Mobil Tasarsız Ağlar için Acil Durum ve Kurtarma Senaryolarına Yönelik bir Protokol: E-AODV

Araştırma Makalesi / Research Article

Fırat ÇETİNKAYA[1], İbrahim Alper DOĞRU[2*], Murat DÖRTERLER[3], Ramazan KOCAOĞLU[4]

[1]Bilişim Enstitüsü, Bilgisayar Eğitimi A.B.D., Gazi Üniversitesi, Türkiye
[2]Tekonoloji Fakültesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye
[3]Tekonoloji Fakültesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye
[4]Rakort Bilgi ve İletişim Teknolojileri, Türkiye

(Geliş/Received : 22.02.2018 ; Kabul/Accepted : 10.04.2018)

ÖZ

Mobil tasarsız ağlar (MTA), önceden tanımlı bir sabit altyapı olmadan birbirleriyle iletişim kuran mobil cihazlardan oluşmaktadır. Bu özelliğinden dolayı mobil tasarsız ağların acil durumlarda kullanılması önemli faydalar sağlamaktadır. Dinamik ve değişken bağlantılardan dolayı acil durum ve kurtarma senaryolarında veri iletiminde uçtan uca gecikme, bant genişliğinde tıkanıklık, paket iletiminde azalma gibi çeşitli aksaklıklar meydana gelmektedir. Bu çalışmada, Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) protokolünün kuyruk yapısı değiştirilerek, TCP paketlerine öncelik veren Emergency AODV (E-AODV) protokolü geliştirilmiştir. E-AODV ile verilerin daha düşük uçtan uca gecikme süresinde iletilmesinin yanı sıra paket dağıtım oranının ve throughput değerlerinin arttırılması amaçlanmıştır. Önerilen protokolün başarımı iki farklı senaryo kullanılarak sınanmış ve sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarla kıyaslanmıştır. E-AODV, uçtan uca gecikme, paket dağıtım oranını ve throughput değerleri açısından her iki senaryoda da daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mobil tasarsız ağlarda acil durum, MTA, AODV, E-AODV, uçtan uca gecikme.

E-AODV: a Protocol Devoted to Emergency and Rescue Scenarios for Mobile Adhoc Networks

ABSTRACT

Mobile ad hoc networks (MANETs) consist of mobile devices that communicate with each other without a predefined fixed infrastructure. Using of MANETs provides significant benefits in emergencies thanks to this feature. Various malfunctions such as end to end delay, bandwidth congestion and, reduction in the packet transmission ratio occur in data transmissions due to dynamic and variable connections in emergency and rescue scenarios. In this study, Emergency Ad hoc On-Demand Distance Vector (E-AODV) protocol, giving priority to TCP packets, was developed by modifying the queue structure of the AODV protocol. It is aimed transmitting data within less end to end delay time along with increasing packet transmission ratio and throughput, through E-AODV. The performance of proposed protocol was investigated on two different scenarios in a simulation environment and compared with similar studies in literature. E-AODV gave more successful results in terms of the packet delivery ratio, end to end delay and, throughput for the both scenarios.

Keywords: Emergency in mobil ad-hoc networks, MANET, AODV, E-AODV, end to end delay

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mobil tasarsız ağlar, sabit altyapı ve merkezi idari yönetim olmadan, geçici ve kendini dinamik olarak yapılandırabilen kablosuz ağlardır. Bu ağlar, paylaşılan bilginin önemli olduğu ve en kısa sürede veri iletişiminin gerçekleşmesi gerektiği acil durum ve felaket senaryoları için idealdir [1, 2]. Tüm düğümler hem yönlendirici görevi görmekte hem de diğer düğümlerle serbest olarak iletişim kurmaktadır [3, 4]. Yani herbir düğüm verinin hem kaynağı, hem hedefi, hem de köprüsü olabilmektedir. MTA'lar ilk olarak iletişim altyapısının hiç olmadığı ya da zarar gördüğü askeri ortamlarda, acil durum ve kurtarma senaryolarında kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraları ticari amaçlarla ofis ağları ve ev ağları gibi yerel alanlarda, robot ağlarında, kişisel alan ağlarında vb. birçok yerde kullanılmıştır [5, 6, 7].

MTA, asgari ek yük ile kendini konfigüre etmesi, hareketliliğin bağımsız ve esnek olması, sabit altyapı gerektirmemesi gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedir. Acil durumların ne zaman vuku bulacağı bilinmemektedir ve planlı değildir. Bu olaylar, çoğu durumda kaçınılmazdır ve çok sayıda insanı etkileyebilmektedir. Mevcut altyapı-tabanlı iletişim olanakları deprem, sel gibi doğal afetler ve savaşlardan dolayı tahrip olabilmektedir. Bu gibi durumlarda acilen tasarsız kablosuz ağların kullanımı, kurtarma faaliyetlerini koordine etmek için iyi bir çözüm sunmaktadır. Bu durumlarda kullanılan tasarsız kablosuz

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : iadogru @gazi.edu.tr

ağlar dağıtık ve birçok düğüm için ölçeklenebilir olmalıdır [8].

Acil durum ve kurtarma durumlarında sabit ve hücresel şebekeler işlev dışı kalabilmektedir. Bu durumun başlıca sebepleri yaşanan felaketten dolayı fiziki alt yapının tahrip olması ya da insanların birbirleriyle iletişim kurma çabalarından dolayı aşırı yüklenmeleridir. Böyle zamanlarda MTA haberleşme sağlanması için önemli bir seçenektir. Yine de, felaket durumlarında anlık aşırı kullanımdan dolayı veri iletiminde yoğunluk yaşanması olasıdır. Bant genişliğinin sınırlı olduğu bu ağlarda, yaşanan yoğunluk veri iletiminde uçtan uca gecikmeye ve paket iletiminde tıkanıklığa sebep olabilecektir. Ayrıca, aşırı yükeleme batarya ömrünün de çabuk tükenmesine dolayısıyla iletişimin kısa sürede kesilmesine neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı MTA'larda verilerin hızlı ve güvenilir bir şekilde iletilmesi önemlidir. Bu kapsamda belirtilen ihtiyaçlar göze alınarak, AODV yönlendirme protokolünde [9] değişiklikler yapılmıştır. E-AODV ile TCP paketlerin iletimine öncelik sağlanarak, uçtan uca gecikme süresinin azaltılması ve paket iletim oranının arttırılması yönünde bir çözüm sunulmuştur.

Çalışma, beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümünde, MTA yönlendirme protokolleri ve acil durum ve kurtarma senaryolarıyla ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, geliştirilen E-AODV protokolü detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, geliştirilen E-AODV protokolünün performansı benzetim çalışmaları vasıtasıyla ölçülerek benzer çalışmalarla kıyaslanmıştır. Beşinci bölümde, yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve sonraki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. BENZER ÇALIŞMALAR (RELATED STUDIES)

Acil durum ve kurtarma senaryolarında MTA'nın kullanımında yönlendirme protokolleri kilit öneme sahiptir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, mevcut protokollerde değişiklikler yapıldığı gibi yeni protokoller ve modeller de önerilmiştir.

2.1. MTA için Yönlendirme Protokolleri (Routing Protocols for MANET)

MTA'larda yönlendirme protokolleri proaktif, reaktif ve hibrid olarak 3 ana kategoride sınıflandırılabilmektedir [12].

Proaktif yönlendirme protokolleri ağ boyunca tüm rotaları gerekli olmasa bile muhafaza etmektedir. Bu nedenle her bir düğüm ağdaki diğer tüm düğümlerin rotasını kaydetmektedir. Bu protokoller, düzenli olarak ağdaki her bir düğüm için güncellenen rotaların tutulduğu düğümler arasında kontrol bilgilerini değiştirmektedir. Proaktif yönlendirmenin amacı önceden hesaplanmış tüm olası yollar için bilgiyi periyodik olarak ağ boyunca dağıtmaktır. Bu nedenle, acil ve kurtarma senaryolarında, düğümler arasındaki rotaların sürekli değerlendirilmesi etkilenen alanda bulunan insanları tahliye etmek için çok önemlidir. Ancak, bu eylemlerin birçoğu da enerji verimliliği ve bant genişliğini direkt olarak etkileyen aşırı yüklemeye sebep olabilmektedir. Statik bir topolojide bu yönlendirme şeması düzgün çalışabilmesine karşın geniş ve aşırı dinamik ağlarda ölçeklendirme iyi yönetilememektedir [1, 13].

Reaktif yönlendirme protokolleri isteğe bağlı olarak yönlendirme tablolarının güncellenmesini sağlamaktadır. Kaynak düğüm, belirli bir hedefle iletişim kurmak istediğinde rota keşfetme süreci başlatmakta ve düğümlerin hareketliliğinden kaynaklanan yol hatalarını yönetmek için de rota onarım sürecini başlatmaktadır. Hedef düğüm için yol bulunduğunda ya da herhangi rota bulmadan tüm alternatifler arandığında rota keşfetme sonlanmaktadır. Bu protokollerin olumsuz yönleri, iletişimi başlatmak için geçen sürenin uzunluğu ve topoloji değişikliklerine yavaş tepki göstermeleridir. Olumlu yönleri ise, acil ve kurtarma senaryolarında, iletişim süresine enerji tasarrufu sağlamasıdır. Sürekli ağ güncellemesi olmaması, tahliye bölgesi adresi için iletişim bağlantısı bekleyen insanların mobil cihazlarının enerji tasarrufunu artırmaktadır [1, 13].

Hibrid yönlendirme protokolü, ağı kümeler olarak adlandırılan öbeklere bölmektedir. Grup içerisinde oluşturulan bilgiyi toplamak ve dağıtmak için bir küme başı düğümü kullanılmaktadır [1, 2, 13]. Eğer düğüm iletişim kuracağı düğümlerle aynı yönlendirme alanı içerisindeyse proaktif yönlendirme yaklaşımını, farklı yönlendirme alanlarındaysa reaktif yönlendirme yaklaşımı kullanmaktadır [8].

2.1.1. Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV)

AODV rotaları bulmak için isteğe bağlı yaklaşım sunan reaktif bir yönlendirme protokolüdür [14]. Rotalar, veri paketleri iletilmeden önce ihtiyaç halinde kaynak düğüm tarafından kurulmaktadır. İsteğe bağlı yönlendirme protokolünde, istenen hedef için uygun rota olmadığında kaynak düğüm ağa "Rota İstek" (RouteRequest) paketi göndermektedir. Paket, hedef ya da isteğe cevap verecek bir ara düğüme kadar ağ boyunca iletilmektedir. İlgili düğüm, hedefe ulaşmak için gerekli sekme sayılarını içeren bir cevabı kaynak düğüme göndermektedir. Bu yolla tek bir rota istek paketiyle, farklı hedefler için birden çok rota elde edilebilmektedir. AODV'nin öne çıkan farklılığı, hedef için güncel bir yol belirlerken hedef sıra numarası (DestSeqNum) kullanmasıdır. Bir düğümün yol bilgisini güncellemesi için mevcut paketin hedef sıra numarasının düğümde depolanan son hedef sıra numarasından daha büyük olması gerekmektedir [2, 3, 8, 9, 15].

2.1.2. Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV)

DSDV proaktif sınıfında, tasarsız kablosuz ağlar için geliştirilmiş ilk protokollerden biridir. Ağdaki her düğüm, hedef için ağdaki en kısa mesafeyi ve hedef düğüm tarafından atanan sıra numarasıyla en kısa yolun ilk düğüm bilgisini içeren bir yönlendirme tablosu tutmaktadır. Eski rotaları yenilerinden ayırt etmek için sıra numarası kullanılmaktadır. Düğümler periyodik

olarak yönlendirme tablolarını birincil komşularına iletmektedir. Düğüm, gönderilen son güncellemede önemli bir değişiklik meydana geldiği durumlarda yönlendirme tablosuna o değişikliği de eklemektedir. Bu nedenle, güncelleme hem zaman-tetiklemeli hem de olay-tetiklemelidir [1, 8, 16].

2.1.3. Dynamic Source Routing (DSR)

DSR, özellikle mobil düğümlerin periyodik tablo güncelleme mesajını ortadan kaldırarak kontrol paketleri tarafından tüketilen bant genişliğini sınırlandırmak için geliştirilmiş reaktif bir yönlendirme protokolüdür [12, 17]. Her bir veri paketi başlığında, paketin geçeği düğümlerin listesi bulunur. Bu liste sayesinde ara düğümler güncel yönledirme bilgisine ihtyaç duymamakta ve yönlendirme döngüz olarak gerçekleşmektedir. Veri paketlerine rotanın dâhil edilmesiyle, paketi ileten ya da tesadüfen duyan düğümler ileride kullanmak üzere rotayı önbelleğine alabilmektedir [3, 8, 11, 17].

2.2. MTA ve Acil Durum ve Kurtarma Senaryoları (MANETs and Emergency and Rescue Scenarios)

Acil durumlarda iletişimin sürmesi ve müdahalenin sağlanabilmesi için MTA'lara yönelik çeşitli çalışmalar yapılagelmektedir. Bu kısımda MTA'larda acil durum ve kurtarma senaryolarıyla ilgili son yıllarda yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Fujiwara ve Watanabe [18], bir felaket anında zarar değerlendirme bilgisini hızlı ve istikrarlı bir şekilde toplamak amacıyla Enhanced communication scheme combing centralized and Ad hoc network (ECCA) adlı bir hibrid ağ ve yönlendirme protokolü tasarlamışlardır. Bu yaklaşımda merkezi bir ağın ve tasarsız ağların avantajlarından yararlanarak bir hücre içerisinde veri toplamak için birçok düğüm ve bir baz istasyonu bir arada kullanılmıştır. Bu yönlendirme protokolü, rota istek paketini yayınlamak yerine, komşu düğümlerin iletişimlerini izleyerek bir rota keşfetmekte ve kurmaktadır. Deneyler sonucunda düğümlerin sadece %20'sinin baz istasyonuna direkt olarak erişmesine rağmen, düğümlerin yaklaşık %90'ının çoklu erişimle 3 atlama ile baz istasyonuna erişebilmekte olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, ayrıca ağın baz istasyonuna paketin iletimini kısa bir gecikme süresinde gönderebildiğini göstermiştir. Ancak, erişilebilirlik iki ya da üç sekmeyle yeterince artarken, throughput değeri yeterli düzeyde olmamıştır. Dolayısıyla, ağın hasar değerlendirme bilgilerini toplamak ve acil trafiği hızlı ve istikrarlı bir şekilde iletmek için verileri küçük boyutlarla sınırlandırmanın daha uygun olduğu belirtilmiştir.

Quispe ve diğerleri [19], acil durum ve kurtarma operasyonları için mobil tasarsız ağlarda proaktif, reaktif ve hiyerarşik tasarsız yönlendirme startejilerini kıyaslamak için Ekvator'un Loja şehrindeki gerçek bir alanı dikkate alarak benzetim oluşturmuşlardır. Cluster Based Routing Protocol (CBRP), AODV ve DSDV protokollerinin performansları Network Simulator version 2 (NS-2) [20] benzetim ortamında karşılaştırılmıştır. Benzetim sonucunda CBRP'nin gönderilen ve alınan paket oranları açısından daha istikrarlı olduğu ve yönlendirme için sadece birkaç paket kaybettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca ortalama dalgalanma ve gecikme değerlerinin de diğer iki protokole göre çok daha düşük olduğunu benzetim sonuçlarına göre açıklamışlardır. Sonuç olarak yazarlar, afet alanlarındaki insanların CBRP protokolünü kullanarak belirlenen acil toplanma noktalarıyla daha etkili bir şekilde tahliye edilebileceklerini belirtmişlerdir.

Kumar ve diğerleri [21], AODV, DSDV ve DSR yönlendirme protokollerini kullanılarak felaket kurtarma senaryosu için bir tasarsız ağ modeli geliştirmişler ve bu protokollerin de performanslarını karşılaştırmışlardır. Bütün düğümlerin birbirlerinin konumlarını bulmak ve birbirlerine afet bölgesinin yerini bildirmek için iletişim kurabileceği hareketli bir ağ senaryosu oluşturmuşlardır. Benzetim sonuçlarına göre, uçtan uca gecikme açısından proaktif protokollerin performansının sabit/kararlı ağlar için reaktif protokollerden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Ancak hareketlilik arttıkça, reaktif protokollerin proaktif protokollerden daha iyi performans sergilediği sonucuna varmışlardır. Yönlendirme protokollerinin kapsamlı karşılaştırması sonucunda, yolların bir kaç sekme ile sınırlı olduğu ve düşük kontrol yükü gereken bir senaryo için DSR'nin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Ramesh ve diğerleri [22], çalışmalarında, afet bölgelerindeki iletişim ağını canlandırmak için hareket algılama yaklaşımıyla bütünleşik bir MTA mimarisini önermişlerdir. Çalışmalarında, acil durum senaryosunda bir mobil düğümün mesaj iletmek için iletişim alanında her zaman bir komşu düğüm bulamayacağından yola çıkarak her bir düğüm için tampon bellek önermişlerdir. Böylece alınan mesaj, çevresindeki yeterli sayıda düğüme ulaşana kadar arabellekte geçici olarak saklanmaktadır. Geliştirdikleri algoritma ile MTA'da reaktif olarak AODV protokolünün ve proaktif olarak Optimized Link State Routing (OLSR) protokolünün performanslarını QualNet benzetim aracı kullanarak değerlendirmişlerdir. Benzetim çalışmaları sonucunda önerilen mimarinin sergilediği düşük paket kaybı seviyesiyle acil senaryolar için uygun olduğu belirtilmektedir. Ayrıca mobil senaryolarda kablosuz bağlantıların dinamik niteliği göz önüne alındığında, isteğe bağlı bir yönlendirme protokolü olan AODV'nin OLSR'den daha başarılı sonuçlar ürettiği vurgulanmıştır.

Raffelsberger ve Hellwagner [23], bir afet alanı hareketlilik modelinin yanı sıra kablosuz gölgeleme/izleme modeli kullanarak bir kimyasal tesiste yaşanan patlamadan sonra felaket müdahale operasyonunu temsil eden gerçekçi bir acil durum müdahale senaryosu ortaya koymuşlardır. AODV, DYnamic Manet On-demand Routing (DYMO), Better Approach to Mobile Ad-hoc Network (BATMAN) ve OLSR yönlendirme protokolleri bu senaryo için OMNet++ benzetim aracı ile karşılaştırılmıştır. Performans değerlendirmesinde paket dağıtım oranı, uçtan uca gecikme ve sekme sayısı metrikleri kullanılmıştır. Benzetim sonuçlarına göre, paket dağıtım

oranlarının, hareketliliğin normal olduğu alanlarda yüksek; hareketliliğin fazla olduğu alanlarda ise aralıklı bağlantılardan dolayı çok düşük seviyelerde kaldığı tespit edilmiştir. Paket dağıtım oranında AODV protokolünün diğer yönlendirme protokollerine göre daha başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak MTA yönlendirme protokollerinin kaynak ve hedef arasında uçtan uca direkt bir yol olduğunu varsaydıklarından dolayı tipik acil müdahale operasyonları için çok doğru olmadığını belirtmişlerdir.

Torres ve diğerleri [2], MTA'ların yönetimini geliştirmek amacıyla Yüksek Kullanılırlık Yönetimi Tasarsız Ağlar (High Availability Management Ad Hoc Networks - HAMAN) adlı, katmanlar üzerine temellendirilmiş bir yönetim modeli geliştirmişlerdir. Önerilen modelde yönetim sürecinde azami kullanılırlığı elde etmek amacıyla hiyerarşik yönlendirmenin yanısıra tasarsız ağ kullanımının alt katman sürecini geliştirmeye odaklanılmıştır. HAMAN ile düğümlerdeki bilgi değişiminin nasıl uygulanacağı ve nasıl ilişkilendirileceğini belirlemek için model seviyelere bölünerek soyutlanmıştır. Çalışmada ayrıca Backup Cluster Head Protocol'ünü (BCHP) geliştirmişlerdir ve modelin bir parçası olarak kullanmışlardır. HAMAN yönetim modeli uygulanarak BCHP, CBRP ve AODV yönlendirme protokollerini aşırı yük, paket kaybı, ortalama gecikme ve paket ya da jitter'in gecikme değişimi metrikleriyle karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak BCHP'nin AODV ve CBRP protokollerine göre ağın yakınsamasını ve kullanılırlığını geliştirdiği belirtilmiştir.

Torres ve diğerleri [24], ağın olabildiğince uzun süre aktif olması ve ağdaki düğümler arasındaki iletişimin verimli olması gerektiğini savunmuşlardır. Tasarsız bir ağın çalışması, yaşam süresi ve kullanılabilirliği düğümlerin çalışma sürelerini arttırmak amacıyla Geliştirilmiş Yedek Küme Başı Protokolünü (Enhanced Backup Cluster Head Protocol - EBCHP) önermişlerdir. Bu protokol yine yazarlar tarafından geliştirilen BCHP [2]'nin ağın yaşam süresi açısından iyileştirilmiş sürümüdür. Acil durum ve kurtarma hizmetleri için Ekvator'da Loja şehri ele alınarak hazırlanan senaryonun NS-2 ile benzetimi gerçekleştirilmiştir. Başarım değerlendirmesi için aşırı yük, ortalama uçtan uca gecikme ve paket gecikme değişimi metrikleri seçilmiştir. Sonuç olarak, EBCHP'nin, selefi BCHP'ye kıyasla ağ ömrünü ve yakınsamasını iyileştirme hedeflerini gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir.

Wister ve diğerleri [25], çalışmalarında kent içi felaket durumlarında kurtarma operasyonları için AODV ve DYMO protokollerinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Protokoller, paket dağıtım oranı, throughput, kontrol mesaj ek yükü ve enerji tüketimi metrikleri açısından NS2 benzetim ortamında değerlendirilmiştir. Sonuç olarak DYMO'nun AODV'den daha iyi bir performansa sahip olduğu belirtilmiştir. DYMO'nun bilgi işlem mimarisi üzerinden çalışan felaket durumlarında, kurtarma görevleri sırasında iş yükünü destekleyebileceğini, operasyonların sürekliliğini ve iletişimin sürdürülmesini sağlayabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Quispe ve Galan'ın yaptıkları çalışmada [1], proaktif, reaktif ve hiyerarşik tasarsız yönlendirme startejilierinin acil durum ve kurtarma senaryolarındaki performansları değerlendirilmiştir. Hazırlanan acil durum ve kurtarma senaryoları için AODV, DSDV ve CBRP yönlendirme protokollerinin performansları NS-2 benzetim programı kullanarak test edilmiştir. Benzetim sonuçlarına göre CBRP protokolünün en iyi performansı sergilediği belirtilmektedir.

Abed ve diğerleri [26], DSR, DSDV ve AODV protokollerini Random Waypoint Mobility Model (RWPM), Random Point Group Mobility Model (RPGM), Gauss Markov Mobility Model (GMM) ve Manhattan Grid Mobility Model (MGM) hareketlilik modelleri altında karşılaştırmışlardır. Bu hareketlilik modelleri altında protokollerin performansları, paket dağıtım oranı, ortalama uçtan uca gecikme ve standart yönlendirme yükü metrikleri kullanılarak NS-2 benzetim programında değerlendirilmiştir. Hareketlilik modelleri ve yönlendirme protokollerinin birbirlerine kıyasla belirgin bir üstünlük göstermediği belirtilmiştir. Yönlendirme protokollerinin kullanım amaçlarına ve kullanılacağı ortamlara göre hareketlilik modelinin seçilmesinin başırımı artıracağı çıkarımı yapılmıştır.

Tundjungsari ve Sabiq [27], MTA kullanarak çalışan bir Android tabanlı uygulama prototipi geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri prototip ile acil durum senaryolarında, arama ve kurtarma operasyonları için iletişimi sağlamayı ve gerekli bilgiyi elde etmeyi amaçlamışlardır. Geliştirdikleri mobil uygulamalar, arama kurtarma ekiplerinin konumlarının belirlenmesine ve ekiplerin kendi aralarında iletişim kurmasına olanak sağlamaktadır. Bu uygulamalarının tasarımı eşler arası ağ iletişimi mantığıyla tasarlanmıştır. Böylelikle MTA'da yer alan tüm mobil cihazlar ağ içerisinde eşit olarak yer almıştır. Belirlenen konum ağdaki tüm cihazlara broadcast olarak gönderilmektedir. Çalışma sonucunda 50 m. çapında bir alanda cihazların etkin iletişim sağladığı belirtilmiştir.

3. E-AODV: ÖNERİLEN ACİL DURUM YÖNLENDİRME PROTOKOLÜ (E-AODV: THE PROPOSED EMERGENCY ROUTING PROTOCOL)

Bu çalışmada, TCP paketlere öncelik verilerek, uçtan uca gecikmenin azaltılıp sınırlı bant genişliğinde paket iletiminin de daha verimli olması amacıyla AODV kuyruk yapısında değişiklik yapılmıştır. Yapılan çalışmada AODV'nin rota keşfi ve rota kurma aşamalarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Çalışmanın amacı kaynak ve hedef arasında rota oluşturulduktan sonra AODV protokolünde kuyruk yönetimidir.

AODV, taşıma (transport) katmanında 64 paketlik gönderme arabelleği tutmaktadır. Bu arabellek, rota keşfi başlatan ancak henüz yanıt almamış olan düğümlerin veri paketlerini içermektedir. Yönlendirme katmanı tarafından gönderilen tüm veri ve yönlendirme paketleri, ortama erişim kontrol (Media Access Control-MAC) katmanı onları iletene kadar arayüz kuyruğunda sıraya alınmaktadır. Arayüz katmanı maksimum 50 paket boyutuna sahiptir. İlk giren ilk çıkar mantığında, yönlendirme ve veri paketlerinin önceliklendirildiği iki öncelik sırasına göre çalışır. Yönlendirme paketleri, veri paketlerinden daha yüksek önceliğe sahiptir [28].

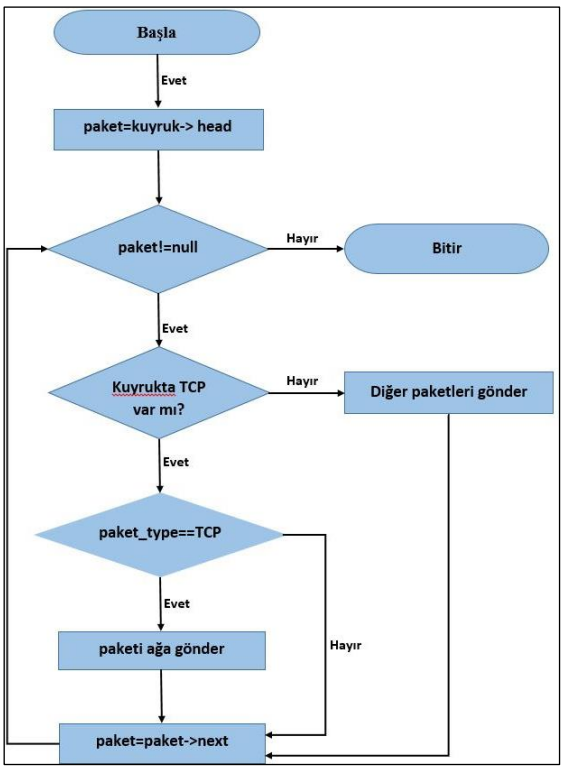
Yapılan bu çalışmayla, kuyruğa giren TCP paketlere öncelik tanınmıştır. Böylece acil durum ve kurtarma senaryolarında kaynak düğüm ile hedef düğüm arasında rota kurulduktan sonra TCP paketlerine arayüz kuyruğunda öncelik tanınacağı için iletilen veri paketlerinin daha düşük bir uçtan uca gecikme süresine sahip olması amaçlanmıştır. Ayrıca uçtan uca gecikme süresinin azalması sonucunda AODV protokolüne göre daha yüksek paket dağıtım oranı ve throughput değerlerinin görülmesiyle birlikte yönlendirme paketlerinin de iletiminde sıkıntı yaşanmaması amaçlanmıştır. AODV'de kuyruk kontrolü hedef düğümün ip adresine göre sağlanmaktadır. Yapılan bu çalışmada ise paket türüne göre kuyruk kontrolü yapılmaktadır ve TCP paketlerine öncelik verilmektedir.

Çalışmada yapılan değişikliğin temel algoritması ve akış diyagramı Algoritma 1. ve Şekil 1.'de gösterilmektedir.

```
1.  Başla
2.  paket ← queue.head;
3.  while(paket != null)
4.      if (isExistinQueue(PT_TCP) && paket.type == PT_TCP)
5.          sendToNetwork(paket);
6.      else if (! isExistinQueue(PT_TCP)){
7.          sendToNetwork(paket);
8.      end if
9.      paket ← paket.next;
10. end while
11. Bitir;
```

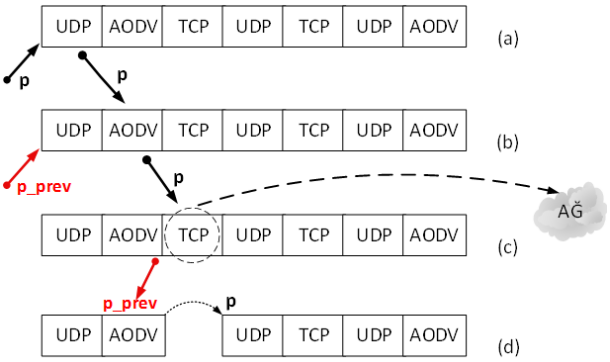
Algoritma 1. Yapılan değişikliğin temel algoritması (The basic algorithm of the made modification)

Kaynak ve hedef arasında rota kurulduktan sonra kuyruğun doluluk durumu denetlenmektedir. Kuyruk boş değil ise TCP paketlerinin varlığı sınanmaktadır. TCP paketleri öncelikli olarak kuyruktan çıkartılmakta ve ağa gönderilmektedir. Bu esnada TCP olmayan paketler atlanarak kuyrukta ilerlemeye devam etmekte ve sonraki paketlere bakılmaktadır. Kuyruktaki TCP paketleri ağa gönderildiktan sonra TCP olmayan paketler ağa gönderilmektedir. Bu durum AODV protokolü için belirtilen çalışma süresi içerisinde kuyrukta paket olduğu müddetçe devam etmektedir.



Şekil 1. Akış diyagramı (Flow diagram)

Aşağıdaki örnek üzerinden algoritmanın işleyişi daha açıklayıcı şekilde anlatılmaktadır. Şekil 2'deki örnekte TCP paketlerin 3. ve 5. sırada oldukları varsayılmıştır. İlk aşamada kuyrukta paket olup olmadığı ve kuyrukta paket varsa bu paketlerin yaşam sürelerinin (time-to-live) dolup dolmadığı kontrol edilmektedir. Bu ilk aşamadan sonra p işaretçisi kuyrukta paket varsa kuyruğun başına gitmekte ve ilk paketi kontrol etmektedir.



Şekil 2. Algoritmanın işleyiş örneği (Process example of algorithm)

Şekil 2(a)'da görüldüğü üzere ilk paket TCP olmadığı için işaretçi bir sonraki paketi kontrol etmek için ilerlemektedir. Şekil 2(b)'de p işaretçisinin ilerlediği ve bıraktığı sıraya da p_prev işaretçisinin geldiği görülmektedir. Şekil 2(c)'de p işaretçisi paket türünü kontrol ettiğinde paketin TCP olduğunu tespit etmektedir. Bu durumda TCP paket kuyruktan çıkarılmakta ve hedef düğüme iletilmesi için ağa gönderilmektedir. p işaretçisi sonraki paketleri kontrol

etmek için kuyrukta ilerlemeye devam edmektedir. Bu şekilde tüm TCP paketler belirlenen süre içerisinde kuyrukta bulunarak ağa gönderilmektedir.

Kuyrukta bulunan TCP paketler ağa gönderildikten sonra geliştirilen algoritma devreden çıkmaktadır. Kuyruk yapısı diğer paketler için ilk giren ilk çıkar mantığına göre çalışmaya devam etmektedir. Bu şekilde kuyrukta bulunan diğer paketler de ağa gönderilmektedir. TCP paketlerin bulunup ağa gönderilmesi çok kısa sürelerde olduğu için diğer paketlerin yaşam sürelerini tam olarak olumsuz etkilememektedir. Alınan benzetim sonuçlarında da paket kayıplarının azaldığı görülmüştür.

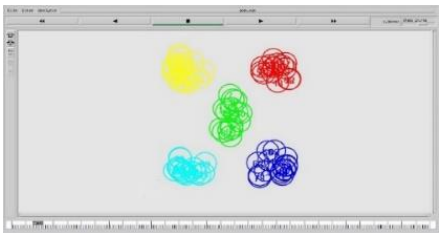
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRMELER (EXPERIMENTAL STUDIES AND EVALUATIONS)

Performans metrikleri, gereken Servis Kalitesine (QoS) erişmek için yönlendirme algoritması tarafından büyük ölçüde etkilenen ağı karakterize etmeye yardımcı olmaktadır [3]. Bu çalışmada, yönlendirme protokollerini analiz etmek için farklı düğüm sayılarında, farklı duraklama sürelerinde, farklı bağlantı ve bağlantı sayılarında; oluşturulan toplam paket sayısı, alınan toplam paket sayısı, oluşturulan toplam TCP paket sayısı, alınan TCP paket sayısı, oluşturulan toplam UDP paket sayısı, alınan UDP paket sayısı, throughput, paket dağıtım oranı ve uçtan uca gecikme değerlerine bakılmıştır. Önerilen protokolün başarımını ölçmek üzere NS-2 programının 2.35 sürümü kullanılmıştır.

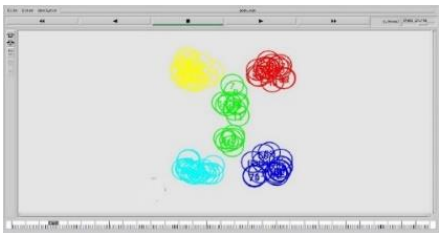
4.1. Senaryoların Oluşturulması (Creating of scenarios)

Acil durumlarda belirli bir alan içerisindeki düğüm sayısı değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle oluşturulan senaryo bir alanda bulunan 5 farklı gruptan oluşmaktadır. Her grup en az 15, 20 ve 30 düğümden oluşturulmuştur. Toplam düğüm sayıları 75, 100 ve 150 olarak tasarlanmıştır. Bu gruplar birbirlerine yakın alanlarda çalışan insanlardan oluşmaktadır. Her grup eşit sayıda düğümden oluşmaktadır. Acil durum ve kurtarma anlarında bu gruplar için daha önce belirlenmiş olan iki adet tahliye noktası bulunmaktadır. Tüm grupların birbirleriyle iletişim kurarak bu tahliye noktalarına ulaşmaları ve alanı terk etmeleri öngörülmüştür. Benzetim süresince tüm düğümler hareketlidir. Resim 1'de benzetim süresi ilerledikçe düğümlerin de hareket durumu ve tahliye alanlarında toplandıkları görülmektedir.

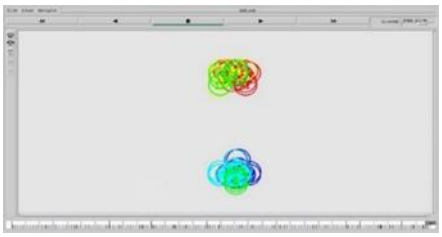
Resim 1(a)'da benzetimin ilk aşamasında grupların başlangıç konumları görülmektedir. Eşit düğüm sayısına sahip 5 grup belirlenen senaryo gereği acil durum ve felaket anlarında birbirleriyle iletişim kurabilecekleri menzil dahilinde yerleştirilmişlerdir. Resim 1(b)'de senaryo gereği acil bir durumun başladığı ve düğümlerin birbirleriyle iletişim kurarak tahliye noktalarına yönelmeye başladıkları görülmektedir. Resim 1(c)'de ise senaryonun son aşamasında tüm düğümlerin daha önceden belirlenen tahliye noktalarına hareket ettikleri ve orada toplandıkları görülmektedir.



Resim 1. (a) Düğümlerin başlangıç durumu (Initial state of the nodes)



Resim 1. (b) Düğümlerin tahliye noktalarına hareketi (Movements of the nodes to evacuation points)



Resim 1. (c) Düğümlerin tahliye noktalarına ulaşması ve benzetimin bitişi (Arrival of the nodes to the evacuation points and end of the simulation)

Benzetimin temel çerçevesi oluşturulduktan sonra bağlantı sayısı ve bağlantı türlerinin, paket iletimini, uçtan uca gecikmeyi ve throughput değerlerini nasıl etkilediğini daha detaylı incelemek ve daha tutarlı sonuçlar alabilmek için 2 farklı senaryo tasarlanmıştır.

Yönlendirme protokollerinin performans analizini daha iyi yapabilmek için de benzetim süreleri 60, 120, 180 sn olarak belirlenmiştir. Daha doğru ve güvenilir sonuçlar alabilmek için her bir alt senaryoda benzetim aracı 15 kez çalıştırılmış ve her parametre için çıkan sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. Senaryo-1 ve senaryo-2 için kullanılan ölçütler Çizelge 1'de görülmektedir.

Senaryo-1'de AODV protokolünün yönlendirme için kullandığı paketlerin yanı sıra düğümler arasında veri iletimini sağlamak amacıyla TCP bağlantılar kullanılmıştır. Bu senaryo altında her bir E-AODV, AODV, DSDV ve DSR protokolleri için 36 farklı alt senaryo uygulanmıştır. Toplamda 144 alt senaryo için 25 ve 50 TCP bağlantısı kurulmuş, farklı düğüm sayıları oluşturulmuş, farklı benzetim süreleri uygulanmıştır. Senaryo-2 için birbirleriyle aynı sayıda hem TCP hem de UDP bağlantılar kullanılmıştır. Bunun nedeni ise

Çizelge 1. Senaryo-1 ve senaryo-2 için kullanılan değerler (Used values for scenario-1 and scenario-2)

	Senaryo-1	**Senaryo-2**
Protokol	E-AODV, AODV, DSDV, DSR	E-AODV, AODV, DSDV, DSR
Düğüm sayısı	75, 100, 150	75, 100, 150
Bağlantı sayısı	25, 50	50, 100
Bağlantı türü	TCP	TCP, UDP
Süre	60, 120, 180 sn	60, 120, 180 sn
Alan	400*400 m	400*400 m
Kanal	Kablosuz Kanal (Wireless Channel)	Kablosuz Kanal (Wireless Channel)
Kullanılan metrikletrikler	Uçtan uca gecikme, paket dağıtım oranı, throughput	Uçtan uca gecikme, paket dağıtım oranı, throughput

çalışmanın amacında belirttiğimiz AODV protokolünün kuyruk yapısında yapılan değişikliğin TCP paketlerin yanı sıra farklı paketler kullanıldığında başarıya ulaşıp ulaşamayacağını test etmek ve çalışmanın güvenirliğini arttırmaktır. Her bir grup için 25 TCP ve 25 UDP olmak üzere 50 bağlantı ile 50 TCP ve 50 UDP olacak şekilde 100 bağlantı kurulmuştur. Örneğin, 100 düğüm 50 bağlantıda, 25 TCP ve 25 UDP bağlantı oluşturulurken, 100 düğüm 100 bağlantıda ise 50 TCP ve 50 UDP bağlantı oluşturulmuştur. Hem bağlantı sayısı artmış hem de yeni bağlantı türü eklenmiş şekilde senaryo-1 ile benzer şekilde farklı düğüm sayılarında ve farklı benzetim sürelerinde toplam 144 adet alt senaryo oluşturulmuştur.

Acil durum ve kurtarma durumları için oluşturulan senaryo-1 ve senaryo-2'de protokollerin performansları NS-2 benzetim aracı ile değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan senaryolar için geliştirilen E-AODV'nin performansı her düğüm ve bağlantı sayısında, her duraklama süresi için AODV, DSDV ve DSR protokollerinin performanslarıyla karşılaştırılmıştır. Ancak DSR protokolü belirlenen benzetim süresinden çok daha kısa sürede benzetimi tamamladığı için oluşturulan senaryolar açısından tutarsız sonuçlar vermiştir. Bu nedenle DSR protokolünün performansının karşılaştırılması anlamlı olmayacağı için değerlendirmeye alınmamıştır.

4.2. Performans Değerlendirmesi (The Performance Evaluations)

Benzetim çalışmalarının sonuçlarına göre E-AODV, AODV ve DSDV'nin performansları her iki senaryo için tüm düğüm ve bağlantılarda uçtan uca gecikme, throughput ve paket dağıtım oranları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Protokollerin performansları her bir metrik için 75, 100 ve 150 düğümlerde, 50 ve 100 bağlantı için tüm duraklama sürelerinde karşılaştırılmıştır.

4.2.1 Protokollerin throughput karşılaştırması (The throughput comparison of the protocols)

Her iki senaryonun benzetim sonuçlarına göre karşılaştırmalı throghput değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

Senaryo 1 için Throughput değerlendirmesi:

75D25B (75 Düğüm 25 Bağlantı) için E-AODV, AODV'ye göre tüm duraklama sürelerinde daha iyi sonuçlar almıştır. 60s duraklama süresinde DSDV'de daha yüksek sonuçlar alınmasına karşın duraklama süresinin artmasıyla DSDV protokolünde throughput değeri için azalma görülmektedir. Uçtan uca gecikme süreleri de göz önüne alındığında E-AODV'nin AODV ve DSDV'ye göre 75 düğüm 25 bağlantı için daha başarılı olduğu görülmektedir. 75D50B (75 Düğüm 50 Bağlantı) için DSDV protokolünün throughput değerlerinin 60s ve 120s benzetim süresinde genel olarak daha iyi sonuçlar aldığı görülmektedir. Ancak duraklama süresinin artmasıyla E-AODV'de throughput değerleri artış gösterirken, DSDV'de ise azalmıştır. Uçtan uca gecikme süreleriyle ile birlikte değerlendirildiğinde DSDV protokolünde çok fazla uçtan uca gecikme yaşanmıştır. Tablolarda throughput değerinin yanı sıra uçtan uca gecikme süreleri de karşılaştırıldığında E-AODV'nin 75D50B için de daha uygun olduğu görülmektedir.

100D25B (100 Düğüm 25 Bağlantı) için E-AODV'nin tüm duraklama sürelerinde daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. DSDV'de duraklama süresinin artmasıyla birlikte throughput değerleri önemli ölçüde azalmıştır. Buna karşın E-AODV ve AODV'de ise artış gözlemlenmiştir. E-AODV'nin 100D25B için de başarılı sonuçlar verdiği ve oluşturulan senaryo için daha uygun olduğu görülmüştür. 75D50B'da olduğu gibi 100D50B (100 Düğüm 50 Bağlantı)'da da 60s duraklama süresi için DSDV'nin daha iyi throughput değerine sahip olduğu görülmektedir. Ancak duraklama süresinin artmasıyla E-AODV diğer protokollere göre daha yüksek throughput değerine sahip olmuştur. Bağlantı sayısının artması hem 75 düğüm hem de 100 düğüm için tüm protokollerde throughput değerinin azalmasına neden olmuştur. DSDV'nin hem 75 düğüm hem de 100 düğüm için 60s duraklama süresinde throughput değerinde başarılı olduğu görülmektedir. Ancak acil durum ve kurtarma senaryoları için throughput değerinin yanı sıra paketlerin daha az gecikmeyle iletilmesi ve bu gecikmenin daha uzun duraklama sürelerinde de daha düşük seviyelerde olması önemlidir. Bu nedenle E-AODV'nin, DSDV'ye göre throughput değerleri için daha istikrarlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Uçtan uca gecikme değerinin daha iyi olduğu da göz önüne

alındığında E-AODV'nin 100D50B için de uygun olabileceği görülmektedir.

DSDV'nin throughput değerleri azalma göstermiştir. E-AODV ve AODV'nin throughput değerleri duraklama süresinin artmasıyla artış göstermiştir.

Çizelge 2. Protokollerin throughput değerleri (Protocols' throughput values)

		Senaryo-1			Senaryo-2		
Düğüm Sayısı	**Bağlantı Sayısı/Süre**	**E-AODV**	**AODV**	**DSDV**	**E-AODV**	**AODV**	**DSDV**
75 DÜĞÜM	25B/60s	508,05	491,88	532,99	450,6	417,68	460,5
	25B/120s	551,59	516,48	523,11	477,02	435,89	444,43
	25B/180s	565,97	526,58	503,35	478,70	454,13	426,55
	50B/60s	411,67	380,76	502,03	267,76	172,62	368,26
	50B/120s	465,53	413,5	491,03	301,29	218,96	350,96
	50B/180s	491,12	425,82	479,3	327,17	229,42	330,73
100 DÜĞÜM	25B/60s	521,66	459,09	476,47	429,39	384,87	411,69
	25B/120s	535,07	496,94	462,07	468,84	412,56	383,85
	25B/180s	558,78	519,31	435,32	472,26	430,33	362,28
	50B/60s	376,68	334,77	457,12	243,23	130,88	319,24
	50B/120s	449,62	377,67	434,91	276,61	142,95	295,37
	50B/180s	472,62	391,31	404,56	292,58	126,09	270,6
150 DÜĞÜM	25B/60s	516,41	471,94	328,42	435,74	406,16	274,81
	25B/120s	538,03	512,71	N/A	466,39	428,56	N/A
	25B/180s	573,46	518,3	N/A	497,37	436,8	N/A
	50B/60s	379,29	330,83	304,84	242,51	107,07	216,21
	50B/120s	463,61	358,76	N/A	289,37	88,92	N/A
	50B/180s	490,76	386,09	N/A	293,56	93,97	N/A

150 düğümde DSDV'de 120s ve 180s benzetim sürelerinde benzetim sonuçlanmamıştır. Bu nedenle DSDV protokolü için 150 düğümde 120s ve 180s'lerde sonuç alınamamıştır. DSDV'nin yüksek düğüm sayısında çalışması protokolün yapısından dolayı uygun değildir, bu benzetimde de DSDV'nin yüksek düğüm sayısında iyi performans sergileyemediği görülmüştür. 150D25B (150 Düğüm 25 Bağlantı)'da duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV'de throughput değerinin arttığı görülmektedir. E-AODV tüm duraklama sürelerinde AODV'den daha başarılı sonuçlar vermiştir. 150D25B için E-AODV'nin daha başarılı olduğu görülmektedir. 150D50B (150 Düğüm 50 Bağlantı)'da duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV için throughput değerlerinde artış görülmüştür. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV'de throughput değerleri de düzenli olarak artış göstermiş ve E-AODV daha yüksek sonuçlar almıştır.

Senaryo-1'in throughput değerleri genel olarak değerlendirildiğinde düğüm sayısındaki artışın E-AODV ve AODV'nin throughput değerlerinde belirgin bir etkiye neden olmadığı görülmektedir. Düğüm sayısının artması sonucunda alınan değerler birbirlerine yakın olmuştur. Ancak bağlantı sayısının artması throughput değerinin belirgin ölçüde azalmasına neden olmuştur. DSDV'de ise düğüm sayısındaki artış throughput değerinin azalmasına neden olmuştur.

Senaryo 2 için Throughput değerlendirmesi:

75D50B'da senaryo-2'ye göre throughput değerlerine bakıldığında geliştirilen E-AODV'nin, AODV'ye göre tüm duraklama sürelerinde daha iyi sonuçlar aldığı görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla 75D100B (75 Düğüm 100 Bağlantı)'da E-AODV, AODV'ye göre tüm duraklama sürelerinde çok daha başarılı throughput değerlerine sahip olmuştur. Ancak DSDV protokolü tüm duraklama sürelerinde diğer protokollerden daha başarılıdır. Duraklama süresinin artmasıyla DSDV protokolünde throughput değeri azalmıştır. Buna karşın E-AODV ve AODV'de artış görülmüştür. 180s duraklama süresinde E-AODV ve DSDV protokollerinde alınan değerler birbirlerine çok yakındır. E-AODV'nin 75 düğüm için, tüm duraklama sürelerinde her iki bağlantıda da AODV'den daha iyi sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir.

Senaryo-2'de 100D50B için E-AODV'nin diğer protokollere göre daha yüksek sonuçlar aldığı görülmektedir. Düğüm sayısının artması DSDV'de throughput değerinin belirgin ölçüde azalmasına neden olmuştur. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV'de throughput değerleri yükselirken, DSDV'de düşmektedir. Bağlantı sayısının artmasıyla tüm protokollerin throughput değerleri azalmıştır. Ancak DSDV'nin, 100D100B (100 Düğüm 100 Bağlantı)'da 120s duraklama süresine kadar diğerlerinden daha yüksek throughput değerlerine sahip olduğu görülmektedir. E-AODV, AODV'ye göre 100D100B için çok büyük ölçüde başarı göstermiştir. Duraklama süresinin artması E-AODV'nin DSDV'ye karşı başarısını arttırmıştır.

150D50B'da E-AODV, tüm duraklama sürelerinde AODV'den daha iyi sonuçlar almıştır. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV'de throughput değerleri artmıştır. E-AODV 180s duraklama süresinde tüm düğüm ve bağlantı sayılarındaki en yüksek değerine

ulaşmıştır. DSDV'nin ise karakteristik yapısından dolayı yüksek düğüm sayısında başarılı olamadığı görülmüştür. 150D100B (150 Düğüm 100 Bağlantı)'da duraklama süresinin artmasıyla E-AODV'de artış gözlemlenirken, AODV'de azalma olmuştur. Bağlantı sayısının artması ise tüm protokollerin throughput değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Artan bağlantı sayısı ve aynı düğümlerden hem TCP hem UDP paketlerin oluşturulması AODV protokolünde çok düşük sonuçlar alınmasına neden olmuştur. Geliştirilen E-AODV'de, AODV protokolüne göre çok daha yüksek throughput değerleri alınmıştır.

Throughput değerlerine bakılarak genel bir değerlendirme yapılacak olursa E-AODV, AODV'ye oranla tüm düğüm sayıları, tüm bağlantılar ve tüm duraklama sürelerinde daha başarılı olmuştur. Throughput değeri için değerlendirildiğinde, yaptığımız değişiklik başarıya ulaşmıştır. DSDV'nin de karakteristik yapısından dolayı daha az düğüm sayısında, daha düşük duraklama sürelerinde diğer protokollere göre yüksek sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. 75 düğümde bağlantı sayısının artmasıyla DSDV daha başarılı olmuştur. Ancak düğüm sayısının artması DSDV başarısını olumsuz etkilemiştir.

4.2.2. Protokollerin uçtan uca gecikme süresi karşılaştırması (The end to end delay time comparison of the protocols)

Çizelge 3'te E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin uçtan uca gecikme değerleri sunulmuştur. Protokollerin uçtan uca gecikme performansları her iki senaryo için bu çizelge üzerinden değerlendirilmiştir.

Senaryo 1 için uçtan uca gecikme değerlendirmesi:

75D25B'da DSDV protokolünde diğer protokollere göre çok daha yüksek gecikme yaşandığı görülmektedir. E-AODV ve AODV'de uçtan uca gecikme, duraklama süresinin artmasıyla birlikte artarken DSDV'de azalmasına karşın tüm duraklama sürelerinde en iyi sonuçlar E-AODV protokolü için alınmıştır. E-AODV ve AODV'de throughput değeri duraklama süresinin artışına bağlı olarak arttığı için uçtan uca gecikme değerinde de düzenli artış görülmüştür, DSDV'de ise duraklama süresinin artmasıyla throughput değerinde azalma görülmüştür. Bu nedenle DSDV protokolünün uçtan uca gecikme değeri duraklama süresinin artmasıyla azalma göstermektedir. 75D25B için geliştirilen E-AODV'nin uçtan uca gecikmeyi azalttığı görülmektedir.

75D50B'da uçtan uca gecikme 25 bağlantıya göre artış göstermiştir. Bu artışın en fazla DSDV protokolünde yaşandığı görülmektedir. DSDV'nin 50 bağlantı için daha iyi throughput değerine sahip olması DSDV'nin yüksek uçtan uca gecikme süresine neden olmuştur. E-AODV ve AODV'nin throughput değerleriyle DSDV'nin değerleri arasında çok yüksek fark olmamasına karşın uçtan uca gecikme süreleri arasında çok yüksek farklılıklar görülmektedir. E-AODV'de 25 bağlantıya göre 50 bağlantıda uçtan uca gecikme çok fazla artmamıştır. AODV'de ise E-AODV'ye göre artış biraz daha fazla olmuştur. 50 bağlantıda duraklama süresinin artmasıyla uçtan uca gecikme E-AODV ve AODV'de artmıştır ve DSDV'de azalmıştır. Ancak yine de DSDV'de bu azalmalardan sonra bile diğer protokollere göre gecikme çok fazladır. 75D50B için uçtan uca gecikme E-AODV'de belirgin ölçüde diğer protokollere göre daha iyi sonuç vermiştir.

Düğüm sayısının artmasıyla tüm protokoller için aynı duraklama sürelerinde uçtan uca gecikmenin azaldığı görülmektedir. 100D25B için E-AODV'nin gecikme süresinin AODV ve DSDV'ye oranla tüm duraklama sürelerinde çok düşük olduğu görülmektedir. DSDV

Çizelge 3. Protokollerin uçtan uca gecikme süreleri (Protocols' end-to-end delay)

		Senaryo-1			Senaryo-2		
Düğüm Sayısı	**Bağlantı Sayısı/Süre**	**E-AODV**	**AODV**	**DSDV**	**E-AODV**	**AODV**	**DSDV**
75 DÜĞÜM	25B/60s	362,42	540,78	761,87	369,61	500,4	453,19
	25B/120s	447,56	601,48	728,78	420,53	542,27	569,85
	25B/180s	496,22	639,44	739,85	439,08	560,35	582,24
	50B/60s	428,47	634	1078,56	325,63	507,12	584,82
	50B/120s	459,91	651,52	926,48	350,21	491,33	709,63
	50B/180s	513,09	666,36	934,82	357,24	468,06	730,61
100 DÜĞÜM	25B/60s	341,43	514,07	712,77	319,77	399,51	393,63
	25B/120s	412,75	534,42	688,89	386,07	485,96	494,98
	25B/180s	433,27	574,96	631,31	412,52	494,48	491,61
	50B/60s	373,22	647	1014,65	241,36	407,31	535,09
	50B/120s	405,84	611,07	981,76	301,12	389,96	671,58
	50B/180s	473,39	594,71	819,8	326,09	383,08	735,65
150 DÜĞÜM	25B/60s	325,35	439,96	688,06	314,36	378,02	311,82
	25B/120s	423,41	515,22	N/A	376,76	442,99	N/A
	25B/180s	424,53	547,42	N/A	410,98	477,99	N/A
	50B/60s	379,55	603,18	1059,58	272,85	344,22	497,71
	50B/120s	417,48	597,26	N/A	284,03	380,59	N/A
	50B/180s	458,8	570,36	N/A	292,72	365,74	N/A

protokolü için gecikme diğer protokollere göre çok fazladır. 100D50B'da DSDV protokolünün throughput farklıdır. Senaryo-1'de DSDV için gecikme, duraklama süresinin artmasıyla düşüş gösterirken, UDP

Çizelge 3. Protokollerin uçtan uca gecikme süreleri (Protocols' end-to-end delay)

		Senaryo-1			Senaryo-2		
Düğüm Sayısı	**Bağlantı Sayısı/Süre**	**E-AODV**	**AODV**	**DSDV**	**E-AODV**	**AODV**	**DSDV**
75 DÜĞÜM	25B/60s	362,42	540,78	761,87	369,61	500,4	453,19
	25B/120s	447,56	601,48	728,78	420,53	542,27	569,85
	25B/180s	496,22	639,44	739,85	439,08	560,35	582,24
	50B/60s	428,47	634	1078,56	325,63	507,12	584,82
	50B/120s	459,91	651,52	926,48	350,21	491,33	709,63
	50B/180s	513,09	666,36	934,82	357,24	468,06	730,61
100 DÜĞÜM	25B/60s	341,43	514,07	712,77	319,77	399,51	393,63
	25B/120s	412,75	534,42	688,89	386,07	485,96	494,98
	25B/180s	433,27	574,96	631,31	412,52	494,48	491,61
	50B/60s	373,22	647	1014,65	241,36	407,31	535,09
	50B/120s	405,84	611,07	981,76	301,12	389,96	671,58
	50B/180s	473,39	594,71	819,8	326,09	383,08	735,65
150 DÜĞÜM	25B/60s	325,35	439,96	688,06	314,36	378,02	311,82
	25B/120s	423,41	515,22	N/A	376,76	442,99	N/A
	25B/180s	424,53	547,42	N/A	410,98	477,99	N/A
	50B/60s	379,55	603,18	1059,58	272,85	344,22	497,71
	50B/120s	417,48	597,26	N/A	284,03	380,59	N/A
	50B/180s	458,8	570,36	N/A	292,72	365,74	N/A

değerinin 60s duraklama süresi için diğer protokollere göre daha iyi sonuç vermesine rağmen çok yüksek uçtan uca gecikme süresine sahip olduğu görülmektedir. Ancak duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV'de throughput değerlerindeki artış DSDV'de olduğu gibi uçtan uca gecikme süresini çok fazla olumsuz etkilememiştir. Geliştirilen E-AODV throughput ve uçtan uca gecikme süreleri açısından değerlendirildiğinde tutarlı sonuçlar vermiştir. AODV'ye göre değerlendirildiğinde throughput değerlerinde artış sağlarken uçtan uca gecikmeyi anlamlı ölçüde azaltmıştır.

Hem 150D25B hem de 150D50B için de geliştirilen E-AODV, AODV'ye göre uçtan uca gecikme süresini önemli ölçüde azaltmıştır. Duraklama süresinin artmasıyla uçtan uca gecikme süreleri de artış göstermiştir.

Uçtan uca gecikme süresi duraklama süreleri göz önüne alınarak genel olarak değerlendirildiğinde tüm protokollerde genel bir azalma sözkonusudur. E-AODV protokolünün AODV'ye göre throughput değerini yaklaşık %17 arttırırken, uçtan uca gecikme süresini yaklaşık %28 oranında azalttığı gözlemlenmektedir. E-AODV ile amaçlanan uçtan uca gecikmenin azaltılması senaryo-1'de tüm düğüm ve bağlantılar için başarılmıştır.

Senaryo 2 için uçtan uca gecikme değerlendirmesi:

75D50B için senaryo-2'de duraklama süresinin artmasıyla uçtan uca gecikme tüm protokollerde artış göstermiştir. E-AODV, tüm duraklama sürelerinde daha düşük gecikme değerlerine sahip olmuştur. Throughput değerleri için 25 bağlantılı senaryo-1 ile benzer karakteristikler gösterirken, uçtan uca gecikmede durum bağlantıların eklenmesi sonucunda senaryo-2'de artış göstermiştir ve senaryo-1'deki gibi çok yüksek değerler almamıştır. Hatta 60s duraklama süresi için DSDV'nin, AODV'den net bir şekilde daha başarılı olduğu görülmektedir. Hem throughput hem de uçtan uca gecikme değerleri birlikte değerlendirildiğinde E-AODV'nin her iki protokole göre daha başarılı olduğu görülmektedir.

75D100B için de E-AODV'nin diğer protokollere göre çok düşük uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve DSDV'de gecikme artarken, AODV'de azalmıştır. Throughput değerleri de göz önüne alınırsa 100 bağlantı için DSDV'nin, AODV'den daha başarılı olduğu söylenebilmektedir. Ancak 60s duraklama süresi için E-AODV ve DSDV arasında kesin bir yargıya varılamamaktadır. Ama 120s ve 180s duraklama sürelerinde E-AODV'nin, DSDV'ye göre yakın throughput değerlerine karşın çok daha düşük uçtan uca gecikmeye sahip olmasından dolayı daha başarılı olduğu görülmektedir.

100D50B'de senaryo-2 için E-AODV'nin tüm duraklama sürelerinde daha düşük uçtan uca gecikmeye sahip olduğu görülmektedir. Throughput değerleri de göz önüne alındığında E-AODV'nin diğer protokollere göre çok daha başarılı olduğu görülmektedir. AODV ve DSDV ise birbirlerine yakın başarı göstermişlerdir.

100D100B için E-AODV protokolü, AODV ve DSDV'ye göre tüm duraklama sürelerinde belirgin ölçüde daha düşük uçtan uca gecikmeye sahiptir. Duraklama süresinin artmasıyla DSDV'deki artış oranı çok fazla yaşanırken, E-AODV'de artış oranı daha düşüktür. AODV'de ise duraklama süresinin artmasıyla

daha düşük throughput değerleri almasından dolayı uçtan uca gecikme süresinde azalma olmuştur. Ancak yine de uçtan uca gecikme süresi E-AODV'den daha fazladır.

150D50B'da 60s duraklama süresinde DSDV'nin, E-AODV'den çok daha düşük throughput değerine sahip olmasına rağmen E-AODV'yle benzer gecikme sürelerine sahip olduğu görülmektedir. AODV ise daha yüksek gecikme süresine sahiptir. DSDV için sonuç alınamayan diğer duraklama sürelerinde de E-AODV, AODV'ye göre daha düşük gecikme sürelerine sahip olmuştur. Duraklama süresinin artmasıyla uçtan uca gecikme de artmıştır. 150D50B için uçtan uca gecikme, throughput değerleriyle birlikte değerlendirilecek olursa E-AODV'nin belirgin bir şekilde diğer protokollerden başarılı olduğu görülmektedir.

150D100B'da da E-AODV'nin, AODV ve DSDV'ye göre daha düşük uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu görülmektedir. 50 bağlantıda E-AODV ve DSDV birbirlerine çok yakın sonuçlar alırken, throughput değerlerinin de yakın olmasına karşın 100 bağlantı için E-AODV çok daha düşük uçtan uca gecikme süresine sahiptir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV'de genel olarak artış gözlemlenirken, AODV'de dalgalanmalar yaşanmıştır.

Senaryo-2 için uçtan uca gecikme süresi, duraklama süreleri göz önüne alınarak genel olarak değerlendirildiğinde, düğüm sayısının artmasıyla birlikte tüm protokollerde genel olarak azalma görülmektedir. E-AODV protokolünün AODV'ye göre throughput değeri TCP paketlerin yanında UDP paketlerinde olmasından dolayı senaryo-1'den daha yüksek olmuştur ve yaklaşık %31 artmıştır. Geliştirilen E-AODV protokolü AODV protokolüne göre uçtan uca gecikme süresini %23 oranında azaltmıştır. Senaryo-1'e göre senaryo-2'de oranın azalmasının nedeni throughput değerinin artmasından dolayıdır. Bağlantı sayısının artmasına rağmen geliştirilen yeni algoritma ile amaçlanan uçtan uca gecikmenin azaltılması senaryo-2'de de belirgin ölçüde başarılı olmuştur.

4.2.3. Protokollerin paket dağıtım oranı karşılaştırması (The packet delivery rate comparison of the protocols)

E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin paket dağıtım oranları Çizelge 4'te 75, 100 ve 150 düğümlerde 25 ve 50 bağlantı için 60s, 120s ve 180s duraklama sürelerinde karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 4. Protokollerin paket dağıtım oranları (Protocols' packet delivery rates)

Düğüm Sayısı	Bağlantı Sayısı/Süre	Senaryo-1			Senaryo-2		
		E-AODV	AODV	DSDV	E-AODV	AODV	DSDV
75 DÜĞÜM	25B/60s	94,29%	92,93%	77,22%	91,7%	89,95%	75,94%
	25B/120s	95,8%	93,56%	79,16%	94,24%	91,68%	77,81%
	25B/180s	96,30%	94,17%	78,96%	95,43%	92,22%	77,16%
	50B/60s	89,44%	87,25%	72,46%	81,96%	73,4%	69,28%
	50B/120s	91,97%	88,71%	75,70%	87,56%	81,52%	73,29%
	50B/180s	93,16%	89,44%	76,48%	90,24%	82,13%	72,16%
100 DÜĞÜM	25B/60s	94,76%	92,59%	65,03%	91,57%	89,06%	65,13%
	25B/120s	95,91%	93,98%	69,14%	93,98%	91,02%	65,96%
	25B/180s	96,61%	94,08%	65,19%	95,41%	91,73%	65,61%
	50B/60s	88,86%	86,33%	64,13%	78,66%	63,38%	58,10%
	50B/120s	92,33%	88,44%	65,5%	86,43%	69,14%	60,96%
	50B/180s	93,3%	88,9%	60,97%	89,01%	61,43%	61,56%
150 DÜĞÜM	25B/60s	94,63%	92,84%	36,21%	91,05%	89,04%	32,47%
	25B/120s	96,08%	94,25%	N/A	94,30%	90,85%	N/A
	25B/180s	96,7%	94,15%	N/A	95,36%	91,56%	N/A
	50B/60s	89,19%	86,49%	33,08%	76,09%	45,78%	31,23%
	50B/120s	92,89%	87,99%	N/A	85,31%	44,23%	N/A
	50B/180s	93,60%	88,87%	N/A	87,78%	46,19%	N/A

Paket dağıtım oranları açısından E-AODV ve AODV protokollerinin değerleri tüm düğüm sayılarında belirgin ölçüde değişiklik göstermediği için tablo uçtan uca gecikme ve throughput değerlerinde olduğu gibi düğüm bazında değerlendirmek yerine genel olarak değerlendirilmiştir.

Senaryo 1 için paket dağıtım oranı değerlendirmesi:

Düğüm sayısının artmasıyla duraklama süreleri temel alındığında E-AODV ve AODV protokollerinin paket dağıtım oranlarında belirgin değişiklikler olmamasına karşın DSDV'de oranlar giderek azalmıştır. Bağlantı sayısının artması sonucunda paket dağıtım oranları doğal olarak azalma göstermiştir. Geliştirilen E-AODV protokolü 50 bağlantılı düğümlerde ilk 60s duraklama süresi hariç diğer duraklama sürelerinde %90 üzerinde paket dağıtım oranlarını yakalayarak AODV ve DSDV'ye göre başarılı sonuçlar vermiştir. DSDV oluşturulan acil durum ve kurtarma benzetimi için paket dağıtım oranı açısından diğer protokollere göre çok düşük değerler almıştır. E-AODV'nin tüm düğüm ve bağlantı sayışlarında tüm duraklama sürelerinde daha iyi sonuçlar aldığı ve başarılı olduğu görülmektedir. Senaryo-1 genel olarak değerlendirildiğinde E-AODV protokolünün uçtan uca gecikmeyi azaltırken throughput

değerlerini ve paket dağıtım oranlarını arttırma hedefi senaryo-1 için başarılı olmuştur.

Senaryo 2 için paket dağıtım oranı değerlendirmesi:

Senaryo-2 için paket dağıtım oranları açısından protokollerin aldıkları değerler Çizelge 7'de verilmiştir. Senaryo-2 paket dağıtım oranları açısından incelendiğinde 50 bağlantılı düğümlerde tüm protokollerin daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Düğüm sayısının artmasıyla duraklama süreleri baz alınarak incelendiğinde E-AODV'nin istikrarlı olarak birbirine yakın sonuçlar aldığı görülmektedir. AODV ise düğüm sayısının artmasıyla 50 bağlantı için istikrarlı olarak benzer sonuçlar almasına karşın, 100 bağlantı için düğüm sayısının artmasıyla belirgin ölçüde paket dağıtım oranında azalma yaşamıştır. Özellikle 150D100B için AODV protokolü E-AODV protokolüne göre çok başarısız olmuştur. DSDV protokolü senaryo-1'de de olduğu üzere E-AODV ve AODV protokollerinden belirgin ölçüde daha düşük değerler almıştır ve artan düğüm sayısıyla paket dağıtım oranında azalma olmuştur. E-AODV protokolü tüm düğüm ve bağlantı sayısı ile tüm duraklama sürelerinde diğer protokollere göre daha başarılı olmuştur. Senaryo-1'de E-AODV protokolü, AODV'ye göre paket dağıtım oranını genel olarak %3 oranında arttırırken, senaryo-2'de bu oran %16'ya çıkmıştır.

Senaryo-2 için throughput, uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranı birlikte değerlendirildiğinde geliştirilen E-AODV'nin, AODV ve DSDV'ye göre daha başarılı ve daha tutarlı sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Senaryo-1'de olduğu gibi senaryo-2'de de çalışmanın amacında belirtilen AODV üzerinde yapılan değişiklik sonucunda geliştirilen E-AODV protokolü ile uçtan uca gecikme azaltılırken throughput ve paket dağıtım oranları da anlamlı ölçüde arttırılmıştır.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Bu çalışma kapsamında, uçtan uca gecikme süresini azaltırken paket iletim oranını ve throughput verilerini arttırmak amacıyla AODV protokolünde değişiklikler yapılarak acil durumlara yönelik E-AODV protokolü geliştirilmiştir. Kaynak ve hedef arasında rota kurulmasıyla birlikte çalışmaya başlayan algoritma kuyrukta dolaşım yaparak TCP paketlerini öncelikli olarak ağa göndermektedir.

Çalışmada geliştirilen protokolün başarımı hazırlanan iki farklı senaryo ile ölçülmüş ve AODV, DSDV, DSR ile kıyaslanmıştır. İlk senaryoda sadece TCP paketler kullanılırken ikinci senaryoda hem TCP hem de UDP paketler kullanılmıştır. Her iki senaryoda da E-AODV'nin, AODV'ye göre daha başarılı sonuçlar vererek uçtan uca gecikmeyi anlamlı ölçüde azalttığı görülmüştür. Bunun yanı sıra AODV protokolüne kıyasla E-AODV paket iletim oranı ve throughput değerlerini önemli ölçüde arttırmıştır. Alınan sonuçlar geliştirilen yeni algoritmanın rota kurulma aşamasından sonra işleme başlamasından dolayı TCP paketlere öncelik verilmesinin bu aşamadan sonra yönlendirme paketleri üzerinde herhangi bir soruna neden olmadığını göstermiştir. DSR bağlantı ve düğüm sayısının arttığı durumlarda tutarsız sonuçlar vermiştir. DSDV ise daha az düğüm sayısında daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak düğüm sayısının artmasıyla DSDV'nin performansının azaldığı hatta benzetimi sonlandıramadığı görülmüştür.

Sonuç olarak, E-AODV'nin acil durum ve kurtarma senaryolarında yüksek başarım sergilediği görülmektedir. E-AODV protokolü ile acil durum ve kurtarma senaryoları için düğümler tahliye noktalarına ulaşırken, protokolün veri iletimini de güvenilir ve hızlı bir şekilde sağlayabileceği görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda geliştirilen E-AODV'nin gerçek ortamlarda test edilmesi amacıyla mobil cihazlar üzerinde uygulanması gerçekleştirilmelidir. Bu aşamada geçmişte meydana gelen afet ve felaket durumları da göz önüne alınarak gerçek alanlar belirlenerek uygulamalar bu alanlar üzerinde sınanabilir. Ayrıca daha fazla insana ulaşmak amacıyla daha büyük alanlar için E-AODV protokolü hibrid protokollerle birlikte kullanılarak kümeleme yöntemleri içerisinde test edilmelidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] Quispe, L. E. and Galan, L. M., "Behavior of ad hoc routing protocols, analyzed for emergency and rescue scenarios, on a real urban area", ***Expert systems with applications,*** 41(5): 2565-2573, (2014)

[2] Torres, R., Mengual, L., Marban, O., Eibe, S., Menasalvas, E. and Maza, B., "A management ad hoc networks model for rescue and emergency scenarios", **Expert Systems with Applications,** 39(10): 9554-9563, (2012)

[3] Mohapatra, S. and Kanungo, P., "Performance analysis of AODV, DSR, OLSR and DSDV routing protocols using NS2 simulator", **Procedia Engineering,** 30: 69-76, (2012)

[4] Tony, L. and Nicklas, H., "Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks–A Simulation Study", ***Master Thesis***, Luleâ University of Technology, Stockholm, (1998)

[5] Cordeiro, C. M. and Agrawal, D. P., "Ad hoc and sensor networks: theory and applications", 2nd Edition, ***World Scientific***, Singapore, (2011)

[6] Zemlianov, A. and De Veciana, G., "Capacity of ad hoc wireless networks with infrastructure support", ***IEEE Journal on selected areas in Communications,*** 23(3): 657-667, (2005)

[7] Agrawal, D. P. and Zeng, Q. A., "Introduction to wireless and mobile systems", ***Cengage learning***, Stamford, Connecticut, USA, (2015)

[8] Murthy, C. S. R. And Manoj, B. S., "Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols", ***Prentice Hall PRT***, New Jersey, USA, (2004)

[9] Perkins, C.E. and Royer, E.M., "Ad-Hoc on-demand distance vector routing", ***Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA '99), IEEE,*** New Orleans, USA, 90-100, (1999, Şubat)

[10] Perkins, C. E. and Bhagwat, P., "Highly dynamic destination-sequenced distance vector routing (DSDV)

for mobile computers", ***Computer Communication Review,*** 24(2): 234-245, (1994)

[11] Johnson, D. B. and Maltz, D. A., "Dynamic source routing in ad hoc wireless networks", ***Mobile computing,*** 153-181, (1996)

[12] İnternet: Corson, S. and Macker, J., Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations. IETF Network Working Group. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftools.ietf.org%2Fhtml%2Frfc2501&date=2017-08-17. Son Erişim Tarihi: 17 Ağustos 2017.

[13] GG. Gavrilovska, L. and Prasad, R., "Ad hoc networking towards seamless communications", ***Springer,*** Netherlands, (2006)

[14] İnternet: Perkins, C. E., Belding-Royer, E. M. and Das, S. R., Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. IETF Mobile Ad Hoc Networking Working Group. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftools.ietf.org%2Fhtml%2Fdraft-ietf-manet-aodv-13&date=2017-08-17. Son Erişim Tarihi: 17 Ağustos 2017.

[15] Doğru İ. A., Şimşek M., ve Akcayol M. A., "Hareketli AdHoc ağlarda bir hareketlilik yönetimi protokolü", ***Politeknik Dergisi,*** 4: 313-318, (2008)

[16] Ade, S. A. and Tijare, P. A., "Performance comparison of AODV, DSDV, OLSR and DSR routing protocols in mobile ad hoc networks", ***International journal of information technology and knowledge management,*** 2(2): 545-548, (2010)

[17] Johnson D. B., Maltz D. A. and Broch J., "DSR: The Dynamic Source Routing Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks", In: Perkins, C. E. (ed), Ad hoc networking, ***Pearson,*** US, 141-146, (2001)

[18] Fujiwara, T. and Watanabe, T., "An ad hoc networking scheme in hybrid networks for emergency communications", ***Ad Hoc Networks***, 3(5): 607-620, (2005)

[19] Quispe, L. E., Tandazo, R. T. and Galan, L. M., "Analysis of ad hoc routing protocols for emergency and rescue scenarios", ***8th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST 2012),*** Porto, Portugal, 781-786, (2012, Nisan)

[20] İntrernet: The Network Simulator. NS-2. URL: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.isi.edu%2Fnsnam%2Fns%2F&date=2017-08-17. Son Erişim Tarihi: 17 Ağustos 2017.

[21] Kumar, S., Rathy, R. K. and Pandey, D., "Design of an ad-hoc network model for disaster recovery scenario using various routing protocols", ***In Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communication and Control, ACM,*** Mumbai, India, 100-105, (2009, Ocak)

[22] Ramesh, M. V., Jacob, A. and Devidas, A. R., "Enhanced Emergency Communication using Mobile Sensing and MANET", ***Proceedings of the 2012 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI'12),*** Chennai, India, 318-324, (2012, Ağustos)

[23] Raffelsberger, C. and Hellwagner, H., "Evaluation of MANET Routing Protocols in a Realistic Emergency Response Scenario", ***Proceedings of the 10th International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES),*** Klagenfurt, Austria, 88-92, (2012, Temmuz)

[24] Torres R., Sandoval F.A., Enciso L. and Cueva S., "Improving Lifetime and Availability for Ad Hoc Networks to Emergency and Rescue Scenarios", In: Rocha A., Correia A., Costanzo S., Reis L. (eds), New Contributions in Information Systems and Technologies, Advances in Intelligent Systems and Computing, ***Springer,*** Cham, Switzerland, 353: 979-989, (2015)

[25] Wister, M. A., Pancardo, P., Acosta, F. D. and Arias-Torres, D., "Performance evaluation of AODV and DYMO as a plattform for rescue task applications in MANETs", ***Workshops of International and Applications (WAINA), IEEE,*** Biopolis, Singapore, 670-675, (2011, Mart)

[26] Abed, A. K., Oz, G. And Aybay, I., "Influence of mobility models on the performance of data dissemination and routing in wireless mobile ad hoc networks", ***Computers & Electrical Engineering,*** 40(2): 319-329, (2014)

[27] Vitri, T. and Sabiq, A., "Android-based application using mobile adhoc network for search and rescue operation during disaster", ***Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS), 2017 International Conference, IEEE,*** Palembang, Indonesia, 16-21, (2017)

[28] Wang, H. S. and Liang, C. K., "An ad hoc on-demand routing protocol with alternate routes", ***Proceedings of the 2003 international conference on Parallel and distributed processing and applications,*** Aizu-Wakamatsu, Japan, 100-111, (2003, Temmuz)