



**MOBİL TASARSIZ AĞLARDA ACİL DURUM VE KURTARMA
SENARYOLARINA DAYALI ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ**

Fırat ÇETİNKAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2018

Fırat ÇETİNKAYA tarafından hazırlanan “MOBİL TASARSIZ AĞLARDA ACİL DURUM VE KURTARMA SENARYOLARINA DAYALI ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim Alper DOĞRU

Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

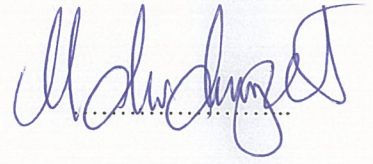
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Başkan: Prof. Dr. M. Ali AKCAYOL

Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

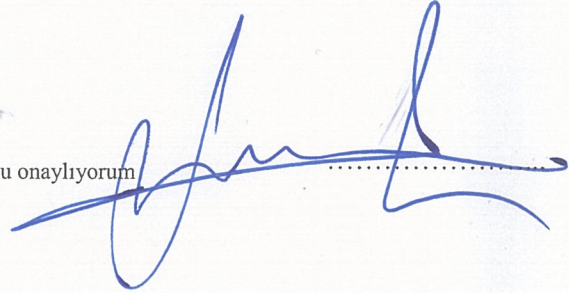
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye: Yrd. Doç. Dr. Sinan TOKLU

Bilgisayar Mühendisliği, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 17/01/2018

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Aslıhan TÜFEKÇİ

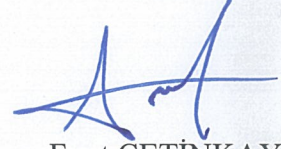
Bilişim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Fırat ÇETİNKAYA

17/01/2018

MOBİL TASARSIZ AĞLARDA ACİL DURUM VE KURTARMA SENARYOLARINA DAYALI ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Fırat ÇETİNKAYA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Ocak 2018

ÖZET

Kablosuz ağların kullanımı günümüz şartlarında çok büyük oranda artmıştır. Mobil cihazlar sayesinde insanlar yerleşik cihazlara bağlı kalmadan bilgiye ulaşabilmekte ve iletişim sağlayabilmektedirler. Kablosuz ağlar altyapılı ve altyapısız olmak üzere iki sınıfta toplanmıştır. Altyapılı kablosuz ağlarda mobil cihazlar birbirleriyle sabit baz istasyonları veya erişim noktaları üzerinden iletişim kurabilmektedirler. Tasarsız kablosuz ağlarda ise önceden tanımlı bir altyapı olmaksızın baz istasyonları ve erişim noktalarına ihtiyaç duymadan tüm mobil cihazlar birbirleriyle iletişim kurabilmektedirler. Tasarsız kablosuz ağlar ilk olarak iletişim altyapısının olmadığı ya da zarar gördüğü askeri alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Sonrasında acil durum ve kurtarma senaryolarında kullanılmış ve daha başka birçok alanda kullanılarak yaygınlaşmıştır. Dinamik ağ yapısı ve değişken bağlantılardan dolayı acil durumlarda veri iletimi sürecinde uçtan uca gecikme, bant genişliğinde tıkanıklık, paket iletiminin azalması gibi aksaklıklar meydana gelmektedir. Bu tür sorunların yaşanabildiği tasarsız kablosuz ağlarda acil durum ve felaket durumlarında ağ altyapısının en kısa sürede kurulması ve verilerin kısa süre içerisinde karşı tarafa güvenli bir şekilde iletilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) protokolünün kuyruk yapısında değişiklik yapılarak Transmission Control Protocol (TCP) paketlerine öncelik veren Emergency Ad hoc On-Demand Distance Vector (E-AODV) protokolü geliştirilmiştir. E-AODV ile verilerin güvenilir bir şekilde daha düşük uçtan uca gecikme süresinde iletilirken, paket dağıtım oranının ve throughput değerlerinin artırılması amaçlanmıştır. Bu ölçütleri detaylı değerlendirmek için iki farklı senaryo oluşturulmuştur ve senaryolar benzetim ortamında test edilmiştir. E-AODV protokolünün performansı, AODV protokolünün yanı sıra Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) ve Dynamic Source Routing (DSR) yönlendirme protokolleriyle de kıyaslanmıştır. Alınan sonuçlar değerlendirildiğinde her iki senaryoda da E-AODV'nin diğer protokollere göre uçtan uca gecikmeyi azalttığı bunun yanı sıra paket dağıtım oranını ve throughput değerlerini arttırdığı görülmüştür.

Bilim Kodu : 92407

Anahtar Kelimeler : Mobil tasarsız ağlarda acil durum, MTA, AODV, E-AODV

Sayfa Adedi : 130

Danışman : Yrd. Doç. Dr. İbrahim Alper DOĞRU

ALGORITHM DEVELOPMENT BASED ON EMERGENCY AND RESCUE
SCENARIOS ON MOBILE ADHOC NETWORKS

(M. Sc. Thesis)

Fırat ÇETİNKAYA

GAZI UNIVERSITY
INFORMATICS INSTITUTE

January 2017

ABSTRACT

The use of wireless networks has increased significantly in today's conditions. By means of mobile devices, people are able to access and communicate information without depending the fixed devices. Wireless networks are gathered in two classes such as infrastructure and without infrastructure. In infrastructure wireless networks, mobil devices are able to communicate with each other over fixed base station or access points. There has not a infrastructure which is defined before in ad-hoc wireless networks, and all mobile devices are able to communicate with each other how no need to access points. Firstly, ad-hoc wireless networks have begun to be used in military areas where the communication infrastructure was missing or damaged. Subsequently, they have been used in emergency and rescue scenarios, and become widespread using many other areas. Due to dynamic and variable connections in emergency and rescue scenarios during transmitting data packet have been took place problems such as end to end delay, bandwidth congestion, and decrease in packet transmission ratio. In mobile ad-hoc networks where such problems can occur, in case of emergency and rescue, it is crucial essential that the network infrastructure is set up as soon as possible time and that the data are transmited securely to desired destination. In this study, the queue structure of the Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) protocol has been modified and Emergency Ad hoc On-Demand Distance Vector (E-AODV) protocol that prioritizes Transmission Control Protocol (TCP) packets has been developed. With E-AODV, it is aimed to transmit the data within less end to end delay time, and increase packet transmission ratio and throughput. Two different scenarios were created in order to evaluate these metrics in detail and the scenarios have been tested in a simulation environment. The performance of E-AODV protocol has been compared with AODV protocol as well as Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) and Dynamic Source Routing (DSR) routing protocols. In both scenarios, it was seen that the proposed E-AODV increased packet delivery ratio and throughput, and decreased end to end delay according to other protocols when the results of simulation were evaluated.

Science Code : 92407
Key Words : Emergency in mobil ad-hoc networks, MANET, AODV, E-AODV
Page Number : 130
Supervisor : Assist. Prof. Dr. İbrahim Alper DOĞRU

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım değerli Yrd. Doç. Dr. İbrahim Alper DOĞRU ve Uzm. Dr. Murat DÖRTERLER'e; tecrübelerinden yararlandığım arkadaşım Ramazan KOCAOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca bana desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli ailem annem, babam ve abime; bu zorlu süreçte her zaman yanımda olan sevgili eşim Sevinç ÇETİNKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. ACİL DURUM VE KURTARMA SENARYOLARINDA MOBİL TASARSIZ AĞLARIN KULLANIMI.....	3
2.1. Mobil Tasarsız Ağların Özellikleri	4
2.2. Mobil Tasarsız Ağların Zorlukları	6
2.3. Mobil Tasarsız Ağlarda İdeal Yönlendirme Protokolünün Karakteristikleri.....	7
2.4. Mobil Tasarsız Ağlarda Yönlendirme Protokolleri.....	8
2.4.1. Yönlendirme bilgisi güncelleme sürecine dayalı protokoller	9
2.4.2. Yönlendirme için geçici bilgilerin kullanılmasına dayalı protokoller.....	10
2.4.3. Topoloji bilgisinin organizasyonuna dayalı yönlendirme.....	10
2.4.4. Belirli kaynakların kullanımına dayalı yönlendirme	11
2.5. Mobil Tasarsız Ağlarda Sık Kullanılan Yönlendirme Protokolleri	11
2.5.1. Ad hoc on-demand distance vector (AODV)	11
2.5.2. Destination-sequenced distance vector (DSDV)	14
2.5.3. Dynamic source routing (DSR)	16
2.6. Mobil Tasarsız Ağlarda Kullanılan Diğer Yönlendirme Protokolleri.....	18

	Sayfa
2.6.1. Cluster based routing protocol (CBRP)	18
2.6.2. Wireless routing protocol (WRP)	18
2.6.3. Cluster gateway switch routing (CGSR)	19
2.6.4. Source tree adaptive routing (STAR)	19
2.6.5. Fisheye state routing (FSR).....	20
2.6.6. Hierarchical state routing (HSR)	20
2.6.7. Global state routing (GSR).....	21
2.6.8. Associativity-based routing (ABR)	21
2.6.9. Signal stability-based adaptive routing (SSA).....	22
2.6.10. Flow-oriented routing protocol (FORP)	22
2.6.11. Preferred link based routing (PLBR)	22
2.6.12. Core-extraction distributed ad hoc routing (CEDAR)	23
2.6.13. Zone routing protocol (ZRP).....	23
2.6.14. Zone-based hierarchical link state (ZHLS).....	24
2.6.15. Route-lifetime assessment based routing (RABR)	24
2.6.16. Load balancing routing (LBR).....	25
2.6.17. Location-Aided routing (LAR)	25
2.6.18. Power-Aware routing (PAR)	25
2.6.19. Temporally-ordered routing algorithm (TORA).....	26
2.6.20. Optimized link state routing (OLSR).....	26
2.7. Acil Durum ve Kurtarma Senaryoları İçin Mobil Tasarsız Ağlarda Kullanılan Protokollerle İlgili Yapılan Çalışmalar	27
3. E-AODV: ÖNERİLEN ACİL DURUM YÖNLENDİRME PROTOKOLÜ.....	37
4. BENZETİM METODOLOJİSİ VE PARAMETRELER	41

	Sayfa
4.1. Benzetim Ortamı	41
4.2. NS-2 Benzetim Aracı	41
4.3. Benzetimde Kullanılan Parametreler	42
4.4. Sınırlılıklar	44
4.5. Senaryoların Oluşturulması.....	44
5. BENZETİM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER	47
5.1. Senaryo-1 için E-AODV performansının değerlendirilmesi	47
5.1.1. Senaryo-1’de E-AODV’nin throughput performansı	49
5.1.2. Senaryo-1’de E-AODV’nin uçtan uca gecikme performansı	51
5.1.3. Senaryo-1’de E-AODV’nin paket dağıtım oranı performansı	54
5.1.4. Senaryo-1’de E-AODV’nin TCP paket dağıtım oranı performansı.....	56
5.2. Senaryo-1’de E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin karşılaştırılması	58
5.2.1. Senaryo-1’de throughput için protokollerin karşılaştırılması	58
5.2.2. Senaryo-1’de uçtan uca gecikme için protokollerin karşılaştırılması	64
5.2.3. Senaryo-1’de paket dağıtım oranı için protokollerin karşılaştırılması	69
5.2.4. Senaryo-1’de TCP paket dağıtım oranına göre protokollerin karşılaştırılması	74
5.3. Senaryo-2 için E-AODV performansının değerlendirilmesi	79
5.3.1. Senaryo-2’de E-AODV’nin throughput performansı	81
5.3.2. Senaryo-2’de E-AODV’nin uçtan uca gecikme performansı	83
5.3.3. Senaryo-2’de E-AODV’nin paket dağıtım oranı performansı	85
5.3.4. Senaryo-2’de E-AODV’nin TCP paket dağıtım oranı performansı.....	88
5.4. Senaryo-2’de E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin karşılaştırılması	90
5.4.1. Senaryo-2’de throughput için protokollerin karşılaştırılması	90
5.4.2. Senaryo-2’de uçtan uca gecikme için protokollerin karşılaştırılması	96

	Sayfa
5.4.3. Senaryo-2’de paket dağıtım oranı için protokollerin karşılaştırılması	102
5.4.4. Senaryo-2’de TCP paket dağıtım oranına göre protokollerin karşılaştırılması.....	108
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	115
KAYNAKLAR	117
EKLER.....	123
ÖZGEÇMİŞ	130



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. 1 numaralı düğümün yönlendirme tablosu	15
Çizelge 4.1. Parametrelerin kısaltılmış gösterimleri.....	44
Çizelge 4.2. Senaryo-1 ve senaryo-2 için kullanılan değerler	46
Çizelge 5.1. Senaryo-1 için E-AODV protokolündeki paket sayıları.....	48
Çizelge 5.2. Senaryo-2 için E-AODV protokolündeki paket sayıları.....	80

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. AODV protokolünde rota keşfi ve bağlantı kurulması.....	13
Şekil 2.2. DSDV protokolünde rota keşfi ve bağlantı kurulması	16
Şekil 2.3. DSR protokolünde rota keşfi ve bağlantı kurulması.....	18
Şekil 3.1. Yapılan değişikliğin temel algoritması.....	38
Şekil 3.2. Akış diyagramı.....	39
Şekil 3.3. Algoritmanın işleyiş örneği	40
Şekil 5.1(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için throughput	49
Şekil 5.1(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için throughput	50
Şekil 5.1(c). Senaryo-1 - 25B ve 50B: E-AODV için throughput.....	51
Şekil 5.2(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için UUG	52
Şekil 5.2(b).Senaryo-1 - 50B: E-AODV için UUG	52
Şekil 5.2(c). Senaryo-1 - 25B ve 50B: E-AODV için UUG.....	53
Şekil 5.3(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için PDO	54
Şekil 5.3(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için PDO.....	55
Şekil 5.3(c). Senaryo-1 - 25B ve 50B: E-AODV için PDO.....	55
Şekil 5.4(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için TCP-PDO	56
Şekil 5.4(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için TCP-PDO	57
Şekil 5.4(c). Senaryo-1 - 25B ve 50B: E-AODV için TCP-PDO	57
Şekil 5.5. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput.....	58
Şekil 5.6. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput.....	59
Şekil 5.7. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput.....	60
Şekil 5.8. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput.....	61

Şekil	Sayfa
Şekil 5.9. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput.....	63
Şekil 5.10. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput.....	63
Şekil 5.11. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG.....	64
Şekil 5.12. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG.....	65
Şekil 5.13. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG.....	66
Şekil 5.14. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG.....	67
Şekil 5.15. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG.....	67
Şekil 5.16. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG.....	68
Şekil 5.17. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	69
Şekil 5.18. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	70
Şekil 5.19. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	71
Şekil 5.20. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	72
Şekil 5.21. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	73
Şekil 5.22. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	74
Şekil 5.23. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	75
Şekil 5.24. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	76
Şekil 5.25. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	76
Şekil 5.26. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	77
Şekil 5.27. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	78
Şekil 5.28. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	79
Şekil 5.29(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için throughput	81
Şekil 5.29(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için throughput	82
Şekil 5.29(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için throughput	83
Şekil 5.30(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için UUG	84

Şekil	Sayfa
Şekil 5.30(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için UUG	84
Şekil 5.30(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için UUG	85
Şekil 5.31(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için PDO	86
Şekil 5.31(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için PDO	87
Şekil 5.31(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için PDO	87
Şekil 5.32(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için TCP-PDO	88
Şekil 5.32(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için TCP-PDO	89
Şekil 5.32(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için TCP-PDO	90
Şekil 5.33. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput	91
Şekil 5.34. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput	92
Şekil 5.35. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput	93
Şekil 5.36. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput	94
Şekil 5.37. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput	95
Şekil 5.38. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput	96
Şekil 5.39. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG	97
Şekil 5.40. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG	98
Şekil 5.41. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG	99
Şekil 5.42. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG	100
Şekil 5.43. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG	101
Şekil 5.44. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG	101
Şekil 5.45. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	102
Şekil 5.46. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	103
Şekil 5.47. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	104
Şekil 5.48. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	105

Şekil	Sayfa
Şekil 5.49. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	106
Şekil 5.50. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO	107
Şekil 5.51. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	108
Şekil 5.52. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	109
Şekil 5.53. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	110
Şekil 5.54. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	111
Şekil 5.55. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	112
Şekil 5.56. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO.....	113

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması	8
Resim 4.1(a). Düğümlerin başlangıç durumu	45
Resim 4.1(b). Düğümlerin tahliye noktalarına hareket durumu	45
Resim 4.1(c). Düğümlerin tahliye noktalarına ulaşma ve benzetimin bitiş durumu	45



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
75D 25B	75 Düğüm 25 Bağlantı
75D 50B	75 Düğüm 50 Bağlantı
75D 100B	75 Düğüm 100 Bağlantı
100D 25B	100 Düğüm 25 Bağlantı
100D 50B	100 Düğüm 50 Bağlantı
100D 100B	100 Düğüm 100 Bağlantı
150D 25B	150 Düğüm 25 Bağlantı
150D 50B	150 Düğüm 50 Bağlantı
150D 100B	150 Düğüm 100 Bağlantı
A_Paket	Alınan Paket
A_TCP	Alınan TCP Paket
A_UDP	Alınan UDP Paket
ABR	Associativity-Based Routing
AEC	Android app for Emergency Communication
AODV	Ad hoc On-Demand Distance Vector
BATMAN	Better Approach to Mobile Ad-hoc Network
BCH	Backup Cluster Head
BCHP	Backup Cluster Head Protocol
CBR	Constant Bit Rate
CBRP	Cluster Based Routing Protocol
CEDAR	Core-Extraction Distributed Ad Hoc Routing
CGSR	Cluster Gateway Switch Routing
CH	Cluster Head
D_TCP	Düşen TCP Paket
D_UDP	Düşen UDP Paket
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DSDV	Destination-Sequenced Distance Vector
DSR	Dynamic Source Routing

Kısaltmalar**Açıklamalar**

DYMO	DYnamic Manet On-demand Routing
E-AODV	Emergency Ad hoc On-Demand Distance Vector
EBCHP	Enhanced Backup Cluster Head Protocol
ECCA	Enhanced Communication Scheme Combing
	Centralized and Ad hoc Network
FIFO	First In First Out
FORP	Flow-Oriented Routing Protocol
FSR	Fisheye State Routing
GMM	Gauss Markov Mobility Model
GSR	Global State Routing
HAMAN	High Availability Management Ad Hoc Networks
HSR	Hierarchical State Routing
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
LAR	Location-Aided Routing
LBR	Load Balancing Routing
MAC	Media Access Control
MANET	Mobile Ad Hoc Networks
MGM	Manhattan Grid Mobility Model
MPR	Multi Point Relays
MTA	Mobil Tasarsız Ağlar
NAM	Network Animator
NS2	Network Simulator version 2
NS3	Network Simulator version 3
OLSR	Optimized Link State Routing
PAR	Power-Aware Routing
PDO	Paket Dağıtım Oranı
PLBR	Preferred Link Based Routing
QoS	Quality of Service
RABR	Route-Lifetime Assessment Based Routing
RPGM	Random Point Group Mobility Model

Kısaltmalar**Açıklamalar**

RWP	Random Way Point
RWPM	Random Waypoint Mobility Model
SSA	Signal Stability-Based Adaptive Routing
STAR	Source Tree Adaptive Routing
T_Paket	Toplam Paket
TCP-PDO	TCP Paket Dağıtım Oranı
T_TCP	Toplam TCP Paket
T_UDP	Toplam UDP Paket
TCP	Transmission Control Protocol
TORA	Temporally-Ordered Routing Algorithm
TTL	Time to Live
UDP	User Datagram Protocol
UUG	Uçtan Uca Gecikme
WRP	Wireless Routing Protocol
ZHLS	Zone-Based Hierarchical Link State
ZRP	Zone Routing Protocol

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgi miktarındaki artışa bağlı olarak bilgiye ulaşma ihtiyacı da artmıştır. Günümüzde insanlar mekan ve zamana bağlı kalmadan bilgiye ulaşmak, birbirleriyle bilgiyi paylaşmak istemektedir. Günümüz şartlarında insanların büyük çoğunluğu mobil cihazlar kullandıkları ve sürekli hareket halinde oldukları için kablolu ağlar bu durumlarda yetersiz kalmaktadır. Kablosuz ağların kullanıldığı mobil cihazlar sayesinde insanlar yerleşik cihazlara bağlı kalmaksızın bilgiye ulaşabilmekte ve iletişim sağlayabilmektedir. Teknolojinin gelişimiyle birlikte kablosuz ağlar da sürekli gelişmektedir ve yaşam alanlarında birçok kolaylık sağlamaktadır.

Kablosuz ağlar altyapılı ve altyapısız (ad-hoc/tasarsız) olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Altyapılı kablosuz ağlarda mobil cihazlar, sabit baz istasyonları veya erişim noktaları üzerinden belirli bir kapsama alanı içerisinde birbirleriyle iletişim kurabilmektedir. Eğer mobil cihaz kapsama alanı dışına çıkarsa başka bir baz istasyonunun kapsama alanına girerek iletişimini o baz istasyonunun üzerinden sürdürebilmektedir. Tasarsız kablosuz ağlarda ise baz istasyonları, erişim noktaları ya da önceden tanımlı belirli bir altyapı yoktur. Tüm mobil cihazlar birbirleriyle iletişim kurabilmekte ve birbirleri üzerinden paket gönderebilmektedir [1, 2].

Tasarsız kablosuz ağlar 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 [3-5]. Ancak iletişimin tasarsız olarak kurulduğu acil durumlarda ağ yapısı dinamik olduğu için kurulan yapılar sürekli değişiklik göstermektedir. Dinamik ve değişken yapılar veri iletiminde uçtan uca gecikme sürelerinin artması, paket dağıtım oranlarının azalması, bağlantı bilgilerinin güncel tutulabilmesi için yüksek enerji tüketimi gibi bir takım sorunlar oluşturmaktadır. Internet Engineering Task Force (IETF) [6] tarafından bu sorunların giderilmesine yönelik tasarsız kablosuz ağlarda yönlendirme protokolleri üzerinde araştırma yapılması için Mobile Ad-Hoc Networks (MANET) adlı grup kurulmuş ve birçok yönlendirme protokolü geliştirilmiştir.

Acil durum ve felaket durumlarında ağ altyapısının hemen kurulması ve bilginin etkin iletimi

çok önem taşımaktadır. Bu durumlarda verilerin güvenli bir şekilde iletilmesi önemlidir. Bunun yanı sıra uçtan uca gecikme ve veri paketlerinin iletim oranları da acil durumlarda iletişimin hızlı ve etkin sağlanmasında rol oynamaktadır. Bu nedenle uçtan uca gecikme zamanının azaltılması ve paket iletimi veriminin artırılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada AODV [7] protokolü üzerine yeni bir algoritma eklenerek geliştirilen Emergency AODV'de (E-AODV), Transmission Control Protocol (TCP) paketlerine kuyrukta öncelik verilerek paket iletiminin verimini arttırmak ve uçtan uca gecikme süresinin azaltılması amaçlanmıştır. E-AODV'nin performansı AODV'nin yanı sıra DSDV [8] ve DSR [9] protokollerinin performanslarıyla da karşılaştırılmıştır.

Tez, altı bölümden oluşmaktadır. Tezin ikinci bölümünde, mobil tasarsız ağlar (MTA) hakkında bilgiler bulunmaktadır. MTA'nın kullanım alanları, özellikleri ve zorluklarına değinilmiştir. MTA'da kullanılan yönlendirme protokolleri anlatılmıştır. Ayrıca acil durum ve kurtarma senaryolarıyla ilgili son zamanlarda yapılan akademik çalışmalardan bahsedilmiştir. Tezin üçüncü bölümünde, çalışmanın amacı doğrultusunda geliştirilen E-AODV protokolü detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, benzetim metodolojisi ve kullanılan parametreler bulunmaktadır. Bu bölümde, yapılan çalışmanın test edilmesi amacıyla oluşturulan senaryoların detayları anlatılmıştır ve benzetim ortamının oluşturulması için kullanılan benzetim aracı ile parametrelerden bahsedilmiştir. Tezin beşinci bölümünde, geliştirilen yeni algoritmayla birlikte E-AODV protokolünün performansı detaylı olarak incelenmiş AODV, DSDV ve DSR protokolleriyle karşılaştırılmıştır. Altıncı bölümde, yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve sonraki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. ACİL DURUM VE KURTARMA SENARYOLARINDA MOBİL TASARSIZ AĞLARIN KULLANIMI

MTA, 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 [10, 11]. MTA'nın ana vizyonu, her bir mobil düğümde yönlendirme işlevleri sağlayarak kablosuz ağların güçlü ve etkili çalışmasını desteklemektir [12]. Tüm düğümler hem yönlendirici görevi görmekte hem de diğer düğümlerle serbest olarak iletişim kurmaktadır [13]. Yani herbir düğüm verinin hem kaynağı, hem hedefi, hem de köprüsü olabilmektedir.

MTA arama kurtarma, kalabalık kontrolü ve askeri özel birliklerinin operasyonları gibi acil durumlarda oldukça kullanışlıdır. Asgari ek yük ile sistemin kendini konfigüre etmesi, bağımsız sabit ya da merkezi altyapı, arazinin doğası ile ilgili uygulamalar, hareketliliğin bağımsızlığı ve esnekliği, geleneksel iletişim altyapı yokluğu bu tür görevler için mobil tasarsız kablosuz ağların tercih edilmesinin başlıca nedenleridir. Geleneksel altyapı-tabanlı iletişim ortamlarındaki olanaklar deprem, sel gibi doğal afetler ve savaştan dolayı tahrip olabilmektedir. Bu durumlarda acilen mobil tasarsız kablosuz ağların kullanımı kurtarma faaliyetlerini koordine etmek için iyi bir çözüm sunmaktadır. MTA'nın işleyişi için asgari başlangıç konfigürasyonu gerekli olduğundan, ağın tamamen kurulması çok az gecikmenin olması ya da hiç olmaması ile alakalıdır. Acil durumların ne zaman vuku bulacağı bilinmemektedir ve planlı değildir. Bu olaylar çoğu durumda kaçınılmazdır ve çok sayıda insanı etkileyebilmektedir. Bu gibi durumlarda kullanılan mobil tasarsız ağlar dağıtık ve birçok düğüm için ölçeklenebilir olmalıdır. Hatta hata-toleranslı iletişim yolları sağlamalıdır [1]. Uyduya-dayalı bilgi gönderimi ile düzgün bir şekilde birleştirildiği zaman, mobil tasarsız ağ teknolojisi yangın, güvenlik, kurtarma operasyonları veya diğer senaryolar için gereklidir. Ayrıca hızlı ve kalıcı iletişim kurmak için oldukça esnek bir yöntem sağlayabilmektedir. MTA teknolojisinin bazı uygulamaları ortak mobil veri değişimini kapsayan endüstriyel ve ticari uygulamalar içerebilmektedir [6].

Bu bilgilere dayanarak MTA'nın genel olarak kullanım alanları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [2, 14-16]:

- Askeri alanlarda: Askeri ekipmanlar artık rutin bir şekilde bilgisayar donanımı içermektedir. Tasarsız ağlar, askerler, araçlar ve ana merkez arasında bir bilgi ağını sürdürmek için askeriye'nin basit ağ teknolojilerinden yararlanmasına olanak sağlamaktadır. Tasarsız ağın temel teknikleri bu alandan gelmektedir. Harekat ve operasyonlarda hızlı bir şekilde iletişim altyapısı oluşturulabilmektedir.
- Acil durum ve kurtarma operasyonlarında: Sel, deprem, yangın gibi doğal afetler nedeniyle mevcut iletişim altyapısının çalışmadığı, hasar gördüğü ya da kapsama alanları dışında bulunan bölgelerde yardım çalışmaları için mobil tasarsız ağlar hızlı bir şekilde kurulabilmektedir. Bilgi, küçük bir portatif cihaz üzerinden bir kurtarma ekibi üyesinden diğerine aktarılmaktadır.
- Yerel seviyede: Tasarsız ağlar ile özerk olarak konferansta ya da sınıfta katılımcılar arasında bilgiyi yaymak ve paylaşmak için dizüstü bilgisayarların kullanıldığı kalıcı ya da geçici multimedya ağı bağlanabilmektedir. Diğer yerel düzeyde uygulama, bilgi alışverişi için cihazların direkt iletişim kurabildiği ev ağları olabilmektedir. Benzer olarak taksi, stadyum, tekne ve küçük uçaklar gibi diğer ortamlarda mobil tasarsız iletişim birçok uygulamaya sahip olacaktır. Ayrıca hareketli platformlara takılı, akıllı algılayıcıları haberleştirmek içinde kullanılabilmektedir.
- Kişisel alan ağı ve Bluetooth ortamlarında: Kişisel alan ağı düğümleri genellikle belirli bir kişi ile ilişkilendirilmiş kısa menzilli yerel ağlardır. Bluetooth gibi kısa-mesafeli MTA, dizüstü bilgisayar ve cep telefonları gibi çeşitli mobil cihazlar arasında karşılıklı iletişimi kolaylaştırabilmektedir.
- Ortak çalışma alanları: Bazı iş ortamlarında, birlikte bir bilgi üzerinde çalışmak, toplantılarda bir proje üzerinde işbirliği ve bilgi alışverişinde bulunmak için MTA kullanılmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. Ayrıca yasal sebeplerle sabit bir altyapının kurulmasının mümkün olmadığı yerlerde ve ticari amaçlı olarak sergilerde, konferanslarda veya satış sunumlarında iletişimi sağlamak için kullanılabilmektedir.

2.1. Mobil Tasarsız Ağların Özellikleri

MTA'nın tasarımı sabit altyapılı ağların tasarımıyla farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklardan dolayı MTA'nın kendine özgü özellikleri bulunmaktadır. MTA'nın özellikleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir [2, 3, 17]:

i) Özerk uçbirim: MTA'da her bir hareketli düğüm hem host hem de yönlendirici olarak işlev görebilen özerk bir düğümdür. Diğer bir deyişle, mobil düğümler temel süreçte bir host olabilmelerinin yanı sıra, aktarım işleviyle yönlendirici olarak görev yapabilmektedirler. Bu nedenle genellikle MTA'da uçbirimler ve dağıtıcılar ayırt edilemezler.

ii) Dağıtık işleme: Ağda merkezi kontrol yoktur, ağın kontrol ve yönetimi uç birimler boyunca dağıtılmıştır. MTA'ya katılan düğümler kendi aralarında işbirliği içinde olmalıdırlar ve her bir düğüm süreci tamamlamak için ihtiyaç duyulduğunda bağlayıcı/röle gibi davranır.

iii) Çok sekmeli yönlendirme: Bağlantı katmanı özellikleri ve yönlendirme protokolündeki temel farklardan dolayı, tasarsız yönlendirme algoritmaları tek sekme ya da çoklu sekme sayısına sahip olabilmektedir. Tek sekmeli MTA, çok sekmeliye göre daha az uygulama ve işlevsellik maliyeti ile yapı ve uygulama açısından daha sadedir. Veri paketleri kaynaktan hedefe doğru dağıtıldığında (direkt kablosuz transmisyon aralığı hariç), paketler bir ya da daha çok ara düğüm aracılığı ile iletilebilmektedir.

iv) Dinamik ağ topolojisi: Düğümlerin hareketliliğinden dolayı, ağ topolojisi hızlı ve ön görülemeyen bir şekilde değişebilmektedir, uç birimler arasındaki bağlantı zamanla değişiklik gösterebilmektedir. MTA trafik ve yayılma şartlarının yanı sıra mobil ağ düğümlerinin hareketlilik modelini de düzenlemelidir. Ağdaki mobil düğümler kendi aralarında dolaşarak anında kendi ağını kurmakta ve dinamik olarak rota oluşturmaktadırlar. Ayrıca, MTA'da bir kullanıcı, tasarsız ağ içerisinde faaliyet göstermesede kamusal sabit bir ağa (örneğin internet) erişimi gerekebilmektedir.

v) Değişen bağlantı kapasitesi: Kablosuz bağlantıda çok fazla hareketli düğümler bulunabilmektedir. Hareketli düğümlerde meydana gelen bağlantı kopmalarından, düğümlerin ağ kapsamından çıkmasından ve ağa yeni düğümlerin eklenmesinden dolayı rotaların tekrar oluşturulması gerekebilmektedir. Bu nedenle MTA daha yoğun olabilmektedir. Bir uçtan uca yol birden fazla oturum ile paylaşılabilmektedir. Düğümler üzerinden iletişimin kurulduğu kanal, gürültüye, sinyalin zayıflamasına ve parazite maruz kalabilmektedir. Ayrıca kablosuz ağ, kablolu ağdan daha az bant genişliğine sahiptir. Herhangi kullanıcı çiftleri arasında birden çok kablosuz bağlantı geçişi gerçekleştirilebilmektedir ve aralarındaki bağlantı heterojen olabilmektedir.

vi) Önemsiz uç birimler: Birçok durumda, MTA'daki düğümler daha az işlemci kapasitesine, düşük bellek boyutuna ve düşük güç depolamasına sahip olan mobil cihazlardır. Bu tür cihazlar hesaplama ve iletişim işlevlerini uygulamak için optimize edilmiş algoritmalar ve mekanizmalara ihtiyaç duymaktadır.

2.2. Mobil Tasarsız Ağların Zorlukları

MTA'nın ilgi çekici uygulamaları olmasına rağmen, tasarsız ağların kullanımı çeşitli sorunlar getirmektedir [17, 18]. Acil müdahale için ekipler genellikle küçük taşınabilir cihazlar ile donatılmıştır. Bu cihazlar sınırlı pil gücüne ve özellikle sınırlı iletişim aralığına sahiptir [18]. Aşağıda MTA'da karşılaşılan belli başlı sorunlar belirtilmiştir [3, 17];

i) Yönlendirme: Ağ topolojisinin sık sık değişmesinden dolayı, herhangi düğüm çiftleri arasındaki paketlerin yönlendirilmesi konusunda sorun meydana gelmektedir. Birden fazla noktaya yönlendirme (multicast routing) diğer bir zorluktur. Çünkü çoklu gönderim ağacı, ağ içerisindeki düğümlerin rastgele hareketi nedeniyle durağan değildir. Düğümler arasındaki rota imkan dahilinde tek sekmeli iletişimden daha karmaşık olan çok sekmeli iletişim düğümlerini içerebilmektedir.

ii) Güvenlik ve güvenilirlik: Kablosuz bağlantıların genel sorunlarına ek olarak, bir tasarsız ağ kendi özel güvenlik sorunlarına sahiptir. Dağıtık işlem özelliği doğası gereği farklı kimlik doğrulama ve anahtar yönetim şemalarına ihtiyaç duyar. Ayrıca, sınırlı kablosuz iletim aralığı, kablosuz ortamın yayın niteliği (örneğin gizlenmiş uç birim problemi), hareketlilik kaynaklı paket kayıpları ve veri iletim hatalarından dolayı kablosuz bağlantı karakteristikleri güvenilirlik problemleri de getirmektedir.

iii) Servis kalitesi: Sürekli değişen ortamda servis kalitesinin farklılık içermesi bir sorun olmaktadır. MTA'nın temel iletişim yapısındaki, hedefe ulaşmak için en uygun imkânları seçme özelliği, bir cihaza sunulan servisler için sabit garanti sunulmasını zorlaştırmaktadır. Multimedya servislerini desteklemek için geleneksel kaynak tahsisleri üzerinde uyarlanabilir bir servis kalitesi uygulanması gerekmektedir.

iv) Ağlar arası iletişim: Tasarsız ağdaki iletişimin yanı sıra, sabit ağlar ve MTA (özellikle IP tabanlı) arasında ağlar arası iletişim birçok durumda sıklıkla beklenmektedir. Böyle bir mobil cihazda yönlendirme protokollerinin birlikte bulunması uyumlu hareketlilik yönetimi için bir sorun teşkil etmektedir.

v) Güç tüketimi: Hafif mobil uç birimlerin birçoğunda, iletişimle alakalı fonksiyonlar düşük güç tüketimi için optimize edilmelidir.

Yukarıdaki maddelere ek olarak uygun olmayan ortamlar da tasarsız ağlardaki diğer bir zorluktur. Uygun olmayan ortamlara en önemli örnek betondan yapılmış çok sayıda kalın duvarların olduğu bina çeşitleridir [18].

2.3. Mobil Tasarsız Ağlarda İdeal Yönlendirme Protokolünün Karakteristikleri

MTA rastgele serbest hareket eden düğümlerden meydana gelmektedir. Düğümler, uçaklar, gemiler, kamyonlar, arabalar, belki insanlar veya çok küçük cihazların üzerinde bulunabilmekte ve yönlendirici başına birden çok host olabilmektedir. MTA, oluşturulan ağ altında mobil düğümlerin kendi kendilerine çalıştığı bir sistemdir. Sistem yalıtılmış olarak işleyebilmekte veya sabit bir ağ arayüzü ile ağ geçitlerine sahip olabilmektedir. MTA'nın düğümleri, her yöne yayın, noktadan noktaya çok yönlü yayın veya bunların her ikisini birlikte yaparak veriyi iletebilmek için kablosuz alıcı ve vericilerle donatılmış antenlere sahiplerdir. Tasarsız ağ topolojisi zamanla düğümler hareket ettiğinde ya da iletim ve alım parametreleri düzenlendiğinde değişebilmektedir [1].

MTA'nın özellikleri ve zorluklarının yanı sıra oluşturulması gereken ağ topolojisi için hangi protokolün seçilmesi gerektiği de önemli bir durumdur. MTA'da kullanılacak ortama ve şartlara uygun olarak protokol seçimi yapılmalıdır.

Aşağıda MTA'da ideal yönlendirme protokolünün karakteristikleri belirtilmiştir [1]:

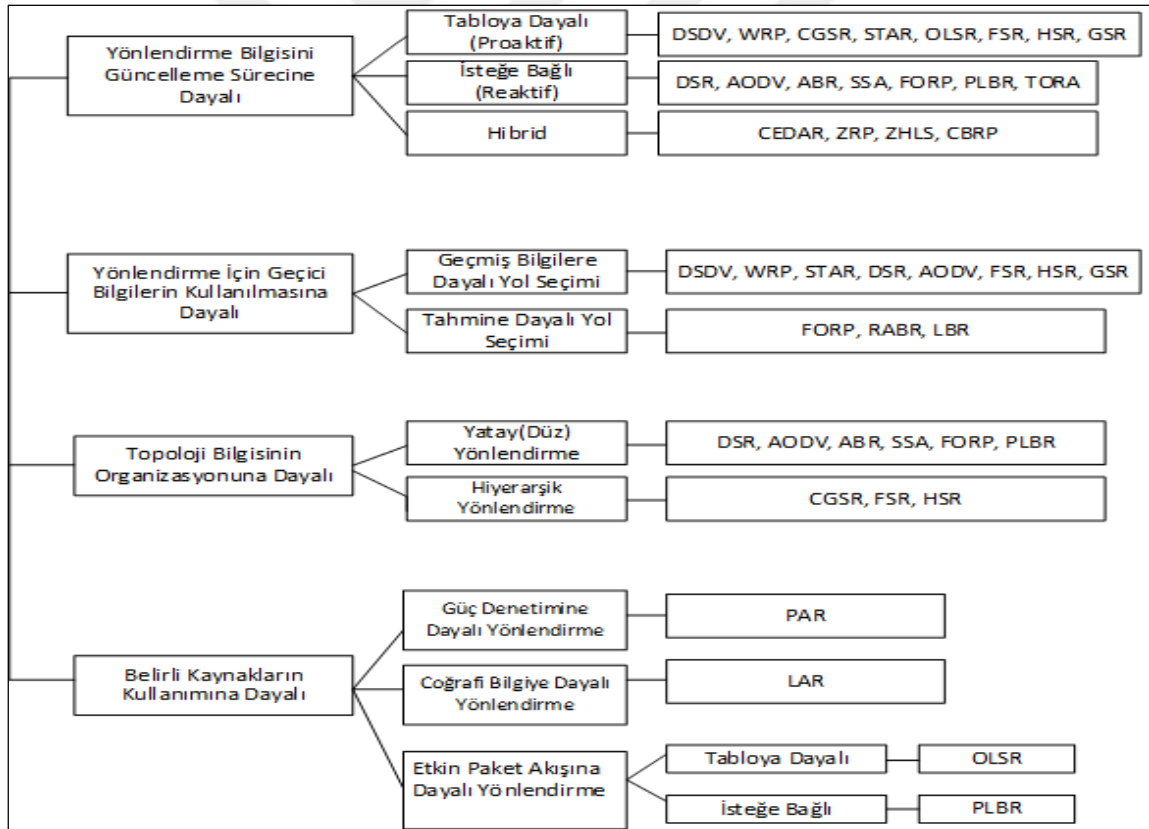
- Tamamen dağıtık yapıda olmalıdır. Çünkü merkezi yönlendirme yüksek kontrol ek yükü içerir, dolayısıyla ölçeklenebilir değildir. Dağıtık yönlendirme, tek hata noktası riski içeren merkezi yönlendirmeden daha fazla hata toleransına sahiptir.
- Düğümlerin hareketliliğinden dolayı sık topoloji değişikliklerine uyarlanabilmelidir.
- Ağdaki her bir düğüm rotalara hızlı bir şekilde erişmelidir, yani, asgari bağlantı kurulum süresi istenmektedir.
- Sınırlandırılmalı, yerleştirilmelidir. Genel bakım, büyük bir yayılım kontrol ek yükü içerir.
- Döngü oluşmamalıdır ve bozulan eski rotalardan arındırılmış olmalıdır
- Paket çakışma sayısı, her bir düğümün yaptığı yayınların sayısı sınırlandırılarak minimumda tutulmalıdır. İletişim mesaj kaybını azaltmak ve rotaların bozulmasını engellemek için güvenilir olmalıdır.
- Ağ topolojisi durağan hale geldiğinde en uygun rota yakınsaması gerekmektedir. Yakınsama hızlı olmalıdır.
- Bant genişliği, işlem gücü, bellek ve batarya gücü gibi kısıtlı kaynaklar en uygun şekilde kullanılmalıdır.
- Ağdaki her düğüm sadece stabil olarak lokal topoloji ile ilgili bilgileri saklamaya

çalışmalıdır. Ağın farklı bölgesindeki değişiklikler düğüm tarafından tutulan topoloji bilgisinin güncellenmesine neden olmamalıdır.

- Uygulamalar tarafından talep edilen Servis kalitesini (Qos) belirli bir seviyede sağlaması gerekmektedir. Ayrıca zaman-duyarlı trafik için de destek sağlamalıdır.

2.4. Mobil Tasarsız Ağlarda Yönlendirme Protokolleri

MTA'nın özellikleri, zorlukları ve karakteristikleri dikkate alınarak kullanılacak uygulama, ortam ve senaryolarda hangi protokolün seçilebileceğine karar verilmesi gerekmektedir. Bu durumlara uygun olarak seçilebilecek tasarsız ağlarda yönlendirme protokolleri 4 sınıfta gruplandırılabilir. Resim 2.1'de tasarsız kablosuz ağlarda yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması görülmektedir.



Resim 2.1. Yönlendirme protokollerinin sınıflandırılması [1]

2.4.1. Yönlendirme bilgisi güncelleme sürecine dayalı protokoller

MTA yönlendirme protokolleri, yönlendirme bilgisi güncelleme sürecine dayalı olarak proaktif, reaktif ve hibrid olmak üzere üç ana kategoride sınıflandırılabilir.

Proaktif (tabloya-dayalı) yönlendirme protokolleri: 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. Ağa yeni bir düğüm katıldığında ya da bir başka düğüm ağ topolojisi içinde uzun süre bulunmadığında reaksiyon göstermektedirler. Proaktif yönlendirmenin amacı önceden hesaplanmış tüm olası yollar için bilgiyi periyodik olarak ağ boyunca dağıtmaktır. Bir değişim meydana geldiğinde, yenilenen yönlendirme tablolarını oluşturmak için güncellemeler yayılmaktadır. 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 etkileyerek aşırı yüklemeye sebep olabilmektedir. Statik bir topolojide bu yönlendirme şeması düzgün çalışabilmektedir, ama geniş ve oldukça yüksek dinamik ağlarda iyi bir ölçeklendirme yönetilememektedir [10, 19].

Reaktif (isteğe Bağlı) yönlendirme protokolleri: Reaktif yönlendirme protokolleri isteğe bağlı olarak yönlendirme tablolarının güncellenmesini sağlamaktadır. Genellikle iki bileşeni vardır. Bunlar, düğüm belirli bir hedef ile iletişim kurmak istediğinde meydana gelen rota keşfetme ve düğümlerin hareketliliğinden kaynaklanan yol hatalarını yönetmek için kullanılan rota onarımıdır. Hedef düğüm için yol bulunduğunda ya da herhangi rota bulmadan tüm alternatifler arandığında rota keşfetme sonlanmaktadır. Bu protokollerin zorluğu, iletişimi başlatmak için geçen süredir, hatta ağ topolojisinde değişiklik tespit ettiklerinde daha yavaş tepki göstermektedirler. Bunları kullanmanın avantajı, acil ve kurtarma senaryolarında, iletişim boyunca enerji tasarrufu sağlamasıdır. Sürekli ağ güncellemesi olmaması, tahliye bölgesi adresi için iletişim bağlantısı bekleyen insanların mobil cihazlarının enerji tasarrufunu artırmaktadır [10, 19].

Hibrid yönlendirme protokolleri: Hibrid yönlendirme protokolü, ağı, kümeler olarak adlandırılan alt düğümlere bölmektedir. Grup içerisinde oluşturulan bilgiyi toplamak ve

dağıtmak için bir küme başı düğümü kullanılmaktadır [10, 11, 19]. Eğer düğüm iletişim kuracağı düğümlerle aynı yönlendirme alanı içerisindeyse proaktif yönlendirme yaklaşımını, farklı yönlendirme alanlarındaysa reaktif yönlendirme yaklaşımı kullanmaktadır [1].

2.4.2. Yönlendirme için geçici bilgilerin kullanılmasına dayalı protokoller

Tasarsız kablosuz ağlar dinamik yapıdadır. Kablolu ağlara göre bağlantı hataları ve bağlantı kopmaları daha sık yaşanabilmektedir. Bu nedenle kablosuz bağlantıların ve seçilen yolların yaşam süresiyle ilgili geçici bilgilerin kullanılması önemlidir [1]. Bu yönlendirme protokolleri de geçici bilgilerin kullanılmasına dayalı olarak sınıflandırılmıştır.

Geçmiş bilgilere dayalı yol seçimi: Bu yönlendirme protokolleri yönlendirme kararları vermek için yönlendirme sırasında bağlantıların geçmiş durumları ya da bağlantıların durumları hakkındaki bilgileri kullanmaktadır.

Tahmine dayalı yol seçimi: Bu kategorideki protokoller yaklaşık yönlendirme kararları vermek için kablosuz bağlantıların gelecekte beklenen durumları (örneğin düğümün yaşam süresi, tahmini lokasyon ve bağlantının kullanılabilirliğinin tahmini) hakkındaki bilgileri kullanmaktadır [1].

2.4.3. Topoloji bilgisinin organizasyonuna dayalı yönlendirme

Çekirdek yönlendiricilerde tutulan durum bilgisini azaltmak için internette kullanılan topoloji yönlendirmesi hiyerarşiktir. Tasarsız kablosuz ağlar, düğümleri nispeten daha az sayıda tutmak için yatay ya da hiyerarşik topoloji kullanabilmektedirler [1].

Yatay (düz) yönlendirme: Yatay düz yönlendirme sınıfındaki protokoller yatay adresleme şemasını kullanmaktadırlar. Tasarsız kablosuz ağdaki düğümler için global benzersiz veya en azından ağın bağlı kısmına özgü adresleme mekanizmasının olduğunu kabul etmektedir [3, 20].

Hiyerarşik yönlendirme: Bu kategorideki protokoller bağlantılı adresleme şeması ve ağdaki mantıksal hiyerarşiyi kullanmaktadırlar. Hiyerarşi coğrafi bilgiye ya da sekme mesafesine dayalı olabilmektedir [3, 20].

2.4.4. Belirli kaynakların kullanımına dayalı yönlendirme

Bazı protokoller özellikle belirli kaynakların kullanımına ihtiyaç duymaktadır. Bu yönlendirme protokolleri de güç denetimine, coğrafi bilgilere ve etkin paket akışına dayalı olmak üzere üçe ayrılmaktadır [1].

Güç denetimine dayalı yönlendirme: Bu kategorideki protokoller, tasarsız kablosuz ağlardaki çok önemli olan batarya gücünün en az seviyede tüketilmesini amaçlamaktadırlar. Yönlendirme kararları ağdaki lokal ve global güç tüketimini en aza indirme amacına dayanmaktadır [21].

Coğrafi bilgilere dayalı yönlendirme: Bu protokoller yönlendirme performansını arttırmaktadır ve mevcut coğrafi bilgiyi etkin bir şekilde kullanarak kontrol ek yükünü azaltmaktadır [22].

Etkin paket akışına dayalı yönlendirme: Mevcut isteğe bağlı yönlendirme protokollerinin çoğu, gerekli kısıtlamalarla uygun bir yolu bulmak için kontrol paketlerinin sürekli akışını sağlamaktadır. Kontrol paketlerinin sürekli olarak ağa gönderilmesi önemli trafik yükü, bantgenişliği tüketimi ve çarpışma sayısını artırmaktadır. Ancak farklı yönlendirme teknikleri ve optimizasyonlarla bu durum kullanışlı hale getirilebilmektedir. Etkili akış mekanizmalarını kullanan mevcut yönlendirme protokolleri tabloya dayalı Optimized link state routing (OLSR) protokolü ve isteğe bağlı Preferred link based routing (PLBR) protokolü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [19].

2.5. Mobil Tasarsız Ağlarda Sık Kullanılan Yönlendirme Protokolleri

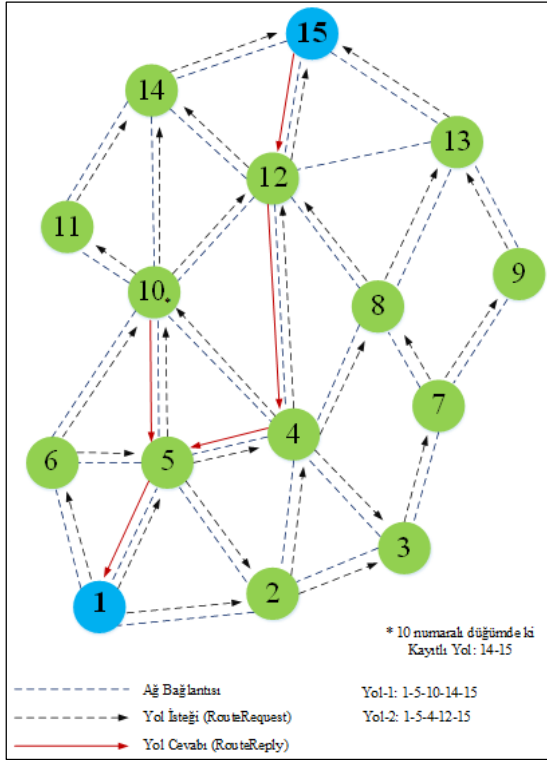
Literatür incelemelerinde AODV, DSDV ve DSR protokollerinin çok sık kullanıldığı görülmüştür. Bu nedenle bu protokoller hakkında diğer protokollerden daha detaylı bilgiler verilmiştir.

2.5.1. Ad hoc on-demand distance vector (AODV)

AODV isteğe bağlı ve mesafe vektörünün kombinasyonudur [23]. AODV yönlendirme protokolü rotaları bulmak için isteğe bağlı yaklaşım kullanmaktadır. Sadece kaynak düğüm

tarafından gerekli olduğu zaman veri paketlerini iletmek için rota kurulmaktadır. En son yolu tanımlamak için hedef sıra numaralarını kullanmaktadır. AODV, kaynak düğüm ve ara düğümlerde sonraki sekme bilgisini tutmaktadır. Ara düğümler de, hedef için kendilerine ters bir rota oluşturmaktadır. İstek, hedef için bir rota ile düğüme ulaştığında, düğüm tekrar hedefe ulaşmak için gerekli sekme sayılarını içeren bir cevap oluşturur. İsteğe bağlı yönlendirme protokolünde, istenen hedef için uygun rota olmadığında kaynak düğüm ağa sürekli “Rota İstek” (RouteRequest) paketi gönderir. Tek bir rota istek paketinden, farklı hedefler için birden çok rota elde edilebilmektedir. AODV ve diğer isteğe bağlı yönlendirme protokolleri arasındaki temel fark, AODV’nin hedef için güncel bir yol belirlemede 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 [1, 7, 11, 12].

Bir rota istek paketi, kaynak tanımlayıcı (SrcID), hedef tanımlayıcı (DestID), kaynak sıra numarası (SrcSeqNum), hedef sıra numarası (DestSeqNum), yayın tanımlayıcı (BcastID) ve yaşam süresi (Time to live - TTL) alanlarını taşımaktadır. Hedef sıra numarası, kaynak tarafından kabul edilen en yeni rotayı göstermektedir. Bir ara düğüm rota isteği aldığı zaman, onu ya komşularına yönlendirmekte ya da hedef için geçerli bir rota varsa bir rota cevap paketi hazırlamaktadır. Ara düğümdeki rotanın geçerliliği rota istek paketindeki hedef sıra numarası ile ara düğümdeki sıra numarası karşılaştırılarak belirlenmektedir. BcastID-SrcID çifti tarafından belirtilen bir rota istek paketi birden çok kez algılandığında ikinci kopyası atılmaktadır. Hedef için geçerli rotalara sahip olan tüm ara düğümlere ya da hedef düğümün kendisine, kaynağa rota cevap paketleri göndermeleri için izin verilmektedir. Her ara düğüm rota isteği iletirken önceki düğümün adresini ve onun BcastID’sini girmekte ve zamanlayıcı kullanılmaktadır. Zamanlayıcı süresi dolana kadar rota cevap paketi alınmadığı takdirde bu girişi silinir. Bu durum, AODV veri paketlerinin kaynak yönlendirmesini kullanmadığı için ara düğümde bir aktif yolun saklanması yardımcı olmaktadır. Bir düğüm rota cevap paketi aldığı anda, paketin alındığı düğüm hakkındaki bilgiyi bir sonraki hedefe iletmek için kaydetmektedir [1, 7, 24, 25].



Şekil 2.1. AODV protokolünde rota keşfi ve bağlantı kurulması

Şekil 2.1’de, 1 numaralı kaynak düğüm, 15 numaralı hedef düğüm için ağa rota istek paketleri göndererek bir yol bulma süreci başlatmaktadır. Rota istek paketinin hedef sıra numarasının 3, kaynak sıra numarasının 1 olduğu varsayılmaktadır. 2, 5 ve 6 numaralı düğümler rota istek paketi aldıklarında, hedef için yönlendirme tablolarını kontrol etmektedirler. Hedefe giden bir rota mevcut değilse, sonraki komşularına iletirler. 3, 4 ve 10 numaralı düğümler 2, 5 ve 6 numaralı düğümlerin komşularıdır. 3 ve 10 numaralı ara düğümlerin sırasıyla 3-7-9-13-15 ve 10-14-15 yolları vasıtasıyla hedef düğüme yani 15 numaralı düğüme gittiği varsayılmaktadır. 10 numaralı ara düğümdeki hedef sıra numarasının 4 ve 3 numaralı ara düğümdeki hedef sıra numarasının 1 olduğu varsayılırsa, sadece 10 numaralı düğüm, kaynağa ön belleğindeki rotayı gönderebilmektedir. Bunun nedeni, 10 numaralı düğümün hedef için daha yeni rotaya sahipken (hedef sıra numarası 4’tür), 3 numaralı düğümün hedef için kaynak düğümdeki mevcut rotayla karşılaştırıldığında (hedef sıra numarası, 3 numaralı düğümde 1’dir ama hedef sıra numarası kaynak düğümde 3’tür) 15 numaralı düğüm için daha eski bir rotaya sahip olmasıdır. Rota istek paketi hedefe 4-12-15 yoluyla ya da herhangi alternatif bir rota ile ulaşırsa, hedef de kaynağa bir “Rota Cevap” (RouteReply) paketi gönderir. Bu durumda birden fazla rota cevap paketi kaynağa ulaşır. Rota cevap paketi alan tüm ara düğümler en son hedef sıra numarası ile yönlendirme

tablolarını güncellemektedirler. Hatta kaynak ve hedef arasında daha kısa bir yol meydana gelirse yönlendirme bilgilerini de güncellemektedirler [1].

AODV kopan bir bağlantıyı bölgesel olarak onarmamaktadır. Bir düğüm ağdan çıktığı zaman uç düğümler (kaynak ve hedef düğümler) bilgilendirilmektedir. Bağlantı kopması periyodik işaretler gözlemlenerek ya da bağlantı seviyesi bilgilendirmeleriyle algılanmaktadır. Kaynak düğüm kopan yol hakkında bilgiye sahip olduğunda, üst katmanlar tarafından gerekirse hedefe giden rota yeniden kurulmaktadır. Eğer yol kopukluğu ara düğümde algılanırsa, düğüm sonsuz atlama sayısına sahip, istenmeden gönderilen rota cevap (ara düğüme gelen rota istek paketleri olmaksızın) paketleri göndererek uç düğümler bilgilendirilmektedir [1, 7, 24, 25].

2.5.2. Destination-sequenced distance vector (DSDV)

DSDV, tasarsız kablosuz ağlar için tasarlanan ilk protokollerden biridir. Dağıtık Bellman-Ford algoritmasının geliştirilmiş sürümüdür. 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. Böylece döngü oluşumu önlenmektedir. Düğümler periyodik olarak yönlendirme tablolarını birincil komşularına iletmektedir. Bir düğüm, gönderilen son güncellemede önemli bir değişiklik meydana gelmişse yönlendirme tablosunda onu da aktarmaktadır. Bu nedenle, güncelleme hem zaman-tetiklemeli hem de olay-tetiklemelidir [1, 10, 26].

Tabloya dayalı yönlendirme protokolü olduğu için, tüm hedefe giden rotalar her zaman her düğümde hazır bulunmaktadır. Tablolar, ağ topolojisinin durumunu güncel tutmak için düzenli aralıklarla komşular arasında değiştirilmektedir. Bölgesel topolojide önemli bir değişiklik gözlemlendiğinde de tablolar iletilmektedir. Tablo güncellemeleri değişimsel ve tüm yığın güncelleme olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Değişimsel güncelleme tek bir ağ veri paket birimi alırken, tüm yığın birden fazla ağ veri paket birimi alabilmektedir. Değişimsel güncellemeler, yerel topolojide düğümün önemli değişiklikler gözlemlemediği zamanlarda kullanılmaktadır. Tüm yığın ya yerel topolojide önemli bir değişiklik olduğu zaman ya da değişimsel güncelleme tek bir ağ veri paket biriminden daha fazlasını gerektirdiği zaman yapılmaktadır. Tablo güncellemeleri her zaman bir öncekinden daha

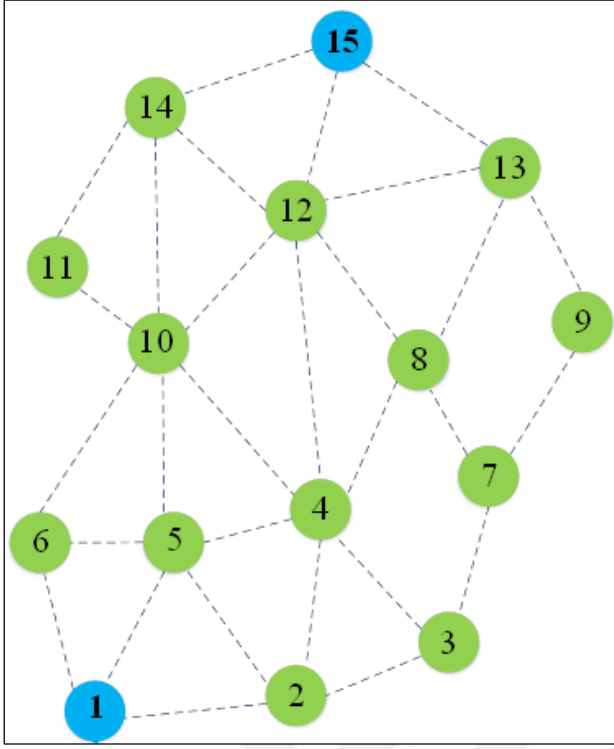
büyük olan yeni bir sıra numarası ile hedef tarafından başlatılmaktadır. Güncellenen tablo alındıktan sonra, düğüm ya alınan bilgiye dayanarak tablolarını güncellemekte ya da farklı komşu düğümlerden benzer güncelleme tablosunun birkaç sürümünden aldığı en iyi metriği (en kısa sekme sayısı gibi) seçmek için tabloyu bir süre bekletmektedir. Tablo güncellemesinin sıra numarası temel alındığında, tabloyu iletmekte ya da reddedebilmektedir [1, 8, 10, 26].

Veri iletilirken bağlantı koptuğu zaman kullanılan yol protokol tarafından yeniden yapılandırılmaktadır. Kopan bağlantının uç düğümü, kopan bağlantı üzerindeki herhangi bir rotaya sonsuz metrik değer göndererek ve bu hedef için saklanan sıra numarasından daha büyük bir sıra numarası atayarak tablo güncelleme mesajları başlatmaktadır. Kopan bağlantı bilgisinin tüm ağa yayılması için sonsuz metrik ile güncelleme alan her düğüm güncellemeyi hızlıca komşularına iletmektedir. Dolayısıyla tek bir bağlantı kopması tablo güncelleme bilgisinin tüm ağa yayılmasına neden olmaktadır. Hedef tarafından üretilen çift sıra numarasıyla kopan bağlantı güncellemesini ayırt edebilmek için sonsuz metrik ile güncelleme geldiğinde düğüm her zaman tek sıra numarası atamaktadır [1, 8].

Şekil 3.5'teki örnekte görüldüğü üzere kaynak düğüm 1 numaralı düğümdür ve hedef düğüm 15 numaralı düğümdür. Tüm düğümlerde global topoloji bilgileri bulunduğu için rota Çizelge 2.1'de gösterildiği gibi zaten mevcuttur. Çizelge 2.1'de gösterildiği üzere, 1 numaralı düğümün yönlendirme tablosunda hedef düğüme (15 numaralı düğüm) en kısa rotanın 5 numaralı düğüm üzerinden olduğu ve sekme sayısının 4 olduğu görülmektedir [1].

Çizelge 2.1. 1 numaralı düğümün yönlendirme tablosu

Hedef Düğüm	Sonraki Düğüm	Sekme Sayısı	Sıra Numarası
2	2	1	22
3	2	2	26
4	5	2	32
5	5	1	134
6	6	1	144
7	2	3	162
8	5	3	170
9	2	4	186
10	6	2	142
11	6	3	176
12	5	3	190
13	5	4	198
14	6	3	214
15	5	4	256



Şekil 2.2. DSDV protokolünde rota keşfi ve bağlantı kurulması

2.5.3. Dynamic source routing (DSR)

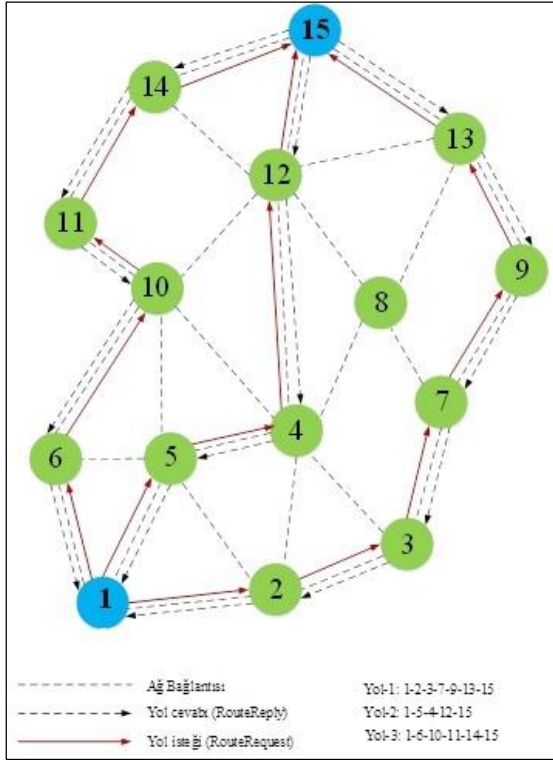
DSR, özellikle mobil düğümlerin çok sekmeli kablosuz tasarsız ağlarda kullanılmak için tasarlanan tabloya dayalı yaklaşımda gerekli olan periyodik tablo güncelleme mesajını ortadan kaldırarak, tasarsız kablosuz ağlarda kontrol paketleri tarafından tüketilen bant genişliğini sınırlandırmak için tasarlanmış basit ve etkili yönlendirme protokolüdür [6, 27]. Tasarsız ağlar içinde, herhangi hedefe dinamik olarak çoklu ağ sekmeleri boyunca bir kaynak rota bulması için düğümlere izin verilmektedir. Her bir veri paketi gönderildikten sonra, paketlerin geçmek zorunda olduğu, paket yönlendirmenin döngüsüz olmasını sağlayan ve paketin iletildiği ortadaki düğümler içinde güncel yönlendirme bilgisi ihtiyacından kaçınan bütün düzenlenmiş düğüm listelerini başlığında taşımaktadır. Her bir veri paketinin başlığına bu kaynak rotanın dahil edilmesiyle, diğer düğümler iletilen ya da tesadüfen duyulan herhangi paketleri ileride kolayca kullanmak için önbellegine alabilmektedir [1, 9, 12, 27].

DSR ve diğer isteğe bağlı yönlendirme protokolleri arasındaki temel fark DSR'nin işaretsiz olmasıdır. Bir düğüm, komşularını varlığından haberdar etmek için kullandığı periyodik

hello paket (beacon - işaret) iletimine ihtiyaç duymamaktadır. Bu protokolün ve diğer tüm isteğe bağlı yönlendirme protokollerinin temel yaklaşımı rota yapılandırma aşamasında ağa sürekli rota istek paketleri ileterek bir rota oluşturmaktır. Rota istek paketini alan hedef düğüm kaynağa rota cevap paketi göndererek yanıt vermektedir. Rota cevap paketi, alınan rota istek paketinin geçtiği rota bilgisini taşımaktadır [1, 9].

Kaynak düğümün hedef için rotası olmadığında ve hedefe gönderilecek veri paketleri olduğunda rota istek paketlerinin gönderilmesine başlanılmaktadır. Bu rota isteği tüm ağ boyunca gönderilmektedir. Her düğüm, paketin yaşam süresini (TTL) aşmamak koşuluyla rota istek paketini alır almaz -eğer daha önceden almadıysa ya da kendisi hedef düğüm değilse- paketi komşularına yayınlamaktadır. Her rota istek paketi, kaynak düğüm tarafından üretilen bir sıra numarasını ve geçtiği yol bilgisini taşımaktadır. Bir düğüm, rota istek paketi aldığı anda, onu iletmeden önce paket üzerindeki sıra numarasını kontrol etmektedir. Paket, yalnızca çift/yinelenen bir rota isteği değilse iletilmektedir. Paket üzerindeki sıra numarası döngü oluşmasını ve birçok yoldan alınan aynı rota istek paketlerinin ara düğüm tarafından birden çok kez iletilmesini önlemek için kullanılmaktadır. Böylece, hedef haricindeki tüm düğümler rota oluşturma aşaması boyunca bir rota istek paketi iletmektedirler. Hedef düğüm ilk rota istek paketini aldıktan sonra, rota istek paketinin geçtiği yolun tersinden kaynak düğüme cevap vermektedir [1].

Şekil 2.3'te, 1 numaralı kaynak düğüm 15 numaralı hedef düğüm için bir yol elde etmek amacıyla rota istek paketi başlatmaktadır. DSR protokolünde rota yapılandırma aşaması çok kolay yapılmaktadır. Tüm ara düğümler eğer gereksiz değilse rota istek paketi göndermektedirler. Örneğin, 1 numaralı düğümden rota istek paketi aldıklarında komşusu olan tüm düğümler yani 2, 5 ve 6 numaralı düğümler rota istek paketini iletmektedirler. 4 numaralı düğüm hem 2 hem 5 numaralı düğümlerden rota istek paketi almaktadır. 4 numaralı düğüm, 2 ve 5 numaralı düğümlerin herhangi birinden aldığı ilk rota istek paketini iletmektedir ve diğer fazla/yinelenen RouteRequest paketlerini atmaktadır. Rota istek paketleri, rota cevabını başlatan hedef düğüme ulaşıncaya kadar yayılmaktadır [1].



Şekil 2.3. DSR protokolünde rota keşfi ve bağlantı kurulması

2.6. Mobil Tasarsız Ağlarda Kullanılan Diğer Yönlendirme Protokolleri

Bu bölümde mobil tasarsız ağlarda kullanılan diğer protokollerin özellikleri genel hatlarıyla anlatılmıştır.

2.6.1. Cluster based routing protocol (CBRP)

CBRP genel koşullarda reaktif protokoldür ama seviye düzeyli yönetimden dolayı hiyerarşik bileşene sahiptir. Çünkü her küme, küme başı tarafından yönetilmektedir. Tasarsız ağ gelişimi için bu yönlendirme türü ile enerji tüketim metriklerinde, bant genişliğinde ve ağ performansında önemli avantaj sağlanmaktadır [3, 28].

2.6.2. Wireless routing protocol (WRP)

WRP, DSDV protokolüne benzer şekilde, dağıtık Bellman-Ford algoritmasının özelliklerini taşımaktadır. Sonsuza sayma problemine [29] karşı koymakta ve yakınsamayı daha hızlı sağlamaktadır. Ağdaki her hedef düğüm için en kısa mesafeye ilişkin bilgileri ve rota

üzerindeki sondan bir önceki sekme ile ilgili bilgiler sağlamak için benzersiz bir yöntem uygulamaktadır. WRP, DSDV gibi ağın güncel tablosunu tuttuğundan, her düğüm ağdaki her hedef düğüm için hazırda bir rotaya sahiptir. Bu tablonun bakım ve güncelleme prosedürleri DSDV'den farklıdır. DSDV sadece bir topoloji tablosu tutarken, WRP daha doğru bilgi tutmak için bir dizi tablo kullanmaktadır. Tablolar bir düğüm tarafından mesafe tablosu, yönlendirme tablosu, bağlantı maliyeti tablosu ve mesaj yeniden iletim listesi olarak dört grupta tutulmaktadır. WRP hızlı yakınsama özelliklerinden dolayı rastgele meydana gelebilecek geçici yönlendirme döngülerini de azaltmaktadır [1, 3, 30].

2.6.3. Cluster gateway switch routing (CGSR)

CGSR, düz bir ağ yerine kümelenmiş mobil kablosuz ağ olduğunu varsaymaktadır. Ağın yapılandırılmasında farklı fakat birbiriyle alakalı gruplar oluşturmak için bir küme başı seçim algoritması kullanılarak küme başları seçilmektedir. Birkaç kümenin oluşturulmasıyla, bu protokol ağda bir dağıtık süreç mekanizması oluşturmaktadır. Küme başı ağ geçidi anahtar yönlendirme tabloları, paketleri verimli bir şekilde dağıtmakta ve küme başına işaret eklemektedir. Ağ geçidi kodu listesi değerlidir. Sezgisel işaret (token) listesi ve ağ geçiti kod listesi paketlerin hızlı bir şekilde çoklu sekme yolları boyunca iletilmesini sağlamaktadır. Yol rezervasyonu, işaret listesi ve kod listesi tablolarını daha verimli kılmaktadır. Böylece multimedya trafikleri daha etkin iletilebilmektedir. Ağ geçidi düğümleri iki ya da daha fazla küme başı ile iletişim kurabilen düğümlerdir. Bir düğüme gönderilen paket ilk olarak küme başına gönderilir ve sonra paket küme başından ağ geçidi ile bir başka küme başına gönderilmektedir. Bu durum hedef düğümün küme başına ulaşılana kadar devam etmektedir. Paket daha sonra kendi küme başı tarafından hedef düğüme iletilmektedir [31, 32].

2.6.4. Source tree adaptive routing (STAR)

STAR protokolü, bir tasarsız ağ ya da internette düğümler (statik ya da mobil) tarafından kullanılmak üzere tasarlanmıştır. STAR protokolündeki bir yönlendirici, kaynak yönlendirme ağacının parametrelerini kullanarak komşularıyla iletişim kurmaktadır. Yönlendirici tarafından kullanılan bağlantı setleri, yönlendiricinin kaynak ağacı olarak adlandırılmaktadır. Kaynak yönlendirme ağacı tasarsız ağda ya da internette bilinen her türlü hedefe (ve adres aralığına) ulaşmak için yönlendiricinin ihtiyaç duyduğu her bir bağlantıdan

oluşmaktadır. Yönlendirici yeni hedefler, döngü olasılığı, düğüm hatası ya da ağ bölümlenmesi olasılığı algıladığı zaman bant genişliği ve enerji tasarrufu sağlamak için sadece kaynak yönlendirme ağacındaki değişikliklerle iletişim kurmaktadır [3, 33, 34].

2.6.5. Fisheye state routing (FSR)

FSR, geniş açılı durum yönlendirme protokolü, tabloya dayalı ya da proaktif yönlendirme protokolüdür. FSR, bağlantı durum protokolüne dayanır ve ihtiyaç duyulduğunda hemen rota bilgisini sağlama yeteneğine sahiptir. FSR yerel olarak hesaplanan yönlendirme tablosuna göre herbir veri paketini yönlendirmektedir. Yönlendirme tablosu en son topoloji bilgisini kullanmaktadır. Geniş açılı kapsam tekniği, bağlantı durumu mesaj boyutunu azaltarak, farklı geniş açılı kapsam mesafesindeki düğümler için farklı aralıklarda bağlantı durumu mesajlarının değiştirilmesini sağlamaktadır. Daha fazla optimizasyon için ek yük akışını azaltmak amacıyla FSR, komşularına sadece yayın (broadcast) topoloji mesajı göndermektedir. Bu optimizasyonlar ile, FSR önemli ölçüde topoloji değişim ek yükünü azaltmakta ve geniş ağ boyutuna uyum sağlamaktadır. Hareketlilik arttıkça, uzak hedefler için yönlendirmelerin doğruluğu azalmaktadır. Ancak, paket hedefine yaklaştığı zaman, daha yüksek yenileme oranı ile bölgelere girilerek doğru yönlendirme işlemlerinde artış olmaktadır [3, 35, 36].

2.6.6. Hierarchical state routing (HSR)

HSR, kümelemenin her seviyesinde etkin üyelik yönetimi ile farklı seviyelerde kümeleme sağlayan dağıtık, çok seviyeli hiyerarşik yönlendirme protokolüdür. En düşük seviyedeki küme başlarının ileride daha yüksek seviyede üyeler yani lider olarak seçildiği hiyerarşik bir topoloji oluşturmaktadır. Her seviyede seçilen liderler hemen üst düzeyde kendi kümesinin üyelerini oluşturmaktadırlar. Oluşturulan her kümeleme seviyesinde liderleri seçmek için farklı kümeleme algoritmaları kullanılmaktadır. Bu kümeleme işlemi hedef düğüme ulaşıncaya kadar devam etmektedir. Kümelemenin amacı radyo kanalı kaynaklarının etkin kullanımı ve ağ katmanı yönlendirme ek yükünün azaltılmasıdır. Kümeleme kullanımı kaynak tahsisini ve yönetimini geliştirmektedir. Çok seviyeli kümelemeye ek olarak, HSR çok seviyeli mantıksal bölümlenme de sağlamaktadır. Kümeleme düğümler arasında coğrafi ilişkiye dayalıyken, mantıksal bölümlenme (logical partitioning) düğümler arasında mantıksal olarak işlevsel benzerliğe dayanmaktadır. Mantıksal bölümlenmeler hareketlilik yönetiminde

anahtar bir rol oynamaktadır. Önerilen hareketlilik yönetim şeması mobil düğümleri izlemekte, aynı zamanda kontrol mesajı ek yükünü düşük tutmaktadır. Mantıksal bölümlmelerden yararlanan dağıtık konum sunucusu yaklaşımına dayanmaktadır [1, 37].

2.6.7. Global state routing (GSR)

GSR protokolü geleneksel bağlantı durumu algoritmasına dayanmaktadır. Ancak, GSR’de sadece orta düğümler arasında mesaj güncellemeleri sınırlandırılarak bağlantı durumu algoritmasında yayılan yol bilgisi geliştirilmiştir. GSR’de, her düğüm komşu düğümlerden alınan güncelleme bilgisine dayalı bağlantı durum tablosu oluşturmaktadır. Bu tabloyla düğümler ağ topolojisinin ayrıntılı bilgisini tutmaktadır ve yerel yönlendirme kararlarını optimize etmektedir. GSR, bağlantı durumu paketlerini dağıtmamaktadır. Sadece komşu düğümler ile periyodik olarak bağlantı durum bilgisini değiştirmektedir. Bu durum önemli ölçüde ağ boyunca iletilen kontrol mesajı sayısını azaltmaktadır. Ancak, güncellenen mesajların boyutu oldukça büyüktür ve ağ boyutu büyüdükçe güncelleme mesajlarının boyutu daha da büyüyecektir. Bu nedenle, bant genişliğinin önemli bir kısmı güncelleme mesajları tarafından tüketilmektedir [38, 39, 40].

2.6.8. Associativity-based routing (ABR)

ABR, gerekli hedefe ulaşılması aşamasında rotaları belirlemek için bir sorgu-cevap tekniği kullanan kaynak-başlatmalı yönlendirme protokolüdür. ABR yayın (broadcast) ve noktadan noktaya yönlendirme arasındaki uzlaşmadır. ABR’nin rota seçimi ilk olarak kararlılığa dayalıdır. ABR sadece, asıl istenen rotaların kaynakları için rotalar oluşturmaktadır. Her düğüm kararlı rota seçmek için komşularıyla bir ilişkilendirme işareti oluşturmaktadır ve daha yüksek ilişkilendirme işaretli bağlantılar, daha düşük ilişkilendirme işaretli olanlardan önce seçilmektedir. Bu durumda hedefe en kısa yol olmamasına karşın daha uzun ömürlü rotalar seçilebilmektedir. Yönlendirme kararları hedefte gerçekleştirilmektedir. Orta düğümlerde saklanan alternatif rota bilgisine dayalı olarak rotayı yeniden yapılandırmamaktadır. Diğer tüm olası rotalar pasif kalırken sadece en iyi rota seçilmekte ve kullanılmaktadır. Böylece, aynı paket çiftleri önlenmektedir. Rotaların yapılandırılmasına daha az ihtiyaç duyulmasına karşın veri iletimi için daha fazla bantgenişliği sağlanmaktadır [3, 38, 41].

2.6.9. Signal stability-based adaptive routing (SSA)

SSA, ABR protokolünden gelmektedir. Ancak, SSA ilişkilendirme işareti kullanmak yerine sinyal gücü ve lokasyaon kararlılığına dayalı olarak isteğe bağlı (on-demand) rotaları seçmektedir. Bağlantılar maksimum sürede en güçlü sinyalleri yaymaktadır. ABR’de olduğu gibi, SSA’de seçilen rotalar hedefe giden en kısa yol olmayabilmektedir. Daha uzun ömürlü rotalar oluşmaktadır ve daha az rota bakımına ihtiyaç duyulmaktadır. Rota arama paketi, alınan rotadaki ara hostların herbirinin adreslerini saklamaktadır. Hedef rota kaydını ilk gelen istekten (request) seçmektedir, çünkü bu rota muhtemelen daha kısa olacaktır ve daha az tıkanıklık meydana gelecektir. Hedef, seçilen rota boyunca aynı yoldan rotaya cevap dönmektedir ve her bir ara düğüm kendi yönlendirme tablosunda yeni gelecek-sekmedeki hedef çiftlerini içermektedir. Hedefe rota istekleri gönderildiğinde ara düğümlerin cevap verememe olasılığı, DSR ve AODV ile karşılaştırıldığında SSA’nin bir dezavantajıdır. Bu durum rota oluşturulmadan önce uzun gecikmelere neden olabilmektedir. Bunun nedeni ise hedefin veri transferi için rota seçiminden sorumlu olmasıdır. SSA’nin diğer bir dezavantajı bir noktada bağlantı hatası meydana geldiğinde rotaları onarmak için girişimde bulunmamasıdır. SSA’da yeniden yapılandırma kaynakta olmaktadır. Bu durum ekstra gecikmelere sebep olabilmektedir, çünkü kaynak daha önceden hatalı bağlantıyı bulan bir diğer düğüm tarafından haberdar edilmelidir [38, 42, 43].

2.6.10. Flow-oriented routing protocol (FORP)

FORP, mevcut hız, konum ve düğümlerin hareket yönü ile ilgili bilgileri kullanarak bağlantı ömrünü tahmin edebilmektedir. Yolun tahmin edilen rota bitiş süresi, yolu oluşturan bağlantının yaşam süresinin minimumudur. Belirlenen kaynak ve hedef için, FORP azami rota bitiş süresine sahip olan kaynak-hedef yolunu seçmektedir [44, 45].

2.6.11. Preferred link based routing (PLBR)

PLBR, düğümün, komşularının listesinden alt küme düğümleri seçtiği farklı bir yaklaşım sergilemektedir. Bu alt küme, tercihli bağlantı olarak ifade edilmektedir. Tercihli bağlantı bulunması için iki farklı algoritma önerilmiştir. İlki komşuluk derecesine (komşuların sayısına) dayalı algoritmadır. Derecesi yüksek olan komşu tercih edilmektedir. Daha yüksek dereceli komşular daha fazla düğümü kapsamaktadır. Böylece yayınların (broadcast) sayısı

azalmaktadır. İkinci olarak kararlı bağlantılar önerilmiştir. Ama, bağlantılar açıkça kararlı ya da kararsız olarak sınıflandırılamamıştır. Kararlılık kavramı bağlantıların yüklerine dayalıdır. Her iki algoritmada da rota istek paketi komşuların seçilen alt küme listelerini taşımaktadır. Tüm komşular yayın (broadcast) radyo kanalından dolayı rota istek paketlerini almaktadır, ama sadece tercihli bağlantılar içinde bulunan komşular onları daha ileriye göndermektedir. PLBR tasarsız kablosuz ağlarda kontrol ek yükünü en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Her düğüm, komşuları ve komşularının komşuluk tablosu hakkında bilgi tutmaktadır. Periyodik olarak değişen komşusunun bilgisini içeren bir işaret göndermektedir [1, 46].

2.6.12. Core-extraction distributed ad hoc routing (CEDAR)

CEDAR, dinamik olarak bir çekirdek ağ oluşturmaktadır ve sonra aşamalı olarak çekirdeğin düğümlerine kararlı yüksek bant genişliği bağlantılarının bağlantı durumlarını yaymaktadır. CEDAR yönlendirmeyi birleştirmekte ve servis kalitesini desteklemektedir. Rota hesaplama isteğe bağlıdır ve sadece yerel durumda kullanılan çekirdek düğümler tarafından gerçekleştirilmektedir [3, 47].

2.6.13. Zone routing protocol (ZRP)

ZRP, yeniden konfigüre edilebilir kablosuz ağlar için, geniş çapta, büyük ölçekli mobil tasarsız ağ ortamıdır. ZRP'nin yeniliği geniş ölçüde düz-yönlendirilmiş ağlara uygulanabilir olmasıdır. Ayrıca, alan yarıçapı parametreleri kullanılarak, şema, proaktif ve reaktif şemaların ayarlanabilir hibrid davranışını sergilemektedir. ZRP'de düğümler bir yönlendirme alanına sahiptir. Yönlendirme alanı, her düğümün proaktif olarak ağ bağlantısının korunması için gerekli bir aralık olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle yönlendirme alanı içindeki düğümler için, rotalar doğrudan doğruya mevcuttur ve hemen kullanılabilir. Yönlendirme alanı dışında kalan düğümler için, rotalar isteğe bağlıdır ve istenen hedefe bir rota belirlemek için herhangi isteğe bağlı yönlendirme protokolü kullanılabilir. Her düğümün sadece yönlendirme alanı içindeki ağın topolojisini bilmesi gerekmektedir ve düğümlerin sadece yönlendirme alanı içerisindeki topoloji değişikliği bilgilerinden haberleri olmaktadır. Bu nedenle, ağ oldukça büyük olsa dahi, güncellemeler sadece bölgesel olarak yayılmaktadır [38, 48, 49].

2.6.14. Zone-based hierarchical link state (ZHLS)

Alan-tabanlı hiyerarşik bağlantı durumu yönlendirme protokolü olarak adlandırılan, tasarsız ağlar için yeni bir küresel konum belirleme sistemi tabanlı, yönlendirme protokolü geliştirilmiştir. Bu protokolde ağ örtüşmeyen alanlara ayrılmıştır. Her düğüm sadece kendi alanı içindeki düğüm bağlantısını ve tüm ağın alan bağlantısını bilmektedir. Bağlantı durumu yönlendirmesi yerel düğüm ve küresel düğüm seviyeleri olmak üzere iki seviyede çalışmaktadır. ZHLS’de lokasyon yönetimi basitleştirilmiştir. Diğer hiyerarşik protokollerin aksine, bu protokolde küme başı ya da küme yöneticisi yoktur. Alan seviyesi topoloji bilgisi tüm düğümlere yayılmaktadır. Bu eşler arası yöntem, trafik tıkanıklığını azaltmakta, tek hata noktasını önlemekte ve hareketlilik yönetimini kolaylaştırmaktadır. Yönlendirme için yalnızca hedefin alan ID’si ve düğüm ID’sine ihtiyaç duyulduğundan, kaynaktan hedefe doğru olan rota değişen topolojiye uyarlanabilmektedir. Hedefin alan ID’si her alana bir lokasyon isteği gönderilerek bulunmaktadır. ZHLS’de düğüm seviyesi topolojisi ve alan seviyesi topolojisi olmak üzere iki topoloji seviyesi tanımlanmıştır. Eğer herhangi iki düğüm iletişim aralığı içindeyse fiziksel bağlantı vardır. Düğüm seviyesi topolojisi bu fiziksel bağlantılarla düğümlerin birbirlerine nasıl bağlandıkları hakkında bilgi sağlamaktadır. Alan seviyesi topolojisi bu sanal bağlantılarla alanların nasıl bağlandığını belirtmektedir [38, 50].

2.6.15. Route-lifetime assessment based routing (RABR)

RABR, isteğe bağlı protokoldür. Rota bulma süreci DSR’ye benzemektedir. Bir kaynak, yönlendirme tablosunda olmayan bir hedefe paket ileteceği zaman rota isteği paketlerinin gönderilmesi başlatılmaktadır. Rota kurulması, sıra numarası, kaynak id’si ve hedef id’sini içeren rota istek paketlerinin yayınlanmasıyla yapılmaktadır. İsteğin ilerlemesini sağlayan ve istek yayınlarını dinleyen ara düğüm, alınan paketin sonuna bağlantı ilişkisi eklemektedir. Aynı sıra numarası ve kaynak id’sine sahip olan başka istekler bu düğüm tarafından kabul edilmemektedir. Bu süreç istek hedefe ulaşınca kadar devam etmektedir. İlk paket alındıktan sonra, hedef belirli bir zaman aralığında daha fazla istek paketlerinin gelmesini beklemektedir. Her düğüm bağlantının durumunu anlamak için bağlantı katmanı algılaması kullanmaktadır. Eğer veri iletimi oturumu sırasında bağlantı hatası meydana gelirse, kaynak, “Rota Hatası” paketi üzerinden bilgilendirilmektedir. Kaynak, rota hatası paketi aldığı anda yeni bir rota araması başlatmaktadır. Beraberinde, kaynak ve hata alınan düğüm arasındaki düğümlerde sonraki sekme kaydını temizleyen bir silme paketi oluşturmaktadır. Kaynak

yeni bir rota bulana kadar sonraki paketleri bu hedef için kuyruğa sokmaktadır. Ancak, birkaç denemeden sonra rota bulunamazsa, daha sonra bu paketler ağda yayınlanmaktadır [51].

2.6.16. Load balancing routing (LBR)

LBR, isteğe bağlı yönlendirme protokolüdür. LBR, asgari trafik yükü ve engelin bulunduğu en iyi rotayı seçmek için düğüm aktiviteleri ve trafik engelleri kavramlarını kullanmaktadır. Düğümlerin aktivitesi, düğümün bir parçası olan aktif kaynak-hedef yollarının sayısı olarak tanımlanmıştır. Bir düğümdeki trafik engellemesi, komşu düğümlerin tüm aktivitelerinin toplamıdır. LBR, trafik engellerinin toplamının ve yol üzerindeki ara iletim düğümlerinin aktivitelerinin minimum olduğu bir kaynak-hedef yolu seçmektedir. Rota istek paketlerinde kaydedilen rota seçim metrikleri, rota istek paketindeki ara yönlendirme düğümlerinin herbirinin aktivitesi ve trafik engelidir [52].

2.6.17. Location-Aided routing (LAR)

LAR, DSR'deki gibi akış algoritmasına dayanmaktadır. Ancak LAR lokasyon bilgisini kullanarak, geleneksel akış algoritmasındaki yönlendirme ek yüklerini azaltmak için çalışmaktadır. Bu protokolde, her düğümün GPS aracılığıyla kendi konumunu bildiği varsayılmaktadır. İki farklı LAR şeması önerilmiştir. Birinci şema, rota istek paketlerinin belirlenen hedefe ulaşması için alabileceği yolun sınırını tanımlayan istek alanını hesaplamaktadır. İkinci şema da, rota istek paketlerini hedefin koordinatlarında tutmaktadır. Her iki yöntem de ağ üzerinden iletilen kontrol ek yükünü sınırlandırmaktadır. Böylece bant genişliği korunmaktadır [38, 53].

2.6.18. Power-Aware routing (PAR)

PAR, ağdaki genel enerji tüketimini azaltmakta ve eş zamanlı olarak tüm düğümlerdeki batarya ömrünü artırmaktadır. Elde taşınan cihazların, taşınabilirliği, ağırlığı ve boyut gereksinimleri göz önünde tutulduğunda işlem için güç kullanımının sınırlandırılması önemli bir tıkanıklıktır. Bu nedenle, ağdaki düğümlerin güç kaynaklarının kapasiteleri dikkate alındığında, yönlendirme metriklerinin kullanılması enerji verimliliğine katkıda bulunmakta ve ağın ömrünü artırmaktadır [1]. Sing ve diğerleri [21], pil gücünün

korunmasını destekleyen yönlendirme metrikleri önermişlerdir. Yönlendirme protokollerinin güç tasarrufu amacıyla seçtiği yollarda, göz önüne alınan düğümün yanı sıra yoldaki diğer ara düğümler de pillerin durumlarının farkında olmalıdırlar. Önerilen yönlendirme metrikleri şunlardır: (a) paket başına en az enerji tüketimi; (b) ağ bağlantısını en üst düzeye çıkarmak; (c) düğüm güç seviyelerinde değişikliği en aza indirme; (d) paket başına en düşük maliyet; (e) maksimum düğüm maliyetini en aza indirme.

2.6.19. Temporally-ordered routing algorithm (TORA)

TORA, “geri bağlantı (link reversal)” algoritması protokolü ailesindendir. Protokol yüksek uyarlanabilir, verimli ve ölçeklenebilirdir. Geniş, yoğun ve mobil ağlarda kullanımı en uygundur. TORA, kaynak düğümden hedef düğüme, yönlendirilmiş döngüsüz çizelge oluşturularak kurulan rotanın, düğümler arasındaki bir bağlantıda bazı proaktif iyileştirmelerin yapıldığı reaktif yönlendirme protokolüdür. Rota keşfi sorgusu yayını yapılmaktadır. Rota keşfi, kaynağın ulaşacağı hedefe ya da hedefe nasıl ulaşacağı bilgisine sahip olan düğüme ulaşınca kadar ağ boyunca yayınlanmaktadır. TORA’da, yükseklik olarak adlandırılan bir parametre tanımlanmıştır. Yükseklik, istenen hedef düğüme gidilene kadar yanıt veren düğümlerin ölçümüdür. Bu parametreden dolayı TORA’da en kısa rotadan ziyade çoğunlukla en kullanışlı rota seçilmektedir. TORA yönlendirmesinde, her düğüm, zaman içinde verilen herhangi bir noktada aşağıdaki faktörlerden oluşan, sıralandırılmış beşli ilişkiye sahiptir. Bu ilişki, (1) bağlantı hatasının mantıksal zamanı; (2) yeni referans seviyesi tanımlanmış düğümün benzersiz (unique) ID’si; (3) her benzersiz referans seviyesini iki benzersiz alt seviyeye bölmek için kullanılan tek bit; (4) sıralı parametrenin yayılması ve (5) düğümün benzersiz ID’sidir. Kavramsal olarak, beşli ilişki, referans seviyesi ve referans seviyesine göre bir delta ile tanımlanan düğümün yüksekliğini belirtmektedir [32, 40, 43, 54].

2.6.20. Optimized link state routing (OLSR)

OLSR, alışagelmış bağ durum algoritmasının bir optimizasyonudur [55], tüm ağa yayılmasına yönelik olarak, kontrol trafiği iletmek için çoklu-nokta nakilleri (multi point relays - MPR) kavramı kullanılmaktadır. MPR seti, iki sekme uzaktaki tüm düğümleri kapsayacak şekilde seçilmektedir. Proaktif yönlendirmenin yapısından dolayı, OLSR, sadece kendi MPR’si içinde hello mesajları ve topoloji kontrol mesajı gibi mesajların

periyodik değişimi ile çalışmaktadır. Hello-süresi parametresi, topoloji kontrol parametresi, MPR kapsam parametresi ve topoloji kontrol-yedeklilik parametresi olan protokol ek yüklerini kontrol etmek için OLSR tarafından parametreler kullanılmaktadır. Böylece, klasik bağ durum algoritmasına karşı, tüm bağların yerine, sadece bağların küçük alt kümeleri yayınlanmaktadır [3, 10].

2.7. Acil Durum ve Kurtarma Senaryoları için Mobil Tasarsız Ağlarda Kullanılan Protokollerle İlgili Yapılan alışmalar

Acil durum ve kurtarma durumlarında iletişimin sürmesi, müdahalenin daha hızlı ve etkin sağlanabilmesi için mobil tasarsız ağlar alanında çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir. Bu bölümde mobil tasarsız ağlarda acil durum ve kurtarma senaryolarıyla ilgili son yıllarda yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir.

Fujiwara ve Watanabe [56], bir felaket anında zarar değerlendirme bilgisini hızlı ve istikrarlı bir şekilde toplamak amacıyla merkezi bir ağın ve tasarsız ağların avantajlarından yararlanarak bir hücre içerisinde veri toplamak için birçok düğüm ve bir baz istasyonunun birleştirilmesiyle “Enhanced communication scheme combining centralized and Ad hoc network (ECCA)” adlı bir hibrid ağ ve yönlendirme protokolü tasarlamışlardır. Eğer düğüm baz istasyonundan bir sinyal alıyorsa ve bağlantı kurabiliyorsa, düğüm hücrenel merkezi ağ modunda çalışmaktadır. Baz istasyonu ve düğüm arasındaki direkt bağlantı hasar veya engellerden dolayı kesilirse, düğüm tasarsız moda geçmekte ve çoklu erişimle komşu düğümler aracılığıyla baz istasyonuna erişmektedir. Bu çalışmada amaçlanan yönlendirme protokolü, rota istek paketini yayınlamak yerine, komşu düğümlerin iletişimlerini izleyerek bir rota keşfetmek ve kurmaktadır. Çalışmada kullanılan benzetimde 250m, 340m, 500m ve 1000m yarıçaplarında dört farklı alanda 489, 901, 1961 ve 7845 düğümün, baz istasyonu ile iletişim kurmasını amaçlamışlardır. Geliştirdikleri hibrid ağ ve yönlendirme protokolünün performansını değerlendirmek için erişilebilirlik, throughput ve gecikme metrikleri kullanmışlardır. Deneyler sonucunda düğümlerin sadece %20’sinin baz istasyonuna direkt olarak erişmesine rağmen, düğümlerin yaklaşık %90’ının çoklu erişimle 3 atlama/sekme içerisinde baz istasyonuna erişebilmekte olduğunu göstermişlerdir. Sonuçlar, ayrıca ağın baz istasyonuna paketin iletimini kısa bir gecikme süresinde gönderebildiğini göstermiştir. Ancak, erişilebilirlik iki ya da üç sekmeyle yeterince gelişirken throughput değeri yeterli düzeyde olmamıştır. Dolayısıyla, ağın hasar değerlendirme bilgilerini toplamak ve acil

trafiği hızlı ve istikrarlı bir şekilde iletmek için verileri küçük boyutta sınırlandırmanın daha uygun olduğunu belirtmişlerdir. Önerilen ağ şemasının ve yönlendirme protokolünün doğal ya da insan yapımı büyük bir felaketten sonra bile tıkanıklık olmadan elverişli bir şekilde afet iletişimi için kullanılabileceğini öngörmektedirler.

Quispe ve diğerleri [57], acil durum ve kurtarma operasyonları için mobil tasarsız ağlarda proaktif, reaktif ve hiyerarşik tasarsız yönlendirme stratejilerini kıyaslamak için Ekvator'un Loja şehrindeki gerçek bir alanı dikkate alarak benzetim oluşturmuşlardır. Bu gerçek kentsel alanı dikkate alarak düğüm yoğunluğunu ve kullanılacak hareketlilik modelini belirlemişlerdir. Ayrıca bu bölgede düğümlerin normal hareket kabiliyetlerini bozan rastgele engeller tanımlamışlardır. Oluşturdukları senaryoda CBRP, AODV ve DSDV protokollerinin performanslarını Network Simulator version 2 (NS-2) [58] benzetim ortamında karşılaştırmışlardır. Protokol ek yükü, paket kaybı, ortalama gecikme ve gecikme veya jitterin değişim metrikleriyle değerlendirmişlerdir. Benzetimlerinde kentsel alandaki nüfus yoğunlukları hesaplanarak 97, 100 ve 120 düğüm ile 20 ve 40 TCP bağlantı kullanmışlardır. Benzetim sonucunda CBRP'nin en iyi performansa sahip olduğunu belirtmişlerdir. 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 az olduğunu benzetim sonuçlarına göre açıklamışlardır. Sonuç olarak, afet alanlarındaki insanların CBRP protokollünü kullanarak acilen konumlanacağı noktaları belirleyerek daha etkili bir şekilde tahliye edilebileceklerini söylemişlerdir.

Sivagurunathan ve Prathapchandran [59], iletilen mesajın zamanında iletebilmesi için doğru ve etkin bir rota kuracak uygun yönlendirme protokolünü seçmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Test ortamını kurmak için yakın zamanda felaket meydana gelen, iletişim eksikliği ve kurtarma başarısızlıklarından dolayı birçok insanın kaybolduğu ve yaşamını yitirdiği Hindistan'ın Uttarakhand eyaletinde gerçek bir alan seçmişlerdir. Reaktif ve proaktif yönlendirme protokollerinden seçilen AODV ve DSDV protokollerinden hangisinin Baddrinath şehri için acil durum ve kurtarma senaryolarında daha uygun olduğunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Senaryonun uygulanması için Network Simulator version 3 (NS-3) benzetim aracını kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan benzetim 500m x 1000m bir alanda gerçekleştirilmiştir. Düğüm yoğunluğu etkilenen alanın popülasyonundan türetilerek düşükten yükseğe doğru 10, 30, 60 ve 100 düğüm olarak kullanılmıştır. Random way point

(RWP) hareketlilik modeli kullanılmıştır. Gecikme, throughput ve paket dağıtım oranı metrikleriyle AODV ve DSDV'nin performansları değerlendirilmiştir. Yaptıkları gözlemlere dayanarak bu senaryo için AODV'nin paket gecikmesi DSDV'ye göre oldukça düşük olduğunu, bununla birlikte throughput değerleri ve paket dağıtım oranları açısından AODV protokolünün performansının daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Düğüm sayısının artmasının gecikme üzerinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak, yapılan çalışmada throughput, paket dağıtım oranı ve uçtan uca gecikme açısından performansı nedeniyle bu acil durum ve kurtarma senaryosunda AODV protokolünü önermektedirler.

Kumar ve diğerleri [60], AODV, DSDV ve DSR yönlendirme protokollerini kullanılarak felaket kurtarma senaryosu için bir tasarsız ağ modeli tasarlamışlardır ve bu protokollerin de performanslarını karşılaştırmışlardır. 1500m x 1000m sabit alan kullanmışlardır. Bu alana da kurtarma ekiplerini gruplar halinde 4 eşit büyüklükte olacak şekilde yerleştirmişlerdir. Ayrıca araçları temsil etmesi bakımından da diğer düğümlere göre daha hızlı ve köşeden köşeye hareket eden 5 tane düğüm daha yerleştirmişlerdir. Bütün düğümler birbirlerinin konumlarını bulmak ve birbirlerine afet bölgesinin yerini bildirmek için iletişim kurmaktadır. Ağ hareketli olarak tasarlanmıştır. Farklı düğüm sayılarında her alanda en az 5, 8, 10 ve 15 düğüm olacak şekilde 8 tane senaryo oluşturmuşlardır. Düğümlerin %95'i düşük, %5'i çok yüksek hareket etmektedir. Düğüm sayısının artmasıyla ağ bağlantısı, trafik kaynakları ve Constant Bit Rate (CBR) akışlarının sayısı artmaktadır. Yönlendirme protokollerinin performansları yönlendirme ek yükü, throughput, paket kaybı ve uçtan uca gecikme metrikleriyle değerlendirilmiştir. 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 tüm metriklerle detaylı şekilde karşılaştırılması sonucunda yolların bir kaç sekme ile sınırlı olduğu ve daha az kontrol ek yükü miktarının gerektiği bir senaryo için DSR'nin dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ramesh ve diğerleri [61], çalışmalarında, afet bölgelerindeki iletişim ağını canlandırmak için hareket algılama yaklaşımıyla, bütünleşik bir MTA mimarisi önermişlerdir. Acil durum senaryolarında hareketlilik algılamayla, mağdurların yerini belirleme gibi konularda çok iyi adresleme yapılabileceğini, etkilenen bölge hakkında kurtarma ekiplerine ve kontrol

noktalarına kesin bilgi edinilmesinde yardım sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Acil iletişim için kullanılan tüm metod ve uygulamaların travmatik durumda olan ya da teknoloji hakkında çok fazla bilgisi olmayan insanları hedefleyerek geliştirilmediğini söylemektedirler. Afet sonrası bir senaryoda, mağdurlar mümkün olduğunca birbirlerine yardım etmeye istekli olacaklarından, kullanıcıların kendilerinin çalışma grupları ekleyerek şekillendireceği, sanal hareketlilik algılama ortamı oluşturabilecekleri, kullanıcı dostu bir uygulama geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında, bu acil durum senaryoları için hem tampon belleği/ara belleği güçlendirilmiş olasılıklı akış algoritması (buffer powered probabilistic flooding) hem de acil iletişim için android uygulaması (Android app for Emergency Communication – AEC) geliştirmişlerdir.

Acil bir senaryoda, bir mobil düğüm mesaj iletmek için iletişim alanında her zaman bir komşu bulamayacağından yola çıkarak Ramesh ve diğerleri [61], her bir düğüm için tampon bellek/ara bellek önermektedirler. Böylece alınan mesaj, çevresindeki yeterli sayıda düğüme ulaşana kadar arabellekte geçici olarak saklanmaktadır. Gereksiz mesaj sayısını azaltmak için olasılık getirerek düzeltmeler yapmışlardır. Geliştirdikleri algoritma ile MTA’da reaktif olarak AODV protokolünün ve proaktif olarak OLSR protokolünün performanslarını QualNet benzetim aracı kullanarak değerlendirmişlerdir. Felaket alanında mağdurun hareketi herhangi taktiksel yola ya da önceden hesaplanmış en uygun yola dayalı olmadığından IEEE 802.11.b antenler bağlanarak, toplamda 15 düğümlle 1km x 1km boyutunda bir alanda RWP hareketlilik modeline göre senaryolarını gerçekleştirmişlerdir. Düğümlerin en düşük ve en yüksek hızları sırasıyla 0m/s ve 10m/s’dir. Acil durum ve felaket anlarında kurbanlardan alınan her mesaj çok önemlidir. Geliştirilen algoritmanın benzetim sonuçlarına göre paket kayıplarının düşük seviyede olduğunu ve başarı sağladıklarını belirtmişlerdir. Paket kayıplarını azaltmalarından dolayı acil senaryolar için akış algoritmasının uygun olduğunu belirtmektedirler. AODV’nin isteğe bağlı bir yönlendirme protokolü olmasından dolayı düğümlerin hareket halinde olduğu mobil senaryolardaki kablosuz bağlantıların dinamik niteliğini göz önüne aldığı için OLSR’den daha başarılı olduğu sonucuna varmışlardır. Bunun yanı sıra geliştirdikleri acil durum için Android Uygulaması da akıllı telefonların bluetooth ile tasarsız ağları kullanarak mesaj gönderebileceği bir uygulamadır. Felaket meydana geldiğinde, kullanıcıların uygulamayı açmaları gerekmektedir. Bu uygulamada kullanıcının mesaj yazabileceği mesaj gönderme seçeneği de bulunmaktadır. 112 ve 911 gibi acil durum numaralarına ek olarak, kullanıcı mesajlarını isterse yakınlarına da gönderebilmektedir. Kullanıcıların gönderdiği iletiler

hücresele bağlantı ya da internet bağlantısı olan akıllı bir telefon tarafından alınana/yakalanana kadar verilerin iletilmesini sağlamakta böylece mesaj sonunda gerçek hedefine gönderilebilmektedir. Bu mesajlar, birçok kontrol istasyonu tarafından kurbanın izini aramak ve durumun aciliyetini anlamak için kullanılmaktadır. Geliştirdikleri uygulamalarını Android işletim sistemi version 2.1 kullanarak beş tane HTC Google Nexus Akıllı telefonların deneme ortamlarında başarıyla test ettiklerini belirtmişlerdir.

Raffelsberger ve Hellwagner [62], 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. Bu senaryo için çeşitli MTA yönlendirme protokollerinin performanslarını değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında kullanacakları benzetim alanını oluşturmak için çeşitli ekipler kurmuşlardır. Bu ekipler; (i) hasar gören binalardaki kurbanları arama ve kurtarma için olay yerinde rasgele hareket eden tesisin içinde belirli alanlara yerleştirilmiş iki adet ilk müdahale ekibi, (ii) tesisin içinde tedavi alanına gitmeyi bekleyen hastalara müdahale etmek için oluşturulan alanda bulunan ekip, (iii) tesisin dışında kayıpların toplandığı bölgede bulunan ekip, (iv) tesis dışında teknik operasyon merkezi ve (v) hastaları senaryo alanının dışındaki bir hastaneye taşımak amacıyla ambulanslardan oluşan 25 adet hareketli düğümden oluşmaktadır. Benzetimi OMNet++ ağ benzetim aracını kullanarak gerçekleştirmişlerdir. AODV, DYMO (DYnamic Manet On-demand Routing), BATMAN (Better Approach to Mobile Ad-hoc Network) ve OLSR yönlendirme protokollerinin bu senaryo için performanslarını karşılaştırmışlardır. Performansı değerlendirmek için paket dağıtım oranı, uçtan uca gecikme ve sekme sayısı metriklerini kullanmışlardır. Her benzetim 3000 saniye sürmüş ve her benzetimi 10 kez tekrarlamışlardır. Paket dağıtım gecikmesini değerlendirdiklerinde, tüm yönlendirme protokollerinin benzer başarıyı gösterdiği sonucuna varmışlardır. Paket dağıtım oranlarının, hareketliliğin normal olduğu alanlarda başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Ancak hareketliliğin fazla olduğu alanlarda aralıklı bağlantılardan dolayı paket dağıtım oranlarının çok düşük seviyelerde olduğunu söylemektedirler. Paket dağıtım oranında AODV protokolünün diğer yönlendirme protokollerine göre daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak acil durum müdahaleleri için MTA'nın çeşitli bağlantı özellikleri sunduğunu ve ağı bölünebileceğini ortaya koymuşlardır. MTA yönlendirme protokollerinin kaynak ve hedef arasında uçtan uca direkt bir yol olduğunu varsaydıklarından dolayı tipik acil müdahale operasyonları için çok doğru olmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle ağa aralıklı bağlanan düğümlerden dolayı

yüksek paket kayıpları olduğunu ve gelecek çalışmalarında bu konularla ilgili araştırmalar yapacaklarını belirtmişlerdir.

Torres ve diğerleri [11], mobil tasarsız ağların yönetimini geliştirmek amacıyla Yüksek Kullanılabilirlik Yönetimi Tasarsız Ağlar (High Availability Management Ad Hoc Networks - HAMAN) olarak adlandırılan, katmanlar üzerine temellendirilmiş bir yönetim modeli geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, yönetim sürecinde azami kullanılabilirliği elde etmek amacıyla hiyerarşik yönlendirme ile tasarsız ağ kullanımının alt katman sürecini geliştirmeye odaklanmışlardır. Önerdikleri HAMAN yönetim modeli ile düğümlerdeki bilgi değişiminin nasıl uygulanacağını ve nasıl ilişkilendirileceğini belirlemek için modeli seviyelere bölerek soyutlamışlardır. Tasarsız ağ modelini doğrulamak için CBRP protokolünü temel alan Backup Cluster Head Protocol'ünü (BCHP) geliştirmişlerdir ve modelin bir parçası olarak kullanmışlardır. BCHP protokolü ağın kullanılabilirliğini geliştirmek amacıyla Küme Başlarının (Cluster Head - CH) gereksiz kullanımını birleştirmektedir. Herbir kümede Küme başı (CH), ana modda bir hata olması halinde kümenin temel işlevlerini alacak olan Yedekli Küme Başı (Backup Cluster Head - BCH) olarak adlandırılan bir düğüme sahip olacaktır. BCH, kümenin düğümleri üzerindeki güncellenmiş yönetim bilgisini ve CH'in durum bilgisini elde etmek için CH ile periyodik olarak iletişim kurmayı devam ettirmektedir. Benzetimin geçerliliği için gerçek bir senaryo kullanılmıştır. Senaryo, 1km'ye 0,5km dikdörtgen alanda tanımlanan Ekvator'un Loja şehir haritasının bir kısmını içermektedir. Engeller, istenmeyen bir olayın ortaya çıkması dikkate alınarak sokaklarda rastgele tanımlanmıştır. 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 düğüm ile 20 TCP bağlantısı kurmuşlardır. Benzetim süresini de 150 saniye olarak belirlemişlerdir. 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 kullanılabilirliğini geliştirdiğini belirtmişlerdir. HAMAN yönetim modelinin BCHP ile birlikte kullanılmasının acil durum ve kurtarma senaryoları için uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Geliştirdikleri protokolün ağın kullanılabilirliğini arttırmasına karşın ağın yaşam süresini arttırmaması nedeniyle sonraki çalışmalarında bu konu üzerinde yoğunlaşacaklarını belirtmişlerdir.

Torres ve diğerleri [63], çalışmalarında ağın olabildiğince uzun süre aktif olması ve ağdaki düğümler arasındaki iletişimin verimli olması gerektiğini belirtmişlerdir. Tasarsız bir ağın

çalışması, yaşam süresi ve kullanılabilirliği düğümlerin çalışma sürelerini arttırmak amacıyla Geliştirilmiş Yedek Küme Başlı Protokolünü (Enhanced Backup Cluster Head Protocol - EBCHP) önermişlerdir. Bu protokol BCHP [11]'e dayanmaktadır. Önceki çalışmalarında belirttikleri üzere BCHP'nin, CBRP ve AODV ile karşılaştırıldığında ağır kullanılabilirliğini arttırdığı ancak ağır yaşam süresini arttırmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle yeni geliştirdikleri EBCHP protokolü ile bir iyileştirme amaçlamaktadırlar. EBCHP ve BHP arasındaki en büyük farkın, CH ve BCH düğümleri arasında proaktif bir prosedür eklenerek ağır yaşam süresinin ve kullanılabilirliğinin geliştirilmesi olduğunu belirtmektedirler. Hem EBCHP hem de BHP, aynı küme oluşturma stratejisini, CH seçimini ve aynı bileşenleri ve ara birimleri paylaşımlarına karşı kümelenme süreçlerinin bakımında farklılık göstermektedir. Acil durum ve kurtarma servisleri için kentsel bir alanı simüle etmek amacıyla daha önceki çalışmalarında da olduğu gibi Ekvator'da Loja şehrini kullanmışlardır. NS-2 benzetim aracı kullanılmıştır. EBCHP protokolünü değerlendirmek ve ağ kullanılabilirliğini ölçmek için, aşırı yük, ortalama uçtan uca gecikme ve paket gecikme değişimi metriklerini seçmişlerdir. Bu göstergeler, BHP protokolü ile karşılaştırılmıştır. EBCHP'nin BHP'den daha istikrarlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. EBCHP'nin, selefi BHP'ye kıyasla ağ ömrünü ve yakınsamasını iyileştirme hedeflerini gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir.

Wister ve diğerleri [64], bu çalışmada kentsel seller gibi felaket durumlarıyla ilgili uygulamaları göz önüne alarak kurtarma operasyonları için hangi iki reaktif protokolünün daha iyi performans sergilediğini belirlemek amacıyla AODV ve DYMO protokollerinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında NS-2 benzetim aracını kullanmışlardır. Tüm benzetimler için, 100 hareketli düğüm 1000m x 1000m alanda rasgele hareket edecek şekilde yerleştirilmiştir. Tüm benzetimler 900 saniye boyunca 10'ar kez çalıştırılmıştır. TCP bağlantı sayıları da 10, 15 ve 20 olarak belirlenmiştir. Düğümlerin hareket hızları da 2, 5, 10, 15, 20km/h olarak ayarlanmıştır. Hareketlilik modeli olarak RWP kullanılmıştır. Protokoller, paket dağıtım oranı, throughput, kontrol mesaj ek yükü ve enerji tüketimi metrikleri ile değerlendirilmiştir. Benzetim sonuçlarına göre hem DYMO hem de AODV'nin enerji tüketimi açısından kötü performans göstermelerine karşı hareketlilik hızı çok yüksek olduğunda DYMO yönlendirme protokolünün paket dağıtım oranı, throughput ve kontrol mesaj ek yükü açısından üstün performans sergilediğini belirtmektedirler. Sonuç olarak DYMO'nun AODV'den daha iyi bir performansa sahip olduğunu belirtmişlerdir. DYMO'nun bilgi işlem mimarisi üzerinden çalışan felaket durumlarında, kurtarma görevleri

sırasında iş yükünü destekleyebileceğini, sürekli operasyonların ve iletişimlerin sürdürülmesini sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Quispe ve Galan [10]'un yaptıkları çalışmanın temel amacı, acil durum ve kurtarma senaryoları için proaktif, reaktif ve hiyerarşik tasarsız yönlendirme stratejilerinden hangisinin daha iyi performansa sahip olduğunu belirlemektir. NS-2'nin desteklediği bu protokolleri simüle etmek için gerçek kentsel alan olarak Ekvator'da Loja şehrini seçmişlerdir. Uygulanacak acil durum ve kurtarma senaryoları için AODV, DSDV ve CBRP yönlendirme protokollerini seçmişlerdir. Acil durum ve felaket durumlarında insan hareketleriyle en ilişkili olan Rasgele Yol Seçimi Hareketlilik Modeli kullanmışlardır. NS-2 benzetim aracı ile 2000m x 1000m alan kullanmışlardır. Düğüm sayılarını gerçek alanın çeşitli zamanlarındaki nüfus yoğunluğunu hesaplayarak 97, 100, 120 ve 160 olarak belirlemişlerdir. Her düğüm sayısında da 20 ve 40 TCP bağlantı kurmuşlardır. Senaryo için kullanılan yönlendirme protokollerini de protokol ek yükü, paket kaybı, ortalama gecikme ve jitter metrikleriyle karşılaştırmışlardır. Benzetim süresini de 150s olarak belirlemişlerdir. Benzetim sonuçlarına göre oluşturdukları acil durum ve kurtarma senaryosu için CBRP protokolünün en iyi performansı sergilediğini belirtmektedirler. Sonuç olarak, felaket anında, insanların tahliyesini, onların bakımını ve uygun konumunu daha etkin bir şekilde ayarlayan CBRP protokolünün kullanılmasını önermişlerdir.

Abed ve diğerleri [65], daha önce yapılan araştırmalarda önerilen yönlendirme protokollerinin MTA'nın gerçek karakteristiğini yansıtmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle çeşitli hareketlilik modelleri ile birkaç farklı protokol altında MTA'nın performansını araştırmayı amaçlamışlardır. Farklı ağ yüklerinde ve farklı hareketlilik modelleri altında yönlendirme protokollerinin performanslarını değerlendirmişlerdir. Bu doğrultuda 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 metrikleriyle değerlendirilmiştir. NS-2 benzetim programı kullanılarak, 10 ile 100 arasında değişen düğüm sayısında, 1000m x 1000m alanda 1000s süre içerisinde benzetimler çalıştırılmıştır. Sonuç olarak her hareketlilik modelinde aynı metrikler için farklı yönlendirme protokollerinin daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Hareketlilik modelleri ve yönlendirme

protokollerinin birbirleri karşısında belirgin olarak üstünlük göstermediğini belirtmişlerdir. Yönlendirme protokollerinin kullanım amaçlarına ve kullanılacağı ortamlara uygun olarak hareketlilik modellerinin seçilmesiyle daha başarılı sonuçlar elde edileceğini öngörmektedirler.





3. E-AODV: ÖNERİLEN ACİL DURUM YÖNLENDİRME PROTOKOLÜ

AODV normal kullanımda paket yoğunluğundan dolayı tıkanmalara neden olabilmektedir. Örneğin bir deprem durumunda internet alt yapısı çöktüğü zaman uygun mobil cihazlar kullanılarak insanlar mobil tasarsız ağlarla iletişime geçebilmektedirler. İletişim aşamasında felaket durumlarında anlık aşırı kullanımdan dolayı veri iletiminde yoğunluk yaşanacaktır. Bant genişliği de sınırlı olduğu için yaşanan yoğunluk veri iletiminde uçtan uca gecikmeye ve paket iletiminde tıkanıklığa sebep olabilecektir. Bu durumlar batarya ömrünün de çabuk tükenmesine ve iletişimin kısa sürede kesilmesine neden olmaktadır. AODV’de yaşanabilecek bu tıkanıklıkları en az düzeye indirmek ve mevcut batarya ömrünü en verimli şekilde kullanabilmek için TCP paketlerine öncelik vererek uçtan uca gecikmeyi azaltıp 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 transport katmanında 64 paketlik gönderme arabelleği tutmaktadır. Bu ara bellek, rota keşfi başlatan ancak henüz yanıt almamış olan düğümlerin veri paketlerini içermektedir. Yönlendirme katmanı tarafından gönderilen tüm veri ve yönlendirme paketleri Media Access Control (MAC) katmanı onları iletene kadar ara yüz kuyruğunda sıraya alınmaktadır. Ara yüz katmanı maksimum 50 paket boyutuna sahiptir. İlk giren ilk çıkar (FIFO - first in first out) mantığında, yönlendirme ve veri paketlerinin önceliklendirildiği iki öncelik sırasına göre çalışır. Ara yüz katmanında paket iletiminde yönlendirme paketleri, veri paketlerinden daha yüksek önceliğe sahiptir [66].

AODV’nin kuyruk yapısının yönlendirme paketlerinin yüksek öncelik değerine sahip olduğu ve ilk giren paketin ilk çıkması mantığıyla işlemesine karşın yapılan bu çalışmada algoritma geliştirilerek 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. Bunun yanı sıra E-AODV protokolünde, AODV protokolüne göre daha yüksek paket dağıtım oranları ve throughput değerlerinin elde edilmesi, ayrıca yönlendirme paketlerinin de iletiminde sıkıntı yaşanmaması amaçlanmıştır.

AODV'nin kuyruk yapısının işleyişini sağlayan aodv_requeue.cc ve aodv_requeue.h dosyaları üzerine algoritma eklenmiş ve değişiklikler yapılmıştır. aodv_requeue.cc dosyasındaki kodlar ile her bir düğümün AODV protokolüne göre kuyruğu nasıl işleteceği belirlenmektedir. 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. aodv_requeue.h dosyasına da aodv_requeue.cc dosyasında paket türüne göre arama yapacağımız ve TCP paketleri bulmamızı sağlayacak fonksiyonlar ve tanımlar eklenmiştir.

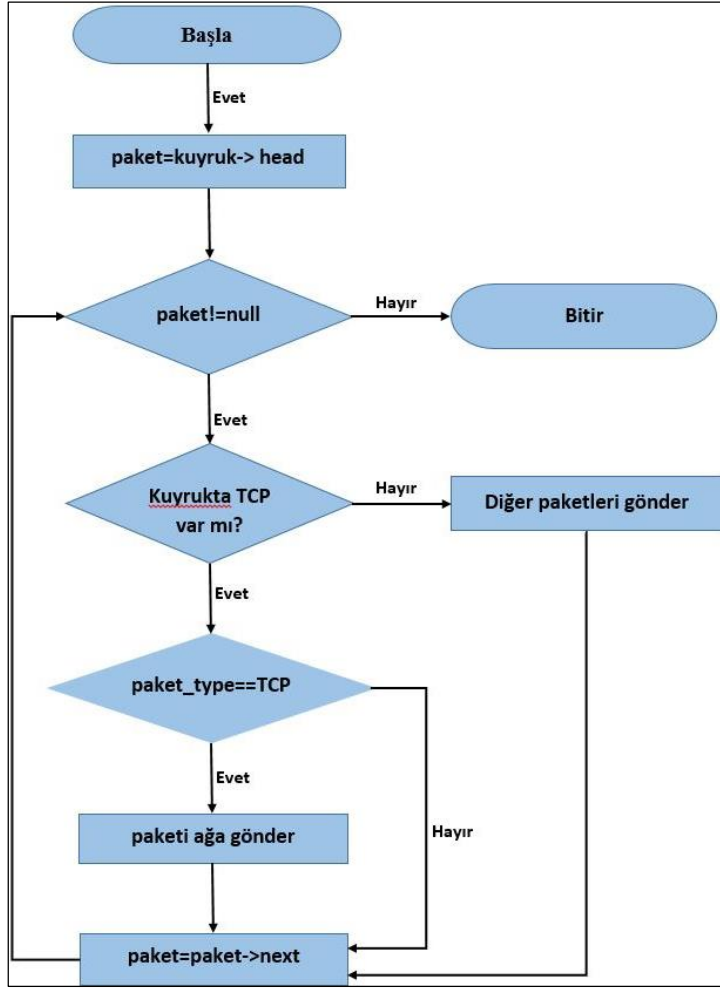
```

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;

```

Şekil 3.1. Yapılan değişikliğin temel algoritması

Çalışmada yapılan değişikliğin temel algoritması ve akış diyagramı Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Kaynak ve hedef arasında rota kurulduktan sonra kuyrukta paket olup olmadığı sorgulanmaktadır. Eğer kuyrukta paket varsa bu aşamada da paket türünün TCP olup olmadığına bakılmaktadır. Paket türü TCP ise paket kuyruktan çıkartılmakta ve ağa gönderilmektedir. Paket türü TCP değilse işaretçi kuyrukta ilerlemeye devam etmekte ve sonraki paketlere bakmaktadır. Bu durum AODV protokolü için belirtilen çalışma süresi içerisinde kuyrukta paket olduğu müddetçe devam etmektedir.



Şekil 3.2. Akış diyagramı

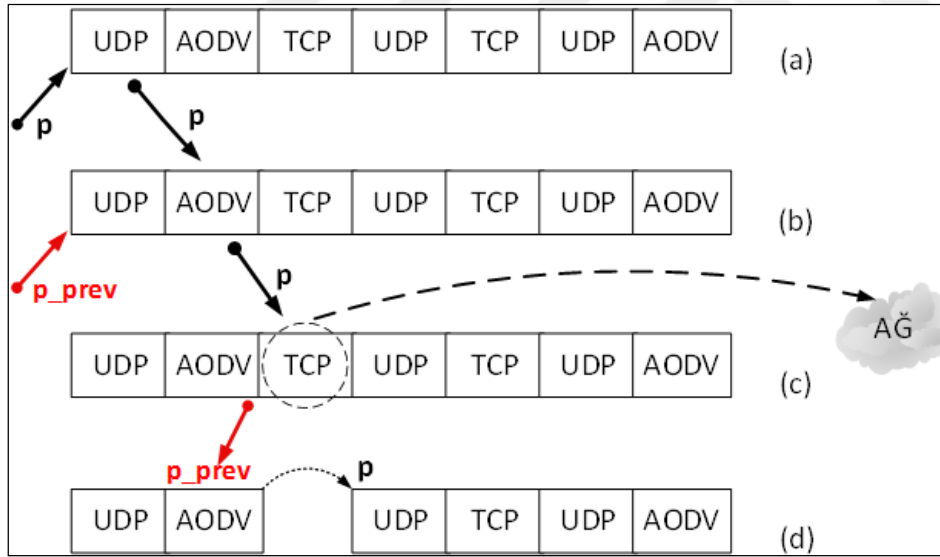
Algoritmanın işleyişi Şekil 3.3.'te gösterilen örnek üzerinden daha açıklayıcı şekilde anlatılmaktadır. Örnekte TCP paketlerinin 3. ve 5. sırada oldukları varsayılmıştır.

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 3.3(a)'da görüldüğü üzere ilk paket TCP olmadığı için işaretçi bir sonraki paketi kontrol etmek için ilerlemektedir.

Şekil 3.3(b)'de p işaretçisinin ilerlediği ve bıraktığı sıraya da p_prev işaretçisinin geldiği görülmektedir. p_prev işaretçisini bırakmasının nedeni son adresi kaydetmek ve kuyruktan paket çıkartıldığı takdirde kuyruk yapısının işleyişinin devam etmesi için p işaretçisi ile tekrar bağlantıyı sağlamaktır. p işaretçisi yine paketin TCP olup olmadığını kontrol

etmektedir. Bu aşamada da paket türü TCP olmadığı için işaretçi bir sonraki paketi kontrol etmek için ilerleyecek ve yerine yine p_prev işaretçisini bırakacaktır.

Şekil 3.3(c)'de p işaretçisi paket türünü kontrol ettiğinde paketin TCP olduğunu tespit etmektedir. Bu durumda TCP paket kuyruktan çıkarılacak ve hedef düğüme iletilmesi için ağa gönderilmektedir. p işaretçisi sonraki paketleri kontrol etmek için kuyrukta ilerlemeye devam etmektedir ve p işaretçisinden boşalan yerlere de p_prev işaretçisi gelmektedir. 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.



Şekil 3.3. Algoritmanın işleyiş örneği

4. BENZETİM METODOLOJİSİ VE PARAMETRELER

Benzetim, olabilecek acil durum ve felaket durumlarında önceden tedbir almamız için senaryoları oluşturabilmemize yardımcı olmaktadır. Gerçek durumlarda meydana gelebilecek durumlar için yakın sonuçlar verebilen birçok ağ benzetim programı bulunmaktadır.

4.1. Benzetim Ortamı

Bu çalışmada önerilen protokolün başarımını ölçmek üzere ağ benzetim aracı olarak Network Simulator version 2 (NS-2) programının 2.35 sürümü kullanılmıştır. NS-2 kullanılmasının sebebi açık kaynak kodlu olmasından dolayı protokol eklenebilmesi ve mevcut protokollerde değişiklik yapılabilmesidir. Çalışmada kullanılan protokollerin NS-2 içerisinde tanımlanmış olması performansların karşılaştırılması aşamasında da kolaylık sağlamıştır. Ayrıca yapılan akademik çalışmaların çoğunda tercih edilmiştir. Protokollerin performans analizleri için de AWK scriptleri [67] kullanılmıştır.

Performans metrikleri, gereken Servis Kalitesine (QoS) erişmek için yönlendirme algoritması tarafından büyük ölçüde etkilenen ağı karakterize etmek için yardımcı olmaktadır [12]. 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.

4.2. NS-2 Benzetim Aracı

NS-2, ağ topolojisindeki olayları araştırmayı amaçlayan bir ayırık olay benzetim aracıdır. Kablolu ve kablosuz (yerel ve uydu) ağlar üzerinde TCP, yönlendirme ve çoklu protokollerin benzetimi için büyük ölçüde destek sağlamaktadır [67]. NS'in ilk sürümü 1995 yılında UC Berkeley, LBL, Xerox PARC, UCB ve USC/ISI gibi birçok enstitünün işbirliğinde VINT projesi olarak DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) tarafından

desteklenerek geliştirilmiştir. Versiyon 2 ise 1996 yılında Object-oriented Tcl (OTcl) [68] script dili eklenerek geliştirilmiştir [69].

NS-2 benzetim aracı OTcl yapılandırma ara yüzü kullanılarak C++ ile yazılmıştır. C++ ve OTcl kullanılmasından dolayı NS-2 tamamen nesneye dayalıdır (object-oriented). Benzetim aracı, C++ sınıf hiyerarşisini (derlenmiş hiyerarşi) ve OTcl yapılandırma ara yüzünde de benzer bir sınıf hiyerarşisini (yorumlanmış hiyerarşi) desteklemektedir. İki hiyerarşi birbiriyle yakından ilişkilidir. Kullanıcı açısından bakıldığında yorumlanmış hiyerarşi ve derlenmiş hiyerarşi sınıfı arasında birebir uyuma vardır. Hiyerarşinin temeli TclObject sınıfıdır. Kullanıcılar OTcl aracılığıyla yeni benzetim aracı nesneleri oluşturmaktadır [70].

Tcl/OTcl scriptleri ağ topolojilerini oluşturmak, yapılandırmak için yazılmıştır. Bu scriptlerle etkinlik planlayıcısı başlatılmakta ve ağ nesneleri kullanılarak ağ topolojisi oluşturulmaktadır. Sonrasında trafik kaynaklarına paketlerin iletilmesi sırasında ne zaman başlayacakları ne zaman duracakları etkinlik planlayıcısı ile belirtilmektedir. Kısacası NS-2'da script dili olarak Tcl/OTcl kullanılırken, sistem programlama dili olarak C++ kullanılmaktadır. OTcl benzetim scriptleri sonuçları trace dosyaları olarak saklanmaktadır. Bu trace dosyaları ise harici Network Animator Tool (NAM) [71, 72] uygulamasıyla analiz edilmektedir. NAM oluşturulan ağ topolojisinin görsel olarak yorumlanmasını sağlamaktadır. Uygulama VINT projesinin bir parçası olarak geliştirilmiştir. Oluşturulan ağ topolojisini oynatma, durdurma, ileri ve geri sarma, duraklatma, hızlandırma, iletilen paketleri görüntüleyebilme v.b. gibi özellikleri sunmaktadır [69].

4.3. Benzetimde Kullanılan Parametreler

Protokollerinin performanslarını değerlendirebilmek amacıyla çeşitli parametrelerin kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan parametreler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Toplam paket: Tüm düğümler tarafından uygulama katmanında oluşturulan paket sayısıdır.

Alınan toplam paket: Hedef düğümlere ulaşan uygulama katmanındaki başarılı paketlerin sayısıdır.

Oluşturulan toplam TCP paket: Tüm düğümler tarafından uygulama katmanında oluşturulan toplam TCP paketlerinin sayısıdır.

Alınan toplam TCP paket: Hedef düğümlere ulaşan uygulama katmanındaki başarılı TCP paketlerin sayısıdır.

Düşen TCP paket sayısı: Düşen TCP paket sayısı, uygulama katmanında başarılı bir şekilde hedefe gönderilemeyen ya da iletilemeyen 512 byte veya daha büyük TCP paketlerinin sayısıdır.

Oluşturulan toplam UDP paket: Tüm düğümler tarafından uygulama katmanında oluşturulan toplam UDP paketlerinin sayısıdır.

Alınan toplam UDP paket: Hedef düğüme ulaşan uygulama katmanındaki başarılı UDP paketlerin sayısıdır.

Düşen UDP paket sayısı: Uygulama katmanında başarılı bir şekilde hedefe gönderilemeyen ya da iletilemeyen UDP paketlerinin sayısıdır.

Paket dağıtım oranı: Tüm hedef düğümler tarafından başarıyla alınan paket sayısının, tüm kaynak düğümler tarafından ağa gönderilen toplam paket sayısına oranıdır.

TCP paket dağıtım oranı: Tüm hedef düğümler tarafından başarıyla alınan TCP paket sayısının, tüm kaynak düğümler tarafından ağa gönderilen toplam TCP paket sayısına oranıdır. Sadece TCP paketlere ait sonuçlar alınmasının asıl amacı protokollerin TCP paketler için paket dağıtım oranları başarılarını görmek ve bu yönde geliştirmeler yapılarak genel paket dağıtım oranı üzerinde de iyileştirmeler yapılabilecek çalışmalar gerçekleştirmektir. Protokollerin performans değerlendirmelerinde ve karşılaştırmalarında tüm paketlerin değerlendirilmesi gerektiği için doğal olarak genel paket dağıtım oranlarına bakılması değerlendirme açısından daha uygun olacaktır.

Uçtan uca gecikme: Kaynak düğümde paketin oluşturulması ve hedef düğüme başarılı bir şekilde ulaşması arasında geçen ortalama zaman aralığıdır. Kaynak düğüm ve bütün ara

düğümelerde meydana gelen tüm olası gecikmeleri içermektedir. Çalışmamızda uçtan uca gecikme süresi mili saniye olarak hesaplanmıştır.

Throughput: Kaynak düğümden hedef düğüme ulaşan toplam veri paketlerinin, hedefin son paketi alması için geçen toplam süreye oranıdır.

Parametreler daha sonraki bölümlerde çizelgelerde ve grafiklerde kullanılırken Çizelge 4.1'deki gibi kısaltmalarla gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Parametrelerin kısaltılmış gösterimleri

Toplam Paket	T_Paket
Alınan Paket	A_Paket
Toplam TCP paket	T_TCP
Alınan TCP paket	A_TCP
Düşen TCP paket	D_TCP
Toplam UDP paket	T_UDP
Alınan UDP paket	A_UDP
Düşen UDP paket	D_UDP
Paket dağıtım oranı	PDO
Uçtan uca gecikme	UUG
TCP paket dağıtım oranı	TCP-PDO

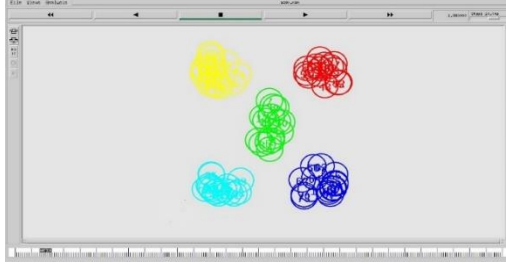
4.4. Sınırlılıklar

Bu çalışmada uygulanan senaryoların benzetim ortamında çalıştırılması için dört çekirdekli Intel Core i7-4600 işlemciye ve 8 GB belleğe sahip bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. İşletim sistemi olarak Ubuntu 14.0 kullanılmıştır. Oluşturulan senaryolar için engeller göz ardı edilmiştir.

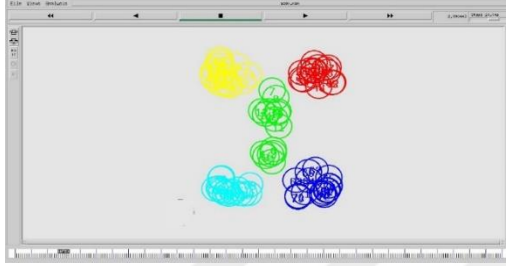
4.5. Senaryoların Oluşturulması

Acil durumlarda belirli alan içinde düğüm sayıları değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle senaryo bir alanda bulunan 5 farklı gruptan oluşmaktadır. Her grup en az 15, 20 ve 30 düğümden oluşmuştur. 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

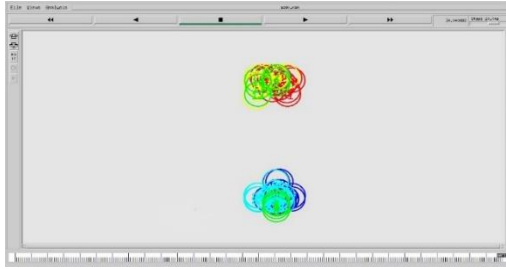
kurarak bu tahliye noktalarına ulaşmaları ve alanı terk etmeleri öngörülmüştür. Benzetim süresince tüm düğümler hareketlidir. Resim 4.1(a), (b), (c)'de benzetim süresi ilerledikçe düğümlerin de hareket durumu ve tahliye alanlarında toplandıkları görülmektedir.



Resim 4.1(a). Düğümlerin başlangıç durumu



Resim 4.1(b). Düğümlerin tahliye noktalarına hareket durumu



Resim 4.1(c). Düğümlerin tahliye noktalarına ulaşma ve benzetimin bitiş durumu

Resim 4.1(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 alanlara yerleştirilmişlerdir. Resim 4.1(b)'de senaryo gereği acil bir durumun başladığı ve düğümlerin birbirleriyle iletişim kurarak tahliye noktalarına yönelmeye başladıkları görülmektedir. Resim 4.1(c)'de ise senaryonun son aşamasında tüm düğümlerin daha önceden belirlenen tahliye noktalarına hareket ettikleri ve orada toplandıkları görülmektedir.

Benzetimin temel çerçevesini oluşturduktan 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 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 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 ortalaması alınmıştır. Senaryo-1 ve senaryo-2 için kullanılan ölçütler Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Senaryo-1 ve senaryo-2 için kullanılan değerler

	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	30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 sn	30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 sn
Alan	400*400 m	400*400 m
Kanal	Kablosuz Kanal (Wireless Channel)	Kablosuz Kanal (Wireless Channel)

Senaryo-1 için sadece TCP paketler kullanılmıştır. Bu senaryo altında her bir protokol için 48 farklı alt senaryo uygulanmıştır. Toplamda 192 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 çalışmanın amacında belirttiğimiz AODV protokolünün kuyruk yapısında yapılan değişikliğin TCP paketlerin yanı sıra farklı paketler kullanıldığında başarıya ulaşım ulaşamayacağını test etmek ve çalışmanın güvenilirliğini 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 192 adet alt senaryo oluşturulmuştur.

5. BENZETİM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Acil durum ve kurtarma durumları için oluşturulan senaryo-1 ve senaryo-2’de NS-2 benzetim aracı ile sonuçlar alınmış ve yorumlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan senaryolar için geliştirilen E-AODV’nin performansı her düğüm ve bağlantı sayısında, her duraklama süresi için detaylı olarak incelenmiştir. Sonrasında AODV, DSDV ve DSR yönlendirme 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 ve bu bölümde değinilmemiştir. DSR protokolü için her iki senaryoda alınan tüm sonuçlar EK-1 kısmına eklenmiştir. Ayrıca AODV ve DSDV protokollerinin detaylı performans analizleri de EK-1 kısmına eklenmiştir.

5.1 Senaryo-1 için E-AODV performansının değerlendirilmesi

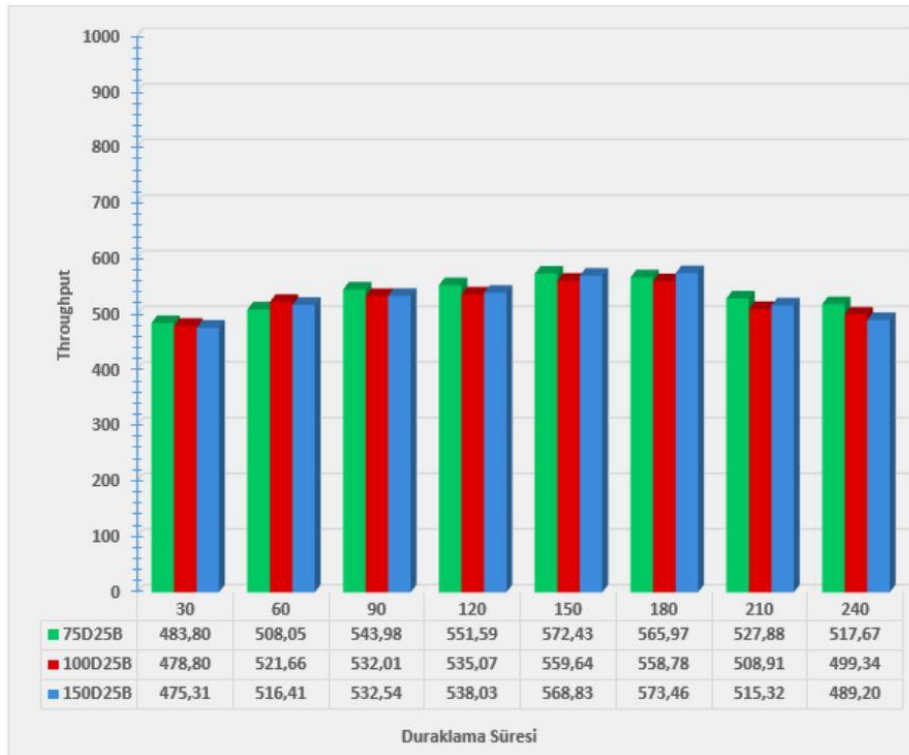
Çizelge 5.1’de E-AODV için farklı düğüm sayılarındaki 25 ve 50 bağlantılar için farklı duraklama sürelerinde oluşturulan ve alınan tüm paketler, TCP paketleri ile düşen paket sayıları görülmektedir. Oluşturulan ve alınan paket sayıları duraklama süresinin artmasıyla doğru orantılı olarak düzenli artış göstermektedir. 25 bağlantılı düğümlerde oluşturulan paket sayıları duraklama sürelerinin artışıyla kıyaslandığında 50 bağlantılı düğümlere göre daha fazladır. Düşen paket sayıları ise 25 bağlantılı düğümlerde daha azdır. Ayrıca oluşturulan ve alınan TCP paket sayılarının da 25 bağlantılı düğümlerde daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Çizelge 5.1 Senaryo-1 için E-AODV protokolündeki paket sayıları

75D25B	T Paket	A Paket	T TCP	A TCP	D TCP
30 sn	3136	2906	1639	1497	28
60 sn	7108	6703	3679	3430	111
90 sn	11704	11178	6008	5697	185
120 sn	15966	15296	8187	7786	262
150 sn	20813	20047	10644	10174	348
180 sn	24772	23858	12658	12114	412
210 sn	27086	26085	13848	13238	484
240 sn	30502	29271	15596	14906	568
75D50B	T Paket	A Paket	T TCP	A TCP	D TCP
30 sn	2444	2073	1334	1044	84
60 sn	5999	5367	3188	2814	218
90 sn	9849	8981	5177	4672	335
120 sn	13845	12735	7242	6603	476
150 sn	17694	16398	9220	8474	573
180 sn	21960	20461	11413	10547	704
210 sn	21992	20434	11460	10532	782
240 sn	26086	24299	13561	12525	904
100D25B	T Paket	A Paket	T TCP	A TCP	D TCP
30 sn	3206	2976	1677	1529	42
60 sn	7283	6904	3754	3529	95
90 sn	11414	10911	5867	5547	187
120 sn	15432	14802	7910	7522	249
150 sn	20313	19574	10383	9931	326
180 sn	24503	23674	12509	11994	380
210 sn	26171	25149	13392	12779	487
240 sn	29355	28230	15006	14349	545
100D50B	T Paket	A Paket	T TCP	A TCP	D TCP
30 sn	2318	1962	1272	1046	91
60 sn	5535	4923	2954	2581	204
90 sn	9618	8793	5060	4558	318
120 sn	13338	12318	6980	6359	434
150 sn	17558	16309	9147	8411	550
180 sn	21119	19706	10990	10128	680
210 sn	21368	19983	11101	10268	647
240 sn	24278	22716	12604	11673	752
150D25B	T Paket	A Paket	T TCP	A TCP	D TCP
30 sn	3088	2861	1617	1471	38
60 sn	7303	6913	3780	3523	126
90 sn	11424	10927	5860	5564	156
120 sn	15537	14930	7948	7589	221
150 sn	20644	19902	10544	10433	299
180 sn	25159	24330	12836	12323	378
210 sn	26404	25496	13474	12930	411
240 sn	28704	27614	14666	14038	524
150D50B	T Paket	A Paket	T TCP	A TCP	D TCP
30 sn	2490	2149	1361	1129	70
60 sn	5537	4943	2951	2586	184
90 sn	9698	8911	5096	4602	296
120 sn	13735	12765	7174	6561	395
150 sn	17885	16749	9287	8598	464
180 sn	21879	20482	11365	10514	631
210 sn	22151	20807	11485	10666	612
240 sn	22831	21417	11854	10977	671

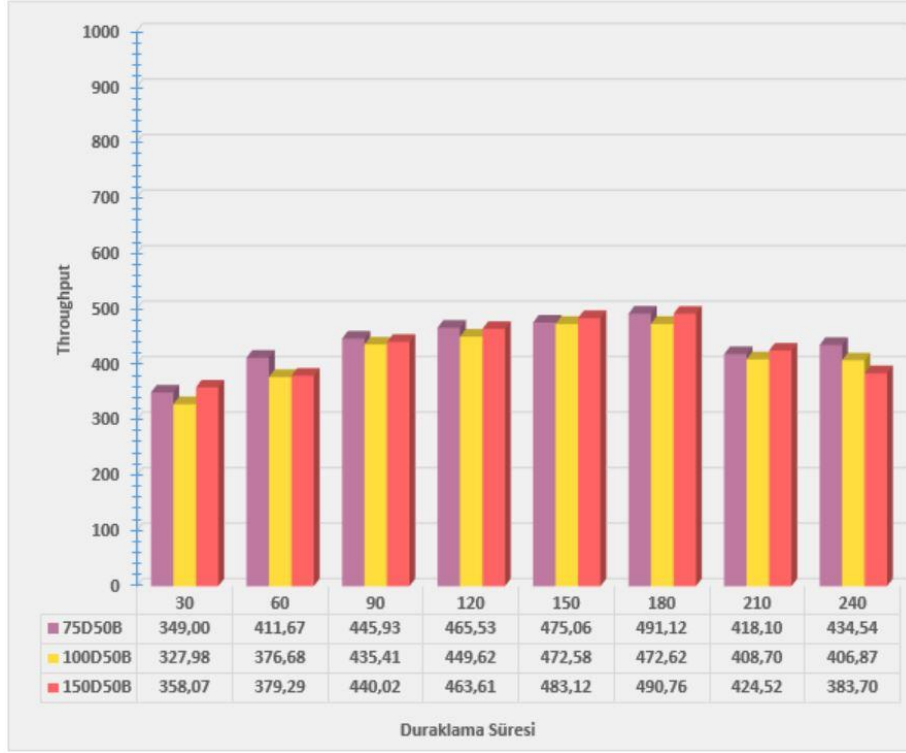
5.1.1. Senaryo-1’de E-AODV’nin throughput performansı

Şekil 5.1(a)’da E-AODV’de 25 bağlantılı düğümlerde throughput değerleri birbirlerine yakın sonuçlar aldığı görülmüştür. Sürenin artmasıyla genel olarak throughput değerinin de arttığı görülmektedir. Ancak 210 ve 240 sn için tüm protokollerde throughput değerleri bakımından düşüşler görülmüştür. Çok fazla farklılıklar olmamasına karşın 75 düğüm için genel olarak daha yüksek throughput değerleri gözlemlenmiştir.



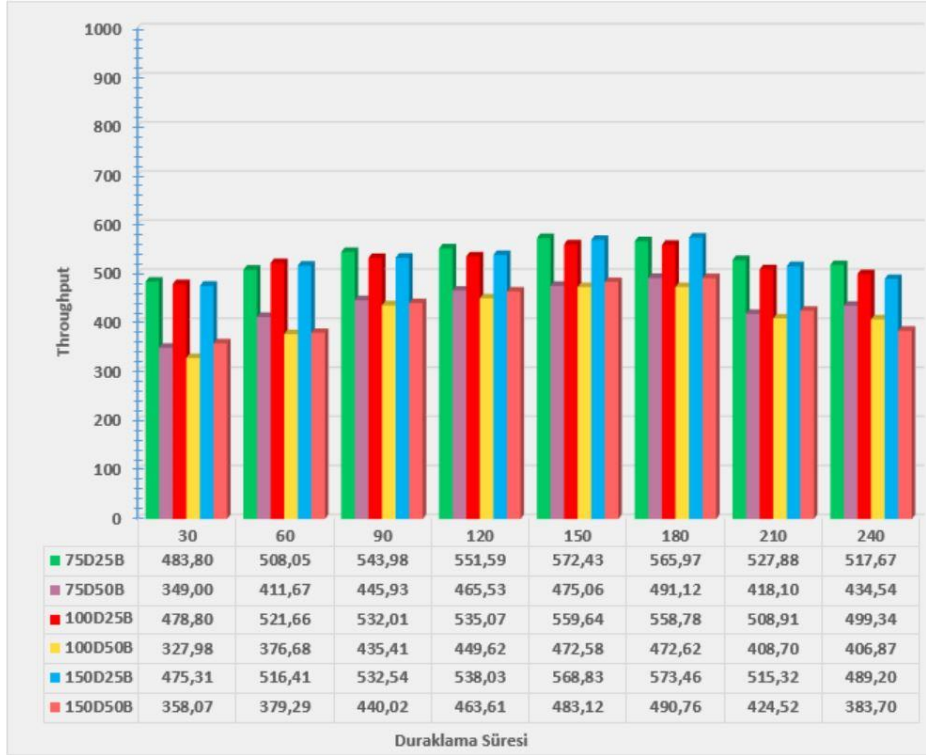
Şekil 5.1(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için throughput

50 bağlantılı düğümler için throughput değerlerinin 25 bağlantılı düğümlere göre daha düşük olduğu Şekil 5.1(b)’de görülmektedir. 25 bağlantı düğümlerde de olduğu gibi duraklama süresinin artmasıyla throughput değeri 180 sn’ye kadar genel olarak artış göstermektedir. 180 sn’den sonra tüm düğüm sayılarında tekrar düşüş görülmektedir. 50 TCP bağlantılı senaryolarda da 75 düğümlü bağlantıların genel olarak daha yüksek sonuçlar aldığı görülmektedir.



Şekil 5.1(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için throughput

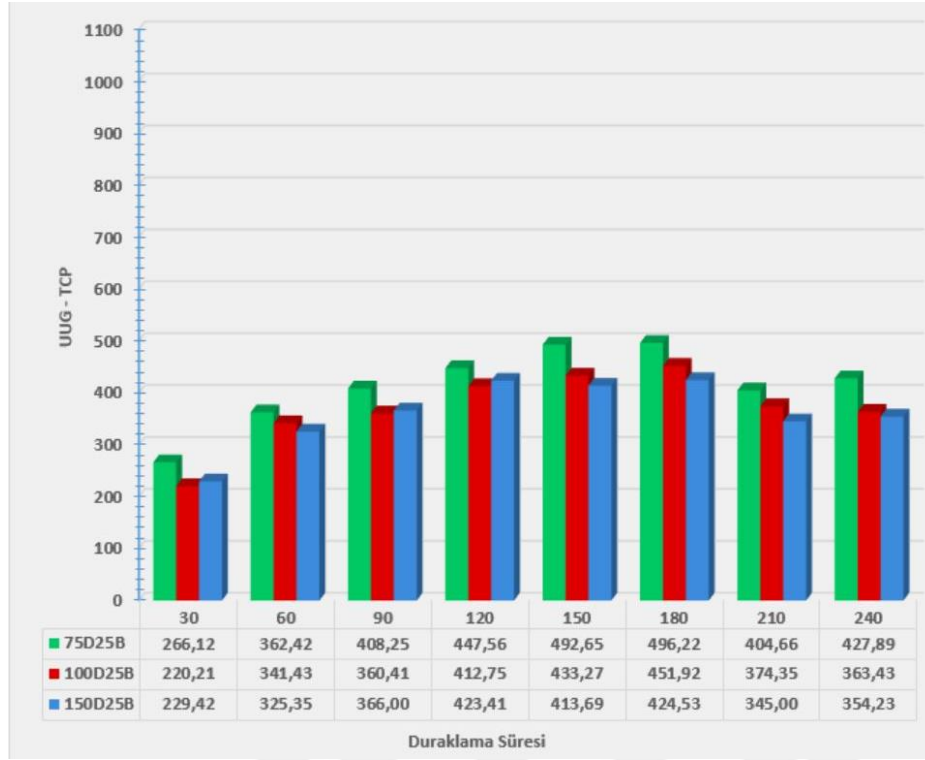
Şekil 5.1(c)'de 25 bağlantılı düğümlerin 50 bağlantılı düğümlere göre çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bağlantı sayısının artmasıyla throughput değeri azalmıştır. En yüksek throughput değeri 150 düğüm 25 bağlantıda 180 duraklama süresinde alınmıştır. 180 sn'den sonra hem 25 hem de 50 TCP bağlantılı düğümler için throughput değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Çizelge 5.1 de göz önüne alındığında oluşturulan paket sayıları ve alınan paket sayıları ile uyumlu olarak throughput değerleri de uygun sonuçlar vermiştir.



Şekil 5.1(c). Senaryo-1 – 25B ve 50B: E-AODV için throughput

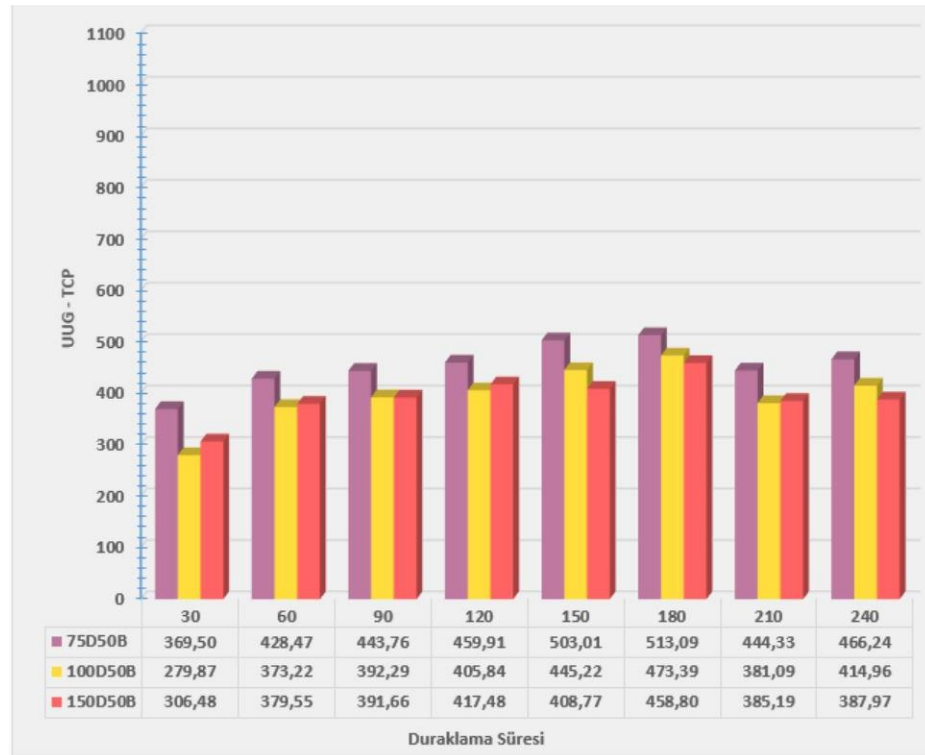
5.1.2. Senaryo-1’de E-AODV’nin uçtan uca gecikme performansı

Şekil 5.2(a)’da görüldüğü gibi uçtan uca gecikme E-AODV’de 25 bağlantı için 100 düğümde 30, 90 ve 120 saniyelerde daha iyi sonuç verirken 150 düğümde 60, 150, 180, 210 ve 240 saniyelerde daha iyi sonuç vermiştir. En düşük uçtan uca gecikme süresi 30 duraklama süresinde 100 düğüm için alınırken, en yüksek gecikme 180 duraklama süresinde 75 düğüm için alınmıştır. Duraklama süresinin artmasıyla, throughput değerlerinin artışına bağlı olarak, uçtan uca gecikme süresi 180 saniyeye kadar artış göstermiştir. 180 sn’den sonra uçtan uca gecikme süresinin tekrar azalmaya başladığı görülmüştür.



Şekil 5.2(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için UUG

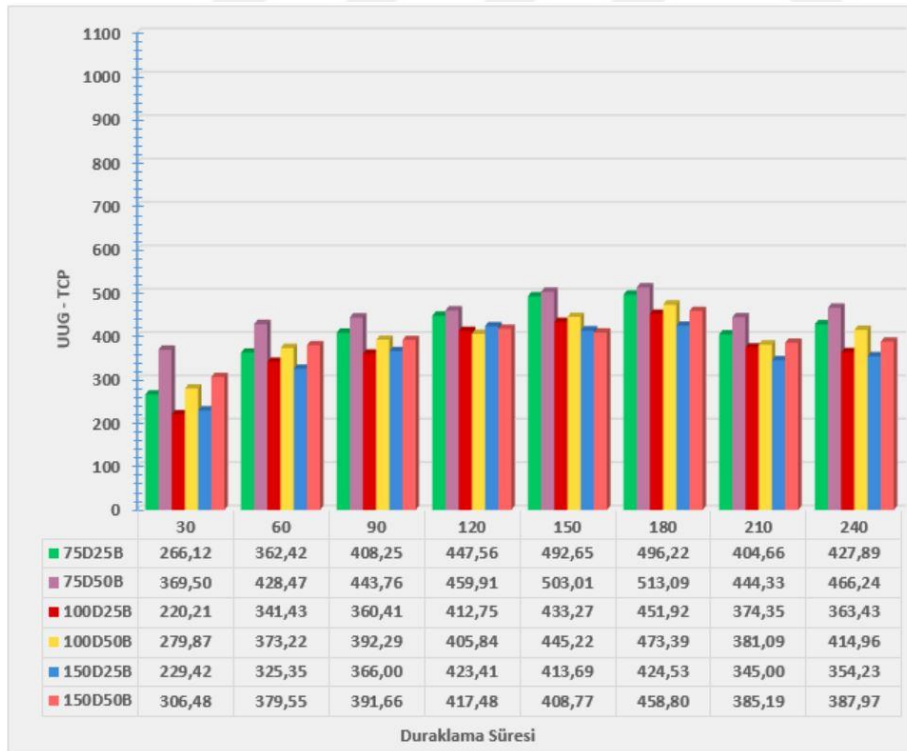
Şekil 5.2 (b)'de de 100 ve 150 düğümlerde 75 düğüme göre daha iyi sonuçlar alınmıştır.



Şekil 5.2(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için UUG

30, 60, 120, 210 saniyelerde 100 düğüm için gecikme daha az iken 90, 150, 180 ve 240 saniyelerde 150 düğüm için gecikme daha az yaşanmıştır. Ancak 90 duraklama süresinde 100 ve 150 düğüm için uçtan uca gecikme süreleri birbirine çok yakındır. Duraklama süresinin artışıyla uçtan uca gecikme de 180 saniyeye kadar genel olarak artış göstermiştir. Aynı düğüm ve bağlantı sayıları için 210 ve 240 saniyelerde throughput değerlerinin azalmasından dolayı uçtan uca gecikme sürelerinin de azaldığı görülmektedir. En düşük gecikmenin 30 duraklama süresinde 100 düğüm için alındığı gözlemlenirken en yüksek gecikmenin 180 duraklama süresinde 75 düğüm için alındığı gözlemlenmiştir.

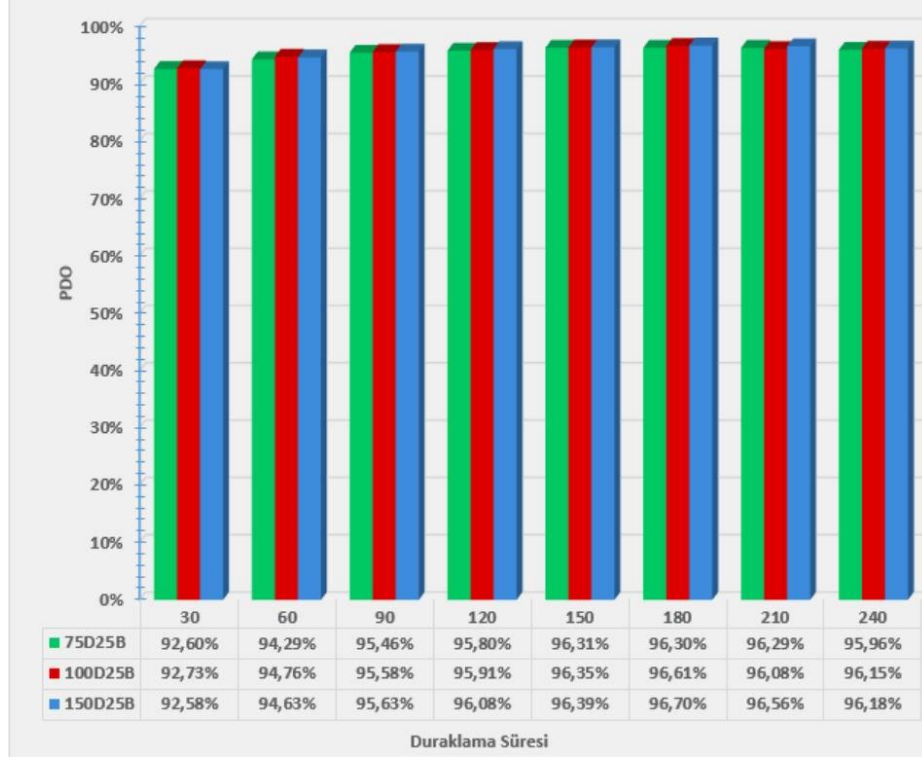
Tüm duraklama sürelerinde, düğüm sayısının artmasıyla uçtan uca gecikme süresinin azaldığı Şekil 5.2 (c)'de görülmektedir. 75 düğüm 50 bağlantıda tüm duraklama sürelerinde en fazla uçtan uca gecikme sürelerinin yaşandığı görülmektedir. 100 ve 150 düğüm 25 bağlantılarda farklı duraklama sürelerinde en iyi değerler alınmıştır. Geliştirilen algoritmanın uçtan uca gecikme süreleri ve throughput değerleri karşılaştırıldığında tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 5.2(c). Senaryo-1- 25B ve 50B: E-AODV için UUG

5.1.3. Senaryo-1’de E-AODV’nin paket dağıtım oranı performansı

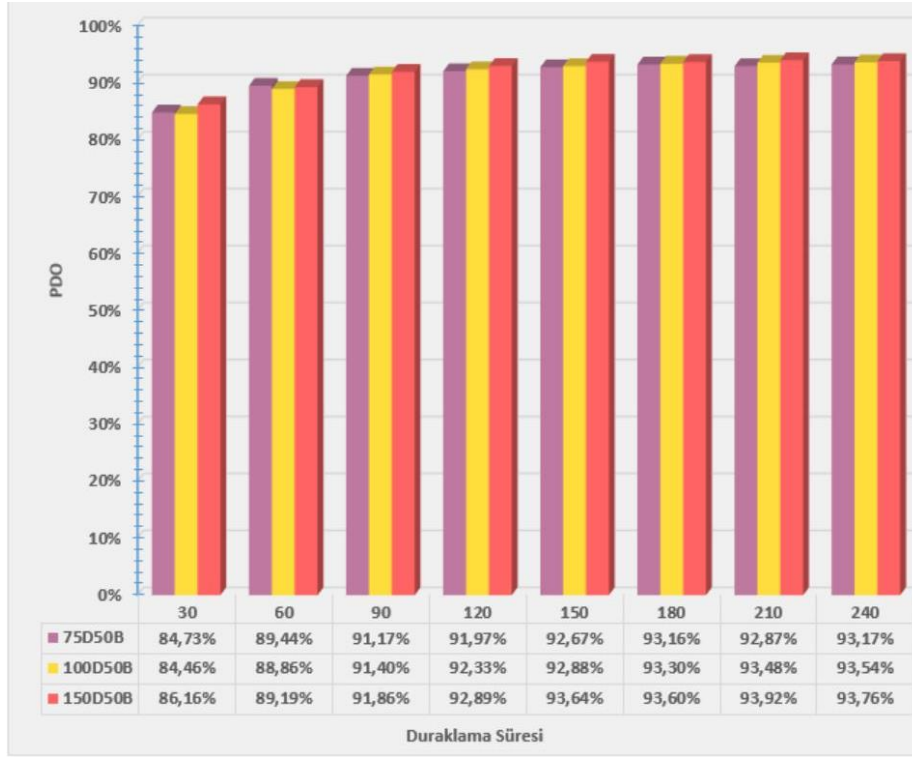
25 bağlantı için Şekil 5.3 (a)’da paket dağıtım oranlarının tüm düğümlerde birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranı da artış göstermiştir.



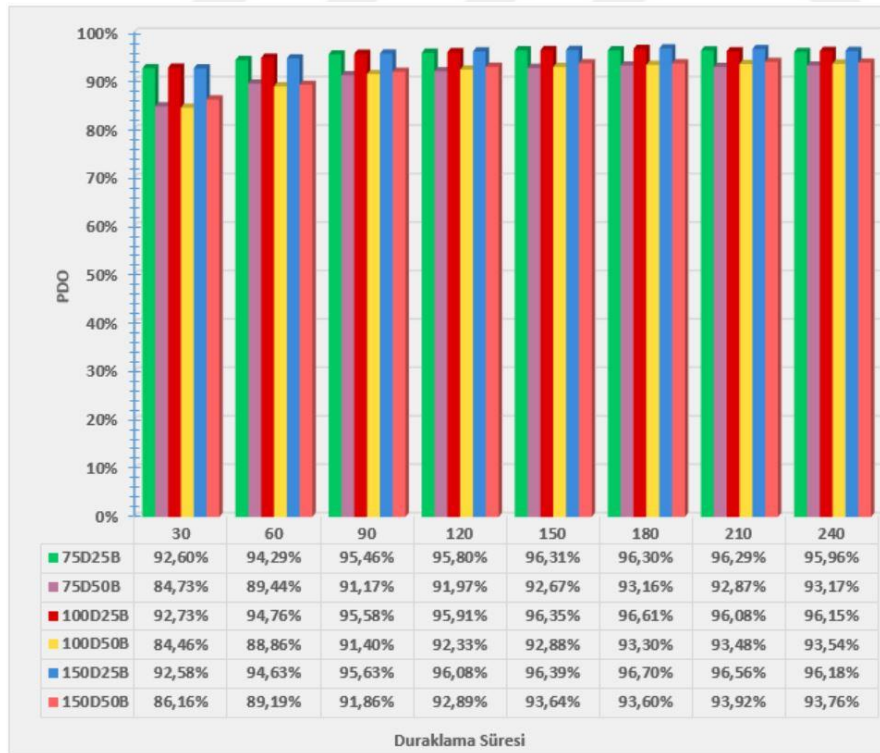
Şekil 5.3(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için PDO

50 bağlantı için Şekil 5.3(b)’de gösterildiği gibi duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranı genel olarak artış göstermiştir. 25 bağlantılı düğümlerde de olduğu gibi 50 bağlantılı düğümlerde de her düğüm için birbirine yakın sonuçlar alınmıştır.

Şekil 5.3(c)’de görüldüğü üzere 25 bağlantılı düğümler 50 bağlantılı düğümlere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. 30 duraklama süresi ile 240 duraklama süresi arasında 50 bağlantılı düğümlerde büyük oranda artış görülmesine karşın 25 bağlantılı düğümlerdeki başarıyı yakalayamamıştır. Bağlantı sayısının artması paket dağıtım oranının azalmasına neden olmuştur. En yüksek paket dağıtım oranı 150 düğüm 25 bağlantı için 180 duraklama süresinde elde edilmiştir.



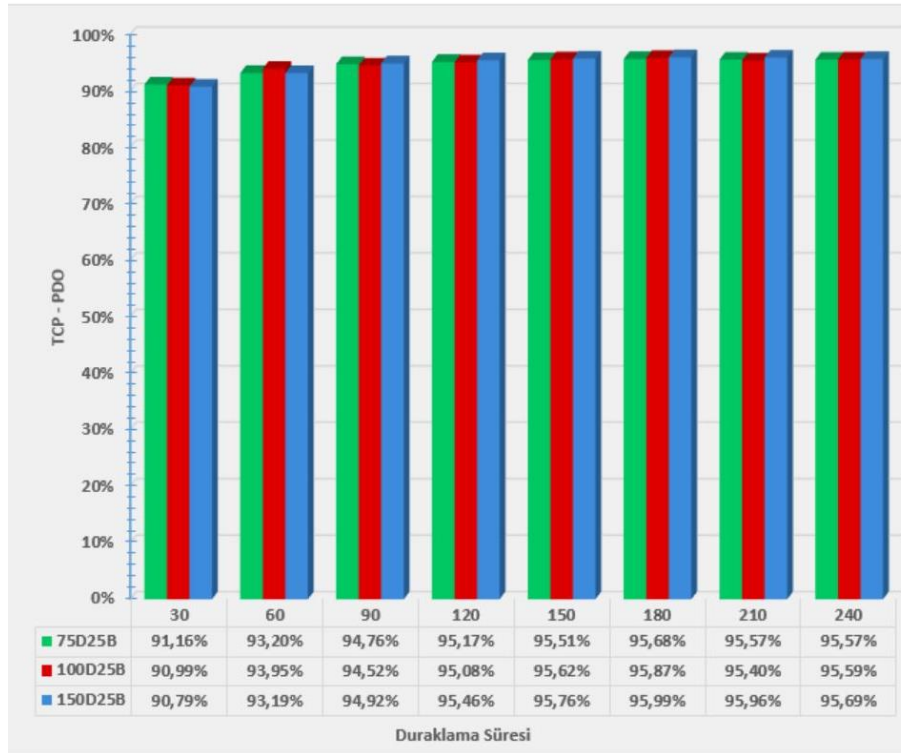
Şekil 5.3(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için PDO



Şekil 5.3(c). Senaryo-1- 25B ve 50B: E-AODV için PDO

5.1.4. Senaryo-1’de E-AODV’nin TCP paket dağıtım oranı performansı

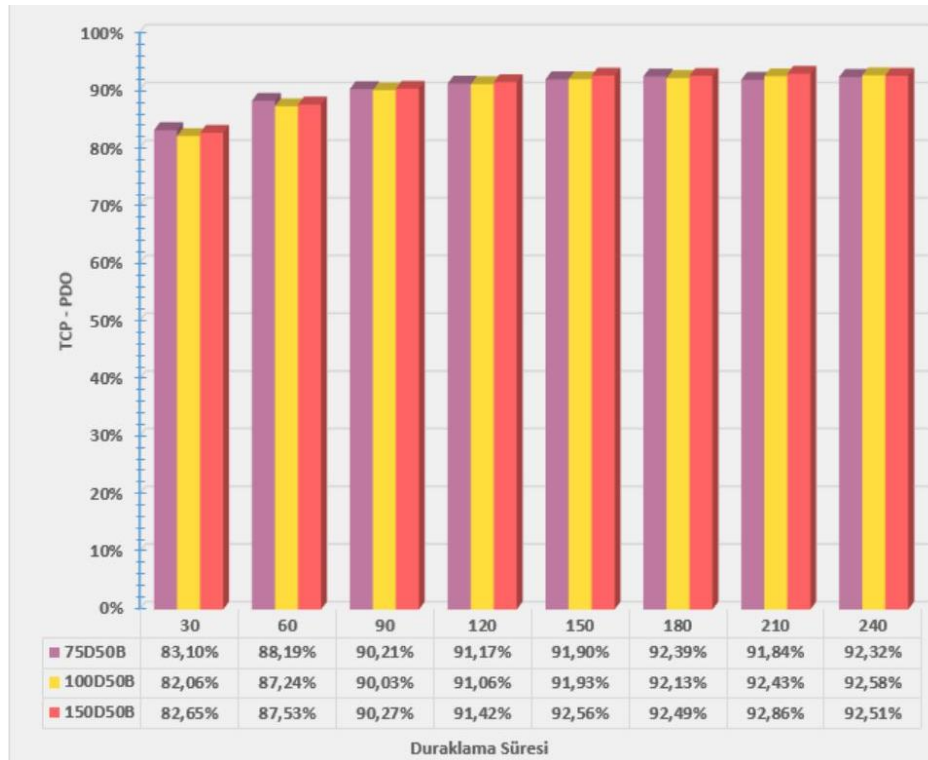
E-AODV için oluşturulan ve alınan TCP paketler de dikkate alınarak incelendiğinde Şekil 5.4(a)’da 25 bağlantılı düğümlerde duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranlarının da arttığı görülmektedir. Her duraklama süresi için düğümlerin paket dağıtım oranlarının birbirlerine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir.



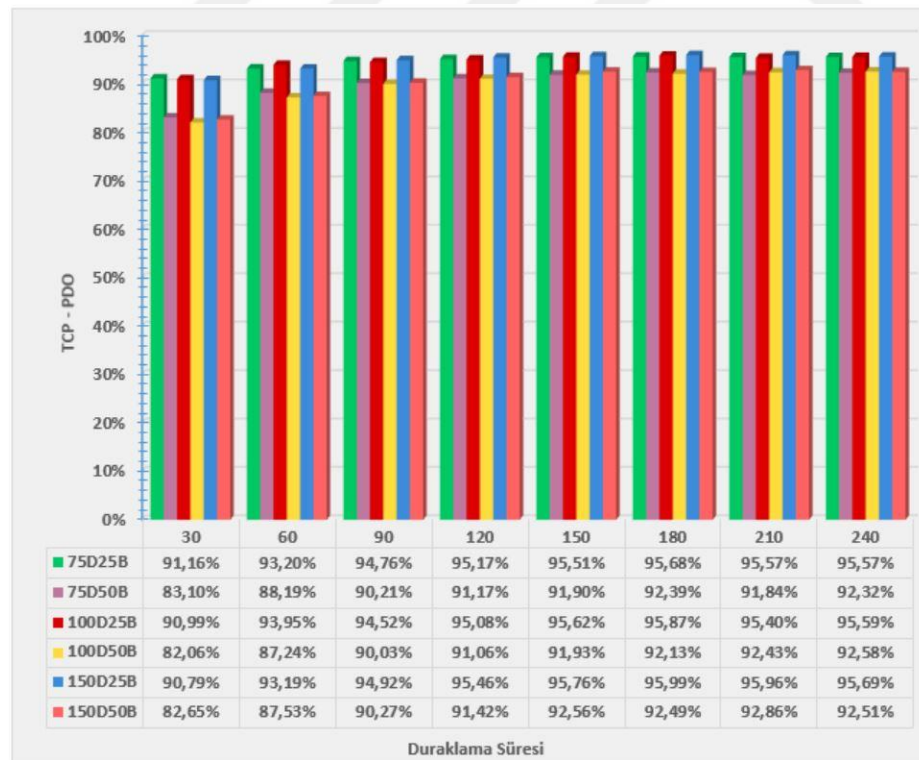
Şekil 5.4(a). Senaryo-1 - 25B: E-AODV için TCP-PDO

Şekil 5.4(b)’de görüldüğü üzere 50 bağlantılı düğümlerde de TCP paketler için paket dağıtım oranı, duraklama süresinin artmasıyla artış göstermiştir. Ayrıca her duraklama süresi için düğümlerin paket dağıtım oranlarının, 25 bağlantılı düğümlerde de olduğu gibi birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 5.4(c)’de görüldüğü gibi 25 bağlantılı düğümlerde, 50 bağlantılı düğümlere göre tüm duraklama sürelerinde TCP paket dağıtım oranları bakımından daha iyi sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir. 25 bağlantılı düğümlerde 30 duraklama süresi ile 240 duraklama süresi arasında yaklaşık %4-5 fark olmasına karşın 50 bağlantılı düğümlerde bu farkın %9-10 civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 5.4(b). Senaryo-1 - 50B: E-AODV için TCP-PDO



Şekil 5.4(c). Senaryo-1- 25B ve 50B: E-AODV için TCP-PDO

5.2. Senaryo-1 için E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin performanslarının karşılaştırılması

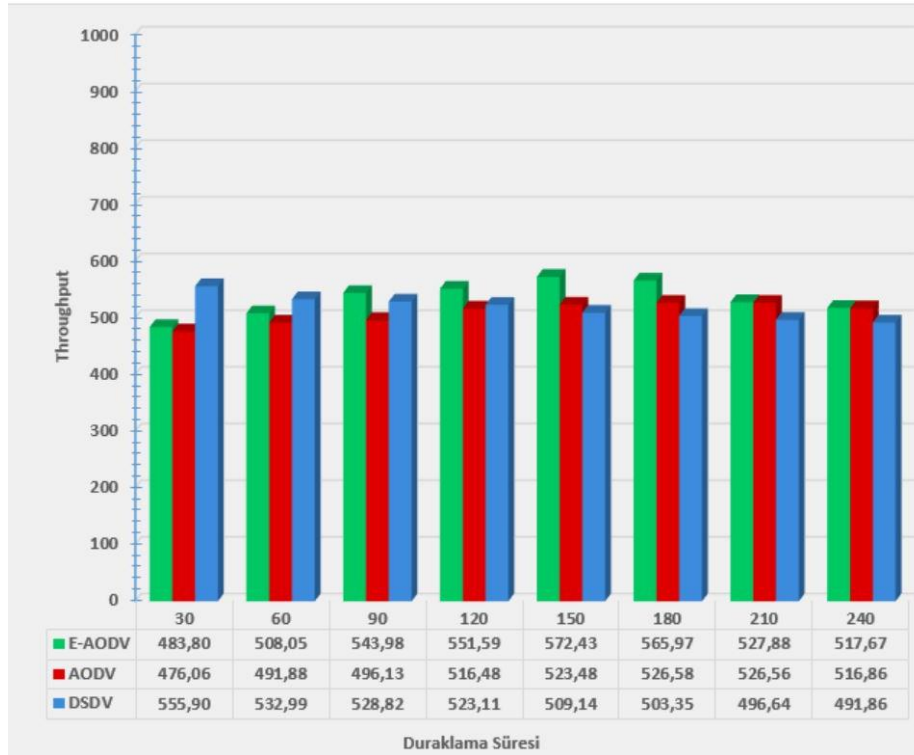
Bu bölümde E-AODV, AODV ve DSDV'nin performansları senaryo-1 için tüm düğüm ve bağlantılarda uçtan uca gecikme, throughput, paket dağıtım oranı ve TCP paket dağıtım oranları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Performans karşılaştırmaları düğüm ve bağlantı sayılarına göre yapılmıştır.

5.2.1. Senaryo-1'de throughput için protokollerin karşılaştırılması

E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin throughput değerleri 75, 100 ve 150 düğümlerde 25 ve 50 bağlantı için tüm duraklama sürelerinde karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 25 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.5'te görüldüğü üzere E-AODV'nin AODV'ye göre tüm duraklama sürelerinde throughput değerleri açısından daha iyi sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir.

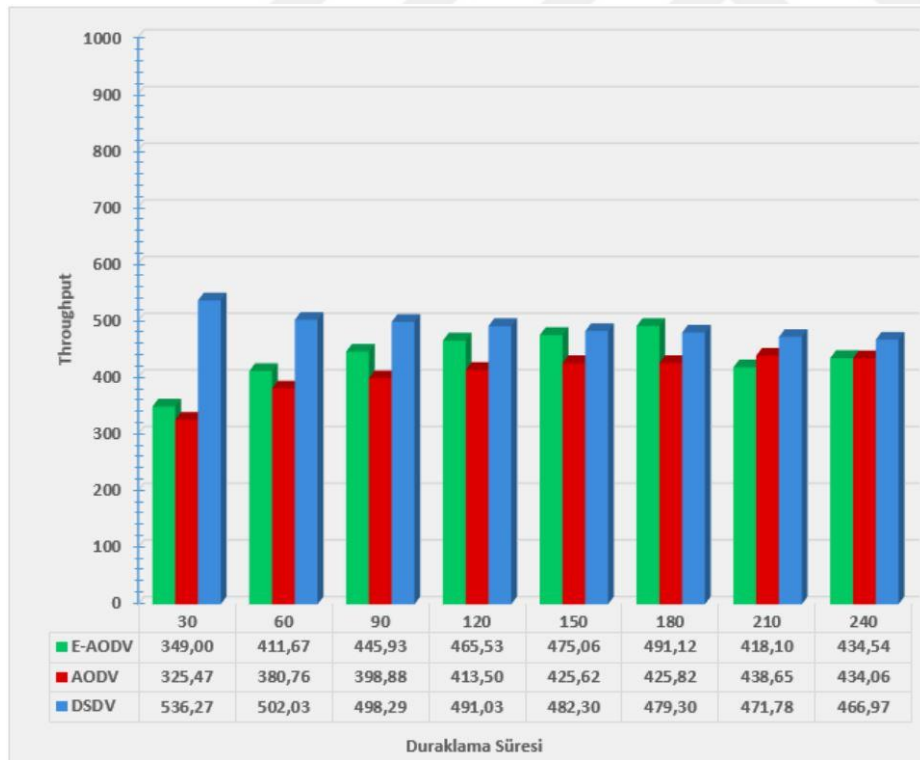


Şekil 5.5. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

Ancak 210 ve 240 duraklama süreleri için değerlerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. 30 ve 60 duraklama süresinde DSDV’de daha yüksek sonuçlar alınmasına karşın duraklama süresinin artmasıyla DSDV protokolünde azalma görülmektedir. E-AODV’de 150 duraklama süresinde en yüksek sonuç alınmıştır. 150 duraklama süresinde sonra çok fazla olmasa da E-AODV’de throughput değerlerinde azalma görülmüştür. Azalma görülmesine karşın E-AODV’nin diğer protokollerden daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. AODV protokolünde ise throughput değerinin 30 duraklama süresinden 180 duraklama süresine kadar arttığı görülmektedir. 210 duraklama süresinde 180 duraklama süresinde aldığı değerde sabit kaldığı ve sonrasında düşüş gösterdiği gözlemlenmiştir.

75 düğüm 50 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.6’da 75 düğüm 50 bağlantı için DSDV protokolünün throughput değerleri açısından genel olarak daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



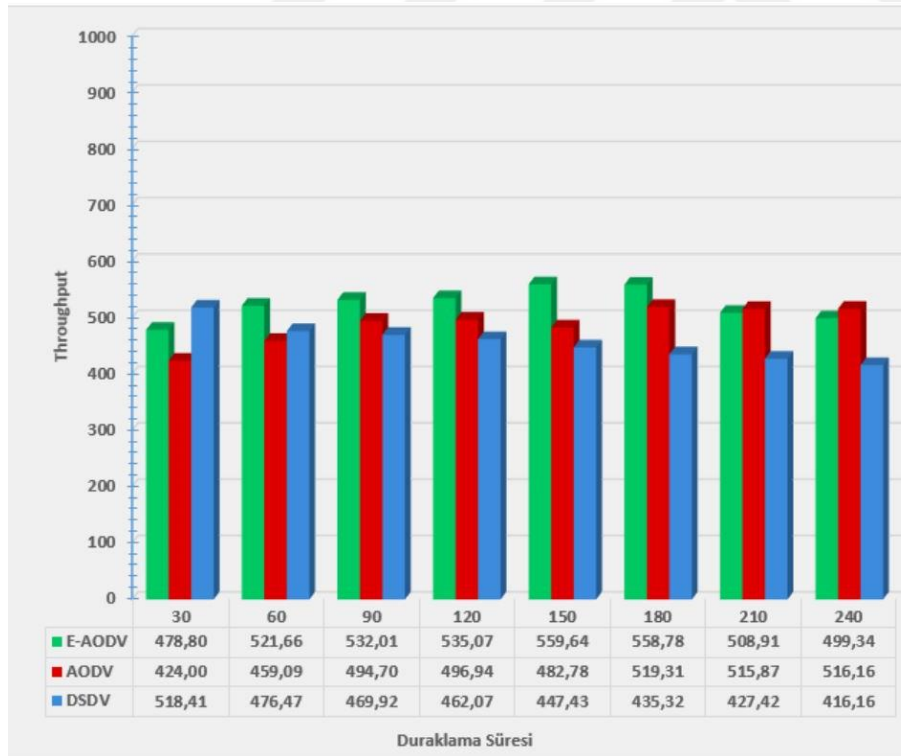
Şekil 5.6. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

90 duraklama süresinden itibaren E-AODV ve DSDV arasındaki throughput değerinin farkı azalmaktadır. 180 duraklama süresinde E-AODV’nin daha yüksek değere ulaştığı

görülmektedir. Ancak 210 ve 240 saniyelerde E-AODV'nin throughput değerleri DSDV'ye göre daha yüksek oranda düşüş göstermiştir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV'de throughput değerleri 180 saniyeye kadar artış göstermiştir. DSDV'de ise 240 saniyeye kadar throughput değerlerinin düzenli olarak azaldığı görülmektedir. AODV protokolünde de 210 duraklama süresine kadar throughput değerinin arttığı, sonrasında azalma yaşandığı görülmektedir. 75 düğüm 50 bağlantıda en yüksek değer 30 duraklama süresinde DSDV için alındığı görülmektedir. Çizelgelerde gösterilen, oluşturulan ve alınan paket sayıları ile uçtan uca gecikme süreleri birlikte karşılaştırıldığında E-AODV'nin 75 düğüm 50 bağlantı için de diğer protokollere göre daha uygun olduğu görülmektedir.

100 düğüm 25 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

100 düğüm 25 bağlantı için Şekil 5.7 incelendiğinde E-AODV'nin 150 duraklama süresine kadar throughput değerlerinin düzenli olarak arttığı görülmektedir.



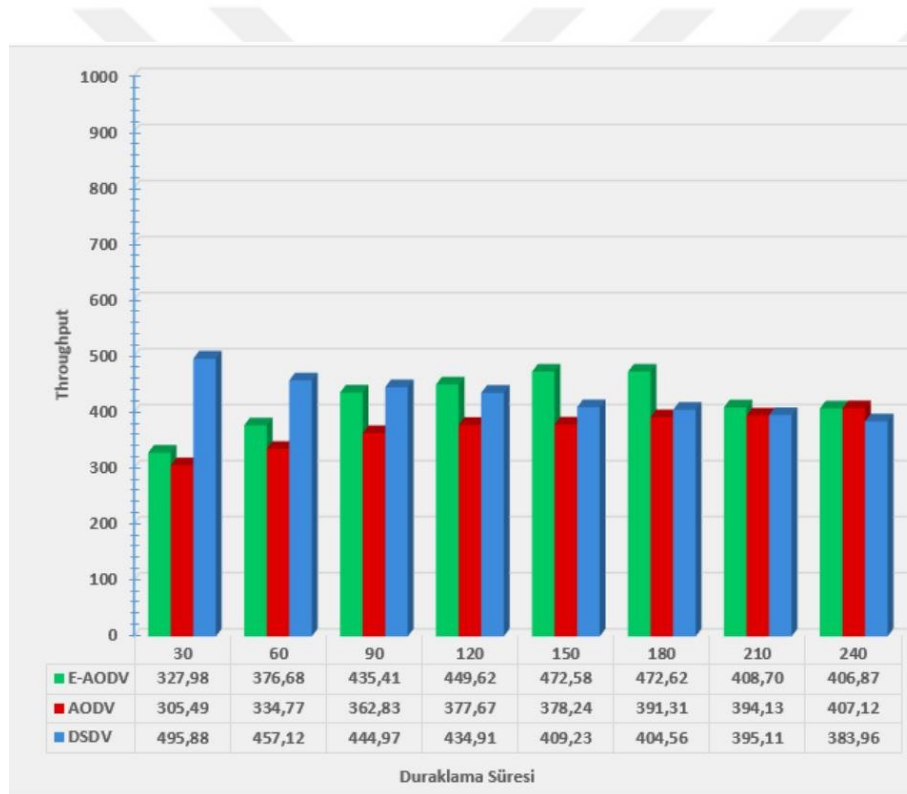
Şekil 5.7. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

210 ve 240 duraklama sürelerinde E-AODV'de throughput değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. AODV protokolünün throughput değerleri ise 180 duraklama süresine

kadar genel olarak artış göstermiştir. 210 ve 240 duraklama sürelerinde 180 duraklama süresindekiyle benzer sonuçlar almıştır. DSDV protokolünde 30 duraklama süresinden 240 duraklama süresine kadar throughput değerlerinde düzenli olarak düşüş gözlemlenmiştir.

100 düğüm 50 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

75 düğüm 50 bağlantıda da olduğu gibi 100 düğüm 50 bağlantıda da 90 duraklama süresine kadar DSDV'nin daha iyi throughput değerine sahip olduğu Şekil 5.8'de görülmektedir. 90 duraklama süresinde E-AODV'nin DSDV'ye yakın sonuç aldığı ve 120 duraklama süresinden itibaren daha iyi throughput değerleri ürettiği görülmüştür.



Şekil 5.8. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

150 ve 180 duraklama sürelerinde E-AODV'nin en iyi sonuçlara ulaştığı ve sonrasında throughput değerlerinde düşüş meydana geldiği görülmektedir. AODV protokolünün throughput değerleri 240 duraklama süresine kadar düzenli olarak artış göstermiştir. 240 duraklama süresinde E-AODV protoklüyle benzer throughput değeri almıştır. DSDV protokolünün 30 duraklama süresinde aldığı throughput değerinin 240 duraklama süresine kadar sürekli azaldığı görülmektedir. Bağlantı sayısının artması hem 75 düğüm hem de 100

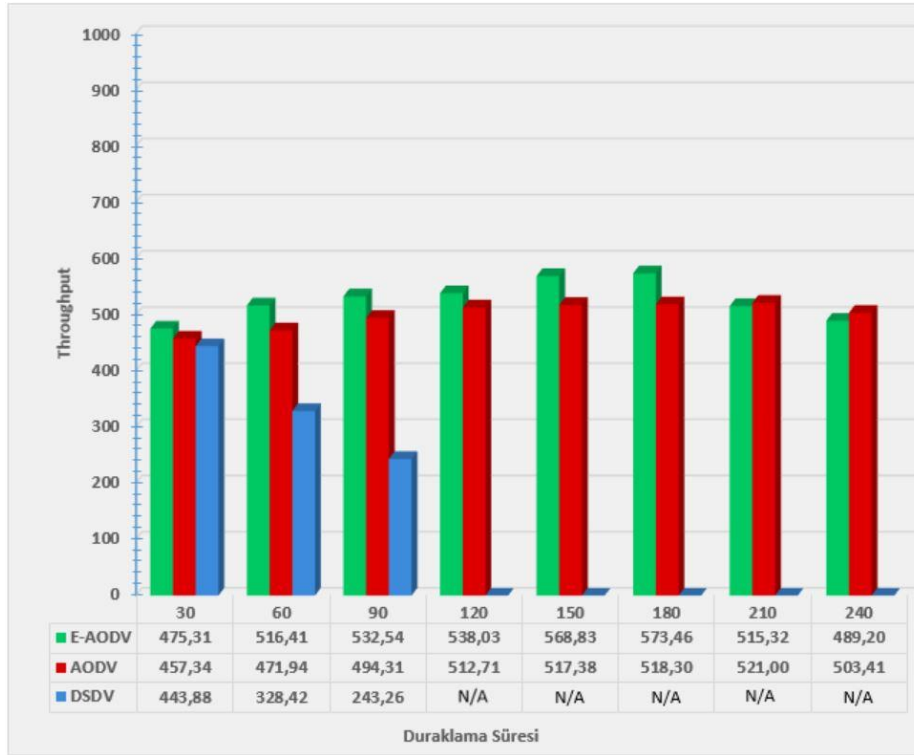
düğüm için tüm protokollerde throughput değerinin azalmasına neden olmuştur. DSDV'nin hem 75 düğüm hem de 100 düğüm için 30 ve 60 duraklama sürelerinde throughput değerinde başarılı olduğu görülmektedir. Ancak acil durum ve kurtarma senaryoları için throughput değerinin yanı sıra paketlerin daha az gecikmeyle 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 100 düğüm ve 50 bağlantı için de uygun olabileceği görülmektedir.

150 düğüm 25 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

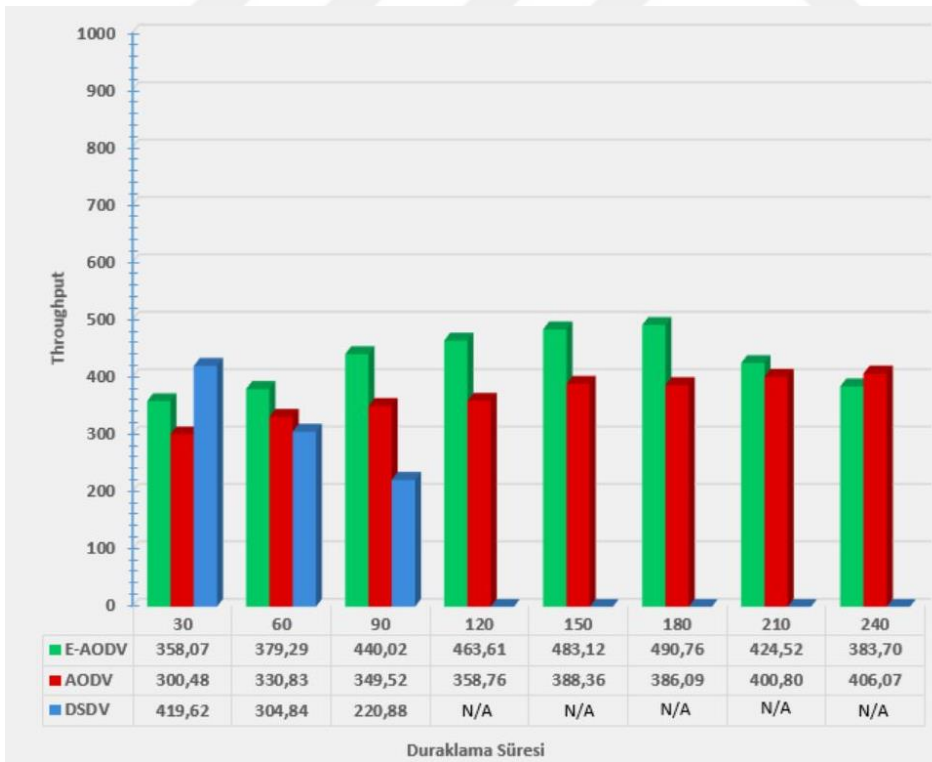
150 düğümde DSDV'de 90 duraklama süresinden sonra benzetim sonuçlanmadığı için 120, 150, 180, 210 ve 240 duraklama süreleri için değerler N/A şeklinde girilmiştir. Şekil 5.9'da görüldüğü üzere, throughput değerleri, E-AODV protokolünde 180 duraklama süresine kadar, AODV protokolünde 210 duraklama süresine kadar düzenli olarak artış göstermiştir. 180 duraklama süresine kadar E-AODV'nin, AODV'den daha başarılı sonuçlar aldığı görülmektedir. 210 ve 240 duraklama sürelerinde E-AODV'nin AODV'ye göre çok fazla olmasa da daha düşük sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir.

150 düğüm 50 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 25 bağlantıda da olduğu gibi 90 duraklama süresi sonrası 50 bağlantıda da DSDV protokolü için çalıştırılan benzetim sonuçlanmamıştır ve sonuçlar N/A şeklinde gösterilmiştir. Şekil 5.10'da 30 duraklama süresinde DSDV protokolünün daha iyi throughput değerine sahip olmasına karşın 60 ve 90 duraklama süresinde DSDV'ye ait throughput değeri belirgin ölçüde azalmıştır. Buna karşın E-AODV protokolünde 180 duraklama süresine kadar, AODV protokolünde ise 240 duraklama süresine kadar throughput değerlerinde artış görülmüştür. AODV protokolünde 150 duraklama süresinden itibaren benzer throughput değerlerinin alındığı görülmektedir. E-AODV'nin 210 duraklama süresine kadar AODV'den daha yüksek throughput değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. E-AODV protokolü 180 duraklama süresinde en yüksek throughput değerine ulaşmıştır.



Şekil 5.9. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput



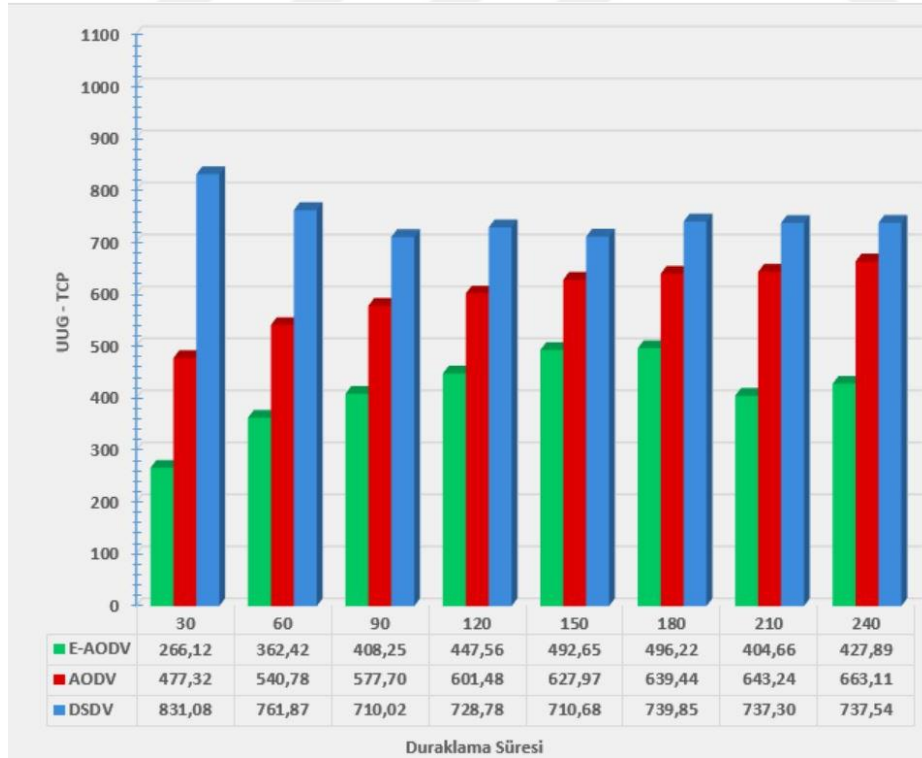
Şekil 5.10. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

5.2.2. Senaryo-1’de uçtan uca gecikme için protokollerin karşılaştırılması

Uçtan uca gecikme değerlerine göre protokollerin performansları tüm düğüm ve bağlantılar için karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 25 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

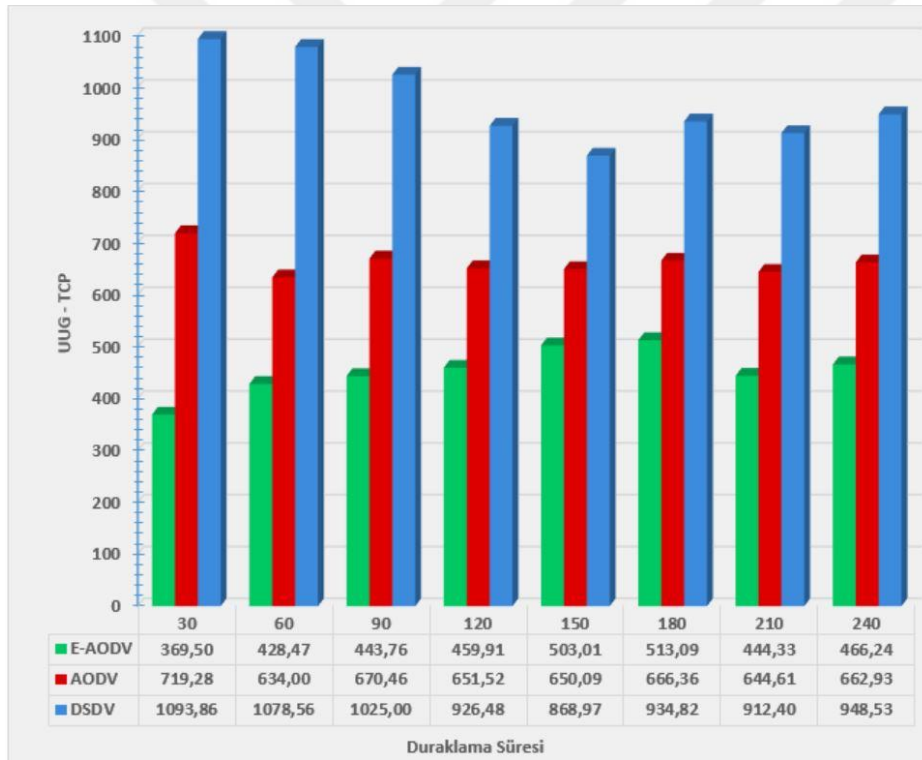
Şekil 5.11’de 75 düğüm 25 bağlantı da DSDV protokolünde çok fazla gecikme yaşandığı görülmektedir. E-AODV ve AODV’de uçtan uca gecikme, duraklama süresinin artmasıyla birlikte artarken DSDV’de azalmasına karşın tüm duraklama sürelerinde en iyi sonuçlar E-AODV protokolü için alınmıştır. En az gecikme 30 duraklama süresinde E-AODV’de yaşanmıştır. Buna karşın en fazla gecikme ise yine 30 duraklama süresinde DSDV’de yaşanmıştır. 75 düğüm 25 bağlantı için 210 ve 240 duraklama sürelerinde E-AODV ve AODV protokollerinin birbirlerine çok yakın throughput değerleri almasına karşın, uçtan uca gecikme süreleri açısından E-AODV’nin AODV’ye göre çok daha başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.11. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

75 düğüm 50 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.12 incelendiğinde 75 düğüm 50 bağlantıda uçtan uca gecikme 25 bağlantıya göre artış göstermiştir. Bu artışın en fazla DSDV protokolünde yaşandığı 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. 75 düğüm 50 bağlantı için yine en iyi sonucu 30 duraklama süresinde E-AODV vermiştir. E-AODV’de 180 duraklama süresine kadar uçtan uca gecikmenin arttığı görülmektedir. AODV ve DSDV’de dalgalanmalar olmuştur. Ancak yine de DSDV’de bu azalmalardan sonra bile diğer protokollere göre gecikme çok fazladır. 75 düğüm 50 bağlantı için E-AODV’de diğer protokollere göre daha düşük uçtan uca gecikme süreleri gözlemlenmiştir.

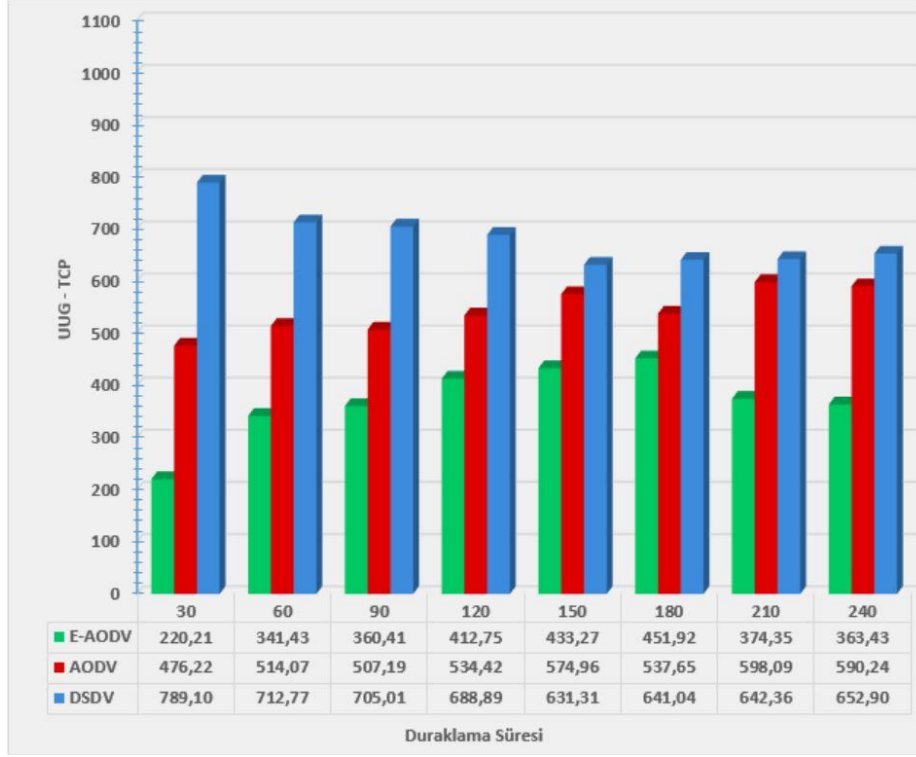


Şekil 5.12. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

100 düğüm 25 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

100 düğüm 25 bağlantı için, tüm protokoller duraklama sürelerine göre karşılaştırıldığında düğüm sayısının artmasıyla, uçtan uca gecikmenin azaldığı görülmektedir. Şekil 5.13 incelendiğinde 100 düğüm 25 bağlantı için E-AODV’nin gecikme süresinin AODV ve

DSDV'ye oranla tüm duraklama sürelerinde çok düşük olduğu görülmektedir. DSDV protokolü için gecikme diğer protokollere göre çok fazladır. 30 duraklama süresinde E-AODV en düşük gecikme süresine sahiptir.



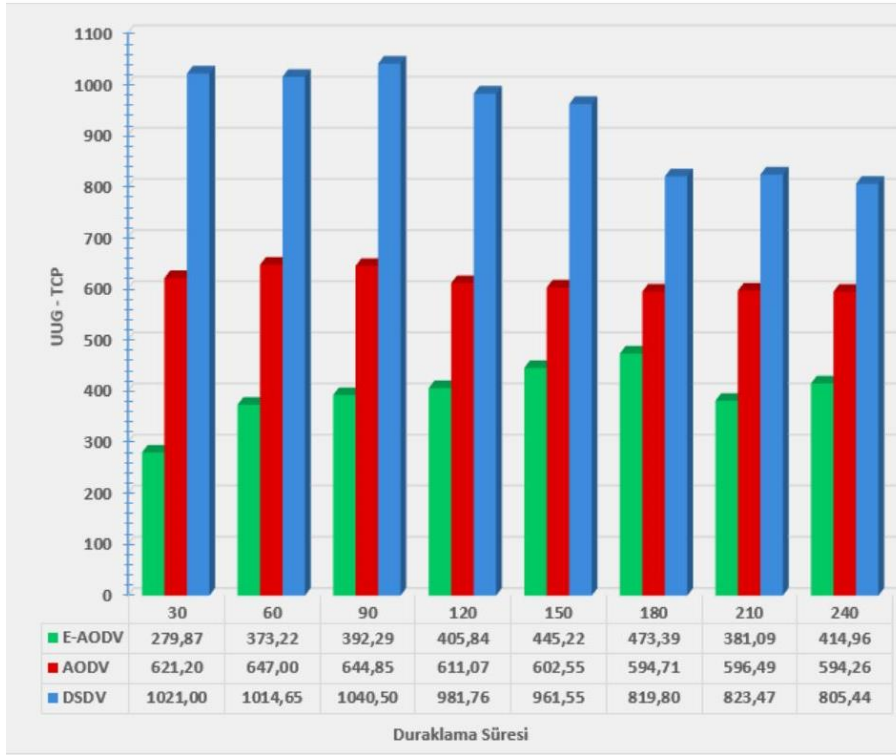
Şekil 5.13. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

100 düğüm 50 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

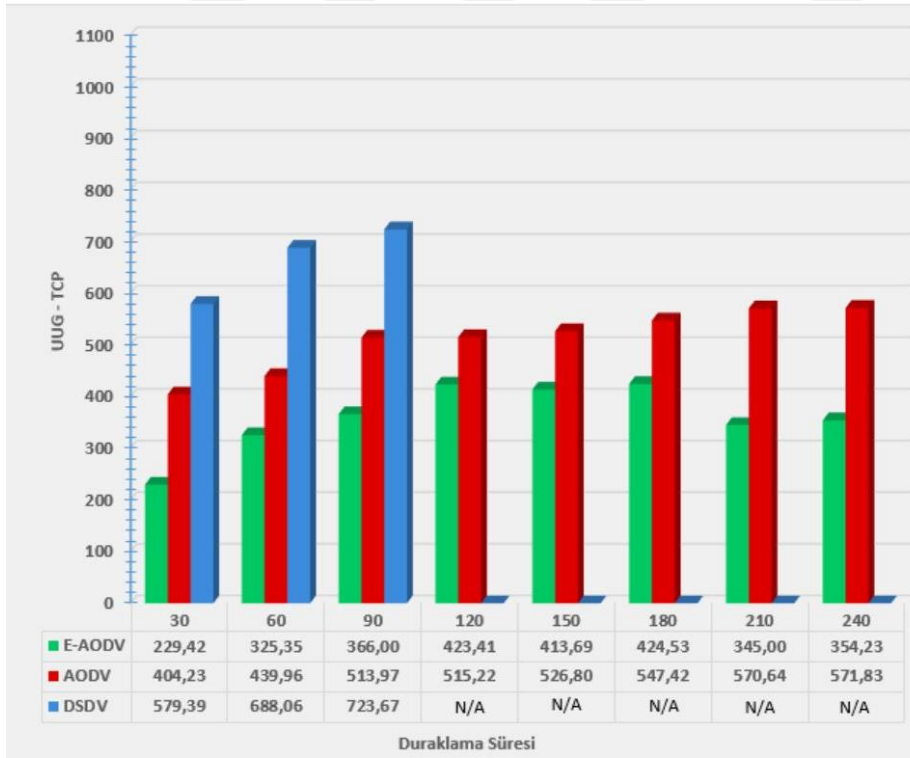
Şekil 5.14'deki verilere bakıldığında DSDV protokolünün çok yüksek uçtan uca gecikme değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın E-AODV'nin de tüm duraklama sürelerinde diğer protokollere göre daha düşük uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu görülmektedir.

150 düğüm 25 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 25 bağlantı için protokoller karşılaştırıldığında Şekil 5.15'te E-AODV'nin uçtan uca gecikme süresinin tüm duraklama sürelerinde diğer protokollere göre çok daha başarılı olduğu görülmektedir. 90 duraklama süresinden sonra DSDV protokolünde benzetim sonuçlanmadığı için değerler N/A olarak gösterilmiştir.



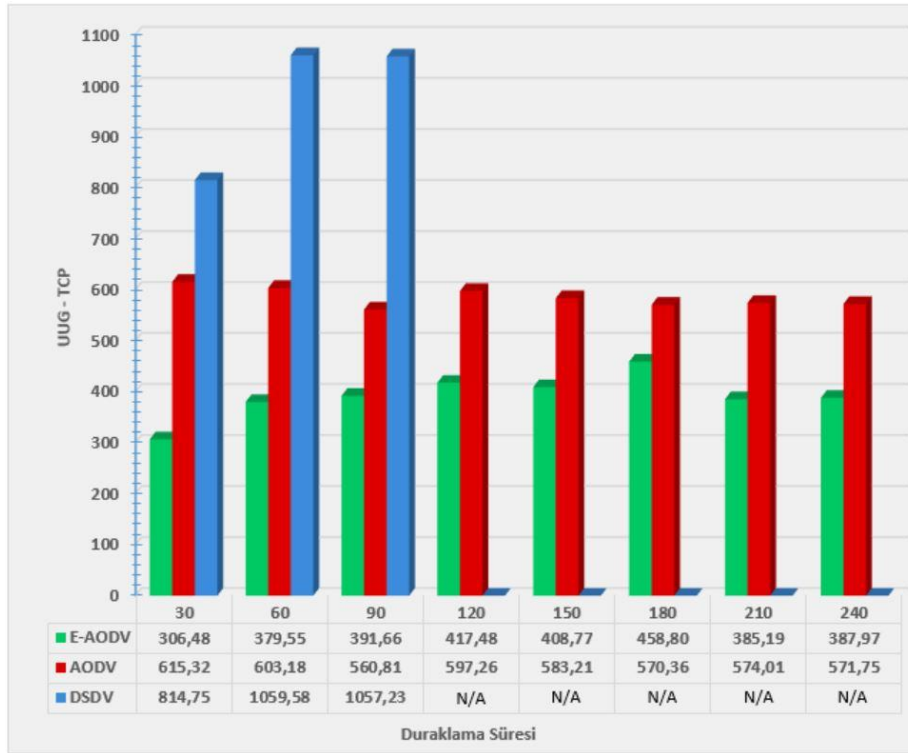
Şekil 5.14. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG



Şekil 5.15. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

150 düğüm 50 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 25 bağlantıda olduğu gibi Şekil 5.16'da, 50 bağlantı için de tüm duraklama sürelerinde E-AODV'de yaşanan uçtan uca gecikmenin diğer protokollere göre daha düşük olduğu görülmektedir. E-AODV ve AODV'de bağlantı sayısının artması gecikme süresini çok fazla arttırmasa da DSDV'de gecikmenin belirgin ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.16. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

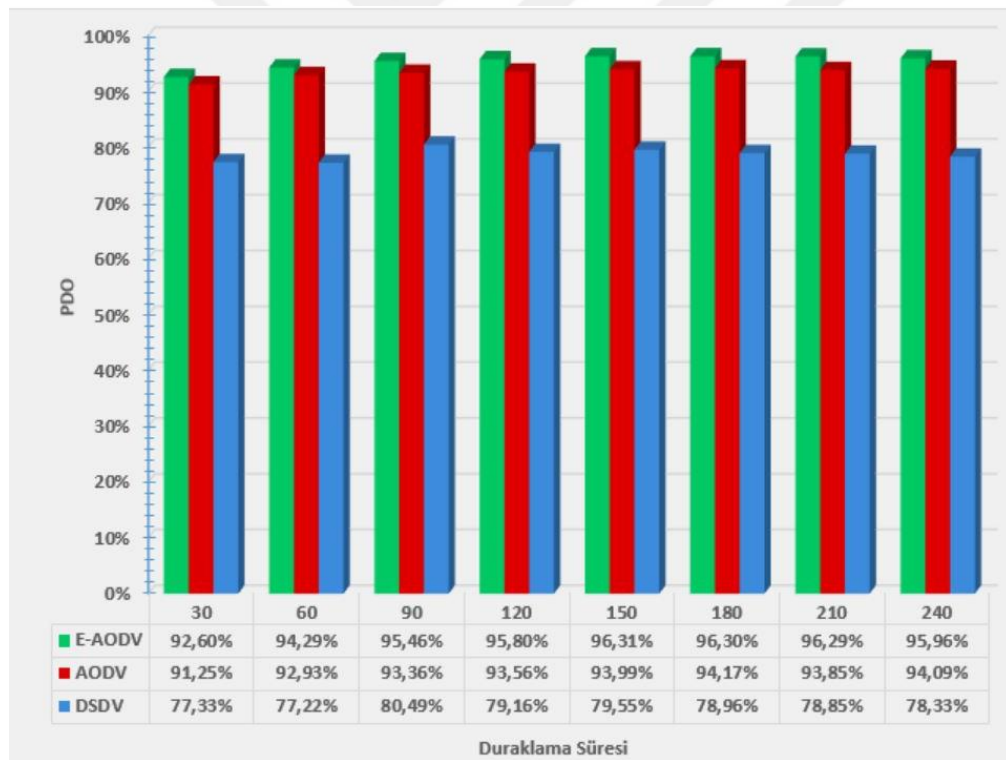
Uçtan uca gecikme ile ilgili tüm grafikler incelendiğinde tüm düğüm ve bağlantılarda geliştirilen E-AODV'nin daha başarılı sonuçlar aldığı görülmektedir. Bu çalışmadaki senaryo-1 için geliştirilen E-AODV protokolünün uçtan uca gecikmeyi önemli ölçüde azalttığı ve diğer protokollere göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Geliştirilen yeni algoritma ile amaçlanan uçtan uca gecikmenin azaltılması senaryo-1'de tüm düğüm ve bağlantılar için başarılmıştır.

5.2.3. Senaryo-1’de paket dağıtım oranı için protokollerin karşılaştırılması

E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin paket dağıtım oranı açısından performansları tüm düğümler ve bağlantı sayıları için aşağıda karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 25 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.17’de 75 düğüm 25 bağlantı da E-AODV tüm duraklama sürelerinde AODV ve DSDV’ye göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV’de paket dağıtım oranı da genel olarak artış göstermiştir. Paket dağıtım oranı 150 duraklama süresinde en yüksek değerine E-AODV’de ulaşmıştır. DSDV 60 duraklama süresindeki paket dağıtım oranı ile en düşük değeri almıştır.

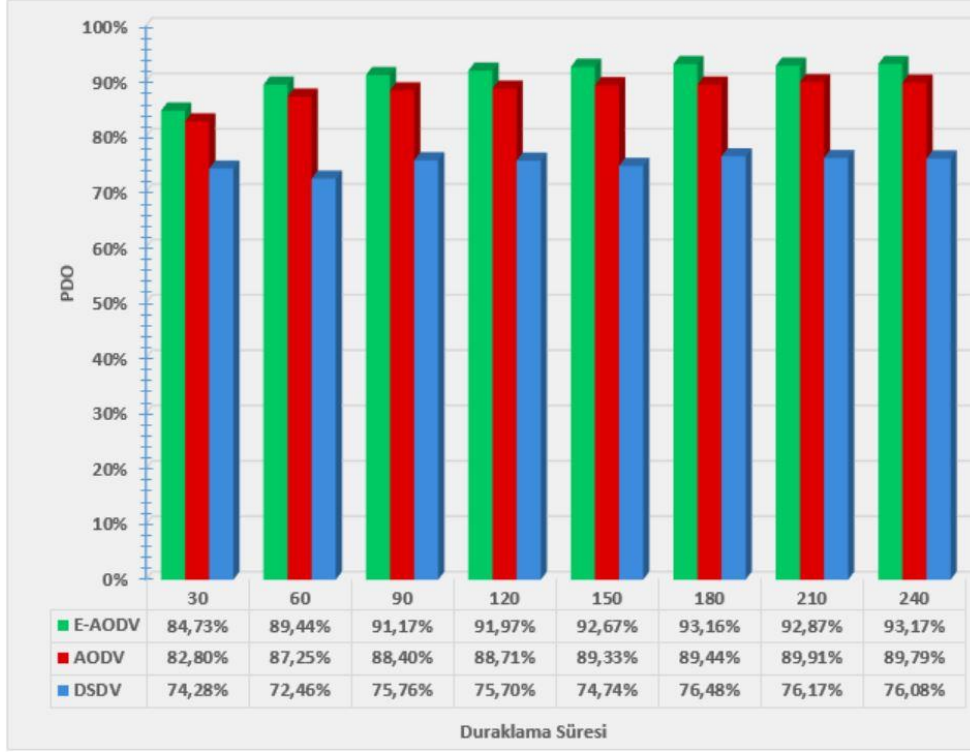


Şekil 5.17. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

75 düğüm 50 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

75 düğüm 50 bağlantı için de benzer durum söz konusudur. Şekil 5.18’de görüldüğü üzere E-AODV ve AODV’de duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranları da artış

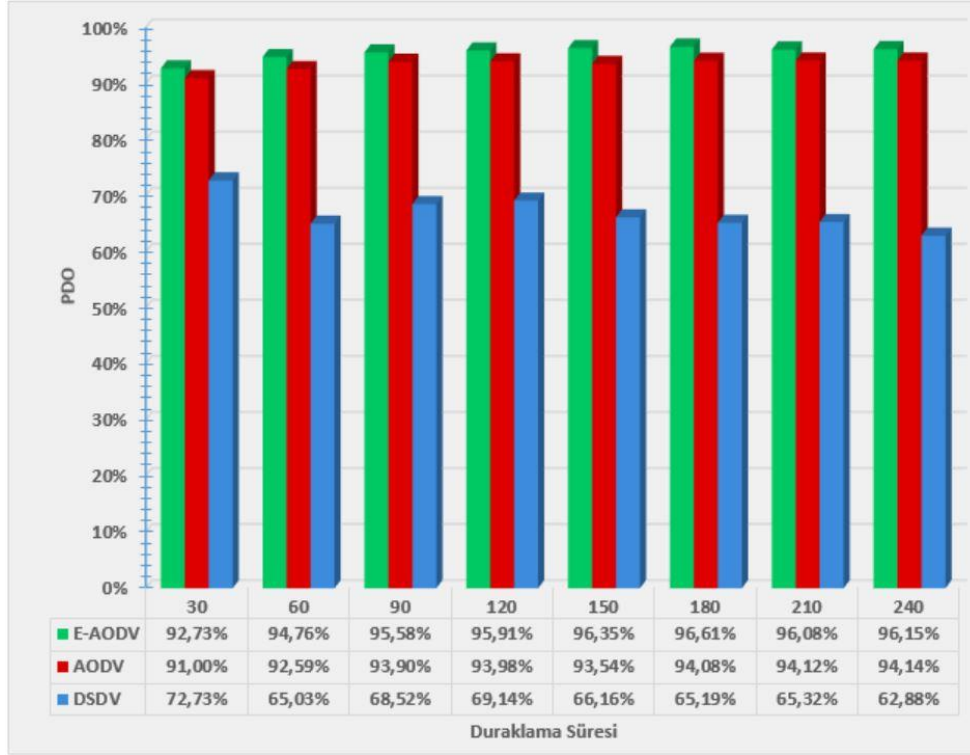
göstermesine rağmen DSDV’de dalgalanmalar yaşanmıştır. DSDV throughput değeri açısından 50 bağlantılı düğümlerde daha başarılı sonuçlar vermesine karşın paket dağıtım oranı açısından çok düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. 240 duraklama süresinde E-AODV’nin en yüksek paket dağıtım oranına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5.18. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

100 düğüm 25 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

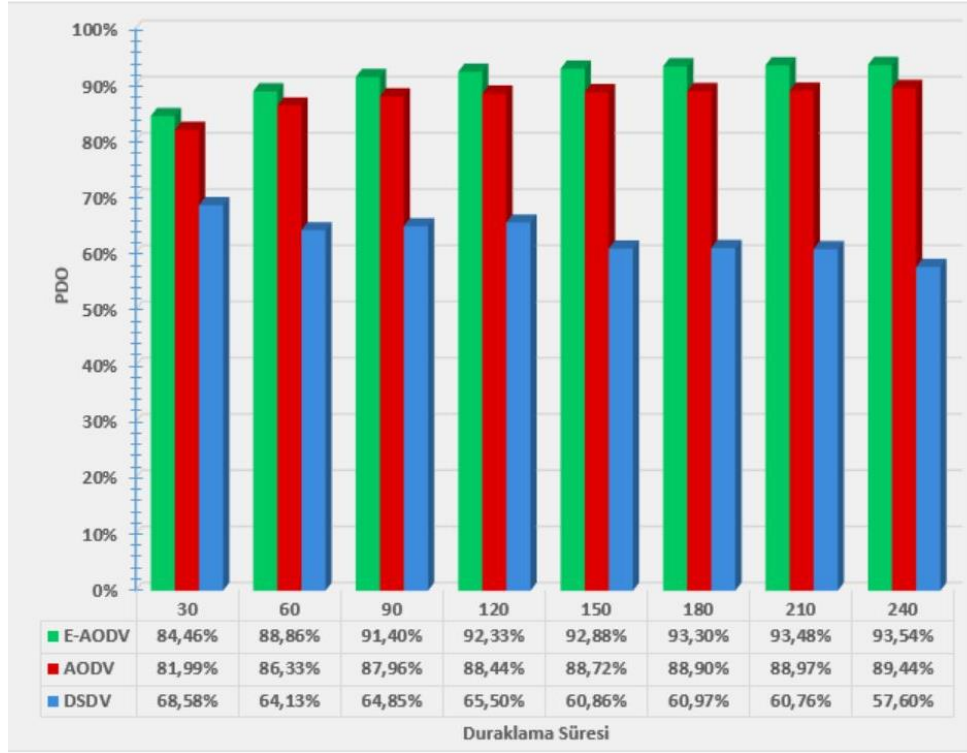
Şekil 19’da görüldüğü üzere protokollerin 100 düğüm 25 bağlantı için paket dağıtım oranları karşılaştırılmıştır. Düğüm sayısının artmasıyla DSDV’de paket dağıtım oranının azaldığı görülmektedir. E-AODV ve AODV’de düğüm sayısının artmasının, paket dağıtım oranı üzerinde belirgin bir değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV’de genel olarak artış görülmektedir. DSDV’de paket dağıtım oranlarında 30 duraklama süresiyle 240 duraklama süresi arasında yaklaşık %10 azalma gözlemlenmiştir. 180 duraklama süresinde E-AODV en yüksek değeri almıştır.



Şekil 5.19. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

100 düğüm 50 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

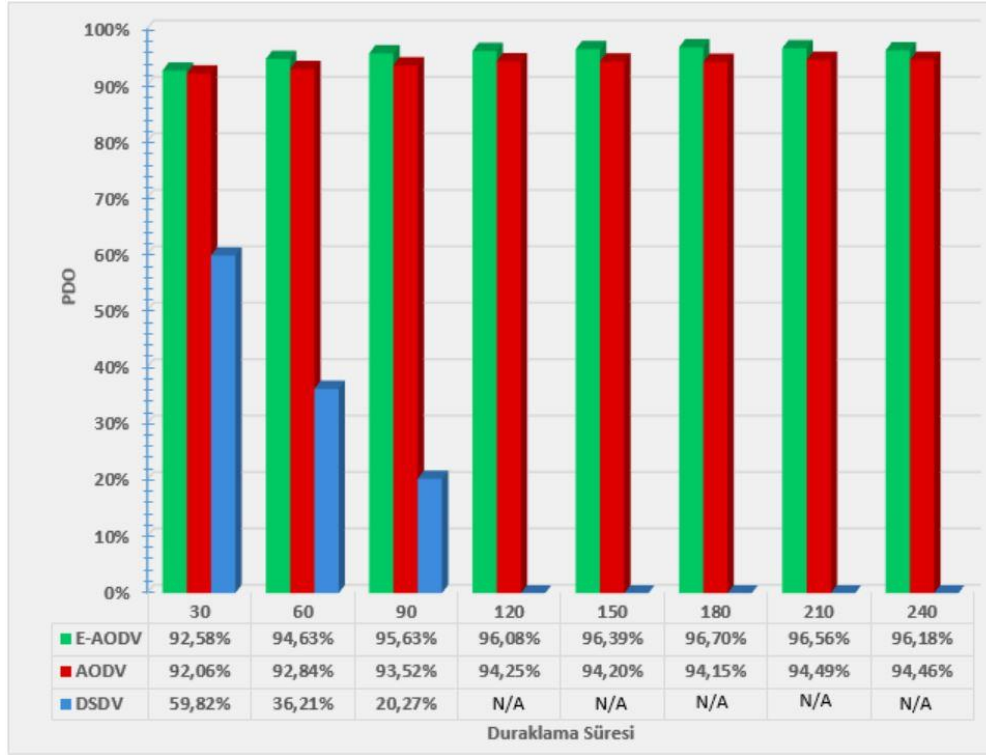
75 düğüm 50 bağlantıda da belirtildiği üzere DSDV'nin 50 bağlantılı düğümlerde throughput değerleri için verdiği başarılı sonuçlar uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranında görülememiştir. Şekil 5.20 incelendiğinde en yüksek paket dağıtım oranı değerine E-AODV protokolünün 240 duraklama süresinde ulaştığı görülmektedir. Acil durum ve kurtarma senaryoları için DSDV'nin karşılaştırılan diğer protokollere göre çok düşük paket dağıtım oranı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle senaryo-1 için DSDV protokolünün kullanılması uygun görülmemektedir.



Şekil 5.20. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

150 düğüm 25 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm için throughput ve uçtan uca gecikmede olduğu gibi paket dağıtım oranında da daha önce belirtildiği üzere 90 duraklama süresinden sonra DSDV’de benzetimin sonlanmadığı görülmüştür. Bu nedenle 120, 150, 180, 210 ve 240 duraklama sürelerinde sonuç alınamadığından değerler N/A şeklinde gösterilmiştir. Şekil 5.21’de görüldüğü üzere 150 düğüm 25 bağlantıda E-AODV protokolü AODV ve DSDV’ye göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. E-AODV ve AODV için paket dağıtım oranları 120 duraklama süresine kadar artış göstermiştir. Sonraki duraklama sürelerinde E-AODV ve AODV’nin sırasıyla yaklaşık olarak %96 ve %94 paket dağıtım oranlarına sahip olduğu görülmektedir. DSDV’de ise paket dağıtım oranı diğer protokollere göre hem çok düşük olmuştur hem de 90 duraklama süresine kadar azalmıştır. E-AODV paket dağıtım oranı için tüm duraklama sürelerinde en iyi sonuçları ve 180 duraklama süresinde en yüksek değeri almıştır.



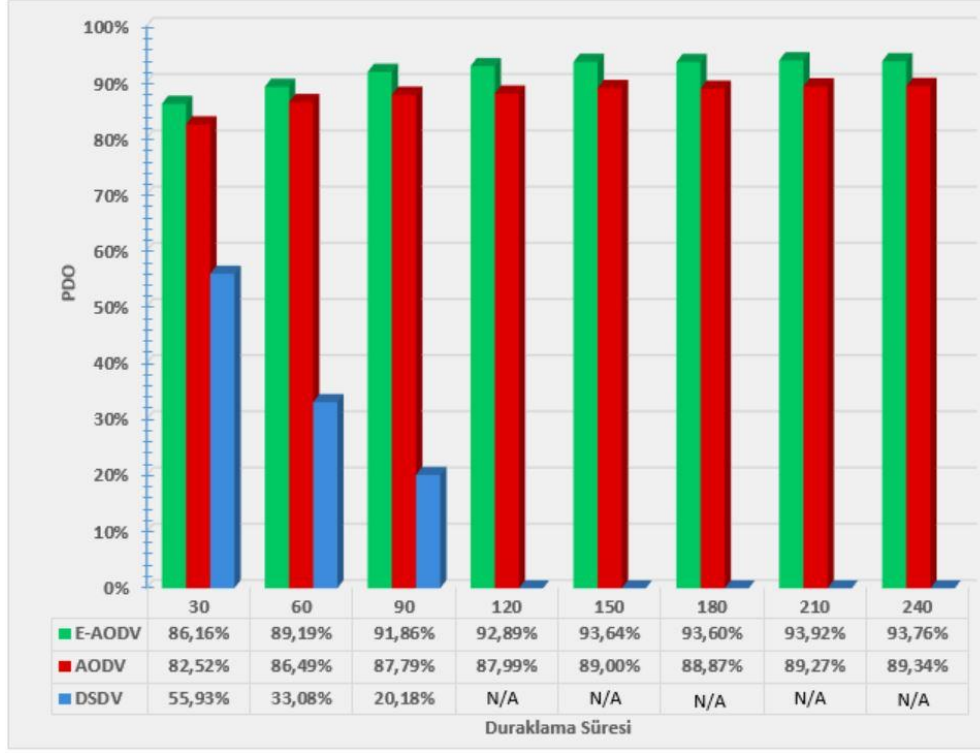
Şekil 5.21. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

150 düğüm 50 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 50 bağlantı için Şekil 5.22 incelendiğinde paket dağıtım oranı 150 düğüm 25 bağlantıya göre biraz daha düşük olsa da duraklama süresinin artmasıyla birlikte E-AODV ve AODV için sonuçlar artış göstermiştir. DSDV’de 150 düğüm 50 bağlantı için 90 duraklama süresinden sonra benzetim yine sonlanmadığı için değerler N/A olarak gösterilmiştir. 25 bağlantıya benzer şekilde DSDV’nin paket dağıtım oranı E-AODV ve AODV’ye göre çok düşük olmakla birlikte duraklama süresinin artmasıyla da azalma göstermiştir. E-AODV’de tüm duraklama sürelerinde diğer protokollere göre daha iyi sonuçlar alınmıştır ve en yüksek değere 210 duraklama süresinde ulaşılmıştır.

Throughput ve uçtan uca gecikme değerlerinde olduğu gibi E-AODV protokolü paket dağıtım oranı açısından incelendiğinde senaryo-1 için başarılı sonuçlar vermiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, E-AODV ve AODV protokollerinde düğüm sayısının artmasının paket dağıtım oranları açısından belirgin değişikliğe sebep olmadığı gözlemlenmiştir. DSDV protokolünde ise düğüm sayısının artması paket dağıtım oranının

azalmasına neden olmuştur. Bağlantı sayısının artması ise tüm protokollerde paket dağıtım oranının azalmasına neden olmuştur.



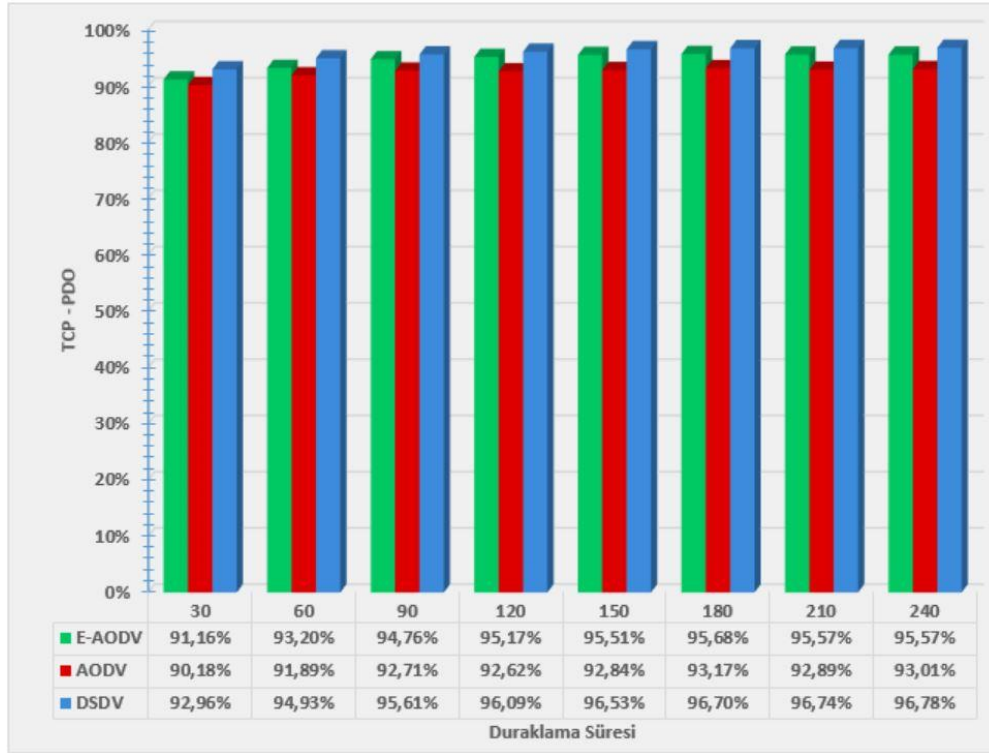
Şekil 5.22. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

5.2.4. Senaryo-1’de TCP paket dağıtım oranına göre protokollerin karşılaştırılması

Bu bölümde paket dağıtım oranı sadece TCP paketler dikkate alınarak hesaplanmış ve protokollerin sadece TCP paketler için gerçekleştirdiği paket dağıtım oranları karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 25 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.23’de 75 düğüm 25 bağlantıda TCP paket dağıtım oranı gösterilmektedir. E-AODV ve DSDV’nin çok yakın değerler aldıkları görülmektedir. AODV ise tüm duraklama sürelerinde daha düşük sonuçlar almıştır. DSDV’nin bir önceki bölümdeki tüm paketler için değerlendirilen paket dağıtım oranına göre çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



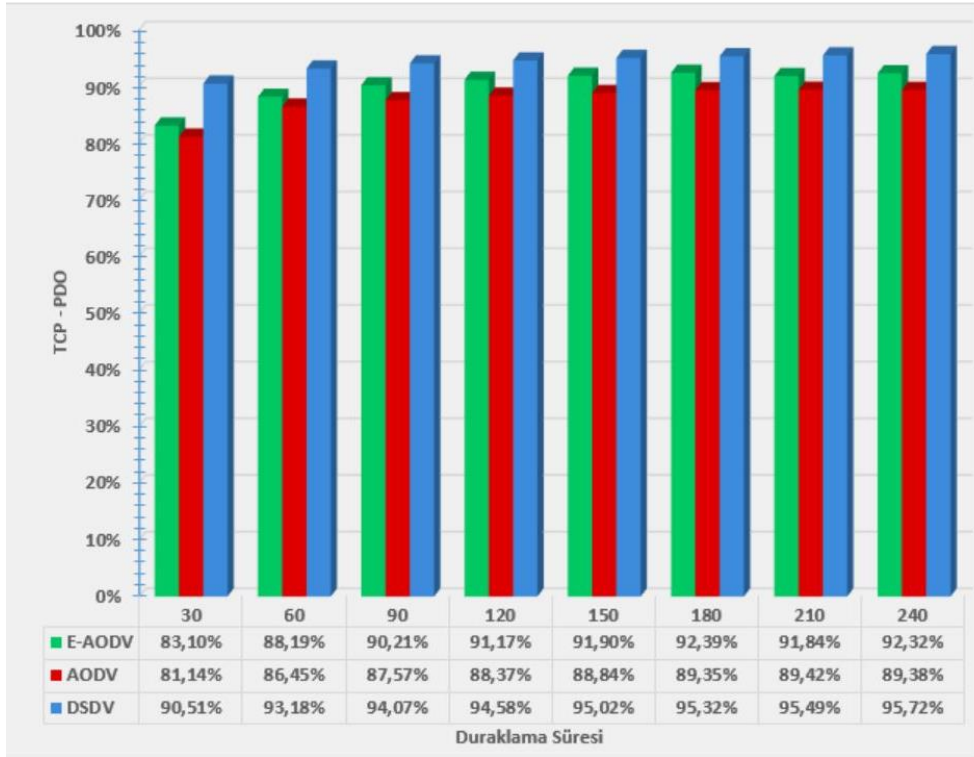
Şekil 5.23. Senaryo-1 - 75D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

75 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

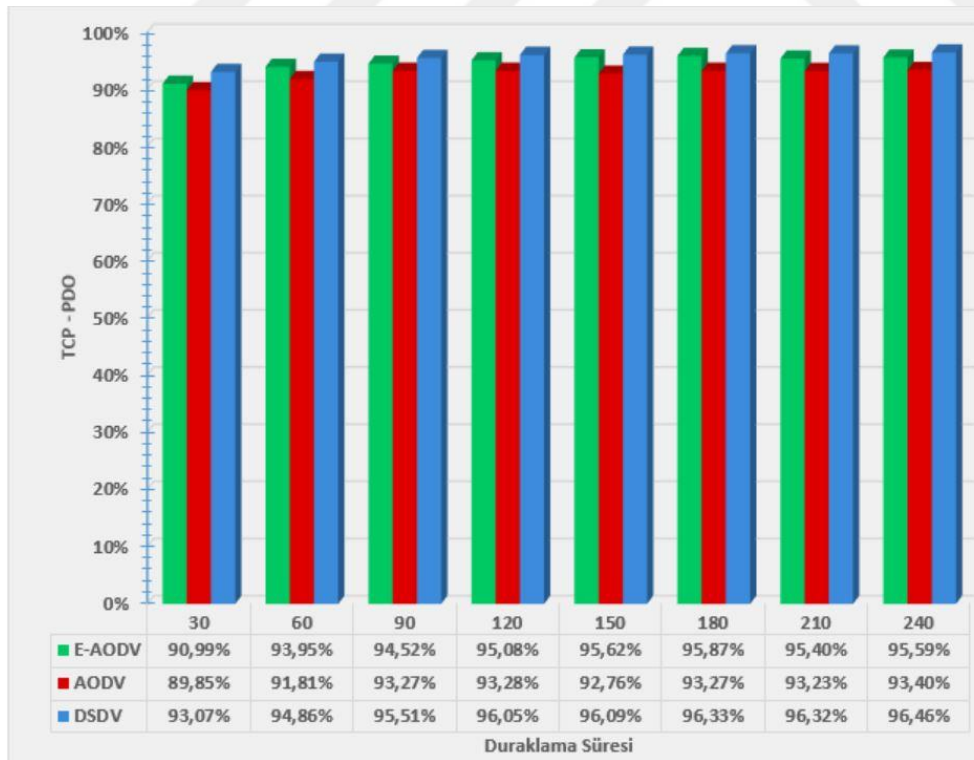
Şekil 5.24'te, sadece TCP paketlerin dağıtım oranları açısından değerlendirildiğinde DSDV'nin 75 düğüm 50 bağlantıda daha iyi sonuçlar aldığı görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla tüm protokollerin paket dağıtım oranları da genel olarak artış göstermiştir. E-AODV protokolünde AODV'ye göre daha başarılı sonuçlar alındığı görülmektedir.

100 düğüm 25 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

75 düğüm 25 bağlantıda olduğu gibi 100 düğüm 25 bağlantıda da, E-AODV ve DSDV protokollerinin TCP paketlerin dağıtımında birbirlerine çok yakın paket dağıtım oranlarına sahip olduğu Şekil 5.25'te gösterilmektedir. DSDV'nin tüm duraklama sürelerinde daha yüksek değerler aldığı ancak E-AODV ile arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir. E-AODV protokolünün, TCP paketlerin dağıtım oranları açısından AODV protokolüne göre daha başarılı olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 5.24. Senaryo-1 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO



Şekil 5.25. Senaryo-1 - 100D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

100 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

75 düğüm 50 bağlantıda olduğu gibi, DSDV protokolünün, 100 düğüm 50 bağlantıda E-AODV ve AODV'ye göre TCP paketlerin dağıtım oranı açısından daha yüksek değerlere sahip olduğu Şekil 5.26'da görülmektedir. 180 duraklama süresine kadar tüm protokollerde paket dağıtım oranlarının arttığı, sonrasında belirgin bir değişikliğin olmadığı neredeyse sabit değerler aldıkları görülmektedir. E-AODV ve AODV protokolleri 30 duraklama süresinden 240 duraklama süresine kadar sadece TCP paketler için paket dağıtım oranlarını yaklaşık %10 oranında arttırmıştır. DSDV protokolünde bu artışın %6 civarında olduğu görülmektedir.

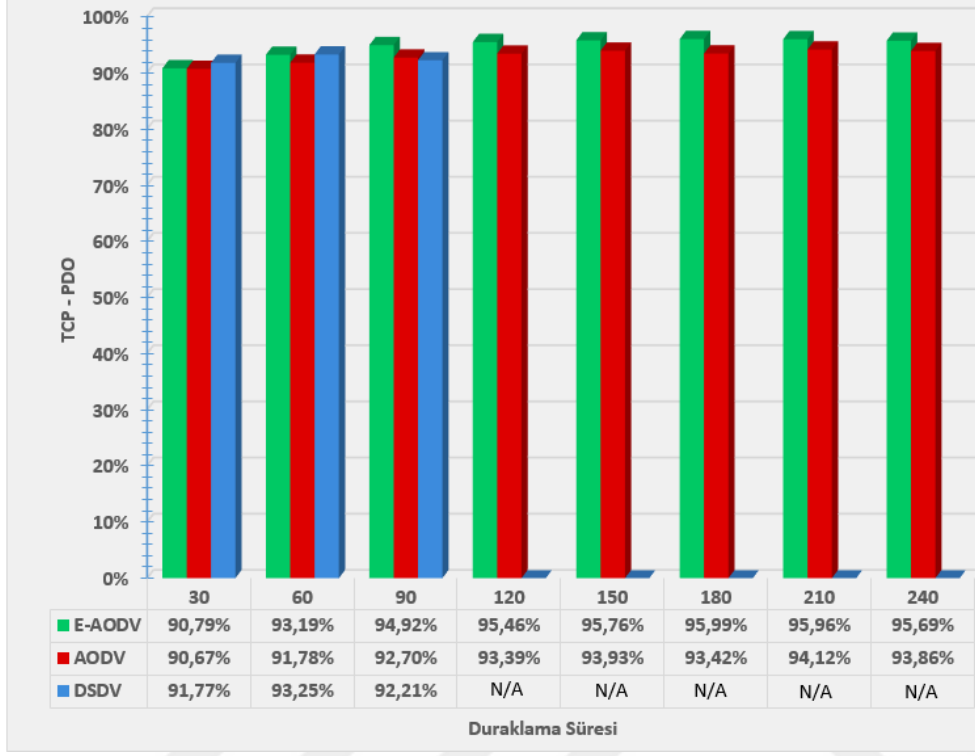


Şekil 5.26. Senaryo-1 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

150 düğüm 25 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.27'de, 75 ve 100 düğümler için TCP paket dağıtım oranına göre DSDV'nin diğer protokollere göre daha başarılı sonuçlar aldığı görülmektedir. Ancak 150 düğümde, 90 duraklama süresi sonrasında benzetimi sonlandıramadığı için DSDV'nin TCP paket dağıtım oranları alınamamıştır ve değerler tabloda N/A şeklinde gösterilmiştir. E-AODV

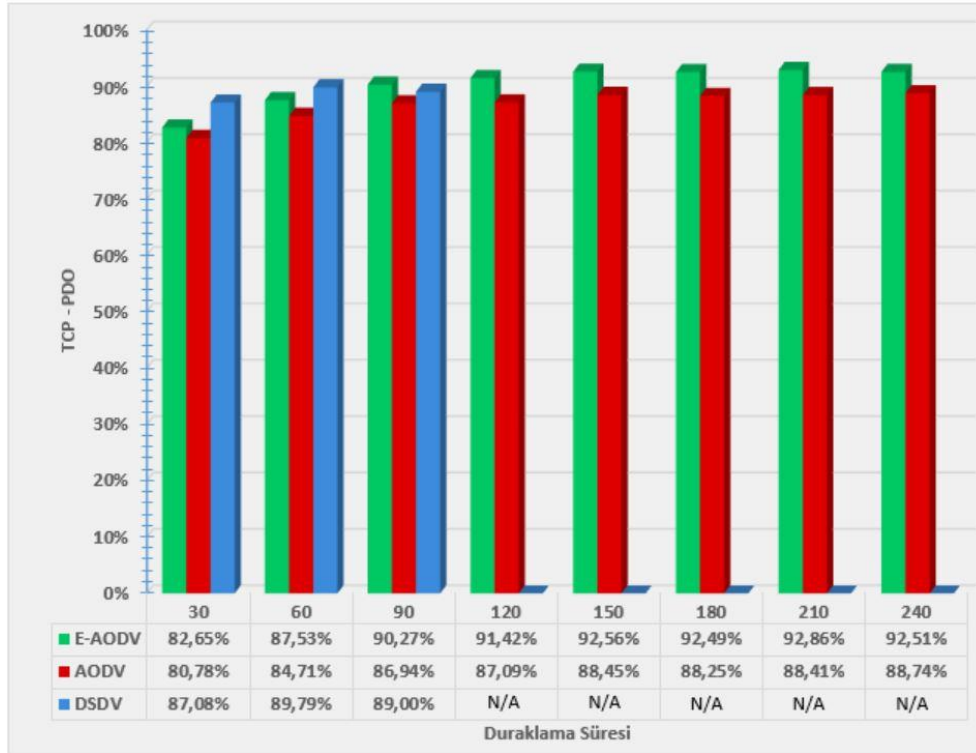
protokolünün tüm duraklama sürelerinde AODV'den daha yüksek TCP paket dağıtım oranına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5.27. Senaryo-1 - 150D 25B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

150 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 50 bağlantı için Şekil 5.28’de TCP paket dağıtım oranı gösterilmektedir. 90 duraklama süresinden sonra DSDV’de benzetim sonlanmadığı için sonuç alınamamıştır. 30 duraklama süresinde DSDV protokolünün diğer protokollere göre daha yüksek TCP paket dağıtım oranına sahip olduğu görülmektedir. Ancak E-AODV protokolünün 90 duraklama süresinde DSDV protokolünden daha daha yüksek sonuç aldığı gözlemlenmiştir. 150 duraklama süresine kadar E-AODV ve AODV protokollerinin TCP paket dağıtım oranları arttığı görülmektedir. Sonraki duraklama sürelerinde sırasıyla yaklaşık %92 ve %88 oranlarında değerler aldıkları görülmüştür. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV protokollerinin, TCP paketler için paket dağıtım oranlarını büyük ölçüde arttırdıkları gözlemlenmiştir. 150 düğüm 50 bağlantıda da E-AODV, AODV’den daha başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.28. Senaryo-1 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

TCP paketler için paket dağıtım oranları açısından tüm düğümler ve bağlantılar genel olarak değerlendirildiğinde geliştirilen E-AODV senaryo-1’de AODV’den daha başarılı olmuştur. 75 ve 100 düğümlerde 25 bağlantı için E-AODV ve DSDV’nin birbirlerine çok yakın sonuç aldıkları görülmüştür. Ancak 50 bağlantı için DSDV daha başarılı olmuştur. Düğüm sayısının artması DSDV’yi olumsuz etkilemiştir ve 150 düğümde 90 duraklama süresinden sonra benzetimden sonuç alınamamıştır.

Throughput, uçtan uca gecikme, paket dağıtım oranı ve TCP için paket dağıtım oranı değerlendirildiğinde geliştirmiş olduğumuz E-AODV senaryo-1 için tutarlı sonuçlar vermiştir. Çalışmanın amacı olan AODV protokolü üzerinde yapılan geliştirme sonucunda E-AODV’nin uçtan uca gecikmeyi azaltırken throughput ve paket dağıtım oranlarını artırma hedefi senaryo-1 için başarılı olmuştur.

5.3. Senaryo-2 için E-AODV performansının değerlendirilmesi

Çizelge 5.2’de senaryo-2 için E-AODV protokolünde 50 ve 100 bağlantılarda, farklı düğüm sayılarında farklı duraklama sürelerinde; oluşturulan toplam paket ve alınan paket;

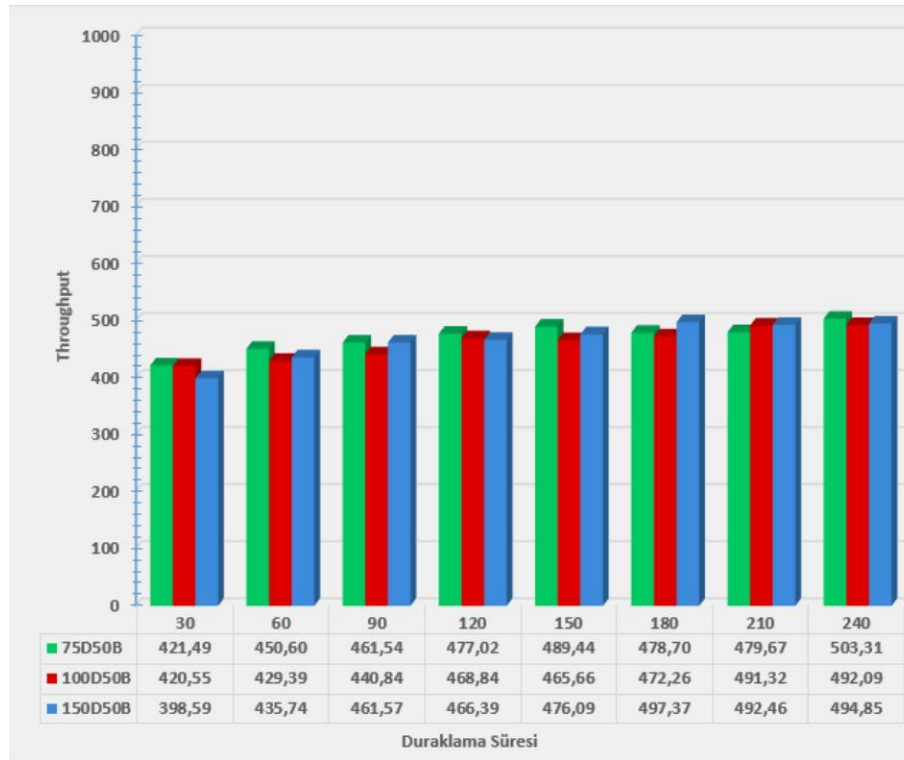
oluşturulan toplam TCP paket, alınan ve düşen TCP paket; oluşturulan toplam UDP paket, alınan ve düşen UDP paket sayıları görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla tüm bağlantı ve düğümlerde paket sayılarının düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir. 50 bağlantılı düğümlerde oluşturulan paket sayıları 100 bağlantılı düğümlere göre daha fazla olmuştur.

Çizelge 5.2. Senaryo-2 için E-AODV protokolündeki paket sayıları

75D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP
30 sn	3194	2829	1458	1315	41	422	300	21
60 sn	7336	6728	3334	3080	153	922	730	57
90 sn	11391	10616	5137	4832	210	1422	1184	78
120 sn	15757	14854	7100	6735	251	1922	1640	94
150 sn	20320	19342	9159	8739	328	2422	2161	104
180 sn	23948	22858	10741	10285	376	2922	2627	119
210 sn	28128	26900	12610	12096	446	3422	3092	130
240 sn	33504	32262	15053	14529	448	3922	3599	131
75D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP
30 sn	2667	1981	1028	809	88	830	486	102
60 sn	5921	4856	2205	1886	189	1830	1310	212
90 sn	9626	8234	3611	3185	300	2830	2183	283
120 sn	12953	11345	4800	4323	364	3830	3108	347
150 sn	16741	14932	6231	5680	447	4830	4035	375
180 sn	20651	18641	7721	7100	517	5830	4982	415
210 sn	24311	22169	9073	8408	558	6830	5932	443
240 sn	28342	26033	10621	9891	631	7830	6891	488
100D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP
30 sn	3205	2815	1466	1317	47	422	273	26
60 sn	6984	6398	3137	2926	109	922	714	54
90 sn	10996	10181	4946	4628	214	1422	1136	84
120 sn	15522	14590	6975	6625	253	1922	1615	96
150 sn	19411	18361	8702	8287	326	2422	2092	110
180 sn	23613	22536	10554	10137	330	2922	2594	123
210 sn	28572	27431	12800	12350	363	3422	3077	119
240 sn	32798	31530	14690	14186	422	3922	3532	142
100D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP
30 sn	2453	1736	915	707	78	830	431	124
60 sn	5593	4404	2039	1724	185	1830	1183	247
90 sn	8847	7448	3201	2816	263	2830	2118	310
120 sn	12243	10586	4440	3973	334	3830	3012	349
150 sn	15680	13812	5684	5167	397	4830	3906	417
180 sn	19107	17026	6923	6355	451	5830	4803	472
210 sn	22798	20507	8302	7666	530	6830	5741	511
240 sn	25706	23134	9281	8595	592	7830	6579	648
150D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP
30 sn	3049	2679	1382	1245	37	422	277	22
60 sn	7060	6430	3181	2957	113	922	689	57
90 sn	11476	10346	5166	4883	167	1422	1136	64
120 sn	15425	14613	6911	6592	218	1922	1644	76
150 sn	19738	18766	8848	8468	290	2422	2116	93
180 sn	24652	23508	11073	10657	309	2922	2560	113
210 sn	28689	27518	12865	12402	382	3422	3066	109
240 sn	32942	31681	14754	14267	405	3922	3537	125
150D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP
30 sn	2441	1684	913	698	68	830	391	116
60 sn	5542	4258	2020	1698	191	1830	1069	261
90 sn	8912	7357	3248	2834	277	2830	1965	307
120 sn	12582	10089	4617	4135	336	3830	2835	384
150 sn	15682	13599	5707	5143	433	4830	3707	426
180 sn	19133	16805	6957	6346	492	5830	4622	517
210 sn	23098	20684	8460	7808	523	6830	5620	489
240 sn	24547	21247	8699	8017	539	7830	5749	961

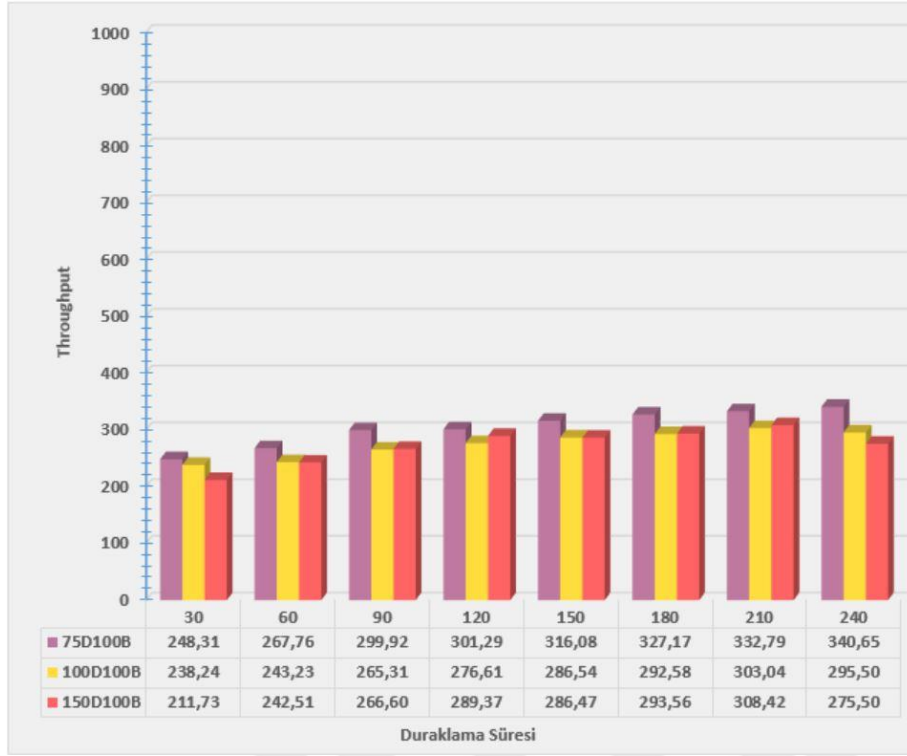
5.3.1. Senaryo-2’de E-AODV’nin throughput performansı

Şekil 5.29(a)’da 50 bağlantılı düğümlerde duraklama süresinin artmasıyla throughput değerlerinin de genel olarak arttığı görülmektedir. Her bir duraklama süresinde düğümler birbirlerine yakın sonuçlar almıştır. En yüksek throughput değeri 75 düğümde 240 duraklama süresinde alınmıştır.



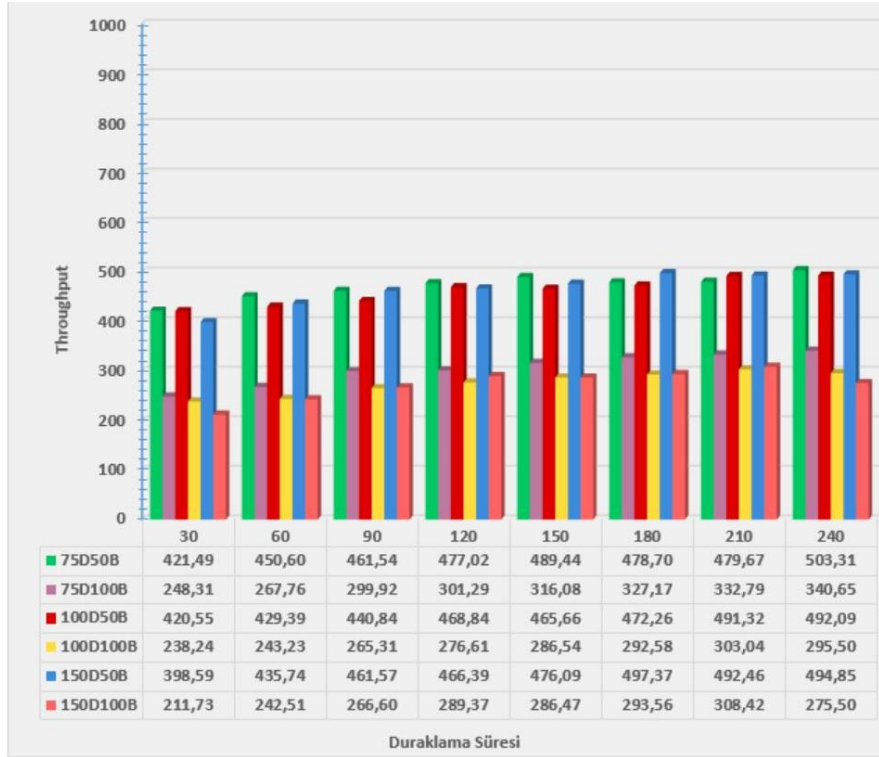
Şekil 5.29(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için throughput

Şekil 5.29(b) incelendiğinde duraklama süresinin artmasıyla 100 bağlantılı düğümlerde E-AODV için throughput’un da genel olarak arttığı görülmektedir. 100 ve 150 düğümlü bağlantılarda 210 duraklama süresinden sonra throughput değerinde düşüş görülmektedir. Ancak 75 düğümlü bağlantılarda tüm duraklama sürelerinde throughput değerinin arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek throughput değerinin 240 duraklama süresinde 75 düğüm için alındığı görülmektedir. 50 TCP bağlantısına karşı 100 TCP ve UDP bağlantılı düğümlerde throughput değerinin azaldığı görülmüştür. Senaryo-1’de 50 bağlantılı düğümlerle senaryo-2’de 100 bağlantı düğümler karşılaştırıldığında senaryo-2’nin daha düşük değerler aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.29(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için throughput

Şekil 5.29(c)'de görüldüğü üzere E-AODV'nin 50 bağlantılı düğümlerde, 100 bağlantılı düğümlere göre çok daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir. Bağlantı ve UDP paket sayılarının artması nedeniyle throughput değerleri açısından 50 ve 100 bağlantılar arasındaki farkın daha fazla olduğu görülmektedir. Senaryo-1'de 180 duraklama süresinden sonra throughput değerlerinde düşüş yaşanmasına karşın senaryo-2'de 75 ve 100 düğümlü bağlantılarda artış olduğu görülmektedir. 150 düğüm 50 bağlantıda 180 duraklama süresinden itibaren belirgin bir değişimin olmadığı, 100 bağlantıda ise 210 duraklama süresinde artıştan sonra belirgin bir düşüşün yaşandığı görülmektedir.

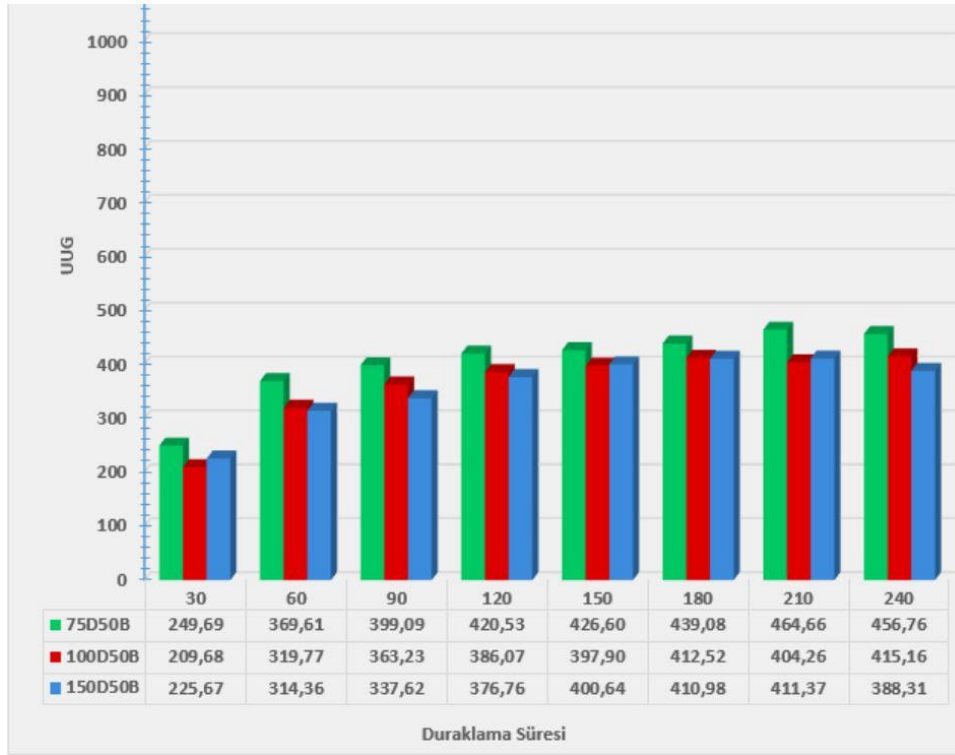


Şekil 5.29(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için throughput

5.3.2. Senaryo-2’de E-AODV’nin uçtan uca gecikme performansı

Senaryo-2’de, 75 ve 150 düğümlü bağlantılar için uçtan uca gecikme süresinin 210 duraklama süresine kadar arttığı sonrasında azaldığı Şekil 5.30(a)’da görülmektedir. 100 düğümlü bağlantıda 210 duraklama süresinde bir düşüş olmasına karşın 240 duraklama süresinde tekrar bir artış gözlemlenmiştir. En düşük uçtan uca gecikme süresinin 30 duraklama süresinde 100 düğümlü bağlantıda meydana geldiği görülmektedir.

Duraklama süresinin artmasıyla 100 bağlantılı düğümlerde, uçtan uca gecikmenin genel olarak arttığı görülmektedir. Şekil 5.30(b)’de 75 düğümlerde, tüm duraklama sürelerinde daha yüksek gecikme yaşandığı görülmüştür. 50 bağlantıya göre 100 bağlantılı düğümlerde daha düşük gecikmenin olduğu gözlemlenmiştir. Senaryo-1 ile karşılaştırıldığında, senaryo-2’de uçtan uca gecikmenin yüksek bağlantı sayısında daha düşük olduğu görülmüştür.

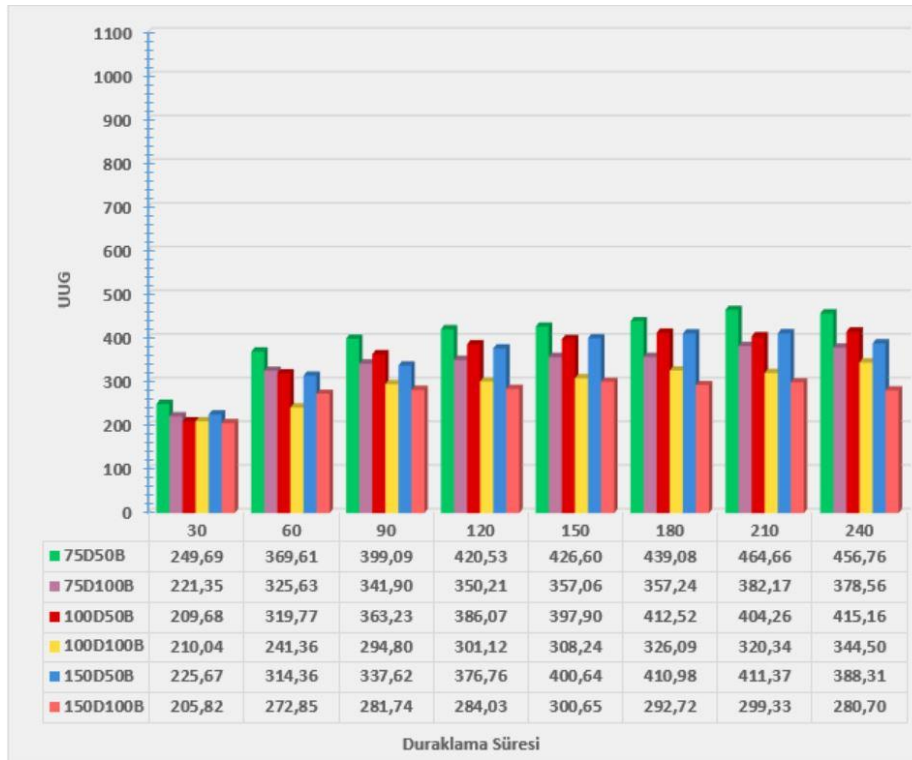


Şekil 5.30(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için UUG



Şekil 5.30(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için UUG

Şekil 5.30(c)'de görüldüğü gibi 30 duraklama süresinde tüm bağlantı ve düğümlerde uçtan uca gecikme değerleri birbirine yakın sonuçlar verirken, duraklama süresinin artmasıyla 75 düğüm 50 bağlantının daha yüksek sonuçlar aldığı görülmektedir. 100 ve 150 düğümlü bağlantılar her bir duraklama süresinde birbirlerine çok yakın sonuçlar almışlardır. Senaryo-1 ile karşılaştırıldığında senaryo-2'de hem 50 hem de 100 bağlantılı düğümlerde 180 duraklama süresine kadar daha düşük uçtan uca gecikmenin olduğu görülmektedir. Ancak 210 ve 240 duraklama sürelerinde, senaryo-1'deki 25 bağlantılı düğümlere karşılık gelen senaryo-2'deki 50 bağlantılı düğümlerde daha yüksek uçtan uca gecikmelerin yaşandığı gözlemlenmektedir.

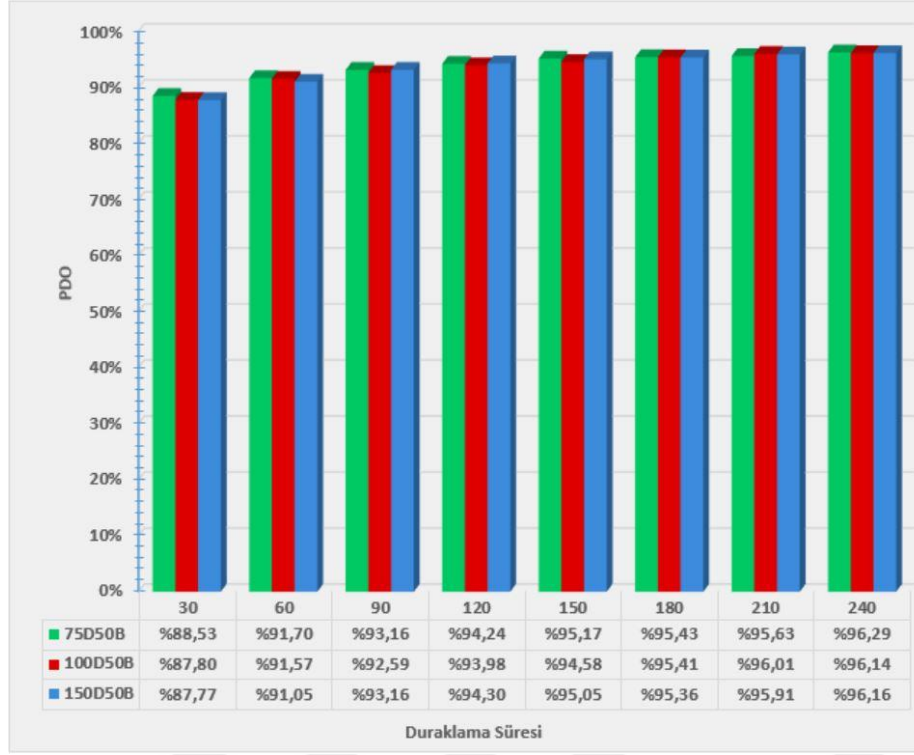


Şekil 5.30(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için UUG

5.3.3. Senaryo-2'de E-AODV'nin paket dağıtım oranı performansı

Duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranının da arttığı Şekil 5.31(a)'da görülmektedir. Her bir duraklama süresinde sonuçlar birbirlerine çok yakındır. 240 duraklama süresinde en yüksek sonuçlar alınmıştır. 25 bağlantılı senaryo-1 ile 50 bağlantılı senaryo-2 karşılaştırıldığında ise her iki senaryoda da sonuçların birbirlerine yakın olduğu

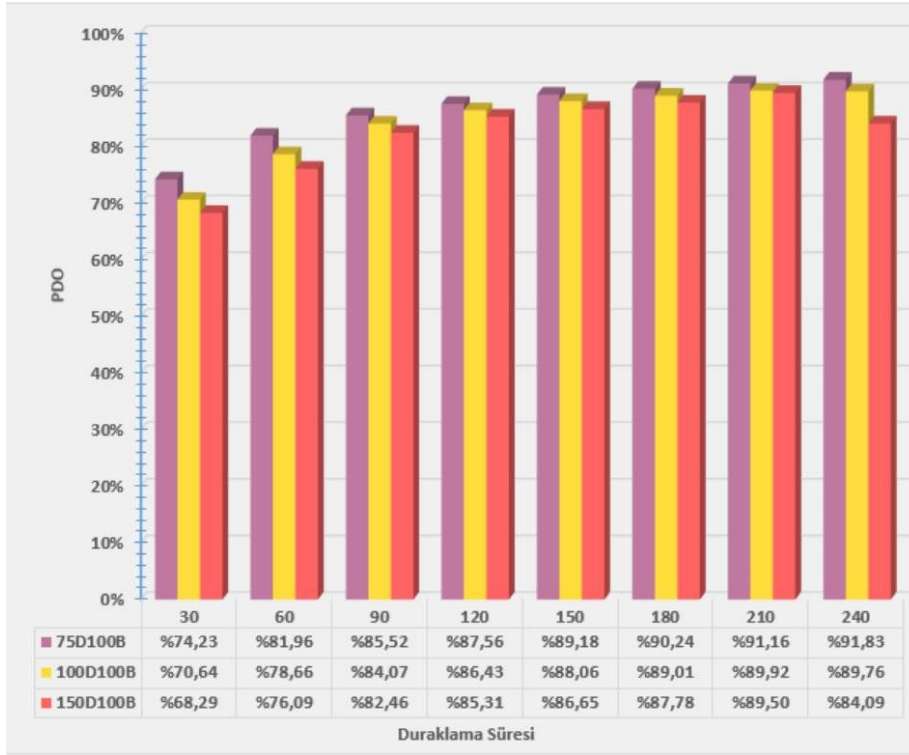
ve 50 bağlantı için eklenen UDP paketlerin paket dağıtım oranını olumsuz etkilemediği görülmektedir.



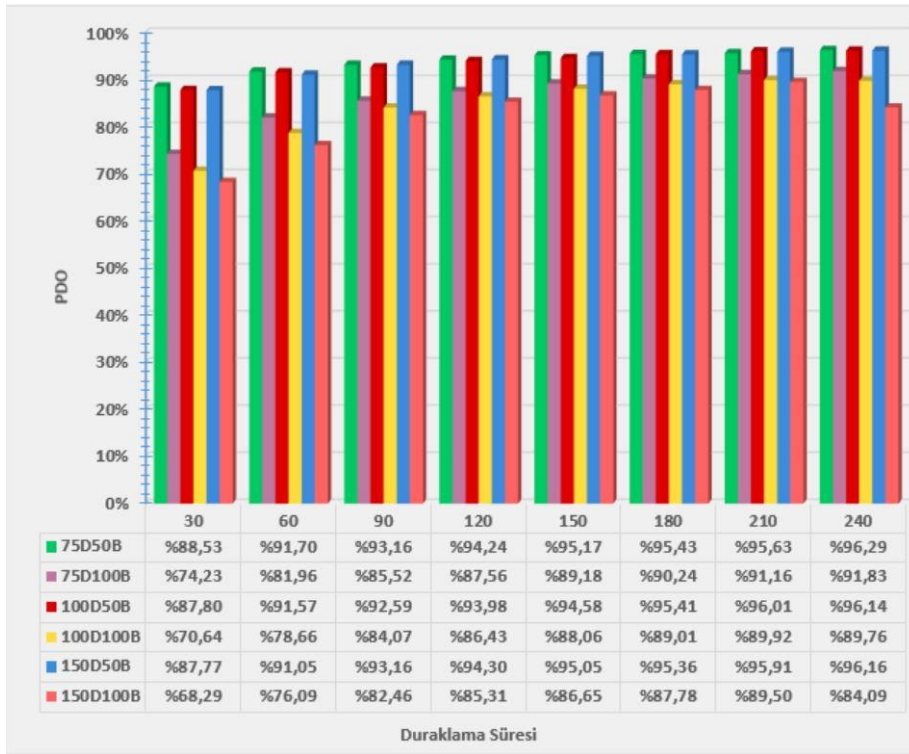
Şekil 5.31(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için PDO

Şekil 5.31(b)'de 100 bağlantılı düğümlerde her bir duraklama süresi için paket dağıtım oranları birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranının da arttığı görülmektedir. Ancak 150 düğümlü bağlantıda 240 duraklama süresinde paket dağıtım oranının yaklaşık %5 azaldığı görülmektedir. En yüksek değer 240 duraklama süresinde 75 düğüm için alınmıştır. E-AODV'de, senaryo-2 için duraklama süresinin artması paket dağıtım oranı başarısını büyük ölçüde arttırmıştır. 30 duraklama süresi ile 240 duraklama süresi arasında büyük fark olduğu görülmektedir.

Şekil 5.31(c)'de görüldüğü üzere, 50 bağlantılı düğümler tüm duraklama sürelerinde 100 bağlantılı düğümlere göre daha yüksek paket dağıtım oranına sahip olmuştur. 150 düğüm 100 bağlantı 240 duraklama süresi hariç, tüm bağlantılar ve düğümler için duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranının da arttığı görülmektedir.



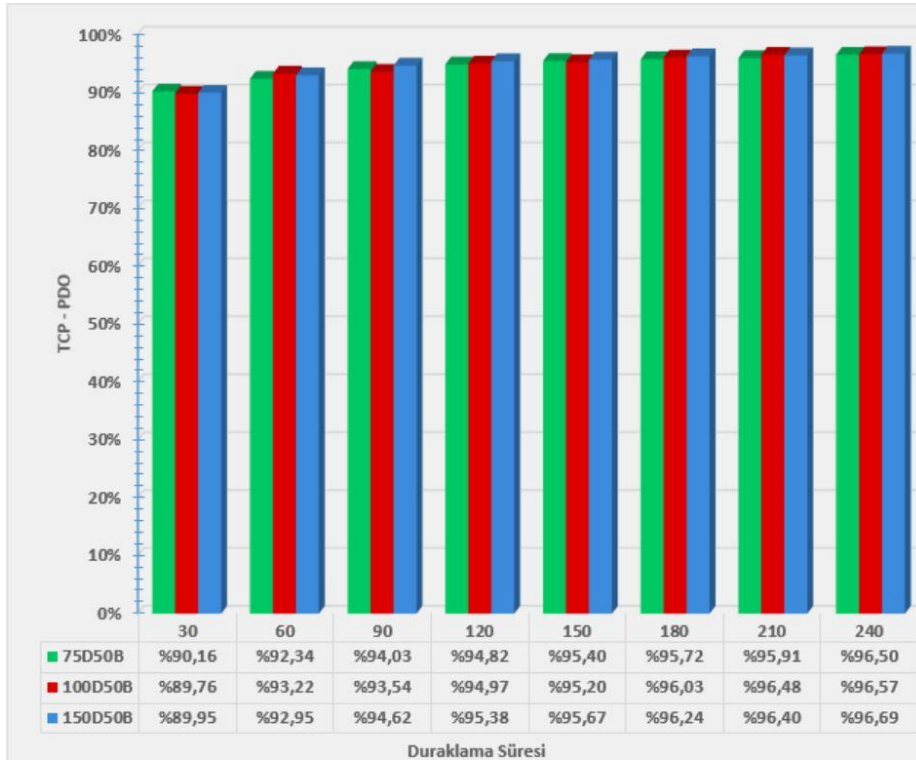
Şekil 5.31(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için PDO



Şekil 5.31(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için PDO

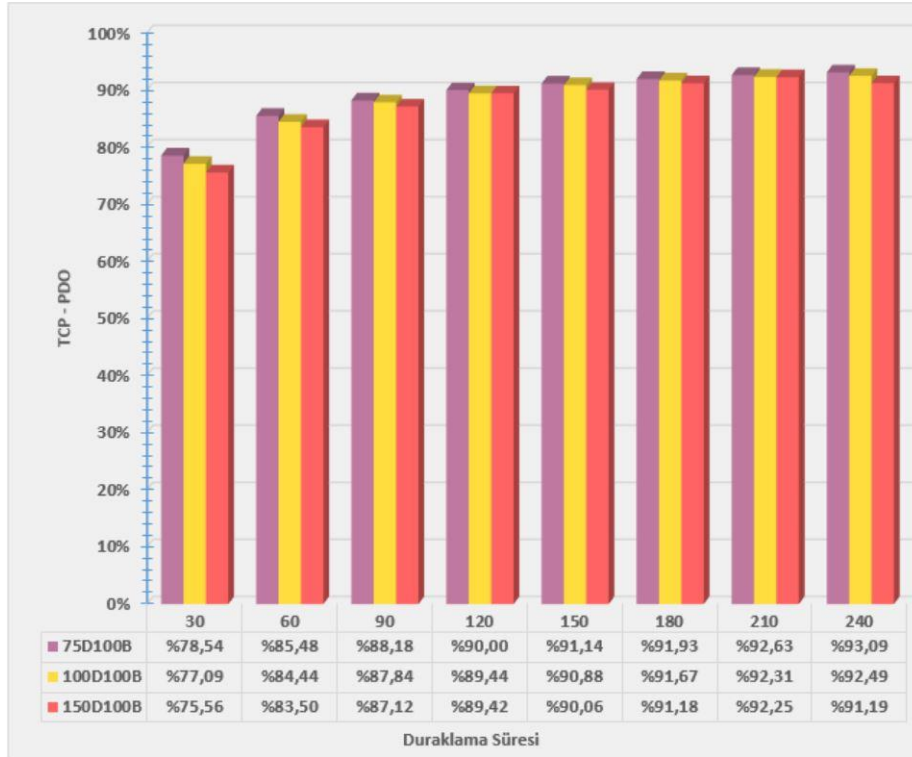
5.3.4. Senaryo-2’de E-AODV’nin TCP paket dağıtım oranı performansı

Senaryo-2’de sadece TCP paketlerin paket dağıtım oranları incelendiğinde Şekil 5.32(a)’da her bir duraklama süresinde tüm düğümlerde sonuçların birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla TCP için paket dağıtım oranları artış göstermiştir. Senaryo-1 ile senaryo-2 karşılaştırıldığında sadece TCP paketler için paket dağıtım oranlarına bakıldığında neredeyse birbirlerine benzer sonuçlar alındığı görülmektedir.



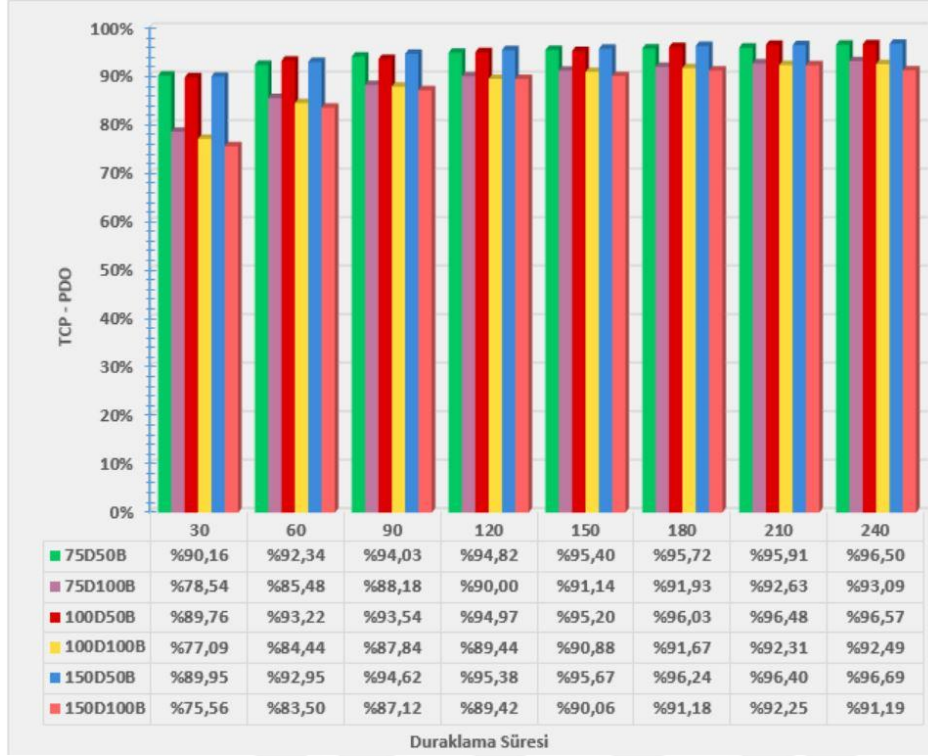
Şekil 5.32(a). Senaryo-2 - 50B: E-AODV için TCP-PDO

Duraklama süresinin artmasıyla 100 bağlantılı düğümlerde de TCP için paket dağıtım oranının arttığı Şekil 5.32(b)’de görülmektedir. 30 duraklama süresi hariç diğer duraklama sürelerinde tüm düğümler birbirlerine yakın sonuçlar almışlardır. En düşük değer 30 duraklama süresinde 150 düğümlerde alınmıştır. 50 bağlantılı senaryo-1 ile 100 bağlantılı senaryo-2 karşılaştırıldığında ise 60 duraklama süresi sonrasında alınan değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. 30 ve 60 duraklama sürelerinde senaryo-1’de TCP paketler için daha yüksek paket dağıtım oranı alındığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.32(b). Senaryo-2 - 100B: E-AODV için TCP-PDO

Şekil 5.32(c)'de tüm düğüm ve bağlantılarda sadece TCP paketler için paket dağıtım oranları görülmektedir. Tüm duraklama sürelerinde 50 bağlantılı düğümlerin, 100 bağlantılı düğümlere göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Tüm düğüm ve bağlantılarda TCP için paket dağıtım oranı duraklama süresinin artmasıyla artış göstermiştir. 30 duraklama süresiyle 240 duraklama süresi arasındaki fark 100 bağlantılı düğümlerde daha fazla olmuştur.



Şekil 5.32(c). Senaryo-2 - 50B ve 100B: E-AODV için TCP-PDO

5.4. Senaryo-2’de E-AODV, AODV ve DSDV protokollerinin karşılaştırılması

UDP bağlantıları eklenen senaryo-2 için E-AODV, AODV ve DSDV’nin performansları tüm düğüm ve bağlantılar için uçtan uca gecikme, throughput, paket dağıtım oranı ve TCP paket dağıtım oranları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Performans karşılaştırmaları yine düğüm ve bağlantı sayılarına göre yapılmıştır.

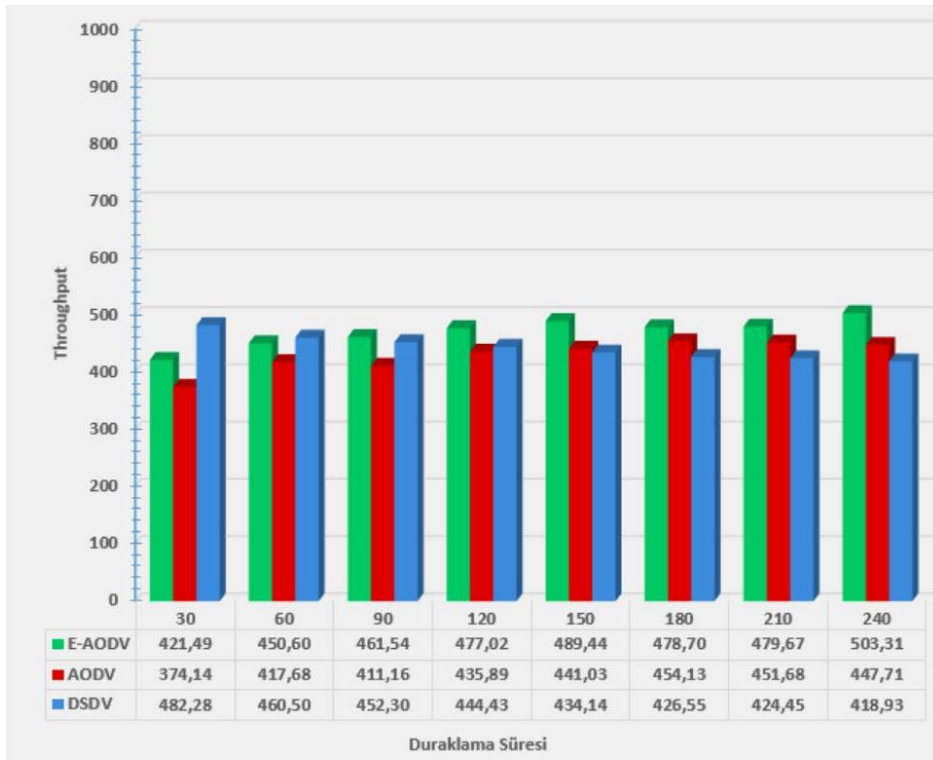
5.4.1. Senaryo-2’de throughput için protokollerin karşılaştırılması

Senaryo-2’de protokollerin performansları, uygulanan benzetimde aldıkları throughput değerlerine göre 75, 100 ve 150 düğümlerde, 50 ve 100 bağlantı için tüm duraklama sürelerinde karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 50 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.33’te, 75 düğüm 50 bağlantıda senaryo-2 için throughput değerlerine bakıldığında E-AODV’nin, AODV’den tüm duraklama sürelerinde daha başarılı olduğu görülmektedir.

DSDV protokolünün ise sadece 30 duraklama süresinde E-AODV'den daha iyi sonuç aldığı görülmektedir. 60 duraklama süresinde E-AODV ve DSDV protokolleri yakın değerler almışlardır. Duraklama süresinin artmasıyla DSDV'nin throughput değerleri azalma göstermiştir. E-AODV protokolünde throughput değerleri duraklama süresinin artmasıyla artış göstermiştir. AODV protokolünde ise 180 duraklama süresine kadar throughput değerlerinde artış olduğu, sonrasında azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. En yüksek throughput değerinin 240 duraklama süresinde E-AODV için alındığı gözlemlenmiştir. Senaryo-1'de aynı düğümler üzerindeki bağlantı sayısının daha az olmasından dolayı throughput değerleri biraz daha yüksek olmuştur.

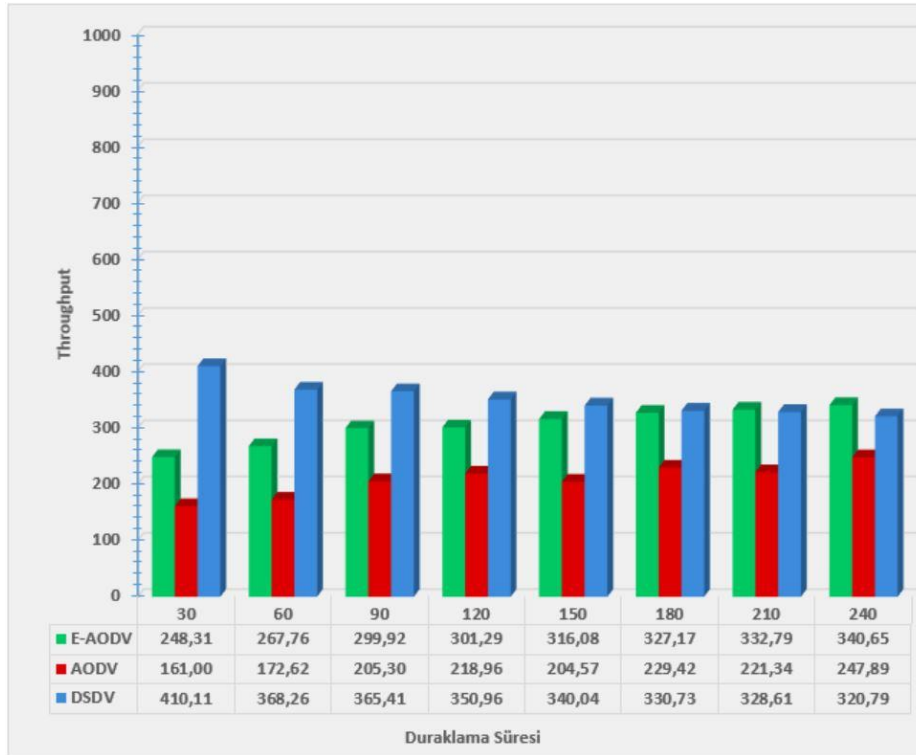


Şekil 5.33. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

75 düğüm 100 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.34'te görüldüğü üzere, 50 bağlantı için, geliştirilen E-AODV, AODV'ye göre tüm duraklama sürelerinde çok daha başarılı throughput değerlerine sahip olmuştur. DSDV protokolü 180 duraklama süresine kadar diğer protokollerden daha başarılıdır. Ancak 180 duraklama süresinde DSDV ve E-AODV protokollerinin birbirlerine çok yakın değerler aldığı, sonrasında 210 ve 240 duraklama sürelerinde E-AODV'nin daha başarılı olduğu

görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla DSDV protokolünde throughput değeri azalmıştır. Buna karşın E-AODV ve AODV’de artış görülmüştür. 180 duraklama süresinde E-AODV ve DSDV protokollerinde alınan değerler birbirlerine çok yakındır. 75 düğüm 100 bağlantı için senaryo-2’de en yüksek değer 30 duraklama süresinde DSDV için alınmıştır. E-AODV’nin 75 düğüm için, tüm duraklama sürelerinde her iki bağlantıda da AODV’den daha iyi sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir. UDP bağlantıların olmadığı senaryo-1’de daha yüksek throughput değerlerinin alındığı görülmektedir.

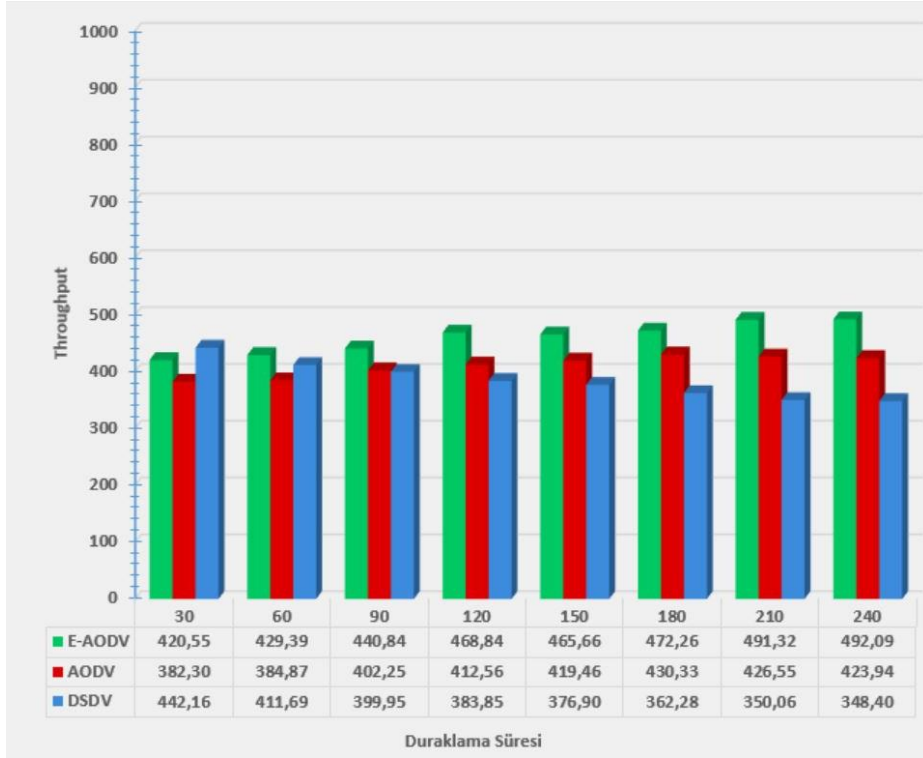


Şekil 5.34. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

100 düğüm 50 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

Senaryo-2’de 100 düğüm 50 bağlantı için E-AODV’nin AODV’ye göre throughput değerini arttırdığı Şekil 5.35’te görülmektedir. Düğüm sayısının artması DSDV’de throughput değerinin azalmasına neden olmuştur. DSDV 75 düğüm 50 bağlantıda sağladığı başarıyı, 100 düğüm 50 bağlantı için sağlayamamıştır. 30 duraklama süresinde E-AODV’den yüksek ama yakın değer alırken, duraklama süresinin artmasıyla E-AODV diğer duraklama sürelerinde daha iyi sonuçlar almıştır. 75 düğümlü bağlantılardan farklı olarak 60 duraklama süresinden itibaren AODV de, DSDV’den daha iyi sonuçlar almıştır. Duraklama süresinin

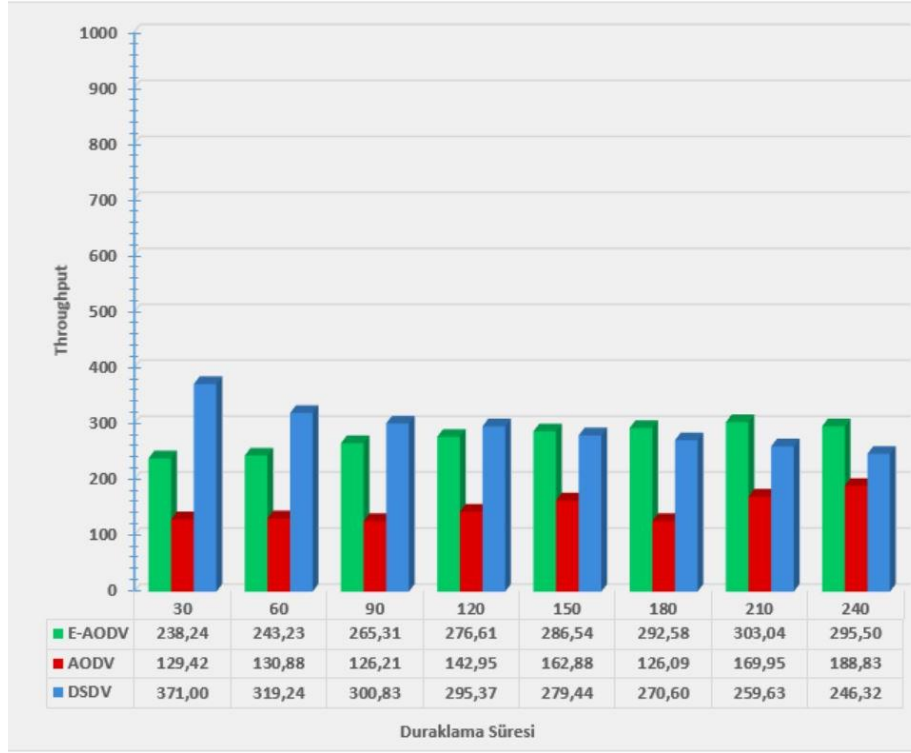
artmasıyla E-AODV’de throughput değerinin arttığı, DSDV’de azaldığı görülmüştür. AODV protokolünde ise 180 duraklama süresine kadar artış olduğu, sonrasında throughput değerinin azalmaya başladığı görülmektedir.



Şekil 5.35. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

100 düğüm 100 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

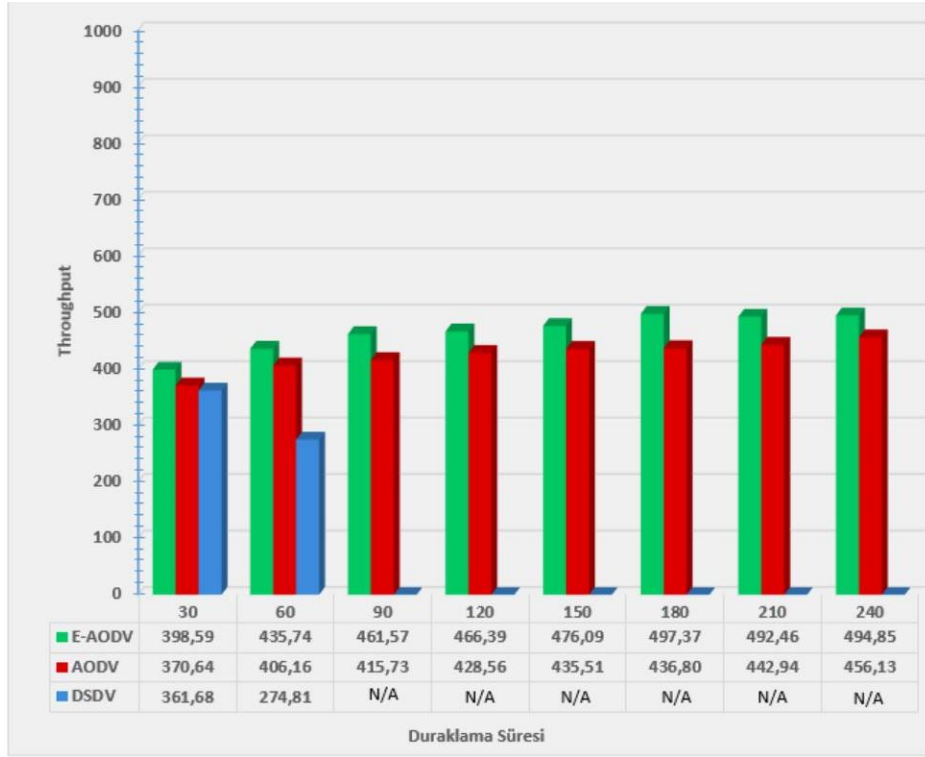
Bağlantı sayısının artmasıyla tüm protokollerin throughput değerleri azalmıştır. Ancak DSDV’nin 50 bağlantıya göre daha başarılı olduğu, 120 duraklama süresine kadar diğerlerinden daha yüksek throughput değerlerine sahip olduğu Şekil 5.36’da görülmektedir. Özellikle 30 ve 60 duraklama sürelerinde DSDV belirgin ölçüde başarılı sonuçlar almıştır. E-AODV de, AODV’ye göre 100 düğüm 100 bağlantı için çok büyük ölçüde başarı göstermiştir. Tüm duraklama sürelerinde AODV’nin DSDV’ye göre çok düşük sonuçlar aldığı görülmüştür. 150 duraklama süresinden itibaren E-AODV’nin, DSDV’den daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.36. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

150 düğüm 50 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 50 bağlantıda E-AODV'nin, tüm duraklama sürelerinde AODV'den daha yüksek throughput değerlerine sahip olduğu Şekil 5.37'de gösterilmiştir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV'de throughput değerleri artmıştır. DSDV'de ise azalma görülmüştür. 150 düğüm için en düşük değerleri DSDV alırken, en yüksek değer 180 duraklama süresinde E-AODV tarafından alınmıştır. 150 düğümde 25 bağlantılı senaryo-1'de DSDV için 90 duraklama süresine kadar sonuçlar alınırken, 50 bağlantılı senaryo-2'de 60 duraklama süresinden sonra benzetim sonuçlanmamıştır. Bu nedenle sadece 30 ve 60 duraklama süreleri için değerler alınmıştır, diğer duraklama sürelerinde değerler N/A şeklinde gösterilmiştir.



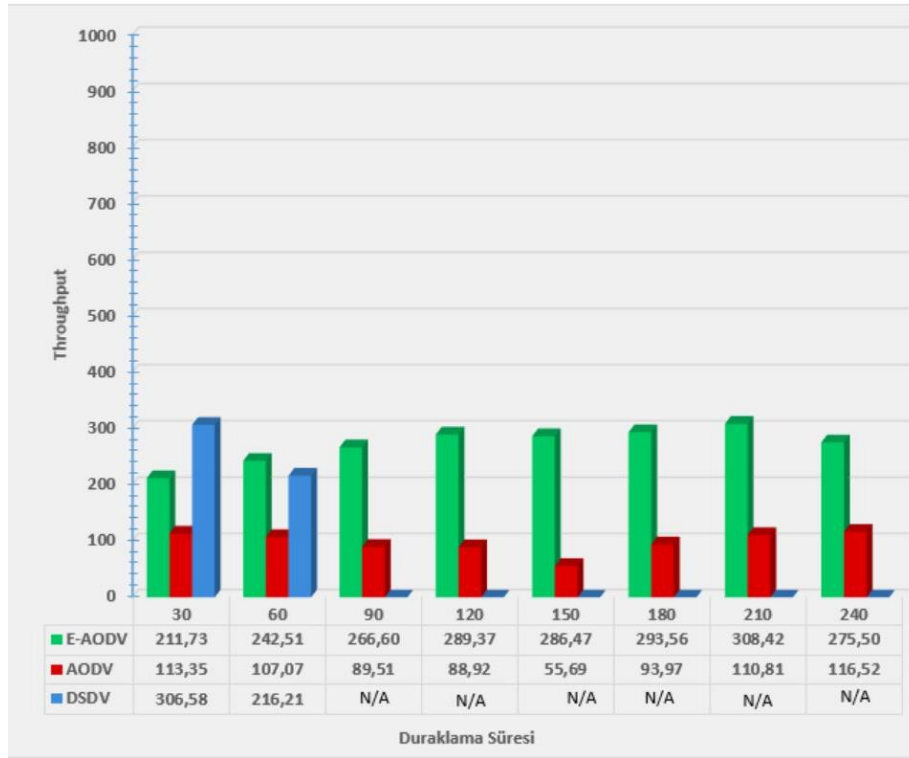
Şekil 5.37. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

150 düğüm 100 bağlantı için throughput değerlerinin karşılaştırılması

Bağlantı sayısının artması tüm protokoller için throughput değerinin azalmasına neden olmuştur. Şekil 5.38’de, bu azalmanın E-AODV ve AODV’de daha fazla olduğu görülmektedir. E-AODV’de 210 duraklama süresine kadar throughput değerlerinde artış gözlemlenmiştir. AODV protokolünde ise 180 duraklama süresine kadar azalma yaşanırken 210 ve 240 duraklama sürelerinde artış meydana geldiği görülmektedir. Ancak E-AODV protokolünün AODV protokolüne göre tüm duraklama sürelerinde çok daha yüksek throughput değerleri aldığı gözlemlenmektedir. Yüksek bağlantı sayısında 30 duraklama süresi için DSDV daha başarılı sonuçlar vermiştir. Buna karşın 60 duraklama süresinden itibaren E-AODV daha yüksek throughput değerine sahip olmuştur. Bağlantı sayısının artmasının ve aynı düğümler üzerinde hem TCP hem UDP paketler oluşturulmasının AODV protokolünde çok düşük sonuçlar alınmasına neden olduğu gözlemlenmiştir.

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 açısından geliştirilen E-AODV protokolünün başarıya

ulaştığı açıkça görülmektedir. 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 throughput değerleri açısından daha başarılı olmuştur. Ancak düğüm sayısının artması DSDV başarısını olumsuz etkilemiş, 100 düğümde artan duraklama sürelerinde E-AODV ile yakın sonuçlar almıştır. 150 düğümde ise 60 duraklama süresinden sonra DSDV'den sonuç alınamamıştır.



Şekil 5.38. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için throughput

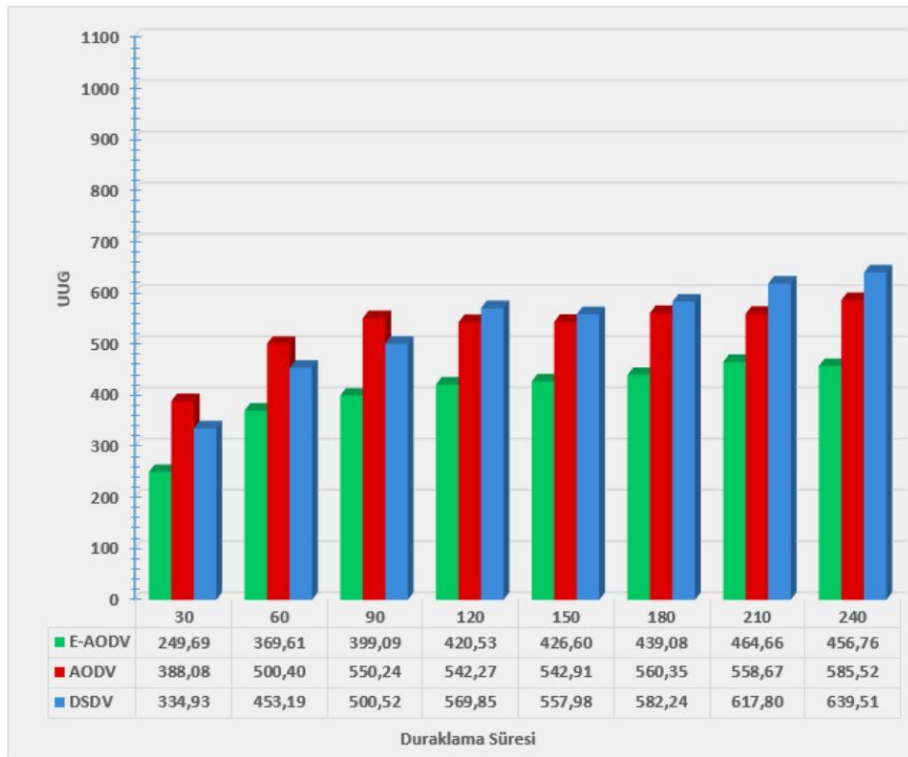
5.4.2. Senaryo-2'de uçtan uca gecikme için protokollerin karşılaştırılması

Protokollerin performansları uçtan uca gecikme sürelerine göre tüm düğüm ve bağlantılarda, tüm duraklama süreleri için karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 50 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.39'da 75 düğüm 50 bağlantı için senaryo-2'deki uçtan uca gecikme oranları görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla uçtan uca gecikme tüm protokollerde genel olarak artmıştır. E-AODV'nin tüm duraklama sürelerinde diğer protokollere göre daha

düşük uçtan uca gecikme süresine sahip olduğu görülmektedir. 90 duraklama süresine kadar AODV’de, DSDV’ye göre daha fazla gecikme yaşanmıştır. Ancak sonraki duraklama sürelerinde birbirlerine yakın değerler olmakla birlikte DSDV’nin gecikme süresi daha fazla olmuştur. En düşük gecikme 30 duraklama süresinde E-AODV’de yaşanırken en yüksek gecikme 240 duraklama süresinde DSDV’de yaşanmıştır. DSDV senaryo-1’de tüm duraklama sürelerinde en yüksek gecikme değerlerine sahipken, senaryo-2’de 90 duraklama süresine kadar AODV daha yüksek sonuçlar almıştır. Senaryo-2’de tüm protokoller için uçtan uca gecikme süreleri daha düşük olmuştur.

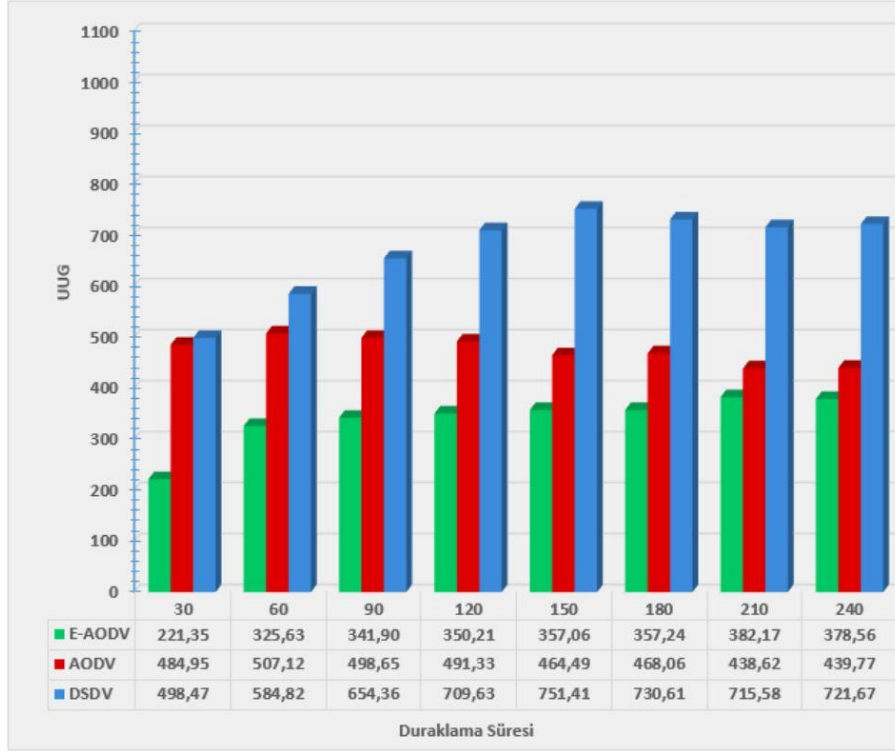


Şekil 5.39. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

75 düğüm 100 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

75 düğüm 100 bağlantı için de E-AODV’nin diğer protokollere göre çok düşük uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu Şekil 5.40’da görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve DSDV’de uçtan uca gecikme süresinin genel olarak arttığı görülürken, AODV’de 90 duraklama süresinden itibaren azaldığı görülmektedir. Throughput değerleri de göz önüne alınırsa 100 bağlantı için DSDV’nin AODV’den daha başarılı olduğu söylenebilir. Ancak sadece throughput değerleri göz önüne alınarak E-

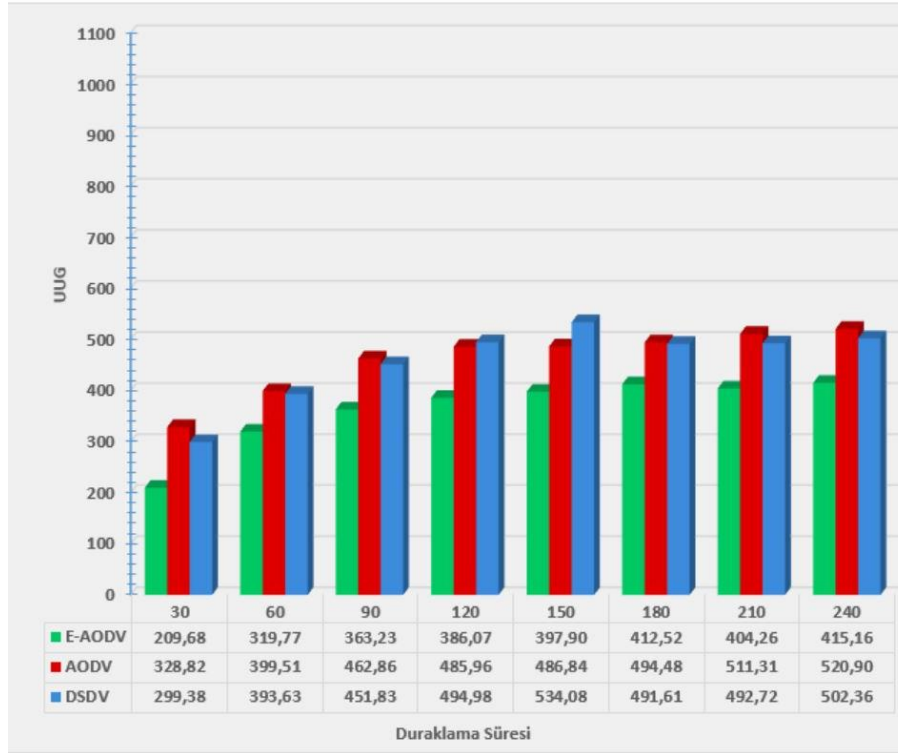
AODV ve DSDV için genel olarak yorum yapılamamaktadır. 30 ve 60 duraklama süreleri için DSDV başarılı sayılabilirken diğer duraklama sürelerinde E-AODV'nin daha başarılı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.40. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

100 düğüm 50 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

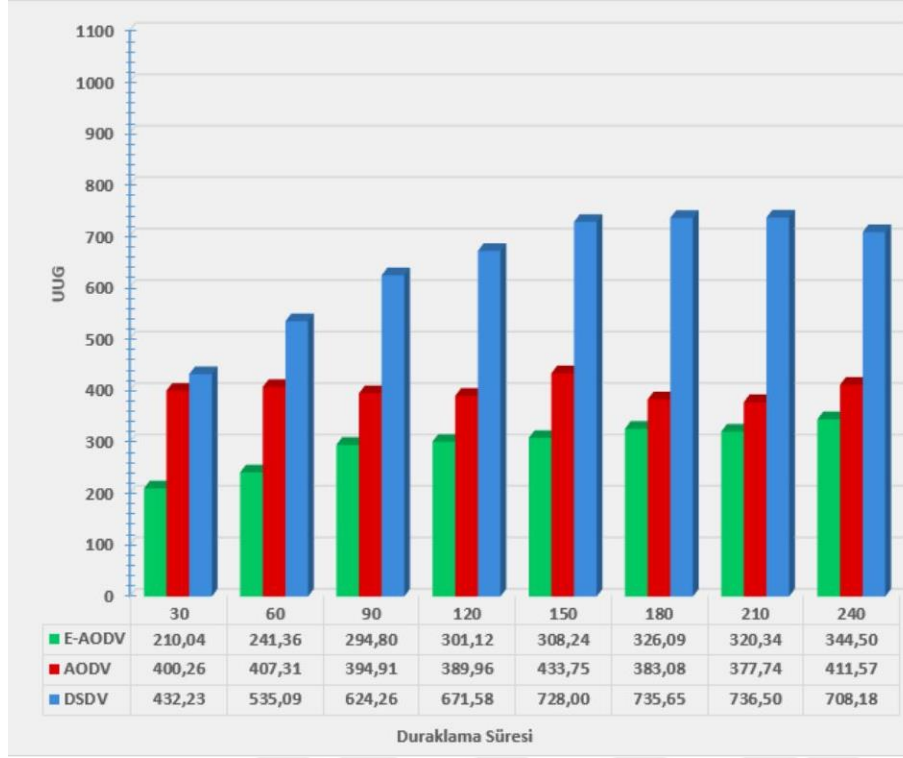
Şekil 5.41'de 100 düğüm 50 bağlantıda senaryo-2 için E-AODV'nin tüm duraklama sürelerinde daha düşük uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. AODV ve DSDV protokollerinin birbirlerine yakın uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu görülmektedir. Throughput değerleri de göz önüne alındığında E-AODV'nin diğer protokollere göre uçtan uca gecikme süresi bakımından çok daha başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.41. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

100 düğüm 100 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.42’de görüldüğü üzere 100 düğüm 100 bağlantıda da E-AODV protokolünün, AODV ve DSDV’ye göre tüm duraklama sürelerinde belirgin ölçüde daha düşük uçtan uca gecikme süresine sahip olduğu gözlemlenmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla DSDV’deki artış oranı çok fazla yaşanırken, E-AODV’de artış oranının daha düşük olduğu görülmektedir. AODV’de ise duraklama süresinin artmasıyla dalgalanmalar yaşandığı görülmektedir. 30 duraklama süresinde E-AODV protokolünün en düşük uçtan uca gecikmeye sahip olduğu gözlemlenirken, en yüksek gecikmenin 210 duraklama süresinde DSDV protokolünde yaşandığı gözlemlenmiştir.



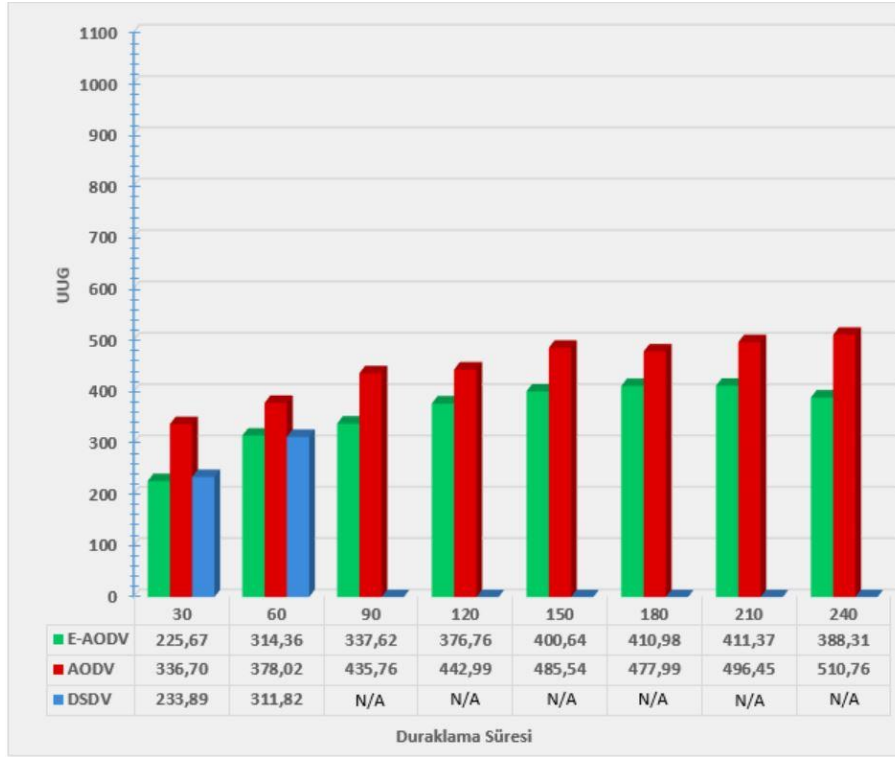
Şekil 5.42. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

150 düğüm 50 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

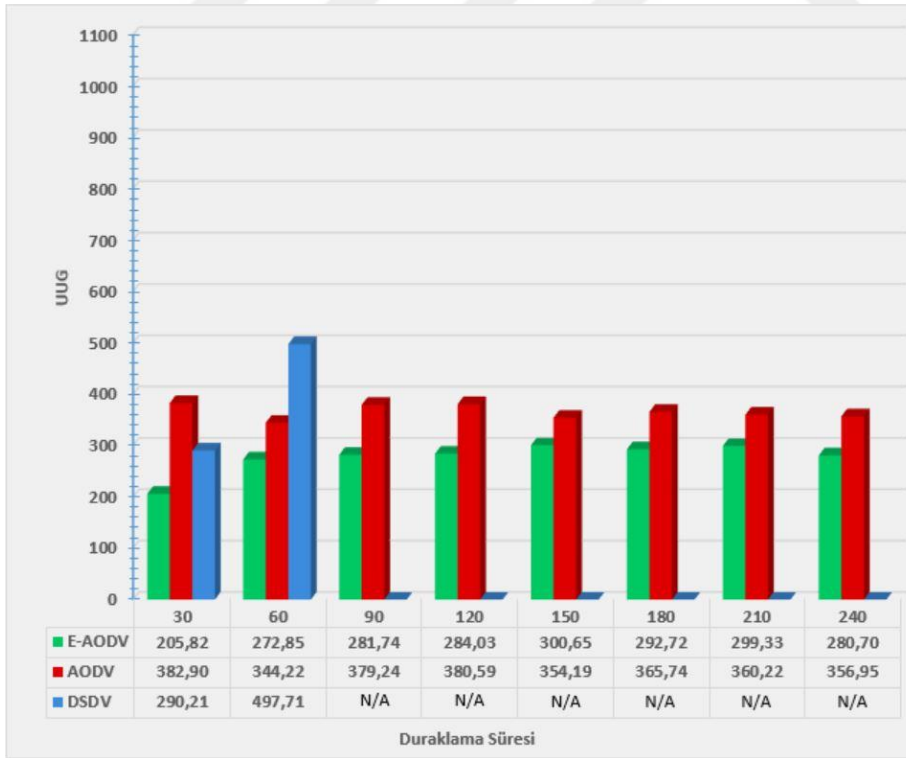
Şekil 5.43'te, senaryo-2 için 150 düğüm 50 bağlantıda, 30 ve 60 duraklama sürelerinde E-AODV ve DSDV'nin birbirlerine yakın, AODV'nin ise diğerlerine göre daha yüksek gecikme süresine sahip olduğu görülmektedir. DSDV için sonuç alınamayan diğer duraklama sürelerinde de E-AODV'nin AODV'ye göre daha düşük gecikme sürelerine sahip olduğu görülmektedir. E-AODV protokolünde 210 duraklama süresine kadar uçtan uca gecikme süresinin arttığı görülmektedir. AODV protokolünde ise 240 duraklama süresine kadar uçtan uca gecikmenin genel olarak arttığı görülmektedir.

150 düğüm 100 bağlantı için uçtan uca gecikme değerlerinin karşılaştırılması

150 düğüm 100 bağlantıda da E-AODV'nin, AODV ve DSDV'ye göre daha düşük uçtan uca gecikme sürelerine sahip olduğu Şekil 5.44'te görülmektedir. 50 bağlantıda E-AODV ve DSDV birbirlerine çok yakın sonuçlar alırken 100 bağlantı için aradaki farkın açıldığı görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV'de genel olarak artış gözlemlenirken, AODV'de dalgalanmalar yaşanmıştır.



Şekil 5.43. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG



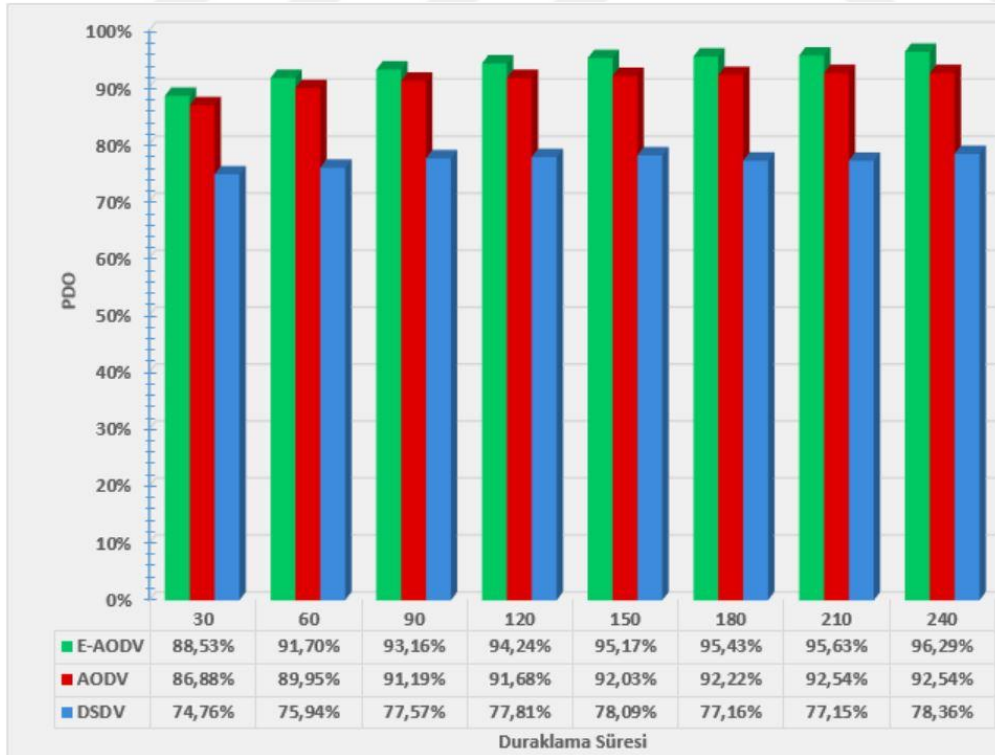
Şekil 5.44. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için UUG

5.4.3. Senaryo-2’de paket dağıtım oranı için protokollerin karşılaştırılması

Senaryo-2 için protokollerin paket dağıtım oranları tüm duraklama sürelerinde, tüm düğüm ve bağlantı sayılarına göre karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 50 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

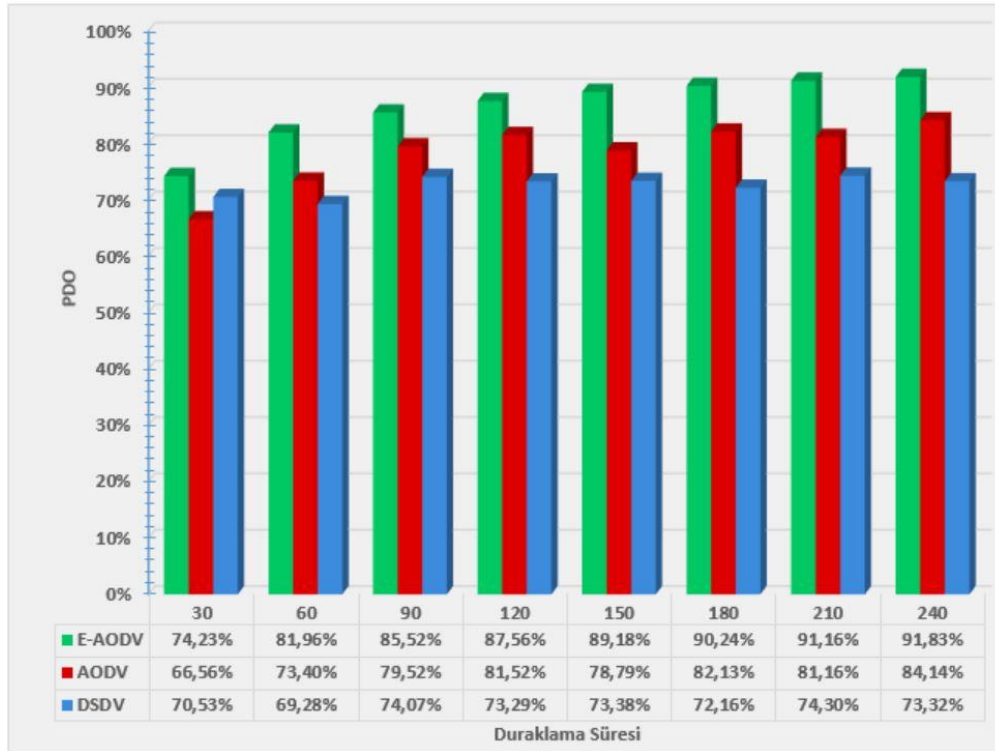
Şekil 5.45’te senaryo-2 için protokollerin paket dağıtım oranları görülmektedir. Senaryo-2’de 75 düğüm 50 bağlantı için E-AODV ve AODV’nin, DSDV’den belirgin oranda daha yüksek paket dağıtım oranına sahip olduğu görülmektedir. Tüm duraklama sürelerinde E-AODV’nin de, AODV’den daha yüksek paket dağıtım oranına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla paket dağıtım oranında genel olarak artış görülmüştür. 240 duraklama süresinde E-AODV en yüksek paket dağıtım oranına sahip olmuştur. Senaryo-2’de throughput, uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranları birlikte değerlendirildiğinde 75 düğüm 50 bağlantı için, geliştirilen E-AODV’nin AODV ve DSDV’ye göre daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.45. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

75 düğüm 100 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

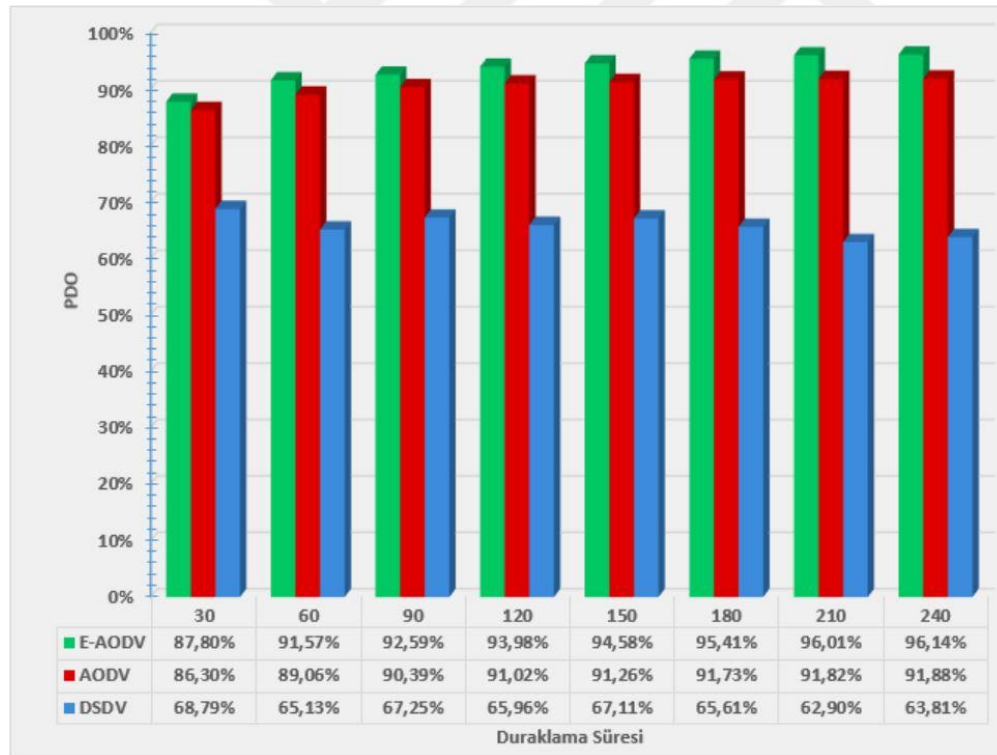
Senaryo-2’de 75 düğüm 100 bağlantı için E-AODV’nin tüm duraklama sürelerinde en yüksek paket dağıtım oranına sahip olduğu Şekil 5.46’da görülmektedir. DSDV’nin, 30 duraklama süresinde AODV’den daha yüksek paket dağıtım oranına sahipken, duraklama süresinin artmasıyla diğer protokollere göre en düşük değerleri aldığı görülmüştür. 75 düğüm 50 bağlantıda E-AODV ve AODV birbirlerine yakın sonuçlar alırken, 100 bağlantı için belirgin ölçüde E-AODV daha yüksek sonuçlar almıştır. DSDV 100 bağlantıda throughput değerleri için gösterdiği başarılı sonuçları uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranları için gösterememiştir. 75 düğüm 100 bağlantı için throughput, uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranları birlikte düşünüldüğünde E-AODV’nin, AODV’den tüm duraklama sürelerinde daha başarılı olduğu görülmektedir. 30 duraklama süresinde E-AODV ve DSDV tüm değerler için birbirlerine üstünlük sağlayamamış olsalar da 60 duraklama süresinden itibaren E-AODV’nin acil durum ve kurtarma senaryoları için daha başarılı olduğu söylenebilmektedir. Bağlantı sayısının artması AODV’nin performansını E-AODV’ye göre daha fazla olumsuz etkilemiştir.



Şekil 5.46. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

100 düğüm 50 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

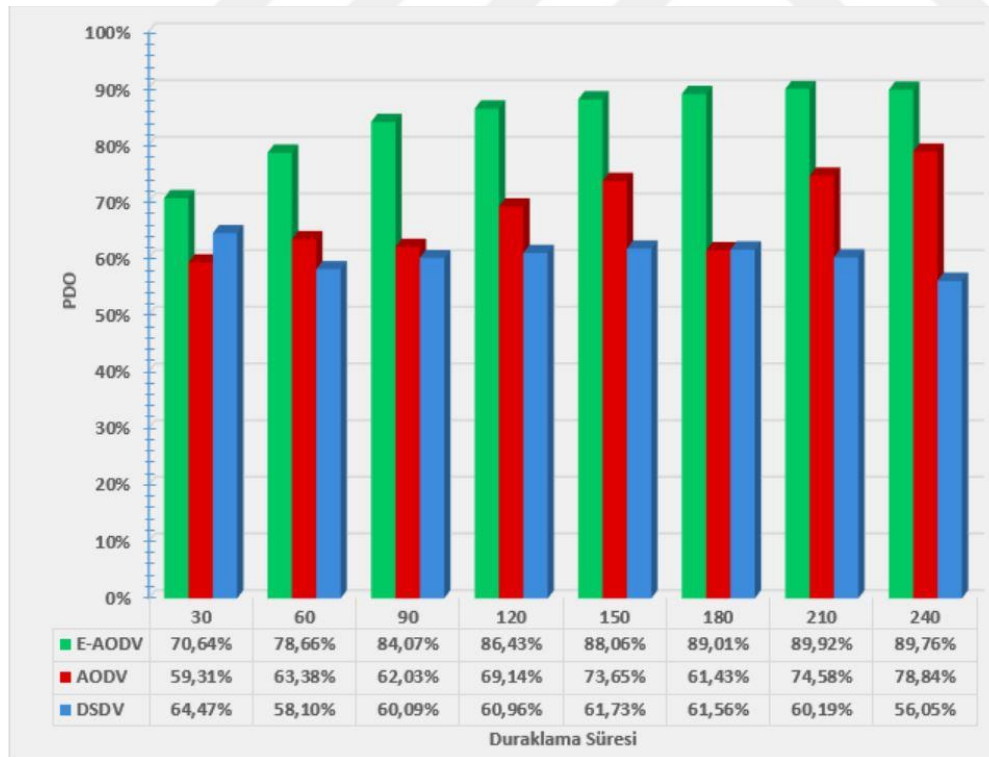
Senaryo-2’de 100 düğüm 50 bağlantıda paket dağıtım oranı bakımından, düğüm sayısının artmasıyla DSDV’de belirgin ölçüde düşüş yaşandığı Şekil 5.47’de görülmektedir. Buna karşın E-AODV ve AODV’de düğüm sayısının artması, paket dağıtım oranı üzerinde olumsuz etki yaratmamıştır ve 75 düğüm 50 bağlantıda alınan sonuçlara çok yakın değerler alınmıştır. E-AODV’nin, AODV’ye göre daha başarılı sonuçlar aldığı görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV’nin paket dağıtım oranlarında artış görülmektedir. Ancak DSDV’de dalgalanmalar yaşanmış ve 240 duraklama süresinde 30 duraklama süresine göre daha düşük paket dağıtım oranına sahip olmuştur. 100 düğüm 50 bağlantı için throughput, uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranı değerleri birlikte değerlendirildiğinde E-AODV’nin belirgin bir şekilde AODV ve DSDV protokollerine göre başarılı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.47. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

100 düğüm 100 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

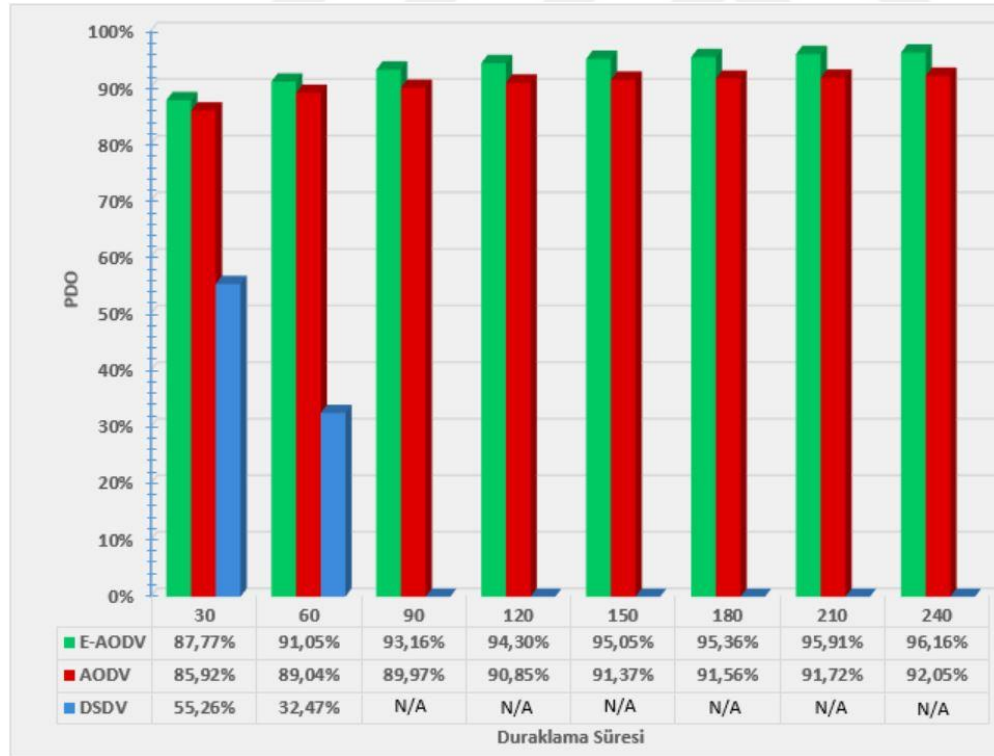
Senaryo-2’de 100 düğüm 100 bağlantıda E-AODV’nin tüm duraklama sürelerinde diğer protokollere göre belirgin ölçüde daha başarılı olduğu Şekil 5.48’de görülmektedir. 100 düğüm 50 bağlantıya göre 100 bağlantıda E-AODV ve AODV protokollerinin paket dağıtım oranları arasındaki fark da açılmıştır. E-AODV’de 30 duraklama süresi ve 240 duraklama süresi arasında paket dağıtım oranının büyük ölçüde arttığı görülmüştür. AODV’nin, 150 ve 180 duraklama süresi arasında belirgin bir düşüş yaşamasına karşın 210 ve 240 duraklama sürelerinde yüksek paket dağıtım oranlarına sahip olduğu görülmektedir. DSDV’de de duraklama süresinin artmasıyla genel olarak düşüş görülmektedir. 75 düğüm 100 bağlantıda olduğu gibi throughput, uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranları birlikte değerlendirildiğinde 30 duraklama süresinde E-AODV ve DSDV tüm değerler için birbirlerine karşı tam olarak üstünlük sağlayamadıkları görülmektedir. Ancak 60 duraklama süresinden itibaren E-AODV’nin acil durum ve kurtarma senaryoları için AODV ve DSDV protokollerine göre daha başarılı olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 5.48. Senaryo-2 - 100D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

150 düğüm 50 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

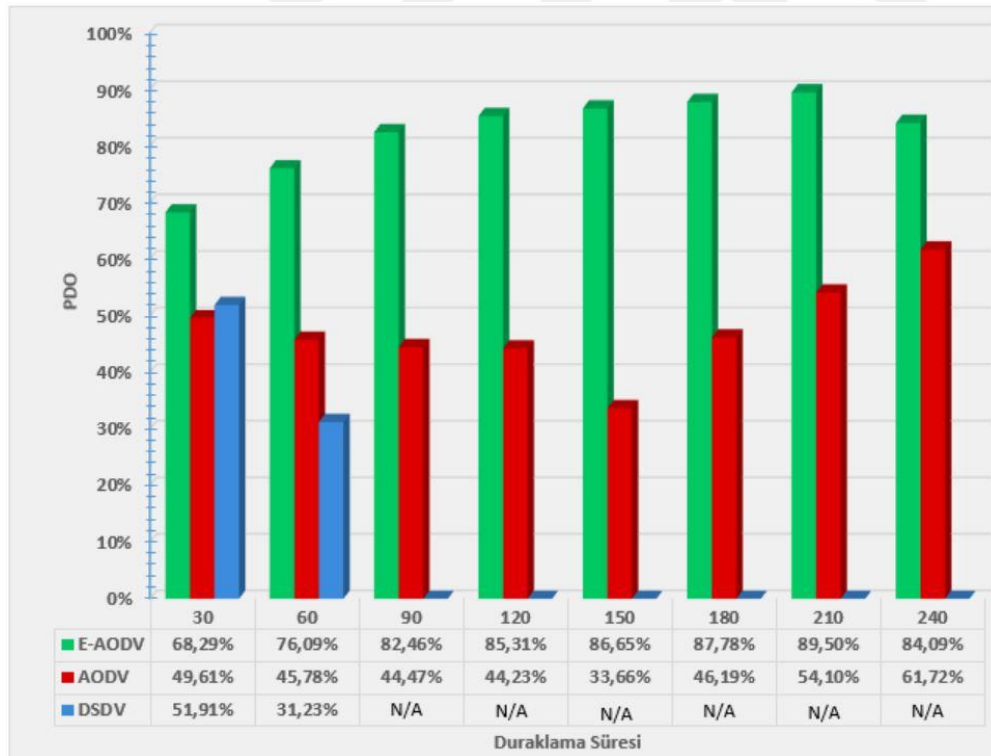
Senaryo-2’de, 75 ve 100 düğüm 50 bağlantıda olduğu gibi 150 düğüm 50 bağlantıda da E-AODV ve AODV’nin benzer sonuçlar aldığı Şekil 5.49’da görülmektedir. DSDV’de ise düğüm sayısının artmasıyla 90 duraklama süresinden itibaren benzetim sonlanamadığı için sonuç alınamamıştır. DSDV protokolünün paket dağıtım oranlarının 30 ve 60 duraklama sürelerinde E-AODV ve AODV’ye göre çok düşük seviyelere indiği görülmektedir. E-AODV tüm duraklama sürelerinde AODV’den daha yüksek paket dağıtım oranına sahip olmuştur. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV’de artış görülmektedir. Senaryo-2’de bağlantı sayısının artması E-AODV’nin paket dağıtım oranı değerlerini çok etkilememiştir. Senaryo-2 için 150 düğüm 50 bağlantıda tüm değerler birlikte değerlendirildiğinde E-AODV’nin, AODV ve DSDV’ye göre daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu açıdan E-AODV’nin 150 düğüm 50 bağlantıda, çalışmadaki acil durum ve kurtarma senaryoları için uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 5.49. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

150 düğüm 100 bağlantı için paket dağıtım oranı değerlerinin karşılaştırılması

Senaryo-2’de düğüm ve bağlantı sayısının artması sonucunda tüm protokoller için paket dağıtım oranlarında azalma yaşandığı Şekil 5.50’de görülmektedir. Bu azalma E-AODV için 100 bağlantı, 75 ve 100 düğümde daha az olmuştur. Ancak AODV protokolünde çok büyük oranda düşüşler yaşanmıştır. Hatta 30 duraklama süresinde DSDV, AODV’den daha yüksek paket dağıtım oranına sahip olmuştur. AODV’nin 150 duraklama süresine kadar paket dağıtım oranlarında çok ciddi düşüş yaşadığı sonrasında tekrar yükselişe geçtiği görülmektedir. E-AODV protokolünün 210 duraklama süresine kadar paket dağıtım oranının arttığı görülmektedir. E-AODV’nin artan bağlantı sayısından, AODV’ye göre çok fazla etkilenmediği ve istenilen başarıya ulaştığı görülmektedir. Throughput, uçtan uca gecikme ve paket dağıtım oranları birlikte değerlendirildiğinde senaryo-2 için 150 düğüm 100 bağlantıda E-AODV’nin, AODV ve DSDV’ye göre çok daha başarılı olduğu görülmektedir.



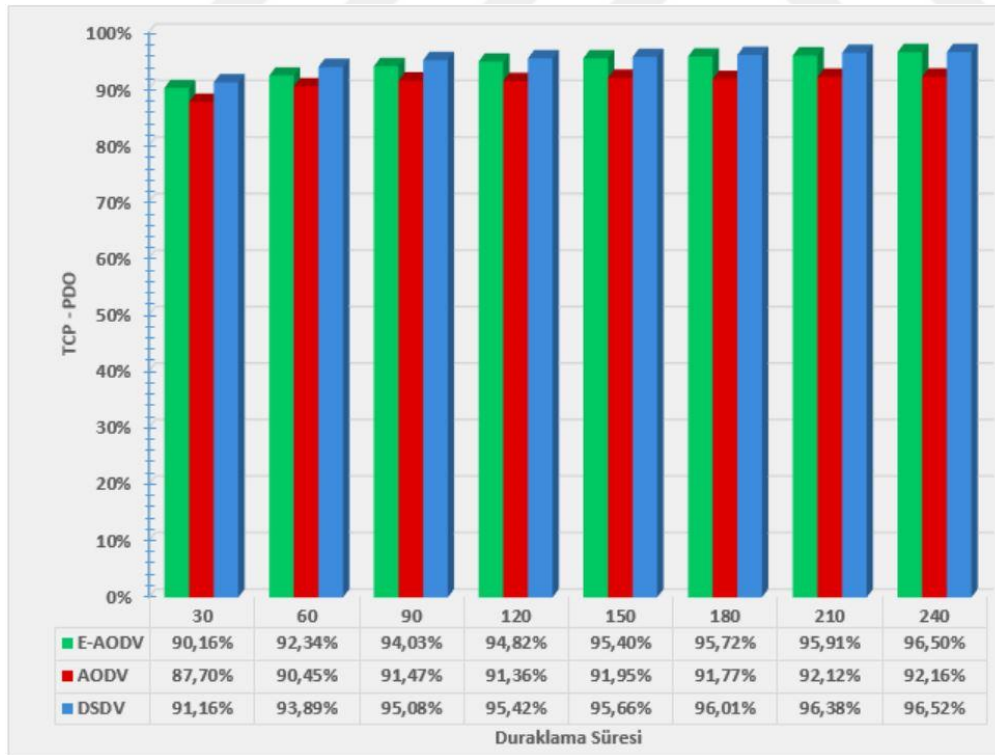
Şekil 5.50. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için PDO

5.4.4. Senaryo-2 için TCP paket dağıtım oranına göre protokollerin karşılaştırılması

Senaryo-2 için protokollerin sadece TCP paketler için gerçekleştirdiği paket dağıtım oranları karşılaştırılmıştır.

75 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

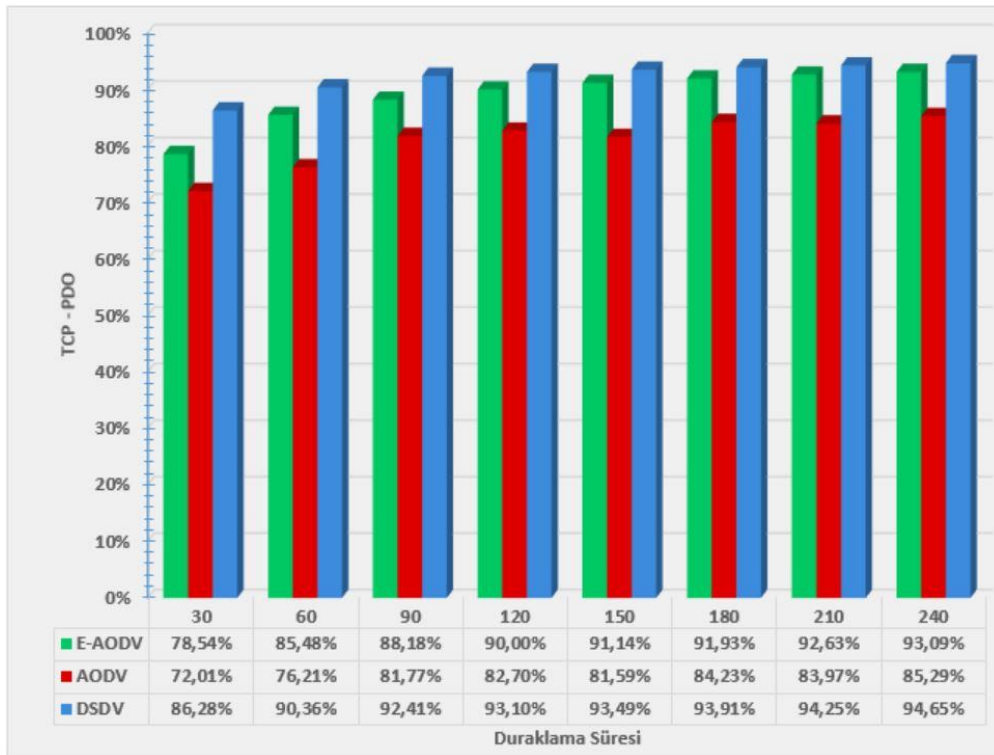
Senaryo-2 için 75 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranları Şekil 5.51’de gösterilmiştir. E-AODV ve DSDV’nin birbirlerine çok yakın TCP pkaet dağıtım oranlarına sahip olduğu görülmektedir. AODV ise tüm duraklama sürelerinde daha düşük değerler almıştır. Duraklama süresinin artmasıyla tüm protokollerde genel olarak artış görülmektedir. Senaryo-1 ve senaryo-2 karşılaştırıldığında E-AODV ve DSDV için tüm değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmekte, ancak AODV’de az da olsa azalma görülmektedir. Senaryo-2’ye eklenen UDP bağlantıların E-AODV ve DSDV için 75 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtımını üzerinde olumsuz etkisi olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.51. Senaryo-2 - 75D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

75 düğüm 100 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

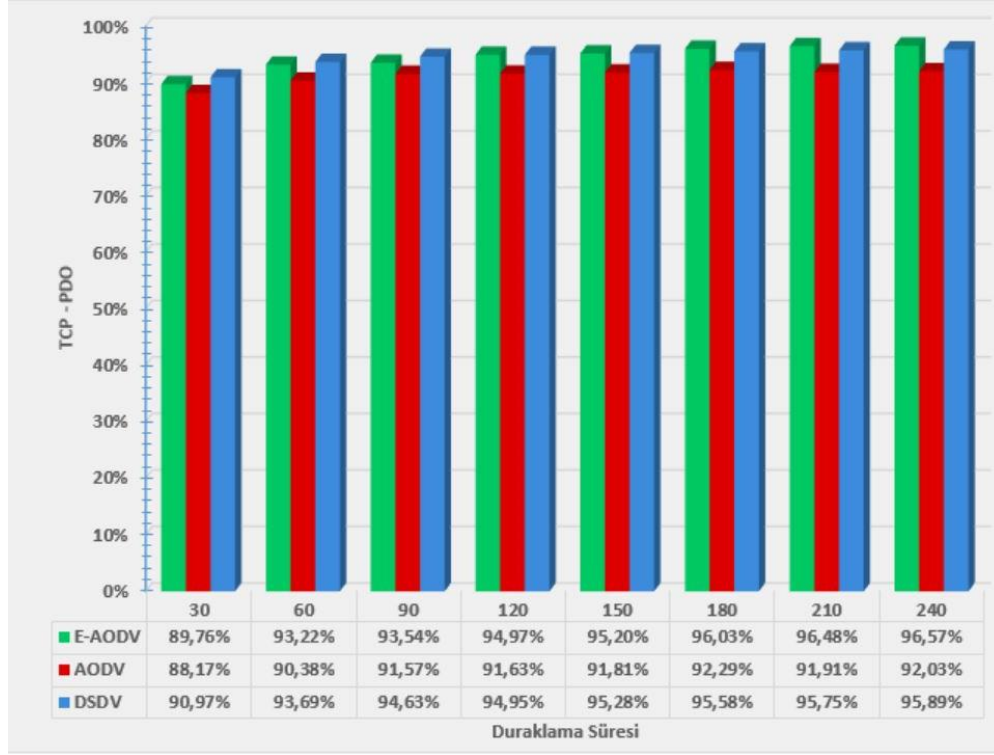
Şekil 5.52’de görüldüğü üzere 75 düğüm 100 bağlantıda DSDV, TCP paketlerin paket dağıtım oranı açısından daha yüksek sonuçlara sahip olmuştur. Ancak 120 duraklama süresinden itibaren birbirlerine çok yakın sonuç aldıkları görülmektedir. Geliştirilen E-AODV protokolünün tüm duraklama sürelerinde AODV protokolünden çok daha başarılı olduğu görülmüştür.



Şekil 5.52. Senaryo-2 - 75D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

100 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

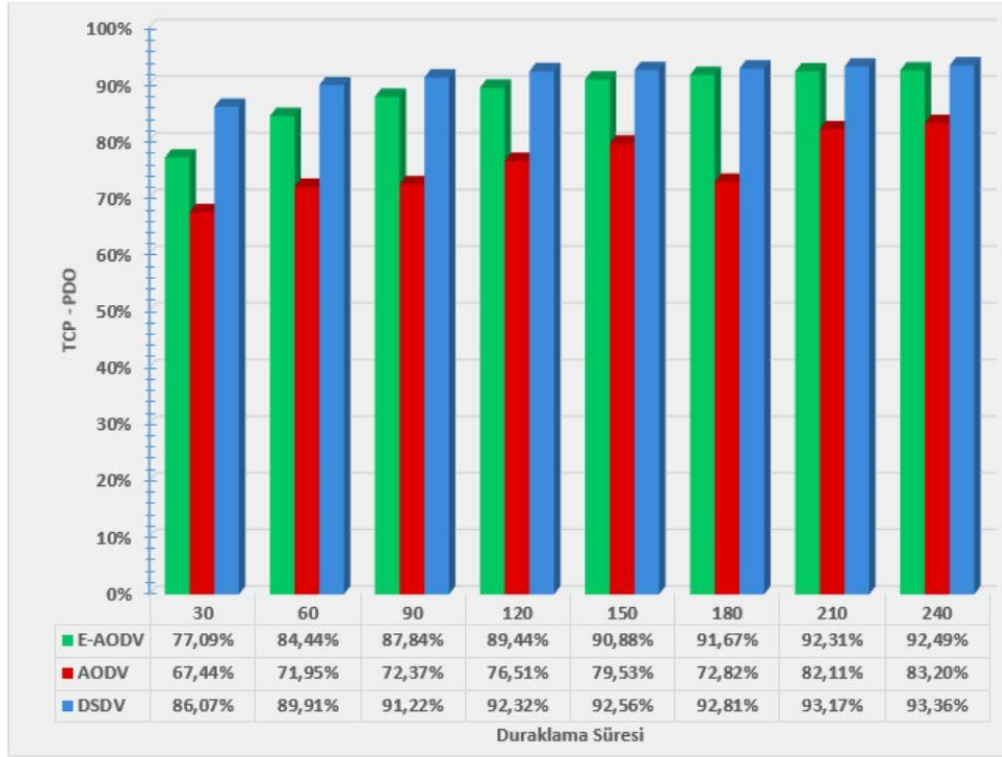
Senaryo-2’de 100 düğüm 50 bağlantıda TCP paketlerin dağıtım oranı için E-AODV ve DSDV’nin tüm duraklama sürelerinde birbirlerine çok yakın değerler aldığı Şekil 5.53’te görülmektedir. AODV ise TCP paketler için diğer iki protokole göre daha düşük paket dağıtım oranına sahiptir. Duraklama süresinin artmasıyla tüm protokollerde TCP paketlerin paket dağıtım oranı artış göstermiştir.



Şekil 5.53. Senaryo-2 - 100D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

100 düğüm 100 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

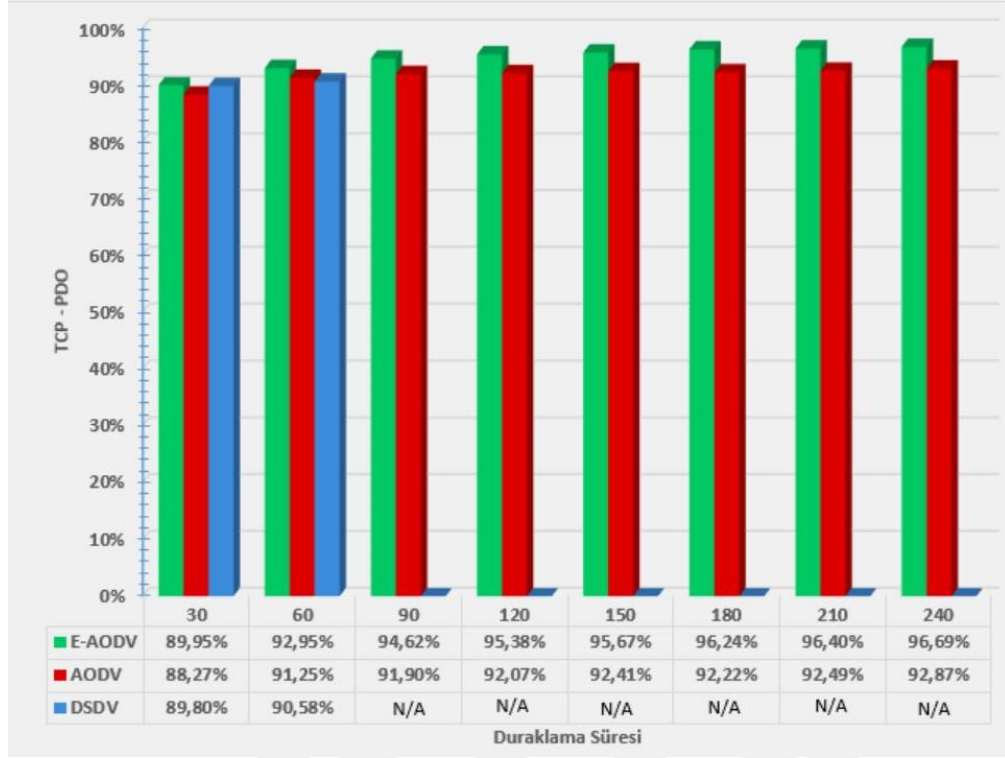
Şekil 5.54'te görüldüğü üzere 75 düğüm 100 bağlantıda olduğu gibi TCP paketlerin paket dağıtım oranları için DSDV daha yüksek değerler almıştır. 75 düğüm 100 bağlantıya göre bağlantı sayısının artması AODV'de büyük oranda düşüşe neden olurken E-AODV ve DSDV'de çok yakın sonuçlar alınmıştır. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve DSDV'de artış yaşanmıştır. AODV'de ise duraklama sürelerinin artmasıyla dalgalanmalar olmuştur. Ancak 30 duraklama süresine göre diğer duraklama sürelerinde artış yaşanmıştır. Geliştirilen E-AODV protokolünün AODV'ye göre çok daha başarılı sonuçlara sahip olduğu ve TCP paketlerin paket dağıtım oranını belirgin ölçüde arttırdığı görülmektedir.



Şekil 5.54. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

150 düğüm 50 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

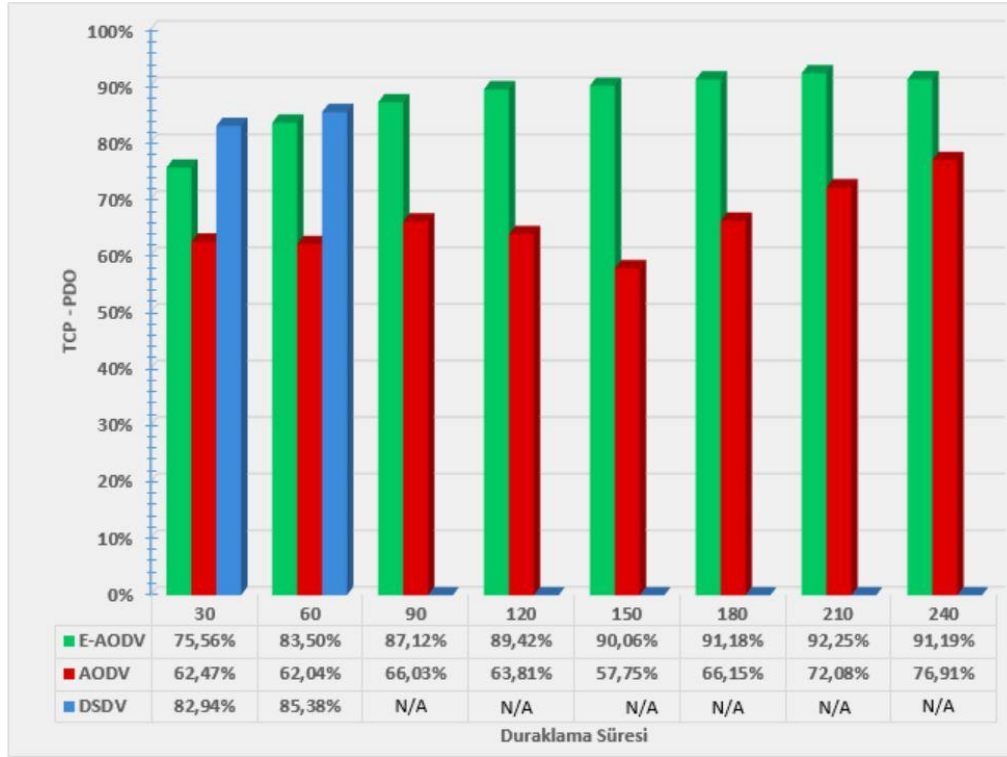
DSDV, 75 ve 100 düğümlerde başarılı sonuçlar almıştır. Ancak 150 düğümde 90 duraklama süresinden itibaren DSDV’de benzetim sonlanmadığı için sonuç alınamamıştır. Şekil 5.55’te görüldüğü üzere 30 duraklama süresi için E-AODV daha yüksek ancak diğer protokollere yakın paket dağıtım oranına sahip olduğu görülmektedir. 60 duraklama süresinde DSDV, AODV’ye yakın ancak daha düşük sonuç alırken, E-AODV en yüksek paket dağıtım oranına sahip olmuştur. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV ve AODV arasındaki TCP paketler için paket dağıtım oranı farkı da artış göstermiştir. E-AODV’nin 150 düğüm 50 bağlantıda TCP paketlerin paket dağıtım oranı değerlerinde de AODV’den daha başarılı sonuçlar aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.55. Senaryo-2 - 150D 50B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

150 düğüm 100 bağlantıda TCP paket dağıtım oranına göre değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.56'da da görüldüğü üzere 30 ve 60 duraklama süresinde DSDV diğer protokollere göre daha yüksek sonuçlar almıştır. Bağlantı sayısının artmasıyla tüm protokollerin TCP paketler için paket dağıtım oranları azalmıştır. 30 duraklama süresinde DSDV daha başarılı olsa da 60 duraklama süresinde E-AODV, DSDV'ye yakın paket dağıtım oranına sahip olmuştur. 90 duraklama süresinden itibaren de DSDV'de benzetim sonlanmadığı için sonuç alınamamıştır. 150 düğüm 50 bağlantıya göre bağlantı sayısının artması özellikle AODV'de çok ciddi düşüşe neden olmuştur. Şekil 5.56'da tüm duraklama sürelerinde E-AODV'nin AODV'den çok daha başarılı değerlere sahip olduğu açıkça görülmektedir. Duraklama süresinin artmasıyla E-AODV'de artış görülmektedir. Ancak AODV'de ise dalgalanmalar yaşanmış ve 150 duraklama süresinde en düşük seviyeye ulaşmıştır.



Şekil 5.56. Senaryo-2 - 150D 100B: E-AODV, AODV ve DSDV için TCP-PDO

Değerlendirme sonuçlarına göre, senaryo-2 için throughput, uçtan uca gecikme, paket dağıtım oranı ve TCP paketlerin 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 arttırılmıştır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Acil durum ve kurtarma durumlarında hücresele şebekeler işlev dışı kalabilmektedir. Bu durumun başlıca sebepleri yaşanan felaketten dolayı hatlarda fiziksel sorunların meydana gelmesi ya da insanların birbirleriyle iletişim kurma çabalarından dolayı aşırı yüklenmenin yaşanmasıdır. Böyle zamanlarda mobil tasarsız ağlar kullanılarak alternatif haberleşme sağlanması gerekmektedir. Mobil tasarsız ağlarda da verilerin hızlı ve güvenilir bir şekilde iletilmesi önemlidir. Bu tez 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. AODV protokolünde kuyruk yapısı yönlendirme paketleri öncelikli olmakla birlikte, ilk giren ilk çıkar mantığıyla çalışmaktadır. Geliştirilen algoritma ile TCP veri paketlerine, kuyruk yapısında öncelik sağlanmıştır. 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 protokolleriyle 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. Yapılan çalışmada E-AODV'nin başarımının AODV ile kıyaslanmasının yanı sıra DSDV ve DSR'ye göre de başarımı değerlendirilmiştir. Oluşturulan senaryolar için DSR hareketli 5 farklı grubun bulunduğu özellikle bağlantı ve düğüm sayısının arttığı durumlarda tutarsız sonuçlar vermiştir. Her iki senaryolar için DSR'nin başarılı olmadığı görülmüştür. 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 başarımla sergilediği görülmektedir. E-AODV protokolü ile acil durum ve kurtarma senaryoları için

düğümlemler 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 test edilebilir. Ayrıca daha fazla insana ulaşmak amacıyla daha büyük alanlar için E-AODV protokolü hibrid protokollerle birlikte kullanılarak kümeleme yöntemleri içerisinde test edilmelidir.



KAYNAKLAR

1. Murthy, C. S. R. and Manoj, B. S. (2004). *Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols*. New Jersey: Prentice Hall PRT.
2. Frodigh, M., Johansson, P. and Larsson, P. (2000). Wireless ad hoc networking - The art of networking without a network. *Ericsson review*, 4, 248-263.
3. Cordeiro, C. M. and Agrawal, D. P. (2011). *Ad hoc and sensor networks: theory and applications*. (2nd Edition). Singapore: World Scientific.
4. Zemlianov, A. and De Veciana, G. (2005). Capacity of ad hoc wireless networks with infrastructure support. *IEEE Journal on selected areas in Communications*, 23(3), 657-667.
5. Agrawal, D. P. and Zeng, Q. A. (2015). *Introduction to wireless and mobile systems*. (3th Edition). Stamford, Connecticut, USA: Cengage learning.
6. 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.
7. Perkins, C.E. and Royer, E.M. (1999, Şubat). *Ad-Hoc on-demand distance vector routing*. Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA '99), IEEE, New Orleans, USA, 90-100.
8. Perkins, C. E. and Bhagwat, P. (1994). Highly dynamic destination-sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers. *Computer Communication Review*, 24(2), 234-245.
9. Johnson, D. B. and Maltz, D. A. (1996). Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. *Mobile computing*, 153-181.
10. Quispe, L. E. and Galan, L. M. (2014). 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.
11. Torres, R., Mengual, L., Marban, O., Eibe, S., Menasalvas, E. and Maza, B. (2012). A management ad hoc networks model for rescue and emergency scenarios. *Expert Systems with Applications*, 39(10), 9554-9563.
12. Mohapatra, S. and Kanungo, P. (2012). Performance analysis of AODV, DSR, OLSR and DSDV routing protocols using NS2 simulator. *Procedia Engineering*, 30, 69-76.
13. Tony, L. and Nicklas, H. (1998). *Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks—A Simulation Study*, Master Thesis, Luleå University of Technology, Stockholm.

14. Bang, A. O. & Ramteke, P. L. (2013). MANET: History, challenges and applications. *International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management*, 2(9), 249-251.
15. Soytürk, M., Harmancı, A. E. ve Çayırıcı, E. (2001, Eylül). *Gezgin Ad Hoc Ağlar ve Yol Atama*. Bilişim Zirvesi '01, İstanbul, 1, 4-7.
16. Aarti and Tyagi, S.S. (2013). Study Of Manet: Characteristics, challenges, application and security attacks. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(5), 252-257.
17. Sun, J. Z. (2001, Ekim, Kasım). *Mobile ad hoc networking: an essential technology for pervasive computing*. International Info-tech and Info-net (ICII 2001), IEEE, Beijing, China, 3, 316-321.
18. Aurisch, T. and Tölle, J. (2009, May). *Relay placement for ad-hoc networks in crisis and emergency scenarios*. Information Systems and Technology Panel (IST) Symposium, NATO Science and Technology Organization, Bucharest, Romania, 142-152.
19. Gavrilovska, L. and Prasad, R. (2006). *Ad hoc networking towards seamless communications*. Netherlands: Springer.
20. Gill, A. and Diwaker, C. (2012). Comparative Analysis of routing in MANET. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2(7), 309-314.
21. Singh, S., Woo, M. and Raghavendra, C. S. (1998, Ekim). *Power-Aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks*. International conference on mobile computing and networking (MobiCom '98), ACM/IEEE, Texas, USA, 181-190.
22. Blazevic, L., Le Boudec, J. Y. and Giordano, S. (2003). A location based routing method for irregular mobile ad hoc networks. *EPFL-IC Report Number IC/2003/30*.
23. 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.
24. Lalitha, V. and Rajesh, R. S. (2014). AODV_RR: A maximum transmission range based ad hoc on-demand distance vector routing in MANET. *Wireless personal communications*, 78(1), 491-506.
25. Parvar, M. E., Somarin, A. M., Tahernezhad, M. R. and Alaei, Y. (2015). Proposing a new method for routing improvement in wireless ad hoc networks (optional). *Cumhuriyet Science Journal*, 36(4), 2118-2122.

26. Ade, S. A. and Tijare, P. A. (2010). 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.
27. Johnson, D. B., Maltz D. A. and Broch, J. (2001). DSR: The Dynamic Source Routing Protocol for Multihop Wireless Ad Hoc Networks. In Perkins, C. E. (Ed.), *Ad hoc networking*, US: Pearson, 141-146.
28. Jahani, S. and Bagherpour, M. (2011, February). *A clustering algorithm for mobile ad hoc networks based on spatial auto-correlation*. International symposium on computer networks and distributed systems (CNDS), IEEE, Tehran, Iran, 136-141.
29. Tanenbaum, A. S. and Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks*. (5th Edition). USA: Pearson, 372.
30. Murthy, S. and Garcia-Luna-Aceves, J. J. (1996). An efficient routing protocol for wireless networks. *Mobile Networks and applications*, 1(2), 183-197.
31. Chiang, C. C., Wu, H. K., Liu, W. and Gerla, M. (1997, April). *Routing in clustered multihop, mobile wireless networks with fading channel*. IEEE Singapore International Conference on Networks 1997 (IEEE SICON'97), 197-211.
32. Dhenakaran, D. S. and Parvathavarthini, A. (2013). An overview of routing protocols in mobile ad-hoc network. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3(2), 251-259.
33. İnternet: Garcia-Luna-Aceves, J. J., Spohn, M. and Beyer, D. Source Tree Adaptive Routing (STAR) Protocol. IETF MANET Working Group. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftools.ietf.org%2Fhtml%2Fdraft-ietf-manet-star-00&date=2017-08-17>. Son Erişim Tarihi: 17 Ağustos 2017.
34. Garcia-Luna-Aceves, J. J., and Spohn, M. (1999, Ekim, Kasım). *Source-tree routing in wireless networks*. International Conference on Network Protocols (ICNP '99), IEEE, Toronto, Ontario, Canada, 273-282.
35. Pei, G., Gerla, M., & Chen, T. W. (2000, Haziran). *Fisheye state routing: A routing scheme for ad hoc wireless networks*. International Conference on Communications (ICC), IEEE, New Orleans, USA, 1, 70-74.
36. İnternet: Gerla, M., Hong, X. and Pei, G. Fisheye State Routing Protocol (FSR) for Ad Hoc Networks. IETF MANET Working Group. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftools.ietf.org%2Fhtml%2Fdraft-ietf-manet-fsr-03%23ref-4&date=2017-08-17>. Son Erişim Tarihi: 17 Ağustos 2017
37. Pei, G., Gerla, M., Hong, X. and Chiang, C. C., (1999, Eylül). *A wireless hierarchical routing protocol with group mobility*. In Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), IEEE, New Orleans, USA, 3, 1538-1542.

38. Abolhasan, M., Wysocki, T., and Dutkiewicz, E. (2004). A review of routing protocols for mobile ad hoc networks. *Ad hoc networks*, 2(1), 1-22.
39. Chen, T. W. and Gerla, M. (1998, Haziran). *Global state routing: A new routing scheme for ad-hoc wireless networks*. International Conference on Communications (ICC 98), IEEE, Atlanta, USA, 1, 171-175.
40. Kumar, G. V., Reddy, Y. V. and Nagendra, D. M. (2010). Current research work on routing protocols for MANET: a literature survey. *International Journal on computer Science and Engineering*, 2(3), 706-713.
41. Toh, C. K. (1997). Associativity-based routing for ad hoc mobile networks. *Wireless Personal Communications*, 4(2), 103-139.
42. Dube, R., Rais, C. D., Wang, K. Y. and Tripathi, S. K. (1997). Signal stability-based adaptive routing (SSA) for ad hoc mobile networks. *IEEE Personal communications*, 4(1), 36-45.
43. Saha, H. N., Bhattacharyya, D., Banerjee, B., Mukherjee, S., Singh, R. and Ghosh, D. (2013). A Review on MANET routing protocols and its vulnerabilities. *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS)*, 2(6), 252-262.
44. Su, W. and Gerla, M. (1999, Aralık). *IPv6 flow handoff in ad hoc wireless networks using mobility prediction*. In Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'99), IEEE, Rio de Janeiro, Brazil, 5, 271-275.
45. Meghanathan, N., DeMarcus, T., & Addison, E. S. (2009, Ekim). *Multicast Extensions to the Flow-Oriented Routing Protocol and Node Velocity-based Stable Path Routing Protocol for Mobile Ad hoc Networks*. International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops (ICUMT'09), IEEE, St. Petersburg, Russia, 1896-1901.
46. Sisodia, R. S., Manoj, B. S. and Murthy, C. S. R. (2002). A preferred link based routing protocol for wireless ad hoc networks. *Journal of Communications and Networks*, 4(1), 14-21.
47. Sivakumar, R., Sinha, P. and Bharghavan, V. (1999). CEDAR: a core-extraction distributed ad hoc routing algorithm. *IEEE Journal on Selected Areas in communications*, 17(8), 1454-1465.
48. Haas, Zygmunt J. (1997, Ekim). *A new routing protocol for the reconfigurable wireless networks*. 6th International Conference on Universal Personal Communications (ICUPC 97), IEEE, San Diego, USA, 1, 562 – 566.
49. İnternet: Zygmunt J. Haas, Marc R. Pearlman, Prince Samar. The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftools.ietf.org%2Fhtml%2Fdraft-ietf-manet-zone-zrp-04&date=2017-09-15>. Son Erişim Tarihi: 15 Eylül 2017.

50. Joa-Ng, M. and Lu, I. T. (1999). A peer-to-peer zone-based two-level link state routing for mobile ad hoc networks. *IEEE Journal on selected areas in communications*, 17(8), 1415-1425.
51. Agarwal, S., Ahuja, A., Singh, J. P. and Shore, R. (2000, Haziran). *Route-lifetime assessment based routing (RABR) protocol for mobile ad-hoc networks*. International Conference on Communications (ICC), IEEE, New Orleans, USA, 3, 1697-1701.
52. Somasundaram, R., Sumithra, K. and Bharathi, S. (2014). A Survey on various routing protocols in mobile ad hoc networks. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 3(12), 8726-8731.
53. Ko, Y. and Vaidya, N. H. (2000). Location-Aided Routing (LAR) in mobile ad hoc networks. *Wireless Networks*, 6(4), 307-321.
54. Park, Vincent D. and Corson, M. Scott. (1997, Nisan). *A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks*. Sixteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, Proceedings of the INFOCOM '97, Kobe, Japan, 3, 1405-1413.
55. İnternet: Clausen, T. and Jacquet, P. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). IETF Network Working Group. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.rfc-editor.org%2Finfo%2Frfc3626&date=2017-08-17>. Son Erişim Tarihi: 17 Ağustos 2017.
56. Fujiwara, T. and Watanabe, T. (2005). An ad hoc networking scheme in hybrid networks for emergency communications. *Ad Hoc Networks*, 3(5), 607-620.
57. Quispe, L. E., Tandazo, R. T. and Galan, L. M. (2012, Nisan). *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.
58. İnternet: 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.
59. Sivagurunathan, S. and Prathapchandran, K. (2016). Behaviour of routing protocols in mobile ad hoc networks investigated for emergency and rescue situation in India. *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, 8(1), 23-37.
60. Kumar, S., Rathy, R. K. and Pandey, D. (2009, Ocak). *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.
61. Ramesh, M. V., Jacob, A. and Devidas, A. R. (2012, Ağustos). *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.



EKLER

EK-1(a). Senaryo-1’de DSR protokolü için alınan sonuçlar

75D25B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	6412	2387	1407	1251	25	88,81%	39,17%	426,43	355,74
60 sn	10963	5950	3231	3037	53	93,90%	55,25%	617,20	423,73
90 sn	17249	8932	4748	4539	78	95,48%	54,57%	696,56	419,07
120 sn	22983	11720	6157	5940	108	96,30%	54,45%	696,20	409,87
150 sn	32114	14023	7327	7096	120	96,30%	51,52%	682,89	391,68
180 sn	43698	17300	8991	8736	151	96,25%	55,38%	802,69	403,91
210 sn	67059	14177	7413	7181	165	95,77%	32,40%	754	283,42
240 sn	41437	26064	13403	13132	225	97,98%	63,25%	540,11	450,57
75D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	9919	1050	792	592	29	74,09%	10,93%	250,55	152,15
60 sn	25602	1718	1196	944	51	76,89%	8,42%	471,79	128,32
90 sn	39530	2216	1463	1202	67	80,31%	6,83%	645,64	105,72
120 sn	65939	2432	1616	1306	81	78,21%	4,43%	631,90	99,81
150 sn	124426	2134	1491	1157	80	76,23%	2,06%	487,01	88,50
180 sn	194309	1878	1391	1027	79	72,00%	1,19%	499,84	82,82
210 sn	157447	1968	1460	1076	65	73,56%	1,26%	894,76	75,40
240 sn	310726	1109	1012	647	95	63,87%	0,36%	530,40	66,04
100D25B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	7947	1754	1088	933	32	84,92%	23,49%	329,95	263,80
60 sn	31444	2356	1387	1239	46	85,78%	15,45%	388,65	175,90
90 sn	32865	4518	2514	2330	76	90,16%	20,44%	440,84	217,57
120 sn	63433	6523	3545	3338	82	89,25%	26,89%	535,39	243,88
150 sn	144747	4518	2550	2319	85	80,85%	12,13%	402,23	154,98
180 sn	198375	5849	3207	2989	92	86,79%	12,24%	459,43	181,96
210 sn	244411	8862	4776	4510	145	91,46%	12,45%	836,44	244,07
240 sn	441046	1233	910	639	64	70,14%	0,28%	321,71	85,26
100D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	12299	754	653	431	37	65,03%	6,38%	274,05	110,76
60 sn	32251	924	772	531	43	67,27%	3,20%	306,17	71,71
90 sn	68421	941	824	541	54	63,91%	1,55%	464,98	62,25
120 sn	191070	751	750	441	60	56,93%	0,54%	371,73	54,28
150 sn	307474	905	837	524	67	61,64%	0,34%	416,30	62,64
180 sn	526697	823	824	479	87	57,18%	0,17%	328,79	60,41
210 sn	504744	843	835	497	58	59,45%	0,17%	156,52	48,61
240 sn	904329	899	918	519	141	56,47%	0,10%	258,26	65,20
150D25B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	10088	1293	840	694	37	80,11%	15,61%	309,19	195,02
60 sn	28893	1791	1109	946	52	80,26%	9,63%	326,60	144,48
90 sn	83140	913	687	501	49	70,64%	1,30%	272,48	90,60
120 sn	144371	2690	1616	1406	83	79,16%	5,57%	449,46	143,63
150 sn	494315	1277	907	682	73	71,04%	0,48%	281,18	108,38
180 sn	889481	1743	1146	922	89	73,39%	0,46%	284,10	110,89
210 sn	2683442	896	709	497	81	69,73%	0,04%	281,09	68,51
240 sn	1279222	2620	1658	1378	109	83,06%	0,20%	495,25	168,92
150D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	17898	468	499	274	27	53,47%	2,82%	178,51	73,40
60 sn	48792	443	535	261	37	47,60%	0,95%	203,87	55,07
90 sn	108210	477	566	277	47	47,21%	0,51%	241,08	57,59
120 sn	304347	457	591	271	54	44,69%	0,16%	277,44	51,09
150 sn	692428	438	588	258	67	42,90%	0,66%	206,50	50,69
180 sn	1622473	434	642	253	81	38,46%	0,28%	239,96	51,92
210 sn	2386202	582	769	343	95	44,55%	0,02%	288,89	61,10
240 sn	5595391	313	613	194	56	31,60%	0,01%	266,04	36,98

EK-1(c). Senaryo-1’de AODV protokolü için alınan sonuçlar

75D25B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	3439	3140	1808	1631	78	90,18%	91,25%	477,32	476,06
60 sn	7301	6786	3804	3497	199	91,89%	92,93%	540,78	491,88
90 sn	11102	10367	5760	5342	310	92,71%	93,36%	577,70	496,13
120 sn	15464	14469	8028	7437	492	92,62%	93,56%	601,48	516,48
150 sn	19605	18428	10166	9439	636	92,84%	93,99%	627,97	523,48
180 sn	23767	22382	12303	11464	752	93,17%	94,17%	639,44	526,58
210 sn	27745	26039	14383	13362	966	92,89%	93,85%	643,24	526,56
240 sn	32222	30318	16694	15528	1133	93,01%	94,09%	663,11	533,49
75D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	2575	2135	1420	1155	155	81,14%	82,80%	719,28	325,47
60 sn	5935	5180	3182	2752	343	86,45%	87,25%	634,00	380,76
90 sn	9277	8203	4946	4331	551	87,57%	88,40%	670,46	398,88
120 sn	12822	11376	6806	6016	752	88,37%	88,71%	651,52	413,50
150 sn	16451	14696	8711	7740	972	88,84%	89,33%	650,09	425,62
180 sn	19679	17601	10392	9286	1128	89,35%	89,44%	666,36	425,82
210 sn	23688	21299	12506	11182	1357	89,42%	89,91%	644,61	438,65
240 sn	26876	24135	14191	12686	1578	89,38%	89,79%	662,93	434,06
100D25B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	3030	2759	1595	1435	54	89,85%	91,00%	476,22	424,00
60 sn	6685	6191	3485	3200	175	91,81%	92,59%	514,07	459,09
90 sn	11038	10365	5711	5327	276	93,27%	93,90%	507,19	494,70
120 sn	14834	13941	7675	7159	406	93,28%	93,98%	534,42	496,94
150 sn	18132	16962	9406	8726	592	92,76%	93,54%	574,96	482,78
180 sn	23391	22006	12103	11289	735	93,27%	94,08%	537,65	519,31
210 sn	27144	25551	14046	13098	876	93,23%	94,12%	598,09	515,87
240 sn	31058	29239	16058	15000	1002	93,40%	94,14%	590,24	516,16
100D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	2363	1944	1312	1051	145	79,94%	81,99%	621,20	305,49
60 sn	5206	4495	2805	2401	318	85,53%	86,33%	647,00	334,77
90 sn	8435	7423	4498	3937	487	87,47%	87,96%	644,85	362,83
120 sn	11695	10344	6234	5461	721	87,58%	88,44%	611,07	377,67
150 sn	14701	13061	7813	6906	890	88,37%	88,72%	602,55	378,24
180 sn	18212	16190	15634	8545	1126	88,38%	88,90%	594,71	391,31
210 sn	21374	19018	11325	10049	1323	88,72%	88,97%	596,49	394,13
240 sn	25283	22614	13397	11886	1553	88,71%	89,44%	594,26	407,12
150D25B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	3269	3012	1714	1556	44	90,67%	92,06%	404,23	457,34
60 sn	6944	6448	3620	3324	190	91,78%	92,84%	439,96	471,94
90 sn	10972	10263	5693	5279	310	92,70%	93,52%	513,97	494,31
120 sn	15251	14375	7886	7365	402	93,39%	94,25%	515,22	512,71
150 sn	19259	18142	9931	9328	506	93,93%	94,20%	526,80	517,38
180 sn	23279	21919	12034	11244	691	93,17%	94,15%	547,42	518,30
210 sn	27938	26400	14392	13546	738	94,12%	94,49%	570,64	534,00
240 sn	32113	30337	16565	15549	931	93,86%	94,46%	571,83	535,41
150D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	2366	1958	1307	1058	123	80,78%	82,52%	615,32	300,48
60 sn	5207	4507	2817	2389	307	84,71%	86,49%	603,18	330,83
90 sn	8156	7163	4362	3794	468	86,39%	87,79%	560,81	349,52
120 sn	11129	9794	5948	5182	701	87,09%	87,99%	597,26	358,76
150 sn	15010	13243	7963	7046	849	88,45%	89,00%	583,21	388,36
180 sn	17983	22653	9551	8432	1087	88,25%	88,87%	570,36	386,09
210 sn	21768	19436	11553	10216	1340	88,41%	89,27%	574,01	400,80
240 sn	25213	22527	13359	11855	1527	88,74%	89,34%	571,75	406,07

EK-1(d). Senaryo-2’de DSR protokolü için alınan sonuçlar

75D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	7716	2079	1087	938	23	422	289	44	%85,64	%29,87	282,61	266,19
60 sn	14128	4481	2116	1933	45	922	719	76	%90,24	%36,26	382,21	269,49
90 sn	21032	6709	3041	2824	71	1422	1161	99	%91,42	%36,76	535,79	260,09
120 sn	35946	8405	3751	3530	88	1922	1464	162	%92,07	%33,42	410,61	245,62
150 sn	38593	10827	4745	4507	117	2422	1954	164	%93,68	%35,36	528,65	250,89
180 sn	39380	16357	7254	6968	152	2922	2553	174	%95,79	%47,44	604,62	322,93
210 sn	78525	15446	6840	6559	155	3422	2444	596	%92,12	%38,62	467,34	266,42
240 sn	161694	5739	2413	2221	100	3922	1412	1543	%92,01	%3,55	244,76	143,48
75D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	12741	959	608	384	23	830	279	156	%62,37	%8,14	270,19	98,08
60 sn	29982	1417	736	478	41	1830	576	472	%63,73	%5,10	292,99	64,01
90 sn	52051	1811	844	528	53	2830	784	957	%64,61	%4,35	370,78	53,09
120 sn	155093	1556	809	490	84	3830	689	1930	%59,87	%1,71	445,38	62,54
150 sn	165217	1722	862	538	86	4830	754	2739	%61,03	%1,30	341,85	50,11
180 sn	247308	1887	929	573	117	5830	859	3649	%59,96	%0,91	425,27	52,82
210 sn	383722	1256	861	455	117	6830	454	5261	%49,82	%0,48	305,87	55,15
240 sn	834873	851	678	282	135	7830	379	6539	%41,53	%0,10	311,73	38,19
100D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	8618	1510	799	671	24	422	253	62	%82,01	%20,43	250,98	188,27
60 sn	23885	1931	948	785	46	922	444	188	%79,86	%10,44	205,00	109,31
90 sn	44778	3145	1481	1302	64	1422	637	359	%82,07	%14,07	354,03	128,87
120 sn	90112	5070	2348	2130	83	1922	915	513	%82,80	%17,33	371,40	165,07
150 sn	216377	3494	1647	1432	82	2422	724	1119	%76,45	%8,33	283,85	110,81
180 sn	286739	3240	1528	1303	103	2922	730	1446	%80,99	%2,37	345,72	113,08
210 sn	347019	3279	1547	1302	109	3422	764	1881	%79,45	%1,00	387,55	107,31
240 sn	508706	2502	1278	990	151	3922	614	2523	%77,40	%0,49	363,34	97,77
100D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	15490	665	495	278	26	830	182	190	%55,78	%4,43	196,00	72,90
60 sn	39037	801	561	304	33	1830	285	698	%52,99	%2,13	275,63	47,18
90 sn	89175	764	559	286	53	2830	277	1576	%49,95	%1,01	282,35	41,17
120 sn	191430	748	581	278	59	3830	282	2552	%47,34	%0,43	199,15	40,13
150 sn	504466	689	584	257	64	4830	246	3631	%43,50	%0,17	249,68	47,88
180 sn	857277	751	640	278	77	5830	277	4584	%42,51	%0,13	373,05	39,32
210 sn	1089925	512	596	208	80	6830	165	5876	%34,79	%0,05	202,77	34,86
240 sn	661617	896	670	268	121	7830	418	6245	%39,94	%0,14	70,23	30,55
150D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	13506	795	493	356	28	422	144	102	%70,85	%6,69	212,22	101,48
60 sn	38863	1087	638	473	39	922	201	304	%67,56	%4,19	200,03	84,86
90 sn	92586	1164	666	507	44	1422	225	676	%70,01	%2,12	198,46	80,56
120 sn	293561	780	531	341	52	1922	153	1235	%61,90	%0,36	174,82	69,63
150 sn	559820	916	599	396	65	2422	188	1644	%63,72	%0,19	169,30	72,11
180 sn	1216364	2716	1406	1178	77	2922	428	2002	%65,96	%4,28	233,05	100,42
210 sn	1953353	1250	791	564	86	3422	222	2694	%71,19	%0,06	261,29	122,75
240 sn	2047416	786	602	362	80	3922	147	3224	%60,03	%0,04	136,73	92,12
150D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO - TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	23977	391	405	183	21	830	74	242	%44,63	%1,67	117,98	65,37
60 sn	57979	437	476	190	33	1830	103	835	%39,31	%0,79	152,19	73,41
90 sn	427798	400	475	185	45	2830	82	1989	%38,44	%0,24	193,64	55,54
120 sn	397353	439	538	197	46	3830	91	2861	%36,39	%0,12	244,13	53,54
150 sn	1459244	384	513	175	52	4830	80	3981	%33,70	%0,04	120,36	69,89
180 sn	2960267	444	576	199	65	5830	102	4960	%33,97	%0,02	118,56	68,88
210 sn	3816757	536	621	234	52	6830	149	5785	37,62%	0,01%	141,43	42,88
240 sn	3244785	702	775	313	99	7830	137	6722	40,34%	0,02%	164,35	38,16

EK-1(f). Senaryo-2’de AODV protokolü için alınan sonuçlar

75D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO- TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	3182	2767	1469	1291	77	422	287	97	%87,70	%86,88	388,08	374,14
60 sn	7165	6445	3277	2966	209	922	701	176	%90,45	%89,95	500,40	417,68
90 sn	10705	9762	4848	4435	313	1422	1163	234	%91,47	%91,19	550,24	411,16
120 sn	15127	13870	6900	6305	500	1922	1594	302	%91,36	%91,68	542,27	435,89
150 sn	19093	17572	8684	7987	611	2422	2036	369	%91,95	%92,03	542,91	441,03
180 sn	23581	21747	10772	9887	816	2922	2488	423	%91,77	%92,22	560,35	454,13
210 sn	27354	25313	12456	11476	911	3422	2932	466	%92,12	%92,54	558,67	451,68
240 sn	31076	28761	14131	13024	1057	3922	3404	509	%92,16	%92,54	585,52	447,71
75D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO- TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	2249	1510	821	598	123	830	425	321	%72,01	%66,56	484,95	161,00
60 sn	4747	3534	1644	1273	284	1830	1169	621	%76,21	%73,40	507,12	172,62
90 sn	7803	6207	2734	2239	413	2830	2013	814	%81,77	%79,52	498,65	205,30
120 sn	10890	8882	3862	3197	613	3830	2852	1023	%82,70	%81,52	491,33	218,96
150 sn	13107	10566	4516	3761	706	4830	3455	1458	%81,59	%78,79	464,49	204,57
180 sn	16810	13928	5947	5033	885	5830	4413	1540	%84,23	%82,13	468,06	229,42
210 sn	19206	15819	6696	5680	1004	6830	5078	1904	%83,97	%81,16	438,62	221,34
240 sn	23571	19883	8491	7249	1261	7830	6126	1866	%85,29	%84,14	439,77	247,89
100D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO- TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	3218	2780	1484	1312	73	422	250	129	%88,17	%86,30	328,82	382,30
60 sn	6644	5922	3004	2718	183	922	648	227	%90,38	%89,06	399,51	384,87
90 sn	10654	9633	4818	4414	316	1422	1071	309	%91,57	%90,39	462,86	402,25
120 sn	14293	13011	6455	5917	439	1922	2446	362	%91,63	%91,02	485,96	412,56
150 sn	18280	16684	8267	7591	592	2422	1948	435	%91,81	%91,26	486,84	419,46
180 sn	22424	20571	10141	9361	703	2922	2378	499	%92,29	%91,73	494,48	430,33
210 sn	26014	23886	11772	10820	889	3422	2820	580	%91,91	%91,82	511,31	426,55
240 sn	29605	27204	13373	12310	1008	3922	3272	618	%92,03	%91,88	520,90	423,94
100D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO- TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	2011	1205	702	479	107	830	329	393	%67,44	%59,31	400,26	129,42
60 sn	4104	2683	1306	968	216	1830	882	855	%71,95	%63,38	407,31	130,88
90 sn	6064	4058	1827	1406	326	2830	1443	1362	%72,37	%62,03	394,91	126,21
120 sn	8594	6206	2656	2109	459	3830	2260	1610	%76,51	%69,14	389,96	142,95
150 sn	11506	8770	3676	3000	609	4830	3130	1797	%79,53	%73,65	433,75	162,88
180 sn	12102	8335	3477	2795	599	5830	3077	2887	%72,82	%61,43	383,08	126,09
210 sn	16513	12682	5243	4374	797	6830	4439	2580	%82,11	%74,58	377,74	169,95
240 sn	19997	15962	6628	5539	1082	7830	5497	2542	%83,20	%78,84	411,57	188,83
150D50B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO- TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	3109	2611	1425	1262	58	422	237	139	%88,27	%85,92	336,70	370,64
60 sn	6907	6152	3129	2856	160	922	615	256	%91,25	%89,04	378,02	406,16
90 sn	10733	9660	4851	4460	272	1422	1012	368	%91,90	%89,97	435,76	415,73
120 sn	14798	13445	6704	6173	426	1922	1450	403	%92,07	%90,85	442,99	428,56
150 sn	18797	17177	8509	7866	548	2422	1867	489	%92,41	%91,37	485,54	435,51
180 sn	22681	20767	10279	9480	711	2922	2358	525	%92,22	%91,56	477,99	436,80
210 sn	26827	24607	12158	11246	835	3422	2726	642	%92,49	%91,72	496,45	442,94
240 sn	31462	28964	14278	13262	949	3922	3135	720	%92,87	%92,05	510,76	456,13
150D100B	T_Paket	A_Paket	T_TCP	A_TCP	D_TCP	T_UDP	A_UDP	D_UDP	PDO- TCP	PDO	UUG	Throughput
30 sn	1876	975	633	414	79	830	213	477	%62,47	%49,61	382,90	113,35
60 sn	3520	1823	998	693	159	1830	539	1114	%62,04	%45,78	344,22	107,07
90 sn	4941	2423	1235	876	230	2830	791	1822	%66,03	%44,47	379,24	89,51
120 sn	6674	3471	1642	1202	304	3830	1228	2470	%63,81	%44,23	380,59	88,92
150 sn	7151	2864	1372	949	266	4830	1097	3497	%57,75	%33,66	354,19	55,69
180 sn	10486	5886	2626	2030	470	5830	2077	3667	%66,15	%46,19	365,74	93,97
210 sn	13264	8314	3577	2858	611	6830	2947	3840	%72,08	%54,10	360,22	110,81
240 sn	15359	10364	4369	3537	745	7830	3678	3887	%76,91	%61,72	356,95	116,52

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇETİNKAYA, Fırat
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 16.10.1983, Mersin
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (505) 536 33 39
e-mail : firacetinkaya83@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Bilişim Enstitüsü	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi/Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği	2009
Lise	Mersin Atatürk Anadolu Teknik Lisesi/Bilgisayar Bölümü	2005

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	KoçSistem Bilgi ve İletişim Hizmetleri	Ses Teknolojileri Uzmanı
2013-2014	Akfa Bilişim	Çözüm Mimarı
2010-2013	4S Bilgi Teknolojileri	Ürün Teknolojileri Danışmanı

Yabancı Dil

İngilizce



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR.