

AODV-YY (YEDEK YOL) PROTOKOLÜNÜN TASARSIZ AĞLARDAKİ BAŞARIM DEĞERLENDİRMESİ

Mustafa ULUTAŞ¹

Güzin ULUTAŞ²

^{1,2} Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kurupelit, Samsun

¹e-posta: ulutas@omu.edu.tr

²e-posta: guzinu@omu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Tasarsız Kablosuz Ağlar, Yönlendirme Protokolleri, Yedek Yol Yönlendirme

ABSTRACT

Routing data packets in Ad Hoc wireless networks by AODV protocol limits packet delivery fraction (pdf) if wireless links break due to high mobility of the nodes. Backup Routes defined in AODV-BR and other variants of AODV improve pdf by using alternate routes when link breaks occur. A new backup route protocol for Ad Hoc wireless networks is defined and simulated using NS-2 simulator. Pdf's of both AODV and proposed protocol for various mobility and packet rates are calculated from trace files of the simulator. Proposed protocol exhibits higher pdf than AODV under high mobility scenarios.

1. GİRİŞ

Mikroelektronik teknolojisindeki gelişmeler sonucu akım harcaması azalan ve kullanımı giderek artan veri iletişim araçları, kablosuz ağlar sayesinde yüksek oranda hareketliliği desteklemektedir. İnternete bağlanmak için artık belirli bir bina, yada belirli bir odada oturmak gerekmezken, kablosuz ağ desteğinin olduğu bir kapsama alanı içinde olmak kaydı ile ağ kaynaklarına ulaşılabilir [1]. Kablosuz ağlar, alt yapılı ağlar ve tasarsız ağlar olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Sürekli değişkenlik gösteren topolojik ağ yapısı ve merkezi bir yerden yönlendirmenin olmaması, tasarsız ağları günümüzün güncel konularından biri haline getirmektedir. Tasarsız ağların kullanımı, arama ve kurtarma çalışmalarında, toplantılarda, insanların hızla bilgiyi birbirleri ile paylaşması gerektiği durumlarda, cephedeki askerlerin haberleşmeleri vb. durumlarda oldukça yaygındır. Tasarsız ağlarda, her biri bir yönlendirici gibi davranan hareketli düğümler, rasgele şekilde birbirleri ile bağlıdır. İki düğüm arasında haberleşmenin başlayabilmesi için gerekli yönün tayininde yada yolun kurulmasından sonraki bakım aşamasında, gerekirse tüm düğümler aktif olarak rol oynar [2].

Verici gücü ve anten ışınma karakteristiği ile tanımlı radyo kapsama alanının sınırlamalarından dolayı, birbirlerinin kapsama alanı içerisinde olmayan haberleşmek isteyen taraflar, komşuluklarındaki düğümleri hedefe ulaşabilmek için bir sonraki adım olarak kullanılır. Bu davranış çok atlamalı iletişim olarak adlandırılır. Kaynaktan hedefe bir yolun oluşturulması esnasında kullanılacak hareketli düğümlerin seçimi ve seçim için yapılması gereken işlemler, kullanılan yönlendirme protokolüne bağlı olarak değişir. Yol oluşturulduktan sonra, haberleşen taraflar arasındaki iletişim bu yol aracılığı ile devam eder. Fakat kablosuz ağların en büyük özelliğinin kişilerin hareketliliğini desteklemesi olduğu göz önüne alınırsa, ağ topolojisinin değişken yapıda olacağı açıktır. Bu da kurulmuş olan yolların her an kırılacağı ve yeni yolların kurulması için yönlendirme protokolünün önerdiği yöntemlere ihtiyaç duyulacağı gerçeğini beraberinde getirir.

Yönlendirme protokolünün başarımlı ölçümünde bant genişliği, güç yönetimi, gecikme ve QoS gibi faktörler önemli rol oynar [1,3]. Tüm bu kısıtlamalar ve problemler göz önüne alınarak birçok farklı yönlendirme protokolü önerilmiştir [4,5]. Var olan tasarsız yönlendirme protokolleri tabloya dayalı yönlendirme (proactive), istekle tetiklenen yönlendirme (reactive veya on demand) ve hibrid protokoller olmak üzere 3 sınıfa ayrılır. Tabloya dayalı yönlendirme protokollerinde, her bir düğüm ağın topolojik yapısını yönlendirme tablosu biçiminde tutar. Bu tabloların oluşumunda, belirli aralıklarla yada ağın topolojisindeki bir değişimden dolayı düğümler arasında karşılıklı iletilen yönlendirme bilgileri rol oynar [6]. Bu kategorideki protokoller, yönlendirme bilgisinin talep edildiği anda hazır bulunmasının avantajını taşır.

İstekle tetiklenen yönlendirme protokollerinde, düğümler ağ topolojisi hakkında önceden bir bilgi tutmazlar. Gidilmek istenilen düğüme ulaşan yol gerektiği anda tespit edilir. Belirli aralıklarla düğümler arasında iletilen yönlendirme bilgisi mevcut değildir. Adı

geçen iki farklı yöntemin iyi yönlerinin birleştirilmeye çalışılması ile de hibrid protokoller oluşmuştur [5]. Tüm bu protokollerin karşılıklı performans değerlendirilmesini yapabilmek için çeşitli çalışmalar yapılmış ve sonuçta hareketli düğümlerin hareketliliği ve devamlı değişen ağ topolojisi göz önüne alındığında, istekle tetiklenen yaklaşımlar tabloya dayalı yaklaşımlara nazaran, kullandığı yönlendirme mesajlarının getirdiği ekstra yükün daha az olması sebebi ile daha iyi sonuçlar vermiştir [2]. İstekle tetiklenen protokoller, tüm ağ üzerinde kontrol mesajlarının yayılmasına sebep olacak yol bulma sürecini yalnızca ihtiyaç duyulduğunda başlatacaktır. Yol bulma işlemlerinin fazla yapılışı, yönlendirme protokolünün beraberinde getirdiği ekstra yükü artıracak ve süregelen trafikte girişimlerin oluşumuna sebep olacaktır. Ağ üzerinde böyle bir yükün oluşumuna engel olabilmek için önerilen yöntemlerden biri de çok yollu yönlendirme (multi path routing) dir. Bu yöntemde, tek bir yol bulma sürecinde, birçok farklı yol tespit edilir ve sonra kullanılmak üzere ilgili düğümler tarafından geçici bellek bölgesinde saklanır [7,8]. Çok yollu yönlendirme protokollerinden biri olan AODV-BR, bu çalışma boyunca ilgilendiğimiz ve temel olarak aldığımız protokol olmuştur.

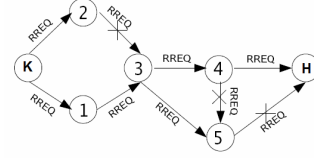
Yayının geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci kısımda AODV ve AODV-BR protokollerinin çalışmasına değinilirken, üçüncü kısımda önerimiz olan AODV-YY protokolüne ait detaylardan bahsedilecektir. Geliştirdiğimiz protokolün, AODV ile yapılan performans kıyaslaması dördüncü kısımda gerçekleştirilmiştir.

2. AODV ve AODV-BR

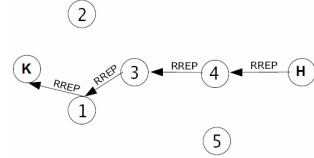
2.1 AODV

AODV yönlendirme protokolü esas olarak yol bulma ve yol bakımı olarak adlandırılan iki farklı süreci bünyesinde barındırır. Kaynak düğüm, herhangi bir yol bilgisi bulundurmadığı hedef düğüme veri gönderebilmek için yol bulma sürecini başlatmak zorundadır. K düğümü, yol bulma sürecini başlatabilmek için özel olarak oluşturduğu RREQ paketini tüm ağa yayımlayacaktır. Ağ üzerinde döngülerin oluşumuna engel olabilmek için, RREQ mesajlarının her birine özgü verilen tanımlama (id) değeri vardır. Her düğüm, yollanmış olduğu RREQ mesajından sonra kendine ait id değerini bir artırır. Birden fazla düğümün o anki id değeri aynı olabilir. Bu nedenle, gelen paketin tekrar paketi olup olmadığının kıyaslamasının yapılmasında, yalnız id değeri değil aynı zamanda paketi gönderen düğümün adresi de göz önünde bulundurulur. Eğer bir düğüm, aynı adresten aynı id değerine sahip RREQ paketini önceden almışsa, yeni gelen paketi göz ardı eder. Şekil-1.a' da üç numaralı düğüm, kendisine ikinci kez iki numaralı düğüm üzerinden gelen paketi göz ardı edecektir. Hedef düğüm, kendisi için çıkarılmış RREQ mesajını aldığı zaman, RREPLY mesajı ile karşılık verecektir. Hedef düğümden önceki düğümlerde, hedefle ilgili yeterince güncel yol bilgisi

varsa, ilgili düğüm oluşturduğu RREPLY paketini kaynak düğüme gönderir. Bilginin güncelliği hedef düğümün sıra numarası ile ölçülür. Şekil 1-b' de hedef düğümün RREPLY paketini ürettiği durum ve üretilen paketin ağ üzerinde kaynak düğüme kadar olan iletimi gösterilmiştir [9].



Şekil-1.a Yol Bulma Süreci



Şekil-1.b Hedeften Kaynağa Yol Oluşumu

2.2 AODV-BR

AODV-BR protokolü, AODV' nin klasik yol bulma sürecine herhangi bir değişiklik yapmamıştır. AODV-BR protokolünde amaç, asıl yolun dışında yedek yol bilgilerini de tutmaktır. Asıl yolun kurulması, RREPLY mesajının üretildiği ilk andan kaynak düğüme ilgili mesajın ulaşmasına kadar devam eder. Geriye dönüş (hedeften kaynağa) esnasında kurulan yollar, kaynaktan hedefe veri iletiminde kullanılacak olan asıl yolu oluşturur. Kablosuz iletişimin prensiplerinden biri olan, her düğümün kapsama alanı içerisindeki diğer düğümlerin haberleşmesini duyabilecek olması gerçeği, AODV-BR protokolünün temelini oluşturmuştur. Kendisine değil ama komşuluğundaki bir düğüme yönlendirilmiş olan RREPLY paketini duyan düğüm, ilgili komşu düğümü, paketin içerisinde hedef adres olarak belirtilmiş olan düğüme gidebilmek için bir sonraki düğüm olarak yedek tablosuna kaydeder. AODV-BR protokolü asıl yönlendirme tablosu haricinde, komşu düğümlerin hangi düğümlere gidebilmek için bir sonraki düğüm olduğu bilgisini tutan yedek bir yönlendirme tablosu da içerir [8]. Şekil 3-a' da AODV-BR protokolündeki yol bulma süreci gösterilmiştir. 4 ve 5 numaralı düğümler, D düğümünden 3 numaralı düğüme gönderilen RREPLY paketlerini duyacak ve komşulukları olan D düğümünü yine kendisine gidebilmek için bir sonraki düğüm olarak yedek yönlendirme tablolarına kaydedeceklerdir. 6 ve 7 numaralı düğümler ise aynı işlemi 4 ve 5 numaralı düğümler için yapacaktır. Yalnız burada düğüm 4 ve düğüm 5 aynı zamanda, düğüm 3 den gönderilen RREPLY paketini de duyacak, fakat hedef adrese daha kısa bir yedek yolu önceden tablolarına kaydettikleri için tabloda herhangi bir değişiklik yapmayacaklardır.

Şekil 3-c'de görüldüğü gibi, AODV-BR protokolü tarafından oluşturulan asıl ve yedek yolların hepsi adeta bir balık kılçığı görünümündedir [8]. Şekil 3-

d’de 2 numaralı düğümün, 3 numaralı düğümüne olan bağlantısının kopması halinde, AODV-BR protokolünün yedek olarak oluşturduğu yeni yol gösterilmektedir. 2 numaralı düğüm, kırılmayı fark ettiği anda yol bakım sürecini başlatmaktansa, komşuluğundaki düğümlere, hedef olan düğüm D’ye yönlendirme bilgisi içerip içermediklerini sorar. Komşu düğümler yedek yönlendirme tablolarına bakarak, ilgili girişin bulunması halinde 2 numaralı düğümü bilgilendirir. Şekil 3-d’de komşu düğüm olan 6’nın, hedef adres olan D düğümüne, 3 numaralı düğüm üzerinden yedek bir yolu vardır. Yedek yönlendirme tablosundan elde ettiği bu bilgiyi 2 numaralı düğümüne iletir [9]. Düğüm 2, o anki kırılmadan dolayı atılacak olan paketleri, 6 numaralı düğüm üzerinden hedef adrese iletir.

Geçici hat kırılmasının oluşturduğu etki yeni oluşturulan yol ile o anlık geçştirildikten sonra, 2 numaralı düğüm RERR paketini kaynak düğümüne yine de gönderir. Devamlı yedek yollar kullanılmaktansa yeni bir yolun oluşturulmak istenmesindeki sebep, o anki ağın durumunu ve topolojisini yansıtan yeni ve optimum yolların kurulmasının istenmesidir [8].

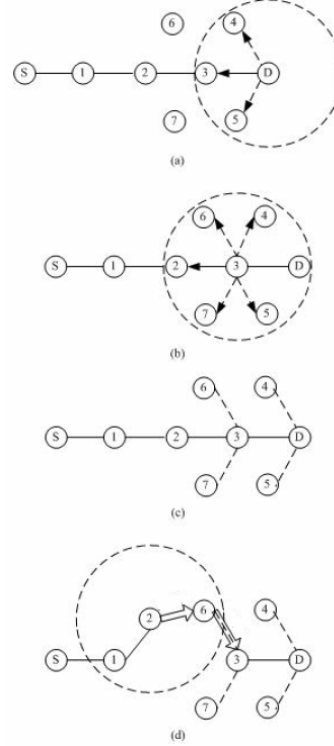
3. AODV-YY

Bu yayında önerilen yöntem olan AODV-YY’de de, hedef düğümüne bir yol bulabilmek için kullanılan yöntem AODV’ ninki ile aynıdır. Farklılık, RREPLY mesajlarının ağ üzerinde yayılması esnasında, düğümlerin uyguladığı algoritma değişikliklerinden kaynaklanmaktadır.

AODV-BR protokolü, yedek yolları, yol kırılmalarında yada hello mesajlarının belirli bir süre alınmaması durumunda devreye sokarken, AODV-YY ise, hello mesajlarının belirli bir süre alınmaması durumunu gözardı eder. AODV protokolü, çevresindeki komşu düğümlerin varlığını hello mesajları ile kontrol eder. Hello mesajının belirli bir süre komşu düğümden alınmaması, ilgili düğümden veri geldiğine yada geleceğine dair kesin bir bilgi içermez. Yedek yolların bulunması için komşu düğümlere veri paketinin yayılması, ağ üzerindeki veri trafiğini artıracığından çok da istenilen bir durum değildir. Bu nedenle AODV-YY protokolünde, hello mesajlarının alınmaması durumunda yedek yolların aranmasına çalışılmamıştır. AODV-YY protokolünde bazı mesajların diğerlerinden ayırt edilebilmesini sağlayabilmek amacıyla etiketler kullanılmıştır. Etiket değerinin 999 olması, ilgili paketin yedek yollar kullanılarak yönlendirilmesinin istendiğini göstermektedir. 444 değeri ise, yedek tablosunda hedefe ilişkin yön bilgisini içeren düğüm tarafından paketin yönlendirilmiş ve yedek yol üzerinde olduğunu gösterir. Tüm bu ön bilgilerin ışığında MAC protokolü düzeyinde hat kırılması algılandığında AODV-YY’de yapılacak olan işlemler sırası ile aşağıda verilmiştir.

1. Hat kırılması yüzünden o anda düşürülmesi beklenen paketler, 999 değeri ile etiketlenerek ağa yayılırlar.

- 999 ile etiketlenmiş paketi alan komşu düğümler, yedek tablolarına bakar. Paketin içerisinde belirtilen hedef düğümüne yönlendirmenin olması durumunda, ilgili paketin etiket değeri 444 olarak değiştirilip, hedefe gitmek için bir sonraki adres olan düğümüne yollanır.
- 444 etiketli paketi alan düğüm hedef adres ise, normal AODV yaklaşımında birinci adımda atılacak olan veri, yedek yolların kullanımı ile hedef düğüm tarafından alınmış olur. Eğer ara düğüm ise diğer veri paketleri gibi işlem görür ve hedefe gidebilmek için bir sonraki düğümüne yönlendirilir.



Şekil-3. AODV-BR protokolünün yedek yol bulması

Üçüncü adımda bahsedilen ara düğümün hedef düğümüne herhangi bir yönlendirme bilgisi yok ise AODV ve AODV-BR’de RERR mesajı üretilirken, AODV-YY’de ağ üzerinde gereksiz trafiğe engel olabilmek amacıyla 444 ile etiketlenmiş ve amacı yedek yol üzerinden hedef düğümüne ulaşmak olan paketler için RERR mesajı üretilmez. Bunun yerine paketin düşürülmesi tercih edilir. Birden çok yedek yol olabileceği düşünüldüğünde, ara düğümlerde yönlendirme bilgisi olmaması halinde üretilecek olan hata mesajlarının sayısındaki artış da kaçınılmaz olacaktır. Bu nedenle yedek yolu izleyen paketleri özel olarak etiketlemeye gerek duyulmuştur.

Yedek tabloların oluşturulması esnasında AODV-BR protokolünde de bahsedildiği gibi, bir düğüm birden fazla kez aynı hedef düğüm için farklı bir sonraki düğümlerden bilgi alabilir. Hedef düğümüne ulaşabilmek için, yedek tablosuna kaydedecek olduğu bir sonraki düğümün, hedef düğümüne en yakın olanı olması gerektiği söylenmiştir. AODV-YY protokolünde, hedef düğümüne en yakın düğümün seçimi yapılırken yeni bir

değerden faydalanılmıştır. rid (Reply ID) olarak adlandırılan bu değer, her bir RREPLY mesajının üretiminden sonra ilgili düğüm tarafından bir artırılır. Aynı zamanda RREPLY mesajlarının ağ üzerinde hedeften kaynağa doğru iletildiği göz önüne alınırsa, ilk alınan RREPLY mesajının hedefe en yakın düğümde gelmiş olacağı açıktır. Sonraki zamanlarda farklı komşuluklardan duyulan RREPLY mesajlarının yedek tabloda değişiklik yaratmasına engel olmak gerekir. Bunu gerçekleştirmek için AODV-YY' de <rid,hedef adres> veri çifti kullanılmaktadır. Farklı düğümlerden elde edilen veri çiftleri, rid_ambar olarak adlandırılan veri yapısında tutulmaktadır. Yedek tablo girişinin oluşumunda gerçekleştirilen adımlar şu şekilde sıralanabilir.

1. <rid,hedef adres> çiftinin, rid_ambar tablosuna önceden kaydedilip kaydedilmediğine bakılır.
2. Tabloda kaydın bulunması durumunda, hedef adres için önceden yedek tablo kaydının oluşturulduğu anlaşılır.
3. Tabloda kaydın bulunmaması durumunda, önceden var olan hedef adres ile ilgili girişler tablodan silinir ve yeni <rid, hedef adres> çifti tabloya eklenir.

İlgili çiftin tabloda bulunması için gerek ve yeter şart, her iki değerinde (rid, hedef adres) aynı kayıt tarafından barındırılmasıdır. Böylelikle hedef adres için ilk alınan bilgi, yani hedef adrese en yakın olan bir sonraki düğüm bilgisi yedek tabloya girilmiş olmaktadır.

4. SONUÇLAR

4.1 BENZETİM ORTAMI

Detaylı bir benzetim ortamı olan NS-2 [10], AODV-YY protokolünün AODV protokolü ile olan kıyaslamasında kullanılmıştır. Carnegie-Mellon Üniversitesindeki Monarch araştırma grubu, NS-2 benzetim ortamını tasarsız ağları da benzetebilecek şekilde genişletmiştir. Her bir hareketli düğümün radyo arabiriminin karakteristikleri, paylaşımlı ortam kullanan, iletim mesafesi 250 m ve veri oranı 2 Mb/s olan Lucent WaveLAN' a benzer şekilde seçilmiştir [11]. Kablosuz ağlar için geliştirilmiş olan IEEE 802.11'in DCF (Distributed Coordination Function) protokolü, MAC seviyesindeki protokol olarak kullanılmıştır. Benzetimler için 512 byte'lık veri paketleri ile değişmez bit akış oranına sahip (CBR) trafik yaratan kaynaklar kullanılmıştır. Yönlendirme için bekleyebilecek paket sayısını belirleyen gönderme kuyruk büyüklüğü 64 paket barındırılabilir şekilde seçilmiştir. Yönlendirme seviyesinden gönderilen paketlerin hepsi, MAC seviyesi onlarla ilgileninceye kadar arabirim kuyruğunda bekler. Arabirim kuyruğunun büyüklüğü 100 paketi tutabilecek şekilde ayarlanmıştır. Birbirlerine karşılıklı olarak veri ileten iki düğüm, 1 CBR oturumu olarak adlandırılmıştır. Saniyede üretilen paket sayısı göz önüne alınan bir parametre olmuştur.

Oluşturulan benzetim modelinde 500 m x 500 m boyutlarındaki bir alanda, rasgele hareket eden düğümler

bulunmaktadır. Benzetim genelindeki düğüm sayısı ve her bir düğümün hareket edeceği en yüksek hız değerlendirilen diğer parametreler arasında yer almaktadır. Yol kırılmalarının protokol üzerindeki olumsuz etkilerinin açıkça anlaşılabilmesi için düğümlerin buldukları yerde hareketsiz kalacakları süreyi belirleyen durma zamanı 0 seçilerek sürekli hareket etmeleri sağlanmıştır.

4.2 DEĞERLENDİRME

AODV-YY protokolünün, AODV protokolü ile olan kıyasını yapabilmek amacı ile gerçekleştirilen dört farklı testte sıra ile 5, 10, 15 ve 20 adet CBR oturumu oluşturulmuştur. İlk testte, ağ üzerinde toplam 10 adet düğüm varken, diğer testlerde sıra ile toplam 20, 30 ve 40 adet düğüm bulunmaktadır. Hareketli düğümlerin hızları her bir test için azami 5, 10, 50, 75, 100 m/s olacak şekilde belirlenirken, 100, 250, 500, 750, 1000, 1500 ms'de bir paket üretimi yapılarak saniyede üretilen paket sayısı da değiştirilmiştir.

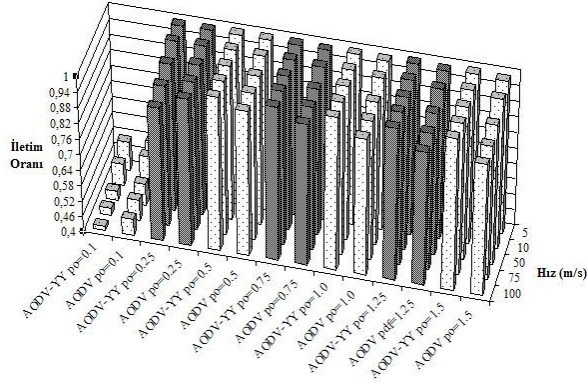
Şekil 4-a' da görülen test sonuçlarını veren benzetim ortamında, 10 adet düğüm 5 adet CBR oturumu oluşturularak birbiri ile haberleşmektedir. Değişen hız değerlerine ve saniyede üretilen paket sayısına bağlı olarak her iki protokol farklı başarımlar göstermektedir. po (paket oranı) 0.25 iken, yani 250 ms'de bir paket üretiliyorken, AODV-YY protokolü, AODV protokolüne kıyasla paket iletim oranı açısından daha başarılı gözükmektedir. po değeri arttıkça, yani saniyede üretilen paket sayısı azaldıkça, AODV-YY protokolünün AODV protokolüne kıyasla ilettiği paket oranındaki sayısal farklılık belirgin hale gelmektedir. Yalnız hız eksenini boyunca gözlemlenebileceği gibi, hareketli düğümlerin hareket hızı azaldıkça aradaki bu belirgin fark azalmaktadır. Bunun da sebebi hareketli düğümlerin hareketliliklerini gösteren hızlarının azalmasından kaynaklanan hat kopmalarının azalmasıdır. Hat kopmalarının az olması, ağ topolojisinin genel bir kararlılığa kavuştuğunu gösterir. AODV-YY protokolü, hat kopmalarının olduğu durumlarda devreye girdiğinden, topolojideki durgunluk protokolün normal AODV ile olan farkının gözlemlenebilmesini zor hale getirecektir. Şekil 4-b' de 20 adet düğümün oluşturduğu 10 adet CBR oturumunun oluşturulduğu test sonuçlarında, po=0.5 değerinden itibaren AODV-YY' nin AODV protokolünü paket iletim oranı açısından geçtiği gözlemlenmektedir. Sıra ile 15 ve 20 adet CBR oturumunun aktif halde bulunduğu diğer test sonuçlarında (Şekil 4-c,4-d) AODV-YY protokolü sıra ile po=0.75 ve po=1.0 değerlerinde AODV protokolünü paket iletim oranı açısından geçmektedir.

Tüm bu test sonuçlarından da anlaşılacağı üzere, hat kopmalarının fazla olduğu bir oturumda AODV-YY protokolü AODV protokolüne kıyasla daha iyi sonuçlar vermektedir. Yalnız AODV-YY' nin hangi po değerinde AODV protokolünü başarımlar olarak geçtiği, ağ üzerindeki aktif hareketli düğüm ve oturum

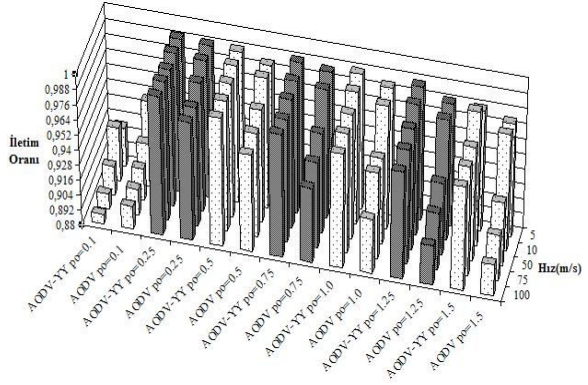
sayısına bağı olarak değişmektedir. Oturum sayısına bağı olarak, AODV-YY' nin AODV protokolünü geçtiği po değerleri Tablo 1' de gösterilmektedir.

Tablo-1. Oturum Sayılarının Paket Oranları ile İlişkisi

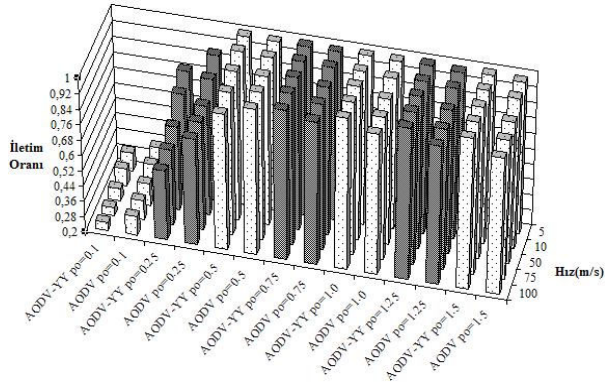
Oturum Sayısı	5	10	15	20
Paket Oranı (po)	0.25	0.5	0.75	1.0



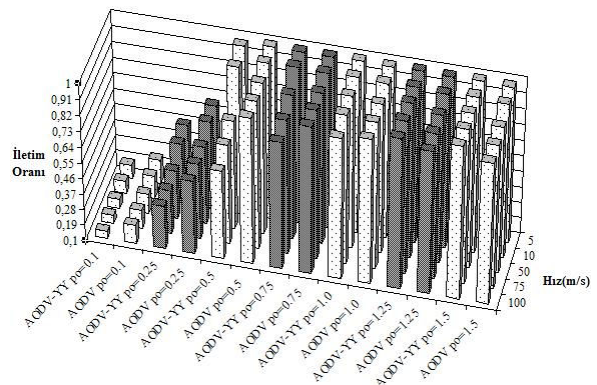
Şekil-4.a 5 Oturum için Test Sonuçları



Şekil-4.b 10 Oturum için Test Sonuçları



Şekil-4.c 15 Oturum için Test Sonuçları



Şekil-4.d 20 Oturum için Test Sonuçları

KAYNAKLAR

- [1] Jiang M-H, Jan R-H, Wang C-F, An Efficient Multiple-Path Routing Protocol for Ad Hoc Networks, Computer Communications, Vol. 25, Iss 5, pp 478-484, 2002.
- [2] Perkins C. E., Performance Comparison of Two On-Demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks, IEEE Personal Communications, 2001.
- [3] Phonphoem A., Nattapong T., Neighbor Option Path Mechanism for Ad Hoc Network Routing, ICEP 2004, Thailand, pp 1-6.
- [4] Perkins C. E., Ad Hoc Networking, Addison Wesley 2000, ISBN 0201309769.
- [5] Ram Murthy C. S., Manoj B. S., Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols, Prentice Hall PTR 2004, ISBN 013147023X.
- [6] Sengul C., Kravets R., Bypass Routing: An On-Demand Local Recovery Protocol for Ad Hoc Networks, Elsevier Ad Hoc Networks Journal, Vol. 4, Iss 3, pp. 380-397, 2006
- [7] Yusuke S., Katto J., AODV Multipath Extension Using Source Route Lists with Optimized

Route Establishment, Proceedings of International Workshop on Wireless Ad-hoc Networks (IWVAN '04), 2004.

- [8] Lee S.-J., Gerla M., AODV-BR: Backup routing in ad hoc networks, Proceedings IEEE WCNC 2000, Vol. 3, pp. 1311-1316, Chicago, USA, Sept. 2000.
- [9] Chen H.-L., Lee C.-H., Two Hops Backup Routing Protocol in Mobile Ad Hoc Networks, 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems-Workshops (ICPADS'05), pp. 600-604, 2005.
- [10] Fall K., Varadhan K., Eds., ns Notes and Documentation, VINT project from UC Berkeley, USC/ISI, LBL, and Xerox PARC, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, Dec. 2003.
- [11] Echardt D., Steenkiste P., Measurement and Analysis of the Error Characteristics of an Inbuilding Wireless Network, Proc. ACM SIGCOMM '96, pp. 243-254, 1999.