

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURUMSAL BİR AĞDA SES TRAFİĞİNİN FARKLI
İKİ OMURGA YAPISI ÜZERİNDEKİ PERFORMANSI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bil.Müh. Barış ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM MÜH.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÖZÇELİK

Haziran 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURUMSAL BİR AĞDA SES TRAFİĞİNİN FARKLI İKİ OMURGA YAPISI ÜZERİNDEKİ PERFORMANSI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bil.Müh. Barış ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM MÜH.

Bu tez 06 / 06 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. İbrahim ÖZÇELİK
Jüri Başkanı

Prof.Dr. Hüseyin EKİZ
Üye

Yrd.Doç.Dr. Hayrettin EVİRGEN
Üye

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Ethernet.....	2
1.2. Servis Kalitesi	3
1.3. ATM	3
BÖLÜM 2.	
ETHERNET VE SERVİS KALİTESİ.....	4
2.1. Ethernet.....	4
2.1.1 Paketler.....	5
2.1.2 Mac Adresleme.....	6
2.1.3 CSMA/CD.....	7
2.1.3.1. CSMA/CD gönderme ve alma algoritmaları.....	9
2.2 Servis Kalitesi.....	12
2.2.1. Servis Kalitesi Güvencesi Gereken Bazı Uygulamalar.....	15
2.2.2. Servis Sınıfları	17
2.2.2.1. Paket tabanlı servis kalitesi	17
2.2.2.2. Donanım tbanalı servis kalitesi	20

2.2.3. Servis Kalitesi Tiplerinin Karşılaştırılması.....	20
2.2.4. Servis Kalitesinin Gerçekleştirimi.....	21
2.2.5. Bant Genişliği Planlama.....	24
BÖLÜM 3.	
ATM.....	25
3.1. Transfer Modları.....	27
3.1.1. Devre anahtarlama.....	28
3.1.2. Çoğul oranlı devre anahtarlama.....	29
3.1.3. Paket anahtarlama.....	29
3.1.4. Frame relay.....	30
3.1.5. Cell relaying.....	30
3.2. ATM Hücre Yapısı.....	31
3.2.1. VPI-VCL.....	31
3.2.2. HEC.....	32
3.2.3 CLP.....	32
3.2.4 PLT.....	32
3.4. ATM Paket Yapısı.....	32
3.5. ATM Katmanları	34
3.5.1. ATM katmanları tarafından desteklenen trafik sınıfları.....	34
3.5.1.1. Sabit bit oranı.....	35
3.5.1.2. Değişken bit oranı.....	36
3.5.1.3. Elde edilebilir bit oranı.....	36
3.5.1.4. Belirtilmemiş bit oranı.....	36
3.5.2. AAL tipleri.....	37
3.5.2.1. AAL-1.....	37
3.5.2.2. AAL-2.....	38
3.5.2.3. AAL-3/4.....	38
3.5.2.4. AAL-5.....	39
3.5.2.5. AAL-6.....	39
3.6. ATM’ de Bağlantı Yapısı.....	39
3.7. ATM Anahtarlama.....	41
3.7.1. ATM anahtarları.....	41

3.8. ATM Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	43
3.8.1. ATM teknolojisinin dezavantajları.....	43
3.8.2. ATM teknolojisinin avantajları.....	43
BÖLÜM 4.	
OPNET İLE UYGULAMANIN GERÇEKLENMESİ.....	45
4.1. Modelleme ve Simülasyon.....	45
4.2. OPNET IT Guru.....	46
4.3. IT Guru Arayüzü ve Simülasyon Topolojisinin Hazırlanması.....	47
4.3.1. Birinci senaryoya ait ağ topolojisi.....	49
4.3.1.1. Birinci senaryoda kullanılan omurga cihazları.....	53
4.3.1.2. Birinci senaryoda kullanılan diğer ağ cihazları.....	54
4.3.2. İkinci senaryoya ait ağ topolojisi.....	55
4.3.2.1. İkinci senaryoda kullanılan omurga cihazları.....	56
4.4. IT Guru Üzerinde Uygulamaların Fiziksel Topolojiye Entegrasyon	57
4.5. IT Guru Üzerinde Servis Kalitesi Ayarlarının Oluşturulması.....	61
4.6. Simülasyon Sonuçları.....	64
4.6.1. Birinci senaryoya servis kalitesi politikası uygulanmadan	64
alınan sonuçlar.....	
4.6.2. Birinci senaryoya servis kalitesi politikası uygulanarak	71
alınan sonuçlar.....	
4.6.3. İkinci senaryodan alınan sonuçlar.....	77
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	91
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	94

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

OSI	: Open Systems Interconnection
MAC	: Media Access Control
CSMA/CD	: Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
CRC	: Cyclic Redundancy Check
OIU	: Organizationally Unique Identifier
SFD	: Start-of-Frame Delimiter
FCS	: Frame Check Sequence
QoS	: Quality of Service
IP	: Internet Protokol
FIFO	: First In First Out
HTTP	: Hypertext Transfer Protocol Overview
FTP	: File Transfer Protocol
DiffServ	: Differentiated Services
ATM	: Asynchronous Transfer Mode
CoS	: Class of Service
DSCP	: Differentiated Services Code Point
RSVP	: Reservation Protocol
LAN	: Local Area Network
VLAN	: Virtual LAN
RFC	: Request For Comments
MAN	: Metropolitan Area Network
WAN	: Wide Area Network
SONET	: Synchronous Optical Network
ISDN	: Integrated Services Digital Network
SDH	: Synchronous Digital Hierarchy
ARQ	: Automatic Repeat Request

VPI : Virtual Path Identifier
VP : Virtual Path
HEC : Header Error Check
CLP : Cell Loss Priority
PLT : Payload Type
AAL : ATM Adaptation Layer
CBR : Constant Bit Rate
VBR : Variable Bit Rate
ABR : Available Bit Rate
UBR : Unspecified Bit Rate
AAL : ATM Adaptation Layer

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	İlk Ethernet Diyagramı.....	2
Şekil 1.2.	IEEE 802.3 Ethernet Çerçevesi.....	3
Şekil 2.1.	Ethernet Ağlarındaki Çerçeve Gönderme Algoritması.....	10
Şekil 2.2.	Ethernet Ağlarındaki Çerçeve Alma Algoritması.....	11
Şekil 2.3.	Ağ Ortamındaki Qos Yapılabilecek Seviyeler.....	14
Şekil 2.4.	Hizmetler ve Qos İçin Parametre Değerleri.....	15
Şekil 2.5.	Büyük Paketlerin İletimindeki Gecikme.....	16
Şekil 2.6.	Ağdaki Farklı Hızların Kuyruk ve Darboğaz Oluşturması.....	16
Şekil 2.7.	Geleneksel Kuyruklama Mekanizması.....	19
Şekil 2.8.	Az Gecikmeli Kuyruklama Mekanizması.....	19
Şekil 2.9.	QoS Katmanlarına Ait Servisler.....	21
Şekil 2.10.	802.1Q/p.....	22
Şekil 2.11.	IP Precedence ve DSCP.....	23
Şekil 2.12.	DSCP Servis Sınıfları.....	24
Şekil 3.1.	Devre ve Paket Anahtarlama Arasındaki Geçiş İlişkisi.....	28
Şekil 3.2.	Bir Hücre Başlığının Genel Yapısı.....	31
Şekil 3.3.	Servis Türleri İçin Bant Genişliği Sınırları.....	37
Şekil 3.4.	AAL-1 PDU Yapısı.....	37
Şekil 3.5.	AAL-2 PDU Yapısı.....	38
Şekil 3.6.	AAL-3/4 PDU Yapısı.....	38
Şekil 3.7.	ATM Bağlantısının Kesiti.....	39
Şekil 3.8.	Örnek ATM Bağlantı Şeması.....	41
Şekil 3.9.	Sanal Yol ve Sanal Kanal Anahtarlarına Örnek.....	42
Şekil 4.1.	IT Guru Arayüzü ve Nesne Paleti.....	46
Şekil 4.2.	Senaryo-1 Genel Topoloji Şeması.....	47
Şekil 4.3.	Senaryo-1 Merkez Ofis Şeması.....	48

Şekil 4.4.	Merkez Ofis Sunucu Yerel Ağı.....	49
Şekil 4.5.	Merkez Ofis Yerel Ağ Grubu.....	50
Şekil 4.6.	Merkez Ofis İnternet Çıkışı.....	50
Şekil 4.7.	Uzak Ofis Ağ Topolojisi.....	51
Şekil 4.8.	Senaryo-2 Genel Topoloji Şeması.....	53
Şekil 4.9.	Senaryo-2 Merkez Ofis Topoloji Şeması.....	54
Şekil 4.10.	Uygulama ve Profil Konfigürasyonları.....	55
Şekil 4.11.	Uygulama Konfigürasyonu Ayarları.....	56
Şekil 4.12.	Sunucu Üzerinde Uygulamanın Eklenmesi.....	57
Şekil 4.13.	Profil Konfigürasyonu Ayarları.....	58
Şekil 4.14.	Kullanıcılar Üzerinde Profillerin Eklenmesi.....	59
Şekil 4.15.	Servis Kalitesi Parametreleri.....	61
Şekil 4.16.	Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi.....	63
Şekil 4.17.	Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi.....	63
Şekil 4.18.	Dosya Alım ve Gönderim Süresi.....	64
Şekil 4.19.	İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme.....	65
Şekil 4.20.	Web Sayfaları Cevap Süresi.....	65
Şekil 4.21.	E-Posta Alma ve Gönderme Süresi.....	66
Şekil 4.22.	Ethernet Ortamındaki Ortalama Gecikme.....	67
Şekil 4.23.	Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	68
Şekil 4.24.	Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	68
Şekil 4.25.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi.....	69
Şekil 4.26.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi.....	70
Şekil 4.27.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Dosya Alım ve Gönderim Süresi.....	71
Şekil 4.28.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme.....	71
Şekil 4.29.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Web Sayfaları Cevap Süresi....	72
Şekil 4.30.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda E-Posta Alma ve Gönderme Süresi.....	73

Şekil 4.31.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Ethernet Ortamındaki Ortalama Gecikme.....	73
Şekil 4.32.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	74
Şekil 4.33.	Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	74
Şekil 4.34.	ATM Omurgası Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi.....	75
Şekil 4.35.	ATM Omurgası Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi.....	76
Şekil 4.36.	ATM Omurgası Dosya Alma ve Gönderme Süresi.....	77
Şekil 4.37.	ATM Omurgası İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme	77
Şekil 4.38.	ATM Omurgası Web Sayfaları Cevap Süresi.....	78
Şekil 4.39.	ATM Omurgası E-Posta Alma ve Gönderme Süresi.....	78
Şekil 4.40.	ATM Omurgası Merkez Ofis Ağ Cihazları Kuyruklama Gecikmesi.....	79
Şekil 4.41.	ATM Omurgası Uzak Ofis Ağ Cihazları Kuyruklama Gecikmesi	79
Şekil 4.42.	Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi.....	80
Şekil 4.43.	Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi.....	80
Şekil 4.44.	Dosya Alım ve Gönderim Süresi.....	81
Şekil 4.45.	İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme.....	81
Şekil 4.46.	Web Sayfaları Cevap Süresi.....	82
Şekil 4.47.	E-Posta Alma ve Gönderme Süresi.....	82
Şekil 4.48.	Ethernet Ortamındaki Ortalama Gecikme.....	83
Şekil 4.49.	Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	83
Şekil 4.50.	Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	84
Şekil 4.51.	Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi.....	85
Şekil 4.52.	Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi.....	85
Şekil 4.53.	Dosya Alım ve Gönderim Süresi.....	86
Şekil 4.54.	İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme.....	86
Şekil 4.55.	Web Sayfaları Cevap Süresi.....	87
Şekil 4.56.	E-Posta Alma ve Gönderme Süresi.....	87
Şekil 4.57.	Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	88
Şekil 4.58.	Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri.....	88

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Ethernet Bağlantı Hızları.....	5
Tablo 2.1.	Servis Türleri İçin Trafik Sınıfları.....	34
Tablo 2.2.	ATM Servis Sınıfları ve Parametreleri.....	34

ÖNSÖZ

Günümüzde bilgisayar ağlarının büyüklüğü ve içinde uygulama çeşitliliği gittikçe artmıştır. Bu ağların fiziksel altyapıları birçok farklı teknoloji ile oluşturulabilmektedir. Oluşturulan bu ağlar üzerinde birçok farklı uygulama kullanılmaktadır. Uygulamaların gittikçe gelişmesi ve daha fazla bant genişliğine ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Bundan dolayı servis kalitesi kavramı ortaya çıkmış ve ağ üzerindeki farklı uygulamalara ait ağ trafikleri sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre gerçek zamanlı ve kritik olan veri trafikleri önceliklendirilirken diğer veriler daha az öncelikli sınıflara dahil edilmişlerdir. Bu sınıflandırma her ağ için farklı olabilmektedir. Ağ performansının verimli olabilmesi için fiziksel altyapıda tercih edilen bağlantı teknolojileri ve servis kalitesi politikaları büyük önem taşımaktadır.

ÖZET

Anahtar kelimeler: Ethernet, ATM, Servis Kalitesi, Ses Trafığı

Kurumsal ağ omurgaları farklı iletişim teknolojileri ile kurulabilirler. Bunlardan ikisi Ethernet ve ATM (Asenkron Transfer Modu)' dir. Oluşturulmak istenen ağın özelliklerine göre hangi teknolojinin kullanılacağı seçilebilir. Bu iki teknolojinin arasındaki en temel farklardan biri servis kalitesi politikasıdır. ATM, kendi yapısında bulunan servis sınıfları ile bunu yapabilirken, ethernet teknolojisinin kendi dışında uygulanması gereken bir servis kalitesi politikasına ihtiyaç duymasıdır.

Birinci bölümde, çalışma ile ilgili bir giriş yapılırken, ikinci bölümde ethernet teknolojisinin geçmişten genel özellikleri, türleri, çerçeve yapısı ve kullandığı alt protokolleri anlatılmıştır. Buna ek olarak ise ethernet teknolojisinin ihtiyaç duyduğu servis kalitesi politikalarının özellikleri ve bu özellikler ile nasıl politikalar oluşturulabildiği açıklanmıştır. Özellikle gerçek zamanlı bir uygulama olan ses trafiği detaylı olarak incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, ATM teknolojisinden bahsedilmiştir. Hücre yapısı, alt katmanları, servis sınıfları, anahtarlama ve bağlantı yapısı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, diğer bölümlerde teorik bilgisi verilen teknolojilerin simülasyon ortamına aktarılması ve gerekli parametrelerin düzenlenerek ağ üzerinde çalışan uygulamalar ile ilgili sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır.

Son bölümde ise bir önceki bölümde elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve kullanılan teknolojiler ile ilgili performans kıyaslaması yapılmıştır.

THE PERFORMANCE OF VOICE TRAFFIC IN AN ENTERPRISE NETWORK THAT USED IN TWO DIFFERENT BACKBONE STRUCTURE

SUMMARY

Key Words: Ethernet, ATM, Service Quality

Enterprise networks can be set up different communication technologies. Two of them are Ethernet and ATM (Asynchronous Transfer Mode). One technology can choose based on the network that want to be formed. The main difference between these technologies is service quality policies. While ATM can apply these policies with its own service classes, ethernet technology needs a other service quality policy.

In the first section, giving an info about this thesis. In the second section explaining general properties, types, frame structure and sub-protocols of ethernet technology. Describing properties and their uses in service quality policies that is needed by the ethernet technology. Especially voice traffic is detailly studied that is a real time traffic.

In the third section, talking about ATM technology. Explained cell structure, sub-layers, service classes, switching and connection style of this technology.

In the fourth section, transferring the technologies into the simulation environment that telling about in the preceding sections and for getting the results, the needed parameters of these simulations are putted in order.

In the last section, the results are compared and discuss about these technologies performances.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bilgisayar ağları gün geçtikçe gelişmiş ve büyümüştür. Ağların oluşumunda gerek geçmişten günümüze gelen gerekse ağların gelişimiyle ortaya çıkan teknolojiler yer almaktadır. Bu teknolojilerin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları vardır. Ağın fiziksel yapısına göre bu teknolojilerden hangisinin kullanılacağı belirlenmektedir.

Ağın fiziksel yapısında hangi teknolojinin kullanılacağı ağ üzerinde yer alacak uygulamalara da bağlıdır. Bu uygulamaların ihtiyaç duyacağı kaynakların ağ oluşumunda dikkat edilmesi gereken etkenler olduğu bilinmelidir.

Ağ üzerinde yer alan uygulamalar günümüze doğru gelindiğinde oldukça çeşitlenmiştir. Uygulamalar kullandıkları protokollere, ihtiyaç duydukları kaynaklara göre sınıflandırılabilirler. Belli başlı uygulama tipleri aşağıdaki gibidir :

- E-Posta
- Web Servisleri
- İnternet
- VoIP
- Video Konferans
- Veri Tabanı İşlemleri
- Dosya Transferi
- Uzaktan Yönetim

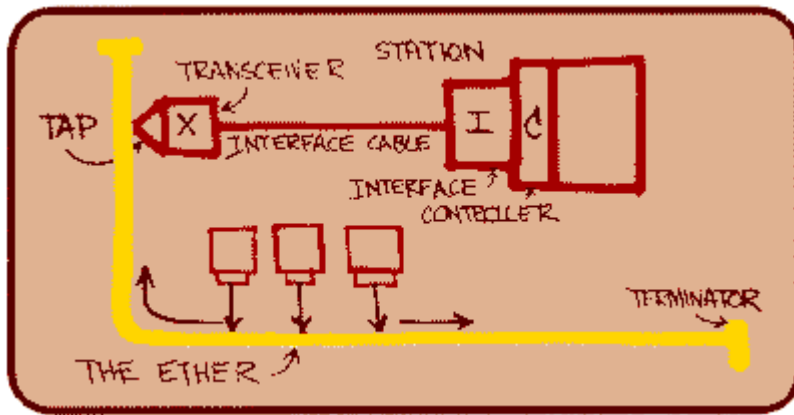
Bunlardan bazıları az kaynağa ihtiyaç duyarken bazıları daha fazla ağ kaynağı tüketmek isterler. Kimi trafik kayba karşı hassasken kimi trafik ise kaybı telafi edebilme özelliğine sahiptir.

Uygulamaların çeşitliliğinin artmış olması gruplandırılması ve birbirlerine karşı önceliklerinin belirlenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Böylelikle servis kalitesi kavramı ortaya çıkmış ve trafikler sınıflandırılarak önceliklendirilmiştir.

Bu çalışmada, fiziksel altyapının oluşturulmasında iki farklı teknoloji kullanılmıştır. Bunlar Ethernet ve ATM' dir. Servis kalitesi uygulamaları için ise paket tabanlı servis kalitesi uygulanmıştır.

1.1. Ethernet

Ethernet Xerox firmasının Palo Alto araştırma merkezinde 1970'li yıllarda Dr. Robert M. Metcalfe tarafından geliştirildi.1972 yılının sonlarında, Metcalfe ve Xerox'ta çalışanlar Xerox Alto' ları birbirine bağlamak için deneysel olarak Ethernet'i geliştirdiler. Böylece Alto bilgisayarlar diğer sunucular ve lazer yazılıcılar birbiriyle haberleşebiliyordu. İlk Ethernetin çalışma hızı Alto'larla uyumlu olması için Alto'nun çalışma hızı ile aynı tutulmuş ve sonuçta ağ 2.94 Mega Bit/Saniye hızında çalışmıştır. Şekil 1.1.' deki ilk ethernet diyagramında da da görüldüğü gibi tek parça bir koaksiyel kablo kullanıyordu. Ethernet, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)' in 802 kodlu komisyonu tarafından geliştirilmeye devam ettirildi.



Şekil 1.1. İlk Ethernet Diyagramı

Başlangıç	Hedef Adres	Kaynak Adres	Uzunluk	Hedef Servis	Kaynak Servis	Kontrol	Üst Katman Verisi	CRC
-----------	-------------	--------------	---------	--------------	---------------	---------	-------------------	-----

Şekil 1.2. IEEE 802.3 Ethernet Çerçevesi

1.2. Servis Kalitesi

Ağ performansındaki düşüğe engel olmak için bir ağ yönetimine sahip olmayan ethernet gibi teknolojiler bu yönetim mekanizmasına gereksinim duyulmaktadır. Bunun için gerekli trafik kurallarının üretilip bir bütün halinde istenilen ağ üzerinde uygulanması gerekmektedir. Bu kurallar yardımıyla, oluşan tıkanıklık, darboğazlar ve ağlardaki performans düşüklüğüne son verilebilecektir. Bant genişliğinin daha verimli kullanılmasını sağlayan bu kurallar bütününe servis kalitesi adı verilir.

1.3. ATM

Her türden veriyi yüksek hızlarda taşıyabilen anahtarlanmış, hücre tabanlı aktarım protokolüdür. ATM’de veri 53 bayt uzunluğundaki (48 bayt veri + 5 bayt başlık) sabit hücreler halinde taşınır ve iletimin yapıldığı uç noktada hücreler tekrar düzenlenerek birleştirilir. ATM’ nin en önemli özelliklerinden biri de mevcut ve gelişmekte olan teknolojiler içinde önceden tanımlanmış servis kalitesi seviyelerini garanti edebilen tek teknoloji olmasıdır.

BÖLÜM 2. ETHERNET VE SERVİS KALİTESİ

2.1. Ethernet

Xerox tarafından geliştirilen ve gelişimini IEEE çatısında devam ettiren günümüzün en popüler iletişim protokollerinden biridir. Zaman içinde hem isim olarak hem de protokol olarak yerleşmiş ve özellikle yerel ağlarda yoğun kullanılan bir protokol halini almıştır.

Ethernet ile birlikte kullanılan terimlerden bazıları aşağıdaki gibidir :

- Medium : Ethernet öncesinde de kullanılan ancak ethernet protokolü ile birlikte çeşitlenen fiziksel iletişimi sağlayan kablo ve konnektörlerin genel ismidir. Ethernet protokolü, “ethernet” ismi ile birçoğuyla özdeşleşmiştir.
- Frame : Ethernet protokolü 2. OSI katmanında çalışmaktadır. 3. katmandan gelen IP paketlerinin bu katmandaki haline denilen isimdir.
- Fiziksel (MAC) Adres : Ağ üzerindeki her cihaza verilen ve tekil olan adrestir.
- Collision : Daha önceleri de var olan ve ethernet protokolü ile de devam eden bilgisayar ağlarının önemli sorunlarından biridir. Paketlerin hat üzerine aynı anda verilmesi durumunda yaşana çarpışma olarak tanımlanır.
- CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection, bilgisayara ağlarında oluşan çarpışmaları önlemek için tasarlanmış bir mekanizmadır.

Tablo 1.1. Ethernet Bağlantı Hızları

Standart	Hız	Maksimum mesafe	Ortam
10Base-T	10Mbps	100m	Bakır
100Base-TX	100Mbps	100m	Bakır
100Base-FX	100Mbps	2km	MM Fiber
1000Base-LX	1000Mbps	5km	SM Fiber
	1000Mbps	550m	MM Fiber
1000Base-SX	1000Mbps	550m	MM Fiber (50u)
	1000Mbps	275m	MM Fiber (62. 5u)
1000Base-CX	1000Mbps	25m	Bakır
1000Base-T	1000Mbps	100m	Bakır

Tablo 1’ de görüldüğü gibi Ethernet teknolojisinin kullanıldığı bağlantı tipleri ve hızları ile kullandığı kablo tipleri ifade edilmiştir.

2.1.1. Paketler (frames)

Tüm bilgisayar ağları ağ üzerinden aktarılacak veriyi sabit boyutta küçük paketler halinde iletirler. Bu yöntemin iki önemli faydası vardır :

- Büyük bir dosya transferi yapan bir bilgisayar ağın tamamını uzun bir süre meşgul durumda tutmamış olur. Bir sistem veriyi paketler halinde yollarken, her paketi göndermeden önce kablonun kullanımda olup olmadığını kontrol ettikten sonra paketi yollar. Paket karşıya ulaştığında, kablo tekrar ağdaki tüm makineler için boş duruma gelmiş olur.

- Paketli yapının ikinci faydası ise şudur. 50 MB' lık bütün dosyanın herhangi bir bitindeki bozukluk, bu tüm dosyanın en baştan tekrar gönderilmesi anlamına gelir. Oysa

veri paketlere bölünüp yollandığında, sadece bozuk giden paketin tekrar yollanması yeterlidir.

Bu iki sebepten dolayı ethernet çerçevelerinin kullanımları önemlidir. Her ethernet paketinde ;

- Alıcının fiziksel (MAC) adresi
- Gönderenin fiziksel (MAC) adresi
- Gönderilecek verinin kendisi
- CRC kodu

2.1.2. Mac adresleme (media access control)

Ethernet ağına dahil her cihaz ya da ethernet arayüzüne sahip her cihaz "node" olarak adlandırılır. Bilgisayarlara ethernet kartı takınca bir uç (node) haline gelirler, ancak ağ üzerinde ethernet arayüzüne sahip başka cihazlar da olabildiğinden genel kavram "node" kavramı kullanılır.

Ethernet ağında sistemler birbirinden sahip oldukları MAC adresi ile ayırt edilirler. Her node veya basitçe her ethernet kartı dünyada eşi olmayan (unique) bir adrese sahiptir. Bu tek olma özelliği, bir evin koordinatları şeklinde örneklenebilir. Bu adres 48 bitlik bir sayıdır. Örneğin ağ kartının yada cihazının MAC adresi şöyle olabilir:

100100000110101001010010100011001101100000011

İkili sistemdeki bu sayıyı söylemek ve yazmak zor olduğu için bu sayı 16'lı sayı sisteminde yazılır: 12 0D 4A 51 9B 03

Bu kod, Organizationally Unique Identifier(OIU) olarak adlandırılır ve her üreticiye farklı bir kod verilir. Üretici ise ürettiği her ağ kartı için ilk 24 biti kendi OIU numarası, geri kalan 24 biti ise kartın seri numarası (Device ID) şeklinde MAC adresi belirleyip, ağ kartının üzerinde programlanabilir bir çipe bu numarayı yazar. Böylece bu kartın

dünyada eşi olmayan bir MAC adresi olur. Ethernet sisteminde uçları birbirinden ayırmak için bu MAC adresleri kullanılır.

MAC adresleri sayesinde sistemler ağ üzerinden kendilerine ulaşan veri paketinin kendilerine gelip gelmediğini anlarlar. Ethernet ağında, bir bilgisayar bir veri paketi yolladığında, bu paket ağdaki tüm sistemlere ulaşır. Her makine paketin ilk bölümü olan alıcı MAC adresini okur ve kendi MAC adresiyle kontrol eder. Eğer gelen paket kendine aitse işler, değilse göz ardı eder.

Bir grup sistemin aynı veriyi alması isteniyorsa, bu gruba dahil olması istenen sistemlerde ethernet arayüzü (bilgisayardaki ağ kartı mesela) belli bir grup adresine yollanmış veriyi kendi MAC adresine gelen bir veriyi alır gibi alması için ayarlanabilir. Bu tip adreslere multicast adresler adı verilir.

Gönderilen paketin tüm kullanıcılar tarafından alınması isteniyorsa, tüm bitleri 1 olan bir MAC adresi kullanılır. Bu tip adreslere de broadcast adres adı verilir. Bazen tüm bilgisayarlara gitmesi gereken bir mesaj göndermek gerekebilir. Bu durumda mesajı içeren veri paketleri broadcast adresine yollanır böylece ağa dahil tüm cihazlar bu mesajı alır.

2.1.3. CSMA/CD (carrier sense multiple access with collision detection)

CSMA/CD yalnızca yol topolojisi kullanan yerel alan ağlarında kullanılır. Kablo çoklu erişim modunda çalışır. Veri göndermek isteyen bilgisayar önce veriyi bir çerçeve içerisine sıkıştırır. Bu çerçevenin başına alıcı bilgisayarın ve kendi adresini içeren bir başlık ekler. Bu çerçeve daha sonra kablo üzerinden gönderilir. Kabloya bağlı olan bütün bilgisayarlar hat üzerinde gönderilmiş bir çerçeve olduğunu fark eder. Alıcı bilgisayar, çerçevenin başında kendi adresini görünce verinin kendisine geldiğini anlar ve veriyi okur. Çerçevenin başında mesajı gönderen bilgisayarın adresi de bulunduğundan o bilgisayara doğrudan yanıtını veya karşılığını iletebilir.

Bu tip bir mekanizmada iki bilgisayarın bir çerçeveyi kablo üzerinden aynı anda göndermeye teşebbüs etmesinin önlenmesi gerekir. Bunun için veri göndermek isteyen

bir bilgisayar veriyi göndermeden önce hatta gönderilmiş başka veri olup olmadığını anlamak üzere ortamı dinler. Bilgisayar kablodan taşıyıcı sinyal duyumu alırsa iletişimini hatta bulunan çerçeve alıcısına ulaşana dek erteler. Yine de iki bilgisayar aynı anda hattı dinleyip, boş olduğuna karar verirse, ikisi de çerçevesini aynı anda gönderebilir. Bu durumda her iki çerçeve de hat üzerinde çarpışma (collision) yaşanacak ve çerçeveler bozulacaktır.

Bir bilgisayar kablo üzerinden gönderdiği veri sinyalini izler. Eğer gönderdiği çerçevenin içeriği ile izlediği veri sinyali farklı ise bir çarpışmanın olduğu varsayılır. Diğer bilgisayarların da bu çarpışmadan haberdar olduğundan emin olmak için çarpışmayı kuvvetlendirmek amacıyla kısa bir süre gelişigüzel bit örüntüleri gönderir. Buna sıkıştırma serisi (jam sequence) denir. Bilgisayarlar daha sonra gelişigüzel bir süre zarfında beklemede kalırlar ve sonra da çerçevelerini yeniden gönderirler.

Son fonksiyon, jabber kontrol olarak bilinir. Çünkü uygun bir koruma sağlanmazsa bir bilgisayar çarpışma sonrası gönderilen gelişigüzel bitleri (jabber) sürekli olarak gönderebilir böylece iletilecek diğer bitlerin gönderilmesini engeller veya onları bozar. Jabber kontrol, tanımlanmış belli bir zaman dilimi aşıldığında bilgisayarın veri gönderim yolunu kablodan ayırır. Örneğin, kablo üzerinden gönderilecek bütün çerçevelerin tanımlanmış maksimum uzunluğu vardır. Bu aşılsa jabber kontrol kabloya gelecek diğer verileri engeller.

Kullanılan iletişim ortamından bağımsız olarak, bilgisayarın içerisinde bulunan iletişim kontrol kartı aşağıdakileri içermelidir :

- a) Çerçeveleri iletişim için hazırlamak (veri paketinin çerçevelenmesi)
- b) Kablo üzerinden çerçeveleri göndermek ve almak (adres tanıma)
- c) Gelen paketin çerçeve bilgilerinin tanınması
- d) Hata bulma

e) MAC algoritmasının yürütülmesi

f) Hat yönetimi (hat durumu izleme, çarpışma yakalama)

2.1.3.1. CSMA/CD Gönderme ve alma algoritmaları

Kablo üzerinden gönderilen her çerçevenin 8 ayrı alanı vardır. Veri ve ilgili destek alanları dışındaki alanlar sabit uzunluktadır.

Çerçevenin ilk alanı başlangıç (preamble) alanıdır ve tüm çerçevelerin başında gönderilir. Fonksiyonu, asıl çerçeve içeriği gelmeden önce her bir MAC birimindeki alıcı devrelerin bit senkronizasyonu yapmasını sağlamaktır. Başlangıç örüntüsü, her biri 10101010 bit örüntüsüne karşılık gelen 7 baytlık bir bit dizisidir. Alıcı devre başlangıç bit örüntüsünü periyodik bir dalga şeklinde alır. Tüm çerçeveler kablo üzerinden Manchester kodlaması kullanılarak gönderilir. Manchester kodlama tekniği, tek hat üzerinden veri ve zamanlama bilgisini aynı anda yollamaya yarar. Buna göre bir bit zamanının yarısında bit değerinin değili, diğer yarısında kendisi gönderilir. Böylece her bit zamanının ortasında değer geçişi olur. Bu geçişme alıcıların senkronizasyonlarını uyumlu tutmak için kullanılır.

Çerçevenin ikinci alanı SFD (Start-of-Frame Delimiter) olarak bilinen çerçeve başlangıç sınırlandır. Tek baytlık 10101011 bit örüntüsünden oluşur ve başlangıç bitlerinden hemen sonra gönderilir. Bu sinyal geçerli bir çerçevenin geleceğini alıcı tarafa bildirir.

Bundan sonraki iki alan alıcı ve mesajı gönderenin ağ adresleridir. Her adres 16 (2 bayt) veya 48 (6 bayt) bit olabilir. Fakat belli bir yerel alan ağı için tüm bilgisayarların adresinin aynı uzunlukta olması gereklidir.

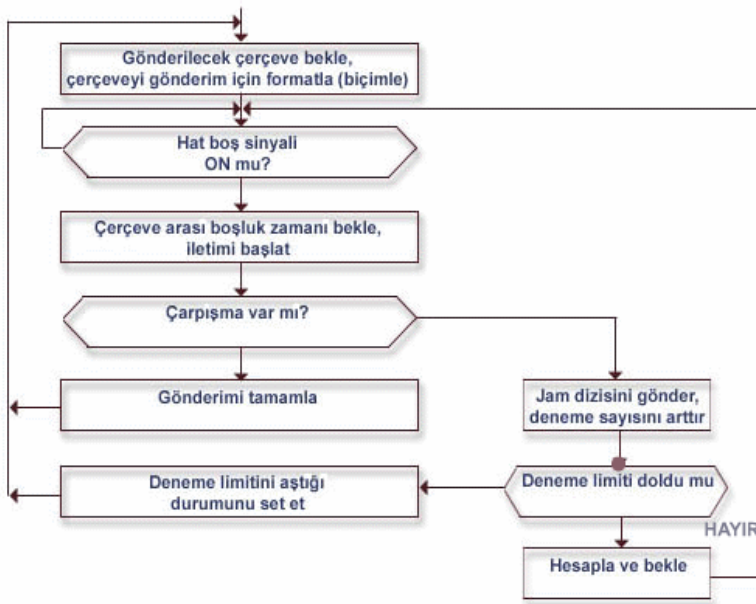
Beşinci alan 16 bitlik (2 bayt) uzunluğundaki uzunluk göstergesidir (length indicator) ve çerçevedeki veri alanının kaç bayt olduğunu gösterir ve 64 bayt ile 1500 bayt arasında

değişken uzunlukta olabilir. Eğer bu sayı geçerli bir çerçeve için gereken minimum sayıdan azsa, çerçeveye bit dizileri eklenir ve buna da destekleme (padding) adı verilir.

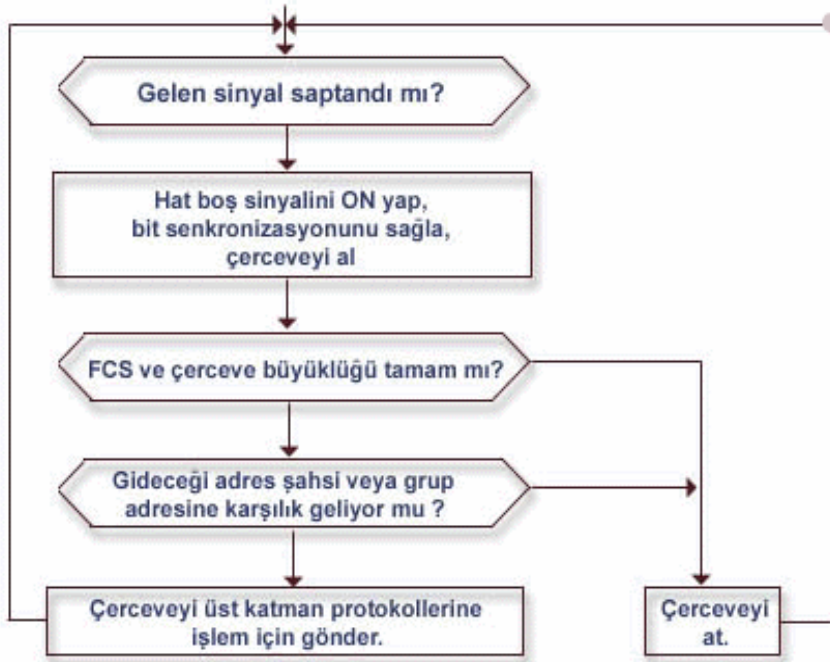
Çerçevenin son alanı FCS (Frame Check Sequence) olarak bilinen ve hata bulmakta kullanılan 32 bitlik CRC (Cyclic Redundancy Check) değeridir. Yani iletişim kontrol devresi gönderilecek paketin sonuna 4 byte uzunluğunda CRC hata denetleme kodu ekler.

CRC, veri paketlerinin elektrik sinyali olarak kablodan geçerken bozulmaları durumunda bu bozulmanın yani veri paketinin karşıya yolda değişmiş olarak ulaştığının tespitine yarar. Gönderen taraf, veri paketine konacak veriyi matematiksel bir işlemde geçirir. İşlemin sonucu CRC kodudur. Veri ve CRC kodu karşı tarafa yollanır. Alıcı paketi açar, veriyi okur, aynı matematiksel işlem veriye uygulanır. Sonuç, eğer veri yolda bozulmadan gelmişse CRC kodu ile aynı olmalıdır. Aksi halde alıcı gönderen makineye ilgili paketi tekrar yollamasını söyler.

Ethernet ağlarındaki çerçeve gönderme ve alma algoritmaları Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ethernet Ağlarındaki Çerçeve Gönderme Algoritması



Şekil 2.2. Ethernet Ağlarındaki Çerçeve Alma Algoritması

Algoritmadan da anlaşılacağı gibi, veri göndermek isteyen bilgisayar önce hattın o anki durumuna bakar. Hat boş ise verisini gönderir. Eğer hat başa bir cihazın başlattığı veri nedeni ile meşgul ise, bu yayının bitmesi beklenir. Gönderilen verilerin açısından önemli olan hattın aynı anda yalnızca bir kullanıcı tarafından kullanılmasıdır. Buna göre kablo üzerinden herhangi bir anda yalnızca bir çerçeve gönderilebilir. Çoklama yöntemleri (multiplexing) kullanılamaz.

2.2. Servis Kalitesi (QoS)

Bilgisayarlar bir ağ üzerinden kaynak paylaşımı yapmaya başladıklarından beri karşılaştıkları bir sorun vardır. Bu sorun, tıkanıklıktır. Ağların kullanılmaya başladığı ilk günlerden bu zamana gelindiğinde bilgisayar ağlarında daha büyük ve daha fazla miktarda veri taşındığı gözlenmektedir. Ağlar üzerinden çalışabilen yeni uygulamalar kaynaklara olan bağımlılığı daha da artırmıştır. Bunların en belirgin olanları ses ve video uygulamalarıdır. Tüm uygulamaların birlikte çalıştığı bir ortamda tıkanıklık, darboğazlar ve ağlardaki performans düşüklüğü oluşmaya başlamıştır. Daha önceleri böyle sorunlar bant genişliğini arttırılarak çözülmekteydi. Mevcut bant genişliği artırılarak üzerinden bilginin aktığı varsayılan yollar genişletilmiş oluyor bu sayede birim zamanda çok daha fazla veri akışı sağlanıyordu.

Ağ performansındaki düşüşe engel olmak için bir ağ yönetimine gereksinim duyulmaktadır. Bunun için gerekli trafik kurallarının üretilip bir bütün halinde hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu kurallar yardımıyla oluşan tıkanıklık, darboğazlar ve ağlardaki performans düşüklüğüne son verilebilecektir. Günümüzde bant genişliğinin daha verimli kullanılmasını sağlayan bu kurallar bütününe “Servis Kalitesi” denir. (Quality of Service – QoS)

Servis Kalitesi belirlenmiş yöntem ve teknolojileri kullanarak bir ağ üzerindeki trafik akışının düzenlenmesini sağlayan teknikler bütünüdür. Böylelikle bilgisayar ağı, aktif bir biçimde kullanım modellerini üretir ve bant genişliği istatistiklerini tutar. Bunun yanında hizmet sağlama, kullanım ve mevcut bant genişliğinin dağıtımına bağlı olarak hali hazırdaki kurallara uyulmasını zorlar.

Servis kalitesi, bir iletim sisteminin performans ölçüsüdür. Bu bakımdan iletim sisteminin kalitesini ve erişilebilirliğini yansıtır. Hizmetin sürekliliği ve erişilebilirliği Servis Kalitesinin temel elemanıdır. Herhangi bir Servis Kalitesi gerçekleştirimi uygulamaya alınmadan önce yapılması gereken en yararlı iş altyapının daima ayakta

kalacak şekilde düzenlenmesidir. İletim kalitesinin karar verilmesinde etkili üç faktör bulunur :

- Kayıp
- Gecikme
- Jitter (gecikme değişimi)

Bu durum bir dört yoldaki trafik akış sistemine benzetilebilir. Bir anda sadece bir aracın geçişine izin verilir. Normal şartlarda bu ilk gelen ilk hizmeti alır prensibine göre en iyi çözümdür. Fakat Servis kalitesi böyle bir dört yoldaki trafik polisine benzetilebilir. Trafik polisi olduğunda da istisnalar dışında ilk gelen ilk hizmet alır prensibi geçerlidir. Bu istisnalardan akla gelebilecek en kolayı bir ambulans gelmesidir. Böyle bir durumda trafik polisi bütün arabaları durdurur ve ambulansın geçmesini sağlar. Servis Kalitesinin bilgisayar ağına sağladığı katkı tek cümle ile yüksek öncelik hakkına sahip olan verilerin daima düşük öncelik değerine sahip olan verilerden önce iletilmesi olarak tanımlanabilir. Öncelikli trafikler de genellikle gerçek zamanlı trafikler olup ağ yöneticileri tarafından istenen trafikler de öncelikli hale getirilebilir.

Servis Kalitesi neler yapabilir :

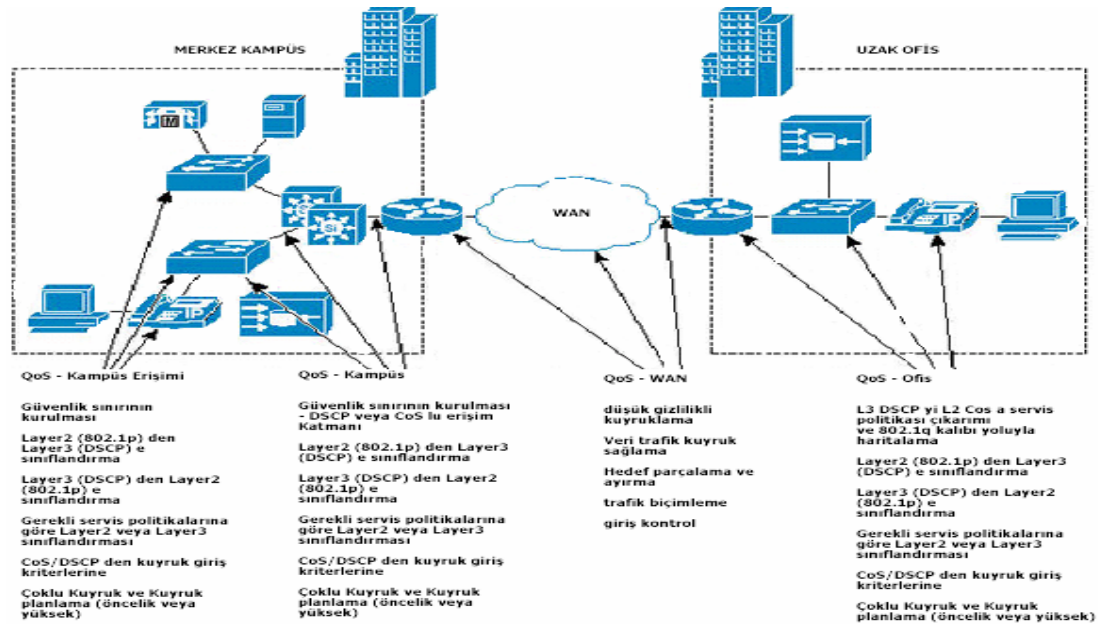
- Kilit uygulamalar ve kullanıcılara garanti edilmiş kaynaklar sağlar.
- Ağdaki trafik akışının ölçeklenmesi ve yönetilmesini sağlayarak ileriye dönük ağ planlaması yapılmasına yardımcı olur.
- Daha hızlı ağ ortamlarına gerekliliği azaltır.
- Var olan ağ yapısının etkin ve efektif kullanılabilmesini sağlar.

Servis Kalitesi neler yapamaz :

- Ek bant genişliği sağlamaz.
- Ağ kapasitesini arttırmaz.
- Trafik kısıtlaması yapmaz
- Ağ yönetimini basitleştirmez.

IP (Internet Protokol) üzerine kurulmuş olan ağlar temelde “Best Effort” veri dağıtımını destekler. Bu yapı, standart bir kuyuklama mekanizması (FIFO – First In First Out) kullanarak ağ verilerini hedefe belli bir sürede ulaştırmak için çaba sarf eder. Fakat bunu başaramazsa veri paketi kuyrukta bekletilir veya tamamen ağ üzerinden atılabilir. Bu tip bir veri dağıtımını, e-posta, HTTP trafiği ve FTP trafiği gibi bugünün internet trafiğinin çoğunluğu için kabul edilebilir. Fakat web tabanlı uygulamaların kullanımındaki artış ile video konferans gibi gerçek zamanlı uygulama gereksinimlerinin oldukça artması veri dağıtımının istikrarlı bir şekilde sürdürülebilmesi için çok daha karmaşık protokollerin ve kuyuklama mekanizmalarının kullanılmasına gerektirmektedir. Bunun en kolay yöntemlerinden bir tanesi genişletilebilir ve esnek ağ tasarımlarının yani sıra kendi içinde paket tabanlı veya donanım tabanlı servis kalitesi verebilecek ağların geliştirilmesidir.

Şekil 2.3.’ de bahsedilen servis kalitesi parametrelerinin ağ üzerinde hangi noktalarda ve seviyelerde uygulanabileceği gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Ağ Ortamında QoS Yapılabilecek Seviyeler

2.2.1. Servis kalitesi güvencesi gereken bazı uygulamalar

Ağ tabanlı entegre servisler tarafından verilen Servis Kalitesi hizmetinden etkilenen pek çok uygulama bulunmaktadır. Şekil 2.4.' de ifade edilen bu uygulamalara genel olarak bakıldığında, her bir uygulamanın kendisine göre özel sayılabilecek farklı nitelik ve ölçülerde hizmet gereksinim duyduğu görülmektedir.

Performans Boyutları				
Uygulama	Bant Genişliği	Hassasiyet		
		Gecikme	Gecikme Değişimi	Kayıp
VoIP	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
İnternet	Orta	Düşük	Düşük	Orta
Veri Tabanı	Orta	Orta	Orta	Yüksek
WEB	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
E-mail	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek
Dosya Transferi	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek

Şekil 2.4. Hizmetler ve QoS İçin Parametre Değerleri

Ses Trafikği: Yüksek kalitede ses için çok az gecikme toleransı vardır. Ancak bant genişliği açısından çok yüksek bir seviyeye gerek yoktur.

Dosya Transferi: Yüksek seviyedeki bant genişlikleri dosya transferini rahatlatır. Gecikmeye karşı duyarlı değildir.

E-posta Trafikği: Düşük seviyeli bant genişliğine ihtiyaç duyar. Gecikmeye karşı duyarlı değildir.

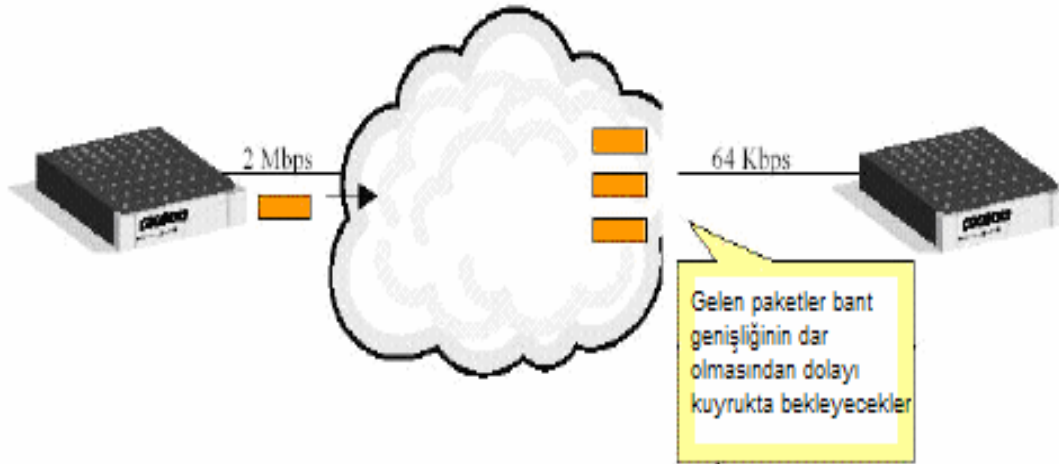
Bu örnekler ışığında servis kalitesini etkileyen faktörler ve çözümler aşağıdaki şekilde sıralanabilir :

- Büyük paketler daha alt seviyedeki önceliklerle önceliklendirilir. Çünkü büyük bir paketin aktarılması küçük bir pakete göre ağda daha fazla gecikmeye neden olacaktır.



Şekil 2.5. Büyük Paketlerin İletimindeki Gecikme

- Ağda yer alan farklı hızlardaki bağlantılar bir takım kuyruk ve darboğazların oluşmasına neden olabilir. Bu durumda gecikme ve paket kaybı artacaktır. Ayrıca Servis Kalitesi de bundan etkilenecektir.



Şekil 2.6. Ağdaki Farklı Hızların Kuyruk ve Darboğaz Oluşturması

2.2.2. Servis sınıfları

Servis Sınıfları, uygulamaların belirli karakteristik özellikleri göz önüne alınarak özel Servis Kalitesi gruplarına ayrılması demektir. Her kategori içerisinde yer alan uygulamalar kendilerine özel gereksinimlerini kendi kendilerine karşılamakta olup, genel anlamda düşünüldüğünde her bir kategori ortak bir Servis Kalitesine atanmıştır.

2.2.2.1. Paket tabanlı servis kalitesi

Paket Tabanlı Servis Kalitesi, servis sınıfı etiketlerinin sinyalleşme dışında veri iletişimi yapıldığı zaman oluşur. Mevcut bant genişliği ağ içersine dağılmış olan ara cihazlar üzerinde birbirinden bağımsız olarak kurulmuş olan kurallar aracılığıyla yönetilir. Bu yaklaşım “hop-by-hop” olarak adlandırılır. Her bir servis sınıfı kendi için bir önceliğe sahiptir ve kendine atanmış kuyruk mekanizmasını kullanır. Bu servis sınıfları her bir birime göre anlamlandırılır. Genel bir anlam kazandırmak için servis kalitesi yönetim platformları, servis kalitesi kural ve tasarımlarını dağıtmak ve yaygınlaştırmak için kullanılır. Bu çok esnek bir yöntemdir. Bu yöntem internet gibi çok geniş alanlara dağılmış ağ ekipmanlarını da kapsayabilecek niteliktedir. Paket tabanlı servis kalitesine örnek olarak gösterilebilecek bazı uygulamalar, Ayrık Hizmetler (Differentiated Services –DiffServ), IP preference (ToS) ve 802. 1p/Q gibi etiket tabanlı önceliklerdir. Bir çok uygulama, işletmelerin alışkanlıklarına veya önem derecelerine göre gruplandırılabilir. Bu bakımdan, birkaç servis kalitesi sınıfı yüzlerce çeşit uygulamayı eşzamanlı olarak kapsayacak şekilde gerekli ve yeterli olabilmektedir.

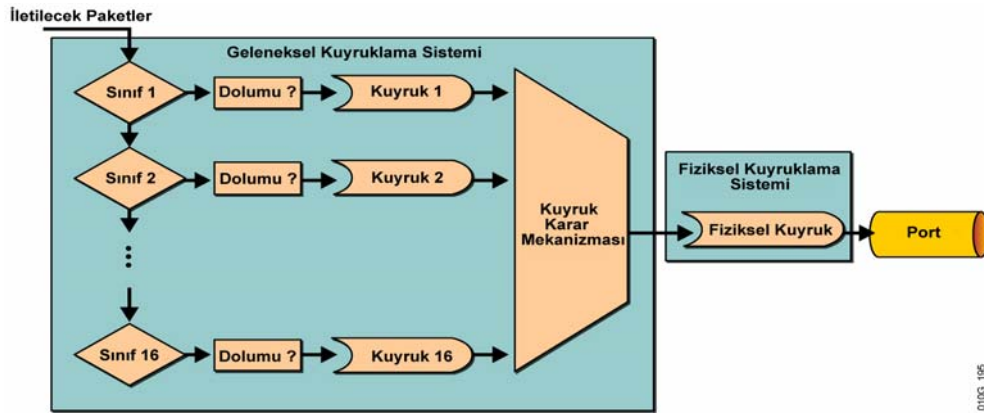
Bu servis kalitesi uygulamaları, kuyruklama mekanizmaları ile birlikte kullanılır. Günümüzde kullanılan birçok kuyruklama mekanizması vardır. Genelde hangi kuyruklamanın seçileceği sistem yöneticinin belirleyeceği bir kavramdır ancak yapılan çalışmalar bazı kuyruklama yöntemlerinin diğerlerinden daha iyi olduğu ortaya konmaktadır. Tabi bu üstünlük belli servis sınıfları için olabilirken bazıları için iyi bir yöntem de oluşturamayabilir. Ağ üzerindeki uygulamalara göre karar verilmelidir.

Best-effort servis yapısında kullanılan kuyruklama yöntemi FIFO' dur. Bu kuyruklama yöntemi, her paketi aynı servis sınıfında görerek tek bir kuyruk kullanır ve ilk gelen paket kuyruktan ilk çıkacak olan pakettir. Yani en öncelikli paket kuyruğa ilk giren pakettir. Bu yapı günümüzün karmaşık ağlarında kullanıma çok uygun değildir. Özellikle ses ve diğer gerçek zamanlı uygulamalar için oldukça yetersiz kalmaktadır. Günümüz ihtiyaçları belirlendikçe ortaya birçok kuyruklama yöntemi çıkmıştır. Bunlardan bazıları :

- Priority Queuing (Öncelikli Kuyruklama)
- Custom Queuing (Geleneksel Kuyruklama)
- Low Latency Queuing (Az Gecikmeli Kuyruklama)
- Weighted Fair Queuing (Ağırlık Kurallı Kuyruklama)

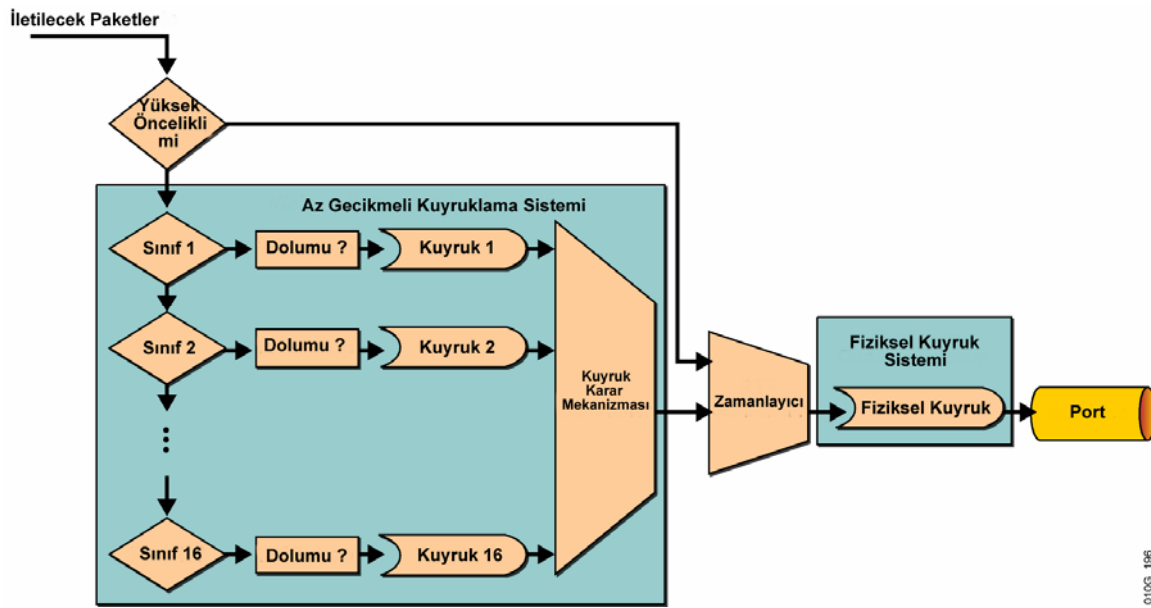
Ses ve gerçek zamanlı uygulamaların bulunduğu ağlarda en yaygın olarak kullanılan kuyruklama yöntemleri Geleneksel ve Az Gecikmeli Kuyruklama yöntemleridir.

Geleneksel Kuyruklama yönteminde tüm paketlerde yer alan öncelik alanları ile paketleri sınıflara ayrılmış olan kuyruklara atar. Her kuyruk kendine atanan servis kadar önceliklidir. Dolayısıyla bu kuyrukta paket varsa her zaman öncelikli gönderilmeye hazırdır. Ayrıca bu kuyruk için sabit bir bant genişliği atanabilmektedir. Geleneksel kuyruklama yönteminin çalışma prensibi Şekil 2.7.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Geleneksel Kuyruklama Mekanizması

Az Gecikmeli Kuyruklama yönteminin en belirgin farkı ise en yüksek öncelikli paketi kuyruklamaya sokmadan direkt olarak gideceği yere iletilmesi için ağ cihazının iletim portuna yönlendirmesidir. Böylelikle ağ içinde en kritik uygulamada gecikmelerden dolayı oluşabilecek sorunların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Diğer trafikler ise yine sınıflarına ve önceliklerine ayrılarak kuyruklanırlar. Az gecikmeli kuyruklama yönteminin çalışma prensibi Şekil 2.8.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Az Gecikmeli Kuyruklama Mekanizması

2.2.2.2. Donanım tabanlı servis kalitesi

Donanım tabanlı servis kalitesi, önceden belirlendiği ve garanti edildiği zamanlarda geçerlidir. Bu tür durumlarda daha önceden belirlenmiş olan bir seviyedeki servis kalitesi uçtan uca garanti edilmiştir. Ağ üzerindeki fazladan yük ve trafik ne olursa olsun önceden garanti edilmiş trafik bundan hiçbir şekilde etkilenmeyecektir. Bu durum bağlantı ilk kurulduğu anda servis kalitesi gereksinimlerinin belirlenmesi ve hayata geçirilmesi ile başarılabilir. Bu halde böyle bir oluşumun gerçekleşebilmesi için ATM veya Frame Relay gibi bağlantı temelli (connection-oriented) teknolojilere gereksinim vardır. Ağa fazladan trafik yükü eklenmesi mevcut hizmetlere etki ederse, bundan sonra yeni bir iletişim kurulmasına izin verilmez. Uçtan uca yaklaşımı da benzer karakteristik özelliklerdeki oturumları birlikte gruplayarak servis sınıflarını kullanır. Fakat her bir birimde oturum kullanım için kontrol edilir ve daha önceden tanımlanmış ve kabul edilmiş servis kalitesi parametrelerini kullanmak üzere zorlanır. Donanım tabanlı servis kalitesi önceden garanti edilmiş performansı yerine getirir. Fakat genişletilebilirliğin ve karmaşıklığın masrafları oldukça fazla olacaktır. İnternet gibi çok geniş alanlara yayılmış ağlar ve ağ ekipmanları için birçok sinyal akışının olduğu ortamlarda ağ parametrelerin kullanımı çok zaman alıcı ve zor olmaktadır.

2.2.3. Servis kalitesi tiplerinin karşılaştırılması

Donanım tabanlı servis kalitesi olmadan trafik aksayabilecek ve gecikecektir. Bu nedenle donanım yazılıma göre daha büyük öncelik hakkına sahiptir. Bir servis kalitesi yaklaşımı tamamen paket bazında ise ve hiçbir şekilde donanım ile ilgisi yoksa bu ağ trafiğinin az olduğu zamanlarda iyi çalışacaktır. Ancak ağ trafiği arttığında aynı şeyi söylemek mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla iki yöntemin birlikte kullanılması yaygınlaşmış bir yöntemdir.

	IP QoS	IP Differentiated Services (DiffServ)
QoS ölçüm ve izlenmesi	Ağ İşaretleme	ATM PNNI, MPLS RSVP-TE, or MPLS CR-LDP
	Trafik Mühendisliği	ATM PVC, MPLS Etiket Anahtarlama Rota (LSP)
	İletim Katmanı QoS	Ethernet 802.1Q VLANs, 802.1p, ATM, MPLS, PPP, UMTS, DOCSIS, Frame Relay
	Fiziksel Katman QoS	Dalga Boyları, Sanal Devreler(VC), Portlar, Frekanslar

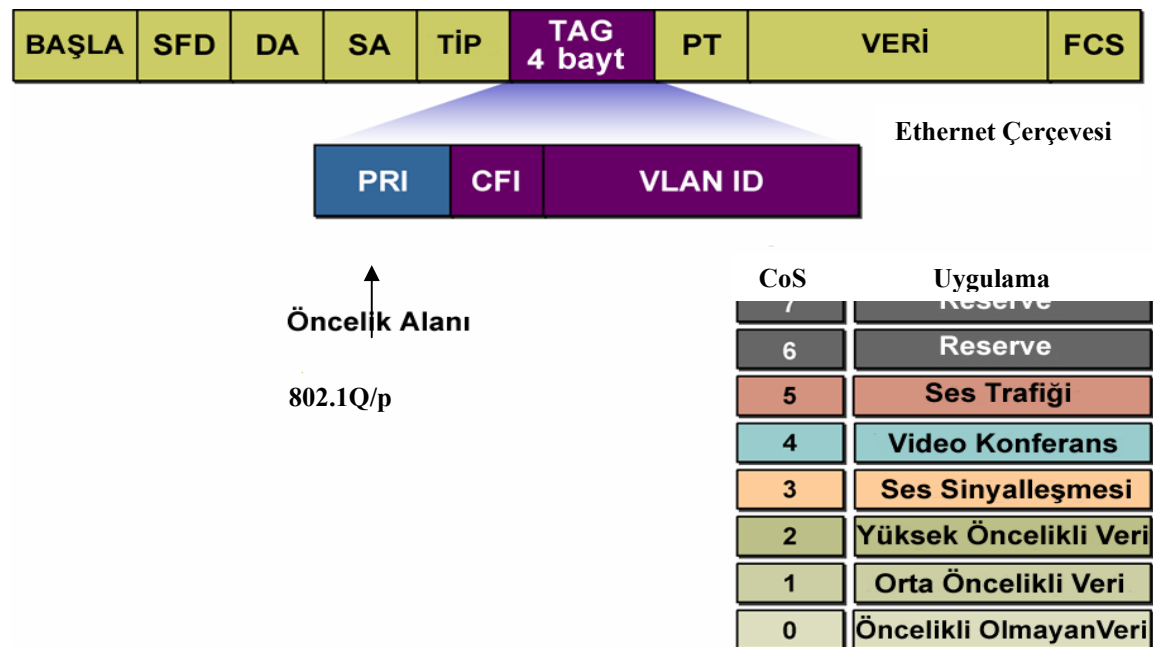
Şekil 2.9. QoS Katmanlarına Ait Servisler

2.2.4. Servis kalitesinin gerçekleştirimi

Ethernet protokolü düşünüldüğünde, bu protokol ağ seçiminde en büyük paya sahip olanıdır. Tüm ağ boyunca uçtan uca paket tabanlı servis kalitesinin gerçekleştirilmesinde karşılaşılan en büyük sorun her bir uç noktadaki cihazın tek tek konfigüre edilmesi zorunluluğudur. Bu işlem hem zahmetli hem de çok zaman alıcıdır.

İletişim endüstrisi tarafından geliştirilen teknolojiler bağlantı temelli ve bağlantısız iletişim olarak iki ana kategori altında toplanabilir. Bağlantı temelli Servis Kalitesi teknolojileri herhangi bir veri aktarımı olmadan önce ağ boyunca bant genişliğini uçtan uca tahsis ederler. Bağlantısız Servis Kalitesi kendi haline iletilecek olan veri paketlerini tek tek işaretler ve ağ boyunca yayılmış bulunan anahtarlayıcı ve yönlendiriciler paketin öncelik haklarına göre paketi iletmekten sorumludur. Paketler hiçbir zaman bağlantı temelli aktarımda olduğu gibi daha önceden tanımlanmış bir rota bilgisine sahip değildir. Her iki servis kalitesi de donanım tabanlı, paket tabanlı ve hatta her ikisinin beraber kullanımı ile gerçekleştirilir. OSI referans modelinin 2. ve 3. katmanları Servis Kalitesinin gerçekleştirimi için kullanılır. 2. Katman protokolleri denildiğinde 802.1Q ve 802.1P (Class of Service-CoS) akla gelirken, 3. Katman protokolleri deyince IP Precedence, DSCP ve RSVP (Type of Service-ToS) akla gelir.

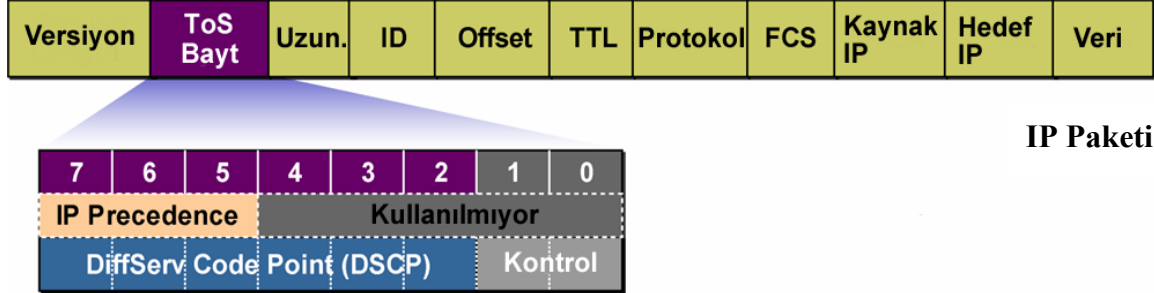
802.1Q bir tür VLAN (Virtual LAN) etiketleme yöntemi olup 802.1p servis kalitesini destekler. Şekil 12’de de gösterildiği gibi 802.1Q veri çerçevesine dört baytlık veri ekler. Bunlardan iki baytı bunun bir 802.1Q çerçevesi olduğunu gösterir. 12 bitli VLAN’ı tanımlarken, bir bit adresleme bilgisi ve sona kalan üç bit ise önceliği tanımlar. Bu öncelik bitleri sekiz seviyeli bir öncelik tanımlar. Aktarım cihazı yada aracı anahtarlayıcılar öncelik ataması yaparlar.



Şekil 2.10. 802.1Q/p

IP Precedence yöntemi, Şekil 2.10.’ de gösterildiği gibi IP paketinin başlık kısmında gerekli bilgiler tanımlanarak uygulanır. Bu alan kendi içinde iki alt alandan oluşmaktadır. İlki öncelik olarak adlandırılmakta olup paketlerin internette tanımlanması ve yönlendirilmesi için kullanılırken, ikincisi servis tipi alt alanı olarak adlandırılmıştır. Bu alan trafik için gerekli olan servis tipini tanımlamak için meydana getirilmiştir. Bu protokol de IP paketi içersinde servis tipinin kullandığı veri alanlarını kullanır.

Ayrık Hizmetler (DiffServ, RFC 2474) işletmelerin uç noktalarında kullanılmak üzere dizayn edilmiştir. Bu uç noktalar, ortak trafiğin servis sağlayıcının nüfuz alanına girdiği yerlerdir. Çünkü bu protokol bir 3. katman protokolüdür. Ayrık Hizmetler yazılım güncellemek koşuluyla bir çok yönlendirme hizmetine kolaylıkla ilave edilebilir. Bununla birlikte, Ayrık Hizmetlerin bütün fonksiyonel özellikleri tamamen 3. katmanda çalışacak şekilde tasarlandığı için, herhangi bir 2. katmana ait yeteneğe ihtiyaç duymaz. Bu özellik bu protokolün LAN, MAN ve WAN' larda kolaylıkla kullanılabilmesine imkan sağlar. Bu protokol frame' lere kaynak cihazda veya aracı anahtarlayıcılar üzerinde etiketler eklenmesi ile çalışır. Bu etiketler frame' lerin aktarım esnasında ihtiyaç duydukları hizmet seviyesini tanımlarlar. Ayrık Hizmetler tarafından sağlanan çok farklı seviyelerdeki hizmetler IP ağları boyunca bir dizi işlemin gerçekleştirilmesini öngörür. Frame' ler üzerindeki Ayrık Hizmetler sahası bir adet Ayrık Hizmetler Kod Noktası (DSCP) içerir. Bu bilgi ağ üzerindeki her bir anahtarlayıcının frame' i nasıl işleyeceğini belirler.



Şekil 2.11. IP Precedence ve DSCP

	Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	Sınıf 4
Az Düşür	001010 AF11 DSCP 10	010010 AF21 DSCP 18	011010 AF31 DSCP 26	100010 AF41 DSCP 34
Normal Düşür	001100 AF12 DSCP 12	010100 AF22 DSCP 20	011100 AF32 DSCP 28	100100 AF42 DSCP 36
Çok Düşür	001110 AF13 DSCP 14	010110 AF23 DSCP 22	011110 AF33 DSCP 30	100110 AF43 DSCP 38

Şekil 2.12. DSCP Servis Sınıfları

2.2.5. Bant genişliği planlama

Servis kalitesi, bant genişliğini arttıramadığından dolayı kullanımı, mevcut bant genişliğinin verimli bir şekilde kullanılması şeklindedir. Ağın kapasitesi dolu ise servis kalitesinin yararı çok alt seviyelerde kalır. Bu yüzden servis kalitesinin mümkün olan en etkin biçimde kullanılabilmesi için ağ tasarımının en önemli parçası her segmentin kendi içinde değerlendirilmesi ile olur. Ayrıca her bir segmentin bir servis kalitesi şemasını uygulamaya yetecek kadar bant genişliği gereksinimlerini karşılayıp karşılamadığı da önemlidir.

Merkeze bağlı iki uzak ofis düşünüldüğünde, her iki ofisin kullandığı uygulamalar aynı olmayabilir. Bir ofiste dosya transferi ve web uygulamaları kullanılırken diğer ofiste bunlara ek olarak ses ve video gibi gerçek zamanlı ve yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyabilecek uygulamalar olabilir. Dosya transferi ve web uygulamaları için 64 Kbps kapasitesinde bir hat yeterli olabilirken ses ve video uygulamalarının kullanıldığı bir uzak ofis için bu bant genişliği yeterli olmayacaktır. Sadece ses trafiğinin yaklaşık 30 Kbps gibi bir trafik ürettiği düşünülürse 64 Kbps kapasitesindeki bir hattın bu ofis için yeterli olmadığı daha net anlaşılabilir.

Ağ planlaması yapılırken her segment bazında kullanılacak uygulamalar değerlendirilip bant genişliği ve diğer ağ politikaları buna göre değerlendirilmelidir. Yoksa uygulanacak servis kalitesi politikalarından istenilen verim sağlanamaz ve performanslı bir ağ ortamı oluşturulamaz.

BÖLÜM 3. ATM

Her türden veriyi yüksek hızlarda taşıyabilen anahtarlanmış, hücre tabanlı aktarım protokolüdür. ATM her türden ağ trafiğini (veri, ses video ve TV sinyalleri) 53 baytlık hücreler halinde iletir. ATM, B-ISDN (Genişbant ISDN) şebekesinde kullanılan anahtarlama teknolojisidir. B-ISDN şebekesi, fiber tabanlı olup SONET/SDH (Eşzamanlı Optik Şebeke / Eşzamanlı Sayısal Hiyerarşi – Synchronous Optical Network / Synchronous Digital Hierarchy) standartlarındaki altyapıyı kullanır. SONET/SDH veri iletiminde kullanılacak optik standartları tanımlayarak farklı üreticilerce geliştirilen optik cihazların birbiri ile uyumlu çalışabilmesini garanti altına alır. ATM ise veri paketlerinin formatını ve iletim sırasında izleyeceği yolları belirleyen anahtarlama işlevini görmektedir. B-ISDN şebekesinde ATM anahtarlamanın seçilmesinin en önemli sebebi bağlantı temelli olması ve bant genişliği kullanımını optimize edebilmesidir.

ATM’de veri 53 bayt uzunluğundaki (48 bayt veri + 5 bayt başlık) sabit hücreler halinde taşınır ve iletimin yapıldığı uç noktada hücreler tekrar düzenlenerek birleştirilir. ATM’ nin doğasında, hücrelerin veri kanalı içinde yer bulduğu anda iletilmesi, kanal içinde yer olmadığı durularda ise ATM anahtar içinde bekletmesi olduğundan, değişken bir hücre gecikmesi söz konusudur. Bu gecikmeden dolayı ATM, eşzamansız (Asenkron) olarak adlandırılmıştır. Hücre boyutlarının 53 baytlık küçük bir uzunluğa sahip olması, ses ve video gibi gecikmeye duyarlı uygulamalar için ideal bir standart oluşturmaktadır.

ATM’ nin en önemli özelliklerinden biri de, sofistike yönetim araçları sayesinde, mevcut ve gelişmekte olan teknolojiler içinde önceden tanımlanmış hizmet kalitesi (QoS) seviyelerini garanti edebilen tek örnek olmasıdır.

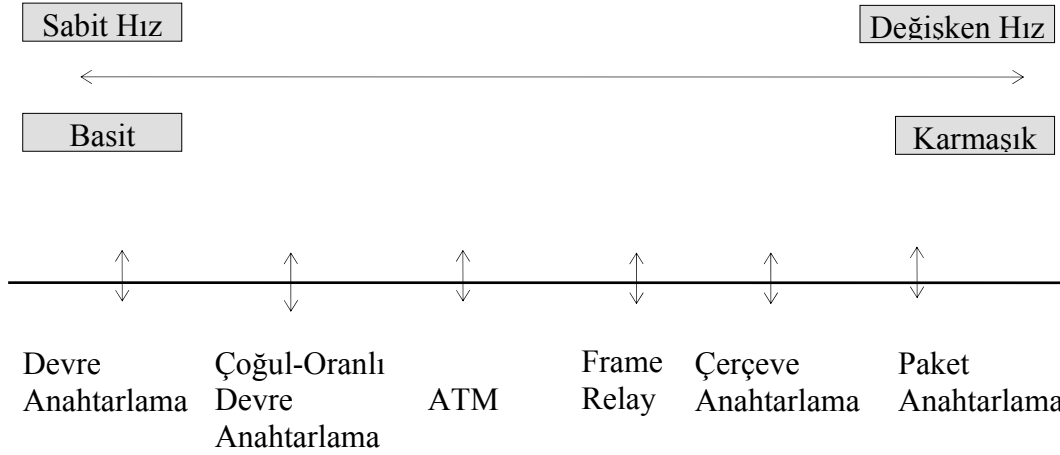
Bütün bu özelliklerle birlikte, ATM' nin esnekliği ve xDSL, F/R, Ethernet, Kablosuz iletişim gibi birçok teknoloji ile kolayca entegre olabilmesi dünyadaki taşıyıcıların yaklaşık %80' inin omurga şebekelerinde ATM teknolojisini kullanmasının diğer sebeplerindedir.

Hizmet kalitesi ve bazı trafik parametreleri baz alınarak, ATM Forum tarafından 4 tane ölçeklenebilir QoS seviyesi tanımlanmıştır. Tanımlanan bu hizmet sınıfları kullanıcılara, kabul edilebilir bir QoS seviyesine ulaşabilmek adına, bant genişliği verimliliği, gecikme ve potansiyel kayıp hücre oranları arasında bir dengeleme yapabilme imkanı vermektedir [5].

3.1. Transfer Modları

Transfer modu, bir telekomünikasyon ağında kullanılan iletim, çoklama ve anahtarlama tekniklerinin toplamına verilen isimdir. İletişim dünyasında transfer modu konusunda temel olarak iki kutup bulunmaktadır. Bunlar devre anahtarlama ve paket anahtarlama

Devre ve paket anahtarlama belirtildiği gibi iki uç noktadır ve birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Zamanla bu iki zıt yöntemin de diğer yöntemin avantajlarını kullanan türleri ortaya çıkmıştır. Bunların bir kısmı aralarındaki ilişkilere göre aşığıdaki şekilde sıralanmıştır. Şeklin altında ise bu metodların başlıcalarının açıklamalarını bulabilirsiniz.



Şekil 3.1. Devre ve Paket Anahtarlama Arasındaki Geçiş İlişkisi

3.1.1. Devre anahtarlama (circuit switching)

Bu transfer modu özellikle telefon ağlarında yoğun kullanılır. N-ISDN' de de bu yöntem kullanılmaktadır. Devre anahtarlamanın temeli, bir iletim sırasında sadece ilgili bağlantı tarafından kullanılabilen adanmış sabit kapasiteli bir kanal oluşturmaktır.

Belirli zaman aralıklarında (125 μ s gibi) sabit uzunlukta bit kümeleri gönderilir (8 bit, 1000 bit gibi). Bu kümelerin her birine “time slot” denir ve bunlar birleştirilerek çerçeveleri oluştururlar. Çerçeveler de belirli aralıklarda tekrarlanır. Bu çerçevelerin içindeki her time slot, devam ettiği sürece belirli bir bağlantıya adanır. Ancak bağlantı kapatıldığında ilgili slot başka bir uygulamanın kullanımına sunulabilir. Devre anahtarlama sistemlerinde her time slotun barındırabileceği bit miktarı aynıdır ve sabittir. Yani her servis için sabit bir bit hızı vardır.

Devre anahtarlama sistemlerinde bir hat, bağlantı boyunca bir uygulamaya adandığından dolayı sistemde oluşacak gecikmeler ancak iletim hattındaki yayılma gecikmesine bağlıdır.

3.1.2. oğul-oranlı devre anahtarlama (multirate circuit switching)

Devre anahtarlamaşının kısıtlamalarını ortadan kaldırmak için tasarlanan bu yöntemde, bir bağlantı için birden fazla time slot kullanılabilmektedir. Ancak birden fazla time slot kullanılırsa bunların senkronize edilmesi zorunluluğu ortaya çıkar. Başka bir problem de temel oranın seilmesindedir. Eğer bu değer büyük seçilirse (örneğin 2 Mbit/s) küçük hat genişliği gerektiren servisler gereksiz yere kaynak tüketmiş olacaklardır. Bu değer küçük seçilirse de büyük bant genişliği gerektiren servisler için çok fazla miktarda kanalın kontrol edilmesi gerekecektir ki bu da yönetimi çok karmaşık hale getirir. Bu soruna üretilen çözüm ise bir çerçeveyi farklı bit oranları olan slotlara bölmektir.

Böyle bir sistemde her farklı time slot için farklı bit oranlarına sahip özel bir tür anahtar kullanılmalıdır. Abonenin gelen/giden bilgisi anahtarlara/anahtarlardan yönlendirilmeden önce multiplex/demultiplex işleminden geçirilmelidirler (Bu işlem farklı bit oranındaki kanalların ilgili anahtara yönlendirilmesi için yapılır). Farklı bit oranları kullanılabilmesine karşın bunların sabit değerler olmasından dolayı, servislerin ihtiyaçlarında oluşacak değişikliklere karşı esnek olması beklenemez. Bu sistemler doğal olarak hat anahtarlamanın dezavantajlarını da içerirler

3.1.3. Paket anahtarlama (packet switching)

Bu transfer modunda kullanıcının bilgileri paketler halinde taşınır. Bu paketlerde kullanıcının bilgisine ek olarak başlık ve yönlendirme deneni hata kontrol ve akış kontrol için kullanılan bilgileri içeren alan da bulunur. Eski bağlantıların güvenliği düşük olduğundan dolayı bu tip sistemlerde ileri düzeyde hata kontrolü yapılır. Her uçta hatalı paketler için tekrar gönderim (ARQ - Automatic Repeat Request) isteği yapılır.

Paket boyutları değişkendir. Dolayısıyla kompleks akış kontrolü gerektirirler. Ancak iletişim hızı düşük olduğundan bu pek sorun yaratmamaktadır. Protokollerin

karmaşıklığından ve tekrar gönderme işleminden dolayı yüksek hız gerektiren servislerde ve gerçek zamanlı uygulamalarda pek kullanılmazlar.

3.1.4. Frame relay

Frame Relay, iletim hatlarının güvenilirliği nedeniyle, ağ içinde paket anahtarlama sistemlerine oranla daha az fonksiyonelliğe sahiptir. Daha kısıtlı hata kontrol ve düzeltme yapılıır. Bu da ağ içi anahtarlama noktalarında daha hızlı bilgi işleme imkanı sağlar.

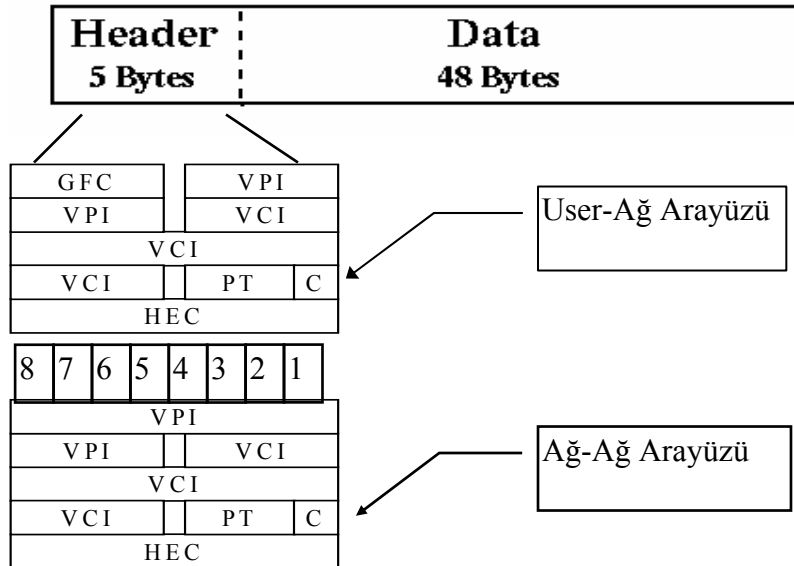
Paketlerin tekrar gönderimi ancak uç noktalar arasında yapılıır. Aradaki ağ elemanları paketlerin tekrar gönderimini istemez. Buna karşın bu ağ elemanlarında paketler hatalara karşı kontrol edilirler. Bunun nedeni hatalı paketlerin iletimine devam edilmesinin bir anlamının olmamasıdır.

3.1.5. Cell relaying (fast packet switching - ATM)

Fast Packet Switching (ATM), birçok varyasyonu içeren bir kavramdır. Ancak bunların temel karakteristiği aynıdır. Gönderici ve alıcı arasında bir senkronizasyon yoktur. Senkronizasyon, gerektiğinde boş paketlerin eklenip çıkarılmasıyla sağlanabilir. ATM'de ağ içinde CRC ya da ARQ türünden hata kontrol fonksiyonları yoktur. Hat anahtarlama olduğu gibi hataların düzeltilmesi uç noktalardaki protokollere bırakılmıştır. ATM' nin Frame Relay' den en önemli farkı, ATM' de verilerin sabit ve küçük boyutlu paketler olan hücreler halinde iletilmesidir. Frame Relay de ise paket boyu değişkendir.

3.2. ATM Hücre Yapısı

ATM’ de bilgi aktarımı için kullanılan temel birim 53 baytlık sabit uzunlukta olan ve hücre olarak adlandırılan özel bir tür pakettir. Hücrelerin ilk 5 baytlık kısmı başlık olarak adlandırılır ve hücrenin ağ içinde ilerleyebilmesi için gerekli olan temel bilgileri taşır. Paket anahtarlama yönteminde bulunan ve ileri düzeyde fonksiyonellik sağlayan alanlar hücre başlıklarında olabildiğince azaltılmıştır. Başlığın fonksiyonelliğinin düşük düzeyde tutulması da ATM anahtarlarına yüksek hızda işlem yapma imkanı verir. Geriye kalan 48 bayt ise iletilecek olan bilgiyi içerir. ATM hücre başlığı Şekil 3.2.’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bir Hücre Başlığının Genel Yapısı

3.2.1. VPI (virtual path identifier - sanal yol belirteci) - vci (virtual channel identifier - sanal kanal belirteci)

ATM’de düğümler arası bilgi aktarımı VC (Virtual Channel – Sanal Kanal) denen sanal bağlantılar aracılığı ile sağlanır. Aynı iki son nokta arasındaki kanallar da yönetim

kolaylığı amacıyla VP (Virtual Path – Sanal Yol) içinde gruplandırılırlar. Başlık içindeki VPI ve VCI ise düğümler arasında çok sayıda bulunan bu bağlantılardan hangilerinin kullanılacağını belirlerler. Bu tanımlayıcıların değerleri lokal özelliğe sahiptirler. Başka bir deyişle; bir hücre düğümler arasında ilerlerken farklı düğümlerde farklı VPI ve VCI değerlerine sahip olabilirler.

3.2.2. HEC (header error check - başlık hata kontrolü)

Hücrelerin başlıklarında oluşacak hatalar yanlış yönlendirmeden dolayı hücrenin kaybolmasına neden olabilir. Bunu önlemek için hücre başlıklarına bu hata kontrol alanı konulmuştur. 8 bit uzunluğundadır. CRC değeri içerir.

3.2.3. CLP (cell loss priority - hücre kayıp önceliği)

1 bit uzunluğundaki bu alan hücrenin kayıp önceliğini belirler. Değerinin 1 olması ağ içinde bir sıkışıklık olduğunda bu hücrenin gerekirse yok edilebileceğini gösterir. Bir sıkışıklık anında CLP değeri 1 olan bütün hücreler iptal edilmeden CLP değeri 0 olan hücrelerin iletimine devam edilir.

3.2.4. PLT (payload type - taşınan veri tipi)

Bu alan, hücredeki trafiğin tipini belirler. ATM Forum bu sahanın işlevini geliştirerek trafik tıkanıklığı hakkında bilgi vermesini de sağlamaktadır. Bu alanın uzunluğu 3 bit'tir.

3.4. ATM Paket Yapısı

Bir sistemde sabit uzunlukta hücreler kullanıldığında etkinlik, gönderilecek bilginin uzunluğuna göre değişir. Eğer gönderilecek bilgi küçük boyutlardaysa ve hücrelere bölündüğünde son hücrede büyük oranda (30-40 bayt gibi) boşluk kalıyorsa bu iletişimdeki;

Gönderilen Yararlı Bilgi

(Gönderilen hücre sayısı) * 53

oranı pek yüksek olmaz. Ancak gönderilecek bilgi 48 baytın tam katıysa yani hücrelerin hepsi tamamen doluyorsa maksimum etkinliğe ulaşılabilir. Maksimum etkinlik %90.5 olabilir. Sebebi ise gönderilen 53 baytlık her hücrenin 5 baytının başlığa ayrılmış olmasıdır. ($48/53=0.905\dots$)

Değişken uzunlukta hücreler kullanılırken sistemde neredeyse %100'lük etkinliğe ulaşılır. Ancak, farklı uzunluktaki paketlerin kuyruklama için tampon bölgelerde etkin olarak saklanması oldukça zordur ve karışık algoritmalar gerektirir. Bu karışık tampon işlemleri de yüksek hız gerektirir. Bu tür pratik nedenlerden dolayı değişken uzunlukta hücre kullanımı engellenmiştir.

Hücre boyunun seçilmesinde farklı faktörler rol oynamıştır. Uzun bilgi alanları iletimin etkinliğini artırır. Çünkü her başlıkla beraber gönderilen bilginin miktarı artar ve böylece başlıklardan kaynaklanan taşma oranı azalır. Ancak bilgi alanının boyu arttıkça paketleme sırasındaki gecikme de artar. Uzun hücreler kullanıldığında ağ içindeki gecikmenin de belirli limitleri aşması daha kolay olur. Ayrıca uzun hücreler anahtarlarda kullanılan geçici depolama alanlarının büyük olmasını gerektirir. Hücre kayıplarını önlemek için kuyruklar hücre boyutundan bağımsız olarak belli miktarda hücreyi saklayabilecek kapasitede olmalıdırlar.

Bütün bu etkenler göz önüne alınarak hücredeki bilgi sahasının boyunun 32 ile 64 bayt aralığında olması öngörülmüştür. Sonuçta 48 bayt bilgi + 5 bayt başlık olmak üzere 53 bayt hücre boyutu olarak kabul edilmiştir.

3.5. ATM Katmanları

ATM' nin üzerinde kurulduğu fiziksel katman yapısı SONET/SDH, DS3 (44.7 Mbps) veya FDDI olabilir. ATM, fiziksel ortamdan bağımsızdır ancak geniş tabanlı genel taşıyıcı olarak, eş zamanlı bir iletim yapısı olan SONET tercih edilir. SONET, Bellcore tarafından üretilmiş ve ANSI (American National Standards Institute) tarafından standartlaştırılmıştır. SONET, fiber kablo üzerinde yüksek hızda dijital sinyal iletimini sağlamak için tasarlanmıştır. Verileri 51.84 Mbps hızda taşımak için standart çoklama biçimini kullanır. Ayrıca optik sinyal standardını, farklı kaynaklardan karşılıklı bağlantı için kullanır. Yüksek oranda işlem yapma, yönetim ve bakım özellikleri vardır. Esnek yapısıyla, gelecekte varolacak yeni teknolojilere de uyum sağlayabilir.

Fiziksel katmanın üzerinde ise ATM ve AAL (ATM Adaptation Layer) olmak üzere iki katman bulunur. AAL, ATM ile diğer katmanlar arasında arayüz görevini yürütür. AAL, CS (Convergence Sublayer) ve SAR (Segmentation and Reassembly Sublayer) bölümlerinden oluşur. SAR farklı uzunluk ve formattaki iletilecek veri paketlerini 48 baytlık parçalara ayırır. CS' nin fonksiyonları AAL tarafından işlenen trafiğin tipine göre değişkenlik gösterir.

Gönderici taraftaki ATM katmanında, SAR'dan gelen 48 baytlık 5 baytlık hücre başlığını ekler. Ağ içindeki anahtarlardaki ATM katmanları VPI ve VCI bilgilerini kullanarak yönlendirme işlemlerini gerçekleştirir. Alıcıdaki ATM katmanı 5 baytlık başlık bilgisini çıkarır ve AAL katmanına iletir.

3.5.1. AAL Katmanı tarafından desteklenen trafik sınıfları

ATM AAL katmanı, değişik trafik tiplerini desteklemek için 5 tane değişik trafik sınıfına sahiptir. Bunlar Tablo 2.1.' de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Servis Türleri İçin Trafik Sınıfları

	A Sınıfı	B Sınıfı	C Sınıfı	D Sınıfı	X Sınıfı
BİT HIZI	Gerekli	Gerekli	Gereksiz	Gereksiz	Kullanıcıya bağlı
HEDEF-KAYNAK İLİŞKİSİ	CBR	VBR	ABR	UBR	Kullanıcıya bağlı
AAL	AAL-1	AAL-2	AAL-3/4	AAL-5	
BAĞLANTI	Kurulur	Kurulur	Kurulur	Kurulmaz	Kullanıcıya bağlı

Tablo 2.2. ATM Servis Sınıfları ve Parametreleri

Servis sınıfı	Trafik Tanımlayıcıları	Servis Kalitesi Parametreleri
CBR	PCR	max CTD, CDV, CLR
Rt-VBR	PCR, SCR, MBS	max CTD, CDV, CLR
Nrt – VBR	PCR, SCR, MBS	mean CTD, CLR
UBR	PCR	Garantisi Yok
ABR	PCR, MCR	CLR

Tabloda her trafik tipi için kaynak ve varış noktaları arasında herhangi bir zaman ilişkisi olmasının gerekip gerekmediği, bit hızının karakteristiği ve bağlantı uyumlu olup olmadığı da belirtilmiştir.

3.5.1.1. Sabit bit oranı (constant bit rate – cbr)

CBR hizmet sınıfı gerçek zamanlı uygulamalar için büyük bir gerekliliktir. Çünkü bu uygulamalar gecikme ve gecikme değişkenliğinin çok az olmasına ihtiyaç duyan uygulamalardır. Bu kalite seviyesi tutarlı bir bant genişliği sağlamakta , interaktif ses ve video uygulamalarında kullanılmaktadır.

3.5.1.2. Değişken bit oranı (variable bit rate – vbr)

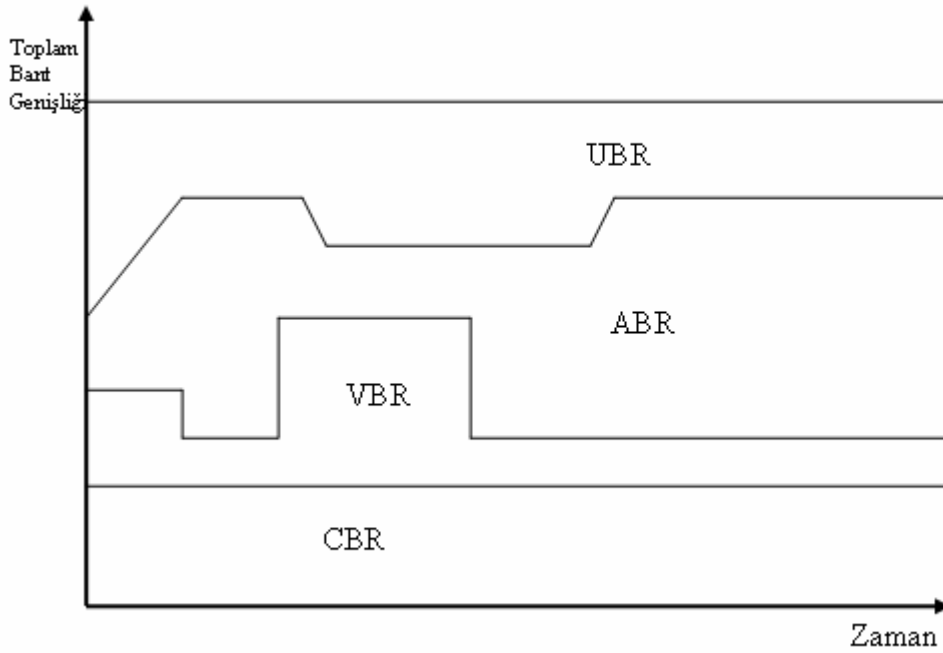
VBR hizmet kategorisi, kullanıcılara Doruk Hücre Oranı (Peak Cell Rate) tanımlama imkan vermektedir. Performans ihtiyacı net olmayan uygulamalar için ekonomik bir alternatiftir. VBR, sunulan trafik oranını geri besleme yolu ile kontrol ederek, sistematik ve dinamik olarak kullanılabilir bant genişliği tahsisi yapar. Gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan VBR seviyeleri vardır. Gerçek zamanlı VBR sıkıştırılmış video veya diğer video uygulamaları ve ses trafiği gibi zamana duyarlı uygulamalar için kullanılabilir. Gerçek zamanlı olmayan VBR ise patlamalı (Burst) veri trafiği veya küçük gecikmelerin kabul edilebilir olduğu video playback, voice mail gibi trafikler için kullanılabilir.

3.5.1.3. Elde edilebilir bit oranı (available bit rate – abr)

ABR hizmet kategorisi rezerve edilmemiş ve erişilebilen en iyi, diğer bir deyişle Best Effort hizmettir. Birtakım kontrol imkanları sunacak UBR kalite seviyesinden daha az bir hücre kayıp oranına ulaşma ikani sağlar. Bu kalite seviyesi, veri iletiminden önce bağlantının tesisinin yapıldığı diğer uygulamalarda ve yerel alan ağlarında, ara bağlantılarında kullanılır.

3.5.1.4. Belirtilmemiş bit oranı (unspecified bit rate – ubr)

ABR gibi, UBR da rezerve edilmemiş, erişilebilen en iyi, QoS garantisi vermeyen bir hizmet olup gecikmeyi göz ardı edebilen, gerçek zamanlı olmayan uygulamalar için kullanılmaktadır. ABR den farklı olarak bu hizmetin kullanıcıları trafik oranını kontrol edememekte ve bant genişliği kapasitesine sadece mevcut olduğu anda erişebilmektedir. UBR genellikle geleneksel bilgisayar iletişimi amacıyla kullanılır.



Şekil 3.3. Servis Türleri İçin Bant Genişliği Sınırları

3.5.2. AAL Tipleri

AAL katmanının, trafik tiplerini desteklemek amacıyla farklı türleri vardır.

3.5.2.1. AAL-1

A Sınıf trafiği destekler ve paket yapısı 48 bayttan oluşur. Paket içindeki esas veri, 46 veya 47 baytlık olabilmektedir.

SN	SNP	İşaretçi	Veri
4 Bit	4 Bit	(İsteğe Bağlı) 8 Bit	46 veya 47 Bayt

Şekil 3.4. Aal-1 Paket Yapısı

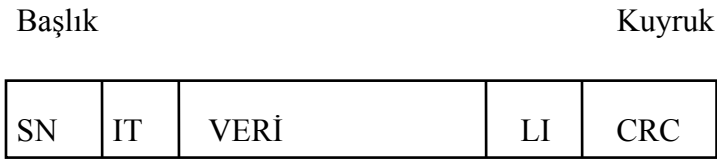
- SN (Sequence Number): 3 biti sıra sayısı tutmak için, 1 biti ise CSI (Convergence Sublayer Indication), yani işaretçi alanının kullanılıp kullanılmayacağını gösterir. CSI'

nın sıfır olması, işaretçinin kullanılmadığını ve kullanıcı verisinin 47 bayt olduğunu gösterir. İşaretçi, verilerin hücre içinde yerleşimini tutmaktadır.

- SNP (Sequence Number Protection): SN üzerinde hata kontrolü yapar. SNP alanı, ancak 1 bitlik hataları düzeltebilmektedir.

3.5.2.2. AAL-2

B Sınıf trafiği destekleyen protokoldür.



Şekil 3.5. Aal-2 Pdu Yapısı

Başlık kısmında SN (Sequence Number) ve IT (Information Type) bulunur. IT alanı, BOM (Beginning Of Message), COM (Continuation of Message) ve EOM (End Of Message) alanlarından oluşur. Kuyruk kısmında, LI (Length Indicator) alanı Payload sahasındaki bayt sayısını tutar, CRC alanı da hata kontrolünde kullanılır.

3.5.2.3. AAL-3/4

İlk olarak, bağlantı uyumlu VBR trafiğini destekleyen AAL-3 ve bağlantısız VBR trafiği için AAL-4 protokolleri tanımlandı. Sonra bu iki tip birleştirilerek, AAL-3/4 protokolü tanımlandı.



Şekil 3.6. Aal-3/4 Pdu Yapısı

SN, IT, LI ve CRC sahararının kullanım amacı AAL-2 protokolündeki ile aynıdır. Ancak AAL-3/4' te bu sahararın uzunlukları bellidir. MID (Message IDentification) alanı, belli bir bağlantıdan gelen trafiğin birleştirilmesinde kullanılır.

3.5.2.4. AAL-5

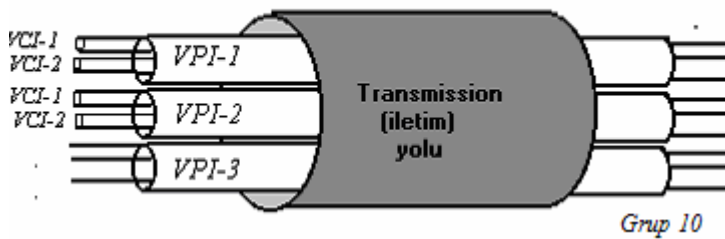
ATM Forum tarafından, yüksek hızda, bağlantı temelli servis kullanıcılarına hizmet veren, az taşmaya sahip, hata bulma oranı yüksek olan protokoldur. Frame Relay trafiğinde kullanılabilir.

3.5.2.5. AAL -6

ATM-Forum tarafından ortaya çıkarılan, MPEG kodlu video için tanımlanacaktır.

3.6. ATM' de Bağlantı Yapısı

ATM'de mantıksal bağlantılar, sanal kanal bağlantıları (VCC -Virtual Channel Connection) olarak adlandırılır. VCC, B-ISDN' in en temel birimidir. Bir VCC, iki son kullanıcı arasında ağ aracılığıyla kurulur. Değişken oranlarda, sabit boyutlu hücreler full-duplex (çift yönlü) akışla bağlantı üzerinden taşınır. VCC' ler aynı zamanda kullanıcı-ağ kontrol sinyalleşmesi ve ağ-ağ network yönetimi ve yönlendirme için kullanılır.

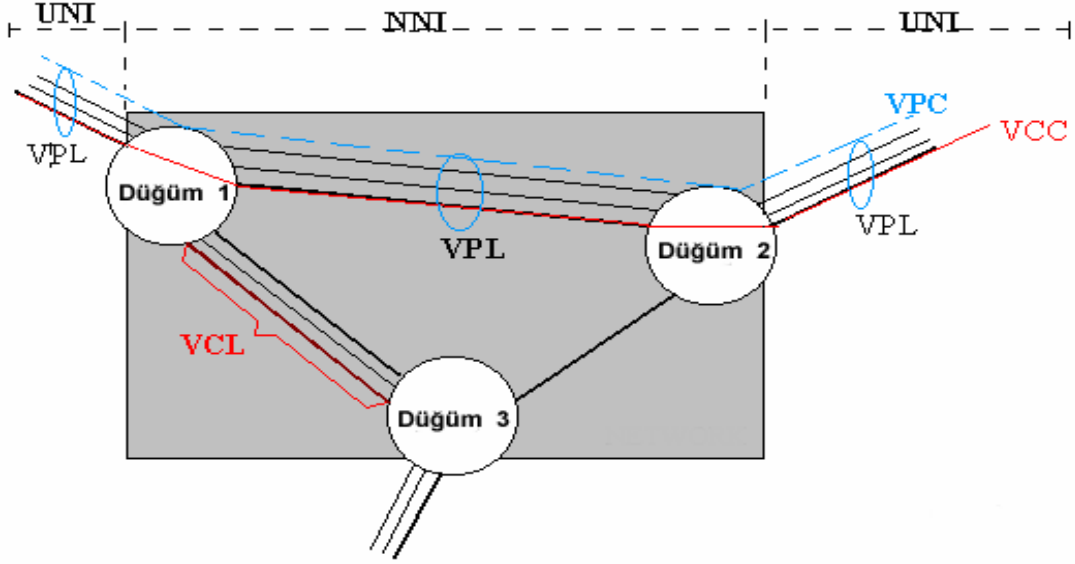


Şekil 3.7. ATM Bağlantısının Kesiti

Sanal yol (VP-Virtual Path) kavramı, yüksek hızlı ağılarda kontrol harcamalarının yüzdesinin bütün ağ harcamaları içinde yüksek yüzdelerle artması sonucu geliştirilmiştir. Sanal yol tekniği, ağ içinde ortak yolları paylaşan bağlantıları gruplayarak (VPC-Virtual Path Connection) kontrol masraflarını azaltmaya yarar. Ağ yönetim işlemleri bundan sonra çok sayıdaki bireysel kanallar yerine az sayıdaki bağlantı gruplarına uygulanabilir. VPC'lerin kullanımından doğan avantajlar :

- Basitleştirilmiş ağ mimarisi; Ağ ortamındaki fonksiyonların VPC ve VCC kavramlarına göre sınıflandırılmalarından dolayı işlemler daha basitleşir.
- Artırılmış ağ performansı ve güvenilirlik; Ağ daha az iletişim birimiyle uğraşır.
- Azaltılmış işlem ve kısa bağlantı kurulma zamanı; Bağlantı işlemlerinin büyük kısmı VPC ilk kez oluşturulurken yapılır. Var olan bir VPC'ye VCC'ler eklemek çok az bir işlem gerektirir.
- Geliştirilmiş ağ servisleri.

ATM' de ağ bağlantıları VCI ve VPI ile tanımlandıktan sonra, verilen herhangi bir yöne giden sanal yollar çoklanarak fiziksel hatta verilir. Sanal kanal bağlantıları son kullanıcılar arasında anlamlıdır. Fakat bu bağlantı tanımlayıcıları, hücreler ATM ağı içinde ilerlerken değişebilir. Bu yüzden belli bir VCI değerinin kullanıcı açısından bir önemi yoktur. Sorumluluk ATM ağındadır. İki kullanıcı için kontrol işlemi tek tek bütün sanal kanallar yerine sadece VP bazında yapılabilir. Yani, bütün kanallar yerine sadece bir yol incelenir.



Şekil 3.8. Örnek ATM Bağlantı Şeması

3.7 ATM Anahtarlama

ATM anahtarlamaındaki temel fikir mantıksal bir kanaldan anahtara gelen bilginin yol üzerindeki bir sonraki noktaya iletilmesi için başka bir ATM kanalına yönlendirilmesidir. Genelde bir anahtardan çıkan çok sayıda mantıksal ATM kanalı olmasından dolayı, yönlendirmeden önce ilgili çıkış kanalı seçilmelidir. Bu seçim, giriş portunun numarasına ve hücrenin VPI, VCI değerlerine bağlı olarak yapılır.

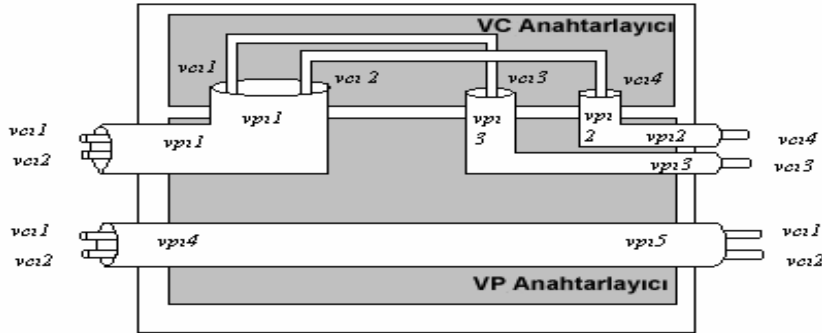
3.7.1. ATM Anahtarları

Her porta ait konumuna göre ya bir IPC (Giriş Port Kontrol) ya da OPC (Çıkış Port Kontrol) bulunmaktadır. Ayrıca anahtar içindeki yönlendirme tablolarını güncelleyen bir anahtar kontrol birimi de vardır.

Anahtara ulaşan her hücrenin giriş port numarasına, VPI ve VCI değerlerine bakılır. Ardından, bu değerlerden yararlanılarak yönlendirme tablosundan hücrenin çıkış portu ve yeni VPI, VCI değerleri bulunur. Yeni bulunan VPI ve VCI değerleri; hücre,

anahtardan çıkmadan önce başlıktaki eski değerlerin yerlerine yerleştirilir. Sonunda da hücre, tablodan bulunan çıkış portuna yönlendirilir.

Bir anahtara genelde birden çok porttan hücre geldiğinden, bu hücrelerin çıkış portlarının çakışması olasıdır. Böyle bir durumda ilgili çıkış portu boşalınca kadar kimi hücreler geçici olarak bir tampon alanda saklanmak zorundadırlar. Bu hücreleri sıraya sokma işlemi kuyruklama olarak adlandırılır. ATM anahtarları, sanal yol (VP) ve sanal kanal (VC) anahtarları olmak üzere kendi aralarında ikiye ayrılırlar. Sanal yol anahtarları yönlendirme sırasında sadece başlıktaki VPI değerini yenilerler. Halbuki sanal kanal anahtarları başlıktaki hem VPI hem de VCI değerlerini yenilerler. Anahtarlar için böyle bir ayrıma gidilmesinin nedeni ağ içindeki ara noktalarda yapılan işi azaltarak anahtarlama hızlandırmaktır. Ara noktalarda sanal yollar değişmekte ancak bunların içerdiği kanallar aynı kalmaktadır. Böyle durumlarda sadece VPI değerlerini inceleyen bir anahtar kullanmak daha etkin bir yoldur.



Şekil 3.9. Sanal Yol ve Sanal Kanal Anahtarlarına Örnek

Sonuç olarak bir ATM anahtarının temel görevleri aşağıdaki üç maddede toplanabilir:

- Hücreleri yönlendirmek (routing),
- Gerektiğinde hücreleri kuyruklamak (queing),
- Gelen hücrelerin başlıklarındaki VPI ve VCI değerlerini yönlendirme tablosundaki karşılıkları ile değiştirmek.

3.8. ATM Teknolojisinin Avantaj ve Dezavantajları

3.8.1. ATM Teknolojisinin dezavantajları

- ATM, alternatiflerine göre pahalı bir teknolojidir.
- ATM anahtarları, yönlendirici tarafından verilmekte olan hizmet sınıflarının pek çoğunu kendi yapısı içinde kullanıcılara sunmaktadır. Fakat henüz standartların oluşmaması yüzünden, güvenlik duvarı ve çoklu protokol desteği gibi yönlendiricinin yapabildiği fonksiyonları anahtarlar henüz yapamamaktadır.

3.8.2. ATM Teknolojisinin avantajları

- ATM hızla gelişen bir teknolojidir. Bu teknoloji hakkında ITU-T ve ATM Forum, standartlaşma çalışmalarını sürekli olarak sürdürmektedir.
- ATM ile verileri çok büyük hızlarda taşımak mümkündür. Hızı artırıcı amaçlı olarak hata kontrolü minimum düzeyde tutulur. Bu durumda, hata kontrolü kullanıcının sorumluluğuna bırakılmaktadır.
- Video, ses, TV, text gibi türlü veri tiplerinin hepsini destekleyen ve bütün ağların bir ortamda entegrasyonu için taban sağlayacak B-ISDN için ITU-T tarafından anahtarlama modeli olarak ATM seçilmiştir.
- ATM, fiziksel taşıma ortamından bağımsızdır. Kablolar koaksiyel kablo olabileceği gibi fiber de olabilmektedir. Fiziksel katman olarak SONET tavsiye edilmektedir.

- ATM, veri iletiminde esnektir. Değişken bit hızlarını destekler niteliktedir. Kullanıcı isteğine göre iletişim hızı belirlenebilir.
- ATM, sabit boyutlarda ve küçük hücreleri anahtarladığından ağ kaynaklarını optimum kullanabilir. Diğer taraftan anahtarlar, yalnızca iletişimin gerekli olduğu düğümler arasında kurduğu bağlantılarla, ağ bant genişliğinin etkin kullanımını sağlamaktadır.
- ATM istatistiki çoklama tekniğini kullanarak çok kullanıcının veri trafiğini tek bir ağ üzerinde birleştirir. Bunu da en etkin şekilde yapar.
- ATM anahtarları , mevcut ağ ekipmanı üzerinde hiç değişiklik yapmadan ya da çok küçük bazı değişiklikler yaparak ağa eklenebilir.

BÖLÜM 4. OPNET İLE UYGULAMANIN GERÇEKLENMESİ

4.1. Modelleme ve Simülasyon

Bilgisayar ağlarının kurulmadan önce test edilmesi amacıyla birebir modellenmesi mümkün değildir. Modelleme için gerek iş gücü gerekse ekonomik engeller vardır. Bu yüzden bu modellemeyi benzetim yöntemleri ile yapmak tercih edilmektedir.

Bilgisayar ağları araştırmalarında benzetim yöntemlerinin, yeni ağ teknolojilerinin etkin şekilde geliştirilmesi ve sınanması için bir ortam sağlanması açısından önemli bir rolü vardır. Benzetim yöntemleri, çeşitli ağ şartları ve senaryolarında iletişim protokollerinin değerlendirilmesine olanak sağlar. Çok çeşitli sistem şartlarında, protokolleri, bunların diğer protokollerle etkileşimini araştırmak ve diğer yaklaşımlarla karşılaştırmasını yapmak, protokollerin davranış ve özelliklerini incelemek açısından oldukça önem taşır. Benzetim yöntemlerinin arayüzü ise ağ simülatörleridir. Ağ simülatörlerinden en çok bilinen ve kullanılanları ise NS-2, NETSIM ve OPNET' dir.

Açık kaynak kodlu olan Network Simulator-2 (NS-2), ağ dünyasında OPNET ile birlikte en çok kullanılan yazılımlardan biridir. 1989 yılından beri geliştirilen NS-2, Linux platformu üzerinde çalışması için tasarlanmış ancak birtakım değişiklikler ile Windows platformuna da taşınabilmiştir. bilimsel araştırma, geliştirme çalışmaları için kullanılır. Şu an NS-3 versiyonu üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Kullanıcılara mevcut ağ araçlarıyla hizmet verebilmesiyle birlikte C++ kodu kullanarak geliştirme yapmaya da imkan tanır. Kullanımı diğer simülatörlerine göre daha zordur.

NETSIM, yapı olarak iki temel elemandan oluşur. İlki “NetMap” adı verilen ağ topolojisinin hazırlandığı arayüzdür. Burada ağ elemanlarını yerleştirerek ve bağlantılarını yaparak ağ altyapısı hazırlanır. İkincisi ise konfigürasyon ekranıdır. Cihaz bazında açılabilen bu ekran ilgili ağ cihazının ayarlarını yapmak için kullanılır. Kullanım kolaylığı bu simülatörün en belirgin avantajıdır. BOSON firması tarafından üretilen bu simülatör kısıtlı şartlara sahip olmasından dolayı NS-2 ve OPNET’ in gerisinde kalmıştır.

OPNET, ana teknolojisi 1986 yılına kadar dayanan, giriş seviyesinden başlayıp çok büyük ağlara uzanan model bazlı simülasyon bir programıdır. OPNET, belirgin olarak 3 pazara yönelik şekilde geliştirmelerini devam ettirmektedir. Servis sağlayıcılar için Service Provider Guru, kurumlar ve akademik araştırmalar için IT Guru, ekipman üreticileri için de Modeler ve Netbiz yazılımlarını üretmektedir. 1987 yılından beri de birçok şirket, Ar-Ge üretkenliğini artırmak, ürün kalitesini geliştirmek ve ürünlerinin pazara giriş süresini kısaltmak için OPNET Modeler çözümünü kullanmaktadır. Böylelikle firmalar bilgiye dayalı kararlar alarak en iyi network performansını elde ediyor, uygulama performansı sorunlarını çözebiliyor ve günümüzün hızla değişen ağ ortamlarında maliyeti ve riski azaltabiliyorlar.

OPNET, açık kaynak kodlu olmamakla birlikte, araştırmacıların rahatlıkla kullanabileceği pekçok ticari (Cisco, HP, IBM, Intel gibi) ağ aygıt modellerinin tanımlandığı, Proto-C adı da verilen C benzeri bir programlama dili ile modellemelerin yapılabileceği bir ağ simülasyon programıdır.

4.2. Opnet IT Guru

OPNET IT Guru, kablolu ve kablosuz ağ yapılarının tasarımı, optimizasyonu ve uygulama performansı ile ilgili analiz ve simülasyon çözümleri sağlamaktadır. Sunduğu ürün ve çözümler sayesinde, uygulama performans sorunları belirlenebilmekte, cevap süreleriyle ilgili gecikmeler teşhis edilebilmekte, VoIP (Voice over IP) veya video

konferans gibi teknolojiler için gerekli ağ performans testleri yapılabilmektedir. OPNET çözümleri bunların yanı sıra cihazlar, protokoller, bağlantı tipleri ve uygulamalardan oluşan kapsamlı bir portföye ve teknolojik gelişmeleri hızlı bir şekilde kendi yapısına adapte edebilen bir model kütüphanesine sahip bulunmaktadır. Kablosuz iletişim teknolojilerine yönelik modelleme ve simulasyon çözümleriyle, kullanıcıların istedikleri kablolu ve kablosuz iletişim yapısı sanal olarak kolayca oluşturulabilmektedir.

OPNET' i diğer simülatörlerden ayıran bazı önemli özellikleri vardır. Bu özellikler aşağıdaki şekilde sıralanmıştır :

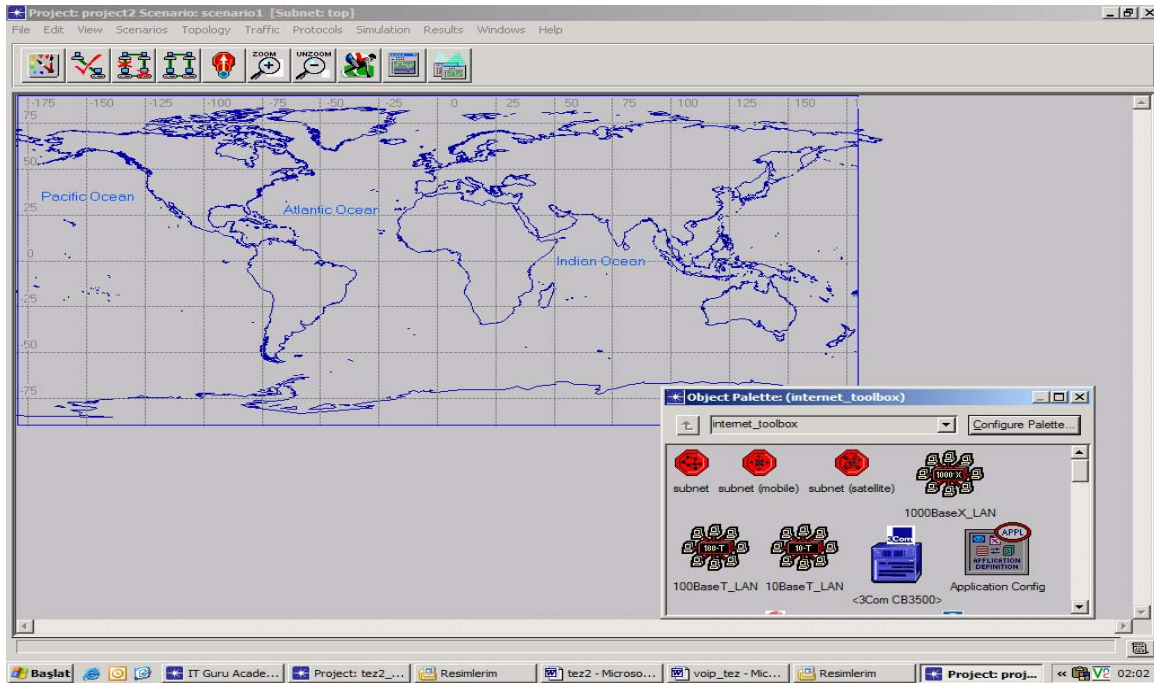
- Toplam IT bütçesinin azalmasını sağlayacak çözümler sunabilmektedir.
- Verimliliğin artırılması için belirlenmiş hata düzeltimi ve değerlendirmeye yönelik mekanizmalar sunabilmektedir.
- Üretkenliğin artması için uygulamaların cevap süreleri, ağ veya uygulama katmanları bazında gözlemlenebilir ve daha sağlıklı uygulamaların ağ ortamına aktarılmasına imkanverebilmektedir.
- Uygulama geçişlerinde risk minimizasyonu sağlanabilmesi için sistem hataları, fazla yüklenme veya ağda oluşabilecek tıkanıklık durumları simüle edilebilir.

OPNET' in en belirgin özelliklerinden biri de servis kalitesi parametrelerinin simülasyon üzerinde uygulanmasıdır. Tüm servis kalitesi parametreleri belirlenerek bir profil oluşturulur. Daha sonra bu profil istendiği zaman simülasyonun diğer parametrelerinden bağımsız olarak uygulanabilmektedir.

4.3. IT Guru Arayüzü ve Simülasyon Topolojisinin Hazırlanması

OPNET IT Guru ana penceresindeki dosya menüsünden yeni proje alanı seçildikten sonra istenilen haritalar ve ağ büyüklükleri belirlenerek simülasyonun ana şemasının yer alacağı alan belirlenir. Harita belirlendikten sonra açılan penceredeki menü yardımıyla

“Object Palette” adı verilen ağ nesnelerinin olduğu pencereden ağ oluşturulurken kullanılacak bileşenler seçilir ve istenilen ağ yapısı oluşturulur. Topoloji içerisinde kullanacağımız her türlü ağcihazları, sunucular, son kullanıcı cihazları, bağlantı tipleri bu menüden seçilerek topoloji içerisine yerleştirilebilir. Bu pencere topoloji tasarlanana kadar kullanacağımız bir menüdür. Ayrıca topoloji içerisinde kullanılacak uygulamalar için gerekli ayarlamaların yapılacağı konfigürasyon menüleri de bu pencereden seçilerek harita üzerinde istenilen herhangi bir alana yerleştirilir.



Şekil 4.1. IT Guru Arayüzü ve Nesne Paleti

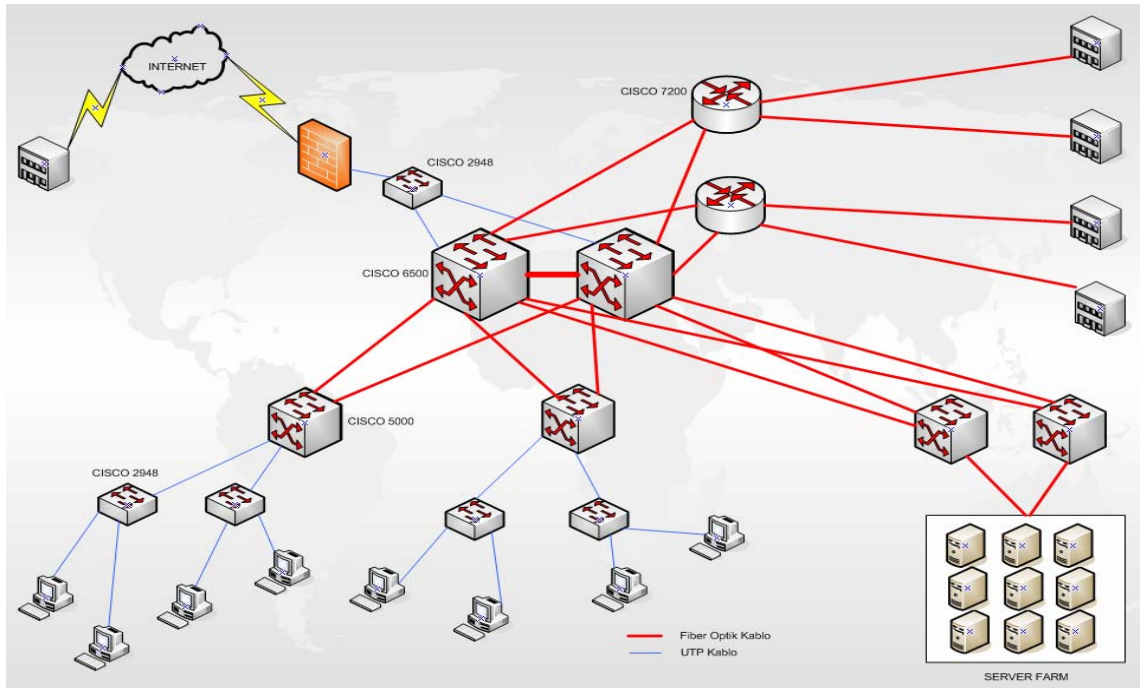
Bu çalışmada, IT Guru ile hazırlanmış olan iki adet kurumsal topoloji bulunmaktadır. Her iki topoloji de bir merkez ve dört adet uzak ofisten oluşmaktadır. İki topoloji arasındaki temel farklılık ise merkez yapıdaki omurga ağ yapısıdır. Birinci senaryoda omurga ağ ethernet teknolojisi üzerine kurulurken, ikinci senaryoda ağ omurgasında ATM teknolojisi kullanılmıştır.

Merkez ofis yapısında; ağın genel omurgası, merkezde çalışanların bulunduğu yerel ağ, uzak ofis bağlantılarının yapıldığı yönlendiriciler, uygulamaların üzerinde hizmet verdiği sunucular ve internet çıkışı yer almaktadır.

Uzak ofislerin yapısında ise burada bulunan kullanıcıların bağlandığı yerel ağ ve merkez ofise yapılan bağlantının bulunduğu yönlendirici bulunmaktadır.

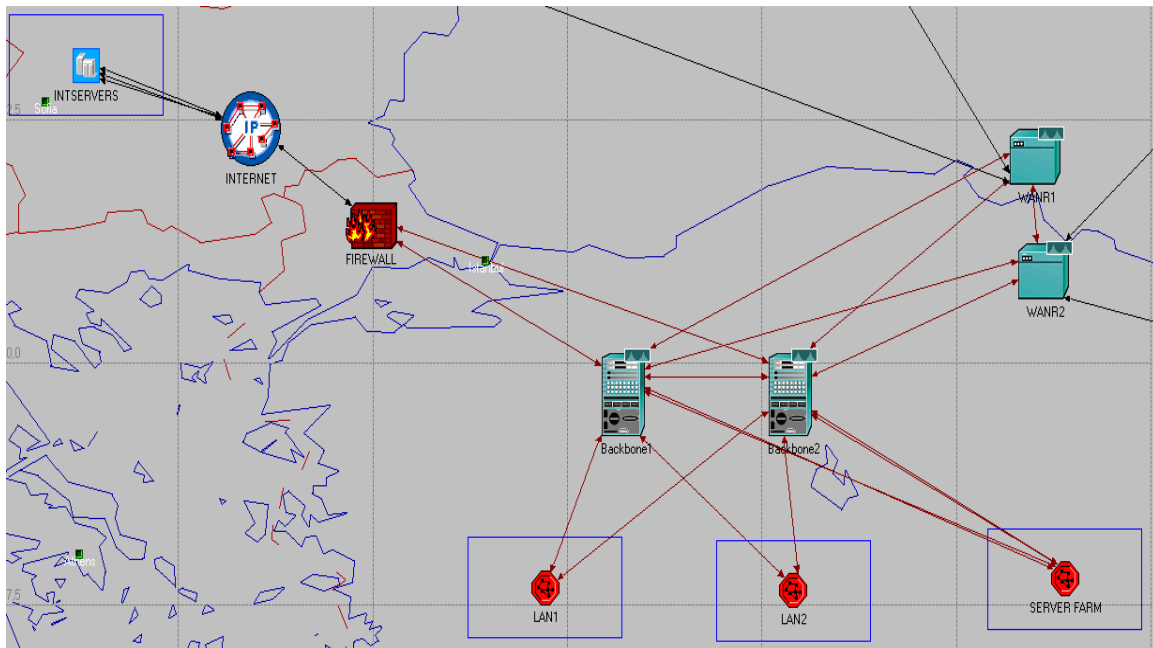
4.3.1. Birinci senaryoya ait ağ topolojisi

Birinci senaryodaki merkez ofis ağ omurgası, 1 Gbps hıza sahip hatlar ve bu hatları karşılayacak ağ cihazları kullanılmıştır. Bu hatlar üzerinden de ethernet protokolü ile haberleşme sağlanmıştır. Omurgadaki anahtarlayıcılar hem birbirlerine hem de diğer ağ cihazlarına ethernet protokolü ile bağlanmıştır. Tüm hatlar 1 Gbps olmasına rağmen ethernet teknolojisinin sağladığı fayda sayesinde omurga cihazları birbirlerine dört adet 1 Gbps hat üzerinden bağlanmıştır. “EtherChannel” adı verilen bu özellik sayesinde dört hattın tek bir 4 Gbps hızında çalışan tek bir hat gibi davranması sağlanmıştır.



şekil 4.2. Senaryo-1 Genel Topoloji şeması

Omurgada yer alan anahtarlayıcıların her ikisinden de yerel ağlara, uzak ofis bağlantısını sağlayan yönlendiricilere ve internet çıkışı sağlayan güvenlik duvarına bağlantı bulunmaktadır. Bunun sebebi cihaz ya da hat kaynaklı kesintilerin önüne geçmek ve erişilebilirliği sürekli hale getirmektir. Bunlarla birlikte sunuculara olan bağlantı da yedeklidir. Her iki omurga cihazının sunucuların olduğu yerel ağa ikişer bağlantısı mevcuttur. Bu bağlantılar ile süreklilik ve yük paylaşımı hedeflenmiştir.



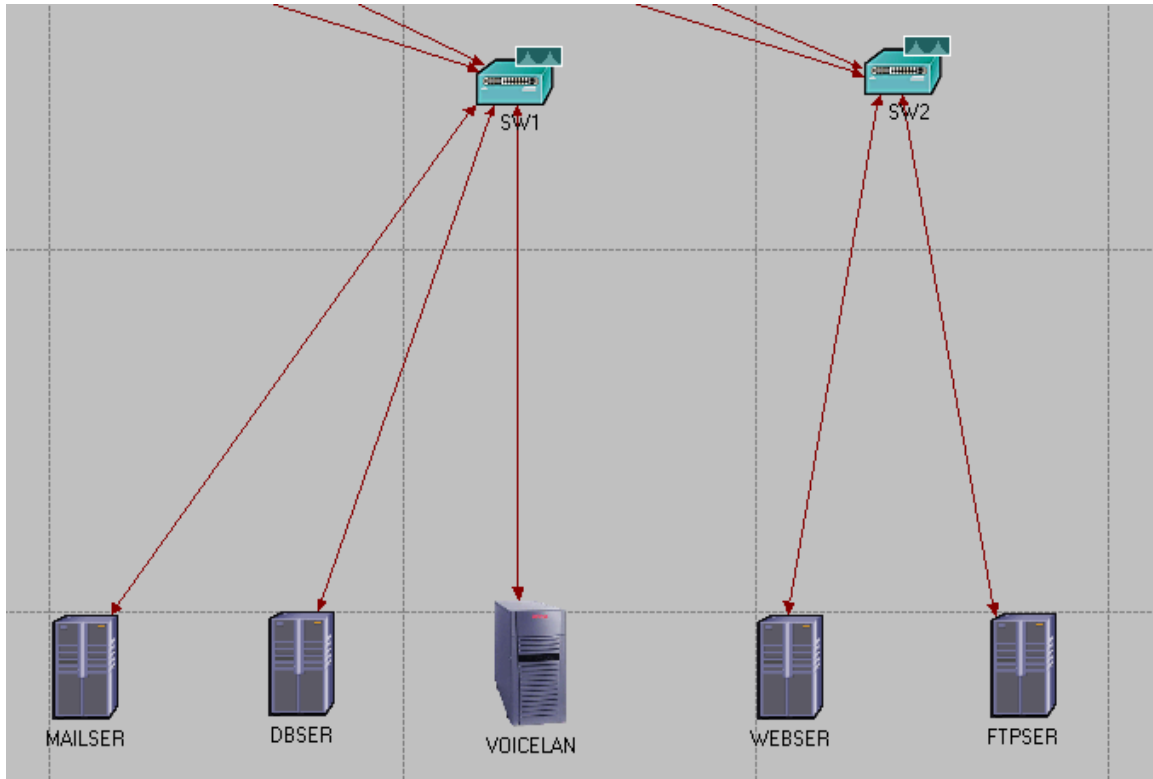
Şekil 4.3. Senaryo-1 Merkez Ofis Topoloji Şeması

ServerFarm olarak adlandırılan sunucu ağının yapısında iki adet anahtarlayıcı ve uygulamaların üzerinde bulunduğu sunucular yer almaktadır. Burada bulunan uygulamalar ;

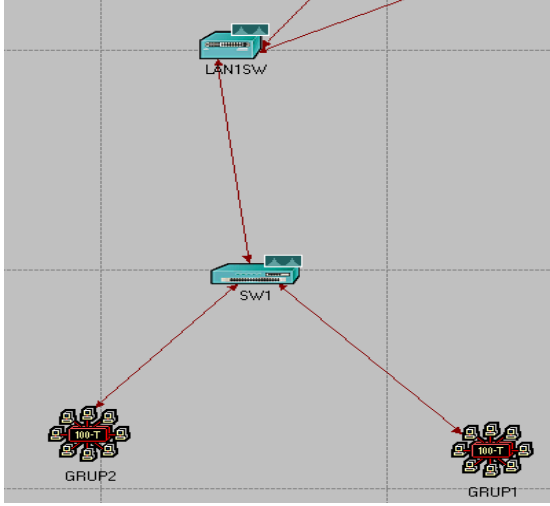
- Elektronik Posta (POP3,SMTP)
- Veri Tabanı
- VoIP
- Dosya transferi (FTP)

- Web (HTTP)

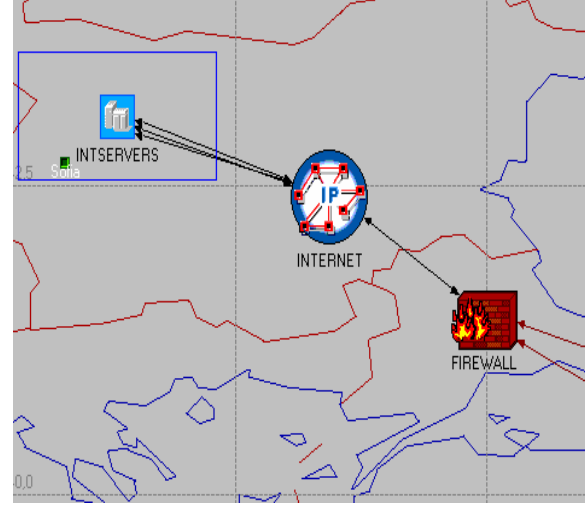
Omurga cihazlarına bağlı olan iki adet yerel ağ grubu vardır. Bu ağ gruplarında yine Grup 1 ve Grup 2 olmak üzere ikişer adet çalışma grubu vardır. Bu gruplar 50 adet kullanıcıdan oluşmuş ve grup içindeki anahtarlayıcıya bağlanmışlardır. Bu anahtarlayıcı da omurga cihazlar ile bağlantı kuran bir başka anahtarlayıcıya bağlanmıştır. Anahtarlayıcılar arasındaki bağlantı hızı 1 Gbps, anahtarlayıcı ile kullanıcılar arasındaki bağlantısı hızı 100 Mbps' dir. Kullanıcılar bu anahtarlayıcılar ile sunucular üzerinde çalıştırılan uygulamalara erişmektedirler. Aynı zamanda yine omurga cihazları üzerinden internet çıkışlarını gerçekleştirmektedirler.



Şekil 4.4. Merkez Ofis Sunucu Yerel Ağı



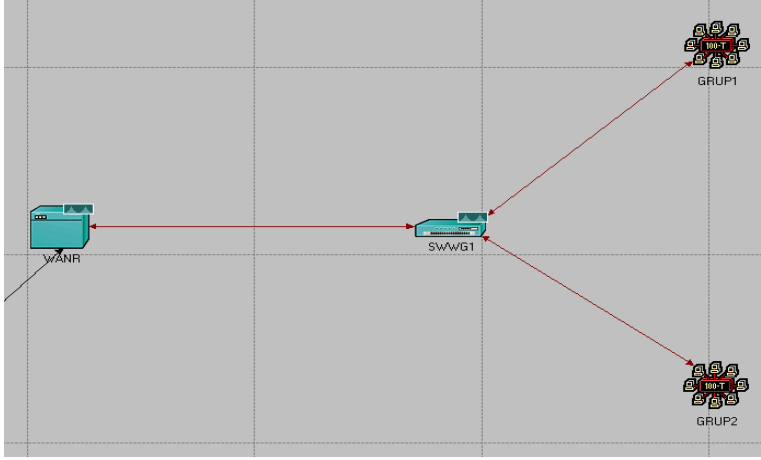
Şekil 4.5. Merkez Ofis Yerel Ağ Grubu



Şekil 4.6. Merkez Ofis İnternet Çıkışı

Yine omurga cihazlarına bağlı olan iki adet geniş alan ağı yönlendirici bulunmaktadır. Bu yönlendiriciler aracılığıyla dört adet uzak ofis bağlantısı kurulmuştur. Her uzak ofiste ise merkez bağlantısını karşılayacak bir adet yönlendirici bulunmaktadır. Merkez ofis ile uzak ofisler arasındaki bağlantı 2048 Kbps olan DS1 hatlar ile kurulmuştur. DS1 hatlar digital bir altyapıya sahip olup erişilebilirliği yüksek olan bir bağlantı türüdür.

Uzak ofislerde bulunan yönlendiriciye bağlı olan bir adet anahtarlayıcı vardır. Bu anahtarlayıcı, ofiste bulunan yerel ağ kullanıcıları ile yönlendiriciyi birbirine bağlar. Ağda 25 kişilik iki grup halinde toplam 50 kullanıcı yer almaktadır. Kullanıcılar tüm uygulamalarına ve internete merkez ofis üzerinden erişmektedirler.



Şekil 4.7. Uzak Ofis Ağ Topolojisi

4.3.1.1. Birinci senaryoda kullanılan omurga cihazları

Bu senaryoda omurga cihazları olarak Cisco 6500 serisi anahtarlayıcılar kullanılmıştır. 6500 serisi anahtarlayıcılar, saniyede 20 milyon paketi anahtarlayabilme kapasitesine sahip omurga cihazlarıdır. Kurumsal ağların çoğunda omurgada, servis sağlayıcılarda ise yine Cisco 12000 serisi ile birlikte oluşturulan omurgaya dağıtım katmanından bağlanarak kullanılmaktadır. “Multilayer” adı verilen çoklu katman özelliği sayesinde fiziksel katmandan taşıma katmanına kadar çalışabilmektedir. Cisco 6500 serisi günümüzün en çok kullanılan anahtarlayıcılarından biridir. Farklı modellerin olduğu gibi modüler yapısının verdiği avantaj ile farklılık çoklanabilmektedir. Bu senaryoda kullanılan modelin temel özellikleri aşağıdaki gibidir :

- 48 fast ethernet, 16 gigabit ethernet portu vardır.
- RIP, OSPF, IGRP, EIGRP, IS-IS ve BGP yönlendirme protokollerini destekler.
- MPLS anahtarlama teknolojisini destekler.

4.3.1.2. Birinci senaryoda kullanılan diğer ağ cihazları

Sunucu ağının bağlanması ve yerel ağların omurgaya olan erişimi için kullanılan anahtarlayıcı ise Cisco 5000 serisidir. Bu cihazların genel kullanımı dağıtım katmanı olarak tanımlanan kullanıcılar ile omurga arasında geçiş sağlayan katmandadır. Bu katmanda bulunan cihazlar sayesinde omurgaya çıkmasına gerek olmayan paketlerin dağıtım katmanı üzerinden yönlendirilebilir olmasıdır. Bundan dolayı dağıtım katmanındaki cihazlar yönlendirme yapabilen cihazlardır. Cisco 5000 serisi de ağ katmanında çalışabilen bir anahtarlayıcıdır. Senaryoda kullanılan anahtarlayıcı, 24 fast ethernet ve 12 gigabit ethernet portu bulunmaktadır.

Sunucu ağındaki bilgisayarlar Cisco 5000 anahtarlayıcılar ile direkt olarak dağıtım katmanına bağlanmıştır. Yerel ağdaki kullanıcılar ise Cisco 2948 mode bir başka anahtarlayıcı ile dağıtım katmanına erişmektedir. Bu cihaz, erişim katmanı adı verilen ve kullanıcıların ağa dahil oldukları noktayı ifade eden katmanda kullanılmıştır. Kullanıcılar direkt olarak bu anahtarlayıcıya bağlanmıştır. Böylelikle kendi aralarında oluşacak bir ağ trafiği yönlendirmeye ihtiyaç yoksa bu cihaz üzerinden gerekli kullanıcıya iletilecek ve dağıtım katmanındaki gereksiz trafik önlenmiş olacaktır. Bu cihazlar aynı zamanda senaryo içerisinde uzak ofis yerel ağlarında da kullanıcıları yönlendiricilere bağlamak için kullanılmıştır.

Merkez ofis ile uzak ofis bağlantılarının yapıldığı cihazlar ise Cisco 7204 model yönlendiricilerdir. Bu model Cisco firmasının en önde gelen cihazlarından biridir. Yüksek bir yönlendirme kapasitesine sahip olup kurumsal ağlarında birçoğunda tercih edilen bir modeldir. Bu yönlendirici de modler yapıya sahip olup, bu senaryodaki modelin özellikleri aşağıdaki gibidir :

- 4 seri, 8 fast ethernet, 1 gigabit ethernet portu vardır
- RIP, OSPF, IGRP, EIGRP, IS-IS ve BGP yönlendirme protokollerini destekler.

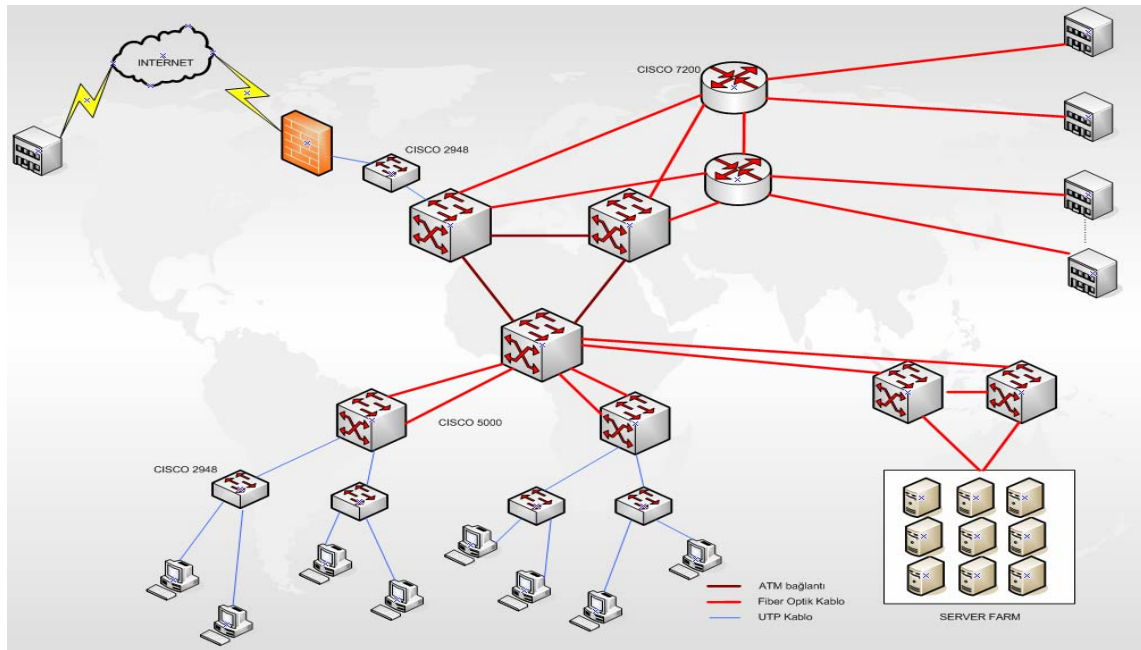
- MPLS anahtarlama teknolojisini destekler.

İnternet çıkışındaki güvenliği sağlamak amacıyla ağın internet bağlantısının olduğu noktaya bir firewall (ateş duvarı) konulmuştur. Bu cihaz, OPNET' in cihaz kütüphanesinde olan bir cihazdır. Üzerinde OSPF, EIGRP gibi yönlendirme algoritmalarını çalıştırmakla birlikte Proxy özelliği sayesinde protokol bazlı filtreleme yapabilmektedir. 8 adet ethernet portu bulunmaktadır.

4.3.2. İkinci senaryoya ait ağ topolojisi

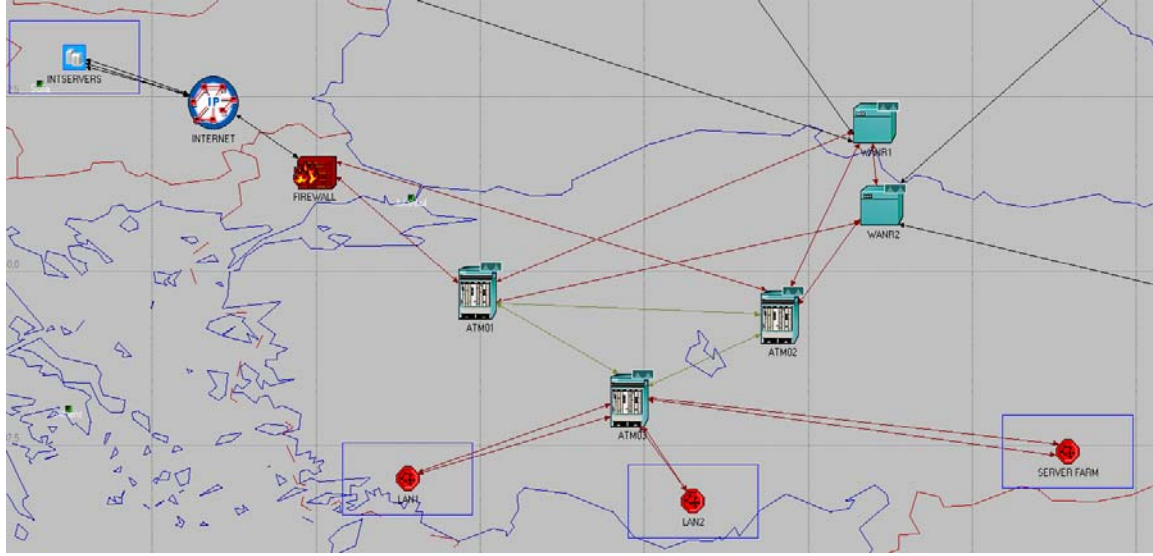
İkinci senaryodaki tek farklılık omurga yapısındadır. İlk senaryoda omurga cihazlarının birbirleri ile olan bağlantıları ethernet teknolojisi üzerinden yapılırken ikinci senaryoda ATM teknolojisi kullanılmıştır.

Omurga cihazlarına yerel ağ, sunucular, uzak ofis ve internet bağlantısı ise yine ethernet teknolojisi ile sağlanmıştır. Sunucu, internet, yerel ağ ve uzak ofis bağlantı ve yapılarında birinci senaryoya göre herhangi bir farklılık yoktur.



Şekil 4.8. Senaryo-2 Genel Topoloji Şeması

Omurgadaki ATM cihazları birbirlerine bağlanırken OC12 bağlantı tipinde bağlanmıştır ve her bağlantı 622 Mbps hızındadır. Bu cihazların sunucu, yerel ağ, internet ve uzak ofis bağlantıları ise birinci senaryodaki gibi 1 Gbps hızında oluşturulmuştur.



Şekil 4.9. Senaryo-2 Merkez Ofis Topoloji Şeması

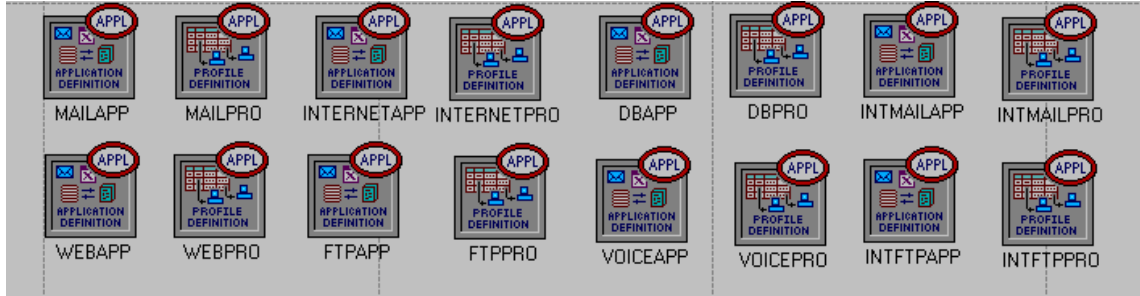
4.3.2.1. İkinci senaryoda kullanılan omurga cihazları

İkinci senaryoda omurgadaki cihazların hem ATM hem de ethernet arayüzü olması gerekliliğinden dolayı Cisco 12000 serinin 12016 modeli kullanılmıştır. Bu cihazlar Cisco' nun en üst düzey cihazlarından olup yaygın olarak servis sağlayıcılarda kullanılmaktadır. Bu senaryoda kullanılan Cisco 12016 modelinin temel özellikleri aşağıdaki gibidir :

- 10 ATM, 20 gigabit ethernet, 20 seri portu vardır.
- OSPF, EIGRP, IGRP, BGP, IS-IS yönlendirme protokollerini destekler.
- MPLS anahtarlama teknolojisini destekler.

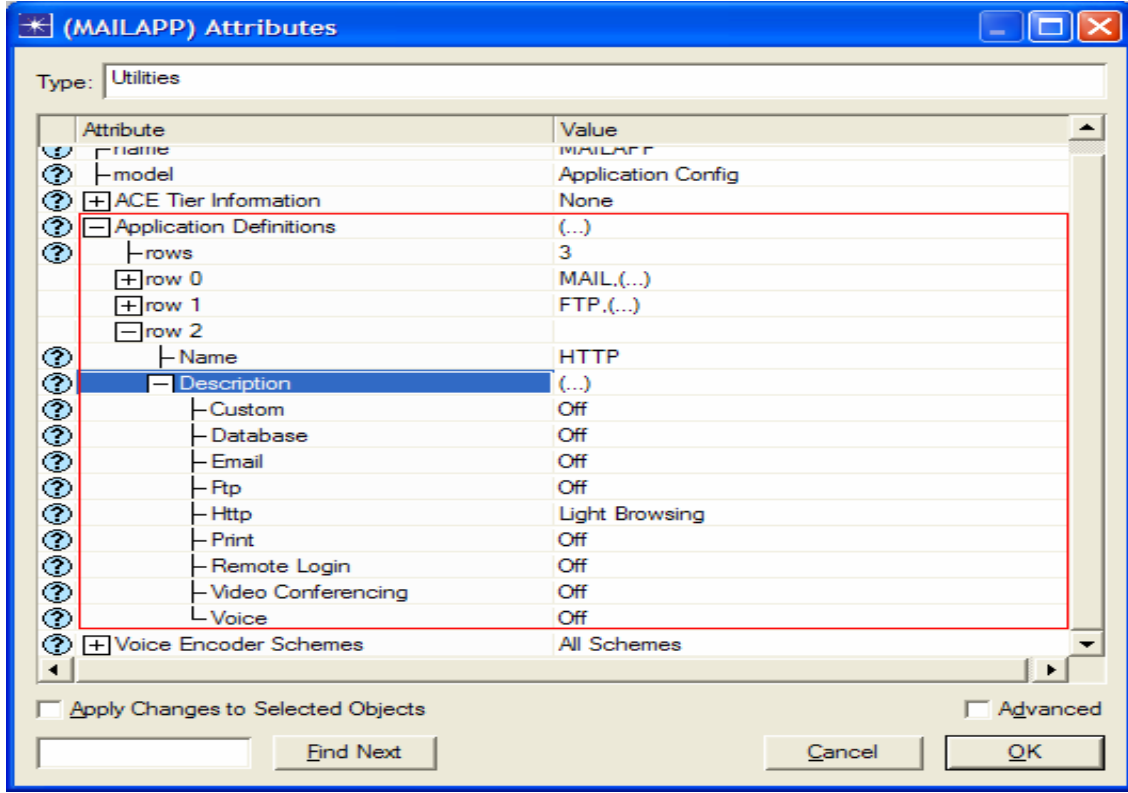
4.4. IT Guru Üzerinde Uygulamaların Fiziksel Topolojiye Entegrasyonu

It Guru üzerinde tüm ağ elemanlarının bağlantıları hazırlandıktan sonra bu ağ üzerinde çalışacak uygulamaların sümilasyona eklenmesi gerekmektedir. Uygulamaları hangi bileşenin oluşturacağını ve hangi bileşen veya bileşenlerin oluşturulan uygulamayı kullanacağını belirlemek gerekmektedir. Kullanıcılar uygulamayı oluşturan ve ilgili servisi sunan bileşene bağlanarak çalıştırdığı uygulama ile ilgili ağ üzerinde trafik oluşturmaktadır. Böylelikle ağ üzerinde üretilmiş olan trafik incelenebilmekte ve raporlanabilmektedir. Elde edilen raporlara göre eğer gerekliyse ağ üzerinde iyileştirmeler yapılabilir veya servis kalitesi ayarları ile uygulama traikleri düzenlenebilir.



Şekil 4.10. Uygulama ve Profil Konfigürasyonları

Uygulama konfigürasyonunda, uygulamanın ne tip bir uygulama olduğu ve hangi yoğunlukla servis sağladığı belirtilir. Bu konfigürasyon içinde istenirse birden fazla uygulama servisi yapılabilir. Örneğin uygulama konfigürasyonu içerisinde mail, dosya transferi ve web servisleri verilebilir. Aynı zamanda her uygulamanın yoğunlukları farklı olarak atanabilir. Böylelikle uygulama konfigürasyonu oluşturulurken ağ üzerindeki lokasyonların durumuna göre ortak konfigürasyonlar yapılabilir. Ancak çalışma içerisinde her uygulama için ayrı bir konfigürasyon oluşturulmuştur. Bu da çalışma esnasında daha esnek olmayı sağlamaktadır.



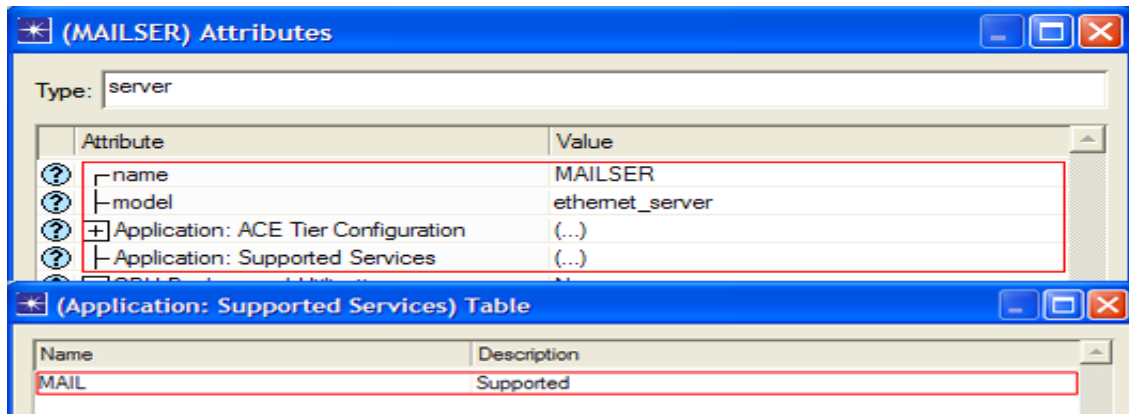
Şekil 4.11. Uygulama Konfigürasyonu Ayarları

Bu çalışmada kullanılan uygulamalar ve uygulamalar ile ilgili parametreler aşağıdaki gibidir :

- E-Posta : E-posta alma ve gönderme sıklığı exponansiyel olarak dağılmaktadır. E-posta boyutu olarak 1 Kb belirlenmiştir. Servis kalitesi ise best-effort yapıdadır.
- Web : HTTP 1.1 kullanılmaktadır. Sayfaya istekte bulunma aralığı exponansiyel olarak dağılmaktadır. Sayfa başına 1 Kb veri ve 5 adet resim bulunmaktadır. Servis kalitesi ise best-effort yapıdadır.
- İnternet : HTTP 1.1 kullanılmaktadır. İnternet üzerinden istekte bulunma aralığı exponansiyel olarak dağılmaktadır. Sayfa başına 5 Kb veri ve 10 adet resim bulunmaktadır. Servis kalitesi ise best-effort yapıdadır.

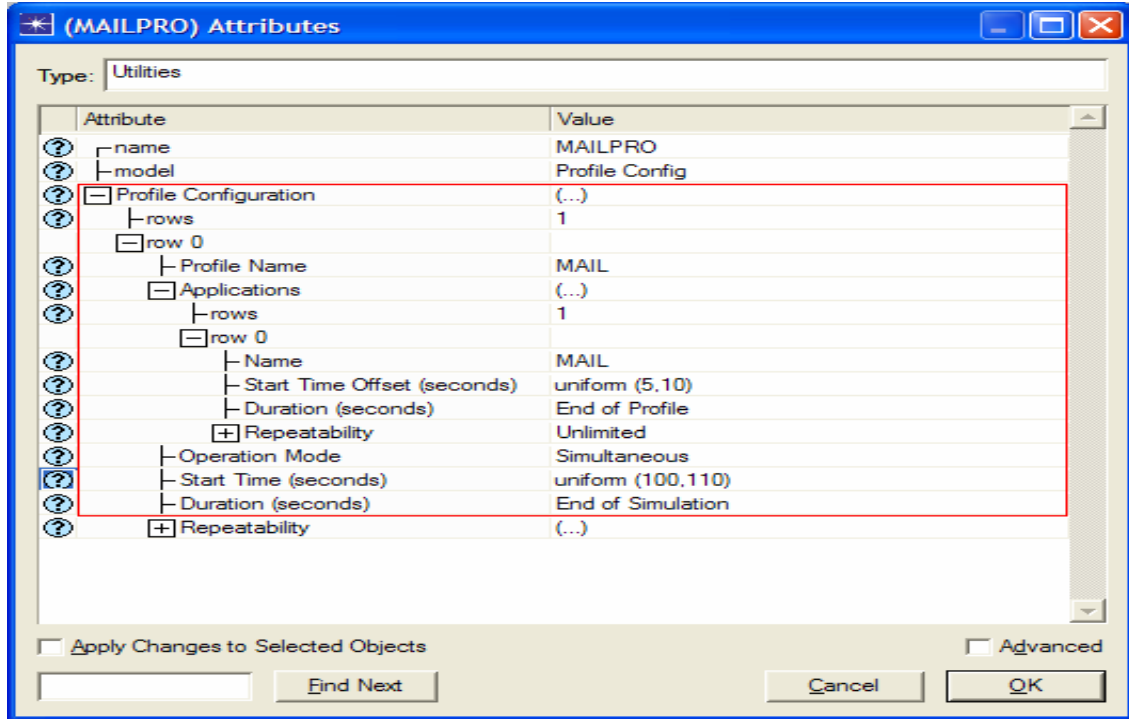
- Dosya transferi : Dosya transfer isteği zaman aralığı exponansiyel olarak dağılmaktadır. Her istekte bulunulduğunda 10 Kb veri gönderimi yapılmaktadır. Servis kalitesi ise best-effort yapıdadır.
- Ses : Ses trafiğinin oluşturulma aralığı exponansiyel olarak dağılmaktadır. Gerçek zamanlı bir veri olduğundan önceliklendirilmektedir. Ağ üzerinde en öncelikli veri konumundadır. Uygulanan servi kalitesi bölüm içinde daha detaylı olarak anlatılacaktır.
- Veri Tabanı Sorgusu : Veri tabanından istekte bulunma aralığı exponansiyel olarak dağılmaktadır. İşlem başına 100 baytlık sorgu paketi, cevap paketi veya veri tabanı işlemi için trafik oluşmaktadır. Ağ içinde kritik veri olarak nitelendirildiği için servis kalitesi politikalarına dahil edilmiştir. Servis kalitesi politikası uygulanmadan önce best-effort çalışırken, uygulandıktan sonra öncelikli veri sınıfına dahil edilmiş ve gerçek zamanlı işlemlerden sonra aktarımı sağlanmıştır. Az Gecikmeli kuyruklaama sistemi kullanılarak önceliklendirilmiştir

Uygulama konfigürasyon ayarları tamamlandıktan sonra bu uygulamayı hangi sunucunun servis edeceğini belirlemek gerekmektedir. Diğer bir deyişle uygulamaya ait trafiğin merkez noktasının belirlenmesi gerekmektedir. Sunucu ağından bir sunucu bir ya da birkaç uygulama için atanır ve bu sunucu üzerinden uygulamaya ait servis verilmeye başlanır.



Şekil 4.12. Sunucu Üzerinde Uygulmanın Eklenmesi

Profil konfigürasyonun da ise bu profilin hangi servisleri kullanacağını tanımlanabilir. Yine uygulama konfigürasyonunda olduğu gibi bu profil altına birden fazla uygulama atanabilmektedir. Profiller oluşturulduktan sonra bu profile ait olacak kullanıcıların belirlenmesi gerekmektedir. Gerekli görülen kullanıcılara ilgili profil atandıktan sonra bu kullanıcıların profil içindeki uygulamalara ait servis isteğinde bulunduğu ve servisi veren sunucuya arasında servise ait ağ trafiğinin oluştuğu görülecektir.



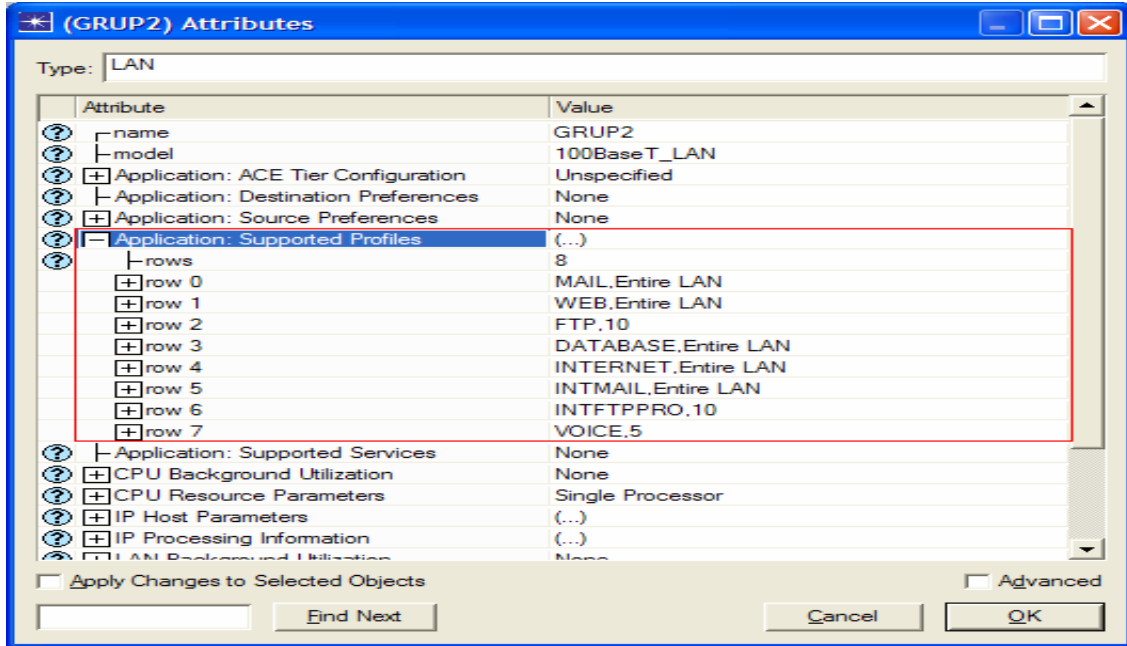
Şekil 4.13. Profil Konfigürasyonu Ayarları

Profil konfigürasyonu altında ilgili uygulamaya ait servisin nasıl çalışacağına ait bilgiler yer almaktadır. Bunlar uygulamaya ait servisin olduğu sunucuya isteğin ne zaman başlayacağı, ne kadar süreceği ve nasıl bir operasyonel yol izlediği gibi parametrelerdir.

Uygulamaya ait servisin olduğu sunucuya isteğin ne zaman başlayacağı "Start Time Offset" ayarından belirlenebilmektedir. Burada çeşitli matematiksel dağılımlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, exponansiyel dağılım kullanılmıştır. Sunucudan istenilen servisin bitiş zamanı ise "Duration" ayarı ile belirtilmiş olup simülasyon süresince

devam etmesi tercih edilmiştir. Diğer önemli bir parametre ise sunucudan ilgili uygulamaya ait servisi isteme operasyonunun nasıl yapılacağıdır. Buradaki seçenekler sıralı ya da eş zamanlı operasyonlardır. İlgili profile sahip kullanıcılar ya isteklerini sıralı gönderecek ya da eş zamanlı olarak hizmet almak isteyeceklerdir. Burda da tercih edilen eş zamanlı olmasıdır. Amaç gerçek modele en yakın sonuçları elde edebilmek olduğundan dolayı kullanıcıların eş zamanlı çalışması tercih edilmiştir.

Tüm bu ayarlar yapıldıktan sonra belirlenen kullanıcılara bu profil eklenerek, profildeki servise ait hizmetin alınması sağlanmaktadır.



Şekil 4.14. Kullanıcılar Üzerinde Profillerin Eklenmesi

4.5. IT Guru Üzerinde Servis Kalitesi Ayarlarının Oluşturulması

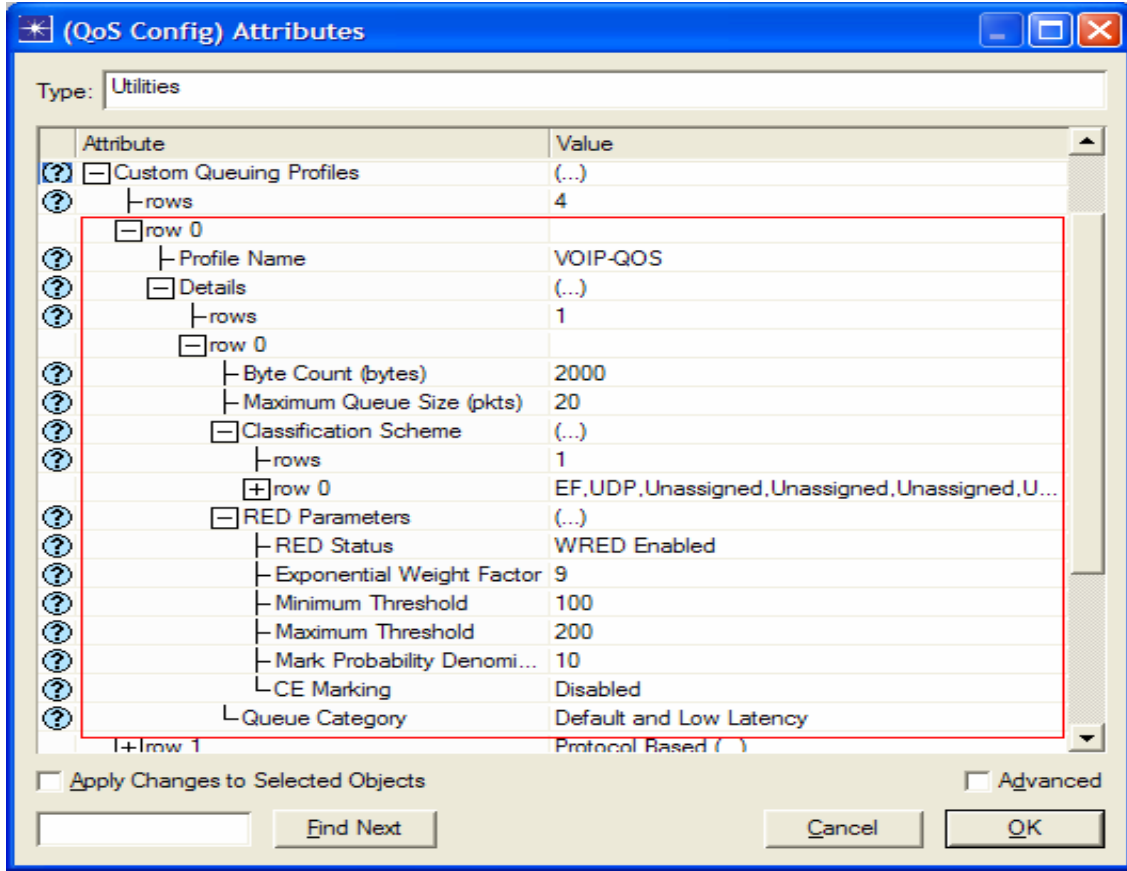
Bu bölüm içinde daha önce de söylendiği gibi servis kalitesi parametleri, uygulama ve profil konfigürasyonu veya fiziksel topoloji hazırlanmasından tamamen bağımsızdır. İstenilen ayarlamalar yapıldıktan sonra istenilen herhangi bir zamanda simülasyona dahil edilebilir ya da çıkarılabilir.

Servis kalitesi parametrelerini düzenlemek için IT Guru üzerinde yer alan “QoS Config” adı verilen servis kalitesi konfigürasyon aracı kullanılır. Bu araç sayesinde istenilen servis kalitesi ve kuyruklama yöntemi ayarları yapılabilir.

IT guru üzerinde servis kalitesi ayarları kuyruklama yöntemleri belirlenmesinde bağımsız değildir. 5 kuyruklama yönteminin desteklediği bu simülasyon aracında, servis kalitesi parametreleri kuyruklama yöntemlerinden biri seçilerek onun altında tanımlanmaktadır. Bu kuyruklama yöntemleri Bölüm 2’ de de bahsedilen FIFO, Geleneksel Kuyruklama, Az Gecikmeli Kuyruklama, Ağırlık Kurallı Kuyruklama ve Öncelikli Kuyruklama yöntemleridir. Bu çalışmada ise ses paketlerinin en yüksek önceliğe ihtiyaç duyması ve diğer paketlerin de sınıflandırılması gerekliliği olduğundan Az Gecikmeli Kuyruklama sistemi kullanılacaktır.

Ses trafiği için Az Gecikmeli Kuyruklama sistemi kullanılmış ve uygulanan parametrelerin detayları aşağıdaki gibi belirtilmiştir :

- Servis Tipi : DSCP koduyla tanımlanan bu bölge 16’ lık sayı sistemine göre EF olarak tanımlanmıştır. EF, Bölüm 2’ de bahsedilen sınıfların en üstündeki önceliklendirilmedir. Böylelikle Az Gecikmeli Kuyruklama sisteminde en öncelikli servis tipini oluşturmuş oluyoruz.
- Protokol : Bu alan da UDP olarak belirlenmiş ve oluşturulan profilin UDP paketlerini en öncelikli olarak sınıflandırması sağlanmıştır.
- WRED : Random Early Detection (Erken Farketme) sisteminin bir türüdür. Bu parametre de hatlarda doluluk olacağını anladığı zaman önceliği en düşük olan trafiğe ait paketleri hattan atarak daha öncelikli trafiğin paketlerinin herhangi bir gecikme olmadan hedefe varmasını sağlar.
- Kuyruklama Tipi : Burada da zaten kullanacağımız sistem olan Az Gecikmeli Kuyruklama tipi seçilir.



Şekil 4.15. Servis Kalitesi Parametleri

Servis kalitesi profili oluşturulduktan sonra tıpkı uygulama konfigürasyonunun kullanıcılara uygunlandığı gibi gerekli ağ elemanlarına uygulanması gerekmektedir. Burada iki adımda gerçekleşmektedir. Hem en uçtaki kullanıcı ve sunuculara servis kalitesi profili olarak oluşturulan profili atamak hem de aradaki tüm ağ cihazlarına bu profili uygulamak gerekmektedir. Birinci adımda daha önce kullanıcılara eklenen profiller gibi servis kalitesi profili de eklenir. İkinci adımda ise IT Guru protokoller menüsündeki IP/QoS alanı seçilerek oluşturulan profil tüm ağ cihazlarına uygulanır.

4.6. Simülasyon Sonuçları

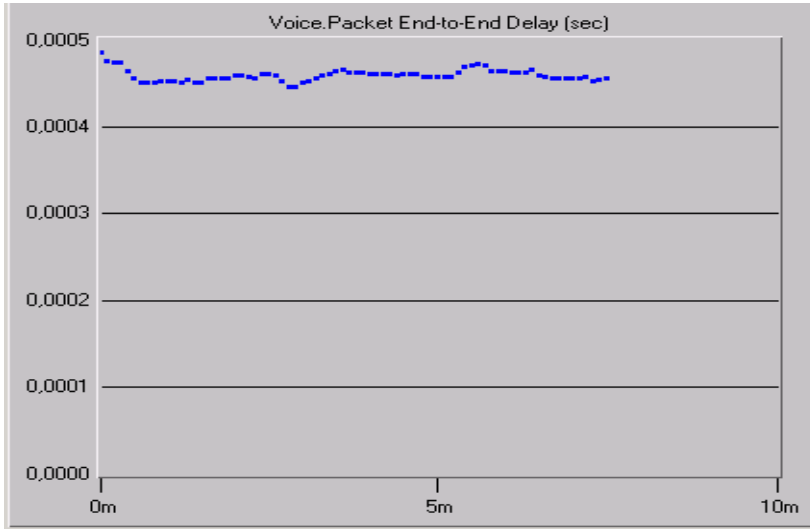
Bu çalışmada, simülasyon sonuçları üç ayrı kısımda incelenecektir. Birinci kısımda ethernet omurgasına sahip senaryoya ait sonuçlar, ikinci kısımda ethernet omurgasına sahip senaryoya servis kalitesi profili eklenerek elde edilecek sonuçlar ve son kısımda ATM omurgasına sahip senaryoya ait sonuçlar olacaktır. Bu üç kısımdan elde edilen simülasyon sonuçlarından ethernet ve servis kalitesi uygulanmış ethernet senaryosu kendi arasında, servis kalitesi uygulanmış ethernet senaryosu da ATM senaryosu ile karşılaştırılacaktır. ATM, yapısı gereği servis kalitesi politikalarını kendi içinde barındırdığından dolayı servis kalitesi uygulanmamış ethernet omurgasına sahip senaryosu ile karşılaştırılması doğru bir yaklaşım olarak görülmemiştir.

4.6.1. Birinci senaryoya servis kalitesi politikası uygulanmadan alınan sonuçlar

Ethernet omurgasına sahip ağ üzerinde servis kalitesi politikası uygulanmadan alınan sonuçlar trafik bazında incelenerek grafiksel olarak gösterilmektedir.

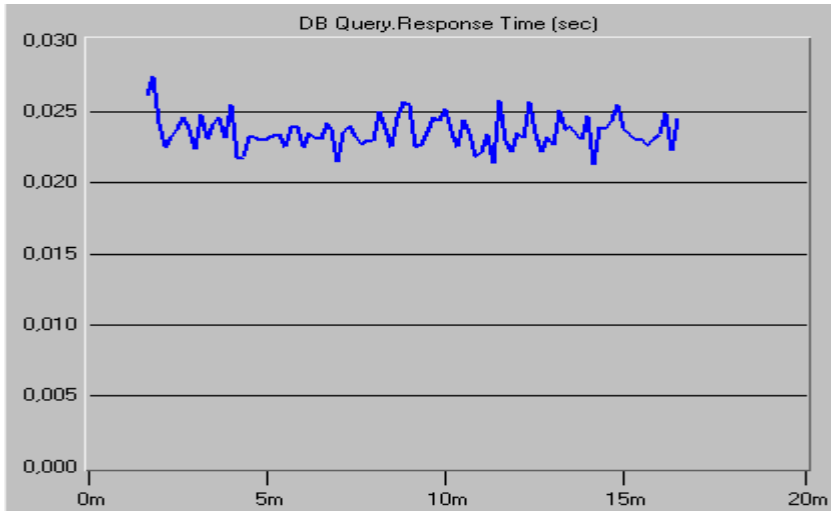
Simülasyon süresi olarak 1000 saniye belirlenmiş ve bu süre içerisinde her uygulama türünün yaklaşık olarak saniyede minimum 8Kbayt boyutunda bir trafik ürettiği görülmüştür. Bu trafiklerin oluşturduğu gecikme ve cevap süresi gibi değerler grafiksel olarak gösterilmektedir. Hiçbir trafik önceliğe sahip değildir. Tüm trafikler best-effort servis sınıfına dahil edilip ağ üzerinde eşit öncelikte olması sağlanmıştır.

Ağ içerisinde yer alan servislerden ses trafiğinden elde edilen sonuçların içinde kritik olan veri, uçtan uca yaşanan gecikme değeridir. Bu değer ne kadar büyük olursa ses iletişimindeki kalite o kadar düşmüş ve paket kayıpları artmış olduğunu gösterir. Dolayısıyla bu değer ses trafiği için önem kazanmaktadır. Simülasyondan çıkan sonuç ise bu değerın ortalama 0,005 sn olduğunu göstermektedir. Bu da insan kulağının algılayamayacağı bir değerdir. Ancak yine de diğer trafiklerin artmasından etkilenecek ilk uygulamanın da ses gibi gerçek zamanlı uygulamalar olduğu unutulmamalıdır.



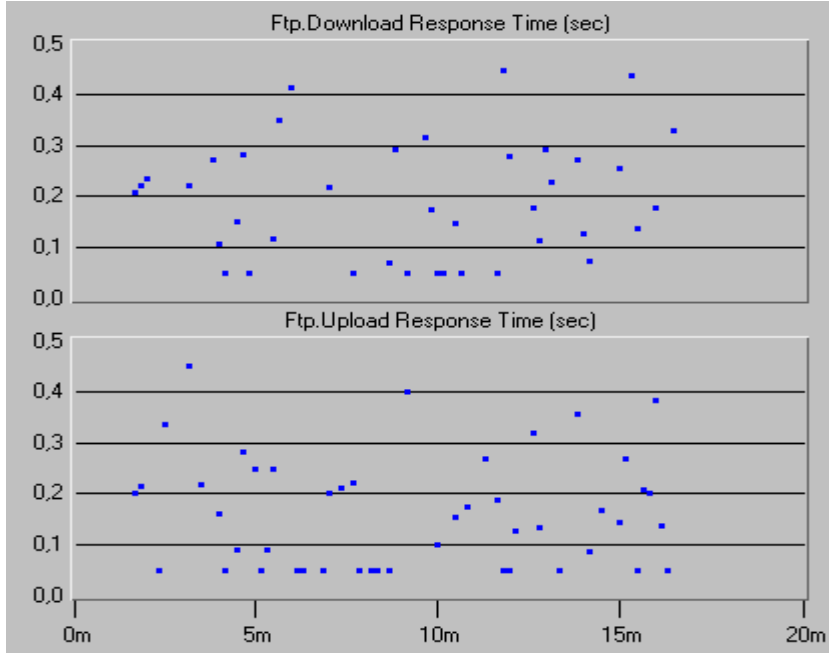
Şekil 4.16. Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi

Ağ üzerinde diğer bir uygulama olan veri tabanı işlemleri de kullanıcılar için önem taşımaktadır. Bu uygulamanın kritik noktası veri tabanı servisini veren sunucunun kullanıcılara işlemler için cevap dönme süresidir. Cevap süresinin kısalığı hem kullanıcı bazında hem de ağ bazında bir sorunun olmadığını gösterir. Servis kalitesi politikası uygulanmamış veri tabanı işlemleri için cevap süresinin yaklaşık olarak 0,022 ile 0,028 saniye aralığında olduğu görülmüştür.



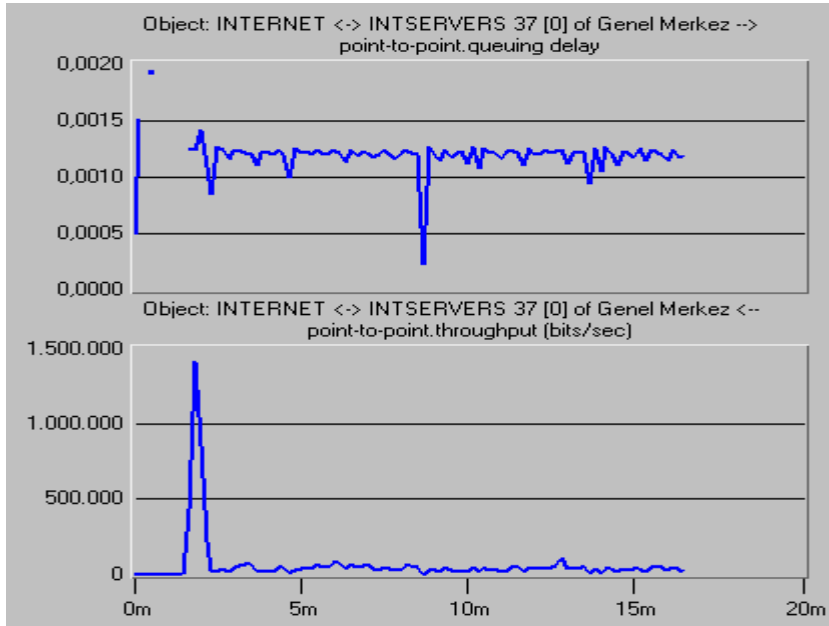
Şekil 4.17. Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi

Kullanıcıların dosya alımı ya da dosya gönderimi yaptığı sunucu ile birlikte oluşturduğu dosya transferi trafiğinde incelenmesi uygun görülen parametreler dosya gönderme ve alma hızıdır. Dosya transferi ne kadar hızlı gerçekleşiyorsa kullanıcılar ve sunucu arasında o derece az gecikme yaşanıyor demektir. Bu değer 0,1 ile 0,5 saniye aralığında düzensiz olarak oluştuğu gözlemlenmiştir.



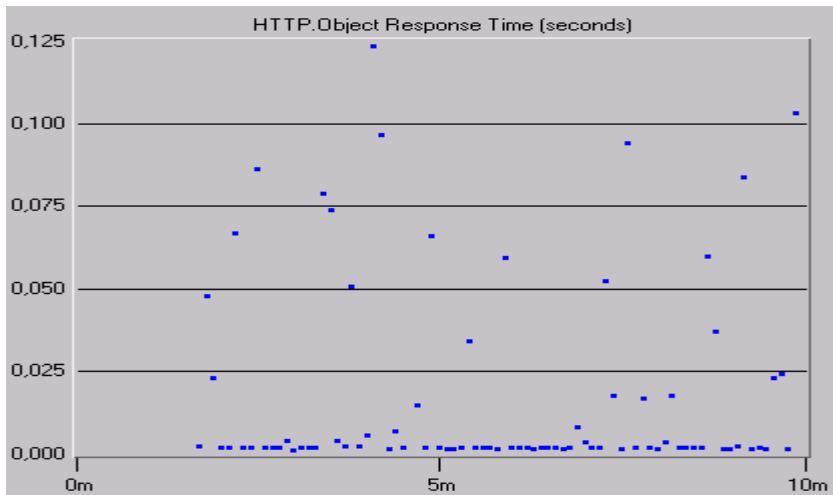
Şekil 4.18. Dosya Alım ve Gönderim Süresi

Ağ üzerindeki internet trafiği de internete bağlı hat üzerindeki çıkış miktarı ve bu hat üzerindeki gecikme üzerine yoğunlaşarak incelenmiştir. Burada oluşan trafik çıkış miktarı saniyede 50 Kbit olarak oluşmuş ve bunun sonucunda hat üzerinde yaklaşık olarak 0,0002 ile 0,0015 saniyelik bir aralıkta gecikmeler yaşanmıştır.



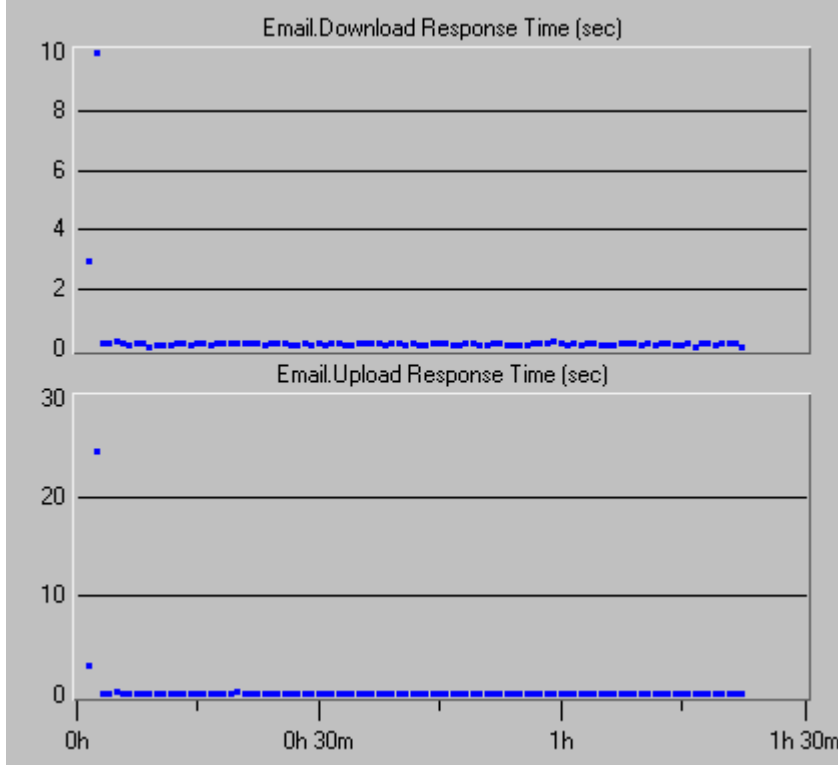
Şekil 4.19. İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme

Kurumsal ağ içerisindeki web trafiğini ağ içinde http protokolünü kullanan uygulamalar oluşturmaktadır. Bunun içinde verilen web servisleri ve intranet web sayfaları bulunmaktadır. Diğer uygulamaların bazılarında olduğu gibi bu uygulamada da sunucunun isteğe verdiği cevap süresi önemlidir. Oluşturulan simülasyon ortamında web servisleri için ortalama cevap süresi 0,01 ile 0,125 saniye aralığındadır.



Şekil 4.20. Web Sayfaları Cevap Süresi

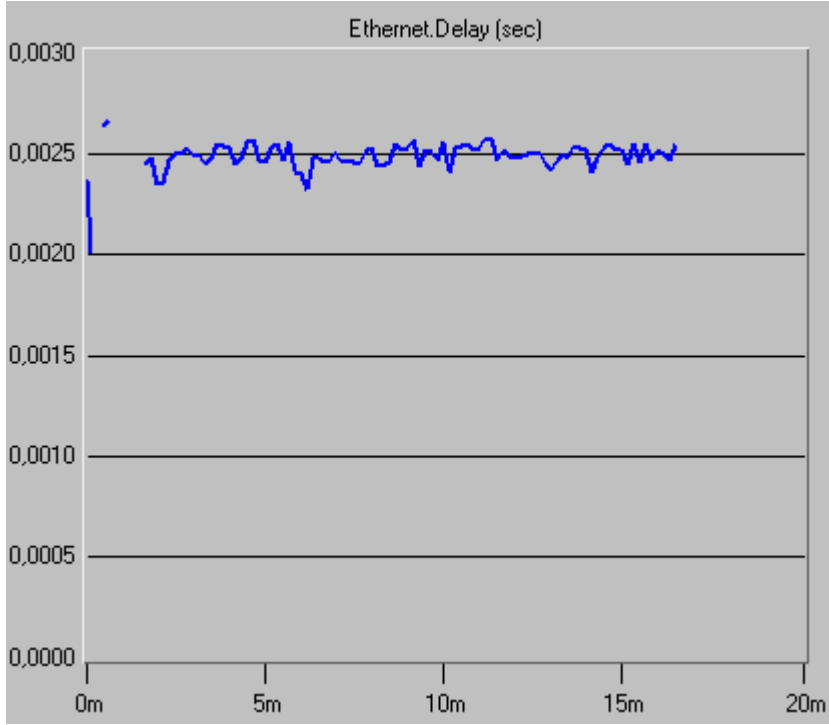
E-posta trafiği, dosya transferinde olduğu gibi gönderme ve alma hızı ile değerlendirilmiş ve bu srenin alma ve gönderme için yaklaşık 0,1 saniye olduğu, görülmüştür.



şekil 4.21. E-Posta Alma ve Gönderme Süresi

Ağ içindeki trafiklerin durumlarının yanında aradaki hatlar üzerindeki durumlar da önemlidir. Bu hatlar üzerinde yaşanan gecikme, uygulamalara da yansıyacağından, uygulama da ulaşacak bir sorunun kaynağının araştırılması noktasında oldukça kritik bir parametredir. Bu çalışmada örnek olarak ethernet hatlar üzerindeki ortalama gecikme ve kullanıcıların bağlı olduğu hatlar ile sunucuların bulunduğu hatlardaki kuyruklama gecikmesi incelenmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

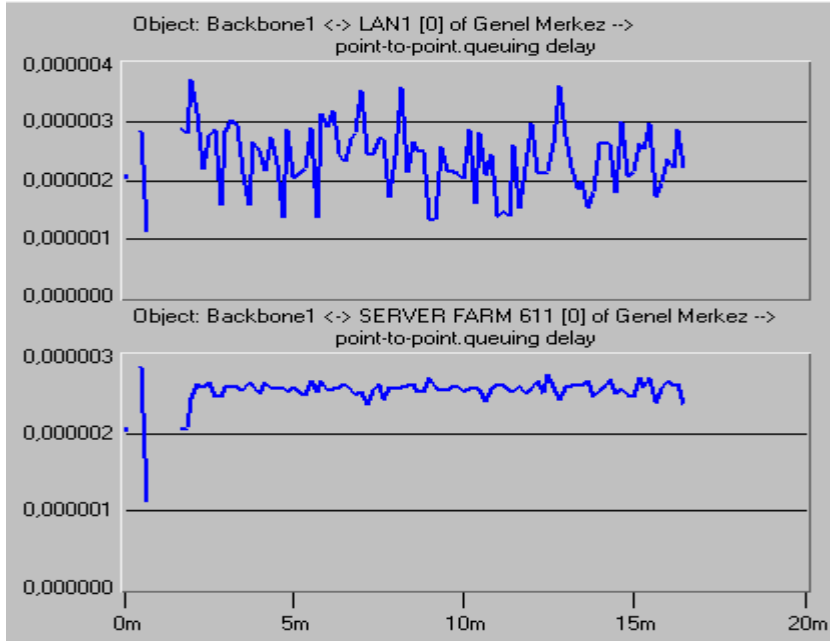
Ethernet hatlar üzerinde yaşanan ortalama gecikmenin değerini ortalamasının 0,0025 saniyenin üzerinde llmştr. Bu gecikmenin servis kalitesi politikaları uygulandığında düşmesi beklenir.



Şekil 4.22. Ethernet Ortamındaki Ortalama Gecikme

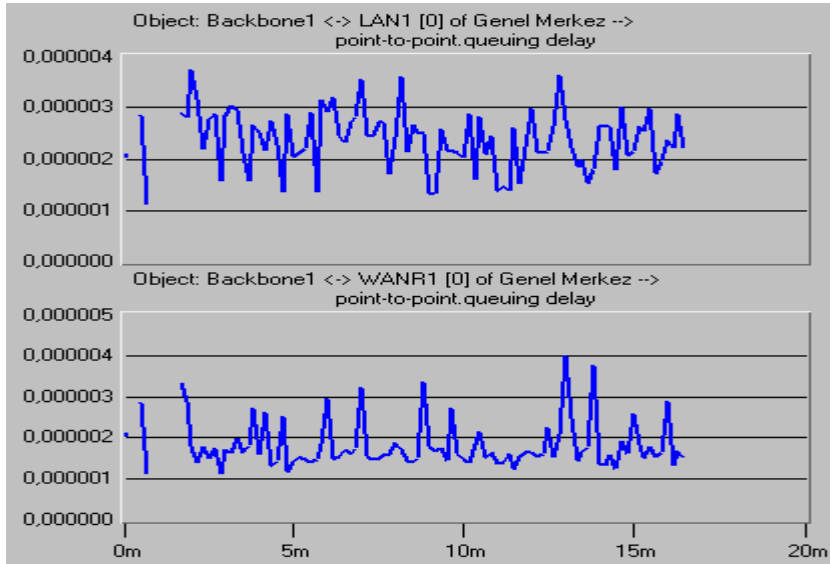
Ethernetteki gecikmeyle birlikte kullanıcı ve sunucuların bağlı olduğu ağ cihazlarının omurga üzerindeki cihazların aralarında oluşan kuyruklama gecikmesi de ölçülmüştür. Kullanıcılar hem merkez ofiste hem de uzak ofislerde bulunduğu için her iki tip kullanıcı için de ölçüm yapılmıştır.

Merkez ofiste bulunan kullanıcıların bağlandığı noktadaki omurga ağ cihazları ile kullanıcıların bağlı olduğu yerel ağ cihazındaki anahtarlayıcı arasındaki kuyruklama gecikmesi yaklaşık $3,5 \cdot 10^{-6}$ saniyeye kadar çıkmıştır. Yine merkez ofiste bulunan sunucular için bu değer de yaklaşık $2,5 \cdot 10^{-6}$ saniye olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.23. Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri

Ölçülen kuyruklama gecikmesi uzak ofis kullanıcıları için ise farklıdır. Ağ üzerinde daha fazla düğümden geçen bu kullanıcılar için kuyruklama gecikmesinin çok düzensiz olduğu ve $1 \cdot 10^{-6}$ ile $4 \cdot 10^{-6}$ saniye aralığında ölçülmüştür.

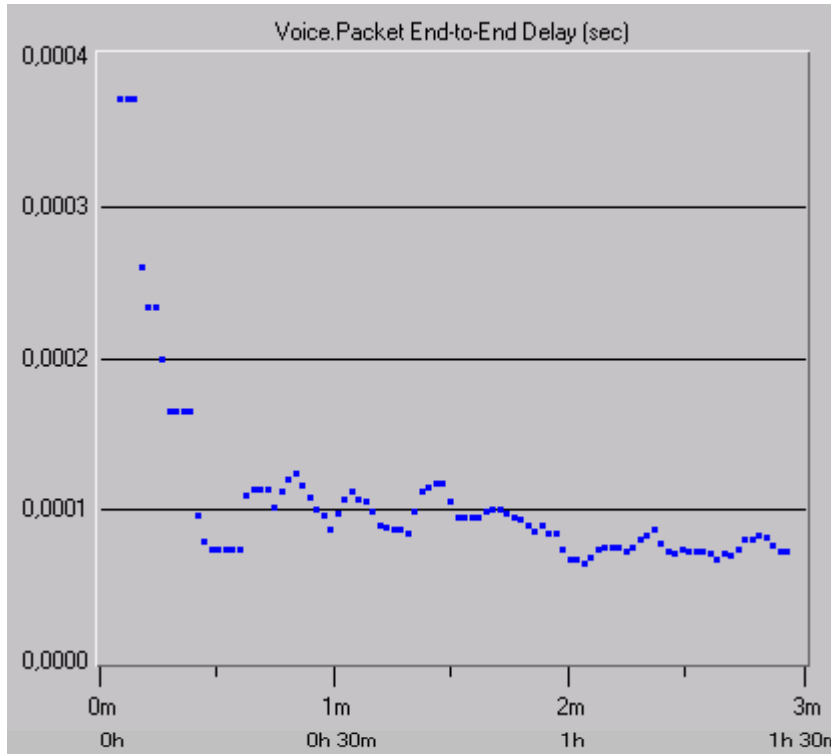


Şekil 4.24. Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri

4.6.2. Birinci senaryoya servis kalitesi politikası uygulanarak alınan sonuçlar

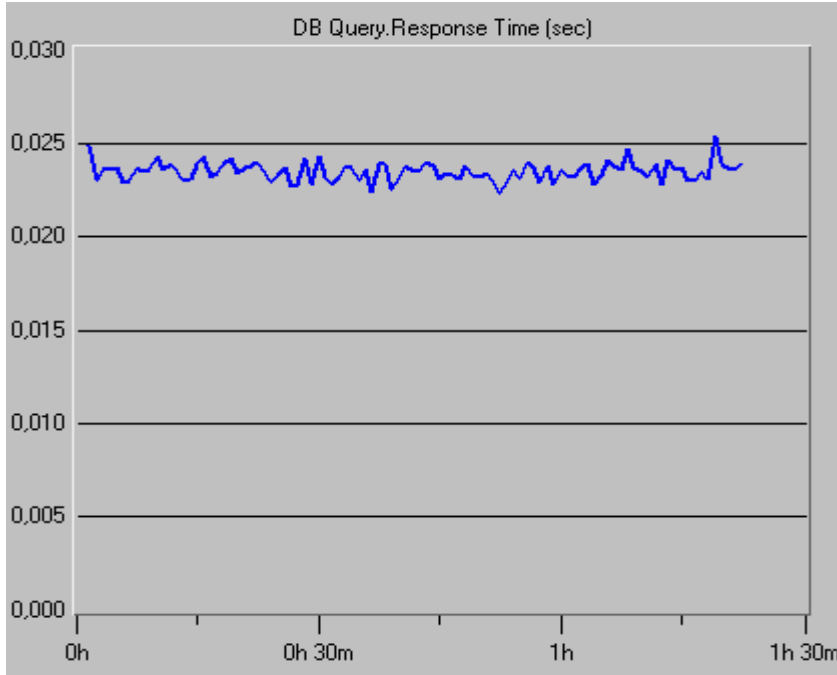
Ethernet omurgası üzerinde servis kalitesi politikalarının uygulanması gerektiği ve servis sınıflarının ancak oluşturulacak harici bir politika ile ayrıştırılabileceği Bölüm 3’ de söylenmişti. Simülasyonda oluşturulan ağ üzerindeki trafikler, Bölüm 5 içerisinde sınıflara ayrılmıştı. Buna göre ses en öncelikli trafik sınıfı, veri tabanı işlemleri kritik veri sınıfına sokularak ikinci öncelikli trafik sınıfı ve diğer trafikler de best-effort servis sınıfına sokulmuştur.

Ses trafiği zaman kritikli bir uygulama olduğu ve gecikmeye karşı oldukça hassas olduğundan mutlaka önceliklendirilmesi gereken bir trafiktir. Simülasyonda, ses paketi en öncelikli trafik olarak belirlenmiş ve uçtan uca gecikme süresinin 0,001 saniyenin altına kadar düşütüğü görülmüştür.



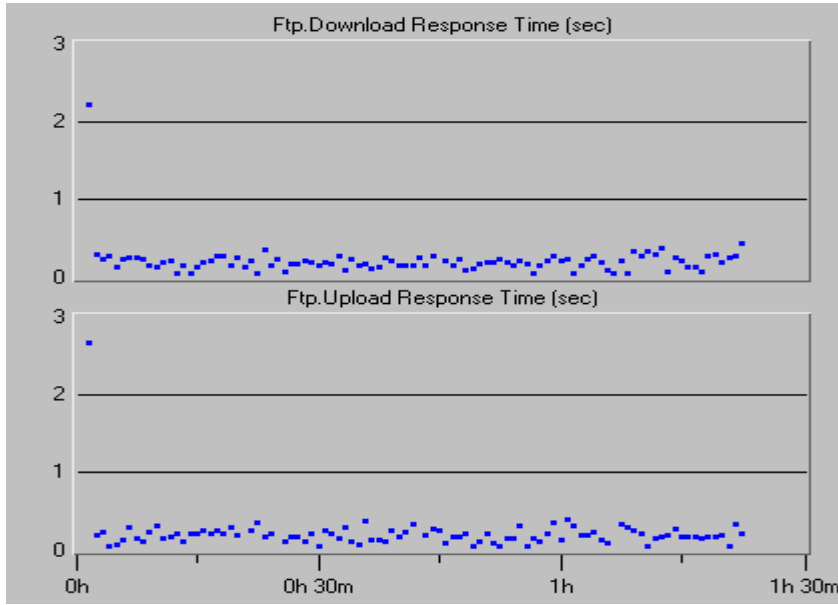
Şekil 4.25. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi

Ses paketlerinden sonra ikinci önceliğe sahip olan trafik, veri tabanı uygulamalarına aittir. Daha önce Bölüm 3’ de bahsedilen DSCP öncelik değerlerinden AF21 atanarak, bu trafiğin sesten sonra en öncelikli paket olduğu ve paket kaybına karşı hassas olduğu belirlenmiştir. Servis kalitesi politikası ağ üzerinde uygulandıktan sonra veri tabanı sunucusunun sorgulara olan cevap süresi 0,025 saniyenin altında ve daha stabil bir şekilde seyretmiştir.



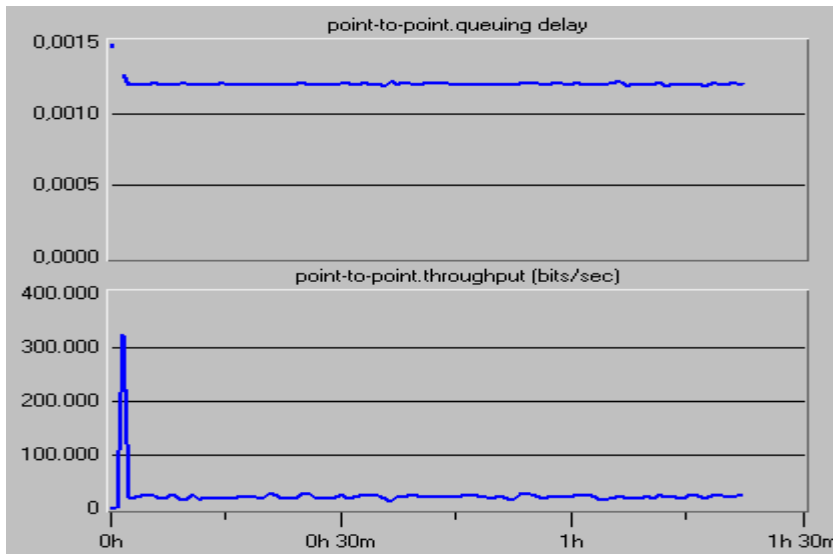
Şekil 4.26. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi

Dosya transferi işlemleri, öncelikli bir veri olarak tanımlanmamış ve best-effort servis sınıfına dahil edilmiştir. Bunun sonucu olarak servis kalitesi politikası ağ üzerinde uygulandığında dosya transferi işlemlerinin hız kazanmadığı görülmüştür. Servis kalitesi politikası uygulanmadan önce alınan değerler 0,1 saniye ile 0,5 saniye aralığındayken, uygulandıktan sonra dosya alıp gönderme sürelerinin 0,5 saniye civarında yoğunlaştığı görülmüştür.



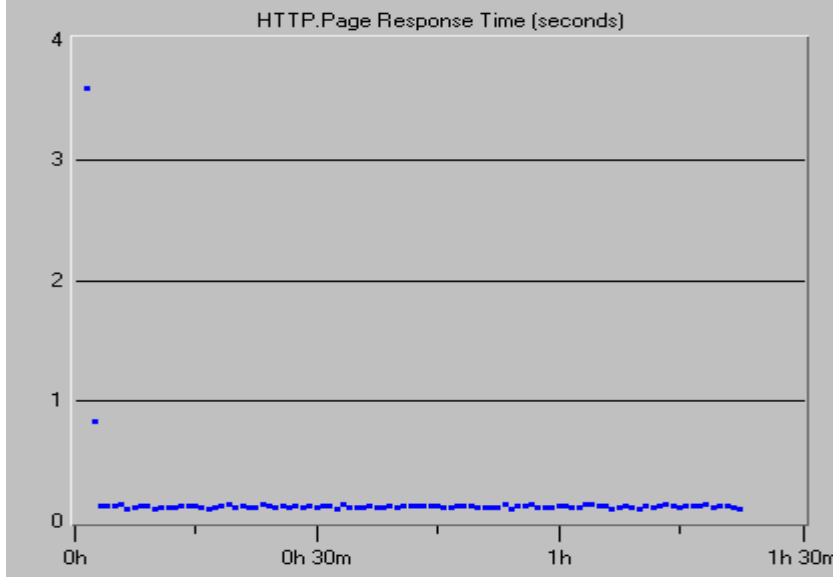
Şekil 4.27. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Dosya Alım ve Gönderim Süresi

Ağ üzerinde internet trafiğinin bağlı olduğu cihazlar üzerindeki gecikmeler servis kalitesi politikaları uygulandıktan sonra da incelenmiştir. Yaşanan gecikme 0,0012 saniyeye olarak ölçülmüştür. Ortalaması daha yüksektir ancak daha düzenli bir yapıya dönüşmüştür.



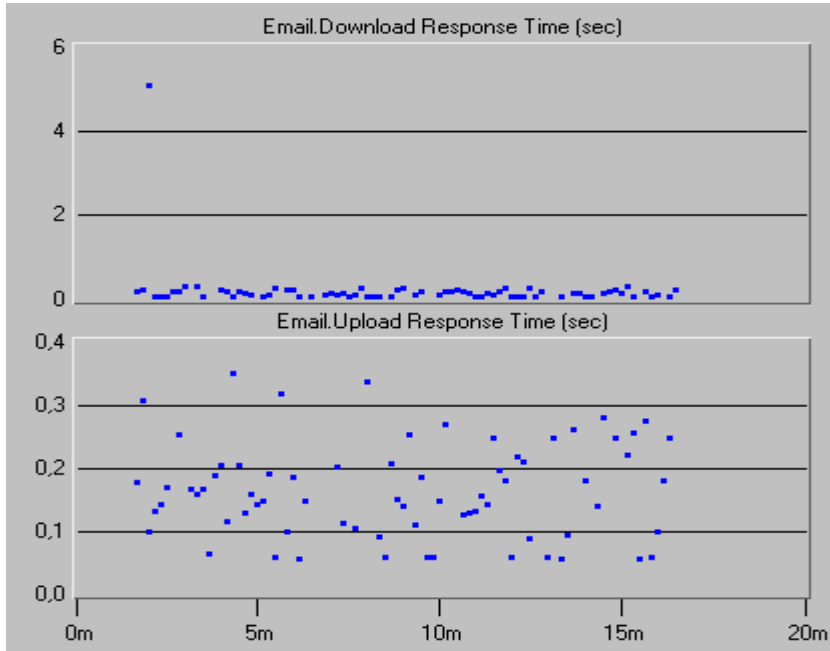
Şekil 4.28. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme

Ağ içinde web servislerine hizmet veren sunuculardan yapılan isteklerin cevap süresi de uygulanan politikadan olumsuz etkilenen bir trafik türüdür. Çünkü servis politikası gereği önceliksiz bir trafik olarak belirlenmiştir. Servis sınıfları oluşturulmadan önce 0,01 saniye civarında yoğunlaşan ve düzensiz bir grafiğe sahip bu trafik, yoğunluğu 0,1 saniye civarına gelmiş ve daha tutarlı bir çıktı haline gelmiştir.



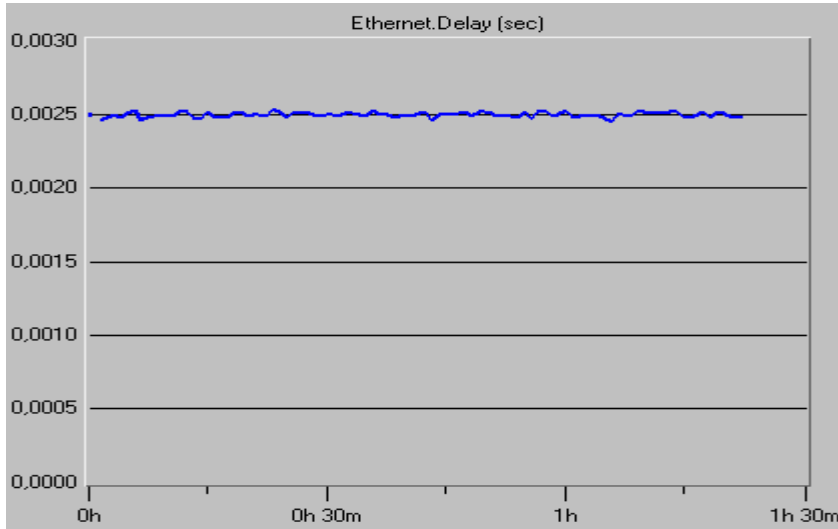
Şekil 4.29. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Web Sayfaları Cevap Süresi

E-Posta gönderme ve alma trafiği de uygulanan servis kalitesi politikasından olumsuz etkilenen bir başka trafiktir. Öncelikli bir trafik olmayan e-posta uygulaması için iservis sınıfları belirlendikten sonraki alma süresi yaklaşık 0,2 saniye ve gönderme süresi yaklaşık olarak 0,4 saniye civarlarına kadar çıkmıştır.



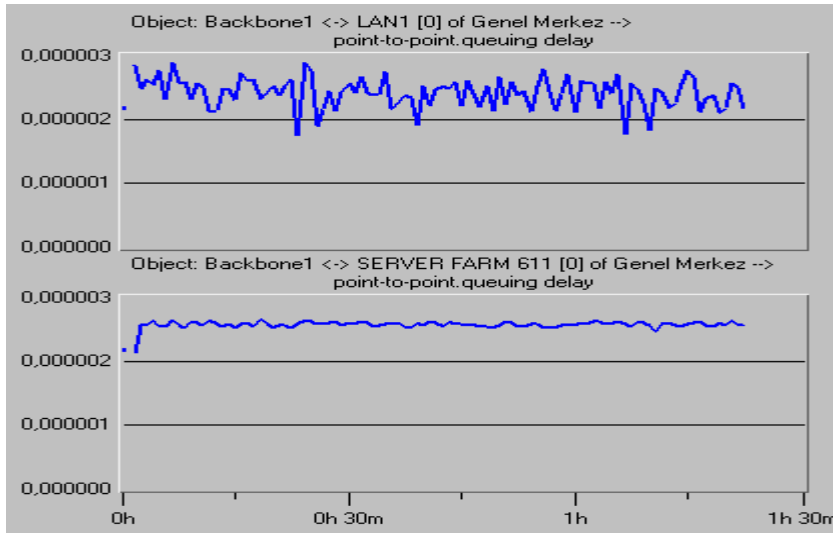
Şekil 4.30. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda E-Posta Alma ve Gönderme Süresi

Ethernet ortamındaki gecikme, çok fazla olmasa da uygulanan servis kalitesi politikasından etkilenen parametreler arasındadır. Daha önce 0,0025 saniyenin üzerinde olan bu değer 0,0025 saniye civarında yoğunlaşmıştır.

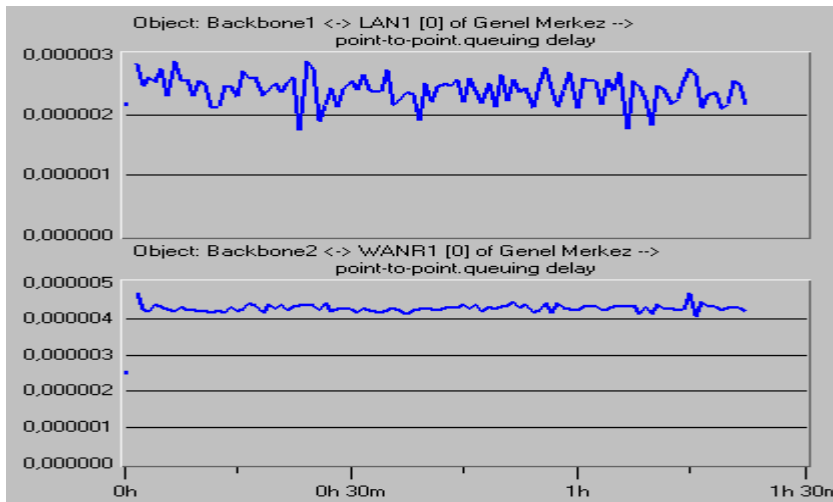


Şekil 4.31. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Ethernet Ortamındaki Ortalama Gecikme

Ağ cihazları üzerinde yaşanan kuyruklama gecikmeleri uygulanan servis kalitesi politikası ile kuyrukların daha efektif kullanılmasından dolayı düşüş göstermiştir. Merkez ofis üzerindeki kullanıcılara ve sunuculara ait kuyrukalama gecikmeleri 3.10^{-6} değerinin altında kalmıştır. Uzak ofis kullanıcıların da ise durum biraz farklıdır. Uzak ofisten gelen paketler geniş bir bant genişliğinden dar bir bant genişliğindeki bir hat üzerinden gelecekleri için kuyruklama süreleri uzayabilmektedir. Bu süre de yaklaşık 5.10^{-6} saniye olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.32. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri

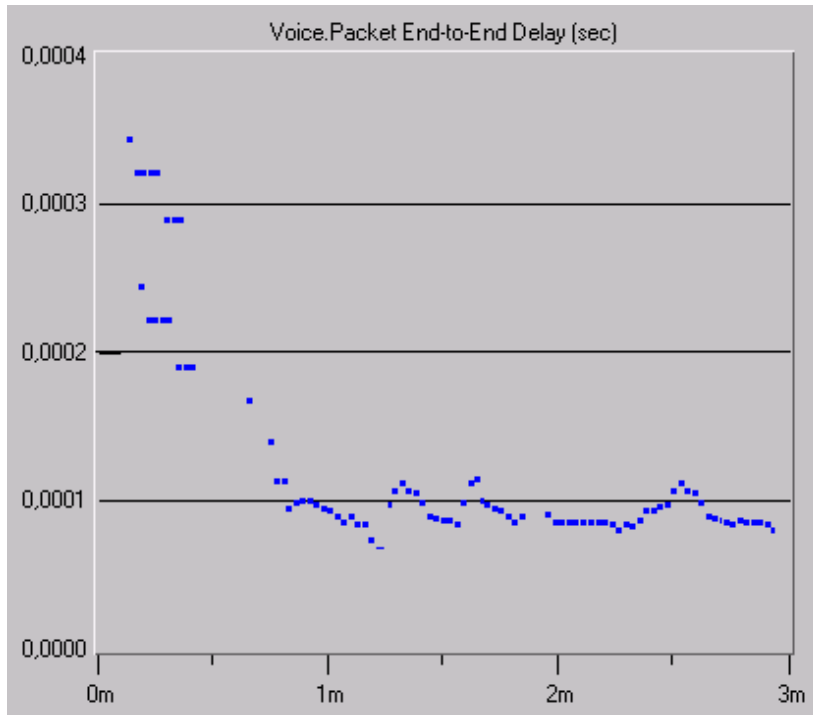


Şekil 4.33. Servis Kalitesi Uygulanmış Ağda Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri

4.6.3. İkinci senaryodan alınan sonuçlar

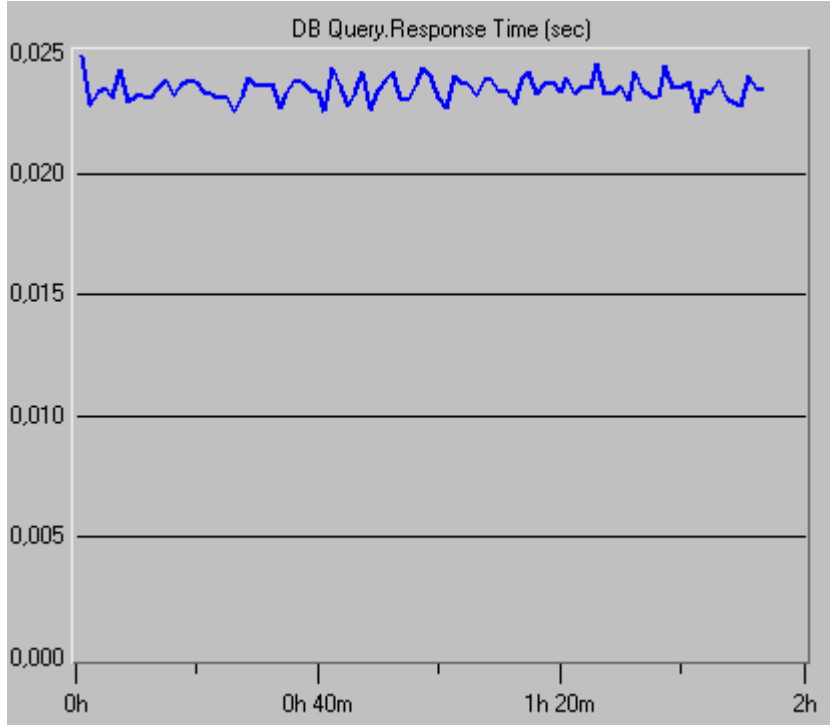
İkinci senaryoda, ağın omurgası ATM teknolojisi üzerinde kurulmuştur. ATM teknolojisinin kendi içinde servis sınıflarına sahip olduğu Bölüm 3’ de anlatılmıştı. Ağ üzerinde yer alan uygulamalar, bu servis sınıflarına göre ayrılmış ve Ethernet teknolojisinin kendi dışında bir politikaya sahip olması gibi bir dış etkene ihtiyaç olmadan önceliklendirme yapılabilmektedir. Ancak ağ yapısı tamamen ATM olmadığı için ethernet teknolojisi kullanılan kısımlarda birinci senaryoda kullanılan servis kalitesi profili uygulanmıştır.

En öncelikli olan trafik diğer senaryoda da olduğu gibi ses trafiğidir. Ses trafiği ATM anahtarlayıcılar üzerinde CBR sınıfında iletilmiştir. Ethernet ortamının olduğu yerlerde ise yine en öncelikli değer olan EF kullanılmıştır.



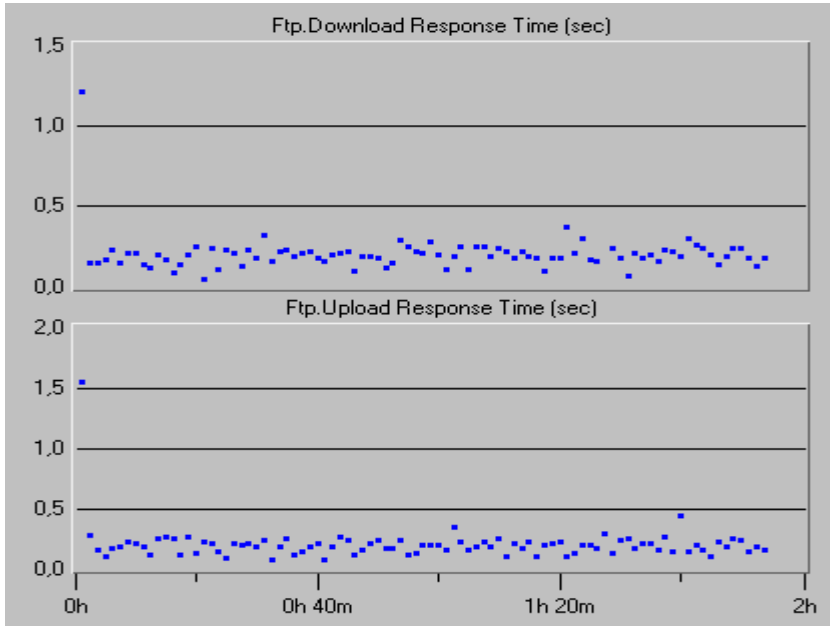
Şekil 4.34. ATM Omurgası Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi

İkinci öncelikli trafiğimiz ise yine ilk senaryoda olduğu gibi veri tabanı işlemleridir. Bu trafik türü de CBR sınıfının bir altında olan VBR sınıfına dahil edilmiştir. Bu sınıf özelliği gereği anlık olarak veri akışının yükselmesine izin verebilmektedir. Simülasyondan çıkan veri tabanı cevap süresinin 0,025 saniyenin altında olduğu gözlenmiştir.



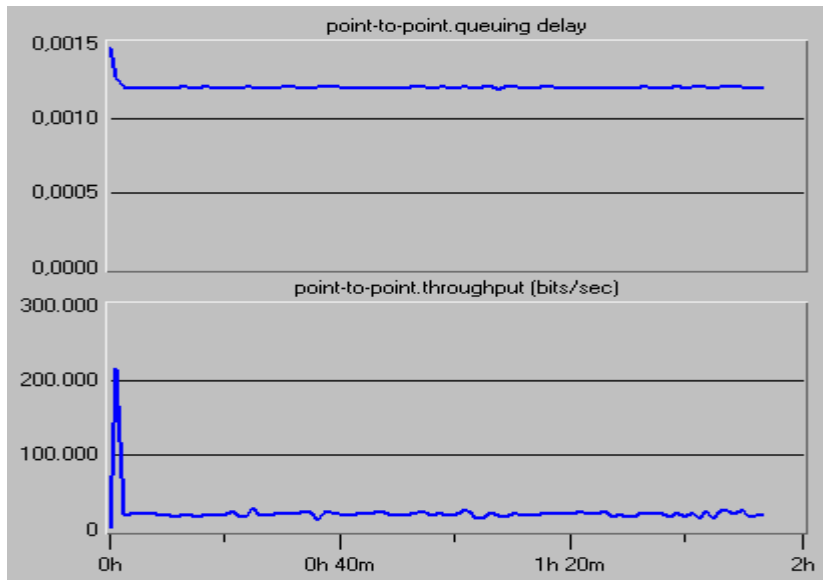
Şekil 4.35. ATM Omurgası Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi

Dosya transferi trafiği için herhangi bir öncelik sınıfı dahil edilmemiştir. Ethernetteki best-effort servisi gibi ATM teknolojisinde de UBR sınıfı mevcuttur. Öncelikli olmayan trafikler bu sınıf içinde yer almaktadır. Simülasyondan çıkan dosya alma ve gönderme süreleri 0,5 saniyenin altında çıkmıştır.



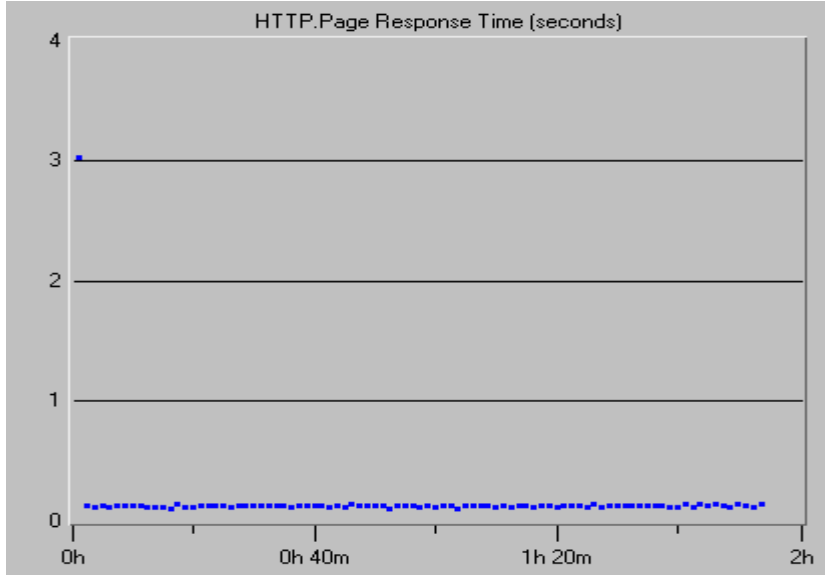
Şekil 4.36. ATM Omurgası Dosya Alma ve Gönderme Süresi

İnternet trafiğinin performansı için ölçü alınan İnternet hattı üzerindeki toplam çıkış ve bu çıkış sonucunda oluşan gecikme ethernetin servis kalitesi profili uygulandıktan sonra alınan sonuca yakın çıkmıştır. Bu süre yaklaşık 0,0012 olarak ölçülmüştür.



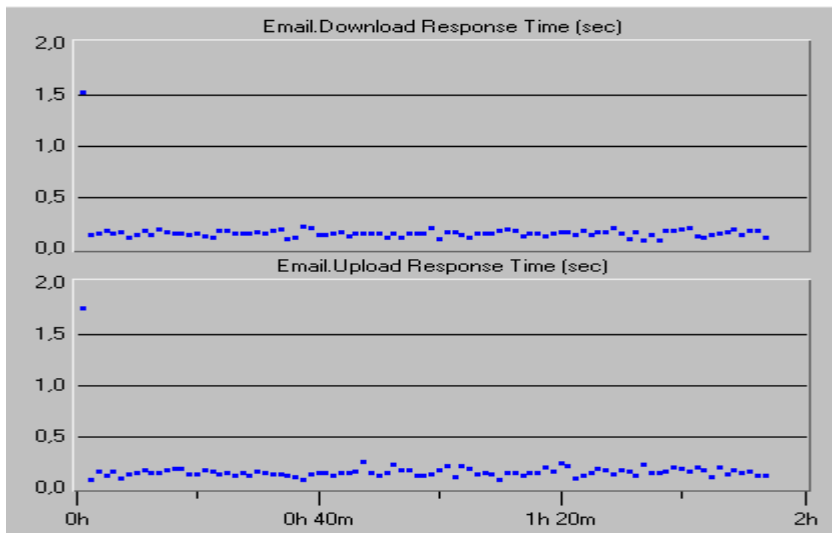
Şekil 4.37. ATM Omurgası İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme

Ağ içindeki web servislerine hizmet veren sunucuların kendilerine yapılan istekleri cevaplayabilme süresi yaklaşık 0,2 saniye olarak ölçülmüştür.



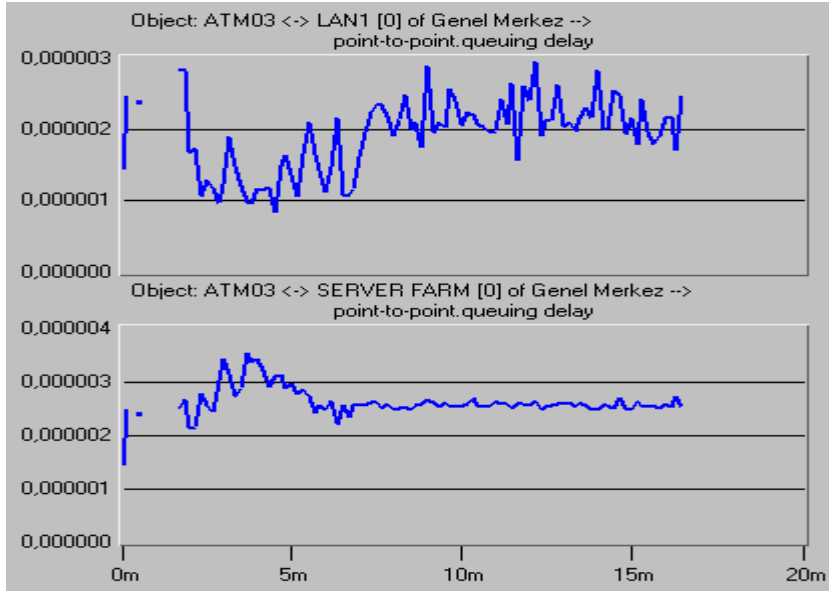
Şekil 4.38. ATM Omurgası Web Sayfaları Cevap Süresi

E-posta alma ve gönderme işlemine ATM omurga üzerinde çalışan sunucuların cevap verme süresi yaklaşık olarak 0,25 saniye civarındadır.

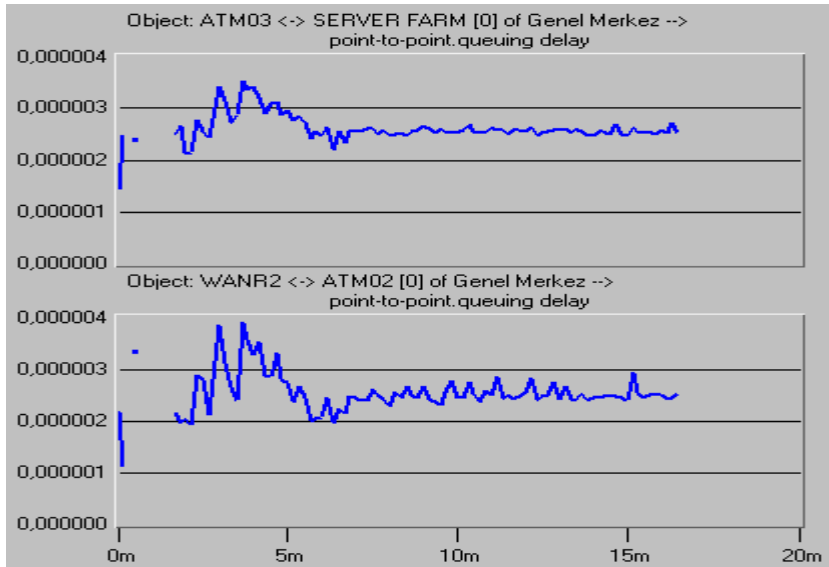


Şekil 4.39. ATM Omurgası E-Posta Alma ve Gönderme Süresi

Merkez Ofis omurgasında ATM teknolojisi kullanıldığında servis sınıfları kendiliğinden oluştuğu için kuyrukların kullanımı, ethernet teknolojisi üzerinde servis kalitesi profili uygulanmış hali gibi çok efektiftir. Merkez ofis ve uzak ofis ağ cihazları üzerindeki kuyruklama gecikmeleri yaklaşık olarak $3 \cdot 10^{-6}$ saniye civarında gözlemlenmiştir.



Şekil 4.40. ATM Omurgası Merkez Ofis Ağ Cihazları Kuyruklama Gecikmesi

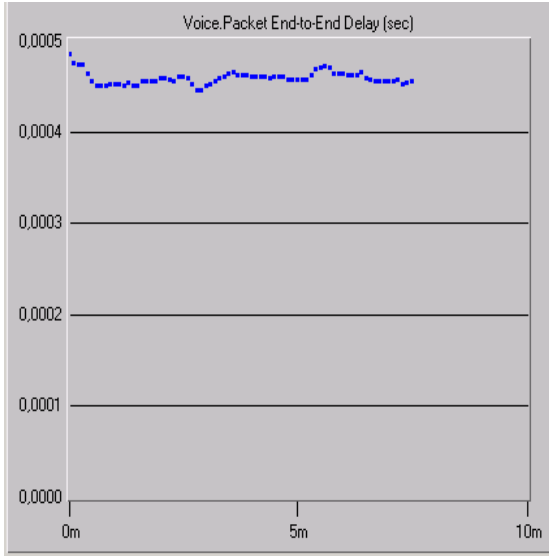


Şekil 4.41. ATM Omurgası Uzak Ofis Ağ Cihazları Kuyruklama Gecikmesi

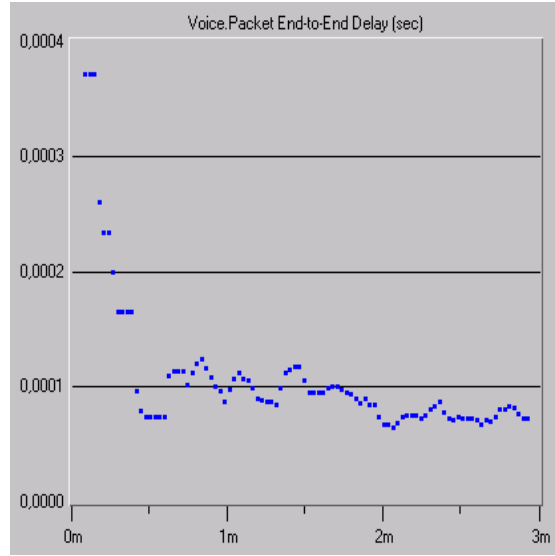
Tüm bu simülasyon sonuçları iki grup halinde toplu olarak aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Karşılaştırma 1

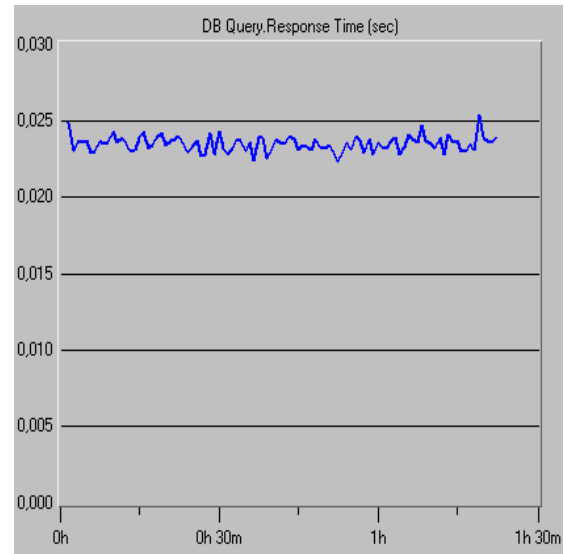
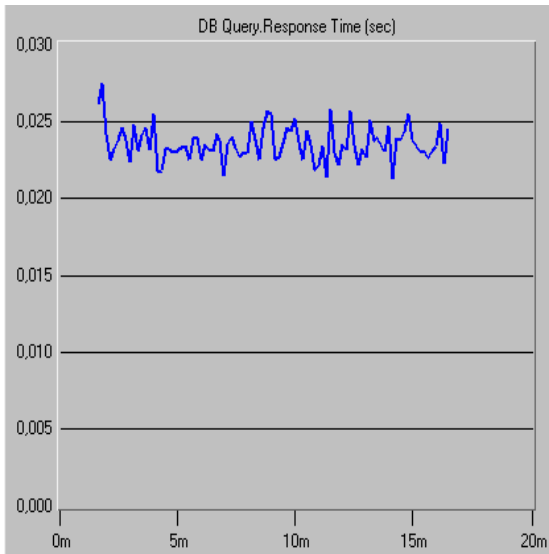
Servis Kalitesi Uygulanmamış Ethernet
Ağından Alınan Sonuçlar



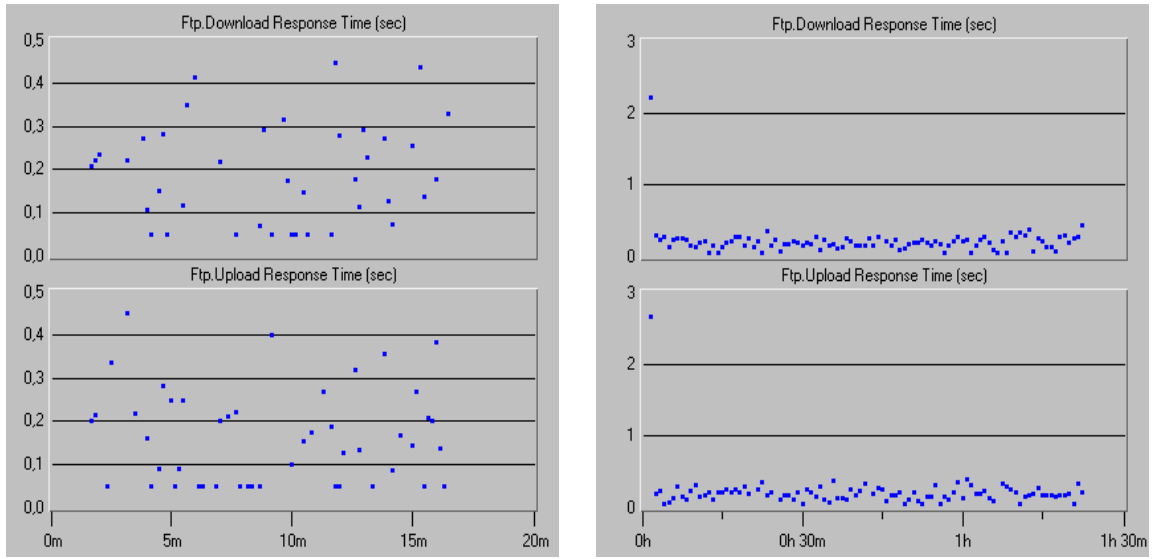
Servis Kalitesi Uygulanmış Ethernet
Ağından Alınan Sonuçlar



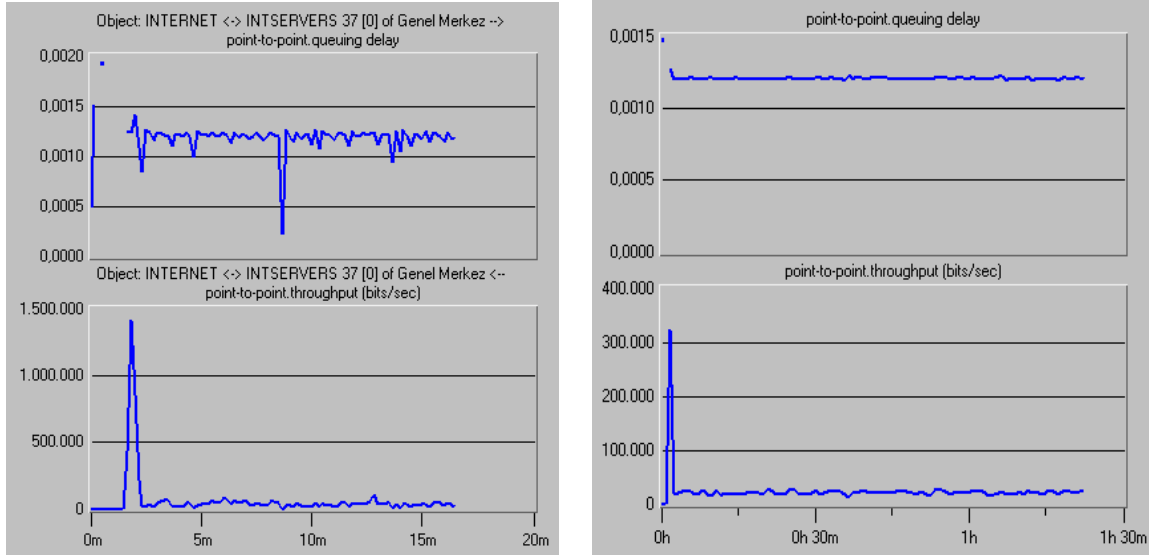
Şekil 4.42. Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi



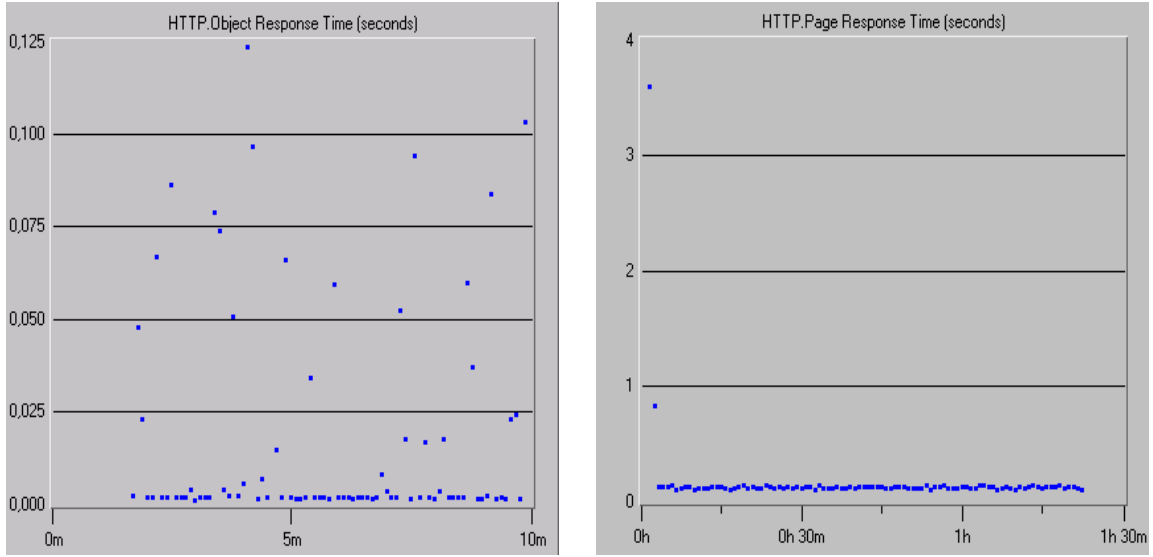
Şekil 4.43. Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi



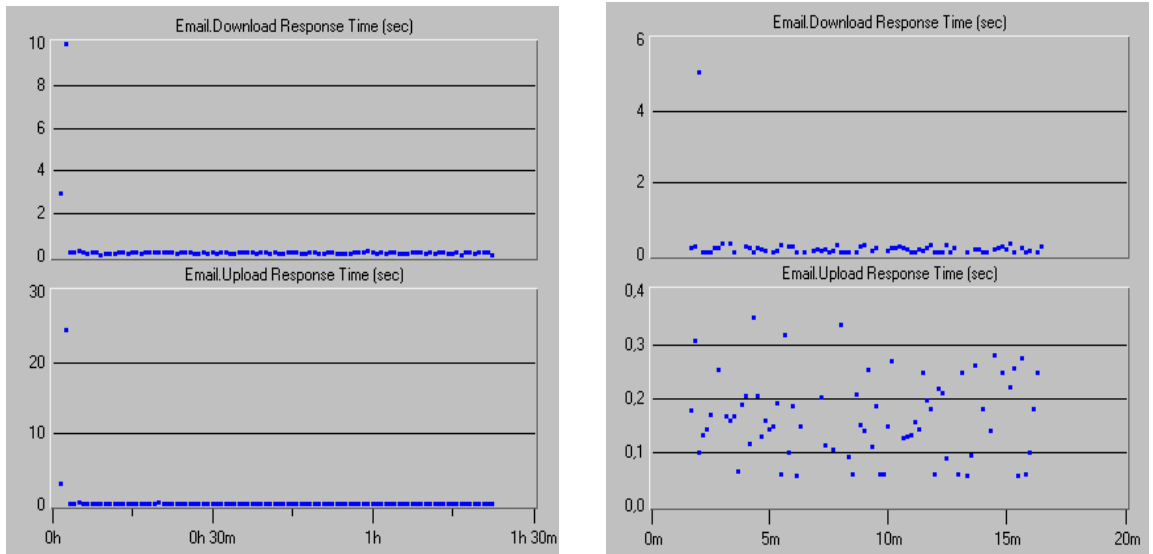
Şekil 4.44. Dosya Alım ve Gönderim Süresi



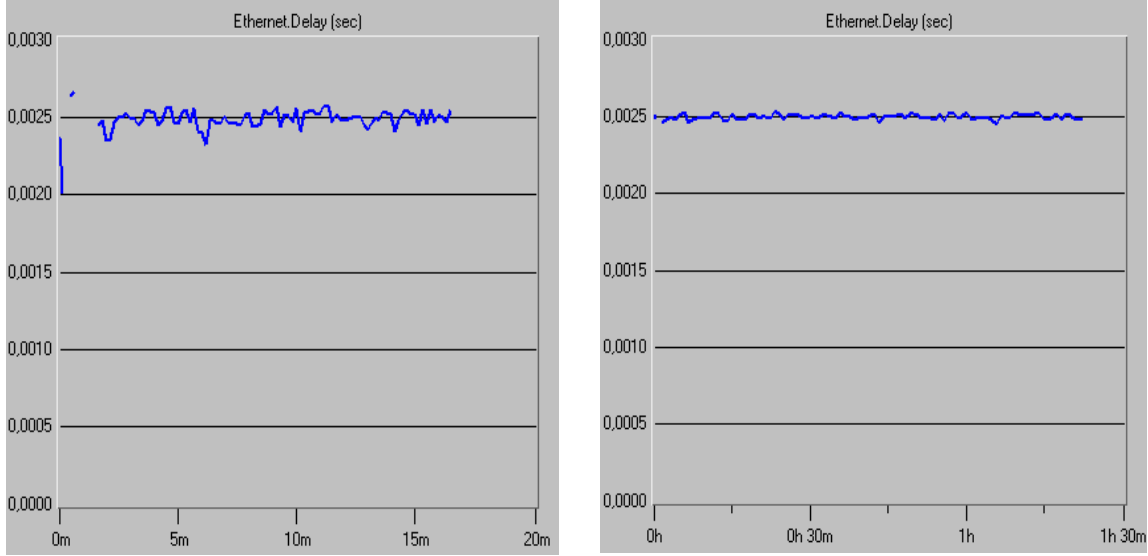
Şekil 4.45. İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme



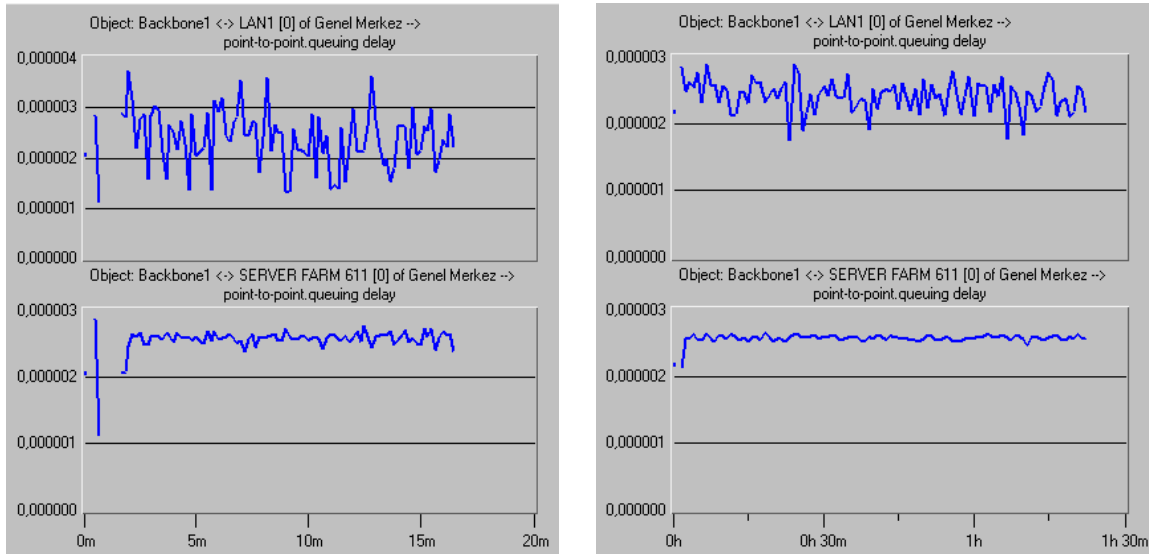
Şekil 4.46. Web Sayfaları Cevap Süresi



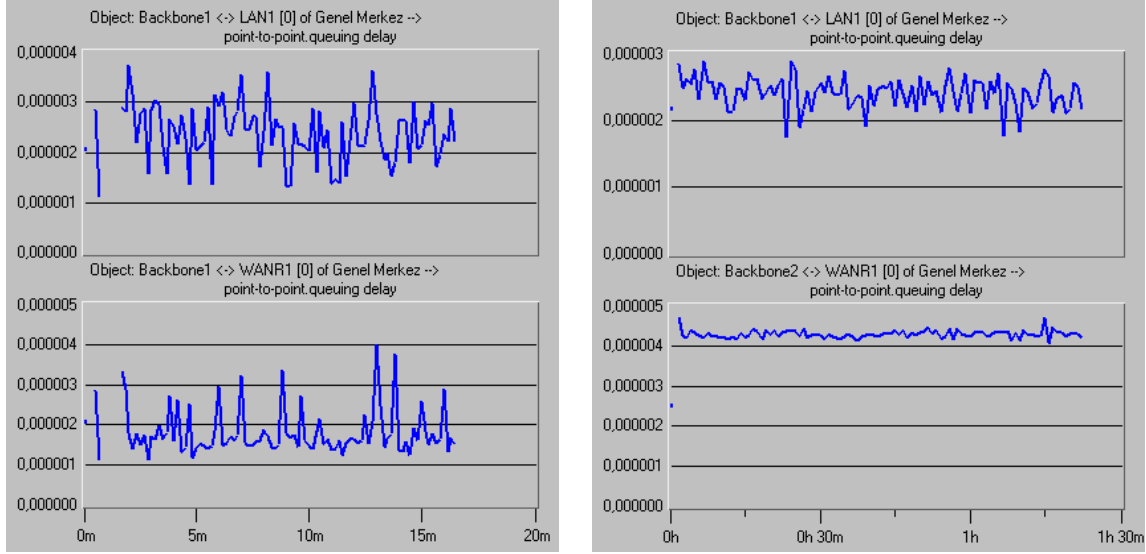
Şekil 4.47. E-Posta Alma ve Gönderme Süresi



Şekil 4.48. Ethernet Ortamındaki Ortalama Gecikme



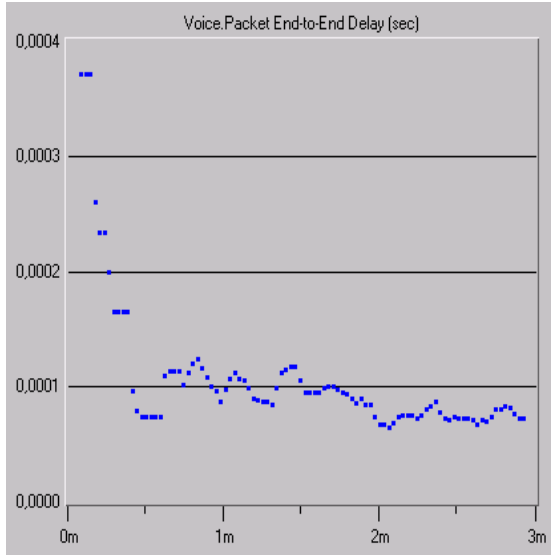
Şekil 4.49. Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri



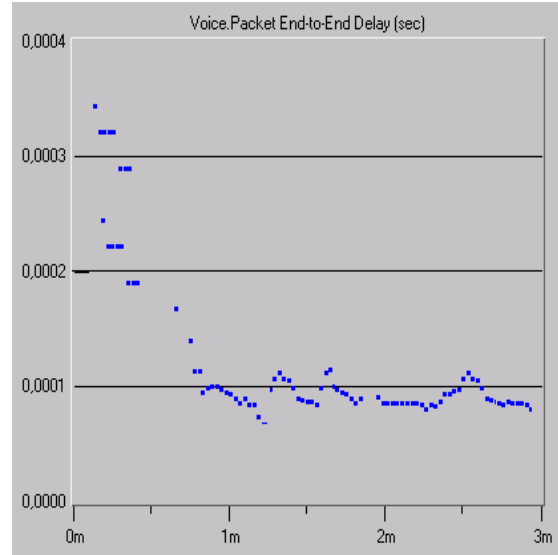
Şekil 4.50. Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri

- Karşılaştırma 2

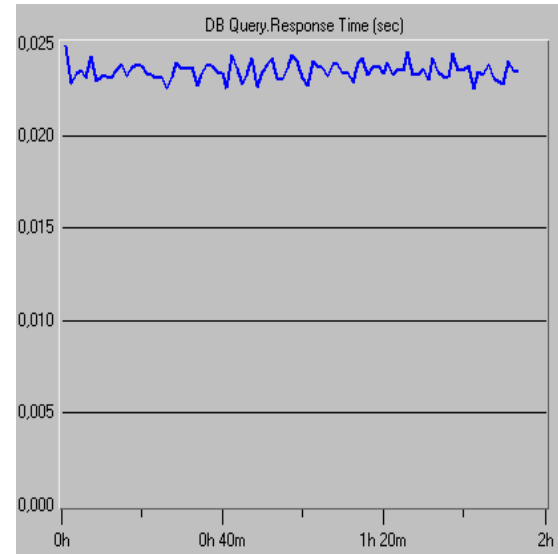
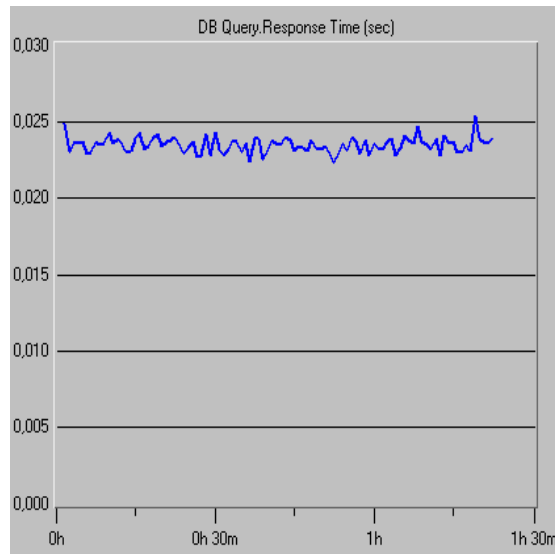
Servis Kalitesi Uygulanmış Ethernet
Ağından Alınan Sonuçlar



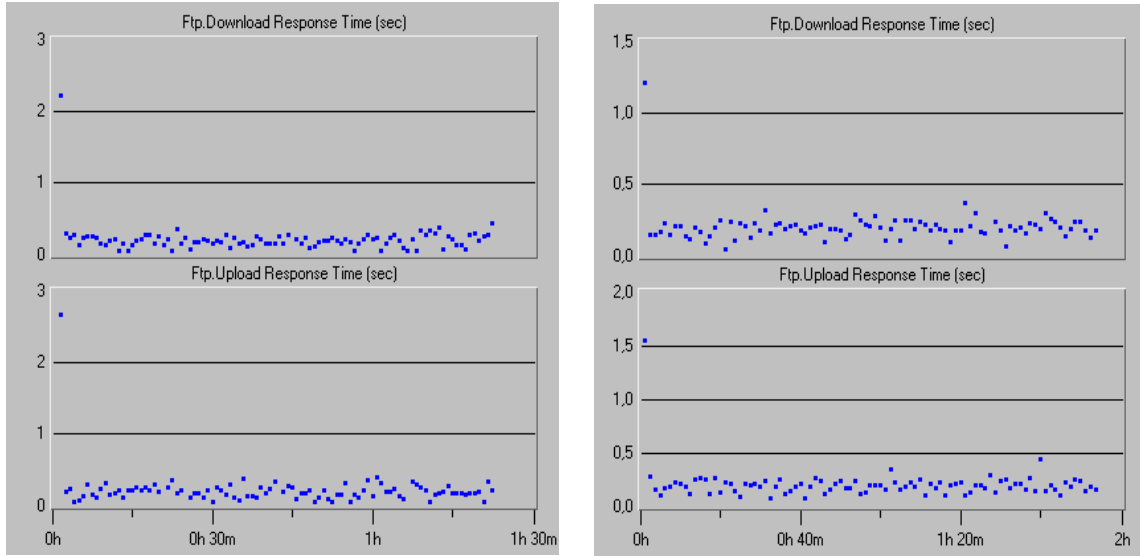
ATM Ağından Alınan Sonuçlar



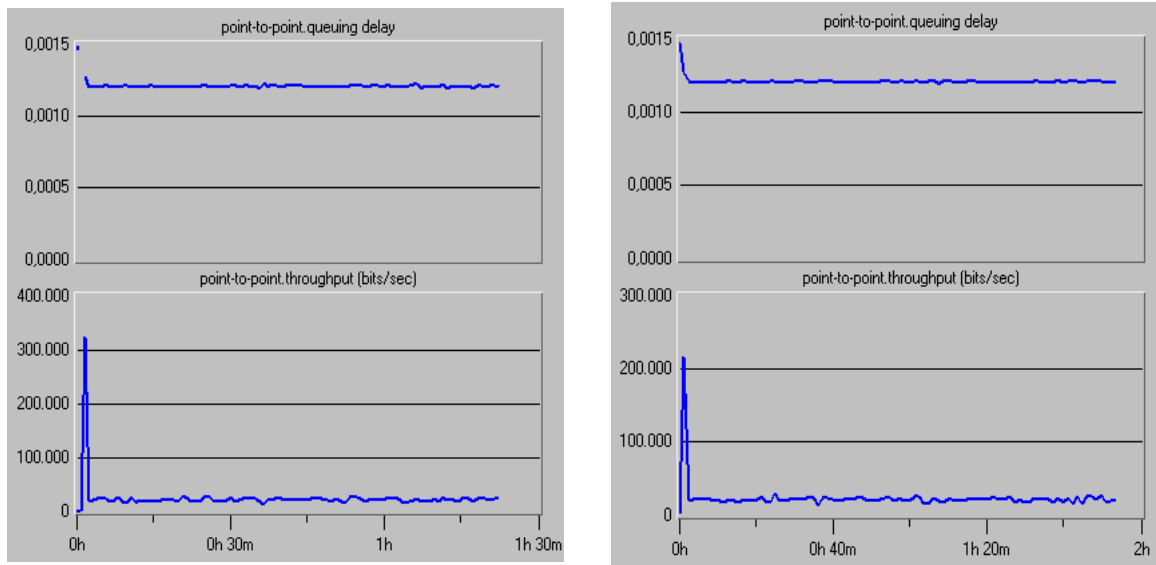
Şekil 4.51. Uçtan Uca Ses Paketi Gecikmesi



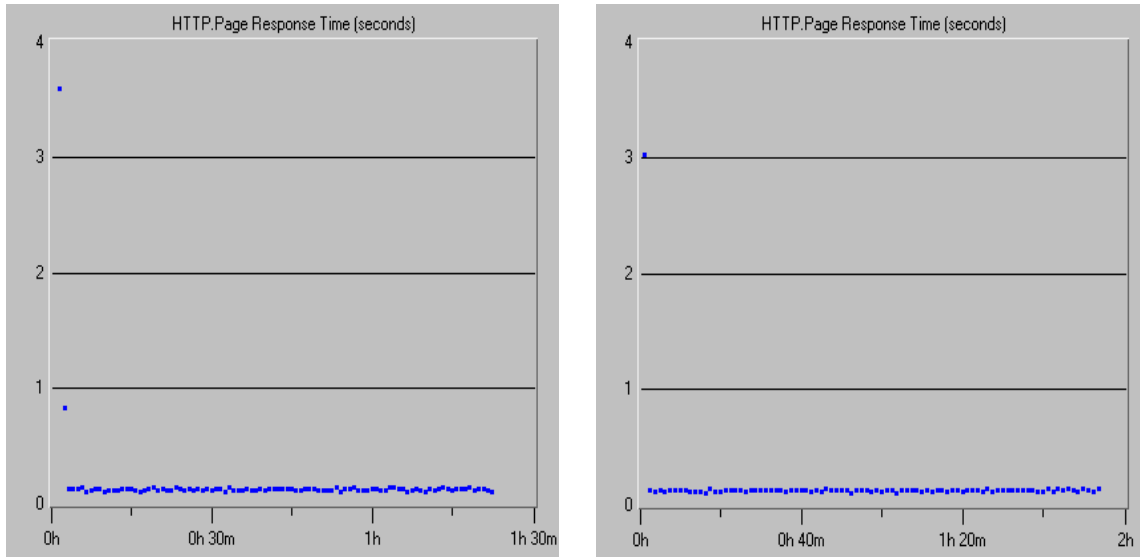
Şekil 4.52. Veri Tabanı İşlemleri Sunucu Cevap Süresi



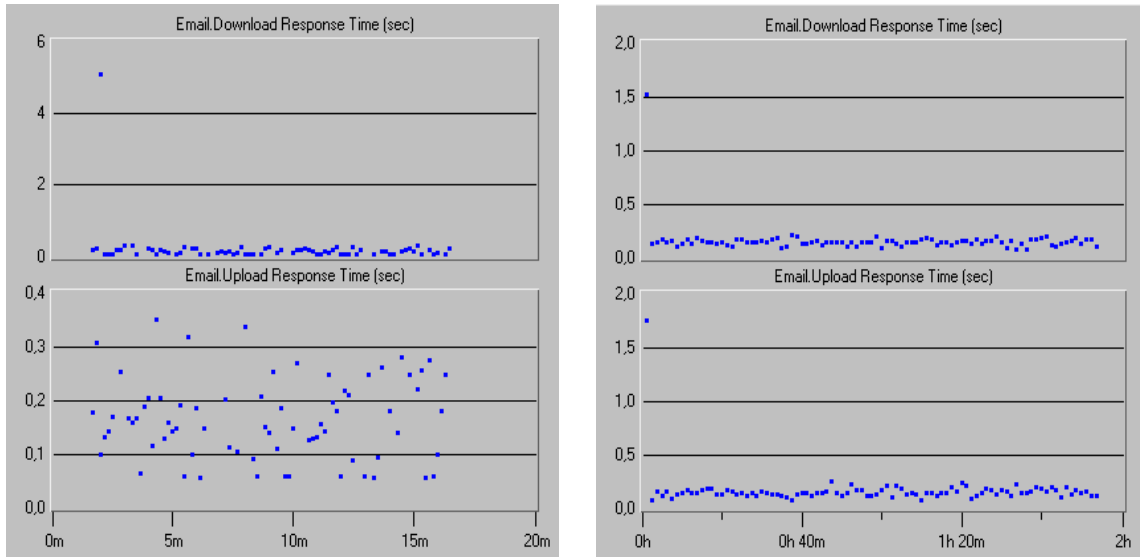
Şekil 4.53. Dosya Alım ve Gönderim Süresi



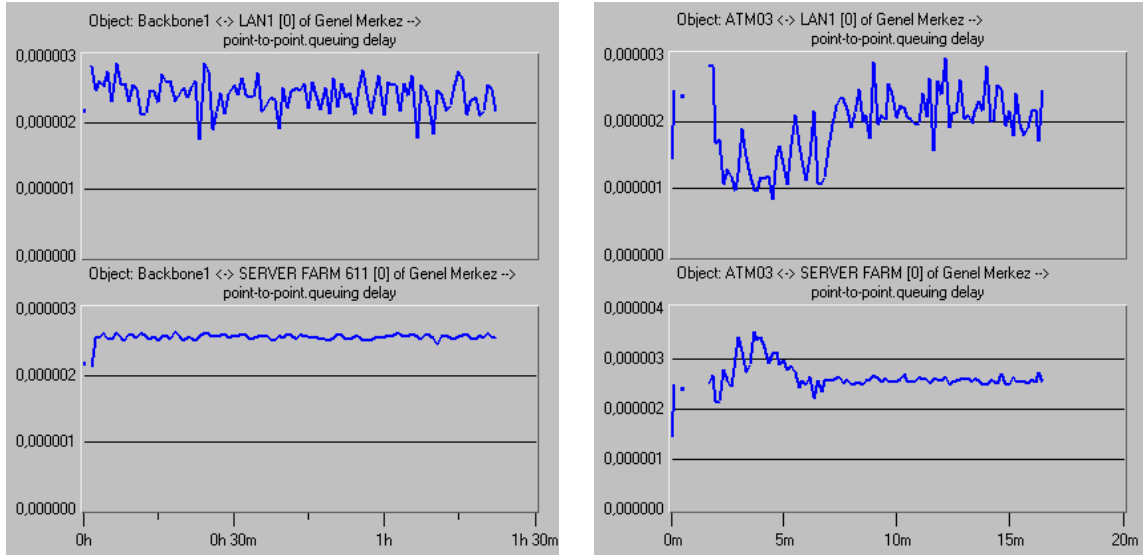
Şekil 4.54. İnternet Hattı Çıkış ve Hat Üzerindeki Gecikme



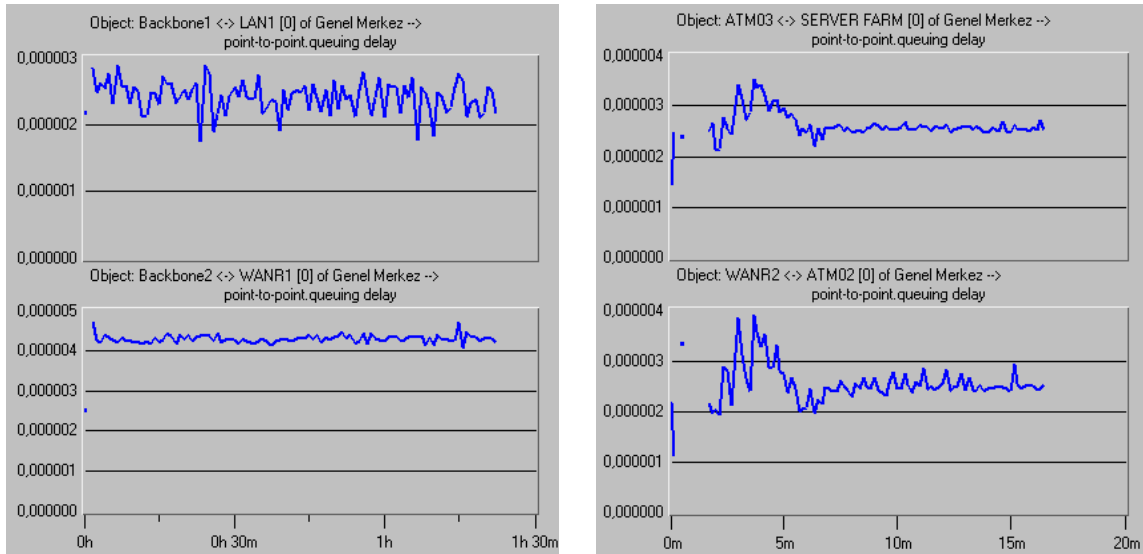
Şekil 4.55. Web Sayfaları Cevap Süresi



Şekil 4.56. E-Posta Alma ve Gönderme Süresi



Şekil 4.57. Merkez Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri



Şekil 4.58. Uzak Ofis Kullanıcı ve Sunucu Kuyruklama Gecikmeleri

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Oluşturulan ağ modeli üzerinde çalıştırılan iki farklı omurga yapısı üzerinde gerçekleştirilen uygulamaya türlerine ait trafik türlerine ait kritik parametreler ölçülmüştür.

Çıkan parametreler, üç grup halinde değerlendirilmiştir. İlk grup, omurgada ethernet teknolojisi kullanılmış olan birinci senaryoya ait ve servis kalitesi politikası uygulanmadan elde edilmiş sonuçlardır. İkinci grup, yine birinci senaryoya ait ancak servis kalitesi politikası uygulanmış ve uygulamalara ait sonuçlar elde edilmiştir. Üçüncü ve son grup ise omurgada ATM teknolojisi kullanılmış olan ikinci senaryoya ait sonuçlar bulunmaktadır.

Oluşturulan bu grupların birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Ethernet teknolojisi ile oluşturulmuş ağ içerisinde servis kalitesi politikası uygulanmış ve uygulanmamış olarak ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bir diğer karşılaştırma ise servis kalitesi politikası uygulanmış ethernet omurgası sonuçları ile ATM omurgası sonuçlarıdır. Servis kalitesi politikası uygulanmamış ethernet omurgasına ait sonuçlar ATM omurgasına ait sonuçlar ile karşılaştırılmamıştır. Bunun nedeni ATM teknolojisinin önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi kendi içinde servis sınıflarının olması ve servis kalitesi politikası uygulanmamış omurganın ATM omurga karşısında zayıf kalmasıdır.

Ethernet teknolojisinin kendi içindeki karşılaştırılmasında servis kalitesi uygulanarak önceliklendirilen trafiklerin belirli oranda iyileştiği diğer trafiklerin çok fazla olmasa da olumsuz etkilenmediği görülmüştür. Ancak önceliklendirilen trafiklerde istenilen sonuçlara ulaşılmıştır.

İkinci karşılaştırma ise servis kalitesi politikasının uygulandığı ethernet omurgasından çıkan sonuçlar ile ATM omurgasından çıkan sonuçlar arasında yapılmıştır. Bu iki senaryo arasındaki farklar birbirine çok yakındır. Hem önceliklendirilen hem de önceliklendirilmemiş trafiklerin simülasyon sonuçları yaklaşık olarak eşit çıkmıştır.

Simülasyon sonuçları ışığında, modellenecek ağ için hem Ethernet hem de ATM kullanılabilir ancak Ethernet teknolojisi ile birlikte mutlaka servis kalitesi politikaları uygulanmalıdır. Uygulanmadığı takdirde istenilen ağ performansı elde edilememektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ARKUT, R. Cahit, Geleceğin Telekomünikasyon Dünyasında Servis Kalitesi, Ağustos 2003
- [2] LUOMA Marko, PEUHKURI Markus, Quality of service for IP voice services - is it necessary? , Eylül 1998
- [3] ERKUN, Servet, Qos Uygulamasinin Opnet İle Modellenmiş Bir Ağ Üzerinde Gerçeklenmesi, Haziran 2005
- [4] Implementing QoS in Multilayer Switched Networks , Cisco Course Introduction, 2003
- [5] ÖZKASAP, Ö., ÇAĞLAR, Mine., Geniş Ölçekli Ağlarda Çoklu İletim Protokollerinin Başarım ve Trafik Özellikleri, Mayıs 2004
- [6] ÖZKAN, Okan, Network Temelleri, Haziran 2003
- [7] www.cisco.com

ÖZGEÇMİŞ

Bariş Çalışkan , 30.09.1982' de İstanbul' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya' da tamamladı. 2000 yılında Sakarya Anadolu Lisesi' nden mezun oldu. Aynı sene başladığı Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü' nü 2004 yılında bitirdi. Aralık 2004 – Ağustos 2005 tarihleri arasında Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü' nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Bu süre içerisinde ağ derslerine ve ağ laboratuvarı oluşumuna katkıda bulundu. Şu anda İş Bankası Bilgi-İşlem Müdürlüğü' nde Ağ Uzmanı olarak görev yapmaktadır.