GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA KONTROL FONKSİYONLARI İÇİN PARÇALAMA EŞİK DEĞERİ İLE PERFORMANS GELİŞTİRME

Hacı Bayram KARAKURT

YÜKSEK LİSANS
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2015

Hacı Bayram KARAKURT tarafından hazırlanan "KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA KONTROL FONKSİYONLARI İÇİN PARÇALAMA EŞİK DEĞERİ İLE PERFORMANS GELİŞTİRME" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr.Cemal KOÇAK
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Başkan : Doç. Dr. İlyas ÇANKAYA
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Üye: Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum .....

Tez Savunma Tarihi: 10/06/2015

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

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- 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 çalışmasında 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.

Hacı Bayram Karakurt

17/06/2015

KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA KONTROL FONKSİYONLARI İÇİN PARÇALAMA EŞİK DEĞERİ İLE PERFORMANS GELİŞTİRME

(Yüksek Lisans Tezi)

Hacı Bayram KARAKURT

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2015

ÖZET

Kablosuz Yerel Alan Ağlarında (WLAN) performansı artırmak için farklı karakteristik özelliğe sahip Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (Distributed Coordination Function-DKF), Noktasal Koordinasyon Fonksiyonu (Point Coordination Function-NKF), Gelişmiş Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (Enhanced Distributed Coordination Function-GDKF) gibi kontrol fonksiyonlarının kullanıldığı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda genel olarak farklı performans kriterleri kullanılarak kontrol fonksiyonlarının performansları karşılaştırılmıştır. Diğer yandan kablosuz ağlarda özellikle büyük veriler taşınırken birçok hatalar oluşabilmektedir. Bu nedenle kablosuz ortamda uzun bir veri bloğu parçalara (fragments) bölünerek taşınması hataları azaltmaktadır. Parçalanan verinin optimum boyutları parçalama eşik değeri (Fragmentation threshold) olarak adlandırılmaktadır. Tez çalışmasında DKF, NKF ve GDKF kontrol fonksiyonlarına aynı parçalama eşik değerleri verilerek alınan ve gönderilen veri trafiği, gecikme, yükleme ve birim zaman da gönderilen paket sayıları karşılaştırılarak performansa etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Aynı parçalama eşik değerlerinin her bir kontrol fonksiyonuna farklı miktarda etki ettiği gözlemlenmiş ve optimum değerler elde edilmiştir. Uygulamalar OPNET benzetim aracı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Parçalama eşik değerleri 256–512–750–1024 byte olarak seçilmiştir. Senaryolarda hangi performans kriteri için hangi kontrol fonksiyonlarının daha uygun olabileceği üzerine detaylı olarak çalışma yapılmış ve 15 senaryo üzerinden uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu konuda literatürde yeni olan kablosuz yerel alan ağlarında kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değerinin alınan veri trafiğinde performansın GDKF kontrol fonksiyonunda yaklaşık %20 oranında, gecikme süresinde ise performansın NKF kontrol fonksiyonunda yaklaşık %25 oranında diğer kontrol fonksiyonlarına göre daha fazla verimli olduğu gözlemlenmiştir. Gönderilen veri trafiği, yüklenme süreleri ve birim zamandaki işlenen paket değerlerinde ise parçalama eşik değerlerinin NKF, DKF ve GDKF'nin performanslarına yaklaşık olarak aynı oranlarda etki ettiği, belirgin bir artma veya azalma meydana getirmediği görülmüştür.

Bilim Kodu : 902.1.014

Anahtar Kelimeler : WLAN performans analizi, DKF, NKF, GDKF, parçalama eşik değeri

Sayfa Adedi : 71

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Cemal KOÇAK

PERFORMANCE IMPROVEMENT WITH FRAGMENTATION THRESHOLD FOR THE CO-ORDINATION FUNCTIONS BY USING WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS

(M. Sc. Thesis)

Hacı Bayram KARAKURT

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2015

ABSTRACT

There are many studies to evaluate performance of wireless local area networks by using different co-ordination functions like Distributed Coordination Function (DCF), Point Coordination Function (PCF) and Enhanced Distributed Coordination Function (EDCF) having different characterizes. In these studies generally the performance of co-ordination functions are compared with using different performance criteria. On the other hand, it is always possible to have some faults during data transmission, especially if the amount of data increases in a wireless local area network. To prevent from data loss or loss of packets, data is fragmented in to the smaller packets. The optimal size of fragmented data which is the maximum unit value for fragmentation of the data to be transmitted is defined as fragmentation threshold. In this thesis, there is a deeply studying to evaluate the performance of DCF, PCF and EDCF with the same fragmentation threshold with different values for testing various parameters i.e., traffic received, traffic sent, delay, load, and throughput in wireless networks by comparing probabilities to get optimum results. Applications are applied on the OPNET simulator tool. Fragmentation thresholds are defined as 256 – 512 – 750 – 1024 bytes. In this scenarios there is a deeply investigation to define most appropriate co-ordination function for different performance criterias and performed the application on 15 scenarios. This is the first study literary in wireless local area network with applying fragmentation threshold to co-ordination functions and observed that the performance of EDCF co-coordination function supply nearly 20% better performance with traffic received criteria and PCF co-coordination function supply nearly 25% better performance with delay criteria. On other performance criterias fragmentation threshold effected all co-ordination functions with the same propensity and there isn't specific differences between DCF, PCF and EDCF for traffic sent, load and throughput about the changed ratio.

Science Code : 902.1.014

Key Words : WLAN performance analysis, DCF, PCF, EDCF, fragmentation threshold

Page Number : 71

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Cemal KOÇAK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Cemal KOÇAK'a, tüm hayatım boyunca destek ve sevgileriyle hep yanımda olan anneme, babama ve abime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xiv

1. GİRİŞ 1

2. KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA KONTROL FONKSİYONLARI VE ETKİLERİ 5

2.1. Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (Distributed Coordination Function-DKF). 5

2.2. Noktasal Koordinasyon Fonksiyonu (Point Coordination Function-NKF) 7

2.3. Gelişmiş Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (Enhanced Distributed Coordination Function-GDKF) 8

3. YÖNTEM VE ARAÇLAR 11

3.1. Benzetim Ortamı Özellikleri 11

3.2. OPNET 12

3.2.1. OPNET ve diğer benzetim araçları arasındaki farklar……... 14

3.2.2. OPNET yazılımının hiyerarşik yapısı……... 16

4. KONTROL FONKSİYONLARINDA FARKLI PARÇALAMA EŞİK DEĞERLERİNİN PERFORMANSA ETKİSİ 19

4.1. Benzetim Yöntemlerinde Kullanılan Parametreler 19

4.2. Benzetimde Kullanılan Karşılaştırma Ölçütleri 20

4.3. Benzetim Koşma Süreleri Ve Grafikleri Okuma 21

Sayfa

4.4. Benzetimde Kullanılan Senaryolar 23

4.5. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Alınan Veri Trafiği Değişkenliği 25

4.5.1. Ortalama alınan veri trafiği için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi 25

4.5.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo 28

4.5.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanması 29

4.5.4. Ortalama alınan veri trafiği için performansların karşılaştırılması 32

4.6. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Gönderilen Veri Trafiği Değişkenliği 34

4.6.1. Ortalama gönderilen veri trafiği için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi 34

4.6.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama gönderilen veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo 35

4.6.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama gönderilen veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanması 36

4.6.4. Ortalama gönderilen veri trafiği için performansların karşılaştırılması 38

4.7. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Gecikme Süresi Değişkenliği 39

4.7.1. Ortalama gecikme süresi için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi 40

4.7.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama gecikme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo 41

4.7.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama gecikme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanması 42

4.7.4. Ortalama gecikme süresine göre performansların karşılaştırılması 44

4.8. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Yükleme Süresi Değişkenliği 45

Sayfa

4.8.1. Ortalama yükleme süresi için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi 46

4.8.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama yükleme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo 46

4.8.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama yükleme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanması 47

4.8.4. Ortalama yükleme süresine göre performansların karşılaştırılması 51

4.9. Farklı Parçalama Eşik değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Birim Zamandaki Paket Miktarı Değişkenliği 52

4.9.1. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliği için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi 53

4.9.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliği için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo 53

4.9.3. DKF, NKF ve GDKF'de birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliği için parçalama eşik değerinin uygulanması 54

4.9.4. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliğine göre performansların karşılaştırılması 58

5. BENZETİM SONUÇLARI VE ANALİZİ 59

5.1. Elde Edilen Sonuçlara Göre Kontrol Fonksiyonlarının Seçimi Ve Nedenleri… 61

5.2 Performans Kriterlerindeki İyileştirme Oranları 63

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 65

KAYNAKLAR 67

ÖZGEÇMİŞ 71

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Kullanıcı öncelikleri 8

Çizelge 3.1. Benzetim araçları 12

Çizelge 4.1. Karşılaştırma ölçütleri birimleri 20

Çizelge 4.2. Senaryolar ve adlandırmaları 24

Çizelge 4.3. Ortalama alınan veri trafiği için kontrol fonksiyonları ve uygulanacak parçalama eşik değeri 25

Çizelge 4.4. Ortalama alınan veri trafiği için hedef düğümler 26

Çizelge 5.1. Performans kriterlerine göre genel sonuçlar……... 60

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Ağda gönderici ve alıcı ilişkisi 6

Şekil 3.1. Editörler arası geçişler 17

Şekil 4.1. Benzetimde koşulan senaryo sonuçlarını grafikte okuma-1 22

Şekil 4.2. Benzetimde koşulan senaryo sonuçlarını grafikte okuma-2 23

Şekil 4.3. Oluşturulan senaryolar 24

Şekil 4.4. Ortalama alınan veri trafiği için düğümlerin konumları 26

Şekil 4.5. Ortalama alınan veri trafiği için düğüm parametreleri 27

Şekil 4.6. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin uygulanmaması 28

Şekil 4.7. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları 29

Şekil 4.8. Alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları 30

Şekil 4.9. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları 30

Şekil 4.10. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları 31

Şekil 4.11. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları 32

Şekil 4.12. Ortalama alınan veri trafikleri sonuçları 33

Şekil 4.13. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları 35

Şekil 4.14. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları 36

Şekil 4.15. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları 37

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.16. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları 37

Şekil 4.17. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları .. 38

Şekil 4.18. Ortalama gönderilen veri trafikleri sonuçları 39

Şekil 4.19. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları 41

Şekil 4.20. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları 42

Şekil 4.21. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları 43

Şekil 4.22. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları 43

Şekil 4.23. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları 44

Şekil 4.24. Ortalama gecikme süresi sonuçları 45

Şekil 4.25 Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları 47

Şekil 4.26. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları 48

Şekil 4.27. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları 49

Şekil 4.28. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları 50

Şekil 4.29. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları 51

Şekil 4.30. Ortalama yükleme süresi sonuçları 52

Şekil 4.31. Ortalama birim zamandaki paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları. 54

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.32. Ortalama birim zamandaki paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değeri nin 256 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları 55

Şekil 4.33. Ortalama birim zamandaki paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değeri nin 512 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları 56

Şekil 4.34. Ortalama birim zamandaki paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları 57

Şekil 4.35. Ortalama birim zamandaki paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları 57

Şekil 4.36. Ortalama birim zamandaki işlenen paket miktarı sonuçları 58

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
GHz	Gigahertz
Mbp	Megabit per second

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
ACK	Action-signal
AP	Access point
CCNA	Cisco certified network associate
CCNP	Cisco certified network professional
CSMA/CA	Carrier sense multiple access/collision avoidance
CTS	Clear to send
DCF	Distributed coordination function
DKF	Dağıtık kontrol fonksiyonu
DIFS	Distributed inter-frame space
DSSS	Direct-sequence spread spectrum
EDCF	Enhanced distributed coordination function
FHSS	Frequency hopping spread spectrum
FIFO	First-in first-out
GDKF	Gelişmiş dağıtık koordinasyon fonksiyonu
GTNetS	Georgia Tech Network Simulator
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers
LAN	Local-area network
MAC	Media-access-control
MAN	Metropolitan-area network
NAM	Network animator
NKF	Noktasal koordinasyon fonksiyonu
OSI	Open systems interconnection

Kısaltmalar	Açıklamalar
PCF	Point coordination function
RTS	Request to send
SIFS	Short inter-frame space
TCP	Transport control protocol
Ups	User priorities
VoIP	Voice over IP
WAN	Wide-area network
WLAN	Wireless local-area network
WMAN	Wireless metropolitan-area network
WMNs	Wireless mesh networks.
WWAN	Wireless wide-area network

.

1. GİRİŞ

Kablosuz Yerel Alan Ağlar (WLAN), birbirlerine yakın mesafede bulunan kablosuz cihazlar arasında ya da kablolu cihazlarla kablosuz cihazlar arasında iletişimi sağlamak amacı ile kullanılan ağlardır. Verimlilik, üretkenlik ve taşınabilir olan kablosuz ağlar günümüzde kablolu ağların kullanıldığı bütün ortamlarda kullanılmaktadır.

WLAN, IEEE1 tarafından yayınlanan bir dizi standardıdır ve günümüzde çok sık kullanılan uygulama alanlarına sahiptir. IEEE 802 LAN/MAN standart komitesi 1997 yılında ilk olarak IEEE 802.11 standardını yayımlamıştır. Bu temel standarda göre FHSS (Frequency hopping spread spectrum) veya DSSS (Direct-sequence spread spectrum) teknikleri kullanılarak 2 Mbp'e kadar veri iletişimi sağlanmaktadır. WLAN uygulamaları için 802.11x adı altında günümüze kadar birçok standart yayınlanmıştır. 2.4 GHz bandında çalışan ve 11 Mbps veri iletişim hızına sahip olan IEEE 802.11b Türkiye dahil dünyanın bir çok yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bugünlerde yine aynı frekans bandında çalışan fakat veri iletişimini 54 Mbps'e kadar çıkaran 802.11g standardı cihazlar rağbet görmektedir [1].

LAN'lar sınırlı bir coğrafi alanda hastane, okul, bina gibi alanlarda kurulan ve birçok kişisel bilgisayar, yazıcı, tarayıcı, gibi cihazların yer aldığı ağlardır. Günümüzde sunucu üzerindeki uygulamaların ulaşım, elektronik posta hizmeti, dosya paylaşımı gibi uygulamaları için kullanılan iki tür WLAN teknolojileri mevcuttur. Bunlardan birisi Amerika tabanlı IEEE 802.11x, diğeri ise Avrupa tabanlı HiperLAN sistemleridir [2]. Temel olarak bu sistemler karşılaştırıldığı zaman HiperLAN2 ve 802.11a frekans bandı ve frekans seçimi ile ortama erişim dışında birbirine yakın özellikleri taşımaktadır.

Kablosuz yerel alan ağları, veri oranları, tampon (buffer) büyüklüğü, parçalama eşik değeri ve fiziksel karakterler gibi birçok parametreye sahiptirler. Bu parametreler alınan veri trafiği, gönderilen veri trafiği, gecikme, yükleme ve birim zamanda gönderilen paket miktarı gibi servis kalitesi metrik değerleri ile senaryolar oluşturularak test edilir.

IEEE 802.11 erişim mekanizmalarını, çoklu kullanıcıya izin veren kontrol fonksiyonlarını "Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu" (Distributed Coordination Function-DKF), merkezi

erişime izin veren kontrol fonksiyonlarını “Noktasal Koordinasyon Fonksiyonu” (Point Coordination Function-NKF) ve farklı servislerin çekişme-tabanlı kanal erişim mekanizması “Gelişmiş Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu” (Enhanced Distributed Coordination Function-GDKF) olarak tanımlamıştır [3-6].

OSI modelinin temel tanımlamaları yapılırken fiziksel katmanın üst katmanlardan gelen veriyi elektriksel formata çevirerek bit formatında iletmekte olduğu tanımlanmaktadır. 802.11 kablosuz iletişim modelinde veriler karşıya MAC adreslerine göre teslim edilecekleri için MAC katmanı ile fiziksel katman organize olarak çalışmaktadır. Temel mekanizma da kanalın belli bir süre DIFS (Distribution Inter Frame Space) boşta kalıp daha sonra da istasyonun rastgele geri besleme zamanı belirlemektedir. Belli bir geri besleme skalası oluşturmaktadır. Geri besleme zamanın da daha sonra sayaç ile artış göstermektedir. Ayrıca RTS/CTS’de istek ve cevap gelene kadar verilerin transferi belli bir süre beklemektedir. Kontrol fonksiyonlarında DKF ve GDKF CSMA/CA olarak da adlandırılan bu yöntemi kullanarak veri iletimini sağlamaktadır.

Kablosuz ağlarda uzun veri blokları taşınırken veri iletiminde bazı hatalar meydana gelmektedir. Hataların en aza indirgenmesi için verilerin daha küçük parçalara ayrılması gerekmektedir. Veri kayıplarının azaltılması için büyük veriler küçük parçalara ayrılarak iletim sağlanmaktadır. Veri kayıpları bu şekilde sadece ilgili blokta daha az oranda yaşanmaktadır. Bu parçaların alabileceği maksimum değeri ise Parçalama Eşik Değeri (Fragmentation Threshold) olarak adlandırılmaktadır [7]. Balık [6] yapmış olduğu çalışmada, verilerin parçalara ayrılırken sabit uzunlukta parçalara ayrıldığını ve bu değerlerin değişkenlik gösterebileceğini belirtmektedir. Ayrıca veriler parçalara ayrılırken sabit uzunlukta parçalara ayrılması gerektiği vurgulanmıştır.

Öte yandan Sweet ve Sidhu [8] yapmış oldukları çalışmada kontrol fonksiyonları kullanılmadan parçalama eşik değerlerinin performansa olan etkilerini incelemişlerdir. Genel olarak parçalama eşik değerleri 256 ve 2048 byte arasında yer aldığını belirtmektedir ve gecikme ile yükleme süresi parametrelerinin 256, 512 ve 1024 byte olarak kullanılıp parçalama eşik değerlerinin performansa olan etkilerini incelemiştir.

Bütün bu bilgiler altında kontrol fonksiyonları üzerine birçok çalışma yapıldığı görülmüştür. Aynı şekilde parçalama eşik değerlerinin veri iletimine etkisi üzerine de birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Ancak bu çalışmaların ortak noktası olan kontrol fonksiyonları ve parçalama eşik değerlerinin birlikte kullanıldığı çok fazla çalışmanın yapılmadığı görülmüştür.

Tez çalışmasında aynı parçalama değerinin her bir kontrol fonksiyonuna farklı şekilde etki ettiği ortaya çıkartılarak gerçekleştirilen uygulama senaryolarında da bu farklılıklar açıklanmıştır. Genel olarak kontrol fonksiyonlarında NKF, DKF ve GDKF'e parçalama eşik değeri uygulandığında bu kontrol fonksiyonlarının standart performans karşılaştırmalarından farklı tepkiler verdikleri ortaya çıkmıştır. Tez çalışmasında da bu farklı tepkiler kullanılarak performans kriterlerinde iyileştirmeler meydana getirilmiştir.

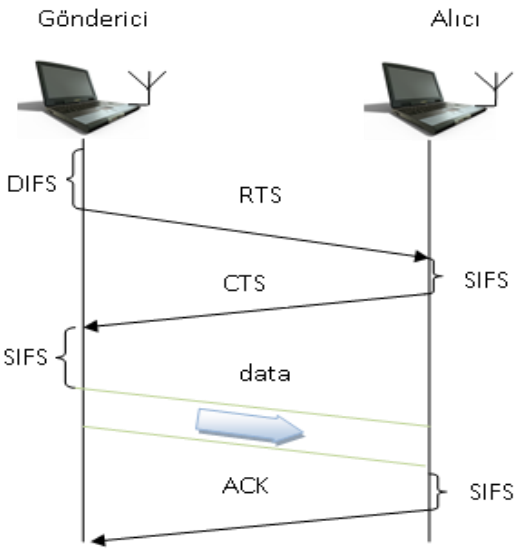
Tez çalışması ile ilgili kablosuz yerel alan ağlarında kontrol fonksiyonları ve etkileri bölüm 2'de anlatılmıştır. Tezin uygulamasında kullanılan yöntem ve araçlar 3. bölümde sunulmuştur. Bölüm 4'de çeşitli performans kriterlerine göre parçalama eşik değerinin kontrol fonksiyonlarındaki etkileri uygulamadaki senaryolar üzerinde anlatılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar bölüm 5'de analiz edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler 6. bölümde yer almaktadır.

2. KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARINDA KONTROL FONKSİYONLARI VE ETKİLERİ

Bu bölümde kablosuz yerel alan ağlarında parçalama eşik değerlerinin kullanıldığı DKF, NKF ve GDKF kontrol fonksiyonları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu kontrol fonksiyonlarının kablosuz yerel alan ağlarındaki performansa etkisi hakkında bilgi verilmiştir. Yapılan çalışmalarda NKF DKF ve GDKF ilgili bir takım veriler analiz edilerek performans karşılaştırması da yapılmıştır.

2.1. Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (Distributed Coordination Function-DKF)

DKF kablosuz yerel alan ağlarında MAC katmanında düğümler arası veri transferinde CSMA/CA yöntemini kullanan, servis kalitesi garantisinin olmadığı ve önceliklendirme yapmadan verilerin iletildiği yöntem ve kontrol fonksiyonudur. DKF yapısı kendi içerisinde veri transferlerini gerçekleştirirken Şekil 2.1'deki gibi RTS/CTS (request-to-send/clear-to-send) mekanizmaları ile birlikte kullanılmaktadır. Temel mekanizma da kanalın belli bir süre DIFS (Distribution Inter Frame Space) boşta kalmakta ve daha sonra da istasyonun rastgele geri besleme zamanı belirleyip, belli bir geri besleme skalası oluşturmaktadır. Geri besleme zamanı da daha sonra sayaç ile artış göstermektedir. Ayrıca RTS/CTS'de istek ve cevap gelene kadar verilerin transferi belli bir süre bekletilmektedir [9].



Şekil 2.1. Ağda gönderici ve alıcı ilişkisi [10]

DKF kontrol fonksiyonu CSMA/CA yöntemi kullanıldığı çalışmada [10] veri transferlerini gerçekleştirirken RTS/CTS mekanizmaları kullanılmıştır. Kanal belli bir süre boşta kalmakta ve daha sonra da istasyon rastgele bir geri besleme skalası belirleyerek çalışmasını devam ettirdiğinden DKF'de servis kalitesi (QoS) garantisi sağlanmamıştır. Bu sebeplerle DKF'de servis kalitesi (QoS) garantisi bulunmamaktadır. Gecikme, kaybolan veri ve birim zamanda gönderilen paket miktarı parametrelerine göre GDKF'de servis kalitesi daha yüksek çıkmaktadır. Bozkurt [11] yaptığı çalışmada DKF'in bir Erişim noktası(AP) için yarışan mobil kullanıcılarına en iyi performans hizmeti sunduğunu vurgulamıştır. Harpreet ve arkadaşları [12] ürün bazlı çalışmaların birçoğunda yalnızca DKF'in kullanıldığını belirtmekle beraber birçok üründe de gelişmiş DKF in araştırıldığını ve kullanılmaya başlandığını vurgulamaktadırlar. Bunlarla birlikte DKF üzerine benzeri birçok çalışma daha yapılmış DKF'in çalışma prensibi değişik açılardan değerlendirilmiştir [13-15]. Gao ve arkadaşları [16] yaptıkları çalışmada birçok performans kriterinde GDKF'in DKF den daha iyi olmasına rağmen birim zamanda gönderilen paket miktarının her iki kontrol fonksiyonu için yaklaşık aynı olduğunu belirtmişlerdir. Gönderme esnasında öncelik sıralaması yapılması sebebi ile GDKF'in performansı daha sonraki aşamalarda iyileştirilmiş olmaktadır.

Romdhani ve arkadaşları [17] yaptıkları çalışmada DKF'in öncelik sıralaması kullanmadığını ve bütün kullanıcıların eşit önceliğe sahip olduğuna değinmektedirler. Dridi ve arkadaşları [18] GDKF kontrol fonksiyonu üzerinde farklı senaryolarla yaptıkları çalışmada servis kalitesini uçtan uca gecikme, paket kayıpları ve birim zamanda gönderilen paket kayıpları metrik değerlerini kullanarak test etmişlerdir. Benzer bir çalışmada ise Zhang ve Zeadally [19] GDKF üzerinden doyum gecikmesi ve birim zamanda gönderilen paket miktarlarını kullanarak servis kalitesini değerlendirmiştir. Kontrol fonksiyonları üzerine yapılan diğer çalışmalar da DKF, NKF ve GDKF arasındaki farklar incelenmiş kalite servisini artırmak için en ideal kontrol fonksiyonun GDKF olduğu belirtilmiştir [20-21]. Ayrıca Gu ve Zhang [22] yaptıkları çalışma da NKF'in standartlığından bahsederken, DKF gibi NKF'in geliştirilemeyeceğini anlatarak DKF'in bazı dezavantajlarını da ortaya koymuştur.

2.2. Noktasal Koordinasyon Fonksiyonu (Point Coordination Function-NKF)

NKF kablosuz yerel alan ağlarında MAC katmanında alt yapısı hazır modda merkezi bir erişim noktası (AP) koordinatörlüğünde veri transferlerinin gerçekleştiği yöntem ve kontrol fonksiyonudur. NKF genel olarak standarttır. Bu konuda Madhavi ve arkadaşları [23] yaptıkları çalışmada NKF in temel fonksiyonun verilerin alt yapısını hazır modda merkezi bir istasyon üzerinde haberleşmesi olarak açıklamaktadır. Merkezi bir istasyon tarafından hazır modda çalışan bu kontrol fonksiyonu DKF ve GDKF gibi geliştirmeye açık değildir. Bazı AP'ler ve Wi-fi adaptörler NKF yöntemini kullanmaktadır. NKF yönetimi servis kalitesini daha iyi yönetse diğer yöntemler gibi trafik sınıflarını tanımlayamamaktadır.

Kablosuz yerel alan ağlarında ayrıca saklı düğüm problemlerinde de Noktasal kontrol fonksiyonları ile birtakım çözümler sunulmuştur. Saklı düğüm problemleri genel olarak veri iletiminde sinyallerin zayıf kalması ile meydana gelmektedir. NKF ile kullanılmakta olan AP aracı olarak kullanıldığında bu sinyallerin yöneterek güçlendirmekte ve performans artışı sağlamaktadır. AP İki düğüm arasındaki mesafeyi konumuna göre bazen iki kat bazen daha fazla olarak azaltmakta ve veri akışını daha akıcı hale getirmektedir.

PCF iki periyottan oluşur. Birincisi CFP (Contention Free Period) ikincisi CP (Contention Period)'dir. CP'de DCF kullanılır. Bu aşamada kanalın belli bir süre DIFS boşta kalıp daha sonra da istasyonun rastgele geri besleme zamanı belirlemektedir. Belli bir geri besleme skalası oluşturmaktadır. Geri besleme zamanın da daha sonra sayaç ile artış göstermektedir. Ayrıca RTS/CTS'de istek ve cevap gelene kadar verilerin transferi belli bir süre beklemektedir. CFP'de ise AP'ler CF poll (Contention-Free-Poll) paketlerini her bir istasyona gönderirler. AP'ler burada koordinatör olarak görev yapar.

2.3. Gelişmiş Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu (Enhanced Distributed Coordination Function-GDKF)

Gelişmiş DKF olarak da adlandırılan GDKF kablosuz yerel alan ağlarında MAC katmanında verilerin iletimi esnasında CSMA/CA yöntemini kullanan ve buna ek olarak da verileri türüne göre önceliklendirme yaparak verilerin akışını sağlayan yöntem ve kontrol fonksiyonudur. MAC katmanına erişimden önce veri paketleri kategorilerine göre özel öncelikli kullanıcılar için sekiz değişik öncelik sıralaması yapmaktadır [24]. Paketler MAC katmanına ulaşmadan önce daha üst katmanlardan belli bir kullanıcıya öncelik değeri atamaktadır [Çizelge 2.1]. GDKF mekanizması dört farklı FIFO (ilk giren ilk çıkar) kuyruk yapısı ile erişim mekanizmasını kullanır ve bu veriler karşılığı olan erişim sınıfına atanır [20]. Aynı şekilde Machnik'de [25] GDKF'nin ayrık ve dağıtık erişimler için standart olarak sekiz değişik kullanıcı (UPs) için öncelik sıralaması yapılması gerektiğini ve literatürde bu önceliklerin kullanıldığı belirtmiştir [26].

Çizelge 2.1. Kullanıcı öncelikleri

Önceliklendirme (Priority)	Erişim Kategorisi(Access Category(AC))	Atama(Designation)
1	0	Geri(Background)
2	0	Standart
0	1	En iyi performans(Best effort)
3	1	Mükemmel performans(Excellent effort)
4	2	Akış multimedya(Streaming multimedia)
5	2	İnteraktif
6	3	İnteraktif sesli(İnteractive voice)
7	3	Ayırtılmış(Reserved)

Kablosuz yerel alan ağlarında yapılan birçok çalışmada genel olarak GDKF'in performans olarak DKF ve NKF kontrol fonksiyonlarından daha iyi sonuçları olduğu ortaya konmuştur. Inderjeet ve arkadaşları [5] yapmış oldukları çalışmada kanal ayarlanması süreci, alınan veri trafiği, gönderilen veri trafiği, tekrar gönderme süresi, paket kayıpları ve yükleme süresi karşılaştırma ölçütleri her üç kontrol fonksiyonu için diğer bütün parametreler aynı olacak şekilde karşılaştırmışlardır. Genel olarak GDKF kontrol fonksiyonunun daha iyi bir performans sergilediğini ortaya koymuştur.

3. YÖNTEM VE ARAÇLAR

Bu bölümde benzetim ortamı genel özellikleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca tez aşamasında benzetim aracı olarak kullandığımız OPNET aracının genel özellikleri, OPNET ve diğer benzetim araçları arasındaki farklar anlatılmıştır. Ayrıca OPNET yazılımının hiyerarşik yapısı da ayrıntılı olarak bu bölümde anlatılmıştır.

3.1. Benzetim Ortamı Özellikleri

Benzetim, gerçek dünyanın taklididir. Bilişim sistemlerinde bu kavram mevcut veya olabilecek işlemler hakkında nesnel bilgi alabileceğimiz, eğitim amaçlı kullanılan uygulamalar olarak bilinmektedir. Ayrıca benzetim farklı bilim, mühendislik gibi alanlarda kullanılan çok önemli modern bir teknolojidir. Genel olarak kullanım alanları fizik, kimya biyoloji, ekonomi, finans ve hatta sosyal bilim sistemleri olmakla beraber inşaat mühendisliği, makine mühendisliği ve bilgisayar mühendisliği gibi alanlarda daha çok kullanılmaktadır [27].

Bilgisayar mühendisliği alanında özellikle bilgisayar ağlarında ağların büyüklüğü ve yönetiminin güçlüğü ile birlikte maliyetin yüksek olması sebebi ile bilgisayar ağları benzetim araçları ile önceden modellenmektedir. Özellikle var olan sistemlerde mevcut yapıyı bozmadan üzerinde istenilen her türlü çalışmanın yapılabilmesi için benzetim araçları daha sık kullanılmaktadır. Akademik araştırmalarda da değişik ağ protokollerinin performanslarını karşılaştırmak amaçlı benzetim araçları kullanılmaktadır [49].

Ağ benzetimi, bir ağın fiziksel kurulumu yapılmadan bilgisayar ortamında nasıl çalışacağını test edilmesidir ve doğabilecek hataların önceden belirlenmesini sağlamaktadır. Test aşamasında OSI ve TCP referans modelleri detaylı olarak bütün parametreleri ile kullanıldığında gerçek ortamdaki ağların modellemesinde herhangi bir problemle karşılaşılmadan test edilebilmektedir. Ağ benzetim araçlarının büyük bir çoğunluğu ağ ürünlerini geliştiren firmalar tarafından kullanılmaktadır ve genel olarak eğitim amaçlı CISCO firması tarafından CCNA, CCNP v.b eğitimleri için laboratuar kullanımı yerine geliştirdiği benzetim programları kullanılmaktadır [28].

Bazı benzetim araçları ticari amaçlı olduğu için kodunu paylaşmaz ve genel kullanıcılar için ücret karşılığında aracı kullanıma açmaktadır. Bazıları ise açık kaynak kodlu olup geliştirilmeye açık bir ara yüz sunar. Bu tip benzetim aracında ticari olanların versiyonlarını takip etmek ve son özelliklerini dokümante etmek açık kaynak kodlu benzetim araçlarına göre daha kolaydır. Bunun sebebi ise açık kaynak kodlu benzetim araçlarının daima gelişim göstermesi ve yeni özellikler eklenmesidir.

Ticari ve açık kaynak kodlu ağ benzetim araçlarından bazıları Çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1. Benzetim araçları

Ticari olanlar (Kapalı Kaynak) Yazılımlar	Ticari olmayanlar (Açık Kaynak) Yazılımlar
OPNET	NS-2
Cisco Packet Tracer	NS-3
QualNet	Omnet++
Router.Sim	SSFNet
	J-Sim
	GTNetS

Günümüzde karmaşıklığı ve basitliğine göre çok çeşitli benzetim araçları bulunmaktadır. Her benzetim aracının en az bir senaryo üzerinden düğümler arasındaki trafik akışını kontrol etmemizi sağlaması beklenmektedir. Daha karmaşık olarak düşünüldüğünde kullanıcının yeni bir protokolü bu benzetim aracı üzerinde denemesi ve bu aracın geliştirilmeye açık olması gerekmektedir. Benzetim araçlarının bir kısmı kullanıcıya daha çok arayüz üzerinden uygulama seçeneğini sunarken bir kısmı ise metin tabanlı olarak uygulamaların gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. İlerleyen bölümlerde benzetim yönteminde kullanılan parametreler ve karşılaştırma ölçütleri detaylı olarak incelenecektir.

3.2. OPNET

OPNET şirketi tarafından üretilen ticari marka popüler bir ağ simulatör aracıdır. 2008 yılının sonlarına doğru popülaritesini artırmış ve günümüzde sektöründe büyük bir pazar payı bulunmaktadır. OPNET yazılım ortamında genel olarak ağ ortamı araştırma ve modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu yazılım ortamında esnek ağ haberleşme cihazları, protokoller ve uygulamalar test edilebilmektedir. OPNET benzetim aracı kullanıcılara

uygun bir görsellik sağlar ve grafik editör arayüzü kullanıcıların benzetim ortamını kullanması için çok uygundur. Grafik arayüzü sayesinde kullanıcılar rahatlıkla ağ topolojisi oluşturabilir ve fiziksel katmandan ağ katmanına kadar birçok uygulamayı ve senaryoyu test edebilir. OPNET'te gerçek sistemlerin uygulanması ve grafik tasarım eşleşmesini sağlamak için nesne tabanlı programlama tekniği kullanılır.

OPNET, genel olarak modelleme, benzetim ve analiz olmak üzere 3 temel fonksiyona sahiptir. Modelleme olarak çevresel grafik uygulamaları ile bütün modellerin ve protokollerin denenebileceği bir ortam sunar. Benzetimde 3 farklı ileri seviye benzetim teknolojisi sunarak geniş bir çalışma alanı oluşturmaktadır. Analiz yapılırken benzetim sonuçları veriler kullanılarak kolayca görüntülenebilir. İstatistik sonuçları grafiklerle ve animasyon yöntemleri ile kullanıcılar tarafından kolaylıkla görüntülenebilmektedir [29].

OPNET, benzetim aracı birçok ticari şirket tarafından kullanılmakla beraber yüzlerce üniversite tarafından eğitim amaçlı laboratuar ortamlarında da kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde OPNET Modeler programı ile birçok akademisyenin makalelerinde uygulama ortamı olarak da OPNET ortamını kullandığı görülmektedir [30]. Zubairi ve Zuber [31] yaptıkları çalışmada OPNET yazılımı ile üniversite ağını ve laboratuar ağını modellemiş ve ağda performans analizi yapmışlardır. Üniversitede derslerinde ağ üzerinden uygulamaları test etmiştir. Ethernet gecikmesi, trafik istatistikleri ve daha birçok modellenen ağdan farklı istatistiksel bilgiler toplanmış ve analiz edilmiştir. Genel olarak standart LAN ve WAN'ların modellemesinde, dağıtık algılayıcı ve kontrol ağlarının geliştirilmesinde, uydu ağlarda, hareketli kablosuz ağlarda, ağlar arası iletişimde ve haberleşme mimari protokollerinde araştırma ve geliştirme amaçlı kullanılmaktadır. OPNET birçok makalede uygulama için benzetim aracı olarak kullanılmıştır. Örneğin Lawala ve arkadaşları [32] sabit ağlarda merkezi ve dağıtık ağ modellerinin kullanımında kalite servisi desteği üzerine yapmış olduğu çalışmada OPNET kullanarak benzetim yapmışlardır. Senaryolarda gecikme süresini, tepki süresini ve birim zamandaki işlenen paket değerlerini karşılaştırmış ve grafik üzerinden sonuçları yorumlamıştır. Zhao ve Xie [33] WMNs'in internet erişime olan katkılarını modellemiş ve performans analizi gerçekleştirmiştir. Tuğral [34] yapmış olduğu tez çalışmasında OPNET benzetim aracı kullanarak farklı kablosuz ağ standartlarının sınıflandırmasını yaparak IEEE'nin geliştirmiş olduğu 802.11a, 802.11b, 802.11g HiperLAN/2 kablosuz ağ standartlarının

performanslarını incelemiştir. Çakır ve Kaptan [35] yaptıkları çalışmada VoIP mimarisine yönelik olarak gerçekleşen saldırıları incelemiş, bu tehditlere karşı gerçekleştirilen önlemleri OPNET üzerinden test etmiş ve benzetim araçları ile güvenlik üzerine de çalışmaların yapılacağını göstermişlerdir.

OPNET 'in kullanılan uygulamalarda tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden bir tanesi nesne tabanlı olması ve ara yüz desteğidir. OPNET, her biri değiştirilebilir düğümlerden ve protokollerden oluşturulmaktadır ve uygulama tanımları editörler yardımı ile değiştirilebilmektedir. Ayrıca OPNET'te birçok senaryoya ait istatistiksel veriler aynı grafik üzerinde gösterilerek performans karşılaştırılması da yapılabilir [36].

Mekkanen ve arkadaşları [37] yapmış oldukları çalışmada akıllı elektronik cihazların birleştirme birimi modeli kullanarak testlerini iki farklı senaryo üzerinden OPNET benzetim aracı kullanılarak yapmış ve bu cihazların verimliliklerini grafik sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Ayrıca OPNET laboratuar çalışmalarında basit ağ tasarımlarında, TCP iletişim protokolü testinde, TCP tıkanıklık testinde, yerel alan ağlarında, anahtar ve çoklayıcıların kullanımda tercih edilmektedir.

3.2.1. OPNET ve diğer benzetim araçları arasındaki farklar

OPNET, diğer benzetim araçları ile kıyaslandığı zaman çeşitli avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Benzetim aracını belirleme de önemli faktörler arasında yer alan uygulamanın içeriği ve uygulama sonuçlarının veri analiz yöntemi çok önemlidir. Bu bölümde çeşitli benzetim araçları tanıtılıp OPNET ile karşılaştırmaları yapılacaktır. Benzetim aracı olarak yaygın olarak kullanılan NS-2, NS-3, Omnet++, Cisco Packet Tracer gibi benzetim araçları mevcuttur.

<u>NS-2 ve OPNET:</u>

Network Similator (NS) 1989 yılında geliştirmeye başlanmıştır ve son yıllarda hızlı bir şekilde gelişmektedir. NS-2 nesne tabanlı programlama dillerinden C++ ile yazılmıştır [38].

NS-2 ile gerçekleştirilen uygulamalar sonucunda "NAM" adlı bir takip dosyası

üretilmektedir ve buradan ağ yapısı ile trafik akışı görülebilmektedir. İletilen paketlerin ne kadar sürede gerçekleştiği, hareketli düğümlerin hangi hızla ne tarafa doğru yöneldikleri v.b bilgiler bu dosyada yer almaktadır. Bu dosyalar "NAM" tarafından okunarak görsel hale getirilmektedir ve performans analizleri de bu görsellik üzerinden yapılmaktadır [39]. NS-2 açık kaynak kodlu olduğundan ücretsizdir ve bu açıdan OPNET'e göre avantajlıdır. Ancak görsel açıdan OPNET daha avantajlıdır. Ağ tasarımlarında kullanılan en yaygın benzetim aracı da OPNET ile birlikte NS-2'dur. NS-2 dokümantasyon olarak da OPNET'e göre daha dezavantajlıdır [40].

Omnet++ ve OPNET:

Omnet++ nesne tabanlı C++ dili ile yazılmış ayrık zamanlı bir benzetim aracıdır. Kolay geliştirilebilir gelişmiş ve güçlü bir arayüzü bulunmaktadır. Omnet++ açık kaynak kodlu ücretsiz bir benzetim aracıdır. Dokümantasyon olarak da Omnet++ ileri düzey alt yapıya sahiptir [41]. Ipv6, ethernet, mobil ip gibi birçok protokol için hazır protokolü bulunmaktadır. Omnet++ ile bilgisayar ağlarındaki gecikme, paket kayıp oranları v.b performans ölçütleri kullanılarak rahatlıkla performanslar karşılaştırılabilir. Ayrıca yeni ağ protokolleri ve algoritmalar da kullanılan mevcut modeller üzerinde denenebilmektedir [42]. Omnet++ benzetim aracı Ns-2 ile kıyas edildiğinde arayüzü daha gelişmiştir ancak OPNET ile karşılaştırıldığında sonuçların analizi açısından grafiklerin akışının okunması daha zordur.

NS-3 ve OPNET:

NS-3 nesneye dayalı olarak C++ ve Phyton programlama dilleri ile yazılmıştır. NS-3 NS-2'nin devamı değildir ve tamamen ayrı bir benzetim aracıdır. Belgelendirilmesi zengindir, esnek ve geliştirilebilir bir yapısı vardır. NS-3 linux işletim sistemleri üzerinde çalıştırılmaktadır. NS-3 açık kaynak kodlu olmakla beraber kullanıcılara katkıda bulunma ve geliştirmeye açık bir çevre de sunmaktadır. NS-3 ayrıca topoloji üreteçleri, zamanlayıcılar, ağ paket sistemleri odaklı nesneler için de benzetim desteği sağlamaktadır [43]. Genel olarak grafik arayüzü OPNET kadar zengin değildir. Performans analizi karşılaştırıldığında sonuçları analiz açısından OPNET kullanımı kolaydır. Son yıllarda NS-3 kod satır sayısı ve kullanıcı sayısı artmaya devam etmektedir.

Sonuç olarak OPNET, istatistiksel sonuçları grafiklerle ve animasyon yöntemleri ile kullanıcılar tarafından kolaylıkla görüntülenebilmektedir. Kablosuz ağlarda performans analizi için en uygun benzetim aracı olması nedeni ile tez çalışmasında OPNET benzetim aracı kullanılmıştır.

3.2.2. OPNET yazılımının hiyerarşik yapısı

OPNET, yazılımında sistem modellenirken birçok model kullanılmaktadır ve genellikle hiyerarşik yapı ilişkisi olan proses, düğüm ve proje editörleri kullanılmaktadır.

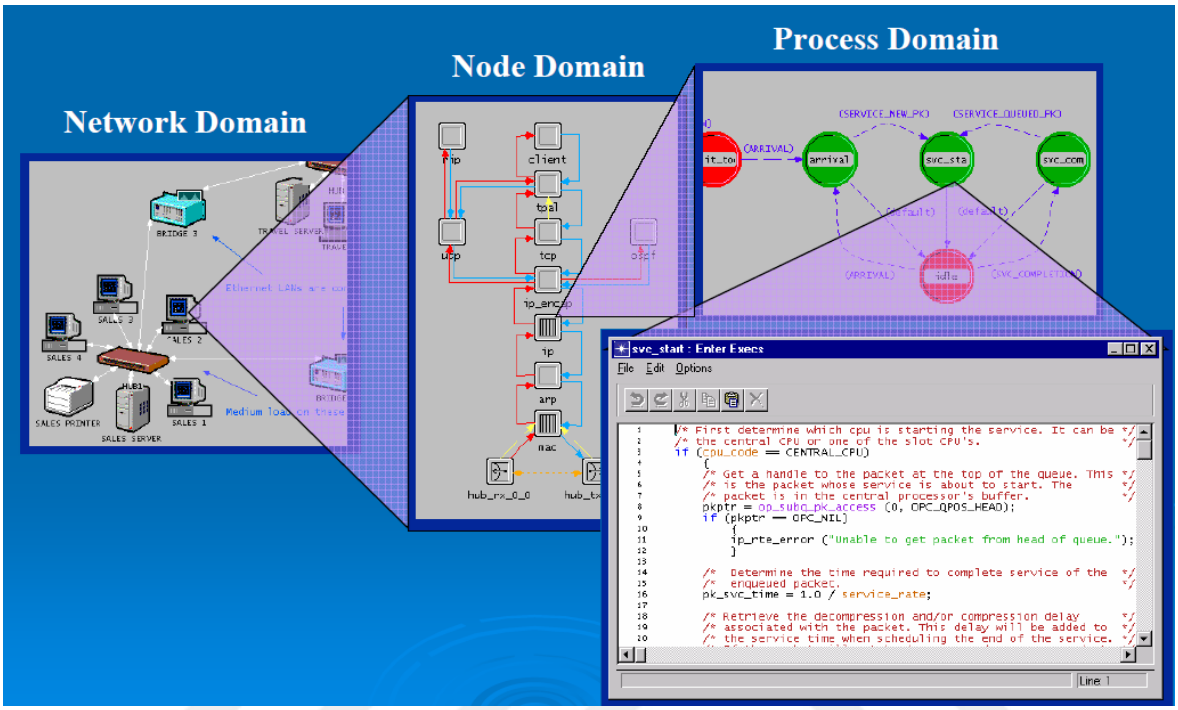
Proje editörü genellikle ağ modellerinin geliştirildiği, bağlantı hatları ve coğrafik tanımlamalardan oluşan editördür. Bu editör benzetim ve analiz yeteneklerini de içermektedir. Proje editörü en yüksek en yüksek seviyeli modelleme katmanı olmakla beraber düğüm modellerinin işlevlerini değiştirebilmektedir. Ayrıca benzetim sonuçlarının grafiksel olarak sonuçları da bu editör tarafından gösterilebilmektedir [44].

Düğüm (node editörü) proje editöründe kullanılan ağ modellerindeki nesnelerin geliştirildiği editördür. Düğüm editöründe modülleri birbirine bağlayan iletim hatları bulunmaktadır. Nesnelere verilen parametreler ve işlevleri kontrol edilmektedir. Ayrıca trafik sinyallerinin iletim işlemi ve alıcı ile verici trafik sinyalleri iletim işlemleri bu düğümde gerçekleşmektedir [45].

Ağ modellerindeki nesnelerin geliştirildiği editör proses editörüdür. Bu nesneler router, hub switch olabilir. Burada yer almakta olan her bir nesnenin modülleri ve bu modülleri birbirine bağlayan iletişim hatları bulunmaktadır. Düğüm editöründe yer almakta olan modüller proses editör kullanılarak tanımlanmaktadır. Nesnelerin parametreleri, işlevleri ve davranışları bu editörde düzenlenmektedir. Hiyerarşik modellemede en altta yer alan editör proses editörüdür. Bu editör durum geçiş diyagramlarını ve geçiş diyagramlarında yer almakta olan proto-C kodlarını içermektedir [45].

Şekil 3.1'de gösterildiği gibi proses editörü, düğüm editörü ve proje editörü hiyerarşik olarak alttan yukarı doğru birbirleri ile iç içe geçmiş ve birbirlerinin özelliklerini belirleyen modüllerdir. Proje editöründe yer almakta olan her bir nesne düğüm editöründe tanımlanmış olan modüllerden meydan gelmiştir. Bu modüllerin işlevi de proses

editöründe gerçekleştirilen proto-C kodu içeren geçiş diyagramlar tarafından sağlanmaktadır [44].



Şekil 3.1. Editörler arası geçişler [44]

OPNET yazılımında proses, düğüm ve proje editörleri dışında ara yüz kontrol bilgisi editörü, anten model editörü, modülasyon editörü ve PDF editörü de bulunmaktadır. Prosesler arasında haberleşme kontrol bilgisi için ara yüz kontrol bilgisi editörü kullanılmaktadır. Kablosuz modülündeki alıcı-vericiler için anten örnekleri oluşturmak için anten model editörü kullanılır. Sadece kablosuz modüllerin yer aldığı OPNET yazılımlarında modülasyon editörü kullanılmaktadır. Matematiksel işlemlerin yapıldığı olasılık, sıklık, üssel, gamma gibi analitik dağılım fonksiyonların yapıldığı OPNET yazılımlarında ise PDF editörü kullanılmaktadır. Bu modüllerin dışında ayrıca bağlantı modellerinin oluşturulduğu, kanal sayısı ve veri iletim hızlarının özelliklerinin düzenlendiği bağlantı model editörü de bulunmaktadır.

4. KONTROL FONKSİYONLARINDA FARKLI PARÇALAMA EŞİK DEĞERLERİNİN PERFORMANSA ETKİSİ

Bu bölümde tez uygulaması için benzetim ortamında kullanılan parametreler, karşılaştırma ölçütleri, benzetim koşma süreleri ve grafik okumaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca ortalama alınan veri trafiği, ortalama gönderilen veri trafiği, ortalama gecikme süresi, ortalama yükleme süresi ve birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları performans ölçütleri için ayrı ayrı senaryolar oluşturulup uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Toplam 15 senaryo detaylı olarak sonuçları ile karşılaştırılacak ve her bir senaryoda seçilen düğümlerin konumları, parametreleri ile birlikte uygulanan parçalama eşik değerleri ve sonuçları grafik üzerinde ayrı ayrı performans sonuçları ile birlikte değerlendirilecektir.

4.1. Benzetim Yönteminde Kullanılan Parametreler

Genel olarak benzetim ortamlarında proje oluşturulurken çalışma ortamının hangi alanda ne kadar büyüklükte bir alanda çalışılması gerektiği belirtilmelidir. Kablosuz ağlarda ağ eğer WMAN gibi şehir alan ağı ise kampüs, şehir seçenekleri, WWAN gibi daha geniş alanlarda kullanılan bir ağ ise dünya seçeneği seçilmelidir. Üzerinde çalışılan ağ kablosuz yerel alan ağı ise WLAN ofise ortamı seçilmelidir. Seçilecek olan alanın büyüklük skalası ise senaryolara uygun şekilde hedef düğümlerde göz önünde bulundurularak seçilmelidir.

Nesne paletinde seçilecek olan nesneler projenin içeriğine ve senaryoların değişikliğine göre değişim göstermektedir. Kablosuz yerel alan ağlarında düğümler içerisinde sabit düğümlerin “wlan station fix node” seçilmesi gerekmektedir.

Her bir düğümün birçok parametresi bulunmaktadır. Bu parametreler seçilirken projenin ve senaryoların özellikleri dikkate alınarak test edilecek performans kriterine göre seçimin olması gerekmektedir. Her bir düğümün hedef düğümü bulunmaktadır. Senaryonun koşmaya başlaması için belli bir zaman diliminin ayarlanması gerekmektedir. Ayrıca senaryonun koşması aşamasındaki ivmesi ve senaryonun bitmesi için gereken sürenin ivmesinin uygun bir şekilde seçilmesi gerekmektedir [46]. Her bir senaryo için merkezi erişim noktası olarak bir düğüm seçilmelidir. Uygulamada kullanılmakta olan kontrol fonksiyonları için senaryolarda kontrol fonksiyonu ile ilgili parametrelerin seçilmesi

gerekmektedir. Noktasal koordinasyon fonksiyonu için NKF fonksiyonelliğinin aktif hale getirilmesi gerekmektedir. GDKF için öncelik ataması da yine HCF parametrelerini destekleyen parametrelerin aktif hale getirilmesi ile mümkün olacaktır [47]. Kontrol fonksiyonlarında değişik senaryolarda parçalama eşik değerinin performansa olan etkisi içinde düğümlerin parçalama eşik değeri parametresinin uygun olarak ayarlanması gerekmektedir. Bu değer pasif olarak seçilemeyeceği gibi 256 byte, 512 byte ve 1024 seçilebilecektir. Ayrıca 0-1024 byte arası parçalama eşik değerini seçmekte mümkündür. Ayrıca düğümler için bu parametreler dışında buffer değeri, kısa ve uzun dönüş limitleri v.b. parametrelerde bütün senaryolarda aynı olacak şekilde standart kullanımları göz önünde bulundurularak seçilmiştir [48].

4.2. Benzetimde Kullanılan Karşılaştırma Ölçütleri

Benzetimde karşılaştırma ölçütü olarak alınan veri trafiği, gönderilen veri trafiği, gecikme, yükleme süresi ve birim zaman da gönderilen paket sayıları seçilmiştir. Bu parametrelerin birimleri Çizelge 4.1'deki deki gibidir. Alınan ve gönderilen veri trafiği parametrelerinde düğümlerin konumu ve hedef düğüm arasında paketlerin ne kadar sıklıkta gidip geldikleri test edilebilmektedir. Aynı şekilde farklı kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değeri testinde gecikmenin artıp artmadığı veya artışın ne oranda olduğu gecikme süresi karşılaştırma ölçütü ile kontrol edilmektedir. Yükleme süresi ile ise düğümler arası gönderilen verilerin hedef düğüme yüklenme süresi test edilmektedir. Birim zamanda gönderilen paket miktarı da yine veri akışının hızını ifade etmektedir. Bir saniyede gönderilen paket miktarı bu parametre ile ölçülebilmektedir.

Çizelge 4.1. Karşılaştırma ölçütleri birimleri

Parametre	Birim
Alınan Veri Trafiği	bit/sn
Gönderilen Veri Trafiği	bit/sn
Gecikme	saniye
Yükleme	bit/sn
Birim zaman paket miktarı (Throughput)	bit/sn

Benzetim aracında her bir düğüm için istatistiksek olarak global, düğüm istatistikleri ve bağlantı istatistikleri seçilebilmektedir. Bu istatistiklerin kendi içerisinde gönderilen kontrol trafiği, alınan kontrol trafiği, erişim noktası gecikme süresi, gönderilen ve alınan

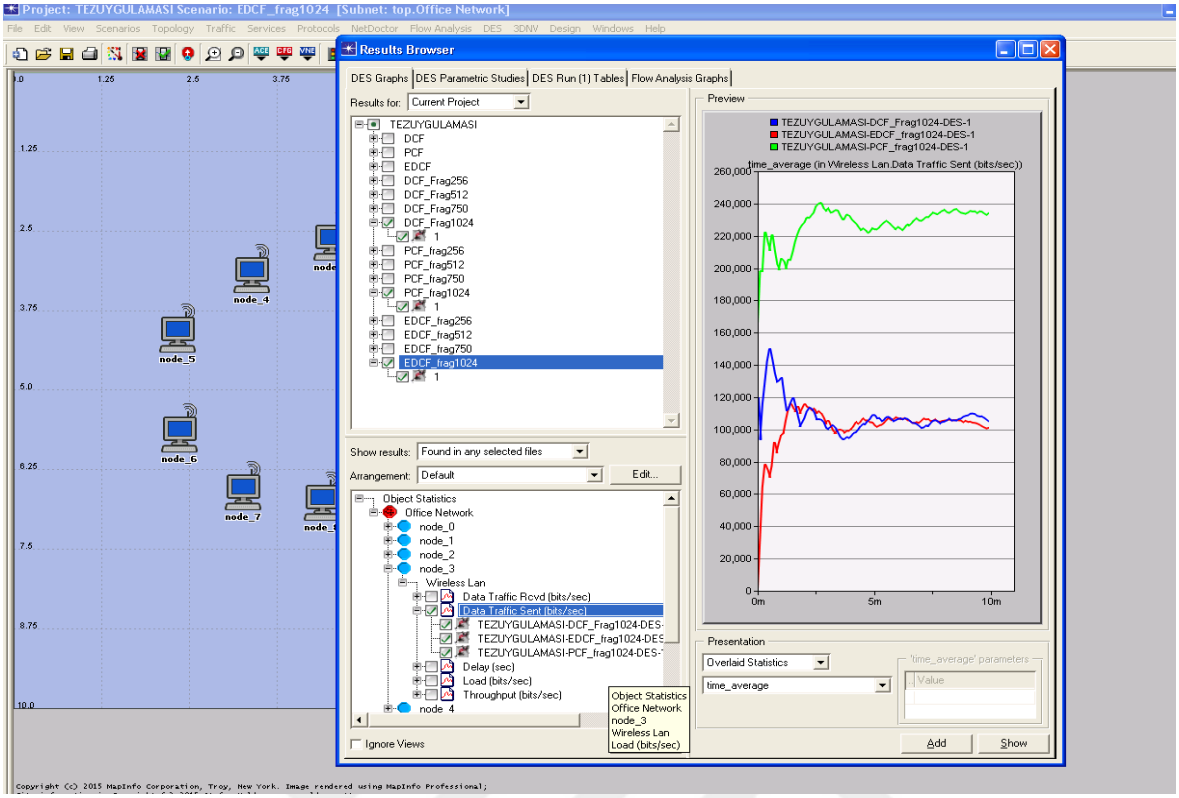
veri trafiğinin birim zamandaki paket miktarına oranları gibi birçok parametre seçilebilmektedir.

4.3. Benzetim Koşma Süreleri Ve Grafikleri Okuma

Benzetim koşma süreleri proje senaryolarında kullanılacak olan karşılaştırma ölçütlerine göre değişiklik göstermektedir. Kablosuz yerel alan ağlarında özellikle test edilecek olan ölçüt için genel olarak laboratuar çalışmalarında "10" dakika süre olarak kullanılmaktadır. Gerçekleşen olayların güncelleme süresi "500.000" ve kaynak sayısı "128" olarak seçilmiştir.

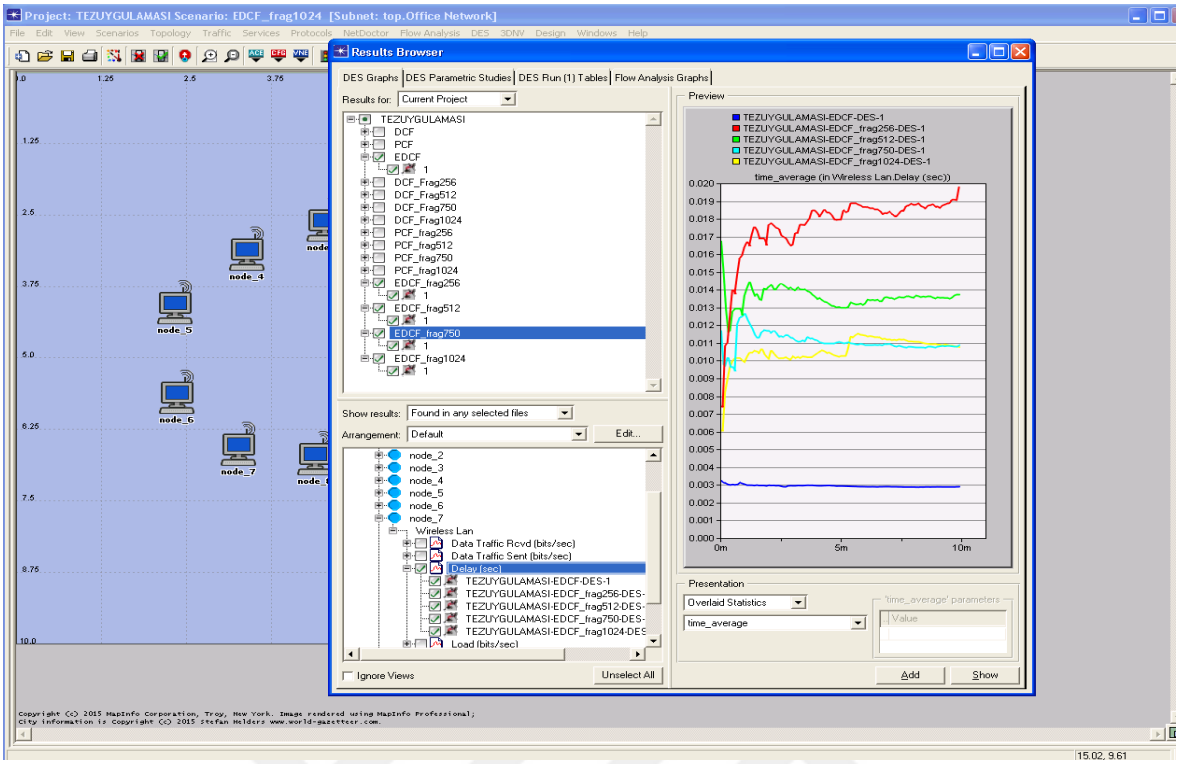
Benzetim koşma süresi tamamlandıktan sonra gerçekleşen olay sayısı, benzetimde ortalama koşulan hız ve benzetim senaryosu koşulurken geçen sürede benzetim aracında ayrıca görülmektedir.

Benzetim senaryolarının koşma süresi tamamlandıktan sonra grafiklerle her bir düğümün her bir senaryosundaki performansını daha önceden seçilen karşılaştırma ölçütünü kullanarak kontrol etmek mümkündür. Örneğin Şekil 4.1'de görüldüğü üzere öncelikle sunum kısmında yer almakta olan global istatistiğin ve zaman ortalaması parametrelerinin seçilmesi gerekmektedir. Daha sonra önceden seçilen ofis ortamındaki karşılaştırılacak olan her bir düğümün karşılaştırma ölçütü değerlendirmesi yapılır. Kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değerinin gönderilen veri trafiğini görmek amacı ile DKF, NKF ve GDKF de parçalama eşik değerinin 1024 olarak uygulanması senaryosu sonuçlarını aşağıdaki grafikte görmekteyiz. Yatay olarak geçen süre dikey olarak da gerçekleşen olay sayısını görmek mümkündür.



Şekil 4.1. Benzetimde koşulan senaryo sonuçlarını grafikte okuma-1

GDKF kontrol fonksiyonuna parçalama eşik değeri uygulamayan senaryolar ile birlikte parçalama eşik değeri olarak 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte uygulaması senaryolarını da karşılaştırmak mümkündür. Grafiği yatay olarak zaman, dikey olarak da olay sayısını Şekil 4.2'de görmek mümkündür.



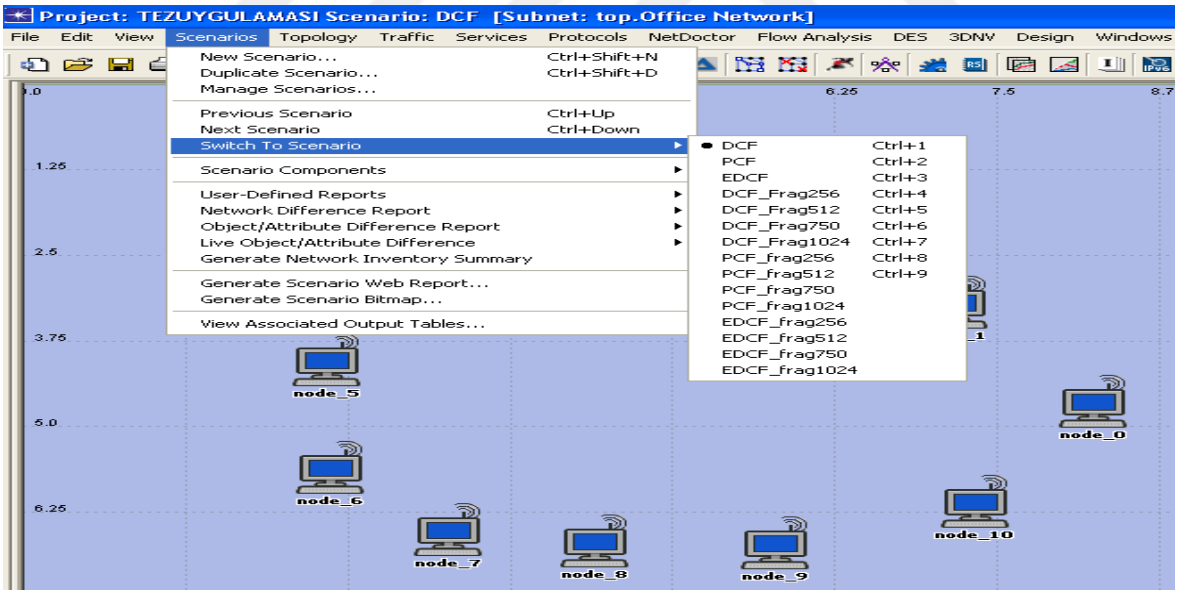
Şekil 4.2. Benzetimde koşulan senaryo sonuçlarını grafikte okuma-2

4.4. Benzetimde Kullanılan Senaryolar

Şekil 4.3'de görülen uygulamada gerçekleştirilen 15 senaryo Çizelge 4.2'deki gibi adlandırılmıştır. Senaryolarda toplam 11 düğüm kullanılmıştır. Bu düğümlerden bir tanesi merkezi erişim düğümü olan AP'dir. Kalan 10 düğüm birbirlerine simetrik olan düğüm hedef düğümlerdir ve aralarındaki mesafe her biri için yaklaşık olarak aynıdır. Düğümlerin bu şekilde yerleştirilmelerinin sebebi parçalama eşik değerinin kontrol fonksiyonlarına olan etkilerini incelemek içindir. Parçalama eşik değeri dışındaki diğer çevresel faktörler ve parametreler bu nedenle bütün düğümler için aynı olacak şekilde uygulanmıştır.

Çizelge 4.2. Senaryolar ve adlandırmaları

Senaryo	Senaryo Adlandırmaları
1	DKF
2	DKF_Frag256
3	DKF_Frag512
4	DKF_Frag750
5	DKF_Frag1024
6	NKF
7	NKF_frag256
8	NKF_frag512
9	NKF_frag750
10	NKF_frag1024
11	GDKF
12	GDKF_frag256
13	GDKF_frag512
14	GDKF_Frag750
15	GDKF_frag1024



Şekil 4.3. Oluşturulan senaryolar

Sonuçlar incelendiğinde performans değerlendirmeleri için herhangi bir düğümün veri sonuçları dikkate alınarak karşılaştırma ölçütleri kıyaslanacaktır. Uygulamada “Node_4” düğümü için performans sonuçları ortaya konmuştur. Aynı şekilde diğer düğümlerde de sonuçlar benzer çıkmıştır.

4.5. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Alınan Veri Trafiği Değişkenliği

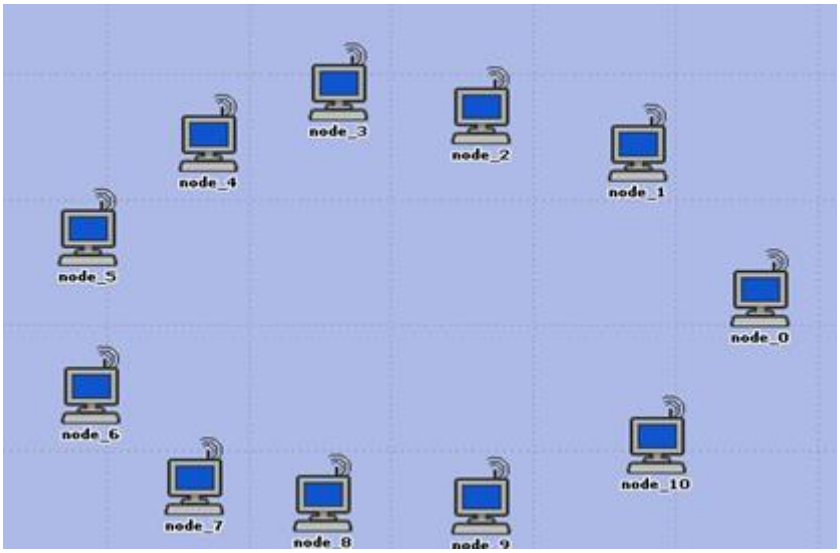
Kablosuz yerel alan ağlarında alınan veri trafiği, performans açısından çok önemli bir kriterdir. Veri trafik akışında parçalama eşik değerinin alınan veri trafiğine olan etkisinin ölçülebilmesi için düğümlerin konumu ve birbirine olan uzaklıkları gibi dış faktörlerin aynı değerlerde olması büyük önem taşımaktadır. Alınan veri trafiği karşılaştırma ölçütü Çizelge 4.3'deki gibi kontrol fonksiyonlarından DKF, NKF ve GDKF için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı ve parçalama eşik değerlerinin ayrı ayrı 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak uygulandığı toplam verilen 15 senaryo kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Ortalama alınan veri trafiği için kontrol fonksiyonları ve uygulanacak parçalama eşik değeri

Senaryolar	Kontrol Fonksiyonları	Parçalama Eşik Değeri (byte) (Fragmentation Threshold)
Senaryo_1 Parçalama yok	DKF	-
	NKF	-
	GDKF	-
Senaryo_2 Parçalama kullanılmış	DKF	256 – 512 – 750 – 1024
	NKF	256 – 512 – 750 – 1024
	GDKF	256 – 512 – 750 – 1024

4.5.1. Ortalama alınan veri trafiği için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi

Alınan veri trafiği ölçümü için bütün senaryolarda düğümlerin konumu Şekil 4.4'deki gibi uygulanmıştır.



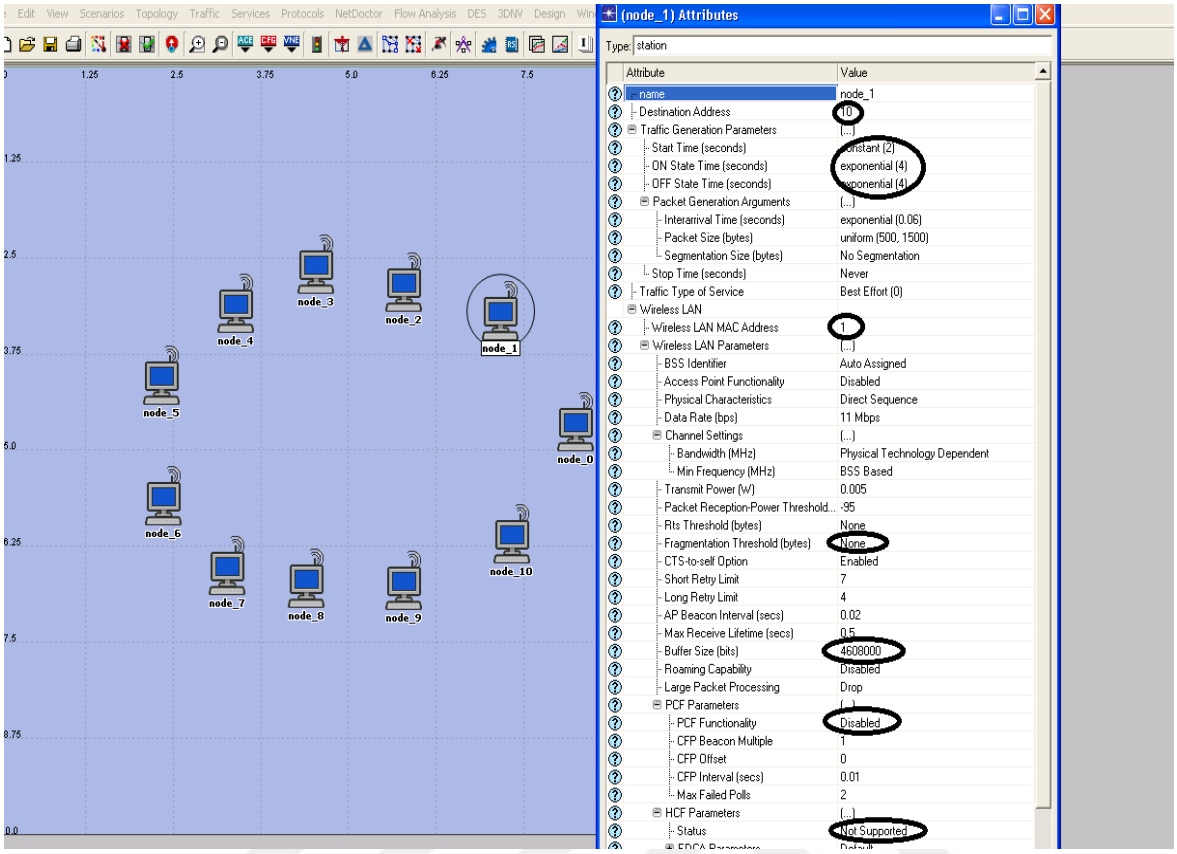
Şekil 4.4. Ortalama alınan veri trafiği için düğümlerin konumları

Node_0 düğümü merkezi düğüm olarak seçilmiştir. Hedef düğüm olarak her bir düğüm için simetrik olan düğüm Çizelge 4.4'deki gibi seçilmiştir.

Çizelge 4.4. Ortalama alınan veri trafiği için hedef düğümler

HEDEF DÜĞÜMLER		
node 1	<-------->	node 10
node 2	<-------->	node 9
node 3	<-------->	node 8
node 4	<-------->	node 7
node 5	<-------->	node 6

Benzetim için "hedef düğüm", "veri iletimi başlama süresi", "veri iletimi süresi", "veri iletimi sonlandırma süresi", "wlan mac adresi", "parçalama eşik değeri", "bellek büyüklüğü", "NKF etkinliği", "GDKF etkinliği" parametreleri seçilmiştir. Bu durum Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

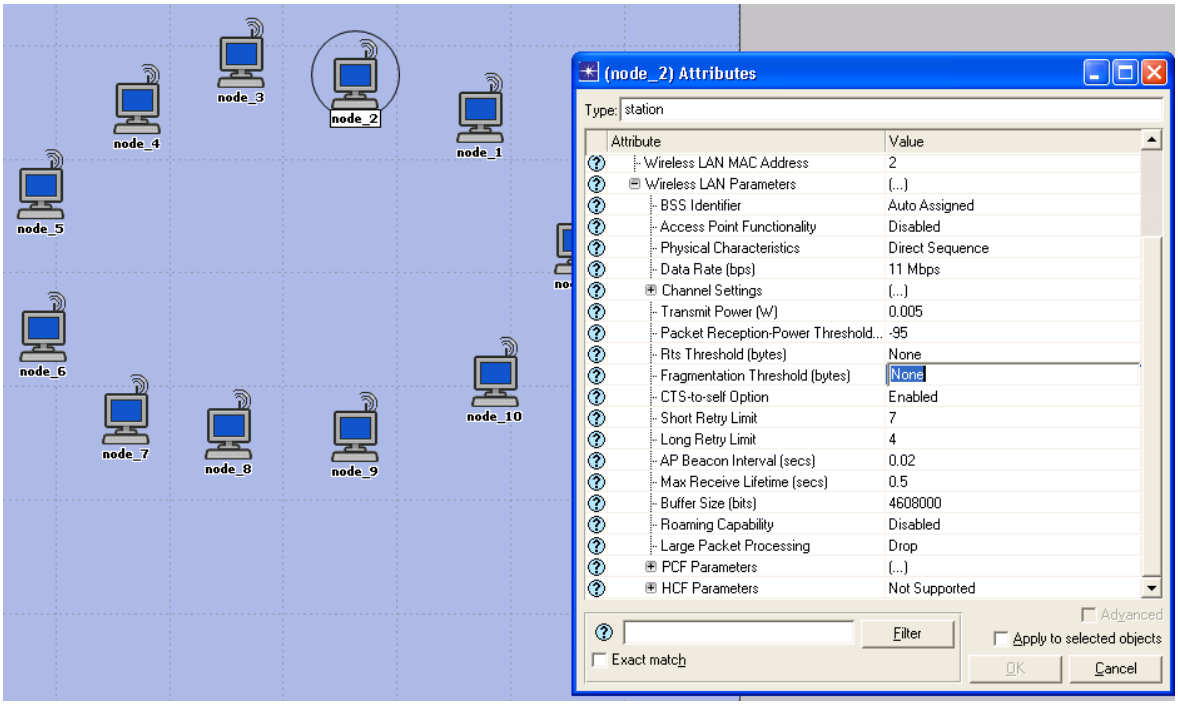


Şekil 4.5. Ortalama alınan veri trafiği için düğüm parametreleri

Bu parametreler için kontrol fonksiyonlarına parçalama eşik değerini uygulanmadığı senaryo_1'de "parçalama eşik değeri (byte)" değeri "None" olarak, diğer senaryolarda ise parçalama eşik değeri 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak belirlenmiştir. Bütün senaryolar için bir düğüm AP olarak belirlenmiştir. 15 senaryo için Node_0 erişim düğümüdür ve "Access Point Functionality" parametresi "Enable" olarak, diğer düğümler için ise "Disable" olarak belirlenmiştir. Bu bölümdeki senaryolarda noktasal kontrol fonksiyonlarının uygulandığı "NKF", "NKF_frag256", "NKF_frag512", "NKF_frag750" ve "NKF_frag1024" senaryolarında "NKF Functionality" değeri "Enable" olarak aktif, diğer senaryolar için ise "Disable" olarak pasif hale getirilmiştir. MAC adresi olarak her bir düğüm adlandırıldığı numarayı almıştır. Trafik üretme parametreleri ise üssel olarak başlangıç ve bitiş süreleri verilmiştir [48].

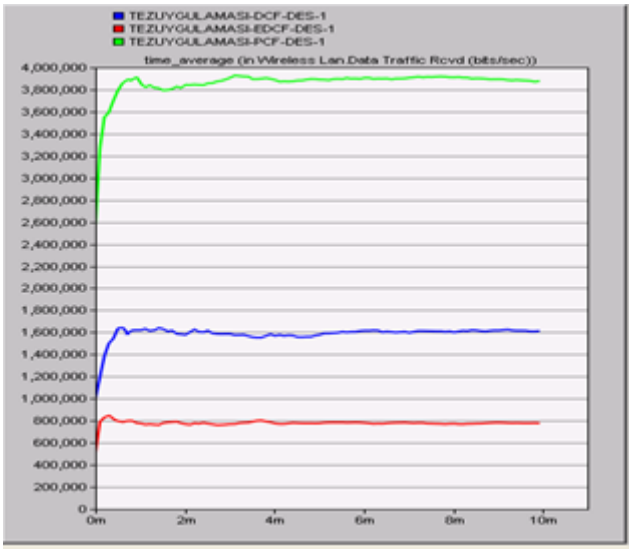
4.5.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo

Alınan veri trafiğinin karşılaştırılması için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı 3 senaryo Şekil 4.6'daki gibidir. Bu senaryolarda her 3 kontrol fonksiyonu içinde parçalama eşik değeri olmadan sonuçlar elde edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 4.6. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin uygulanmaması

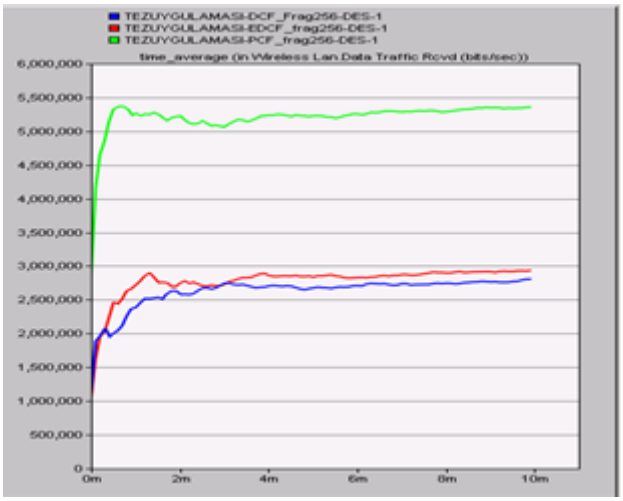
Şekil 4.7'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri olmadan ortalama alınan veri trafiği, DKF'in 1.612.468 bit/sn, NKF in yaklaşık 3.871.558 bit/sn, GDKF'nin ise 779.013 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları

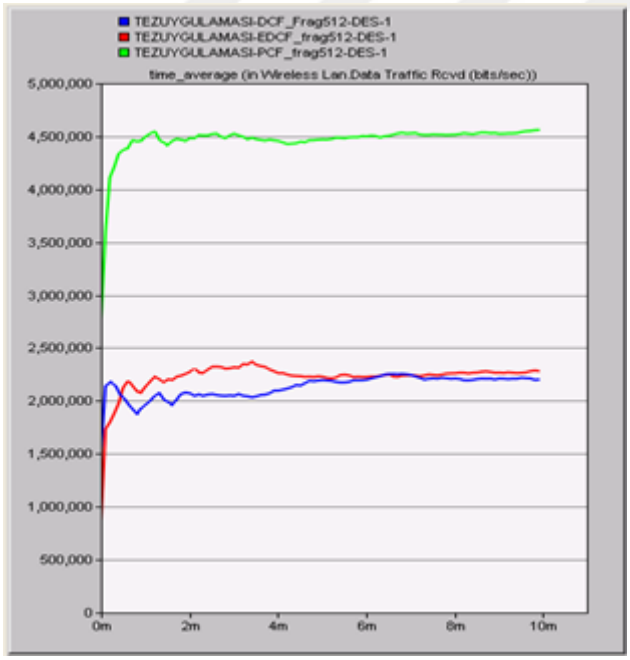
4.5.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanması

Buradaki benzetim senaryolarında, kontrol fonksiyonlarının veri iletiminde parçalama eşik değerleri sırasıyla 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak seçilmiş ve ağ modeli 10 dk koşturulduktan sonra sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.8'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında ortalama alınan veri trafiği DKF'de 2.807.940 bit/sn, NKF için yaklaşık 5.353.194 bit/sn, GDKF'de ise 2.928.398 bit/sn elde edilmiştir.



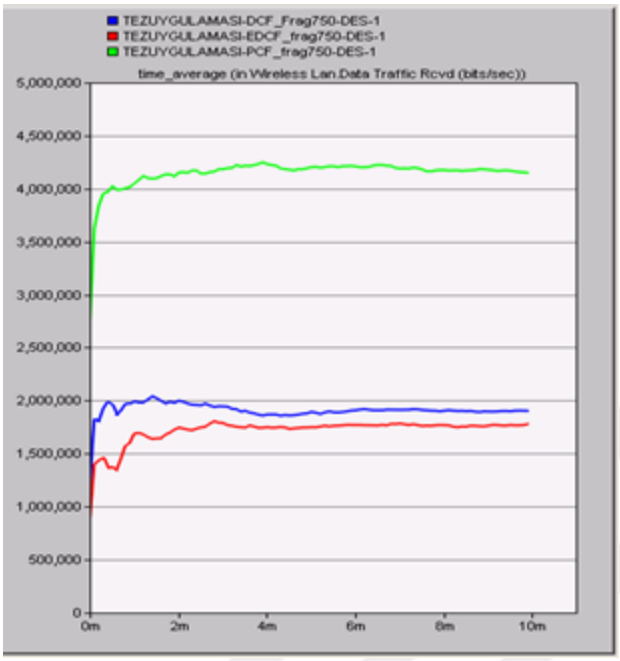
Şekil 4.8. Alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları

Kontrol fonksiyonlarına Şekil 4.9'da 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 512 byte seçilmesi durumunda ortalama alınan veri trafiği DKF'de 2.199.109 bit/sn, NKF'de yaklaşık 4.560.691 bit/sn, GDKF'de ise 2.287.617 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.9. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları

Şekil 4.10'da 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 750 byte olarak uygulandığında ortalama alınan veri trafiği DKF'nin 1.905.292 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 4.153.603 bit/sn, GDKF'nin ise 1.770.208 bit/sn elde edilmiştir.



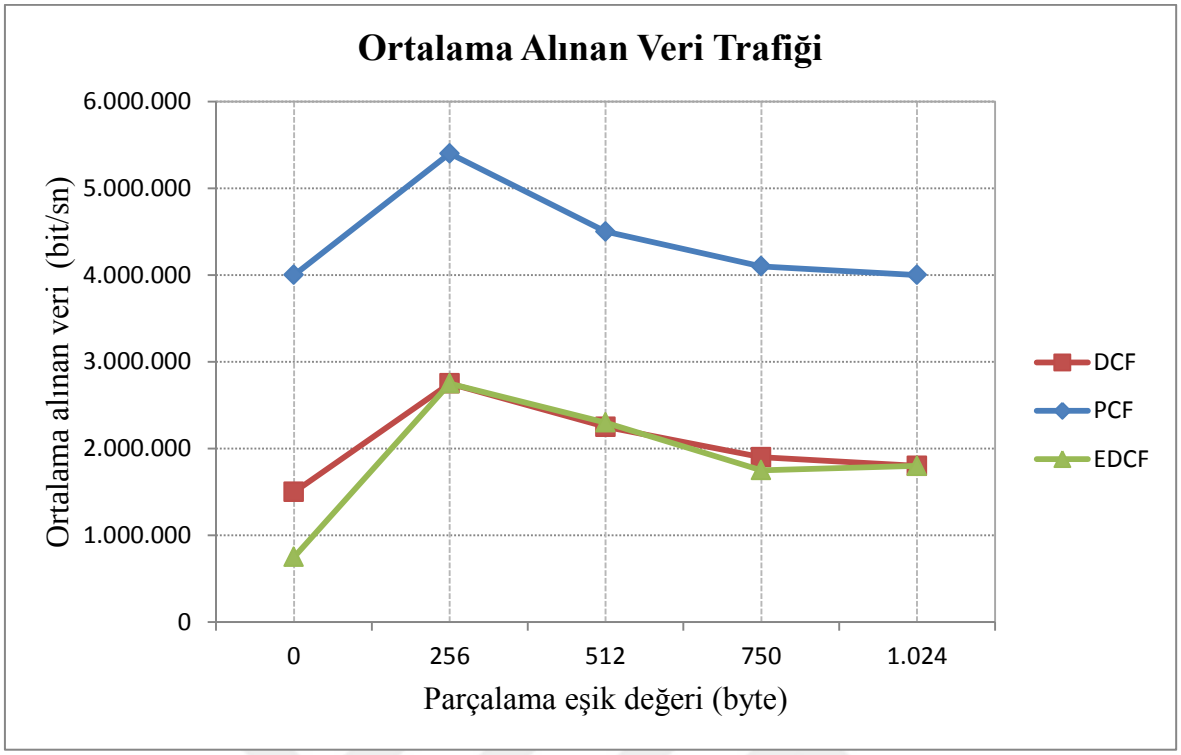
Şekil 4.10. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları

Şekil 4.11'da 4 numaralı düğümde parçalama eşik değerinin 1024 byte olarak seçilmesi durumunda ortalama alınan veri trafiğinin DKF'de 1.797.268 bit/sn, NKF'de yaklaşık 4.001.367 bit/sn, GDKF'de ise 1.843.175 bit/sn elde edilmiştir.

Şekil 4.11. Ortalama alınan veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama alınan veri trafiği sonuçları

4.5.4. Ortalama alınan veri trafiği için performansların karşılaştırılması

Ortalama alınan veri trafiği için elde edilen sonuçlar Şekil 4.12'de yer almaktadır. Parçalama eşik değeri olmadan NKF'nin yaklaşık 3.871.558 bit/sn, DKF'nin 1.612.468 bit/sn, GDKF'nin ise 779.013 bit/sn ortalama alınan veri trafiğine sahip olduğu görülmektedir. Parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçildiğinde NKF yaklaşık 5.353.194 bit/sn DKF'in 2.807.940 bit/sn, GDKF'de 2.928.398 bit/sn değerlerine yükselmiştir. Bu sonuçlar parçalama eşik değerinin 256 byte seçilmesi durumunda her üç kontrol fonksiyonu için ortalama alınan veri trafiklerinde artma elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Ortalama alınan veri trafikleri sonuçları

GDKF'de diğer kontrol fonksiyonlarına göre çok daha fazla artma gerçekleşmektedir. DKF kontrol fonksiyonunda ise NKF'den bir miktar daha fazla oranda veri trafiğinin arttığı ortaya çıkmıştır. Parçalama eşik değeri olarak 512, 750 ve 1024 byte seçildiğinde ise alınan veri trafiğinde parçalama eşik değeri 256 byte olan senaryo kadar olmasa da belli bir artma gerçekleştiği görülmektedir. GDKF'de her bir parçalama eşik değeri için diğer kontrol fonksiyonlarından daha fazla performansta artma olmuştur. Ayrıca Şekil 4.12'de görüldüğü gibi NKF kontrol fonksiyonunda parçalama eşik değerinin 1024 byte olarak uygulandığında parçalama eşik değeri uygulanmadan gerçekleşen ortalama alınan veri trafiğine eşit çıkmıştır. GDKF ve DKF'de de benzer bir durum söz konusudur. Ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçildiğinde yükselen değerler parçalama eşik değeri 1024 byte olduğunda parçalama eşik değeri uygulanmadan elde edilen değerlere yakın sonuçlar vermiştir.

4.6. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Gönderilen Veri Trafiği Değişkenliği

Gönderilen veri trafiği kablosuz yerel alan ağlarında iki düğüm arasında paketlerin gönderilme akışını ifade etmektedir. Gönderilen veri trafik akışı ne kadar yüksek olursa performans da o kadar yüksektir. Veri trafik akışında parçalama eşik değerinin gönderilen veri trafiğine olan etkisinin ölçülebilmesi için düğümlerin konumu ve birbirine olan uzaklıkları gibi dış faktörlerin aynı değerlerde olması gerekmektedir. Gönderilen veri trafiği karşılaştırma ölçütü kontrol fonksiyonlarından DKF, NKF ve GDKF için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı ve parçalama eşik değerinin ayrı ayrı 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak uygulandığı toplam Çizelge 4.1'de verilen 15 senaryo kullanılmıştır.

4.6.1. Ortalama gönderilen veri trafiği için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi

Düğümlerin konumu hedef düğümlerin de konumu dikkate alınarak gönderilen veri trafiği performans ölçütü için Şekil 4.4'deki ağ modeli kullanılmıştır.

Node_0 düğümü merkezi düğüm olarak seçilmiştir. Hedef düğüm olarak her bir düğüm için simetrik olan düğüm seçilmiştir. Çizelge 4.4'deki gibi verilmiştir.

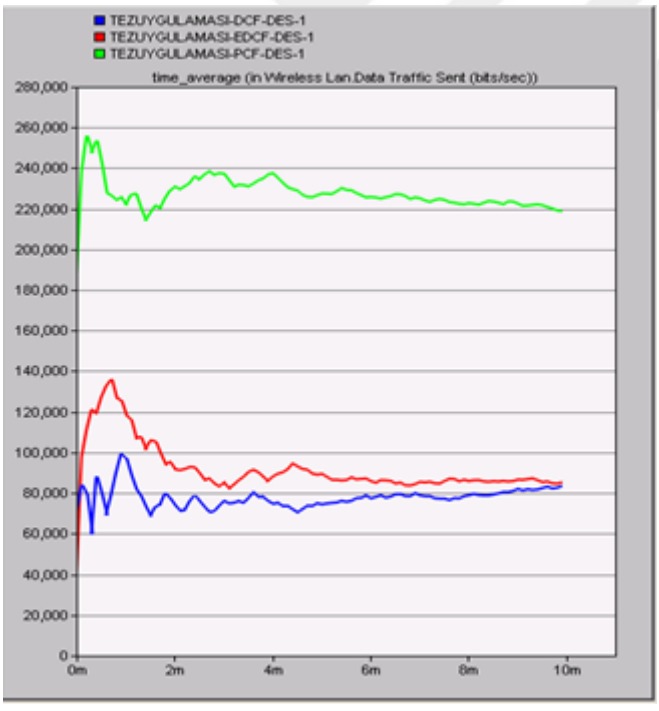
Benzetim parametreleri daha önceki ortalama alınan veri trafiği için kullanılan parametrelerle aynı olacak şekilde uygulanmıştır. Ortalama alınan veri trafiğinde incelenmiş olan parçalama eşik değerinin uygulandığı ve uygulanmadığı senaryolar aynı şekilde ortalama gönderilen veri trafiği içinde kullanılmıştır. Çevresel faktörler ve parametreler bütün düğümler için aynı kalacak şekilde parçalama eşik değeri "None" "256 byte", "512 byte", "750 byte "ve "1024 byte" olarak seçilmiştir. 15 senaryo için Node_0 erişim düğümüdür ve "Access Point Functionality" parametresi "Enable" olarak, diğer düğümler için ise "Disable" olarak belirlenmiştir. Bu bölümdeki senaryolarda noktasal kontrol fonksiyonlarının uygulandığı "NKF", "NKF_frag256", "NKF_frag512", "NKF_frag750" ve "NKF_frag1024" senaryolarında "NKF Functionality" değeri "Enable" olarak aktif, diğer senaryolar için ise "Disable" olarak pasif hale getirilmiştir.

Aynı şekilde Şekil 4.4'de yer almakta olan üssel olarak başlangıç ve bitiş süreleri seçilmiş ve sonuçlarda gönderilen veri trafiği parametresi üzerinden değerlendirilmiştir.

4.6.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama gönderilen veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo

Ortalama gönderilen veri trafiğinin karşılaştırılması için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı 3 senaryo bulunmaktadır. Bu senaryolarda her 3 kontrol fonksiyonu içinde parçalama eşik değeri olmadan sonuçlar elde edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır.

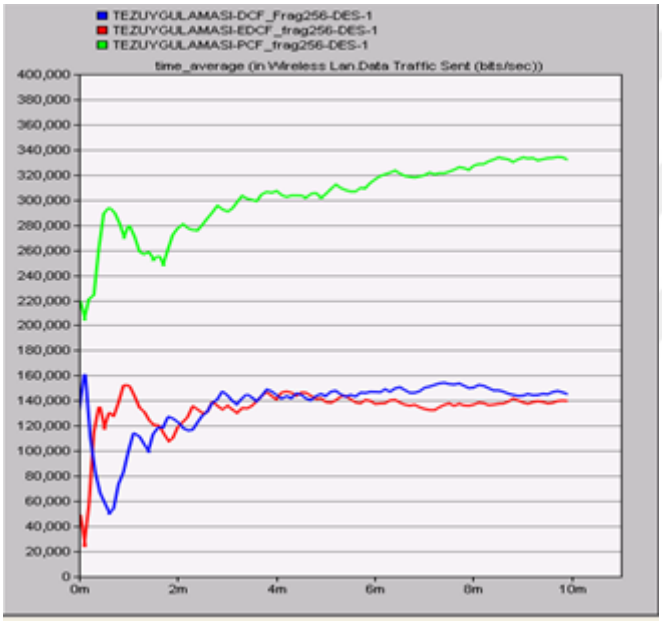
Şekil 4.13'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri olmadan ortalama gönderilen veri trafiği DKF'in 83.490 bit/sn, NKF'in yaklaşık 219.190 bit/sn, GDKF'in ise 84.822 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları

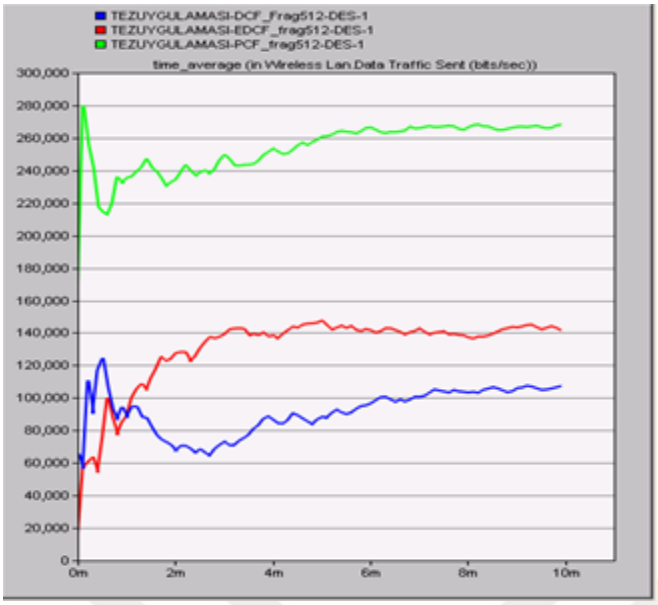
4.6.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama gönderilen veri trafiği için parçalama eşik değerinin uygulanması

Buradaki benzetim senaryolarında kontrol fonksiyonlarının veri iletiminde parçalama eşik değerleri sırasıyla 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak seçilmiş ve ağ modeli 10 dk koşturulduktan sonra sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.14'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında ortalama gönderilen veri trafiği DKF'de yaklaşık 145.280 bit/sn, NKF'de yaklaşık 333.799 bit/sn, GDKF'de ise yaklaşık 140.014 bit/sn elde edilmiştir.



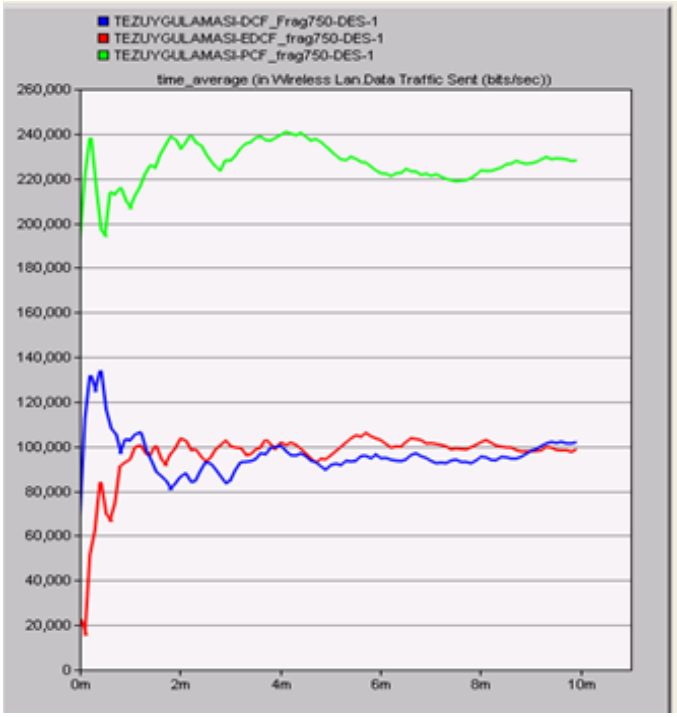
Şekil 4.14. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları

Kontrol fonksiyonlarına Şekil 4.15'da 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 512 byte seçilmesi durumunda ortalama gönderilen veri trafiği DKF'de 107.324 bit/sn, NKF'de yaklaşık 268.111 bit/sn, GDKF'de ise yaklaşık 143.515 bit/sn elde edilmiştir.



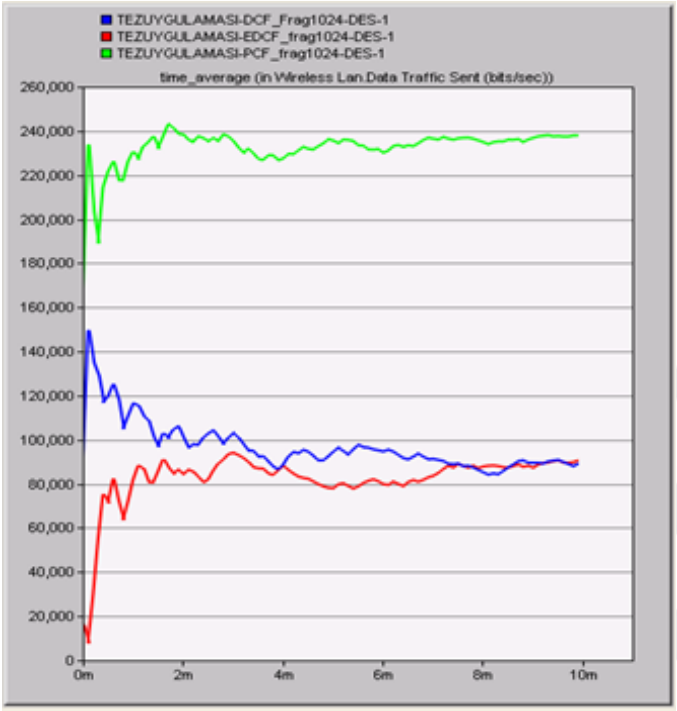
Şekil 4.15. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları

Şekil 4.16'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 750 byte olarak uygulandığında ortalama gönderilen veri trafiği DKF'nin 101.484 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 227.868 bit/sn, GDKF'nin ise 97.609 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.16. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları

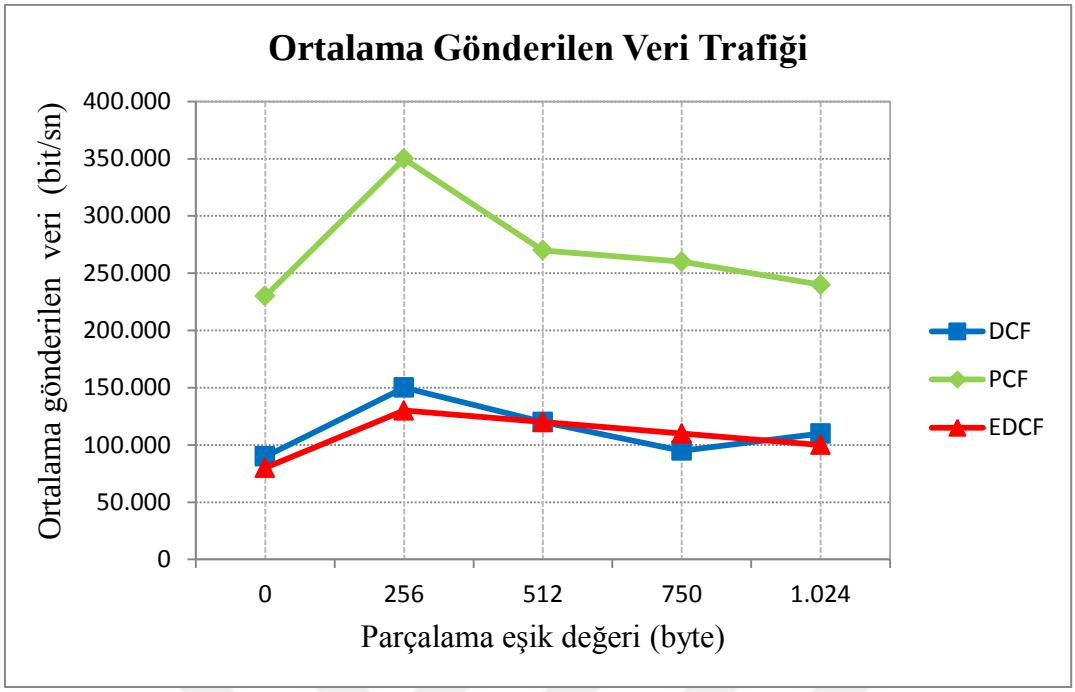
Şekil 4.17'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değerinin 1024 byte olarak seçilmesi durumunda ortalama gönderilen veri trafiğinin DKF'de 84.063 bit/sn, NKF'de yaklaşık 237.886 bit/sn, GDKF'de ise 89.512 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Ortalama gönderilen veri trafiği ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama gönderilen veri trafiği sonuçları

4.6.4. Ortalama gönderilen veri trafiği için performansların karşılaştırılması

Parçalama eşik değeri olmadan NKF'nin yaklaşık 219.190 bit/sn, DKF'nin 83.490 bit/sn, GDKF'nin ise 84.822 bit/sn ortalama alınan veri trafiğine sahip olduğu görülmektedir [Şekil 4.18]. Parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçildiğinde NKF yaklaşık 333.799 bit/sn DKF'nin 145.280 bit/sn, GDKF'de 140.014 bit/sn değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar parçalama eşik değerinin 256 byte seçilmesi durumunda her üç kontrol fonksiyonu için ortalama gönderilen veri trafiklerinde artma olduğunu göstermektedir. Her üç kontrol fonksiyonu içinde artma oranları yaklaşık olarak aynı değerlerde yer almaktadır.



Şekil 4.18. Ortalama gönderilen veri trafikleri sonuçları

Parçalama eşik değeri olarak 512, 750 ve 1024 byte seçildiğinde ise alınan veri trafiğinde parçalama eşik değeri 256 byte olan senaryo kadar olmasa da yine de yaklaşık olarak aynı oranlarda bir artma gerçekleştiği görülmektedir. Bu oran parçalama eşik değeri 512 byte iken Şekil 4.18'de görüldüğü gibi diğer değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

4.7. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Gecikme Süresi Değişkenliği

Kablosuz yerel alan ağlarında en önemli parametrelerden bir tanesi de iletimde gecikme parametresidir. Verilerin iletiminin gecikmesi sistemlerde büyük zaman kayıplarına yol açmakta ve performansı negatif olarak etkilemektedir. Bu nedenle hızlı bir şekilde verilerin iletimi gecikmeden hedef düğümlere ulaşabileceği ağ tasarımları büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde uygulanacak olan senaryolarda kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değerinin ortalama gecikme süresine olan etkisi ölçülecektir. Bu karşılaştırma ölçütü için düğümlerin konumu ve birbirine olan uzaklıkları gibi dış faktörlerin aynı değerlerde olacaktır. Ortalama gecikme süresi karşılaştırma ölçütü kontrol fonksiyonlarından DKF, NKF ve GDKF için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı ve parçalama eşik değerinin

ayrı ayrı 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak uygulandığı Çizelge 4.1'de verilen 15 senaryo kullanılmıştır.

4.7.1. Ortalama gecikme süresi için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi

Ortalama gecikme süresi ölçümü için bütün senaryolarda Şekil 4.4' deki ağ modeli kullanılmıştır.

Node_0 düğümü merkezi düğüm olarak seçilmiştir. Hedef düğüm olarak Çizelge 4.4 deki gibi her bir düğüm için simetrik olan düğüm seçilmiştir.

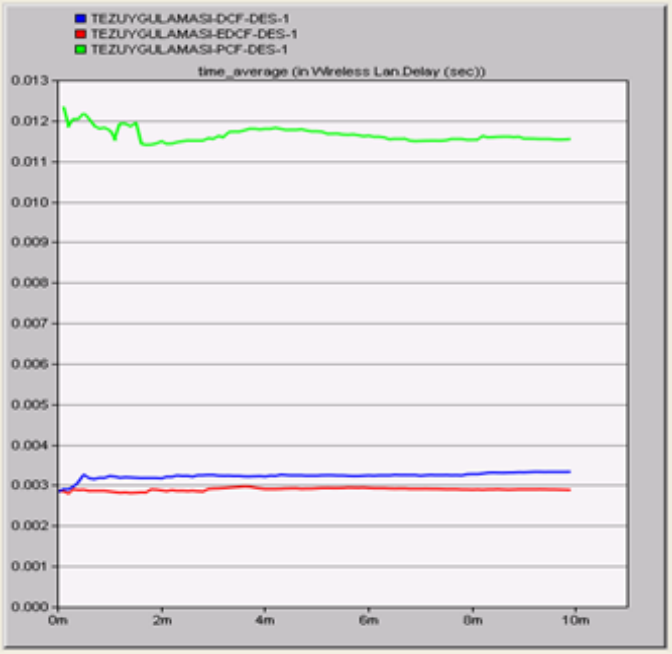
Benzetim parametreleri daha önceki ortalama alınan veri trafiği ve ortalama gönderilen veri trafiği için kullanılan parametrelerle aynı olacak şekilde uygulanmıştır. Bu parametreler için kontrol fonksiyonlarına parçalama eşik değerini uygulanmadığı senaryo_1'de "fragmentation threshold (byte)" değeri "None" olarak, diğer senaryolarda ise parçalama eşik değeri "256 byte", "512 byte", "750 byte" ve "1024 byte" olarak belirlenmiştir. Bütün senaryolar için bir düğüm AP olarak belirlenmiştir. 15 senaryo için Node_0 erişim düğümüdür ve "Access Point Functionality" parametresi "Enable" olarak, diğer düğümler için ise "Disable" olarak belirlenmiştir. Bu bölümdeki senaryolarda noktasal kontrol fonksiyonlarının uygulandığı "NKF", "NKF_frag256", "NKF_frag512", "NKF_frag750" ve "NKF_frag1024" senaryolarında "NKF Functionality" değeri "Enable" olarak aktif, diğer senaryolar için ise "Disable" olarak pasif hale getirilmiştir.

Düğümler arasında veri iletiminde hedef düğüm Şekil 4.4'de görüldüğü konumlandırılmıştır. Aynı şekilde Şekil 4.5'de yer almakta olan üssel olarak başlangıç ve bitiş süreleri seçilmiş ve sonuçlarda gönderilen veri trafiği parametresi üzerinden değerlendirilmiştir.

4.7.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama gecikme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo

Alınan veri trafiğinin karşılaştırılması için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı 3 senaryo bulunmaktadır. Bu senaryolarda her 3 kontrol fonksiyonu içinde parçalama eşik değeri olmadan sonuçlar elde edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır.

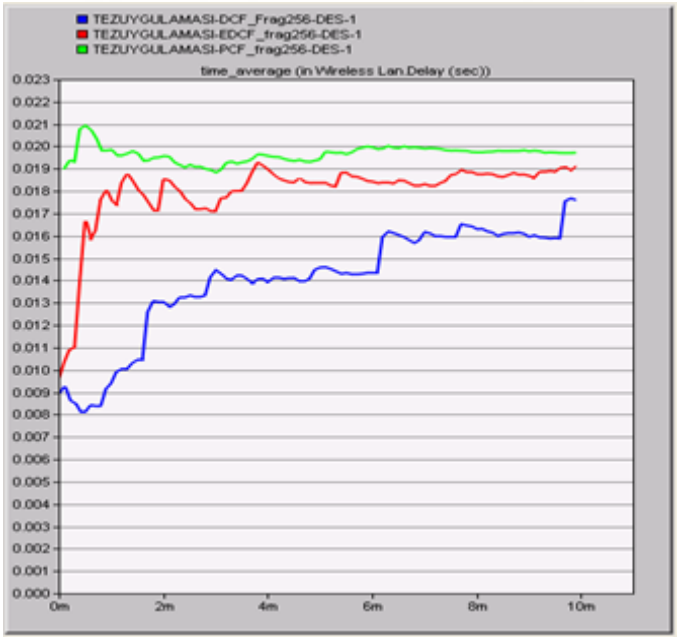
Şekil 4.19'da 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri olmadan DKF'nin 0,0033 saniye, NKF'nin yaklaşık 0,0115 saniye, GDKF'nin ise 0,0028 saniye ortalama gecikme değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.19. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları

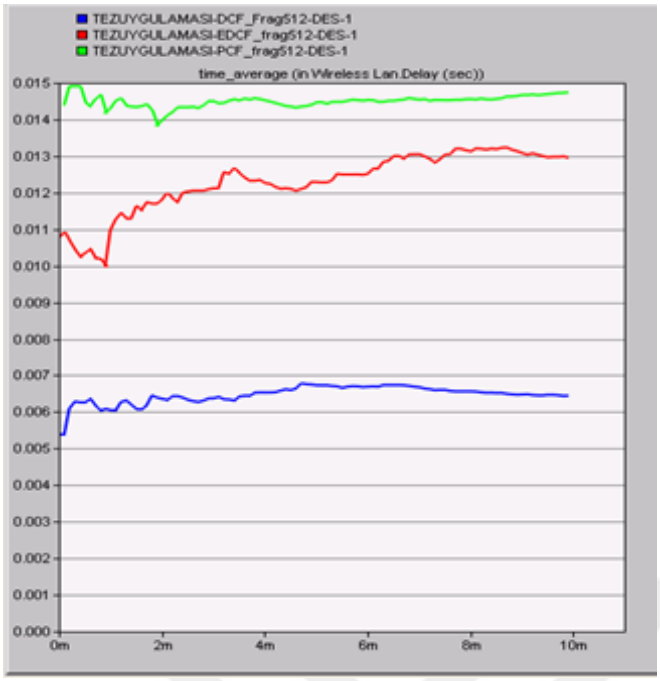
4.7.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama gecikme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanması

Buradaki benzetim senaryolarında, kontrol fonksiyonlarının veri iletiminde parçalama eşik değerleri sırasıyla 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak seçilmiş ve ağ modeli 10 dk koşturulduktan sonra sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.20'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında ortalama gecikme süresi DKF'de 0,017 saniye, NKF'de yaklaşık 0,019 saniye, GDKF'de ise 0,018 saniye elde edilmiştir.



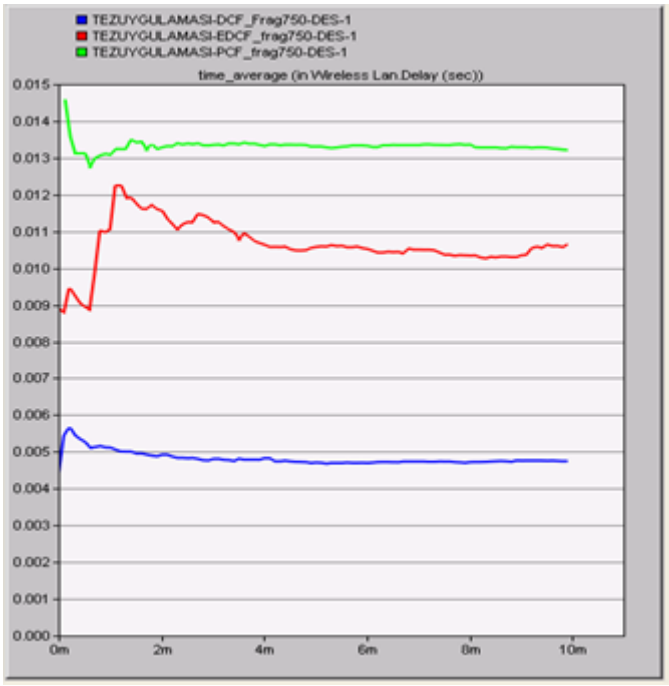
Şekil 4.20. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları

Kontrol fonksiyonlarına Şekil 4.21'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 512 byte seçilmesi durumunda ortalama gecikme süresi DKF'de 0,064 saniye, NKF'de yaklaşık 0,014 saniye, GDKF'de ise 0,014 saniye olmuştur.



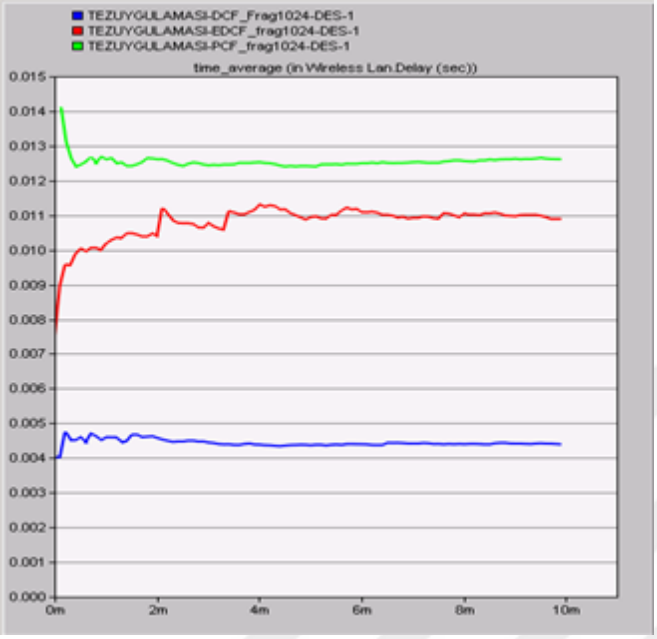
Şekil 4.21. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları

Şekil 4.22'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 750 byte olarak uygulandığında ortalama gecikme süresi DKF'nin 0,0047 saniye, NKF'nin yaklaşık 0,013 saniye, GDKF'nin ise 0,01 saniye olmuştur.



Şekil 4.22. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları

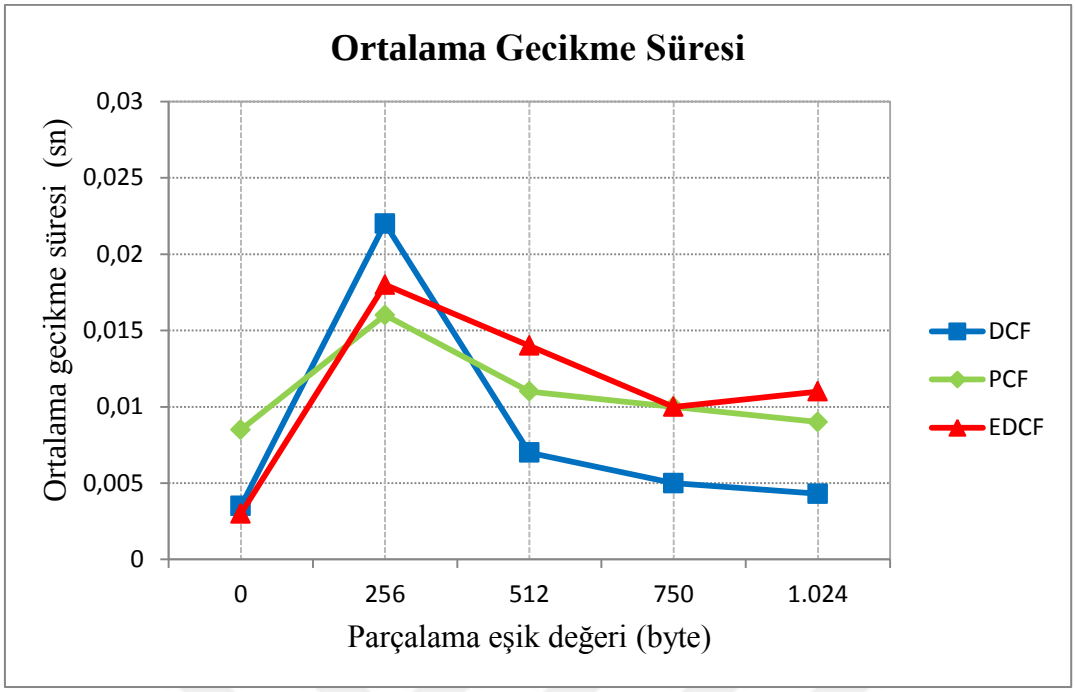
Şekil 4.23'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değerinin 1024 byte olarak seçilmesi durumunda ortalama gecikme süresi DKF'de 0,0043 saniye, NKF'de yaklaşık 0,012 saniye, GDKF'de ise 0,011 saniye olmuştur.



Şekil 4.23. Ortalama gecikme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama gecikme süresi sonuçları

4.7.4. Ortalama gecikme süresine göre performansların karşılaştırılması

Parçalama eşik değeri olmadan NKF'de yaklaşık 0,0115 saniye, DKF'de 0,0033 saniye ve GDKF'de ise 0,028 saniye gecikme meydana gelmiştir [Şekil 4.24]. Parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçildiğinde NKF yaklaşık 0.019 saniye, DKF'in 0.017 saniye, GDKF'de 0.018 saniye gecikme olmuştur. Bu sonuçlar parçalama eşik değerinin 256 byte olarak seçilmesi durumunda her üç kontrol fonksiyonu için daha fazla gecikme, GDKF'de ise bu oranın daha fazla arttığı görülmektedir.



Şekil 4.24. Ortalama gecikme süresi sonuçları

Parçalama eşik değeri olarak 512, 750 ve 1024 byte olması durumunda da gecikme süresi biraz azalmakla beraber en fazla gecikme GDKF kontrol fonksiyonunda meydana gelmektedir. Diğer kontrol fonksiyonlarına göre parçalama eşik değeri uygulanan senaryolarda NKF kontrol fonksiyonunda en az gecikme meydana gelmiştir. Bu sonuçlar Şekil 4.24'de detaylı olarak görülmektedir.

4.8. Farklı Parçalama Eşik Değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Yükleme Süresi Değişkenliği

Kablosuz yerel alan ağlarında ortalama yükleme süresi de performans açısından önemli bir başka kriterdir. Veri trafik akışında parçalama eşik değerinin ortalama yükleme süresine olan etkisinin ölçülebilmesi için daha önceki benzetim çalışmalarında olduğu gibi düğümlerin konumu ve birbirine olan uzaklıkları gibi dış faktörler aynı değerlerde seçilmiştir. Ortalama yükleme süresi karşılaştırma ölçütü kontrol fonksiyonlarından DKF, NKF ve GDKF için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı ve parçalama eşik değerinin ayrı ayrı 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak uygulandığı Çizelge 4.1'deki gibi toplam verilen 15 senaryo kullanılmıştır.

4.8.1. Ortalama yükleme süresi için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi

Düğümlerin konumu hedef düğümlerin de konumu dikkate alınarak yükleme süresi performans ölçütü için Şekil 4.4'deki ağ modeli kullanılmıştır.

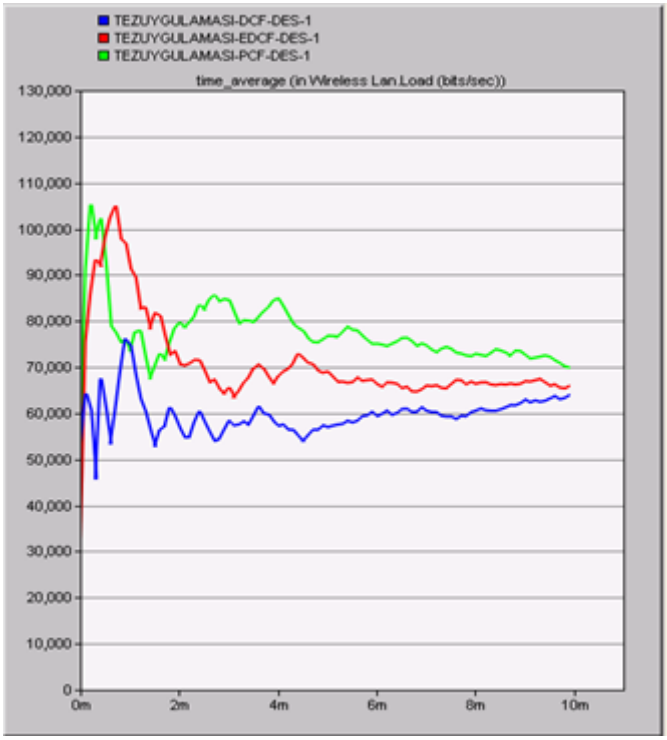
Node_0 düğümü merkezi düğüm olarak seçilmiştir. Hedef düğüm olarak herbir düğüm için simetrik olan düğüm seçilmiştir [Çizelge 4.4].

Şekil 4.5'de yer almakta olan benzetim parametreleri ortalama yükleme süresi için de aynı olacak şekilde uygulanmıştır. Bu parametreler için kontrol fonksiyonlarına parçalama eşik değerini uygulanmadığı senaryo_1'de "fragmentation threshold (byte)" değeri "None" olarak, diğer senaryolarda ise parçalama eşik değeri "256 byte", "512 byte", "750 byte" ve "1024 byte" olarak belirlenmiştir. Bütün senaryolar için bir düğüm AP olarak belirlenmiştir. 15 senaryo için Node_0 erişim düğümüdür ve "Access Point Functionality" parametresi "Enable" olarak, diğer düğümler için ise "Disable" olarak belirlenmiştir. Bu bölümdeki senaryolarda noktasal kontrol fonksiyonlarının uygulandığı "NKF", "NKF_frag256", "NKF_frag512", "NKF_frag750" ve "NKF_frag1024" senaryolarında "NKF Functionality" değeri "Enable" olarak aktif, diğer senaryolar için ise "Disable" olarak pasif hale getirilmiştir. Ortalama yükleme süresi performans kriteri için her bir düğüm MAC adresi adlandırıldığı numarayı almıştır. Trafik üretme parametreleri ise ortalama alınan veri trafiği, ortalama gönderilen veri trafiği ve ortalama gecikme süresindeki parametrelerle aynı olacak şekilde uygulanmıştır.

4.8.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde ortalama yükleme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo

Ortalama yükleme süresinin karşılaştırılması için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı 3 senaryo bulunmaktadır. Bu senaryolarda her 3 kontrol fonksiyonu içinde parçalama eşik değeri olmadan sonuçlar elde edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır.

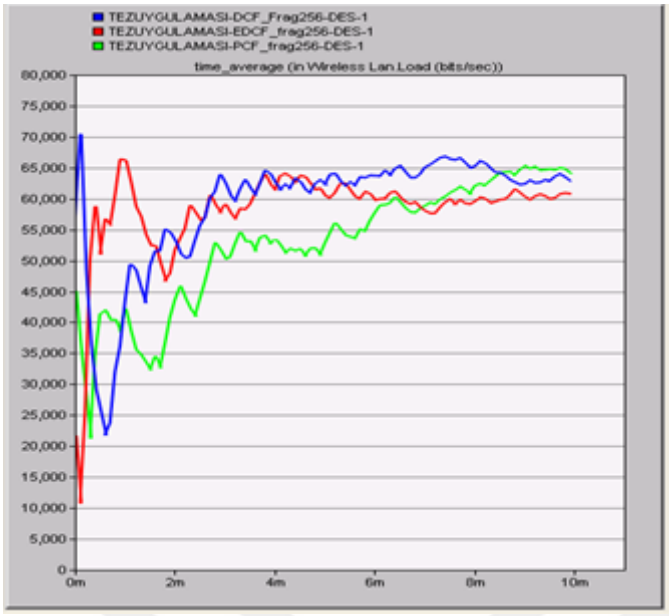
Şekil 4.25'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri olmadan ortalama yükleme süresi DKF'nin yaklaşık 61.643 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 69.643 bit/sn, GDKF'nin ise yaklaşık 65.929 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.25. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları

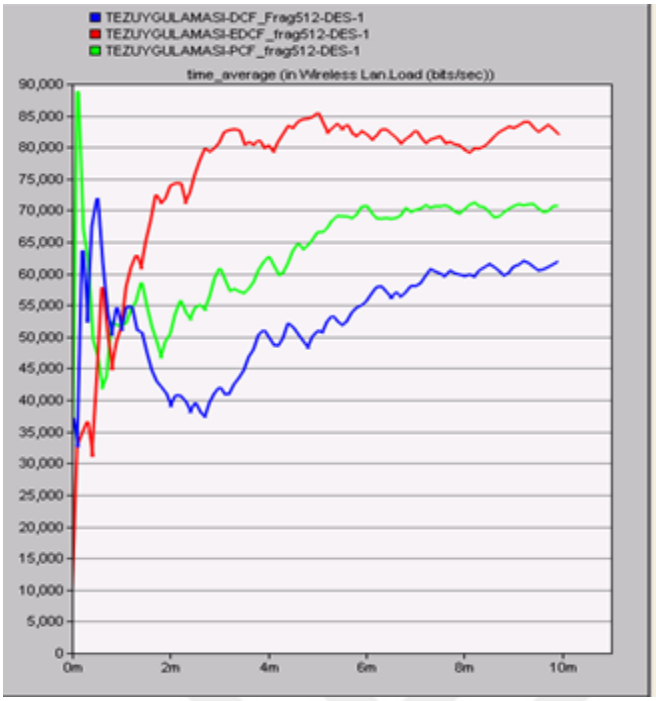
4.8.3. DKF, NKF ve GDKF'de ortalama yükleme süresi için parçalama eşik değerinin uygulanması

Buradaki benzetim senaryolarında, kontrol fonksiyonlarının veri iletiminde parçalama eşik değerleri sırasıyla 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak seçilmiş ve ağ modeli 10 dk koşturulduktan sonra sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.26'da 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında ortalama yükleme süresi DKF'de yaklaşık 63.334 bit/sn, NKF'de yaklaşık 64.181 bit/sn, GDKF'de ise 60.798 bit/sn elde edilmiştir.



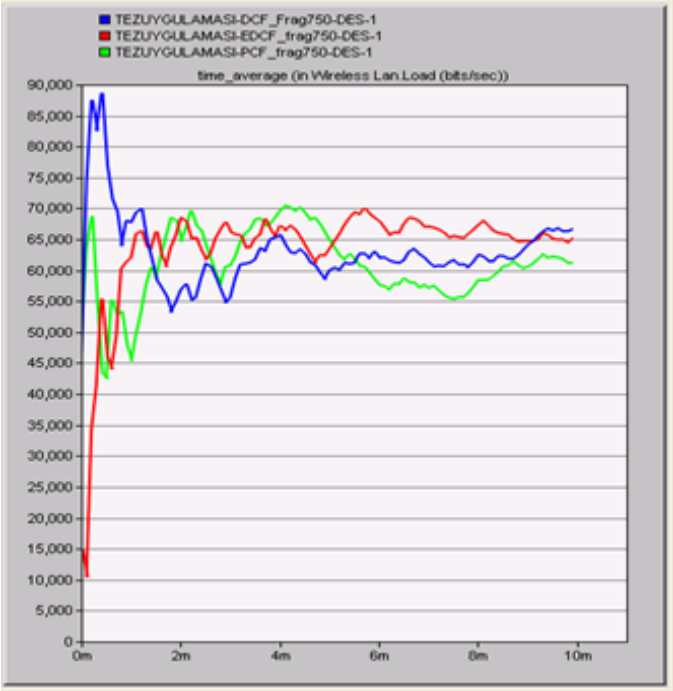
Şekil 4.26. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları

Kontrol fonksiyonlarına Şekil 4.27'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 512 byte seçilmesi durumunda ortalama yükleme süresi DKF'de 62.914 bit/sn, NKF'de yaklaşık 70.914 bit/sn, GDKF'de ise yaklaşık 82.934 bit/sn elde edilmiştir.



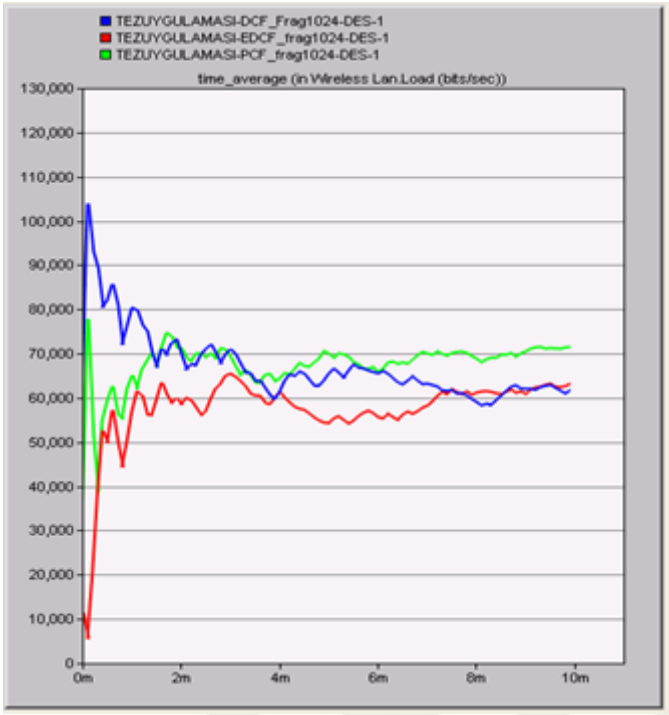
Şekil 4.27. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları

Şekil 4.28'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 750 byte olarak uygulandığında ortalama yükleme süresi DKF'nin 66.645 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 61.825 bit/sn, GDKF'nin ise 65.926 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.28. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları

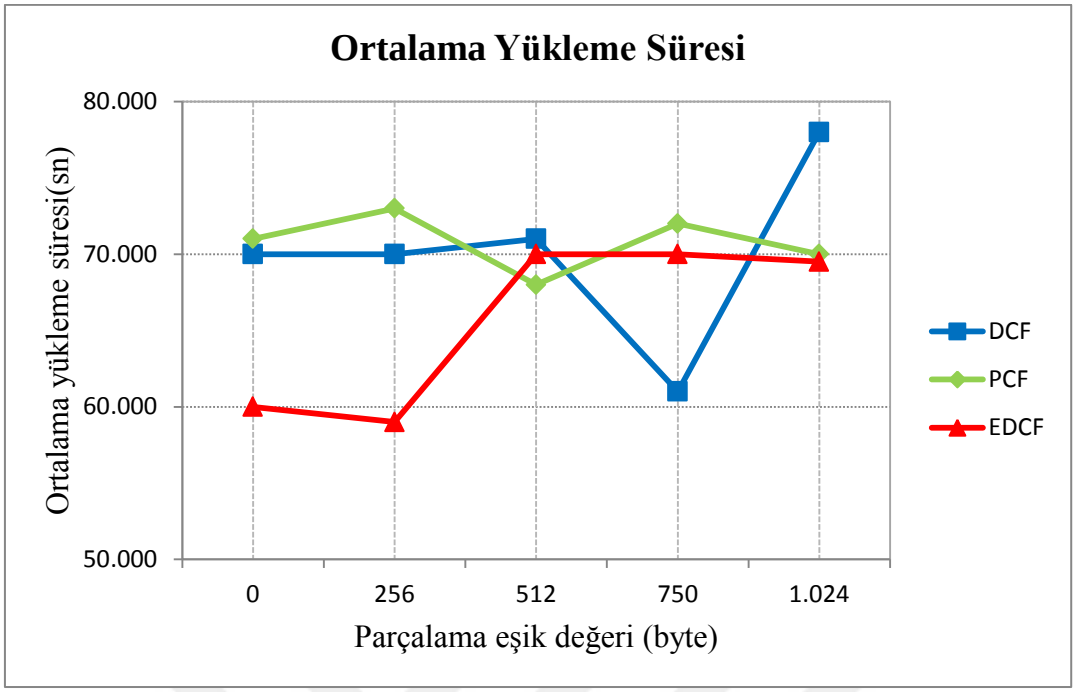
Şekil 4.29'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değerinin 1024 byte olarak seçilmesi durumunda ortalama yükleme süresi DKF'de 64.478 bit/sn, NKF'de yaklaşık 69.478 bit/sn, GDKF'de ise 69.500 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.29. Ortalama yükleme süresi ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama yükleme süresi sonuçları

4.8.4. Ortalama yükleme süresine göre performansların karşılaştırılması

Paketlerin ortalama yükleme süreleri parçalama eşik değeri olmadan NKF ve DKF'nin yaklaşık 69.643 bit/sn ve 61.643 bit/sn, GDKF'nin ise yaklaşık 65.929 bit/sn dir [Şekil 4.30]. Parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçildiğinde yine ortalama yükleme süresi NKF ve DKF'nin yaklaşık 64.181 bit/sn ve 63.334 bit/sn, GDKF'de ise yaklaşık 60.798 bit/sn elde edilmektedir. Bu sonuçlar parçalama eşik değerinin 256 byte olarak seçilmesi durumunda her üç kontrol fonksiyonu için yüklenme sürelerinde belirgin bir değişiklik meydana getirmediğini göstermektedir.



Şekil 4.30. Ortalama yükleme süresi sonuçları

Parçalama eşik değeri olarak 512, 750 ve 1024 byte seçiminde yüklenme sürelerinin bir miktar değişse de belirgin bir değişimin olmadığı Şekil 4.33'de görülmektedir.

4.9. Farklı Parçalama Eşik değerlerinin Kontrol Fonksiyonlarına Uygulanmasında Birim Zamandaki İşlenen Paket Miktarı Değişkenliği

Birim zamandaki işlenen paket miktarları performans karşılaştırması için büyük bir önem taşımaktadır. Saniyede işlenen olay (event) sayısı ağın tasarımı ile doğrudan alakalı olduğundan birçok ağ analiz tasarım mühendisi bu kriteri önemli karşılaştırma ölçütleri arasında saymıştır. Kablosuz yerel alan ağlarında da birim zamandaki işlenen paket miktarları performans açısından çok önemli bir kriterdir. Veri trafik akışında parçalama eşik değerinin birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarlarına etkisinin ölçülebilmesi için düğümlerin konumu ve birbirine olan uzaklıkları gibi dış faktörlerin aynı değerlerde olması büyük önem taşımaktadır. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları karşılaştırma ölçütü kontrol fonksiyonlarından DKF, NKF ve GDKF için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı ve parçalama eşik değerinin ayrı ayrı 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak uygulandığı Çizelge 4.1'deki gibi toplam verilen 15 senaryo kullanılmıştır.

4.9.1. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliği için benzetim parametreleri ve düğümlerin yerleştirilmesi

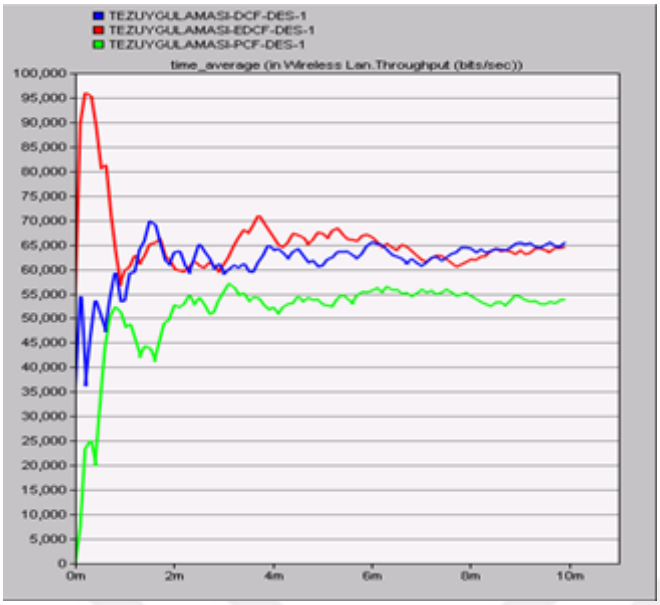
Düğümlerin konumu hedef düğümlerin de konumu dikkate alınarak ortalama işlenen paket miktarları performans ölçütü için Şekil 4.4'deki ağ modeli kullanılmıştır.

Node_0 düğümü merkezi düğüm olarak seçilmiştir. Hedef düğüm olarak her bir düğüm için simetrik olan düğüm seçilmiştir [Çizelge 4.4].

4.9.2. Kontrol fonksiyonlarında veri iletiminde birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliği için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı senaryo

Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları karşılaştırması için parçalama eşik değerinin uygulanmadığı 3 bulunmaktadır. Bu senaryolarda her 3 kontrol fonksiyonu içinde parçalama eşik değeri olmadan sonuçlar elde edilmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır.

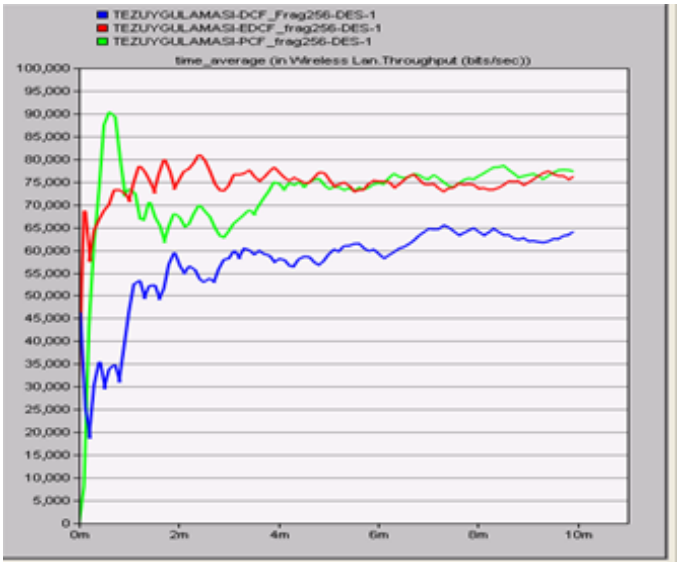
Şekil 4.31'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri olmadan birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları DKF'nin 65.482 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 53.743 bit/sn, GDKF'nin ise 64.494 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.31. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin olmadığı senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları

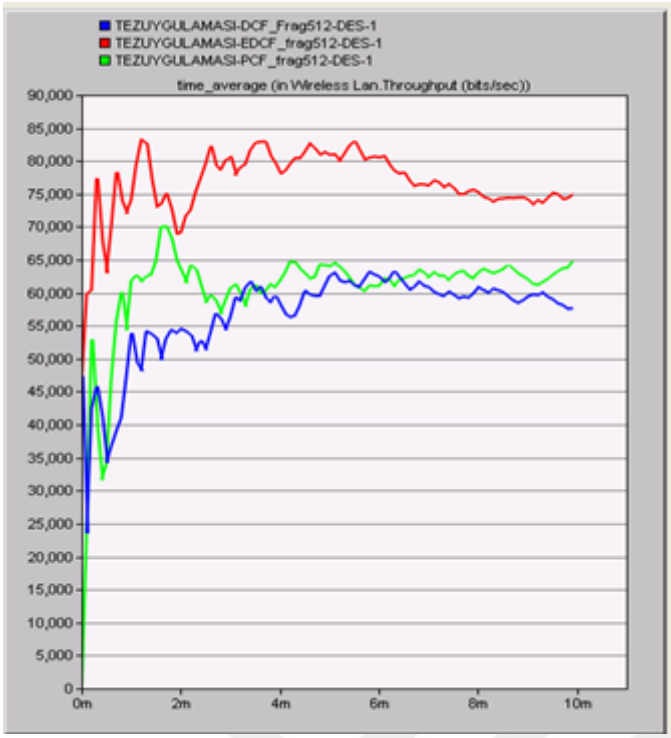
4.9.3. DKF, NKF ve GDKF'de birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı değişkenliği için parçalama eşik değerinin uygulanması

Buradaki benzetim senaryolarında, kontrol fonksiyonlarının veri iletiminde parçalama eşik değerleri sırasıyla 256 byte, 512 byte, 750 byte ve 1024 byte olarak seçilmiş ve ağ modeli 10 dk koşturulduktan sonra sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.32'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları DKF'nin 64.963 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 77.308 bit/sn, GDKF'nin ise 76.059 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.32. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin 256 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları

Kontrol fonksiyonlarına Şekil 4.33'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 512 byte seçilmesi durumunda birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları DKF'de 57.657 bit/sn, NKF'de yaklaşık 64.752 bit/sn, GDKF'de ise yaklaşık 76.043 bit/sn elde edilmiştir. Her üç kontrol fonksiyonu içinde yaklaşık olarak aynı değerler elde edilmiştir.

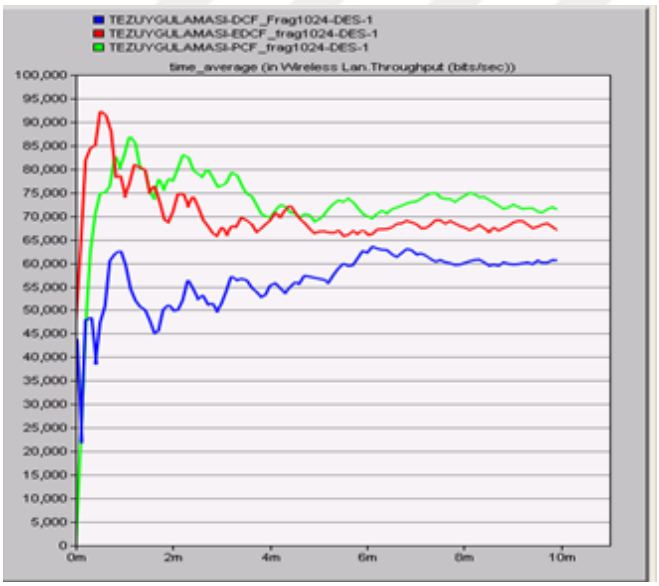


Şekil 4.33. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin 512 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları

Şekil 4.34'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değeri 750 byte olarak uygulandığında birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları DKF'nin 71.497 bit/sn, NKF'nin yaklaşık 53.743 bit/sn, GDKF'nin ise 53.420 bit/sn elde edilmiştir.

Şekil 4.34. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin 750 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları

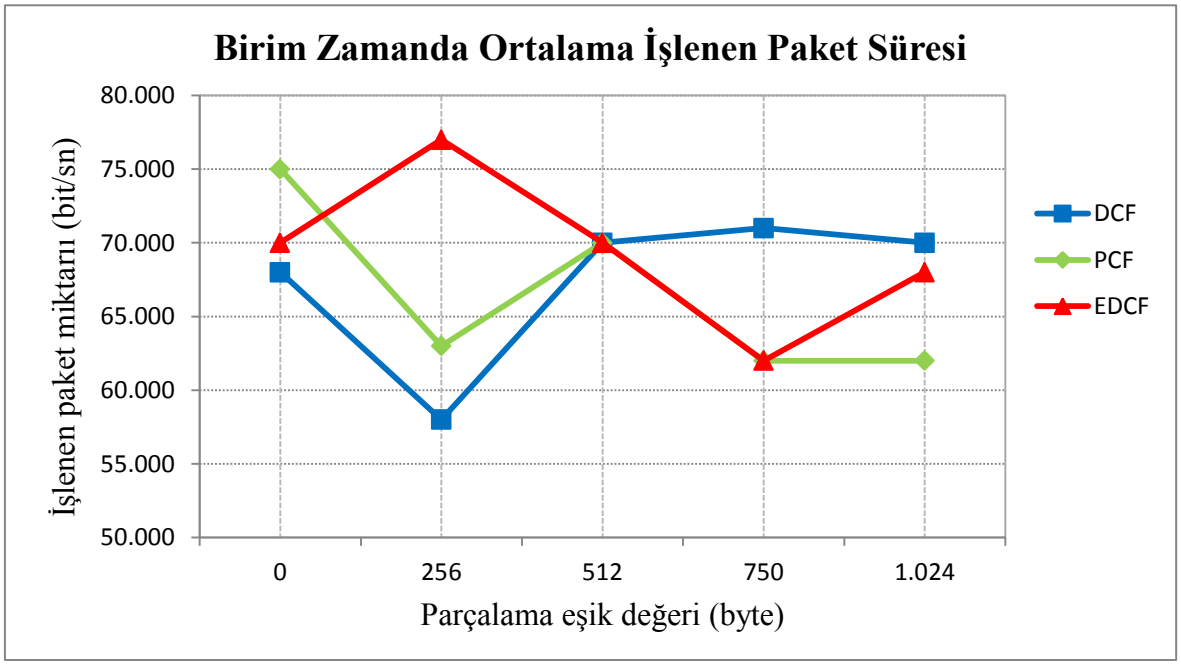
Şekil 4.35'de 4 numaralı düğümde parçalama eşik değerinin 1024 byte olarak seçilmesi durumunda birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarları DKF'de 63.116 bit/sn, NKF'de yaklaşık 71.857 bit/sn, GDKF'de ise 67.050 bit/sn elde edilmiştir.



Şekil 4.35. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı ölçütü için parçalama eşik değerinin 1024 byte olduğu senaryoların ortalama birim zamandaki paket miktarı sonuçları

4.9.4. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı ölçütüne göre performansların karşılaştırılması

Birim zamandaki işlenen paket değerleri parçalama eşik değeri olmadan NKF için 53.663 bit/sn, DKF için 65.482 bit/sn ve GDKF için de yaklaşık 64.494 bit/sn düzeyindedir. Parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçildiğinde yine NKF için 77.308 bit/sn, DKF için 64.963 bit/sn ve GDKF için de yaklaşık 76.059 bit/sn gerçekleşmiştir [Şekil 4.36].



Şekil 4.36. Birim zamandaki ortalama işlenen paket miktarı sonuçları

Bu sonuçlar parçalama eşik değerinin 256 byte olarak seçilmesi durumunda birim zamandaki işlenen paket miktarının GDKF NFK'de az miktarda arttığını, DKF'de ise azaldığını göstermektedir. Ancak parçalama eşik değerinin 512 byte olarak seçilmesi durumunda birim zamandaki işlenen paket miktarı her üç kontrol fonksiyonu için yaklaşık olarak aynı orandadır. Parçalama eşik değeri olarak 750 byte ve 1024 byte seçiminde yine birim zamandaki işlenen paket miktarlarının Şekil 4.36'daki gibi yaklaşık olarak aynı değerlerde olduğu görülmektedir.

5. BENZETİM SONUÇLARI VE ANALİZİ

Gerçekleştirilen bu çalışmada, Kablosuz yerel alan ağlarında büyük verilerin iletiminde DKF, NKF ve GDKF kontrol fonksiyonlarına uygulanan parçalama eşik değerlerinin performansı önemli derecede etkilediği görülmüştür. Her bir kontrol fonksiyonuna aynı parçalama eşik değerleri verildiğinde performanslardaki değişim oranı farklı çıkmaktadır. Performans kriterine göre bu oranlar değişmektedir. Aynı şekilde her bir kontrol fonksiyonuna uygulanan farklı parçalama eşik değeri de aynı kontrol fonksiyonu için performans kriterine göre farklı sonuçlar vermektedir.

Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi ortalama alınan veri trafiklerinde, kontrol fonsiyonlarında parçalama eşik değerinin 256 byte seçilmesi durumunda her üç kontrol fonksiyonu için artış elde edilmiştir. GDKF'de ortalama alınan veri trafiği, parçalama eşik değeri uygulanmadan 779.013 bit/sn iken parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçilince ortalama alınan veri trafiği 2.928.398 bit/sn değerlerine yükselmiştir. Parçalama eşik değeri olmadan NKF in yaklaşık 3.871.558 bit/sn iken parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçilince ortalama alınan veri trafiği 5.353.194 bit/sn değerine yükselmiştir. Parçalama eşik değeri olmadan DKF in yaklaşık 1.612.468 bit/sn iken parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçilince ortalama alınan veri trafiği 2.807.940 bit/sn değerine yükselmiştir. Ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değeri olarak 512 byte seçildiğinde NKF, GDKF ve DKF sırası ile 4.560.691 bit/sn, 2.843.175 bit/sn ve 2.199.109 bit/sn olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değeri olarak 750 byte seçildiğinde NKF, GDKF ve DKF sırası ile 4.153.603 bit/sn, 1.770.208 bit/sn ve 1.905.292 bit/sn olarak gerçekleşmiştir. Aynı şekilde ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değeri olarak 1024 byte seçildiğinde NKF, GDKF ve DKF sırası ile 4.001.367 bit/sn, 1.843.175 bit/sn ve 1.797.268 bit/sn olarak gerçekleşmiştir. Sonuç olarak GDKF kontrol fonksiyonunda ortalama alınan veri trafiği NKF ve DKF'ye oranla yaklaşık olarak %20 oranında daha fazla artmıştır. DKF kontrol fonksiyonunda ise NKF'den bir miktar daha fazla oranda veri trafiğinin arttığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca NKF kontrol fonksiyonunda parçalama eşik değeri 1024 byte olarak uygulandığında parçalama eşik değeri uygulanmadan gerçekleşen ortalama alınan veri trafiğine eşit çıkmıştır.

Çizelge 5.1. Performans kriterlerine göre genel sonuçlar

Kontrol fonksiyonu	Parçalama eşik değeri (byte)	Ortalama alınan veri trafiği (bit/sn)	Ortalama gönderilen veri trafiği (bit/sn)	Ortalama gecikme süresi (saniye)	Ortalama yükleme süresi (bit/sn)	Ortalama birim zamandaki paket miktarı (bit/sn)
DKF	-	1.612.468	83.490	0,0033	61.643	65.482
DKF	256	2.807.940	145.280	0,017	63.334	64.963
DKF	512	2.199.109	107.324	0,0064	62.914	57.657
DKF	750	1.905.292	101.484	0,0047	66.645	71.497
DKF	1024	1.797.268	84.063	0,0043	64.478	63.116
NKF	-	3.871.558	219.190	0,0115	69.643	53.663
NKF	256	5.353.194	333.799	0,019	64.181	77.308
NKF	512	4.560.691	268.111	0,014	70.914	64.752
NKF	750	4.153.603	227.868	0,013	61.825	53.743
NKF	1024	4.001.367	237.886	0,012	69.478	71.857
GDKF	-	779.013	84.822	0,0028	65.929	64.494
GDKF	256	2.928.398	140.014	0,018	60.798	76.059
GDKF	512	2.287.617	143.515	0,014	82.931	76.043
GDKF	750	1.770.208	97.609	0,01	65.926	53.420
GDKF	1024	1.843.175	89.512	0,011	69.500	67.050

Ortalama gönderilen veri trafiklerinde, her üç kontrol fonksiyonu için parçalama eşik değerinin 256 byte seçilmesi durumunda artma sağlanmıştır. GDKF'de ortalama gönderilen veri trafiği parçalama eşik değeri uygulanmadan 84.822 bit/sn iken parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçilince ortalama gönderilen veri trafiği 140.014 bit/sn değerlerine yükselmiştir. Parçalama eşik değeri olmadan NKF'nin yaklaşık 219.190 bit/sn iken parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçilince ortalama gönderilen veri trafiği 333.799 bit/sn değerine yükselmiştir. Parçalama eşik değeri olmadan DKF'nin yaklaşık 83.490 bit/sn iken parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçilince ortalama gönderilen veri trafiği 145.280 bit/sn değerine yükselmiştir. Parçalama eşik değeri olarak 512 byte seçildiğinde NKF, GDKF ve DKF sırası ile 268.111 bit/sn, 143.515 bit/sn ve 107.324 bit/sn olarak gerçekleşmiştir. Parçalama eşik değeri olarak 750 byte seçildiğinde NKF, GDKF ve DKF sırası ile 227.868 bit/sn, 110.000 bit/sn ve 95 000 bit/sn olarak gerçekleşmiştir. Parçalama eşik değeri olarak 1024 byte seçildiğinde NKF, GDKF ve DKF sırası ile 240.000 bit/sn, 97.609 bit/sn ve 101.484 bit/sn olarak gerçekleşmiştir. Sonuç

olarak her üç kontrol fonksiyonunda parçalama eşik değerlerinin kullanılması ortalama gönderilen veri trafiğini arttırmıştır. Bu değer en yüksek parçalama eşik değeri 256 byte olduğunda çıkmaktadır ve bütün kontrol fonksiyonları için yaklaşık olarak aynı oranda artış sağlamaktadır.

Ortalama gecikme süresinde, parçalama eşik değerinin 256 byte seçilmesi durumunda her üç kontrol fonksiyonu için artış meydana gelmektedir. DKF için parçalama eşik değeri uygulamadan 0,0033 sn gecikme meydana gelirken, parçalama eşik değeri 256 byte için 0,017 sn, 512 byte için 0,0064 sn, 750 byte için 0,0047 sn ve parçalama eşik değeri 1024 byte için 0,0043 sn gecikme elde edilmiştir. NKF için parçalama eşik değeri uygulamadan 0,0115 sn gecikme yaşanırkan, parçalama eşik değeri 256 byte için 0,019 sn, 512 byte için 0,014 sn, 750 byte için 0,013 sn ve parçalama eşik değeri 1024 byte için 0,012 sn gecikme meydana gelmektedir. GDKF için parçalama eşik değeri uygulamadan 0,0028 sn gecikmeye karşı, parçalama eşik değeri 256 byte için 0,018 sn, 512 byte için 0,014 sn, 750 byte için 0,010 sn ve parçalama eşik değeri 1024 byte için ise 0,0011 sn gecikme meydana gelmektedir. Bu sonuçlara göre gecikme oranı en az yaklaşık %25 oranında NKF kontrol fonksiyonunda meydana gelmiştir. Gecikme süresinin en fazla olduğu parçalama eşik değeri de 256 byte değeridir.

Ortalama yükleme süresi ve birim zamandaki işlenen ortalama paket miktarı için, her üç kontrol fonksiyonunda belirgin bir artma veya azalma meydana gelmemiştir. Ortalama yükleme süresi DKF'de 61.643 bit/sn ile 66.645 bit/sn arasında, NKF için 61.825 bit/sn ile 70.914 bit/sn arasında ve GDKF de ise 60.798 bit/sn ile 72.931 bit/sn arasında çıkmıştır. Birim zamandaki işlenen ortalama paket miktarı DKF'de 57.657 bit/sn ile 71.497 bit/sn arasında, NKF için 53.663 bit/sn ile 77.308 bit/sn arasında ve GDKF'de ise 53.420 bit/sn ile 67.050 bit/sn arasında gerçekleşmiştir.

5.1. Elde Edilen Sonuçlara Göre Kontrol Fonksiyonlarının Seçimi Ve Nedenleri

Kablosuz yerel alan ağlarında performans kriterlerine göre çıkan sonuçlar ve nedenleri aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Ortalama alınan veri trafiğinde her üç kontrol fonksiyonu için verilerin parçalara

bölünerek gönderilmesi ortalama alınan veri trafiğine pozitif etki etmiştir ve ortalama alınan veri trafiği artmıştır. Bu artış en fazla GDKF kontrol fonksiyonunda görülmüştür. En az ise NKF kontrol fonksiyonunda görülmüştür. Bu durumun sebebi ise GDKF'de uygulanan verilerin sınıflandırılarak önceliklendirilmesi ile ilgilidir. Bu durum en belirgin ve yüksek olarak parçalama eşik değerinin 256 byte olarak uygulanmasında ortaya çıkmıştır. Bu durumda kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler hedef düğüme gönderilirken maksimum ortalama alınan veri trafiğine sahip olabilmesi için GDKF kontrol fonksiyonu kullanılmalı parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçilmelidir.

Ortalama gönderilen veri trafiğinde her üç kontrol fonksiyonu için verilerin parçalara bölünerek gönderilmesi ortalama gönderilen veri trafiğine pozitif etki etmiştir ve ortalama gönderilen veri trafiği artmıştır. Bu değer bütün kontrol fonksiyonlarında yaklaşık olarak aynı oranlardadır. Bu durum en belirgin ve yüksek olarak parçalama eşik değerinin 256 byte olarak uygulanmasında ortaya çıkmıştır. Bu durumda kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler hedef düğüme gönderilirken maksimum ortalama gönderilen veri trafiğine sahip olabilmesi için kontrol fonksiyonu olarak DKF, NKF veya GDKF kullanılabilir ancak parçalama eşik değeri olarak 256 byte seçilmelidir.

Ortalama gecikme süresinde büyük verilerin taşınması için kullanılan parçalama yöntemi her üç kontrol fonksiyonunda da gecikme meydana getirmektedir. Parçalama eşik değeri 256 byte olarak seçildiğinde gecikme süresi daha da artmaktadır. NKF kontrol fonksiyonundaki gecikme süresi diğer kontrol fonksiyonlarına göre daha az miktardadır. GDKF'de ise daha fazla gecikme meydana gelmiştir. Bu durumun sebebi NKF kontrol fonksiyonunun merkezi bir erişim noktasından yönetilmesi ile ilgilidir. Bu merkezi erişim gecikmenin diğer kontrol fonksiyonlarına göre daha az olmasını sağlamaktadır. Bu durumda kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler taşınırken gecikme süresini en aza indirmek adına NKF kontrol fonksiyonu kullanılıp parçalama eşik değeri de 750 byte, 1024 byte gibi yüksek değerler seçilmelidir.

Ortalama yükleme süresinde bütün kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değeri uygulanması ortalama yükleme süresine pozitif veya negatif olarak belirgin bir şekilde etki etmemektedir. Bunun sebebi ise yükleme süresinin paketlerin hedef düğüme hareketinden önce tamamlanması ile ilgilidir. Bu durumda kablosuz yerel alan ağlarında yükleme süresi karşılaştırma ölçütü için herhangi bir kontrol fonksiyonu ve herhangi bir parçalama eşik değeri seçilebilir.

Ortalama birim zamandaki işlenen paket değerlerinde aynı şekilde bütün kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değeri uygulanması birim zamanda işlenen paket miktarına pozitif veya negatif olarak belirgin bir şekilde etki etmemektedir. Bu durumda kablosuz yerel alan ağlarında birim zamandaki işlenen paket değerleri karşılaştırma ölçütü için herhangi bir kontrol fonksiyonu ve herhangi bir parçalama eşik değeri seçilebilir [9].

Genel olarak baktığımızda GDKF kontrol fonksiyonunun daha iyi bir performans sergilediğini ortaya koymuştur. Neden olarak GDKF'nin çalışma prensibinde ayrık ve dağıtık erişimler için standart olarak sekiz değişik kullanıcı (UPs) için öncelik sıralaması yapılması olduğu görülmektedir. NKF ve DKF'de olmayan önce öncelik sıralaması düğümler arası paket aktarımında kullanılan kanallardaki verileri gruplayarak cinsine göre öncelik sıralaması yapmaktadır. NKF'nin diğer kontrol fonksiyonlarına göre daha az gecikmesinin sebebi ise merkezi bir istasyon tarafından hazır modda çalışmasıdır [9].

5.2. Performans Kriterlerindeki İyileştirme Oranları

Kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değeri ortalama yükleme süresi, ortalama gönderilen veri trafiği ve birim zamandaki işlenen paket miktarları karşılaştırma ölçütü için bütün kontrol fonksiyonlarına aynı oranda etki etmiştir. Bu etki ortalama gönderilen veri trafiği için pozitif, ortalama yükleme süresi ve birim zamandaki işlenen paket miktarları için ise nötr olarak yansımıştır [Şekil 4.32, Şekil 4.38]. Ortalama alınan veri trafiği için ise her üç kontrol fonksiyonuna da pozitif olarak etki etmiştir. Ancak bu oran GDKF kontrol fonksiyonunda NKF ve DKF kontrol fonksiyonlarına göre yaklaşık olarak %20 oranında daha fazla gerçekleşmiştir [Şekil 4.11, Çizelge 4.2]. Ortalama gecikme süresi ise her üç kontrol fonksiyonu için parçalama eşik değeri uygulandığında negatif etki etmiştir. Ancak bu negatiflik oranı en aza NKF kontrol fonksiyonunda gerçekleşmiştir. Bu oran DKF ve GDKF kontrol fonksiyonlarına göre gecikmeyi yaklaşık olarak %25 oranında azalmıştır [Şekil 4.25, Çizelge 4.4].

Ortalama alınan veri trafiği GDFK kontrol fonksiyonu için parçalama eşik değeri olarak

256 byte kullanıldığında yaklaşık olarak dört daha fazla, DKF için parçalama eşik değeri 256 byte kullanıldığında yaklaşık olarak iki kat ve NKF kontrol fonksiyonu için parçalama eşik değeri 256 byte kullanıldığında yaklaşık %20 oranında artış gerçekleşmiştir. Ortalama alınan veri trafiği için parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında her üç kontrol fonksiyonunda da %50 ye yakın artış gerçekleşmiştir.Ortalama gecikme sürelerinde ise parçalama eşik değeri uygulandığında her üç kontrol fonksiyonu için de gecikme süresinde artış meydana gelmiştir ve bu artış en fazla parçalama eşik değeri 256 byte olarak uygulandığında saptanmıştır. Artış miktarılarında ise NKF yaklaşık olarak iki kat, DKF yaklaşık olarak yedi kat ve GDKF ise yaklaşık olarak altı kat artış sağlamıştır. Ortalama yükleme süresi ve birim zamandaki ortalama paket miktarlarında ise her üç kontrol fonksiyonu içinde belirgin bir artış veya azalma meydana gelmemiştir.Sonuç olarak bakıldığında bütün performans kriterleri göz önünde bulundurulduğunda kontrol fonksiyonları içerisinde parçalama eşik değeri uygulanacağı zaman PCF kontrol fonksiyonu ve yüksek parçalama eşik değeri kullanmak en ideal performansı vermektedir [Çizelge 5.1].

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında çevresel grafik uygulamaları ile bütün modellerin ve protokollerin denenebileceği bir ortam sunan, analiz yapılırken benzetim sonuçları veriler (data) kullanılarak kolayca görüntülenebildiği için OPNET benzetim aracı kullanılmıştır. Kablosuz yerel alan ağlarında özellikle farklı kontrol fonksiyonları üzerinde yapılacak olan uygulamalarda sonuçların değerlendirilmesi açısından OPNET benzetim aracını kullanmak büyük avantaj sağlayacaktır. Benzetim sonuçları ve analizler dikkate alındığında:

- Kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler taşınırken verilerin parçalara ayrılarak gönderilmesi gerektiğinde en ideal ortalama alınan veri trafiği için GDKF kontrol fonksiyonu kullanılmalıdır ve parçalama eşik değeri olarak 256 byte değeri seçilmelidir.

- Kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler taşınırken verilerin parçalara ayrılarak gönderilmesi gerektiğinde en ideal ortalama gönderilen veri trafiği için GDKF, DKF veya NKF kontrol fonksiyonlarından herhangi biri kullanılabilir ve parçalama eşik değeri olarak ideal olan 256 byte değeri seçilebilir.

- Kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler taşınırken verilerin parçalara ayrılarak gönderilmesi gerektiğinde en ideal gecikme süresi için NKF kontrol fonksiyonu kullanılmalıdır ve parçalama eşik değeri olarak 1024 byte ideal seçim olacaktır.

- Kablosuz yerel alan ağlarında büyük veriler taşınırken verilerin parçalara ayrılarak gönderilmesi gerektiğinde en ideal ortalama yükleme süresi ve birim zamandaki işlenen paket miktarı için GDKF, DKF veya NKF kontrol fonksiyonlarından herhangi biri kullanılabilir ve parçalama eşik değeri olarak herhangi bir değer seçilebilir.

Kablosuz yerel alan ağlarında gelecekte yapılacak olan çalışmalarda büyük veriler taşınacağı zaman kontrol fonksiyonlarında parçalama eşik değeri kullanılması gerektiğinde uygulamalarda ve literatür araştırmalarında bu veriler göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: (2010). *Kablosuz Lan Standartları* URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.r10.net%2Fdersler%2F699530-kablosuz-l-an-standartlari-ders-++notlarimdan.html%3Flangid%D10&date= =2015-06-17, Son Erişim Tarihi: 17.06.2015.

2. İnternet: (2014). *Kablosuz Ağ Kurulumu URL:* http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bida.com.tr%2Fnetwork-cozumleri%2Fitem%2F150-kablosuz-agkurulumu.html&date=2015-06-17, Son Erişim Tarihi: 17.06.2015.

3. Isizoh A. N, Anazia A.E, Okide S.O, Okwaraoka, (2013). C.A.P. Effects Of Different Fragmentation Thresholds On Data Dropped And Retransmission Attempts In A Wireless Local Area Network, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3(2):076-079.

4. Xiao Y. (2003). Enhanced DCF of IEEE 802.11e to Support QoS. *Computer Science Division*, The University of Memphis.

5. Inderjeet K., Manju B., Harpreet B. (2012). Performance Evaluation of Wlan by Varying PCF, DCF and Enhanced DCF Slots To Improve Quality of Service. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSRJCE),* 2(5):29-33.

6. Balık H. H.(2011). *Kablosuz Ağ Protokolleri Dersi*, Trakya Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Paralel Mimariler ve Sayısal Haberleşme Dersi Ders notları.Edirne.

7. Sidelnikov, A., Yu, J., Choi, S. (August 2006). Fragmentation/aggregation scheme for throughput enhancement of IEEE 802.11 n WLAN. *Network. in: Proceedings of IEEE APWCS*, Daejon.

8. Sweet, C. and Sidhu, D. (1999). *Performance analysis of the IEEE 802.11 Wireless LAN standard.* Doctoral dissertation, University of Maryland, Baltimore County.

9. Karakurt, H.B. ve Koçak C. (2015). Kablosuz Ağlarda PCF, DCF ve EDCF Fonksiyonlarında Parçalama Eşik Değeri. *17. Akademik Bilişim Konferansı (AB 2015)*, Eskişehir, Türkiye.

10. İsmail H. İ. 2009. *Handbook of Research on Mobile Multimedia*, Context Aware Collaborative Working Environments, Johannes Kepler University, Linz Austria.

11. Bozkurt A. (2011). *Heterojen Kablosuz Ağlarda Dikey El değiştirme Yolu İle Ağ Seçimi*. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.

12. Harpreet S., Tarundeep S., Manpreet K. (2014). Improving the quality of Service of EDCF over DCF For Real Time Applications Using Probability Algorithm. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*,3(4):6330-6333.

13. Challa R. K., Chakrabartı S., Datta D.(2009). An Improved Analytical Model for IEEE 802.11Distributed Coordination Function under Finite Load. *International Journal of Communications, Network and System Sciences*, 2(3): 237-247.

14. Dureja A., Dureja Am., Khera M. (2011). IEEE 802.11 Based MAC Improvements for MANET. *International Journal of Computer Applications*, 2 , 54-57.

15. Lee Y.,Chung M. Y., Lee T.J. (2008). Performance Analysis of IEEE 802.11 DCF under Nonsaturation Condition Mathematical Problems in Engineering. *Mathematical Problems in Engineering*. Article.

16. Gao, Y., Sun, X., Dai, L. (2014). IEEE 802.11 e EDCA Networks: Modeling, Differentiation and Optimization. *IEEE Transactions on Wireless Communications*.

17. Romdhani L., Ni Q., and T. Turletti.(2003). Adaptive EDCF: Enhanced Service Differentiation for IEEE 802.11 Wireless Ad-Hoc Networks. *In Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC).*

18. Dridi, K., Javaid, N. Djouani, K., Daachi, B. (2009). Performance Study of IEEE802. 11e QoS in EDCF-Contention-based Static and Dynamic Scenarios. *2nd IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems (ICECS)*, 840-843.

19. Zhang, L. and Zeadally, S. (2004). HARMONICA: Enhanced QoS support with admission control for IEEE 802.11 contention-based access. *Proc. IEEE RTAS*, 64 -71.

20. Choi S. (2003). IEEE 802.11 e contention-based channel access (EDCF) performance evaluation. *IEEE International Conference on Anchorage*, 3(2): 1151-1156.

21. Grilo, A., Macedo, M., Nunes, M. (2003). A scheduling algorithm for QoS support in IEEE802. 11 networks. *Wireless Communications, IEEE*, 10(3):36-43.

22. Gu D. and Zhang J. (2003). Evaluation of the EDCF Mechanism for QoS in IEEE 802.11, *Wireless Networks. in WWC.*

23. Madhavi T, Sasi G. Bhushana Rao, Rajan Babu M, Sridevi K. (2011). Analysis of Throughput and Energy Efficiency in the IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks using Constant backoff Window Algorithm. *International Journal of Computer Applications,* 26(8):40-47.

24. Mishra M. and Sahoo A. (June 2006). *A contention window differentiation mechanism for providing QoS to high priority data in 802.11.* Technical report, KReSIT, IIT Bombay.

25. Machnik, P. (2013). *Analysis of EDCF Access Mechanism Based on IEEE 802.11.e*. Przegląd Elektrotechniczny, 89.

26. Adibi, S and Jain R. (2010) Quality of Service Architectures for Wireless Networks: Performance Metrics and Management. *Information Science Publishing*, USA,102-125.

27. Pan J. (2008). *Current Status and Future Developments.* A Survey of Network Simulation Tools, (A project report written under the guidance of Prof. Raj Jain).

28. Sayar M. (2013). *Simulasyona Dayalı Ağ Temelleri Dersi Eğitimi. Dersi*, Antalya *15. Akademik Bilişim Konferansı (AB 2013)*, 62-68.

29. İnternet: 2013. *Application and Network performance.* URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.riverbed.com%2Fproducts%2Fperformance-management-control%2Fapplication-performance-management%-%2F&date=2015-06-17, Son Erişim Tarihi: 17.06.2015.

30. Akbaş, D. (2010). *Bir Kurumsal Ağın ve Güvenlik Yapılarının Modellenmesi ve Analizi*. Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

31. Zubairi J. A. and Zuber M. (2000*).* Suny Fredonia Campus Network Simulation and Performance Analysis Using *OPNET. OPNETWORK2000.* Washington DC.

32. Lawala İ. A., Saidb A., Mu'azuc A. A., Azmat P. (2013). Performance Comparison of Centralized and Distributed Network Models to Support QoS in Fixed WiMAX. *International Conference on Innovation, Management and Technology Research*, Malaysia.

33. Zhao W. and Xie J. (2011). OPNET-based modeling and simulation study on handoffs in Internet-based infrastructure wireless mesh network. *Computer Networks,* 55: 2675-2688.

34. Tuğral, N. (2006). *Kablosuz Bilgisayar Ağlarının Karşılaştırılmalı İncelenmesi.*Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

35. Çakır, C. ve Kaptan, H. (2009). VoIP Teknolojilerinde Opnet Tabanlı Güvenlik Uygulaması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 3(2), 1-7.

36. Erdem O.A. ve Tuğral N. (2009). Kablosuz Bilgisayar Ağlarının Performanslarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi* 2: 2, 1.

37. Mekkanen M., Antila E., Virrankoski R. Elmusrati M. (2013). Using OPNET to Model and Evaluate the MU Performance based on IEC 61850-9-2LE. *Procedia Computer Science,* 36:72-79.

38. İnternet: (2011). *The Network Simulator-ns. URL:* http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.isi.edu%2Fnsnam%2Fns%2F&date=2015-06-17, Son Erişim Tarihi: 17.06.2015.

39. Doğru İ.A. (2012). *Gezgin Tasarsız Ağlarda Akış denetimi Algoritması Geliştirilmesi ve Uygulanması.* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü.

40. Sokullu R ve Akkaş M. A. (2008). *Ns-2 Egitimi ve Laboratuar Programı*. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü.

41. Khan A. R. (2012). Performance Comparison of Open Source Network Simulators for Wireless Networks. *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering*, 10.1109.

42. Tekin U. ve Soğukpınar İ.(2010). *IPSec Benzetim Yazılımı: Tasarım ve Gerçekleme* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.

43. Çavuşoğlu Ü. ve Zengin A. (2012). *NS-2 ve NS-3 Ağ Simülatörlerinin Ölçeklenebilirlik Analizi ve Karşılaştırma.* Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ders notları, Sakarya.

44. BAYILMIŞ C. (2009). *Modelleme ve Simülasyon Teorisive Uygulamaları*, Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi ders notları, Sakarya.

45. Doğru İ. A. (2014). *OPNET.* Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Gezgin Tasarsız Ağlar dersi ders notları, Ankara.

46. Aboelela E. (2003). *Network Simulation Experiments Manual* University of Massachusetts Dartmouth, Second Edition. ISBN: 0-12-042171-2.

47. Y. Xiao, (2004). An Analysis for Differentiated Services in IEEE 802.11 and IEEE 802.11e Wireless LANs. *Proceedings of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems* 4:32-39.

48. Svensson T. and Popescu A. (2003).*OPNET Modeler.* Yüksek Lisans Tezi, Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, İsveç.

49. Bıyan M. and Alan M. A. (2013). *Bilgisayar Ağının Modellenmesi ve Uzaktan Eğitim için Performans Ölçümü*. Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi. II, 99-111.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAKURT, Hacı Bayram
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 24.07.1988, Malatya
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0533 139 75 47
e-mail : hbkarakurt@havelsan.com.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Bilgisayar Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	İzmir Y. Teknoloji Enst./Bilgisayar Müh.	2012
Lise	Malatya Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2013	Microtech Yazılım(İZMİR)	Yazılım Mühendisi
2013-devam ediyor	HAVELSAN(ANKARA)	Sistem Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca

Yayınlar

1. Karakurt, H.B., Koçak C. (2015). *Kablosuz Ağlarda PCF, DCF ve EDCF Fonksiyonlarında Parçalama Eşik Değeri.* 17. Akademik Bilişim Konferansı,(AB 2015), Eskişehir, Türkiye.

Hobiler: Doğa gezilerine katılmak, kitap okumak, film izlemek, yürüyüş, koşu, futbol

GAZİ GELECEKTİR...