 201.115334557377 30.000"
$ns at 100.682615510833 "$n(5) setdest 397.169689967213 64.790986229508 30.000"
$ns at 102.715355087557 "$n(5) setdest 404.639288655738 62.074768524590 30.000"
$ns at 104.019181905480 "$n(5) setdest 409.392669639344 53.926115409836 30.000"
$ns at 104.081290431606 "$n(6) setdest 505.764315330330 195.169735868852 30.000"
$ns at 104.081290431606 "$n(7) setdest 510.572078950820 190.361972248363 30.000"
$ns at 104.081290431606 "$n(3) setdest 509.692197140575 193.645735868852 30.000"
$ns at 105.566709067912 "$n(5) setdest 414.146150557377 51.209897704918 30.000"
$ns at 105.978252404663 "$n(6) setdest 504.460589114754 193.811627016393 30.000"
$ns at 105.978252404663 "$n(7) setdest 504.460589114754 193.811627016393 30.000"
$ns at 106.287076946452 "$n(6) setdest 499.028153704918 190.416354885246 30.000"
$ns at 107.129476941650 "$n(7) setdest 499.028153704918 190.416354885246 30.000"
$ns at 107.337960582391 "$n(6) setdest 499.028153704918 184.304865049180 30.000"
$ns at 108.180360577590 "$n(7) setdest 499.028153704918 184.304865049180 30.000"
$ns at 108.340501565998 "$n(6) setdest 502.423425836066 178.193375213115 30.000"
$ns at 109.182901561197 "$n(7) setdest 502.423425836066 178.193375213115 30.000"
$ns at 109.487367251375 "$n(6) setdest 510.572078950820 170.044722098361 30.000"
$ns at 110.329767246574 "$n(7) setdest 510.572078950820 170.044722098361 30.000"
$ns at 111.377776659177 "$n(6) setdest 519.399786491803 161.216914622951 30.000"
$ns at 112.220176654375 "$n(7) setdest 519.399786491803 161.216914622951 30.000"
$ns at 113.425731776243 "$n(6) setdest 524.153167475410 151.710152655738 30.000"
$ns at 114.268131771441 "$n(7) setdest 524.153167475410 151.710152655738 30.000"
$ns at 115.169314945911 "$n(6) setdest 523.474113049180 142.882445114754 30.000"
$ns at 116.011714941110 "$n(7) setdest 523.474113049180 142.882445114754 30.000"
$ns at 116.621707744054 "$n(6) setdest 522.795058622951 132.696628721311 30.000"
$ns at 117.464107739252 "$n(7) setdest 522.795058622951 132.696628721311 30.000"
$ns at 118.296318381612 "$n(6) setdest 520.757895344262 119.115440262295 30.000"
$ns at 119.138718376810 "$n(7) setdest 520.757895344262 119.115440262295 30.000"
$ns at 120.549127552501 "$n(6) setdest 513.967351081967 110.287732721312 30.000"
$ns at 121.391527547699 "$n(7) setdest 513.967351081967 110.287732721312 30.000"
$ns at 123.218515847327 "$n(7) setdest 522.116004196721 99.422861901639 30.000"
$ns at 125.446384699786 "$n(7) setdest 525.511276327869 85.841673442623 30.000"
$ns at 127.742835253443 "$n(7) setdest 524.832221901639 67.507203934426 30.000"
$ns at 130.752520338856 "$n(7) setdest 516.683568786885 53.926115409836 30.000"
$ns at 133.350639560198 "$n(7) setdest 507.855861245902 43.740199081967 30.000"
$ns at 135.561748651431 "$n(7) setdest 496.990990426230 33.554382688525 30.000"
$ns at 138.004797575944 "$n(7) setdest 484.767910819672 25.405729573771 30.000"
$ns at 141.414619830895 "$n(7) setdest 480.014529836066 34.233437114754 30.000"
$ns at 142.122141855294 "$n(4) setdest 354.389161180328 111.645841573771 30.000"
$ns at 143.059324301293 "$n(7) setdest 473.903040000000 45.777362360656 30.000"
$ns at 143.386765132590 "$n(4) setdest 367.970249704918 115.720168131148 30.000"
$ns at 145.202019952098 "$n(7) setdest 466.433441311475 55.963278688525 30.000"
$ns at 145.712728500723 "$n(4) setdest 378.835220459016 120.473549114754 30.000"
$ns at 145.947324765153 "$n(6) setdest 505.139643540984 113.003950426230 30.000"
$ns at 146.492574374821 "$n(5) setdest 418.220477114754 57.321387540984 30.000"
$ns at 147.274070979094 "$n(7) setdest 459.642897049180 64.790986229508 30.000"
$ns at 147.462439389855 "$n(6) setdest 490.879500590164 117.757331409836 30.000"
$ns at 147.658146360538 "$n(4) setdest 392.416308983607 123.189766819672 30.000"
$ns at 147.697478682203 "$n(5) setdest 418.899531540984 67.507203934426 30.000"
$ns at 149.101059278722 "$n(7) setdest 452.852352786885 72.260584918033 30.000"
$ns at 149.372089319761 "$n(5) setdest 420.257640393443 78.372074754098 30.000"
$ns at 149.928238355526 "$n(6) setdest 478.656420983607 121.152603540984 30.000"
$ns at 149.930135711021 "$n(4) setdest 404.639288655738 127.264193311475 30.000"
```

```
$ns at 150.757041854755 "$n(7) setdest 446.740763016393 83.804510163934 30.000"
$ns at 151.168254611554 "$n(5) setdest 421.615749245902 88.557991081967 30.000"
$ns at 152.009255393512 "$n(6) setdest 467.791550163934 123.189766819672 30.000"
$ns at 152.043682865715 "$n(4) setdest 418.220477114754 130.659465442623 30.000"
$ns at 152.853959528949 "$n(5) setdest 422.294803672131 98.064753049180 30.000"
$ns at 152.899745175899 "$n(7) setdest 448.098871868853 95.348535344262 30.000"
$ns at 153.822609261553 "$n(6) setdest 455.568570491803 126.585138885246 30.000"
$ns at 154.340133419371 "$n(4) setdest 427.727239081967 131.338519868852 30.000"
$ns at 154.417441001401 "$n(5) setdest 424.331966950820 106.892460590164 30.000"
$ns at 154.806510057267 "$n(7) setdest 450.815189508197 101.460025180328 30.000"
$ns at 160.399060948317 "$n(3) setdest 199.363524878280 113.517113704918 30.000"
$ns at 160.903614891823 "$n(5) setdest 444.024545311475 135.467229063113 30.000"
$ns at 162.442976222943 "$n(7) setdest 444.024545311475 125.851701822133 30.000"
$ns at 163.132494672971 "$n(4) setdest 448.832308931965 130.659465442623 30.000"
$ns at 163.832010995973 "$n(6) setdest 439.216781690985 130.659465442623 30.000"
$ns at 166.596404005816 "$n(7) setdest 446.740763016393 131.963191658199 30.000"
$ns at 166.596404005816 "$n(6) setdest 441.932999395903 136.770955278689 30.000"
$ns at 166.596404005816 "$n(5) setdest 446.740763016393 141.578718899179 30.000"
$ns at 166.596404005816 "$n(4) setdest 451.548526636883 136.770955278689 30.000"
$ns at 167.693502182262 "$n(7) setdest 446.061708590164 138.753735920494 30.000"
$ns at 167.693502182262 "$n(6) setdest 441.253944969674 143.561499540984 30.000"
$ns at 167.693502182262 "$n(5) setdest 446.061708590164 148.369263161474 30.000"
$ns at 167.693502182262 "$n(4) setdest 450.869472210654 143.561499540984 30.000"
$ns at 168.812992425631 "$n(7) setdest 442.666436459016 146.902389035248 30.000"
$ns at 168.812992425631 "$n(6) setdest 437.858672838526 151.710152655738 30.000"
$ns at 168.812992425631 "$n(5) setdest 442.666436459016 156.517916276228 30.000"
$ns at 168.812992425631 "$n(4) setdest 447.474200079506 151.710152655738 30.000"
$ns at 170.261107179730 "$n(7) setdest 433.838728918033 150.976715592625 30.000"
$ns at 170.261107179730 "$n(6) setdest 429.030965297543 155.784479213115 30.000"
$ns at 170.261107179730 "$n(5) setdest 433.838728918033 160.592242833605 30.000"
$ns at 170.261107179730 "$n(4) setdest 438.646492538523 155.784479213115 30.000"
$ns at 171.856018558828 "$n(7) setdest 344.203344786885 173.385611592625 30.000"
$ns at 171.856018558828 "$n(6) setdest 339.395581166395 178.193375213115 30.000"
$ns at 171.856018558828 "$n(5) setdest 344.203344786885 183.001138833605 30.000"
$ns at 171.856018558828 "$n(4) setdest 349.011108407375 178.193375213115 30.000"
$ns at 187.012523030649 "$n(5) setdest 331.301310688525 181.643029981146 30.000"
$ns at 187.012523030649 "$n(7) setdest 331.301310688525 172.027502740166 30.000"
$ns at 187.012523030649 "$n(6) setdest 326.493547068035 176.835266360656 30.000"
$ns at 187.012523030649 "$n(4) setdest 336.109074309015 176.835266360656 30.000"
$ns at 189.140691763781 "$n(5) setdest 322.473503213115 176.889648997539 30.000"
$ns at 189.140691763781 "$n(4) setdest 327.281266833605 172.081885377049 30.000"
$ns at 189.140691763781 "$n(7) setdest 322.473503213115 167.274121756559 30.000"
$ns at 189.140691763781 "$n(6) setdest 317.665739592625 172.081885377049 30.000"
$ns at 190.785410668150 "$n(5) setdest 312.966741245902 170.778059227047 30.000"
$ns at 190.785410668150 "$n(7) setdest 312.966741245902 161.162531986067 30.000"
$ns at 190.785410668150 "$n(6) setdest 308.158977625412 165.970295606557 30.000"
$ns at 190.785410668150 "$n(4) setdest 317.774504866392 165.970295606557 30.000"
$ns at 191.100136520627 "$n(2) setdest 199.363524878280 116.565113704918 30.000"
$ns at 192.639375907823 "$n(5) setdest 300.064707147541 161.950351686064 30.000"
$ns at 192.639375907823 "$n(7) setdest 300.064707147541 152.334824445084 30.000"
$ns at 192.639375907823 "$n(6) setdest 295.256943527051 157.142588065574 30.000"
$ns at 192.639375907823 "$n(4) setdest 304.872470768031 157.142588065574 30.000"
$ns at 195.203845541388 "$n(5) setdest 200.243406688525 119.848877325408 30.000"
$ns at 195.203845541388 "$n(4) setdest 205.051170309015 115.041113704918 30.000"
$ns at 195.203845541388 "$n(7) setdest 200.243406688525 110.233350084428 30.000"
$ns at 195.203845541388 "$n(6) setdest 195.435643068035 115.041113704918 30.000"
$ns at 212.975603013292 "$n(5) setdest 73.938983606557 77.068348538523 30.000"
$ns at 212.975603013292 "$n(4) setdest 78.746747227047 72.260584918033 30.000"
$ns at 212.975603013292 "$n(3) setdest 73.059101796312 70.736584918033 30.000"
$ns at 212.975603013292 "$n(2) setdest 73.059101796312 73.784584918033 30.000"
```

```
$ns  at 212.975603013292 "$n(1) setdest 75.698747227047 72.260584918033 30.000"
$ns  at 212.975603013292 "$n(7) setdest 73.938983606557 67.452821297543 30.000"
$ns  at 212.975603013292 "$n(6) setdest 69.131219986067 72.260584918033 30.000"

#Color change while moving from one group to another



#
# print (in the trace file) routing table and other
# internal data structures on a per-node basis
#
#$ns at 10.0 "[$n(7) agent 255] print_rtable"
#$ns at 15.0 "[$n(7) agent 255] print_linkset"
#$ns at 20.0 "[$n(7) agent 255] print_nbset"
#$ns at 25.0 "[$n(7) agent 255] print_nb2hopset"
#$ns at 30.0 "[$n(7) agent 255] print_mprset"
#$ns at 35.0 "[$n(7) agent 255] print_mprselset"
#$ns at 40.0 "[$n(7) agent 255] print_topologyset"

# Define node initial position in nam
for {set i 0} {$i < $val(nn)} { incr i } {
# 20 defines the node size for nam
$ns initial_node_pos $n($i) 40
}

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

# ending nam and the simulation
$ns at $val(stop) "$ns nam-end-wireless $val(stop)"
$ns at $val(stop) "stop"
$ns at 225.01 "puts \"end simulation\" ; $ns halt"
proc stop {} {
global ns tracefd namtrace
$ns flush-trace
close $tracefd
close $namtrace
#exec nam wireless2.nam &
exec awk -f out.awk wireless2.tr

}
```

## ÖZGEÇMİŞ


| | |
|---|---|
| **Ad Soyad:** | **İsmail TURNADERELİ** |
| **Doğum Yeri ve Tarihi:** | **BALIKESİR 29/10/1978** |
| **Adres:** | **Gnkur.Per.Bşk.lığı Çankaya/Ankara** |
| **E-Posta:** | **iturnadereli@gmail.com** |
| **Lisans:** | **Hava Harp Okulu Bilgisayar Mühendisliği** |


**Yayın ve Patent Listesi:**

### TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

* İ.Bekmezci**, İ.Turnadereli**, "Performance Comparison of MANET Routing Protocols for FANET's" *Proceedings of the 3rd ISCSE Kuşadası*, İZMİR 23rd October 2013 pp.250-254" 2013.