



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OPTİK AĞLARDA TAMPON BOYUTUNUN
AYARLANMASI**

**Bilg. Müh. İbrahim Hulusi YAHYAGİL
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. A.Halim ZAIM**

Haziran, 2004

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OPTİK AĞLARDA TAMPON BOYUTUNUN
AYARLANMASI**

**Bilg. Müh. İbrahim Hulusi YAHYAGİL
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. A.Halim ZAIM**

Haziran, 2004

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan “**Optik Ağlarda Tampon Boyutunun Ayarlanması**” isimli tezi içermektedir.

Bilgisayar ağlarında arzu edilen nitelikler haline gelen, yüksek band kapasitesi, düşük hata oranı ve çok uzun mesafelerde çalışabilme gibi özellikler, fiber optik ağların hızla bakır kabloların yerini almasına neden olmuştur.

Fiber optik ağlarla yüksek hızda İnternet bağlantıları sağlanmıştır. Gelecek nesil optik İnterneti ve yoğun trafiğini destekleyebilmek için optik çoğuşma anahtarlama gibi yeni bir teknoloji geliştirilmiştir.

Optik çoğuşma anahtarlama (OBS) hem optik paket anahtarlamanın (OPS) hem de devre anahtarlamanın en önemli özelliklerini birleştirerek, OBS protokolleri ile yeni bir çizgi çizmektedir.

Bu çalışmada, optik çoğuşma anahtarlama düğümü üzerindeki işaretleme kanalının gerçekleşmesi üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, bir OBS düğümü gerçekleşmiş ve işaretleme kanalına gelen işaretleme paketlerinin işlenmesinin simülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. A. Halim ZAIM ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 2004

İbrahim Hulusi YAHYAGİL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
TABLO LİSTESİ	VI
SEMBOL LİSTESİ	VII
KISALTMALAR	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. Optik Ağlar.....	3
2.2. Optik Anahtarlama Çeşitleri.....	5
2.2.1. Optik Paket Anahtarlama (OPS)	5
2.2.2. Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS).....	7
2.2.2.1. OBS Ağında Çoğuşma Toplanması.....	8
2.2.2.2. OBS'de İşaretleme	9
2.2.2.3. Ofset Zamanının Ön İletimi.....	14
2.3. TAG Anında İletim ve TAW Gecikmeli İletim Teknikleri	16
2.4. JIT- JET İşaretleme Protokolleri	19
2.4.1. JET İşaretleme Protokolü	20
2.4.2. JIT İşaretleme Protokolü, Jumpstart Mimarisi	21
2.4.3. Jumpstart İşaretleme Tanımlaması	23
2.4.3.1. Hazırlık Bağlantısı için Çapraz Bağlı Yapılandırma.....	24
2.4.3.2. Düzenleyici Karmaşıklığı.....	28
2.4.3.3. Çoğuşma Gecikmesi.....	29
2.4.3.4. Bağlantı Evreleri.....	29
2.4.3.5. Sürekli Yol Bağlantısı.....	30

2.4.3.6. İşaretleme Mesaj Biçimi.....	32
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	35
3.1. Bir OÇA Anahtarının Kuyruklama Modeli	35
3.2. İşaretleme Varış Süreci.....	36
3.3. 2-Durumlu Servis Süreci	37
3.4. Simülasyon Programının İşleyişi.....	38
4. BULGULAR.....	41
4.1. M/M/1 Kuyruk Sistemleri	41
4.2. Öz Benzer Trafik	46
4.3. 3-Durumlu Geliş Aralıkları ve 2-Durumlu Servis Hizmeti Olan Sistem.....	52
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	57
KAYNAKLAR	60
EKLER.....	62
EK-A.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bir Optik Paket Anahtarlama Düğümü.....	6
Şekil 2.2 OBS Ağ Mimarisi	8
Şekil 2.3 Tek yönlü rezervasyonla işaretleme süreci	11
Şekil 2.4 Uçtan uca merkezi rezervasyon	12
Şekil 2.5 Bir OBS zaman diyagramı	14
Şekil 2.6 TAW ve TAG Teknikleri.....	18
Şekil 2.7 Bir Optik Çoğuşmanın Gönderilmesi	20
Şekil 2.8 JET Tekniği.....	21
Şekil 2.9 Jumpstart OBS Anahtar Mimarisi.....	23
Şekil 2.10 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi ve serbest kalma süresi belirli	24
Şekil 2.11 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi belirli, serbest bırakma süresi belirsiz.	25
Şekil 2.12 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi belirsiz, serbest kalma süresi belirli.	26
Şekil 2.13 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi ve serbest kalma süresi belirsiz.....	27
Şekil 2.14 Sürekli Yol Hazırlanması.....	32
Şekil 2.15 İşaretleme Mesaj Yapısı.....	33
Şekil 3.1 Bir OBS Ağı.....	36
Şekil 3.2 Üç durumlu işaretleme varış süreci.....	37
Şekil 3.3 2-durumlu Coxian servisi.....	38
Şekil 3.4 OBS Anahtarın Paket İşleme Döngüsü.....	40
Şekil 4.1 M/M/1 Kuyruklama Modeli.....	41
Şekil 4.2 Yük miktarı=0.40 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (M/M/1).....	43
Şekil 4.3 Yük miktarı=0.24 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (M/M/1).....	44

Şekil 4.4 Yük miktarı=0.12 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (M/M/1).....	45
Şekil 4.5 Sıralı dört genlik üzerinde gözlemlenen İnternet trafiği.....	46
Şekil 4.6 Ölçülen öz benzer İnternet trafiğinin Poisson ile karşılaştırılması.....	47
Şekil 4.7 Yük miktarı=0.40 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Öz-Benzer).....	49
Şekil 4.8 Yük miktarı=0.24 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Öz-Benzer).....	50
Şekil 4.9 Yük miktarı=0.12 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Öz-Benzer).....	51
Şekil 4.10 3-Durumlu Geliş Aralıkları Olan ve 2-Durumlu Servis Hizmeti Olan Sistem	53
Şekil 4.11 Yük miktarı=0.40 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Önerilen Model).....	54
Şekil 4.12 Yük miktarı=0.24 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Önerilen Model).....	55
Şekil 4.13 Yük miktarı=0.12 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Önerilen Model).....	56
Şekil 5.1 0.12, 0.24 ve 0.40 yük miktarları ve 0.3 düşme olasılığı için üç modelin tampon boyutlarının karşılaştırmalı grafiği.....	58

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 OPS ve OBS arasında karşılaştırma.....	15
Tablo 2.2 Basit Mesaj Tipleri.....	31
Tablo 2.3 Mesaj Alan Uzunlukları.....	34
Tablo 4.1 0.40 yük miktarı için paket düşme oranları(M/M/1)	43
Tablo 4.2 0.24 yük miktarı için paket düşme oranları(M/M/1)	44
Tablo 4.3 0.12 yük miktarı için paket düşme oranları(M/M/1)	45
Tablo 4.4 0.40 yük miktarı için paket düşme oranları (Öz-Benzer)	49
Tablo 4.5 0.24 yük miktarı için paket düşme oranları (Öz-Benzer)	50
Tablo 4.6 0.12 yük miktarı için paket düşme oranları (Öz-Benzer)	51
Tablo 4.7 0.40 yük miktarı için paket düşme oranları (Önerilen Model)	54
Tablo 4.8 0.24 yük miktarı için paket düşme oranları (Önerilen Model)	55
Tablo 4.9 0.12 yük miktarı için paket düşme oranları (Önerilen Model)	56

SEMBOL LİSTESİ

λ	: Birim zamandaki ortalama varış miktarı
μ	: Birim zamandaki ortalama servis miktarı
λ_s	: Birim zamandaki ortalama varış miktarı (kısa işaretleme için)
λ_L	: Birim zamandaki ortalama varış miktarı (uzun işaretleme için)
μ_1	: Birinci birim zamandaki ortalama servis miktarı
μ_2	: İkinci birim zamandaki ortalama servis miktarı
P_s	: Kısa işaretleme mesajı gelme olasılığı
α	: μ_2 oranı ile tekrar serviste işleme olasılığı
R_D	: Veri kanalının oranı
R_S	: İşaret kanalının oranı
S_B	: Çoğuşmanın boyutu
S_S	: İşaret mesajının boyutu

KISALTMALAR

ABT-IT	: ATM Block Transfer-Immediate Transmission (Anlık İletimlerle ATM Blok İletimi)
ATM	: Asynchronous Transfer Mode (Asenkron Transfer Modu)
BER	: Bit Error Rate (Bit Hata Oranı)
CR-LDP	: Constraint-Based Route Label Distribution Protocol (Kısıtlama-Tabanlı Rota Etiket Dağıtım Protokolü)
FDLs	: Fiber optic Delay Lines (Fiber optik Gecikme Hatları)
FDM	: Frequency Division Multiplexing (Frekans Bölmeli Çoklama)
GMPLS	: Generalized Multi Protocol Label Switching (Genelleştirilmiş Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama).
ITU	: International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)
JET	: Just-Enough-Time (Yeteri-Kadar-Zaman)
JIT	: Just-in-Time (Tam-Zamanında)
MCNC-RID	: Microelectronics Center of North Carolina-Research&Development Institute (Kuzey Carolina Mikro elektronik Merkezi- Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü)
MPLS	: Multi Protocol Label Switching (Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama)
OBS	: Optical Burst Switching (Optik Çoğuşma Anahtarlama)
OPS	: Optical Packet Switching (Optik Paket Anahtarlama)
OTDM	: Optical Time Division Multiplexing (Optik Zaman Bölmeli Çoklama)
QoS	: Quality of Service (Servis Kalitesi)
RAM	: Random Access Memory (Rasgele Erişimli Bellek)
RSVP-TE	: Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering (Trafik Mühendisliği ile Kaynak Rezervasyon Protokolü)
SDH	: Synchronous Digital Hierarchy (Senkronize Dijital Hiyerarşi)
SONET	: Synchronous Optical Network (Senkronize Optik Ağ)
TAG	: Tell-and-Go (Söyle-ve-Git)
TAW	: Tell-and-Wait (Söyle-ve-Bekle)
TCP	: Transmission Control Protocol (İletim Kontrol Protokolü)
TDM	: Time Division Multiplexing (Zaman Bölmeli Çoklama)
WDM	: Wavelength Division Multiplexing (Dalga Boyu Bölmeli Çoklama)
WR	: Wavelength Routing (Dalga Boyu Yönlendirme)
WR-OBS	: Wavelength Routing-Optical Burst Switching (Dalga Boyu Yönlendirme- Optik Çoğuşma Anahtarlama)

ÖZET

OPTİK AĞLARDA TAMPON BOYUTUNUN AYARLANMASI

Yüksek kapasitelerde iletişime imkan tanıyan fiber optik ağlar günümüzde git gide yaygınlaşmaktadır. Bu ağların sağlamış olduğu, tek iletim kablosu üzerinden telefon, geniş alan ağı, İnternet, video konferans gereksinimlerini karşılayabilme gibi imkanlarla ağ sorunlarında belli oranlarda azalma söz konusu olmuştur.

Optik ağlar içinde de, yeni bir teknoloji olan optik çoğuşma anahtarlama bir kısım getirileriyle ön plana çıkmaktadır. OBS, tam optik ağlar için umut verici bir çözümdür.

Bu çalışmada, kaynak düğümden hedef düğüme giderken aradaki OBS düğümlerinden geçen ve OBS'deki işaretleme protokollerini kullanan işaretleme mesajları için bir optik çoğuşma anahtarlama düğümünün işaretleme kanalının simülasyonunu yapan bir program yazılmıştır.

Bu programda işaretleme paketlerinin geliş aralıkları ve serviste işlenme süreçleri için bir takım modeller kullanılmış ve bu modellerin sık kullanılan kuyruk modelleri (M/M/1 kuyruklama modeli ve öz benzer trafik ile beslenen bir model) ile kıyaslanması yapılmıştır.

SUMMARY

ADJUSTING BUFFER SIZE IN OPTICAL NETWORKS

Nowadays, fiber optic networks that make transmission possible in high capacities become widespread. There is a partial decrease in network problems with the capabilities provided by these networks such as telephone, wide area network, Internet, video conference on a single fiber line.

Also in optical networks, optical burst switching that is a new technology stands out by its some partial benefits. Optical burst switching is a promising solution for all optical networks.

In this study, a program is developed which simulates signaling channel of an OBS switch, for signaling messages that uses signaling protocols while going from source node to destination node and passing intermediate OBS switches.

In this program, some models for inter arrival time of the signaling messages and processing time in the service are used and a comparison of these models with the other well known models is done (M/M/1 queueing model and a model using self-similar traffic as arrival process).

1. GİRİŞ

Bilgisayar Ağlarındaki yüksek hız ve bant genişliği talebine paralel olarak, fiber teknolojisindeki gelişmeler, geleceğin bilgisayar ağlarında gitgide bakır kabloların fibere yerini bırakacağını göstermektedir. Ancak ağ donanımının da bu gelişmelere ayak uydurması ve elektronik ortama ihtiyaç duymadan veriyi işleyebilmesi mevcut altyapıyı olabildiğince etkin kullanabilmemiz için kaçınılmazdır. Son yıllarda birçok araştırmacının üzerinde çalıştığı konulardan biri de tam optik ağlar olmuştur.

Tam optik ağlarda, veriler yol boyunca optikten elektriksel forma dönüştürme olmaksızın, kaynaktan hedefe kadar optik olarak taşınır. İdeal olarak, bu tip ağlar veri açısından tamamen saydam olmalıdır. Bununla beraber, tam optik ağlar fiziksel katmanın birçok parametresi tarafından kendi faaliyet alanlarında sınırlandırılırlar; bant genişliği, işaret ve gürültü oranları gibi. Örneğin: Analog sinyaller dijital sinyallerden daha yüksek işaret ve gürültü oranı gerektirirler. Gerçek gereksinimler hem kullanılan kipleme biçimine hem de bit oranına bağlıdır [1].

Bir optik paket ağı, Dalga Boyu Bölmeli Çoklama (WDM) ile çalışan fiber kablolarla, birbirine bağlı paket anahtarlardan oluşur. Anahtarlar, bitişik olabilir ya da ışık yolları ile bağlı olabilir. Kullanıcı verisi, optik bölgenin tamamındaki her bir optik paket anahtarında anahtarlanan optik paketler halinde iletilir. Böylece, kullanıcı verisi kaynaktan hedefe olan yol boyunca bir optik sinyal olarak kalır. Optikten elektriğe veya elektrikten optiğe olan dönüşümlere gerek yoktur [2].

Tam optik ağlar ile ilgili çalışmaların WDM yönteminin geliştirilmesiyle daha da hız kazandığı gözlemlenmektedir. WDM, fiber üzerinden daha fazla verinin transferi için geliştirilmiş bir teknolojidir. Bu yöntemin de kendi içinde farklı yöntemler içerdiği görülmektedir. Bunlar yayımla-ve-seç (broadcast-and-select), dalga boyu yönlendirme (wavelength routing), OPS ve OBS teknikleridir. Yayımla-ve-seç ağları geniş bir şekilde çalışılmış ve birkaç prototip geliştirilmiştir. Dalga boyu yönlendirme ağları

halihazırda kullanılmakta ve optik ağlar için Őimdiki en umut verici teknoloji olarak sunulmaktadır. OPS ve OBS ise hala araştırma aŐamasındadır.

Bu çalışmada yayımla-ve-seç ve dalga boyu yönlendirme tekniklerine çok girilmemiŐtir. İkinci bölümde OPS, OBS, Söyle-ve-Git (TAG) ve Söyle-ve-Bekle (TAW) iletim teknikleri ve Yeteri-Kadar-Zaman (JET) ve Tam-Zamanında (JIT) işaretleme protokolleri üzerinde durulmuŐ ve bir JIT işaretleme protokolü olan Jumpstart protokolü ayrıntılı bir Şekilde anlatılmıştır. Zaten bu çalışmanın ana hedefi Jumpstart işaretleme protokolünü kullanan tam optik anahtarlardaki tampon boyutunun ayarlanmasının sağlanabilmesi için gerekli modelin tesbitidir. Bu nedenle asıl odaklanma Jumpstart protokolü üzerine olacaktır.

nc bölümde, Jumpstart işaretleme protokolünün iŐleyiŐ yapısına uygun olabilecek bir kuyruklama modelinden ve servis iŐleyiŐinden bahsedilip programın algoritması Şematik olarak verilmiştir.

Dördüncü bölümde, bu çalıŐmadaki model M/M/1 kuyruklama modeli ve öz benzer trafikle beslenen bir sistemle kıyaslanıp grafiksel olarak nden elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

BeŐinci bölümde, bu çalışma ile varılan sonuç ifade edilip gelecekte yapılabilecek yeni çalışmalar üzerinde durulmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. Optik Ağlar

Optik ağlar, mevcut bilgisayar ağlarında görülen birçok problemin çözümüne olanak tanır. (Bant genişliği vs. gibi) Optik ağlar, çok yüksek bir kapasite sağlamanın yanı sıra, çeşitli hizmetlerin desteklendiği ortak bir ağ alt yapısı da sağlar. Ayrıca optik ağlarda, bant genişliği esnek bir yapıda ihtiyaca göre ayarlanabilir.

Optik fiber bakır kablolardan daha yüksek bant genişliği sunar ve elektromanyetik ve diğer harici etkenlerden daha az etkilenirler. Tüm bunlardan dolayı, bir kilometreden uzak mesafeler için 10Mbps'den daha fazla veri iletiminde tercih edilen ortamdır.

Optik fiber çeşitli telekomünikasyon ağlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Büyük şehirlerde ve iş merkezlerinde kullanılmasına rağmen fiber, henüz evlere kadar ulaşamamıştır. Bunun temel sebepleri arasında; alt yapı kablolamasının çok pahalı olması ve servis sağlayıcılarının bu yatırımın karşılığını alıp alamayacağına dair şüphelerinin olması yer alır.

Temel olarak optik ağlar iki kısımda incelenir: Birincisi, yalnızca kapasite sağlamak ve iletim için kullanılan ilk nesil optik ağlar. Optik fiber bakır tellerden daha düşük hata oranları ve daha yüksek kapasiteler sunmaktadır. Bütün anahtarlama ve diğer akıllı ağ fonksiyonları elektronik olarak yapılır. Bu nesil optik ağlara örnek olarak Senkronize Optik Ağ (SONET) ve Senkronize Dijital Hiyerarşi (SDH) verilebilir. Bu ağlar günümüzde Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'daki telekomünikasyon altyapısının çekirdeğini oluşturur. İkinci nesil optik ağlar; yönlendirme, anahtarlama ve akıllı ağ fonksiyonlarının optik katmana taşındığı ağlardır. Bu ağları hayata geçirmek için gereken kapasite çoklama teknikleri ile sağlanır. Bunlar; Zaman Bölmeli Çoklama (TDM), Optik Zaman Bölmeli Çoklama (OTDM) ve Dalga Boyu Bölmeli Çoklama (WDM) olarak sayılabilir. TDM' da çoklayıcı düşük hızdaki akışları dönüşümlü olarak

işleyerek yüksek hızlı akış elde edilmesini sağlar. OTDM’ da çoklama ve geri çoklama fonksiyonlarının optik hale getirilmesi hedeflenmektedir. Henüz geliştirilme aşamasında olan bu tekniğin ticari anlamda kullanılmaya başlanması yıllar alacaktır. WDM, esas olarak FDM ile aynıdır. Fakat FDM radyo haberleşmesinde kullanılan terim iken, WDM optik ağlar için kullanılan terimdir. WDM’ de aynı fiber üzerinden eş zamanlı olarak çoklu taşıyıcı dalga boylarıyla veri iletilir. Birbirlerinden yeteri kadar uzak olmak şartı ile dalga boyları karışmaz. Bu yüzden, WDM bir tek fiberi çoklu fiberler olarak gösterir ve bu da *sanal fiber* olarak adlandırılır. Günümüzde, WDM sistemleri uzak mesafeli ve deniz altı ağlarında kullanılmaktadır. WDM ve TDM iletim kapasitesini artırmak için değişik yollar kullandığından birbirlerini tamamlayıcı özelliktedir. Bu sebepten ötürü, günümüz ağlarında ikisi birlikte kullanılmaktadır [1].

Tam Optik Ağların (All-Optical Networks) gelişimi, Dalga Boyu-Yönlendirilmiş Ağlar ile (Wavelength-Routed Networks) başlar. Bu ağların işlemi, ağdaki düğümler arasında ışık yolu diye adlandırılan devre bağlantılarını hazırlamaktır. Işık yolu; yol boyunca her bir bağlantıya yerleştirilmiş aynı dalga boyundan oluşan devre anahtarlama bir bağlantıdır. Eğer dönüştürücüler mevcutsa, yol boyunca farklı dalga boylarından oluşabilir. WR Ağlar’ın ana kısıtlaması, bütün optik haberleşmelerde tipik olan fiber başına düşen dalga boyu sayılarının sınırlı olmasıdır. Daha büyük bir WR Ağlar’ da, bu az bulunan dalga boyları bütün son kullanıcılar arasındaki tüm ışık yollarının birleşimini imkansız hale getirir. Sonuç olarak, her bir WR Ağlar topolojisi için, ağ mimarları, arzu edilen kullanıcı haberleşmesini yakalamak için ışık yollarının yönlendirme ve dalga boyu atama gibi problemlerin çözülmesi gerekmektedir. Diğer çözülmesi gereken bir durumda WR Ağlar’ın yarı-statik yapılarıdır. Bu yapı yüzünden kullanıcı trafiğinin değişimi etkili bir şekilde olmaz. WR Ağlar için önerilen işaretleme protokolü, Genelleştirilmiş Çoklu Protokol Etiket Anahtarlama (Generalized Multiprotocol Label Switching).

OPS Ağları’nda (OPSNs), kullanıcı trafiği, iç bant kontrol bilgisiyle birlikte optik paketlerde taşınır. Kontrol bilgisi, her düğümden elektriksel alana çevrilir ve işlenir. Bu istenen bir mimaridir. Çünkü; elektronik paket anahtarlama ağlar tıkanıklık ve hatalara karşı yüksek iş üretimi ve kolay adaptasyon için karakterize edilmiştir. OPS Ağlar’daki problem, pratik optik tampon teknolojisinin yokluğudur.

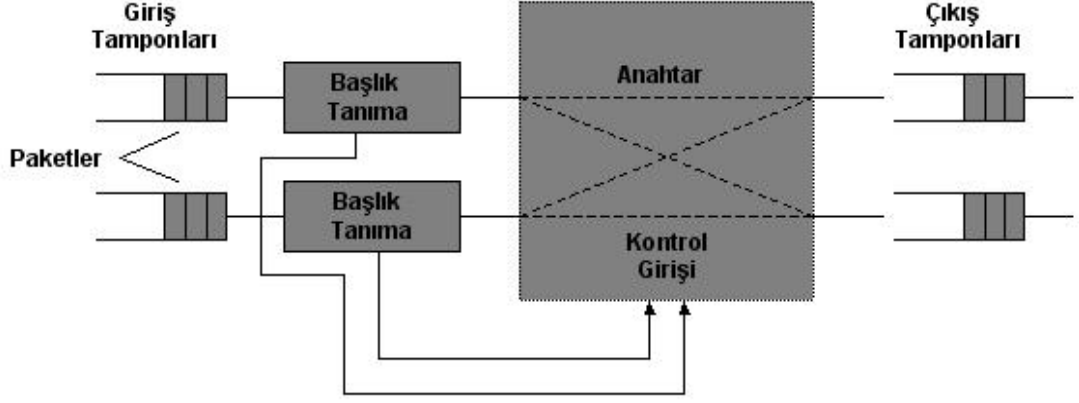
OBS' de, veri değişik boyutlu birimlerce taşınır. Bunlar çoğuşma olarak adlandırılır. Çoğuşmalar esnasındaki büyük değişikliklerden dolayı OBS Ağı, OPS Ağları ve WR Ağları arasında gibi durmaktadır. Bütün çoğuşma süreçleri çok kısa ise, bir optik paketin süresine eşitse, bu durumda OBS Ağı, OPS Ağı gibi hareket eder. Diğer taraftan, bütün çoğuşma süreçleri oldukça uzun olursa, OBS Ağı WR Ağlarına benzer. OBS'de kontrol ve veri düzlemleri arasında kuvvetli bir ayırım vardır. Bu ayırım, ağda önemli derecede yönetilebilirlik ve esneklik sağlar. Toplamda, OBS' nin dinamik yapısı yüksek ağ uyarlanırlığı ve ölçeklenebilirliği sağlar. Bu da çoğuşmalı trafigin iletimi için gerekli olan yapıdır. OPS ve OBS çeşitlerinden bir sonraki bölümde daha ayrıntılı olarak bahsedilmiştir [3].

2.2. Optik Anahtarlama Çeşitleri

2.2.1. Optik Paket Anahtarlama (OPS)

Paket anahtarlama yapabilen optik ağlar, ATM ve IP ağlardakine çok benzeyen, sanal devre servisleri ya da data gram servisleri sunarlar. Sanal devre bağlantısıyla ağ, iki düğüm arasında devre-anahtarlama bağlantısının bir benzerini sağlar. Fakat, bağlantı esnasında sağlanan bant genişliği, bağ ya da dalga boyu üstünde var olan tüm bant genişliğinden daha küçük olabilir.

Optik paket anahtarlama düğümlerde amaç; elektronik paket anahtarlama düğümlerde gerçekleştirilenden daha yüksek kapasiteli paket anahtarlama yapabilen düğümler oluşturmaktır. Şekil 2.1'de optik paket anahtarlama bir düğüm gösterilmiştir. Bu tip bir düğüm gelen paketi alır, başlığını okur ve bu paketi uygun çıkış kapısına anahtarlar. Ayrıca düğüm, çıkış kapısında gerekiyorsa pakete yeni bir başlık da ekleyebilir ve çıkış kapıları için olan çakışmaları da kontrol eder.



Şekil 2.1 Bir Optik Paket Anahtarlama Düzümü

İdeal olanı, düğümün içindeki bütün fonksiyonların optik bölgede yapılmasıdır. Fakat pratikte, belirli fonksiyonlar, mesela başlık işleme ve anahtar kontrolü, elektronik bölgeye gönderilir. Bunun sebebi de optik bölgedeki çok sınırlı işleme kapasitesidir. Optikten elektroniğe ve elektronikten optiğe dönüşüm için kaybedilen zaman, fiber kablunun bize sunmuş olduğu yüksek hız ve bant genişliğinden tam olarak faydalanamamamıza sebep olur.

OPS'nin görevi; paket-anahtarlama kapasitesini, elektronik paket-anahtarlama kullanarak tasarlanamayacak oranlar için mümkün kılmaktır. Bunu yapmak içinde olabildiğince paketi optik bölgede işlemeye çalışır. Ancak, optik bölgede işaret işlemenin kendine özgü bir takım kısıtlamaları vardır. Bu kısıtlamalardan biri tamponlama için optik rasgele erişimli belleğin (optical RAM) olmamasıdır. Optik tamponlar, fiberlerin uzunluğu ve basit gecikme hatları kullanarak gerçekleştirilir. Dolayısıyla bunlar tam fonksiyonel hafızalar değildirler.

Paket anahtarlama, yüksek oranda akıllı gerçek-zamanlı yazılım, ağı kontrol etmek için oluşturulmuş donanım ve hizmet kalitesi (QoS) garantisi sağlar. Ancak bu fonksiyonların optik bölgede yerine getirilmesi yukarıda bir örnek verdiğimiz kısıtlamalar dolayısıyla zordur. Optik bölgede işlem yapmamızdaki bir diğer kısıtlama da hızlı optik anahtarlama teknolojisinin diğerlerine nazaran, mesela elektroniklerle karşılaştırıldığında, yeni gelişmekte olan bir teknoloji olmasıdır [1].

Bir WDM-OPS dört kısımdan oluşur: Giriş ara yüzü (input interface), anahtarlama yapısı (switching fabric), çıkış ara yüzü (output interface), ve kontrol birimi (control unit). Giriş ara yüzü, temelde, paket belirleme ve hizalama için paket başlığı bilgisinin çıkarılması ve paket başlığının taşınması için kullanılır. Anahtar yapısı, anahtarın çekirdeğidir ve optik olarak paketleri anahtarlama kullanılır. Çıkış ara yüzü, optik sinyalleri tekrar oluşturmak ve paket başlığını yerleştirmek için kullanılır. Senkronizasyonun sağlanması için, optik paket anahtarlar tipik olarak sabit boyutlu paketler için tasarlanmıştır.

Bir WDM-OPS anahtarına bir paket geldiğinde, ilk olarak giriş ara yüzü tarafından işlenir. Paketin başlığı ve yükü ayrılır ve başlık elektrik bölgeye (domain) dönüştürülür. Daha sonra paket elektronik olarak başlık üzerinden işlem yapan kontrol birimi tarafından optik bölgede uygun kapıya yönlendirilir. En son olarak da tekrardan paket başlığı elektronikten optiğe çevrilir ve optik bölgedeki paketle beraber yine optik bölgeden bir sonraki düğüme iletilir. Böylelikle her ne kadar paket başlığı optik-elektronik-optik dönüşüme tabi tutulsa da, veri, anahtar boyunca bir optik sinyal olarak kalır. Veri, anahtarlama yapısından geçtikten sonra, başlıkla tekrar birleştirilir. Başlık çıkış ara yüzünde tekrar optik bölgeye (domain) dönüştürülür [5].

2.2.2. Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS)

Bir optik çoğuşma anahtarlama ağı WDM bağlantılarıyla bağlı optik çoğuşma anahtarlarından oluşur. Bir optik çoğuşma anahtarı, giriş kapısına gelen bir çoğuşmayı çıkış kapısına iletir. Anahtar yapısına bağlı olarak, optik tamponla desteklenebilir veya desteklenmeyebilir. Fiber bağlantılar, çoklu dalga boylarını taşırlar ve her dalga boyu bir kanal gibi görülebilir. Bir çoğuşma, dinamik olarak bir kanala atanır. Bir çoğuşma ile ilişkilendirilmiş çoğuşma paketi, bir kanal üzerinden veya optik olmayan bir ağ üzerinden iletilebilir. Çoğuşma, bir veya daha fazla IP paketi taşımak için atanmış olabilir.

Çoğuşma algoritması Şu parametrelere karar vermelidir: belirlenmiş bir zamanlayıcı, maksimum ve minimum çoğuşma uzunlukları. Zamanlayıcı, kullanıcı tarafından yeni bir çoğuşma oluŐturma zamanını belirlemek için kullanılır. Maksimum ve minimum çoğuşma parametreleri, çoğuşmanın boyutunu Őekillendirir. Uzun çoğuşmalar kaynakları uzun süre meŐgul edeceğinden ve yüksek çoğuşma kayıplarına neden olacağından ve bu esnada da kısa çoğuşmalar çok fazla kontrol paketi göndereceğinden dolayı bu parametrelerin önemi yüksektir. Çoğuşma toplama algoritması, eğer minimum çoğuşma boyutunu oluşturmak için yeteri kadar veri yoksa bit-ilavesini kullanabilir. Çoğuşma oluŐturma sürecinin diğeri olası bir fonksiyonelliğide trafik sınıflarının türevleridir. Çoğuşma oluŐturma algoritması zamanlayıcıyı ve maksimum minimum çoğuşma uzunluklarını kullanarak hizmet sınıfları oluŐturabilir.

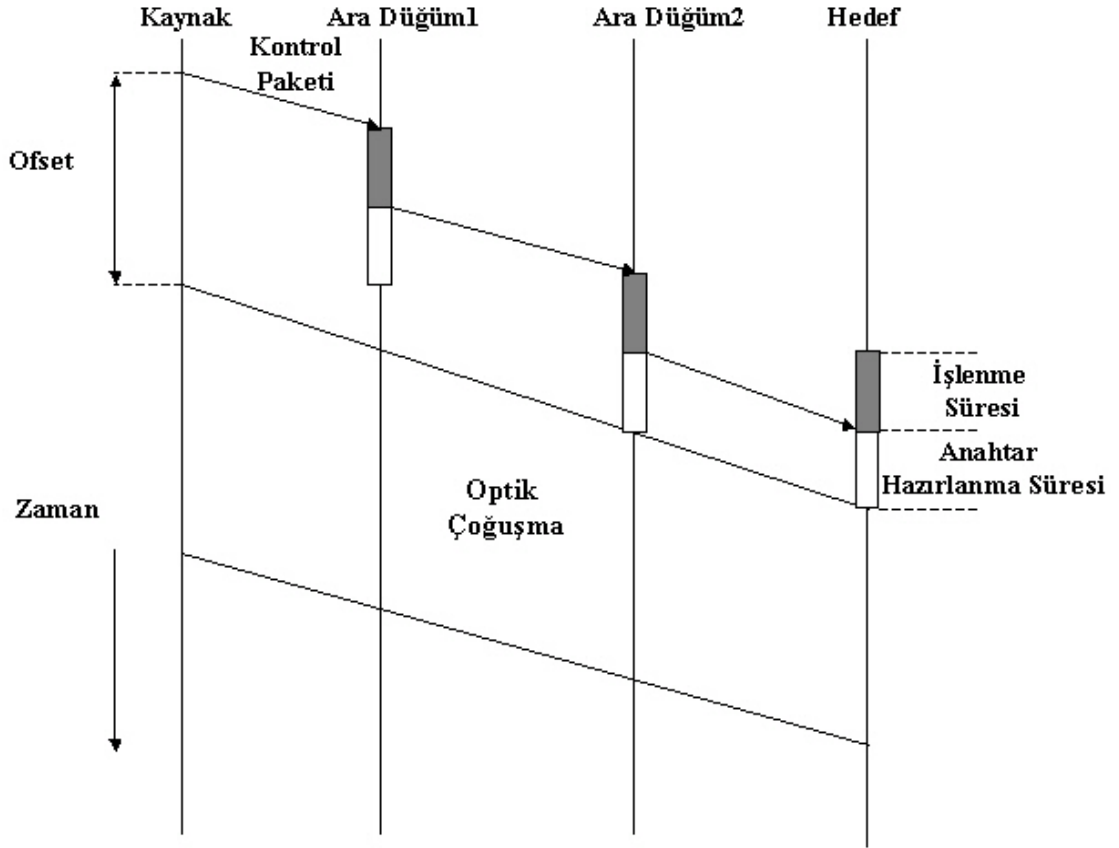
Çoğuşma toplamanın diğeri bir faydası da, trafiğinin öz-benzerlik (self-similarity) derecesini azaltarak Őekillendirmesidir. Böylece, trafiğide daha az çoğuşmalı bir hale getirir. Eğer çok sayıda varışın olduğu yoğun periyotlar uzun boş periyotlar tarafından izlenirse, trafik çoğuşmalı olarak dikkate alınmalıdır. Öz-benzer (self-similar) trafik bir varış sürecine baŐ vurur. Bu trafik, milisaniyeler, saniyeler, dakikalar, saatler, hatta günler ve haftalar gibi çeşitli zaman ölçeklerinde izlendiğide zaman çoğuşmasız bir trafik sergiler. Öz-benzer trafik, uzun kuyruk gecikmeleri ile karakterize edilir. Bu kuyruk gecikmeleri rasgele (poisson) trafik ve yüksek paket kayıplarına sebep olan trafikten daha uzundur. Bu yüzden ağ performansını azaltır. Bundan dolayı, öz-benzerliğide azaltmak çoğuşma oluŐturma sürecin arzu edilen bir özelliğidir.

OBS kullanıcıları her çoğuşma için bağlantı kurulmasından da sorumludur. Bu prosedür üç temel bileŐenden oluşur: işaretleme, yönlendirme ve dalga boyu tahsisi. IŐaretleme, çoğuşma için bağlantıyı açmak veya kapamak amaçlı kullanılır. Yönlendirme OBS ağı boyunca bir çoğuşmanın yoluna karar vermede kullanılır. Dalga boyu tahsisi ise çoğuşmanın hangi dalga boyundan iletileceğini belirlemede kullanılır [3].

2.2.2.2. OBS'de IŐaretleme

IŐaretleme OBS mimarisinin önemli bir yönüdür. OBS düğümlerinin ağa olan bağlantı isteklerinin iletmesinde kullanılacak olan protokolü belirler. Ayrıca yaptığı iŐlemlerle kaynakların etkili bir Şekilde kullanılıp kullanılmadığını belirler.

Tek Yönlü Rezervasyonla Dağıtılmış İşaretleme: Çoğu OBS mimarisi, ağ boyunca bir çoğuşmanın iletim yolunu belirlemek için (Şekil 2.3) tek yönlü işaretleme prosedürünü kullanır. Bir çoğuşmayı iletmeden önce, kullanıcı giriş OBS düğümüne bir kontrol paketi gönderir. Bu kontrol paketi ilgili çoğuşma hakkında bilgi içerir ve bu paket giriş OBS düğümünde ve varacağı yere kadar olan yol boyunca elektriksel olarak işlenir. Kontrol paketi bant dışı bir kontrol kanalından iletilir. Bu kanal ya işaretleme işlemi için ayrılmış bir dalga boyu yada ayrı bir elektronik kontrol ağıdır(IP yada ATM gibi). Her durum için kontrol ve verinin ayrılması hem zaman hem de fiziksel uzayda OBS'lemenin temel bir avantajıdır. Kullanıcı veri formatında ve oranında büyük esnekliğe izin verirken, etkili elektrik kontrolünü kolaylaştırır. Çünkü çoğuşmalar tamamen optik bir sinyal üzerinden iletilir ve OBS ağının her yerinde saydam kalır. Çoğuşmanın kendisi bir gecikmeden sonra, bu gecikme ofset (offset) olarak bilinir, bütün yolun başarılı bir şekilde hazır olduğunu gösteren pozitif bir bilgi için beklemeksizin iletilir. Tek yönlü rezervasyon tekniği sezgisel olarak uygundur. Çünkü OBS genelde uzun ağlarda gerçekleşir. Bu durum bağlantı kurulması için gerekli zamanı azaltır. Wei ve McFarland [6], tam-zamanında (JIT) diye adlandırılan tek yön rezervasyonlu OBS işaretleme protokolünü analiz etmiş ve devre anahtarlama ile karşılaştırmıştır. Bunun sonunda tek yön işaretleme tekniğinin daha kısa bir hazırlık zamanına sahip olduğunu ve üretilen işte daha iyi performans sağladığına karar vermişlerdir.

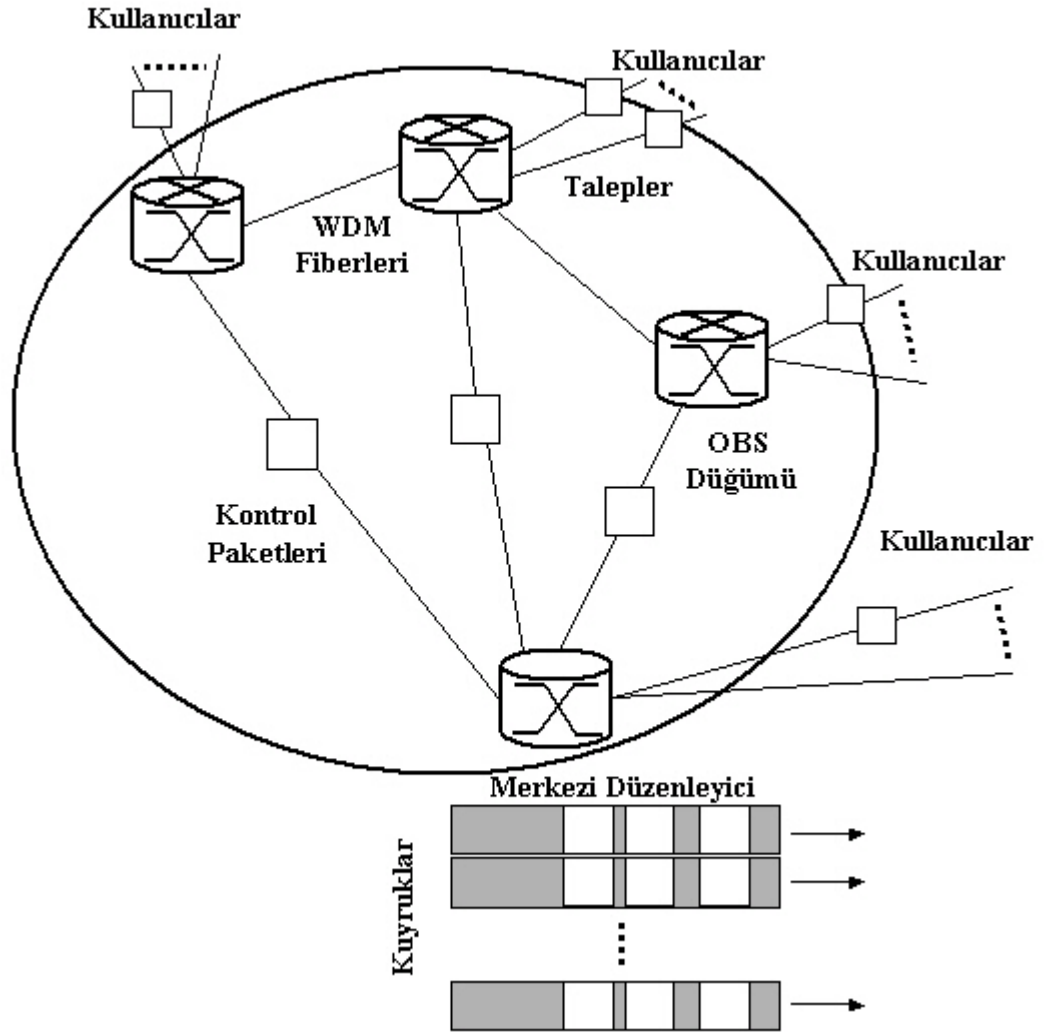


Şekil 2.3 Tek yönlü rezervasyonla işaretleme süreci

Tek yön rezervasyon tekniğinden dolayı, OBS ağında çoğuşma kaybı görülebilir. Çünkü kontrol paketleri bazı ara OBS düğümlerinde kaynak rezervasyonunu başarı ile yapamayabilirler. Buna ilaveten, eğer kontrol kanalının kendisinde bir tıkanıklık veya diğer bir başarısızlık durumu söz konusu olursa, çoğuşma kaybı söz konusu olur. Bu nedenlerden ötürü, çoğuşma kaybetme olasılığı, bir OBS mimarisinin performansının ölçülmesi açısından önemlidir. Bu gerçeğe rağmen, yani OBS'de çoğuşmanın kaybolma olasılığı, mevcut mimariler kayıp çoğuşmaların tekrar iletimini gerçekleştirmez. Bunun bir nedeni, yüksek veri oranıdır. Bu verilerin bir kopyasını OBS düğümünde saklamak durumu yönetilemez bir hale sokar. Böylece, bir OBS ağında kaybolmuş çoğuşmaların tekrar iletimi yüksek seviyeli protokollerin bir sorumluluğu olarak bırakılmıştır.

Uçtan Uca Rezervasyonla Merkezi İşaretleme: Çok genel olan tek yön OBS işaretleme protokollerinin aksine, Duser ve Bayvel [7], merkezi bağlantılı işaretleme metodunu sunmuşlardır. Bu metodu uçtan uca kaynak rezervasyon prosedürünü kullanan dalga

boyu-yönlendirilmiş optik çoğuşma anahtarlama(WR-OBS) olarak adlandırmışlardır. Bu tasarımda merkezi bir istek sunucusu vardır. Bu sunucu OBS ağının tamamında kaynak ayırımından sorumludur. (Şekil 2.4) Bir OBS giriş düğümü bir kullanıcıdan bir hazırlık isteğini alırsa, kaynak adreslerine göre kuyruklama yapan bir merkezi düzenleyiciye bir kontrol paketi gönderir. Bu merkezi düzenleyici bütün OBS anahtarlarının durumları hakkındaki bilgiye ve bütün fiber hat boyunca mevcut dalga boylarının durumları hakkındaki bilgiye sahiptir. Bu merkezi sunucunun sorumluluğu; gelen kontrol paketlerini işlemek, gerekli hedeflere olan rotaları belirlemek ve her bir hat boyunca mevcut olan dalga boylarının atamasını yapmaktır. Merkezi sunucu kontrol paketini işler ve OBS kullanıcılarına hangi düğümün çoğuşmayı ileteceğinin bilgisini gönderir.



Şekil 2.4 Uçtan uca merkezi rezervasyon

Yönlendirme: Bir OBS ağı boyunca bir çoğuşmanın yönlendirilmesi temel olarak bir IP ağında olduğu gibi bir sonraki adımı belirlemek için hızlı bir tablo arama algoritması kullanarak adım-adım (hop-by-hop) olabilir. Başka bir yaklaşımda çoklu protokol etiket anahtarlama(MPLS) kullanmaktır. MPLS’de ileri denk sınıflara ara yönlendirme zamanını azaltmak için kontrol paketi atanır. Üçüncü bir yaklaşımda, açıkça önceden hesaplanmış hazırlık bağlantılarını kullanmaktır. Bu bağlantı, Kısıtlama-Tabanlı Rota Etiket Dağıtım Protokolü (CR-LDP) veya Trafik Mühendisliği ile Kaynak Rezervasyon Protokolü vasıtasıyla kurulabilir. Açık yönlendirme Kısıtlama-Tabanlı yönlendirilmiş OBS ağında daha faydalıdır. Bu ağlarda trafik rotaları gecikme, adım sayımı, bit hata oranı(BER) veya bant genişliği gibi servis kalitesi metriklerine uymak zorundadır.

Düğüm veya bağlantı başarısızlıklarına karşın OBS yönlendirmesi hızlı koruma ve restorasyon tekniğiyle artırılmıştır. Ne yazık ki, bu açık yönlendirme teknikleri için zayıf bir noktadır. Çünkü bazen yönlendirme tabloları, bütün OBS düğümlerine hata mesajı ulaşana kadar uzun yayılma zamanından dolayı geçersiz olabilir.

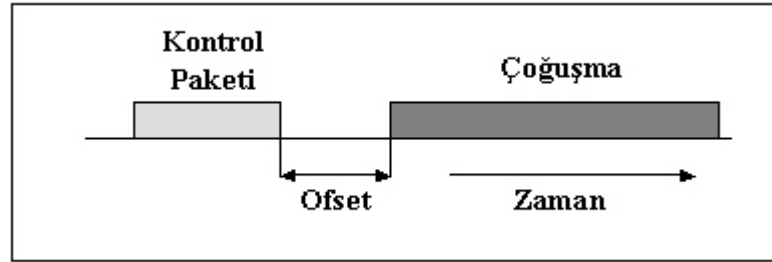
Dönüştürmeli veya Dönüştürmesiz, Dalga Boyu Tahsisi: Dalga boyu dönüştürücüsü olmayan bir OBS ağında, kaynaktan hedefe olan bütün yol tek bir dalga boyu kullanmakla sınırlıdır. Diğer olasılık ise, her bir OBS düğümünde dalga boyu dönüştürebilme yeteneğine sahip bir OBS ağıdır. Bu durumda, eğer iki çoğuşma aynı çıkış portunda aynı dalga boyu için çarpışırsa OBS düğümü optik olarak sinyallerden birini geliş dalga boyundan farklı bir çıkış dalga boyuna dönüştürür. Bir OBS düğümündeki dönüştürme yeteneği iki durumlu olarak sınıflandırılabilir. Birincisinde her dalga boyu için bir dönüştürücü vardır. İkinci durumda dönüştürücülerin sayısı toplam dalga boylarının sayısından azdır. Dalga boyu dönüştürme bir OBS ağında istenen bir karakteristiktir. Çoğuşma kaybolma olasılığını azaltır. Ancak, bütün optik dönüştürücülerin hala pahalı bir teknoloji olduğu düşünülecek olursa pratik bir varsayım değildir.

OBS’nin dalga boyu tahsisi tekniğine bakıldığında akla gelen diğer önemli bir soru da kısa yollara karşılık uzun yollar üzerinden başarılı bir şekilde çoğuşmaların iletilmesi ile elde edilen eşit dağılımdır. Eşit dağılım konusu sadece OBS ağlarında değil tam optik ağların yapısında vardır. Ogushi ve diğ. [8], OBS ağlarında eşit dağılım problemini

çözmek için bir paralel dalga boyu rezervasyon yöntemi sunmuştur. Bu yöntem, kaynak kullanımını bölümlenerek daha net bir eşitliği sağlamaktadır [3].

2.2.2.3. Ofset Zamanının Ön İletimi

Bir OBS kullanıcısı ilk önce bir kontrol paketi iletir ve bir ofset zamanından sonra, çoğuşmayı iletir. (Şekil2.5) Bu ofset, kontrol paketinin çoğuşma varmadan önce iletim yolu boyunca gerekli kaynakları rezerve etmesine izin verir. Ayrıca, OBS düğümü anahtarlama yapılarını hazırlamak için bu ofset zamanına ihtiyaç duyar. Böylece veri tampona gerek duymaksızın iletilebilir. İdeal olarak, ofset kestirimi hedef ve kaynak arasındaki adımların sayısına ve ağdaki tıkanıklığın mevcut seviyesine dayanır. Açıkça, yanlış bir ofset kestirimi veri kaybolmasıyla sonuçlanacaktır. Çünkü çoğuşma bir optik düğümüne optik bağlantı tam olarak hazırlanmadan önce varabilir. Böylece, bu ofsetin belirlenmesi bütün OBS ağlarında anahtar bir tasarım özelliğidir. Ofsetin etkinliği çoğuşma kaybolma olasılığı ile ölçülebilir. OBS literatüründe ön iletim ofset zamanının nasıl belirleneceği ve çekirdek OBS düğümünde gerekli kaynakların nasıl rezerve edileceğine dair çeşitli varyasyonlar vardır. Farklarına rağmen, bütün sunulmuş OBS mimarileri yüksek kaynak kullanımı ve yüksek uyarlanırlık içinde sonuçlanan dinamik işlemlere sahiptir.



Şekil 2.5 Bir OBS zaman diyagramı

Sabit Ofsetler: En popüler teknik Yeteri-Kadar-Zaman (JET) OBS protokolünden gelir. Bu teknikte ofset zamanı sabittir ve bütün ara OBS düğümlerindeki toplam işlem zamanının toplamına eşittir. Ofset kestirimi kaynaktan hedefe olan düğümlerin sayısına bağlıdır. Bu bilgi OBS kullanıcısı veya OBS kenar düğümü tarafından sağlanabilir. Sonraki durum benzer bir senaryodur. OBS kenar düğümleri yönlendirme protokolüne katılırlar. Böylece, her hedef için daha net düğüm sayısına ulaşılır. Bu teknikte her OBS düğümündeki işleme ve anahtarlama zamanı aynı olduğu varsayılmaktadır. Fakat

pratikte bu zamanlar kontrol kanalındaki muhtemel kuyruklama gecikmelerinden ötürü düğümden düğüme değişebilir.

İstatistiksel Ofsetler: Verma ve diğ. [9], değişken ofset üretim tekniğini sunmuşlardır. Bu teknikte her OBS kullanıcısı iletim jetonları üretirler. Bu üretim ise önceden belirlenmiş varış oranlarıyla Poisson işlemine bağlıdır. Bu teknikte, bir çoğuşma toplandığı zaman, bu çoğuşma ile ilgili kontrol paketi hemen OBS ağına salınır. Çoğuşmanın kendisi ise bir iletim jetonuna sahip olana kadar geciktirilir. Bu kişilerin vardığı sonuç; değişik ofset modeli veri çoğuşmalarının OBS Ağına salıverildikleri ortalama oranı düzenler.

Dalga Boyu Yönlendirilmiş-Optik Çoğuşma Anahtarlama (WR-OBS) Ofsetleri: WR-OBS mimarisinde, ofset bir OBS kullanıcısının merkezi düzenleyiciden kaynakları talep etmesiyle geçen zaman, yönlendirme ve dalga boyu tahsis etme için geçen ve sinyal gönderme zamanlarının toplamı olarak hesaplanır.

Çoğu OBS ofset zamanını ayarlama teknikleri, tam bir çoğuşma toplandıktan sonra gönderilen kontrol paketi varsayımına dayandırılmıştır. Bu teknikler üzerinde bir değişiklik şöyle olabilir: üst katmanlardan çoğuşmanın tamamını toplamadan önce kontrol paketini göndererek. Bu değişikliğin temel faydası, çoğuşmanın ilk iletim gecikmesini azaltmaktır. Ancak, çoğuşmanın tam olarak uzunluğu ilgili kontrol paketinde yoktur. Bu da verimsiz bir şekilde dalga boylarının tahsis edilmesiyle sonuçlanır.

OPS ve OBS arasındaki bir karşılaştırmayı aşağıdaki tablo göstermektedir.

Tablo 2.1 OPS ve OBS arasında karşılaştırma

Optik Anahtarlama	Bant Genişliği Kullanımı	Gecikme Süresi (Hazırlık)	Optik Tampon	İşlenen Ek Yük (Her veri birimi için)	Çok Yönlülük (Trafik&Hata)
Paket/Hücre	Yüksek	Düşük	Gerekli	Yüksek	Yüksek
Çoğuşma	Yüksek	Düşük	Gerekli değil	Düşük	Yüksek

2.3. TAG Anında İletim ve TAW Gecikmeli İletim Teknikleri

İnternet deki çoğuşmalı trafiği desteklemek için, OBS gelecek nesil optik İnternet oluşumunda protokol ve donanım anayoluna bir yöntem olarak önerilmiştir. OBS, optik paket anahtarlama ve optik devre anahtarlamanın en iyi özelliklerini birleştirmekle birlikte, optik haberleşmenin etkileyici özelliklerini ve aynı zamanda sınırlamalarını da hesaba katar.

OBS’de, bir bağlantı kurmak için ilk önce bir kontrol paketi gönderilir. Bu kontrol paketi uygun bir miktar bant genişliğini rezerve eder ve bir yol boyunca anahtarları yapılandırır. Bu kontrol paketinin arkasından bağlantının kurulduğuna dair bir onaylama gelmeksizin çoğuşma gönderilir. Başka bir deyişle, OBS, Söyle-ve-Git (TAG) benzeri tek yönlü rezervasyon protokolleri kullanır. Bu protokoller Asenkron Transfer Modunda (ATM) hızlı rezervasyon protokolü veya Anlık İletimlerle ATM Blok İletimi olarak bilinir.(ABT-IT) Bu protokol OBS’yi devre anahtarlama dan ayırır. Diğer çoğuşma anahtarlama yaklaşımları JIT Anahtarlama ile rezervasyon ve Söyle-ve-Bekle(TAW) protokollerini de kullanmaktadır. Bu protokoller ATM’de Gecikmeli İletimle ATM Blok İletimi olarak (ABT-DT) olarak bilinir. Bu protokollerin hepsi iki yönlü rezervasyon protokolleridir [9].

OBS, optik veya fotonik paket anahtarlama dan farklılaşır. Şöyle ki, OBS’de bir çoğuşma tek bir kontrol paketini kullanan birden fazla paketten oluşabilir. Bu da her bir veri birimi üzerinde daha az kontrol gerektirir. İlâveten, OBS bant dışı sinyalleşmeyi kullanır. Fakat daha da önemlisi kontrol paketi ve veri çoğuşması paket anahtarlama dan zaman açısından daha nadir birleşir. Gerçekte, onlar kaynaktan ayrılmış olabilecekleri gibi JET protokolündekine benzer bir hazırlık zamanı ile ardışık ara düğümler ile de ayrılabilir. Kaynaktaki hazırlık zamanının kontrol paketinin yol boyunca tükettiği toplam işlem zamanından büyük seçilmesiyle, kontrol paketinin işlenmesini bekleyen herhangi bir ardışık ara düğümden veri çoğuşmasının tamponlanması zorunluluğunu ortadan kaldırılır. Alternatif olarak, Bir OBS protokolü kaynaktaki herhangi hazırlık zamanını kullanmayı seçmeyebilir; bunun yerine veri çoğuşmasının gitmesine izin verir ve her ara düğümden, bu düğümlerdeki bir kontrol paketinin işlenmesi için gereken azami süreden daha az olmayacak biçimde sabit bir gecikme kullanabilir. Bu tür OBS

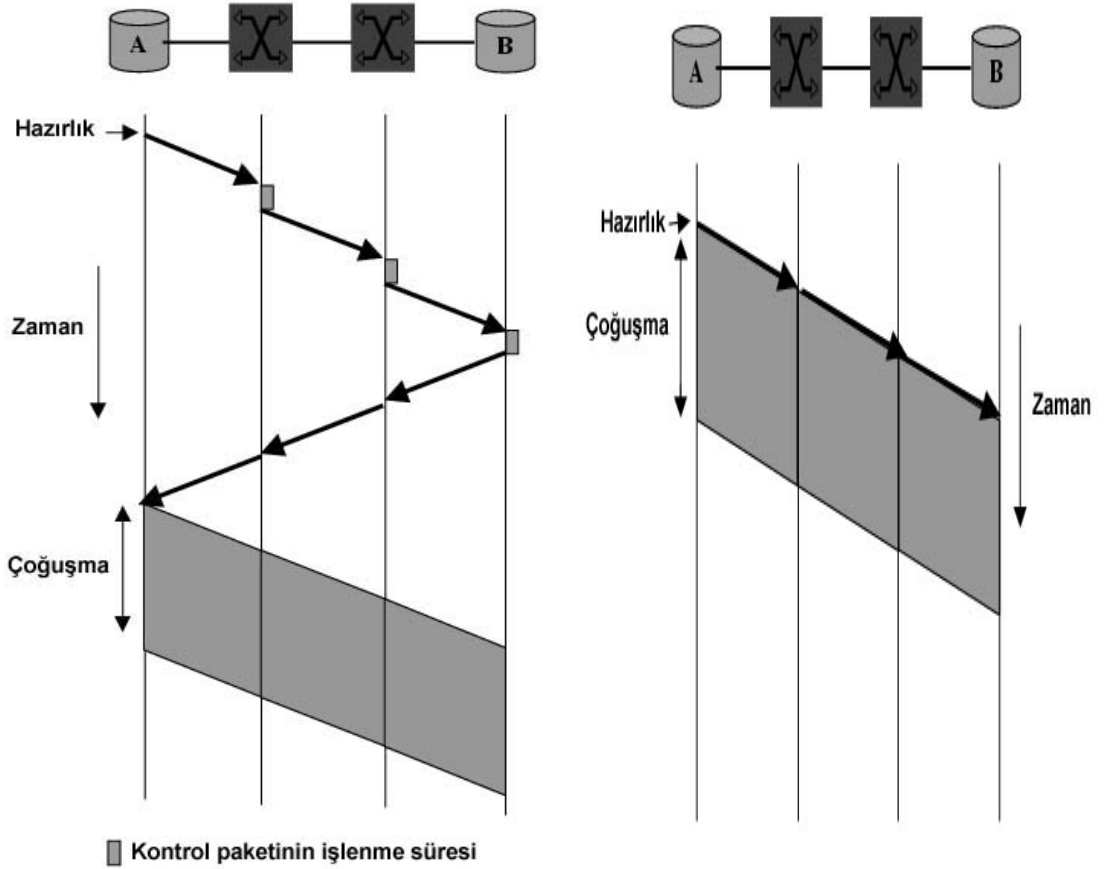
protokolleri temel içeriklerinin TAG'nin kendisinininkiyle aynı olmasından ötürü TAG tabanlı olarak bilinirler.

OBS'de çoğuşma tarafından kullanılan bir bağlantı üzerindeki dalga boyu çoğuşma bağlantıdan iletilir iletmez serbest bırakılır, ya JET'de olduğu gibi rezervasyona göre kendiliğinden yapılır ya da bağlantıyı serbest bırakan bir paket tarafından yapılır. Bu yolla farklı kaynaklardan gelip farklı hedeflere giden çoğuşmalar istatistiksel çoğullama yöntemiyle bir zaman bölmeli bağlantı üzerindeki aynı dalga boyunun bant genişliğini en verimli şekilde kullanır. En önemli nokta, kontrol paketinin bir ara düğümdeki bant genişliğini tahsis etmede başarısız olursa (bu anda durdurulduğu düşünülen) çoğuşma düşürülmek zorunda kalabilir. OBS optik katmandaki güvenli yada güvenli olmayan çoğuşma iletimini destekleyebilir. Çoğuşmayı ve kontrol paketini yeniden ileten güvenli iletimde, olumsuz bir bildirim kaynak düğüme geri yollanır. Bu tür bir yeniden iletim, OBS'nin bazı uygulama protokollerini doğrudan destekleyen TCP'de olduğu gibi kaybolmuş veriyi yeniden iletmeyen daha üst katman protokollerini kullanmadığında gerekli olabilir.

Her iki durumda da, düşürülmüş bir çoğuşma kurulmuş olan yolun üstündeki bant genişliğini boşa harcar. Yinede, bu bant genişliği çoğuşma için özel olarak ayrılmış ise bir kaynak çoğuşma yollamasa bile boşa harcanabilir. Benzer konular optik veya fotonik paket anahtarlama da uygulanabilir. Böyle bir bant genişliğinin boşa harcanma olasılığını ortadan kaldırmak için bloklanmış bir çoğuşma(bir optik paket) O/E çevriminden geçtikten hemen sonra bir elektronik tamponda bekletilmek zorunda kalınır ve sonra (yani E/O çevriminden sonra) konumuna salverilir. JET protokolünü kullanırken OBS'de zorunlu olmayan ara düğümlerdeki kısıtlı gecikmeleri destekleyen Fiber-optik Gecikme Hatları (FDLs) bant genişliğinin boşa harcanmasını azaltmada ve OBS'de bahsedilen başarımlarına yardımcı olmaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta, TAG tabanlı OBS protokollerini kullanırken, Fiber-optik gecikme hatları(FDLs), kontrol paketi işlendiğinde fakat başarımları artırmaya yardımcı olunmadığında her optik çoğuşmayı geciktirmek için gereklidir [9].

OBS, Uluslararası Telekomünikasyon Birliğinin (ITU) Asenkron Transfer Mod (ATM) ağlardaki çoğuşma anahtarlama için bir standardıdır. Bu standart ATM blok iletimi

olarak bilinir (ABT). ABT'nin iki versiyonu vardır: Gecikmeli İletimle ABT ve Anında İletimle ABT. İlk durumda; bir kaynak, bir çoğuşma göndermek istediğinde bağlantı yolu üstündeki ATM anahtarlar bir çoğuşma iletmek istediğini bildiren bir paket gönderir. Eğer yol üstündeki tüm anahtarlar çoğuşmayı alabilecek durumdaysa, istek kabul edilir ve kaynağa, iletimini yapması için izin verilir. Aksi durumda, istek reddedilir ve kaynak daha sonra başka bir istek göndermek durumunda kalır. Anında İletimle ABT'de, kaynak istek paketini gönderir ve bundan hemen sonra bir doğrulama almaksızın çoğuşmayı iletir. Eğer yol boyunca bir anahtar tıkanıklıktan dolayı çoğuşmayı taşıyamazsa, çoğuşma düşürülür. Bu iki teknik optik ağlara adapte edilmiştir. TAG, Anında İletimle ABT'ye benzer ve TAW ise, Gecikmeli İletimle ABT'ye benzer [11].



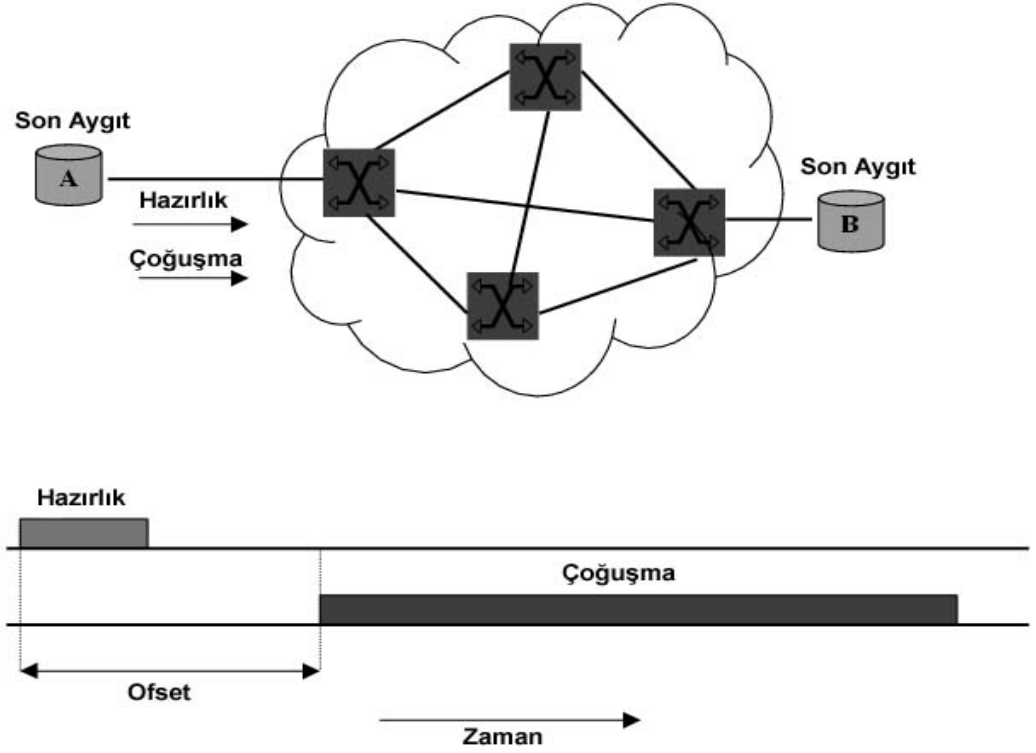
Şekil 2.6 TAW ve TAG Teknikleri

Şekil 2.6'da TAW ve TAG protokolleri şematik olarak anlatılmaktadır. Bu şekilde de görüldüğü gibi, TAG tekniğinde kaynak, kontrol paketlerini iletir ve hemen ardından

optik çoğuşmayı iletir. TAW`de ise kaynak, kontrol paketlerini iletir ve onayın gelmesini bekler. Veri paketini ise ancak kontrol paketine onay aldıktan sonra gönderir. Burada da görüldüğü TAG protokolünün gerçekleşmesi şu anki teknoloji ile pek mümkün değildir. Bunun nedeni de kontrol paketlerinin optik bölgede değil de elektronik bölgede işlenmesi ve bu nedenle kontrol işlemlerinin zaman almasıdır. Eğer veri paketi kontrol paketinin hemen arkasından gönderilirse kontrol paketi henüz işlenmeden veri paketi anahtara gelecek ve böylelikle veri paketi düşürülmek zorunda kalacaktır. Dolayısıyla bu protokol şu anki teknoloji için uygulanabilir görülmemektedir. Öte yandan TAW protokolü ise optik ağların hızını etkin olarak kullanamamaktadır. Netice itibariyle, her iki protokolünde mevcut halleriyle optik ağlar için yeterince etkin ve aynı zamanda uygulanabilir olmadığı görülmektedir. Bu nedenle, bu iki protokolün arasında bir yapıya sahip olan bazı protokoller geliştirilmiştir ve JIT ve JET protokolleri bu protokollerden ikisidir [2].

2.4. JIT- JET İşaretleme Protokolleri

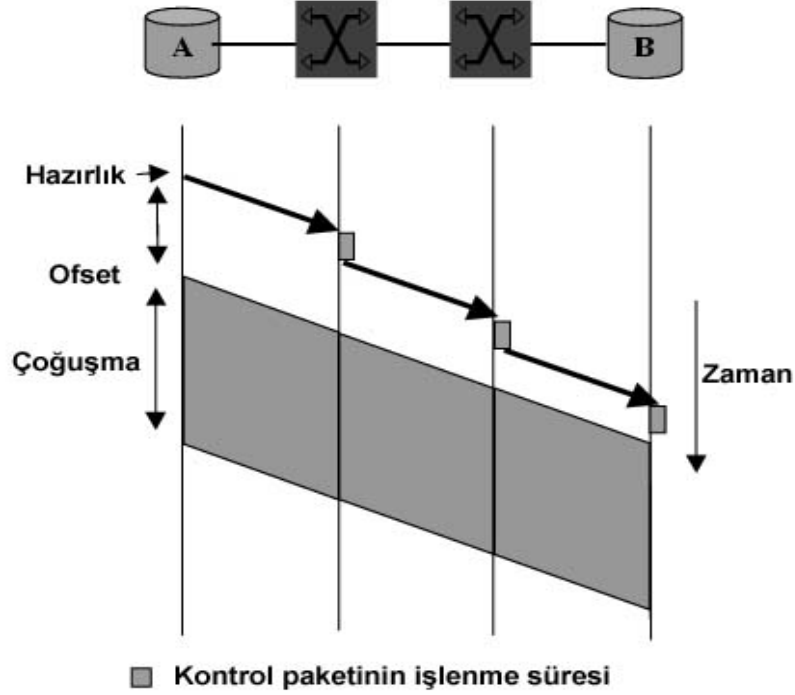
Çoğuşma anahtarlama eğer çoğuşmalar yeteri kadar uzunsa, çoğuşmayı göndermeden belli bir zaman önce ağda bant genişliği ayırmak veya istemek mümkündür. Şekil 2.7`de bir optik çoğuşmanın gönderilmesi gösterilmektedir. Çoğuşma gönderilirken kullanılması için çeşitli protokoller önerilmiştir. Örneğin; Tam zamanında (Just-in-Time), Yeteri Kadar Zaman (Just-Enough-Time) gibi...



Şekil 2.7 Bir Optik Çoğuşmanın Gönderilmesi

2.4.1. JET İşaretleme Protokolü

Şekil 2.8`de JET protokolünün işleyişi anlatılmaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi, kaynak, optik çoğuşmayı kontrol paketi işleninceye kadar tamponlar ve ancak kontrol paketinin işlenmesi için gereken süre kadar bekledikten sonra iletme sunar. Dolayısıyla, JET protokolünde kontrol paketinin iletimi ve optik çoğuşmanın iletimi arasında bir gecikme vardır. Bu gecikme, kontrol paketinin yol boyunca toplam işleme zamanından daha büyük olarak düzenlenebilir. Bu şekilde, çoğuşma her ara düğüme ulaştığında, kontrol paketi işlenmiş ve çıkış kapısında bir kanal ayarlanmış olacaktır. Böylece çoğuşmayı düğümlerde tamponlamaya gerek kalmaz. Bu JET protokolünün çok önemli bir özelliğidir.



Şekil 2.8 JET Tekniği

JET protokolünde iki trafik sınıfı tanımlanmıştır: gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan. Gerçek zaman sınıfına ait olan bir çoğuşma, gerçek zamanlı olmayan sınıfa ait olan çoğuşmadan daha önceliklidir. Bu da kontrol paketinin iletimi ve çoğuşmanın iletimi arasında ekstra bir gecikme ile sağlanır. Bu ekstra gecikmenin etkisi, optik çoğuşma anahtarında gerçek zamanlı çoğuşmanın bloklanma olasılığını azaltır [2].

Bu çalışmada Jumpstart-JIT protokolü kullanıldığı için sonraki kısımlarda bu protokol daha ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.4.2. JIT İşaretleme Protokolü, Jumpstart Mimarisi

Jumpstart, MCNC-RDI tarafından geliştirilmekte olan, optik çoğuşma anahtarlara dayalı olarak tasarlanmış olan bir tam optik ağ altyapı protokolüdür. Bu protokol kendi içinde JIT protokolünü kullanmaktadır. Bu nedenle bu kısımda Jumpstart protokolü tarafından kullanılan JIT protokolü ele alınacaktır ve bu protokolün özellikle de işaret iletişimi kısmına değinilecektir. Bunun sebebi de JIT protokolünde artık veri saydamlığının tamamen sağlanabilmesi mümkün kılınmıştır.

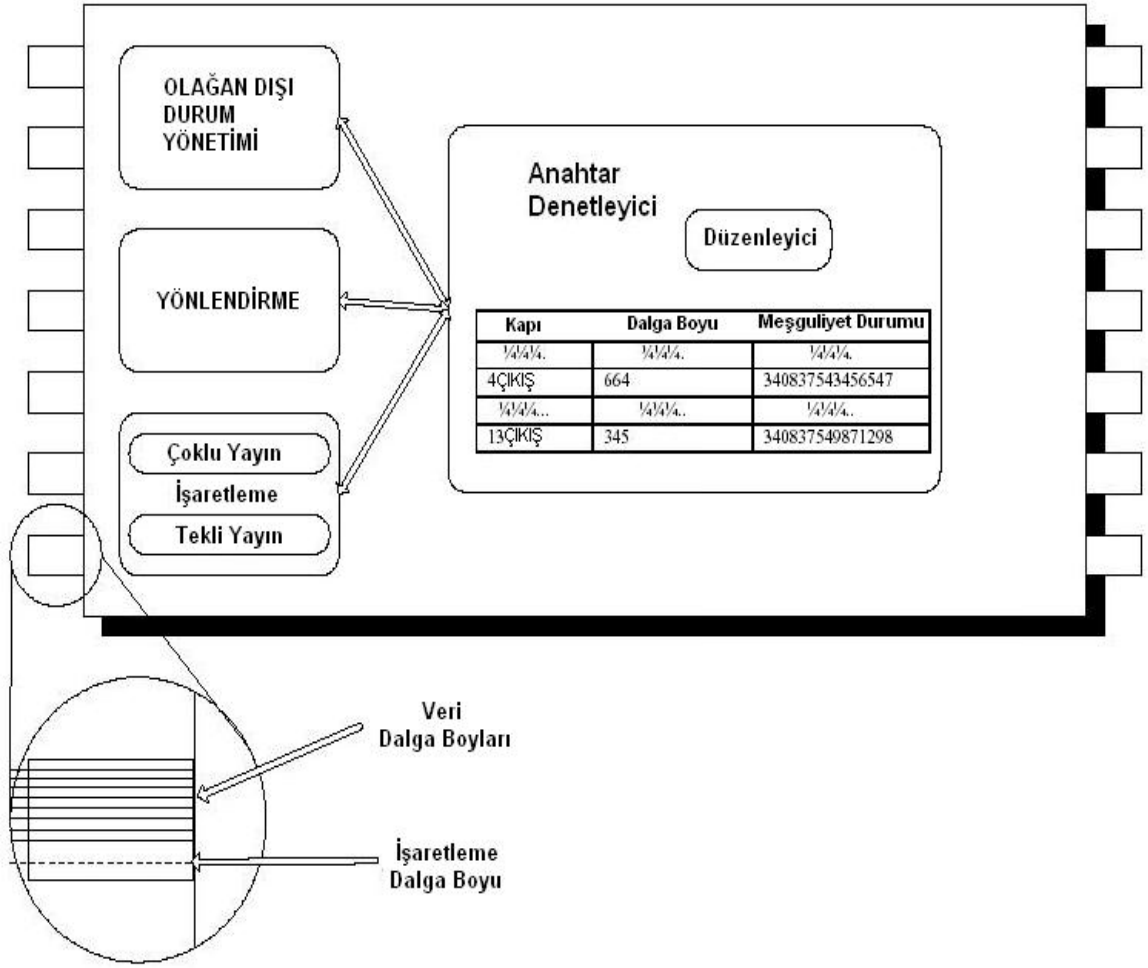
Jumpstart işaretleme protokolü ile WDM çoğuşma anahtarlamalı ağlar için bir işaretleme protokolü oluşturularak buna dayanan bir mimari geliştirilmiştir. Bu mimariye ait temel kabuller şunlardır:

- İşaretleme bant dışında yapılır.
- Veri elektronik ortama dönüştürülmeden iletilir.
- Yüksek kapasiteli işaretleme kanalı bir tanedir.
- İşaretleme mesajları bütün ara düğümler tarafından işlenir.
- İşaretleme protokolünün gerçekleşmesi donanımsal olarak gerçeklemeye elverişli olmalıdır.
- Düğümler arasında global bir zaman senkronizasyonu yoktur.

Temel bir Jumpstart OBS Anahtarında, çoklu dalga boylarına sahip giriş ve çıkış kapıları vardır. Her bir kapıdaki ayrı dalga boyları işaretleme trafiğini taşımak için ayarlanmıştır. Bir giriş kapısı üzerindeki herhangi bir dalga boyu, herhangi bir çıkış kapısı üzerindeki aynı dalga boyuna anahtarlanabileceği gibi herhangi bir çıkış kapısı üzerindeki herhangi bir dalga boyuna da ayarlanabilir. Anahtarlama Mikro-Elektro-Mekanik Sistemler ile veya başka uygun bir teknoloji ile yapılabilir.

Bu mimaride, işaretleme mesajı çoğuşmanın bir uçtan diğerine ulaşması için gerekli olan yolu kurmaya çalışır ve bu iki uç arasında kalan düğümlerin de ayna ayarlarını yapmasını sağlar. Bu mesaj opsiyonel olarak çoğuşma süresini de bildirir.

Jumpstart işaretleme protokolünde sadece işaretleme üzerinde değil, Servis kalitesi parametreleri, bant genişliği atanması, çoğuşma boyutu ve verimli tampon yönetimi gibi sayısal iletişimle ilgili diğer konular üzerinde de durulur [12].



Şekil 2.9 Jumpstart OBS Anahtar Mimarisi

2.4.3. Jumpstart İşaretleme Tanımlaması

Kurulan bağlantının tipine bağlı olarak, işaretleme protokolünün bazı fonksiyonları yerine getirmesi gereklidir. Bunlar; bağlantı tanımı, bağlantı yolunun hazırlanması, veri iletimi, var olan bağlantıların durumlarının devam ettirilmesi ve bağlantının işi bittiğinde yolunun kapatılması.

Jumpstart protokolü için, işaretleme kanallarının fonksiyonelliği hakkında Őunlar varsayılmıştır:

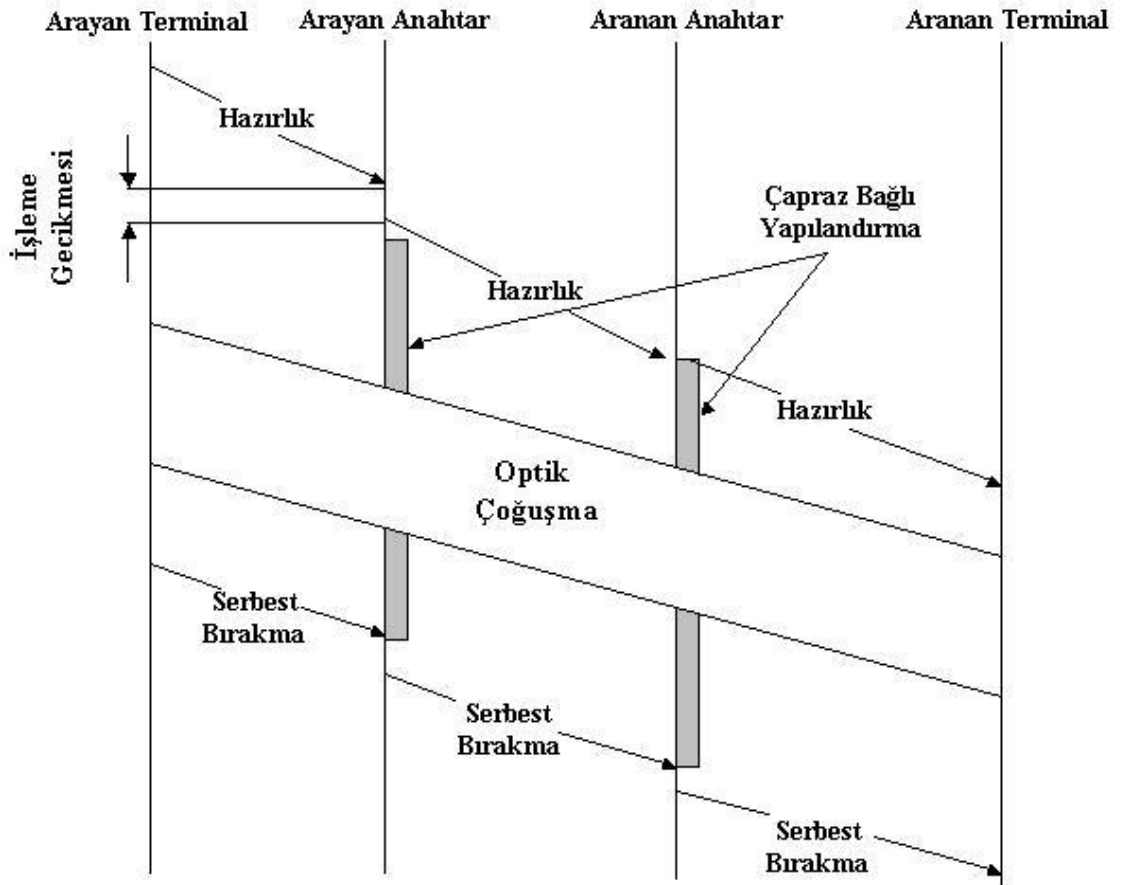
- İşaretleme bant dışında yapılır.
- İşaretleme kanalı hattan hatta geçiŐte en verimlidir.

- İşaretleme mesajları kuyruklanır ve her ara düğüm tarafından işlenir (Kuyruklamadan ötürü kayıplar olasıdır).
- İşaretleme kanalı düşük bit-hata oranına sahip olduğu varsayılmıştır.

İşaretleme protokolünü hattan hatta güvenilir yapmak, pozitif onaylama gerektirir ve kaybolan mesajları tekrar gönderme imkanı tanır. JIT ortamında, bir çoğuşma, işaretleme mesajının hemen arkasında az bir gecikme ile dolaştığı zaman, kaybolan bir mesajı tekrar göndermek çoğuşmadan önce düğüme varamayacağı için kullanışlı olmaz [13][14].

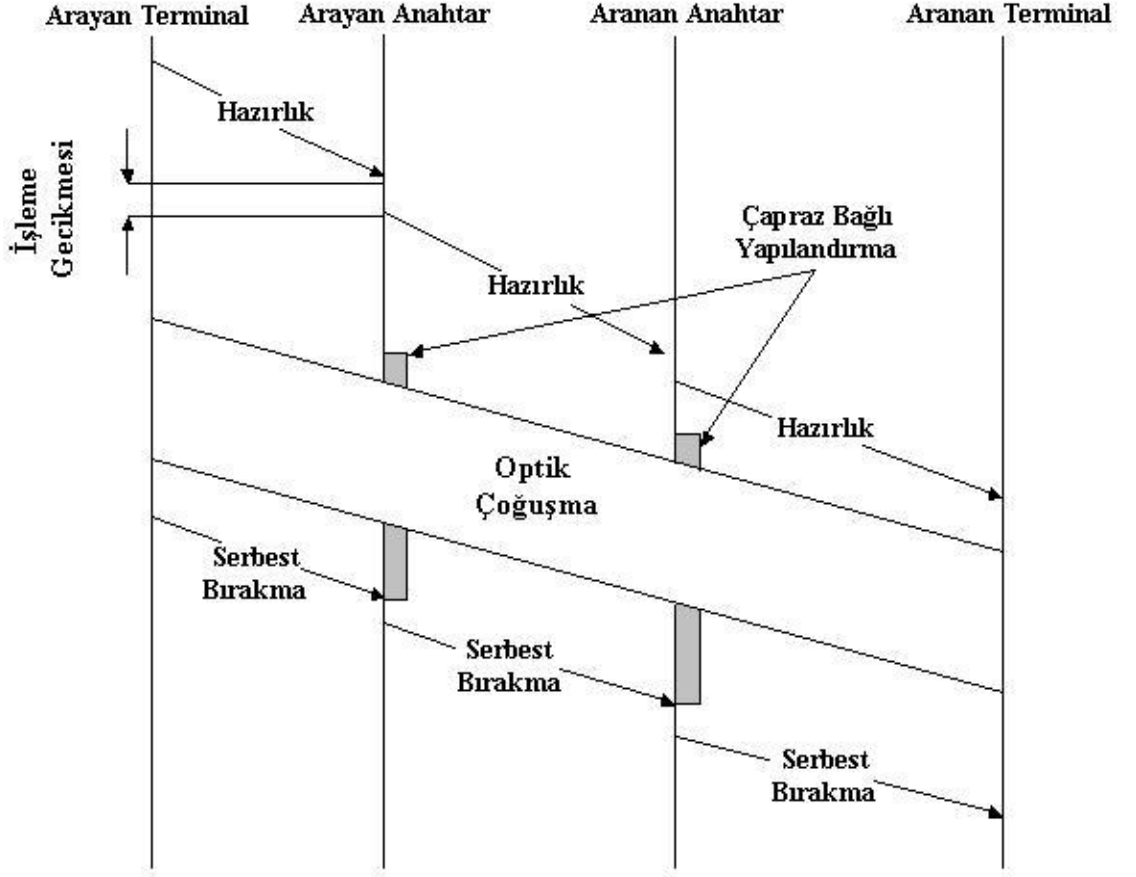
2.4.3.1. Hazırlık Bağlantısı için Çapraz Bağlı Yapılandırma

Şekil 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 OBS literatüründe de bahsedildiği gibi çeşitli JIT teknikleri arasındaki ana farkları göstermektedir.



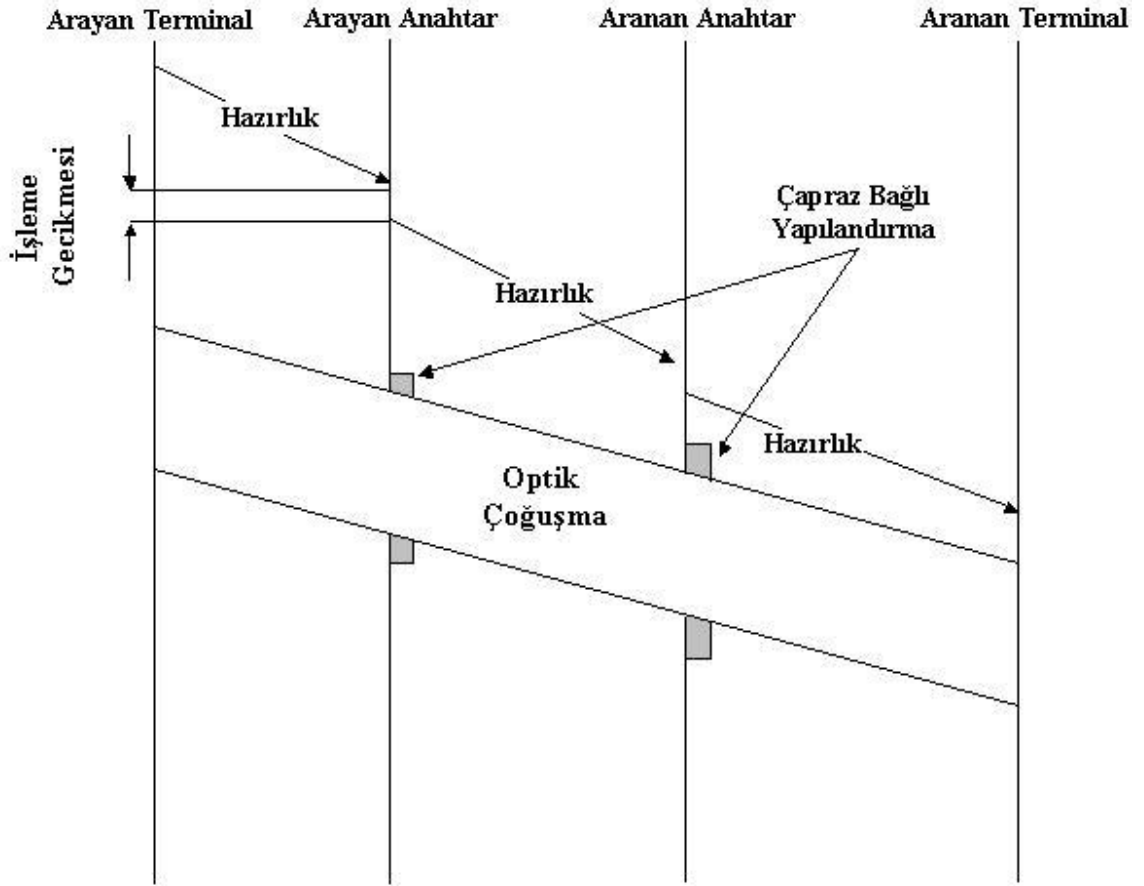
Şekil 2.10 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi ve serbest kalma süresi belirli

çoğuşma uzunluğuna göre ayarlanır ve çoğuşmanın beklenen süresi sonunda tahsisat sonlandırılır [16].



Şekil 2.12 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi belirsiz, serbest kalma süresi belirli.

Şekil 2.12’de iletimin yaklaşık zamanlı hazırlık süresi ve belirli serbest kalma süresi esasına uygun olarak gerçekleştirildiği düşünülmektedir. Dolayısıyla, Şekil 2.12, Şekil 2.11’in tersidir. Başka bir deyişle, çoğuşmanın bitiş süresini tahmin etmek yerine, “Hazırlık” mesajının içerdiği bilgiye göre başlangıcı tahmin edilir. Ancak bu durumda belirli bir “Serbest Bırakma” mesajı gerekmektedir ki, anahtarlama elemanları diğer çoğuşmalar için serbest kalsın [16].



Şekil 2.13 Optik Çoğuşma Anahtarlama için işaretleme tekniği: hazırlık süresi ve serbest kalma süresi belirsiz.

Şekil 2.13`de hem hazırlık süresi ve hem de serbest kalma süresi yaklaşık zamanlı olarak ele alınmıştır. Bu durumda “Hazırlık” mesajının içerdiği bilgiye dayanarak başlama ve bitiş zamanları tahmin edilir ve anahtarların tahsisatı tam veri yığının geleceğinin tahmin edildiği sürede yapılır ve yine anahtarlar tam verinin iletiminin tamamlanacağı tahmin edildiği sürede serbest bırakılır. Böylelikle anahtarların en etkin şekilde kullanımı sağlanmaya çalışılır.

Yukarıdaki dört şekilden de anlaşılacağı gibi; bir anahtar içindeki anahtarlama elemanlarını kullanan aynı çoğuşma için gerekli zaman miktarı farklı olacaktır. Çoğuşmanın başlangıç ve bitiş zamanlarının daha sıkı tahmin edilmesi, ayarlanmış anahtarlama elemanlarının daha küçük ek yük tutması, ağdaki tüm çoğuşmanın bloklanma olasılığını daha da azaltır. Belirli olan süreler en kötü zamanları verirken (kendi varış zamanlarına göre), tahmini olan süreler en iyi sonuçları verir [16].

Şekil 2.10 en basit düzenleyiciyi gerektirir. Bu teknikte düzenleyici, yalnızca çapraz bağlı (crossconnect) elemanlarının o anki iş yükü hakkındaki bilgiyi saklamak ister ve bu bilgi özel işaretleme iletilerinin varışları tarafından değiştirilir. Bunun dezavantajlı yanı, iki kısa çoğuşma için gerekli olan işaretleme trafiğinin miktarında ve çapraz bağlı bağlantı tarafından yararlanılan gerçek zaman miktarıyla karşılaştırıldığında ortaya çıkar. Bu sonraki özellik diğer bağlantılar için daha yüksek bloklama olasılığı ile sonuçlanabilir.

Şekil 2.11 ve 2.13, her bağlantı için bir işaretleme mesajına ihtiyaç duyar. Bununla birlikte, anahtardan geçecek olan bağlantıları düzenleyebilecek artan sayıda daha karmaşık düzenleyicilere ihtiyaç duyar. Şekil 2.12, şekil 2.10'da olduğu gibi iki adet işaretleme mesajına ihtiyaç duyar.

Şekil 2.11, özel çapraz bağlantı elemanının bağlantı tarafından daha fazla kullanılmayacağı esnada ön görülen bir bitiş zamanını saklamak için bir düzenleyiciyi gerektirir, böylece düzenleyici yeni bağlantılar için kullanılabilir. Şekil 2.12 ve 2.13, çıkış kanalı(bir kayan pencere şeklinde gerçekleşmiş olabilir) başına sınırlı bir geçici horizonu saklayan bir düzenleyici gerektirir, böylece düzenleyici bir kanalın gelecekte verilen bir zamanda dolu olup olmadığını söyleyebilir. Bu tekniklerin ağ bant genişliğinin kullanımında daha etkin olması mümkündür, bunun için bağlantı tarafından yararlanılan zamana oranla daha az zamanda yapılandırılması gerekmektedir. Bu da daha düşük bir bloklama olasılığı ile sonuçlanacaktır [16].

2.4.3.2. *Düzenleyici Karmaşıklığı*

Belirli ayrılış zamanlı olan teknik, en düşük düzenleyici karmaşıklığı gerektirir. Düzenleyici karmaşıklığında bir bağlantıda anahtarlama başına düşen tek bir bitiş zamanının tutulması konusu “zamanlı ayrılış”tır. Zamanlı ayrılış, düzenleyiciye bir diğer bağlantı için bu elemanı ne zaman kullanabileceğini söylemek içindir. Yerel anahtar zamanı ile bitiş zamanının basit bir karşılaştırılması yeni bir bağlantı kurulumu girişimi gerçekleştiğinde gerekir. Bu işlem de, bir çapraz bağlantı elemanının bu bağlantı için kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek amacıyla uygulanır.

Şekil 2.12 ve 2.13'ün her ikisi de, anahtarlama elemanının gelecekteki durumunun sınırlı bir bilgisini kendi içerisinde tutan çoğuşmanın başlangıcını yaklaşık olarak hesaplar. Burada ki 'kendi içerisinde' nin anlamı; her anahtarlama elemanında tutulan bilgi miktarının, tek bir sayıdan, bir diziye kadar artmasıdır. Yer karmaşıklığına ek olarak, düzenleyicide, bir sonraki varıştan önce belirgin bir bağlantının düzenleme içerisinde uyup uyamayacağına karar verilmesi zorunlu olan bir işleme karmaşıklığı ortaya çıkar. Dolayısıyla Şekil 2.12 ve 2.13 bağıl olarak daha karmaşık düzenleyici mekanizması gerektirir [13].

2.4.3.3. Çoğuşma Gecikmesi

Ağ boyunca verinin aktarımı ilgili yolun kurulumunu sağlamak üzere gerçek çoğuşmanın önünde bir işaretleme mesajı yollanmasıyla sağlanır. Buradaki ana düşünce, işaretleme mesajı ağı geçerken anahtarların çapraz bağlantı elemanlarının düzenlenmesi için, gereken ara anahtarlama zamanını vermek üzere çoğuşmanın önünde olmalıdır. İşaretleme mesajı ve çoğuşma arasındaki gecikme ağ boyunca iletim esnasında kısalmır. Ağa göre optik saydam olan çoğuşmada olmadığı gibi işaretleme mesajı her ara düğümde işleme gecikmesini hesaplar. Dolayısıyla, sorun işaretleme mesajı yollanmadan önce ilk çoğuşmanın gecikme süresini kestirmeye dönüşür. Bu kestirim bağlantı yolu üzerindeki adımların sayısına bağlıdır. Burada önemli olan, bu kestirim mekanizmasının ağ içerisinde bir fonksiyona dayalı olarak sunulması zorunluluğunun olmasıdır [13].

2.4.3.4. Bağlantı Evreleri

OBS ağında tanımlanmış birkaç evre bulunmaktadır. Bunlar:

1. Oturum Tanımı
2. Yol Hazırlanması
3. Veri İletimi
4. Oturum Durumunun Korunması
5. Oturumu Kapatma

Tek yönlü yayın bağlantıları daha önceden işaretleme tekniklerine bağlı olarak tanımlanmış olup yukarıdaki evrelerin hepsini içermekteydiler. Bununla birlikte, bazıları tek adıma düşürülmektedir. Örnek olarak, HAZIRLIK mesajı:

1. Ağa oturumu duyurma(Oturum Bildirimi)
2. Oturumun yolunu hazırlama(Yol Hazırlanması)
3. Çoğuşmanın varışını duyurma(Veri İletimi)

Sonuç olarak, ilk üç evreyi birleştirerek, ya belirli ya da belirsiz oturum kapatma bu adımları takip eder. Bu basit bağlantıların çok kısa süreli bağlantılar olmasından ötürü Oturum Durumunun Korunması evresinde eksiklikleri vardır.

Çoklu yayın ve tek yönlü yayın bağlantılarının her ikisi de yukarıdaki evrelere eşlenebilir [13][14].

2.4.3.5. Sürekli Yol Bağlantısı

HAZIRLIK mesajı, yol hazırlığını ve veri iletim evrelerinin her ikisini de birleştirir. Yinede bu durum kısa süreli çoğuşmalı bağlantılar için iyi çalışmaktadır. Kısa süreli zaman sapmasını indirgemek amacıyla aynı yol üzerinden pek çok çoğuşmanın iletilmesi gerektiği düşünülmelidir. Bu amaçla, yol hazırlama evresinin veri iletim evresinden ayrılması gereklidir. İşte bu, sürekli yol bağlantısının gerekli olduğu durumdur. Bir bağlantı için bir yol hazırlamak ve daha sonra bir çok çoğuşma için bunu kullanmak amaçlanmaktadır.

Çoklu yayın bağlantıları her zaman sürekli yol bağlantısına ihtiyaç duyarlar. İlk önce bir çoklu yayın yönlendirme ağacı oluşturulmalı ki çoklu yayın oturum verisi iletilebilsin.

Tablo 2.2 Basit Mesaj Tipleri

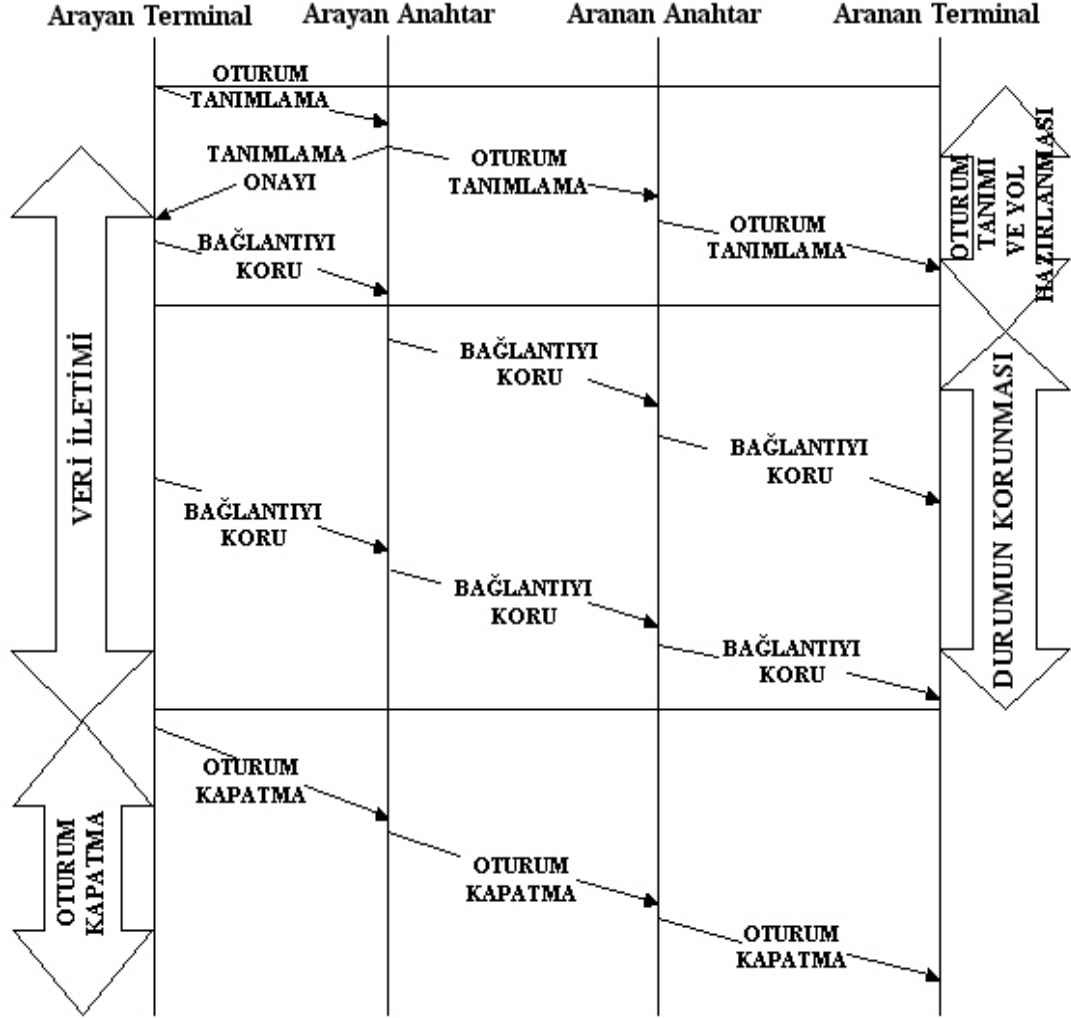
Mesaj İsmi	Mesaj Fonksiyonu	Bağlantı Evreleri
OTURUM TANIMLAMA (Session Declaration)	Ağı, sürekli bir tek yönlü yayın veya çoklu yayın bağlantısının hazırlanacağına dair uyarır.	Oturum Tanımlama, Yol Hazırlanması
HAZIRLIK (Setup)	Ağı, bir çoğuşmanın geleceğine dair uyarır. “zamanlı serbest bırakma” tekniği çoğuşma uzunluğu ve gecikme bilgisini taşır. Yol hazırlanmasını veri iletimi ile birleştirir.	Oturum Tanımlama, Yol Hazırlanması, Veri İletimi
HAZIRLIK ONAYI (Setup_Ack)	İlk anahtar tarafından arayan terminale gönderilir. HAZIRLIK mesajını onaylar ve çoğuşma gecikme tahminini geri döndürür.	Veri İletimi
TANIMLAMA ONAYI (Declaration Ack)	Aranan terminal tarafından OTURUM TANIMLAMA'nın onayı	Oturum Tanımlama
BAĞLAMAK (Connect)	Opsiyonel olarak, yol hazırlık onayı için aranan terminalden arayan terminale geri döndürülür.	Veri İletimi
OTURUM KAPATMA (Session Release)	Daha önce OTURUM TANIMLAMA göndererek kurulmuş bir bağlantının yolunu serbest bırakır.	Oturum Kapatma
SERBEST BIRAKMA (Release)	“Belirli serbest bırakma” süresi tekniği bağlantının kapandığını ara düğüme bildirir.	Oturum Kapatma, Veri İletimi
BAĞLANTIYI KORU (Keepalive)	Durum Korunumu mesajı, periyodik olarak arayan terminalden gönderilir. Zaman aşımı sayaçlarını sıfırlar. Opsiyonel olarak “zamanlı serbest bırakma” tekniği için bağlantının kalan süresinide taşıyabilir.	Durum Korunumu
HATA (Failure)	Bağlantı hazırlığının genel hatasını gösterir.	

HAZIRLIK mesajı bağlantının bir çok parametresini taşır. Bunlar:

- Çoğuşma tanımlayıcısı (zamanlı ayrılma tekniğinde)
- Servis kalitesi tanımlayıcısı (bağlantı bant genişliği, öncelik vb. gerekir)
- Uçtan uca bağlantı parametreleri (kodlama tekniği, modülasyon tekniği, işaret türü)
- Bağlantı referans numarası (başlatan için tekrarsız, fakat ağ içinde tekrarsız değil)
- Kablosuz ağlarla ortak çalışabilirlik ve yol boyunca dalga boyu dönüşümüne izin vermek için dalga boyu.

Uzun süreli çoğuşmalar için BAĞLANTIYI KORU (KEEPALIVE) mesajı bağlantının durumunu saklar ve onun zaman aşımına uğramasını engeller [13][14][15].

Şekil 2.14, sürekli yol bağlantısının nasıl hazırlandığını göstermektedir.



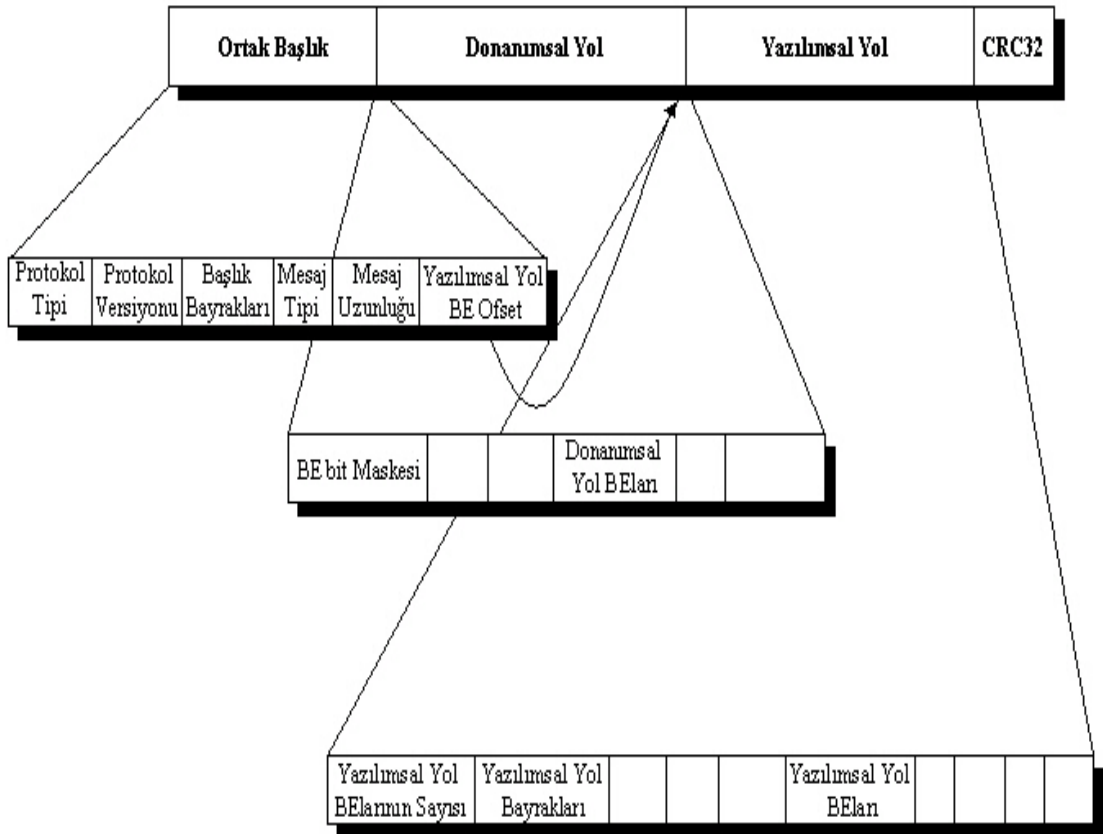
Şekil 2.14 Sürekli Yol Hazırlanması

2.4.3.6. İşaretleme Mesaj Biçimi

JumpStart, tüm işaretleme protokolleri için bir tek işaretleme mesaj biçimini kullanır. Bu donanım ve yazılım işaretlemesinin gerçekleştirilmesi açısından istenen bir özelliktir. Böyle bir yaklaşımdaki sorun, işaretleme protokollerinin gelecekteki ihtiyaçlarını yeterli esneklikte içerebilecek yapıdaki bir mesaj yapısını da beraberinde getirecektir. Şekil 2.15 işaretleme mesajının yapısını göstermektedir. Üç bölüme ayrılır: ortak başlık,

donanımsal yol(hardpath) bilgi elemanları ve yazılımsal yol(softpath) bilgi elemanları. Bilgi elemanı kavramı ATM'den alınmıştır. Her bilgi elemanı, içinde kullanılacak olan işaretleme protokolünün belirli bir tarafına bağlı olan veriyi taşır. Tablo 2.3 alan uzunluklarını tanımlamaktadır. Parantez içindeki değerler Gelişmiş Teknoloji Gösterim Ağı (Advanced Technology Demonstration Network) gerçekleştirilmesindeki değerlerdir.

Bilgi elemanları, duyarlılıklarına bağlı olarak (adım adım ya da uçtan uca) donanımsal yol ve yazılımsal yol olarak ayrılırlar. Bu da tüm donanım ve tüm yazılım işlemleri arasındaki farkı vurgulamaktadır. Her iki yolda da bilgi elemanlarının yapısı TUD(tür, uzunluk, değer) üçlüsü ile yapılandırılmış olup birbirinin aynısıdır. Uzunluk alanı 2 sekizlik IE'nin uzunluğunu belirtir [13][15].



Şekil 2.15 İşaretleme Mesaj Yapısı

Tablo 2.3 Mesaj Alan Uzunlukları

Alan Adı	Alan Uzunluğu(sekikli)	Notlar
Protokol Tipi	1	
Protokol Versiyonu	1	
Başlık Bayrakları	1	
Mesaj Tipi	1	
Mesaj Uzunluğu	2 (1)	Mesajın sekizli olarak gerçek uzunluğu
Yazılımsal Yol BE Ofset	2 (1)	Mesaj içindeki yazılımsal yol BElarının başlangıcındaki ofset
64-bit BE Maskesi	8 (2)	
Yazılımsal Yol BElerinin Sayısı	1	
Yazılımsal Yol Bayrakları	1	Sıraya koyma için mevcut.
CRC32	4	

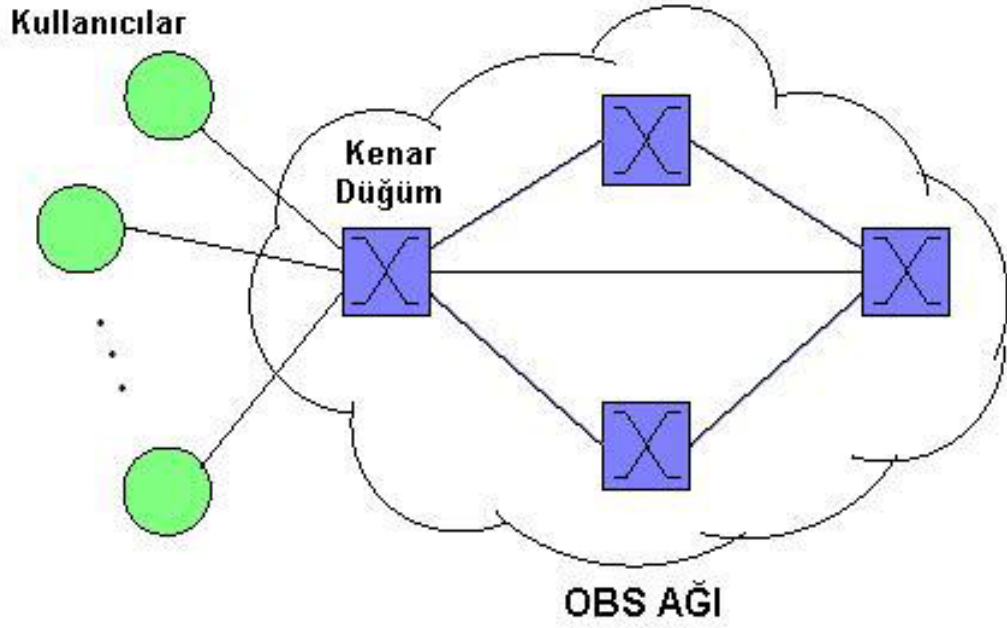
3. MALZEME VE YÖNTEM

OBS, dalga boyu yönlendirme ve optik paket anahtarlama arasına yerleşmiş bir teknolojidir. Tam-optik devreler, eğitilmemiş veya istatistiksel olarak çoklanmamış trafik için verimsiz yapıdadır. OBS ise optik tamponlama ve optik başlık işleminin pratik, uygun maliyetli ve ölçeklenebilir uygulamalarını gerektirir. OBS, optik tamponlama veya paket-seviyesinde ayırıştırma gerektirmeyen ve gelen trafiğin yoğunluğu, tam bir dalga boyunu kullanmadığı zaman paket anahtarlama alandan daha verimli bir tekniktir. Her çoğuşmanın iletimi öncesinde bir kontrol paketinin iletimi ile gerçekleşir. Bu kontrol paketinin görevi; gelen çoğuşma hakkında ara düğümleri bilgilendirerek, onların çoğuşmayı ilgili çıkış kapısına anahtarlama için anahtar yapılarını ayarlamalarını sağlamaktır. Bir OBS kaynak düğümü uçtan uca bağlantının kurulup kurulmadığı hakkında bir doğrulama gelmesini beklemez; bunun yerine bir gecikmenin (ofset de denir) ardından kontrol paketini takiben veri çoğuşmasını gönderir [17].

Bu çalışmada, veri çoğuşması için tampon kullanılmayıp gelen işaretleme mesajları için tampon kullanılmıştır. Ayrıca, giriş ve çıkışta bulunan tamponların boyutları aşıldığında paketler düşürülmektedir.

3.1. Bir OÇA Anahtarının Kuyruklama Modeli

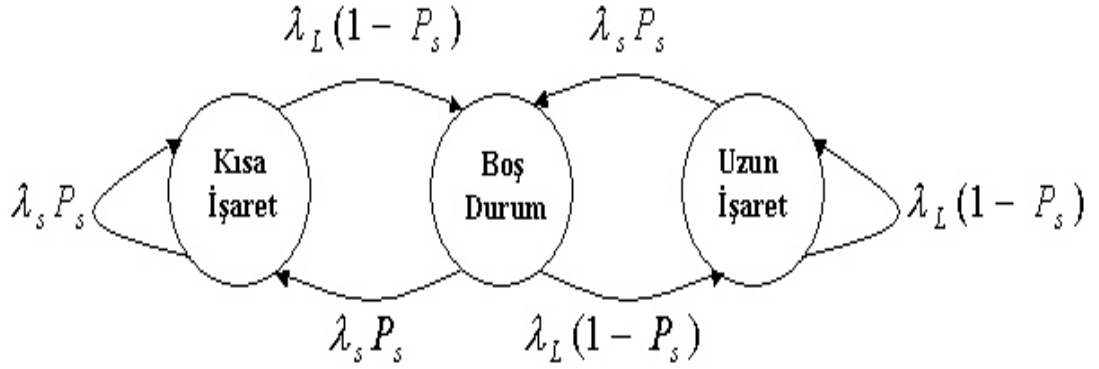
Şekil 3.1, çift yönlü fiber hat bağlantıları ile birbirine bağlı OBS düğümlerinden oluşan bir OBS ağını göstermektedir. Her bir fiber $W + 1$ dalga boyu taşır. Dalga boylarından biri kontrol paketlerinin gönderilmesinden sorumlu iken diğer W dalga boyları veri çoğuşmalarını iletmekte kullanılır [17]. Bu çalışmada modellenen hat yapısında, kontrol paketlerinin iletilmesinden sorumlu olan dalga boyu kullanılmaktadır. Gelen kontrol paketleri geldiği dalga boyundan diğer anahtara iletilebileceği gibi o an müsait olan başka bir dalga boyundan da iletilebilir.



Şekil 3.1 Bir OBS Ağı

3.2. İşaretleme Varış Süreci

Bir kullanıcıdan, ara OBS anahtarına giden her bir kontrol paketine ait dalga boyu uygun bir çoğuşma varış işlemi ile ilişkilendirilmektedir. Kontrol paketlerinin geliş aralıkları şekil 3.2’de gösterilen üç-durumlu Markov modeline göre tasarlanmıştır. Geliş aralıkları üç durumdan biri olabilir: kısa işaret, uzun işaret ve boş durum. Eğer kısa işaret durumu söz konusu ise anahtara kısa işaret paketi geliyor demektir. Uzun işaret durumunda da uzun işaret paketi gelmektedir. Eğer boş durumda ise, hiçbir işaret paketi gelmiyor demektir. Kısa işaret, uzun işaret veya boş duruma geçişler üstel dağılıma göre hesaplanmaktadır.

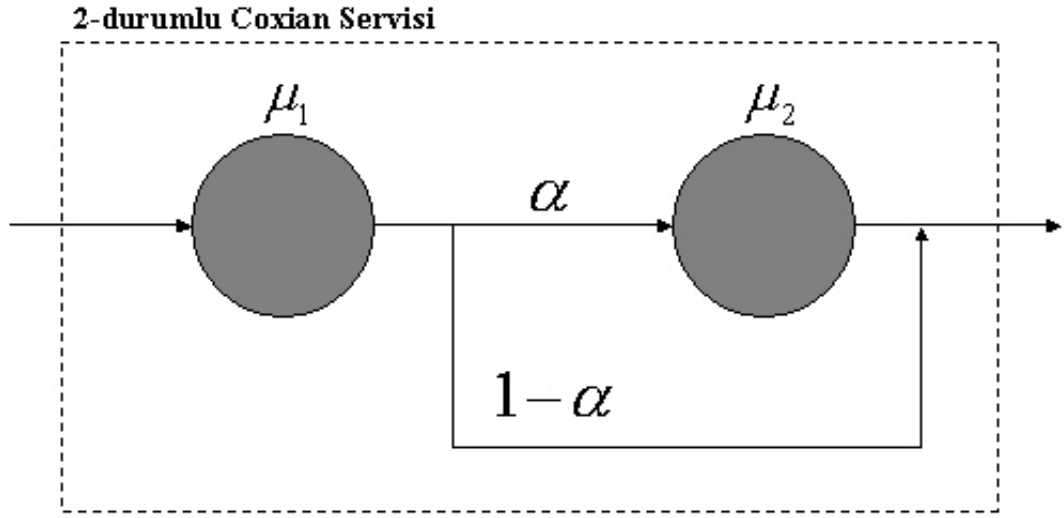


Şekil 3.2 Üç durumlu işaretleme varış süreci

Başlangıç durumu boş durumdur. P_s olasılıkla kısa işaret durumuna geçilebilir ve daha sonra üretilen değere göre kısa işaret durumunda kalınabilir veya boş duruma geçilebilir. Kısa ve uzun işaret durumları arasında doğrudan geçiş yoktur. Bu yüzden kısa veya uzun işaret durumundan önce, boş duruma geçilmesi gerekir. Bu olaylar $(1 - P_s)$ olasılıkla uzun işaret durumuna geçilirse de söz konusudur.

3.3. 2-Durumlu Servis Süreci

Giriş kuyruğundan çıkan işaretleme paketleri 2-aşamalı Coxian servisine gelirler. Şekil 3.3'de μ_1 ve μ_2 Coxian servisinin birinci ve ikinci aşamalarındaki servis oranlarını göstermektedir. α ise ilk aşama tamamlandıktan sonra ikinci aşamaya geçilip geçilmeyeceğini gösteren olasılık değeridir. Servise gelip μ_1 servis oranı ile işlenen bir kontrol paketi, α olasılıkla μ_2 servis oranı ile tekrar işlenip öyle servisten çıkar. Aksi halde, yani $(1 - \alpha)$ olasılığı ile μ_2 servis oranı ile işlenmeden doğrudan servisten çıkar.



Şekil 3.3 2-durumlu Coxian servisi

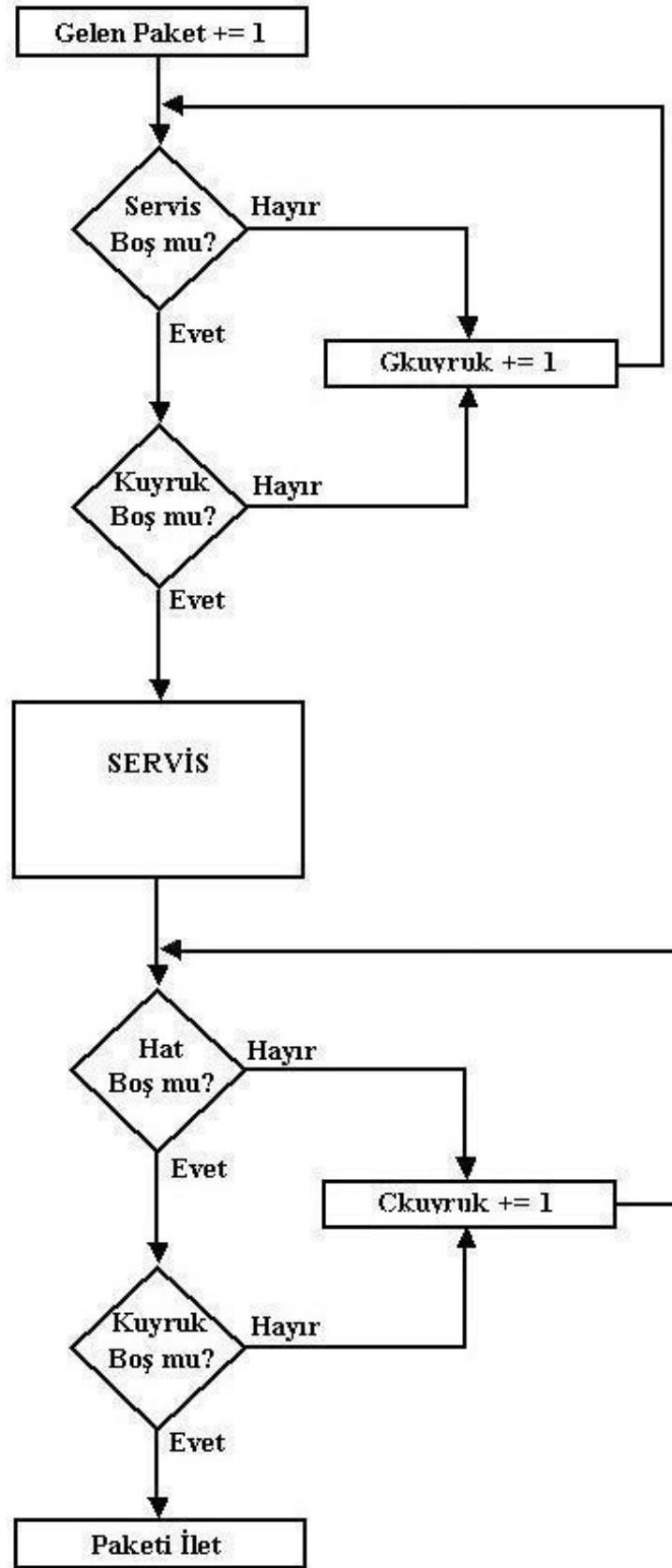
Servisten çıkan kontrol paketleri çıkış kuyruğuna iletilir. Servisten çıkış noktasında; eğer çıkış kuyruğunda bekleyen paketler varsa servisten çıkan diğer paketler de kuyruğa girer. Aksi halde, hattın durumuna göre bir sonraki anahtara iletilir.

3.4. Simülasyon Programının İşleyişi

Bu çalışmada giriş ve çıkış kapılarında tamponlama yapan bir optik çoğuşma anahtarlama düğümünü dikkate alarak, çoğuşma halinde gelen veri üzerinde değil de, Jumpstart işaretleme protokolü ile taşınan işaretleme mesajlarının düğüme gelişleri, işlenmeleri ve çıkış kapısından bir sonraki düğüme gönderilmelerinin simülasyonunu yapan bir program yazılmıştır. Bu programın kullanıcı ara yüzü EK-A'da gösterilmiştir.

OBS düğümüne, rasgele sayılarla üretilen geliş zamanları ile paket gelmektedir. Gelen paketler, iki tipte olabilir. Bunlardan biri; kısa işaretleme mesajı, diğeri uzun işaretleme mesajıdır. Yukarıda da belirtildiği gibi gelen paketlerin geliş aralıkları üç-durumlu Markov modeline göre üretilmektedir. İlk durum boş durumdur. Daha sonra, rasgele üretilen sayı ile gelen paketin kısa işaretleme paketi mi, yoksa uzun işaretleme paketi mi olduğuna karar verilir. P_s olasılıkla kısa işaretleme paketi ya da $(1 - P_s)$ olasılıkla uzun işaretleme paketi gelebilir. Kısa işaretleme ve uzun işaretleme durumları arasında doğrudan geçiş olmadığı için önce boş durumuna geçilir. Bu durumda iken yine P_s

olasılıkla kısa işaretleme durumuna ya da $(1 - P_s)$ olasılıkla uzun işaretleme durumuna geçilebilir. Gelen paketler, şekil 3.4'te gösterilen algoritmaya göre servisin ve kuyruğun durumuna göre ya kuyruğa girerler ya da servise alınıp işlenmeye başlarlar. Serviste her gelen paket en az μ_1 servis oranı ile işlenir. Burada da, ya α olasılıkla μ_2 kadar daha işlenip öyle servisten çıkar ya da yani $(1 - \alpha)$ olasılıkla sadece μ_1 kadar işlenmiş olarak servisten çıkar. Servisten çıkan paketler çıkış kuyruğuna gelirler. Bu noktada hattın ve çıkış kuyruğunun durumuna göre paketler ya çıkış kuyruğunda kuyruklanıp beklemeye alınır ya da hatta salınıp bir sonraki anahtara gönderilir.



Şekil 3.4 OBS Anahtarın Paket İşleme Döngüsü

4. BULGULAR

Yapılan simülasyon programının sonuçları M/M/1 kuyruklama modeli ve self-similar trafikle beslenen bir sistemle karşılaştırıldı. Bu sistemler hakkında bölüm 4.1 ve 4.2 de kısmi olarak bilgi verilmiş ve yapılan denemeler sonucunda elde edilen sonuçlar ve grafikleride gösterilmiştir. Bölüm 4.3'te ise önerilen model ile ilgili bilgi verilip elde edilen sonuçlar ve grafikler gösterilmiştir.

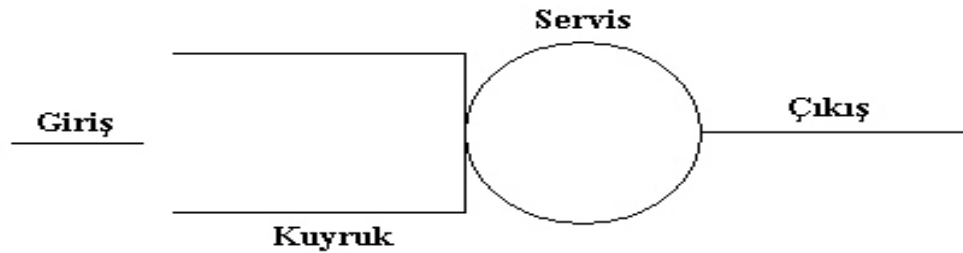
Bu çalışmada kullanılan yük miktarının hesabı şu şekilde yapılmaktadır:

$$\rho = \frac{\frac{R_D}{S_B} S_S}{R_S} \quad (1)$$

Burada; R_D veri kanalının oranını, R_S işaret kanalının oranını, S_S işaret mesajının boyutunu, S_B çoğuşmanın boyutunu göstermektedir. Bu çalışmada simülasyonu gerçekleştirilen anahtarda, $R_D = 2.4\text{Gbps}$, $R_S = 155\text{ Mbps}$, $S_S = 1\text{Kbps}$ ve S_B ise 64, 128, 256 ve 512Kbps olarak alınmıştır.

4.1. M/M/1 Kuyruk Sistemleri

M/M/1 kuyruklama sistemi en basit kuyruklama sistemidir. Bu sistemin iki bileşeni ve iki niteliği vardır. Bileşenler; kuyruk ve servistir. Nitelikler ise; varış aralıkları, i ve servis zamanı, t' dir. Bu sistemin genel şematik gösterimi şöyledir:



Şekil 4.1 M/M/1 Kuyruklama Modeli

Paketler, zaman içinde rasgele olarak üretilen zamanlarda kuyruğa gelirler. Girişteki ortalama varış aralıkları i 'ye göredir. Paketlerin serviste işlenmesi ise rasgele üretilen bir süre iledir. Bu süre ortalama servis süresi t 'ye bağlıdır. Hem geliş hem de servis süreleri üstel bir dağılıma göre hesaplanır. Ortalama servis süresi, ortalama varış aralıkları süresinden küçük olmalıdır. (Kararlılığın yakalanabilmesi için)

Bu modelde, gelişler Poisson dağılımı ile üretilir ve gelen paketler tek kuyrukta toplanır. Gelen paketler için üstel dağılımla servis süreleri üretilir. Bu modelde tek bir servis vardır.

Bu modelle, önerilen modelin ve öz-benzer trafikle beslenen modelin kıyaslanmasında gelişler ve servis durumu yukarıda anlatıldığı gibi ayarlanmıştır. Servisten çıkıp, çıkış kuyruğuna gelen paketler G/D/1 kuyruklama modeline göre işlenip sonraki düğüme iletilmektedir. Yani, servisten çıkıp çıkış kuyruğuna gelişler genel, kuyrukta bekleme süresi deterministiktir.

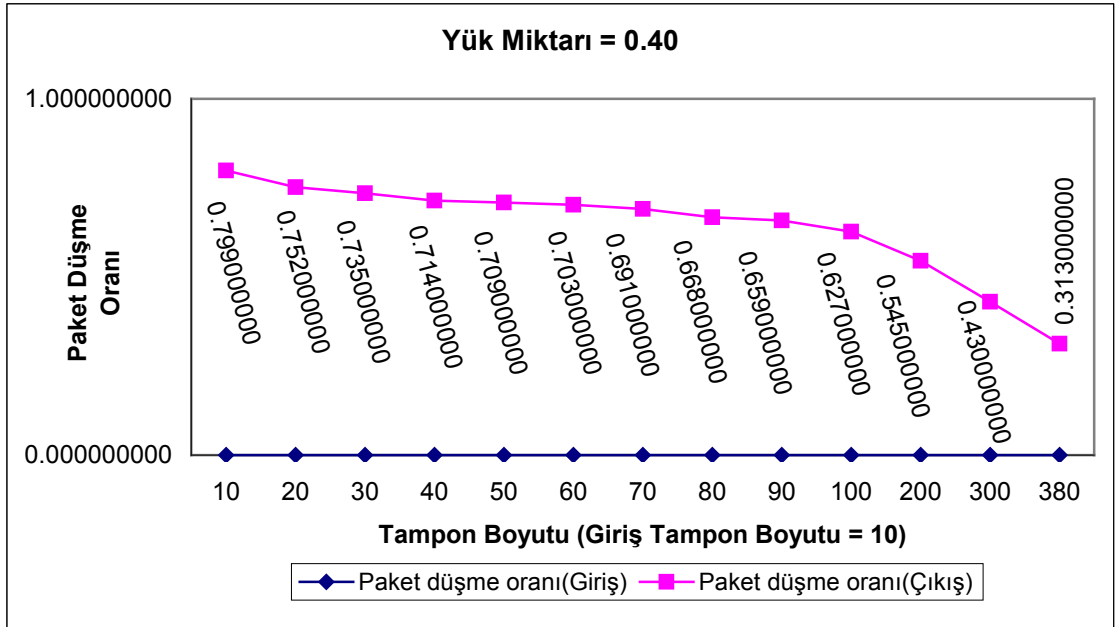
Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3'te çeşitli, λ ve μ değerleri kullanılarak hesaplanan paket düşme oranları ve giriş-çıkış tamponlarının değişimleri verilmiştir.

Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'de ise Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilen değerlere göre paket düşme oranının eğrisi gösterilmektedir.

Tablo 4.1, 4.2, 4.3 ve Şekil 4.2, 4.3, 4.4'de , sırasıyla 0.4, 0.24, 0.12 yük miktarları için paket düşme oranları gösterilmiştir. Karşılaştırmada sadece bu üç yük miktarı kullanılacağından 0.06 ve 0.03 yük miktarları için tablo ve grafikler verilmemiştir.

Tablo 4.1 0.40 yük miktarı için paket düşme oranları(M/M/1)

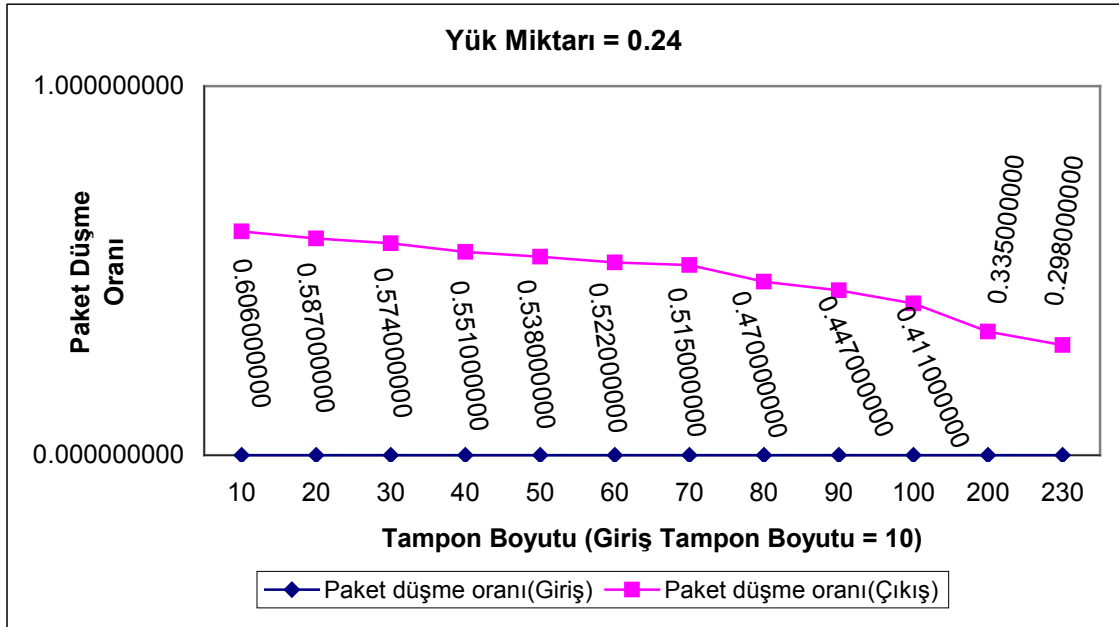
Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı (Giriş)	Paket Düşme Oranı (Çıkış)
10	10	0	799	1000	0.000000000	0.799000000
10	20	0	752	1000	0.000000000	0.752000000
10	30	0	735	1000	0.000000000	0.735000000
10	40	0	714	1000	0.000000000	0.714000000
10	50	0	709	1000	0.000000000	0.709000000
10	60	0	703	1000	0.000000000	0.703000000
10	70	0	691	1000	0.000000000	0.691000000
10	80	0	668	1000	0.000000000	0.668000000
10	90	0	659	1000	0.000000000	0.659000000
10	100	0	627	1000	0.000000000	0.627000000
10	200	0	545	1000	0.000000000	0.545000000
10	300	0	430	1000	0.000000000	0.430000000
10	380	0	313	1000	0.000000000	0.313000000



Şekil 4.2 Yük miktarı=0.40 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları(M/M/1)

Tablo 4.2 0.24 yük miktarı için paket düşme oranları(M/M/1)

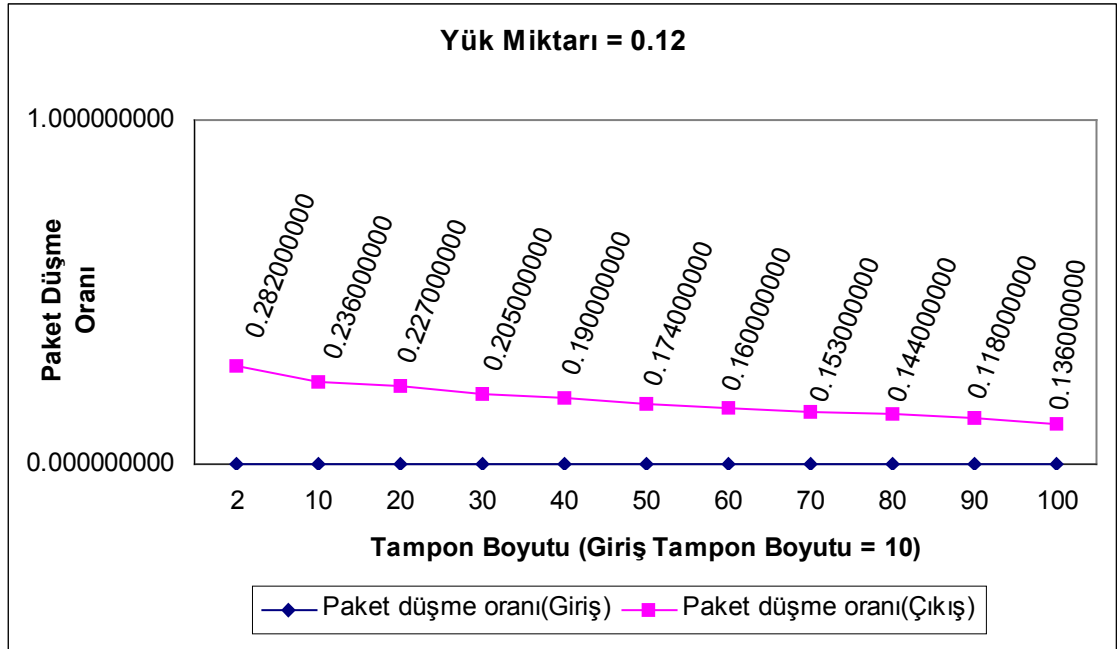
Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
10	10	0	606	1000	0.000000000	0.606000000
10	20	0	587	1000	0.000000000	0.587000000
10	30	0	574	1000	0.000000000	0.574000000
10	40	0	551	1000	0.000000000	0.551000000
10	50	0	538	1000	0.000000000	0.538000000
10	60	0	522	1000	0.000000000	0.522000000
10	70	0	515	1000	0.000000000	0.515000000
10	80	0	470	1000	0.000000000	0.470000000
10	90	0	447	1000	0.000000000	0.447000000
10	100	0	411	1000	0.000000000	0.411000000
10	200	0	335	1000	0.000000000	0.335000000
10	230	0	298	1000	0.000000000	0.298000000



Şekil 4.3 Yük miktarı=0.24 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları(M/M/1)

Tablo 4.3 0.12 yük miktarı için paket düşme oranları(M/M/1)

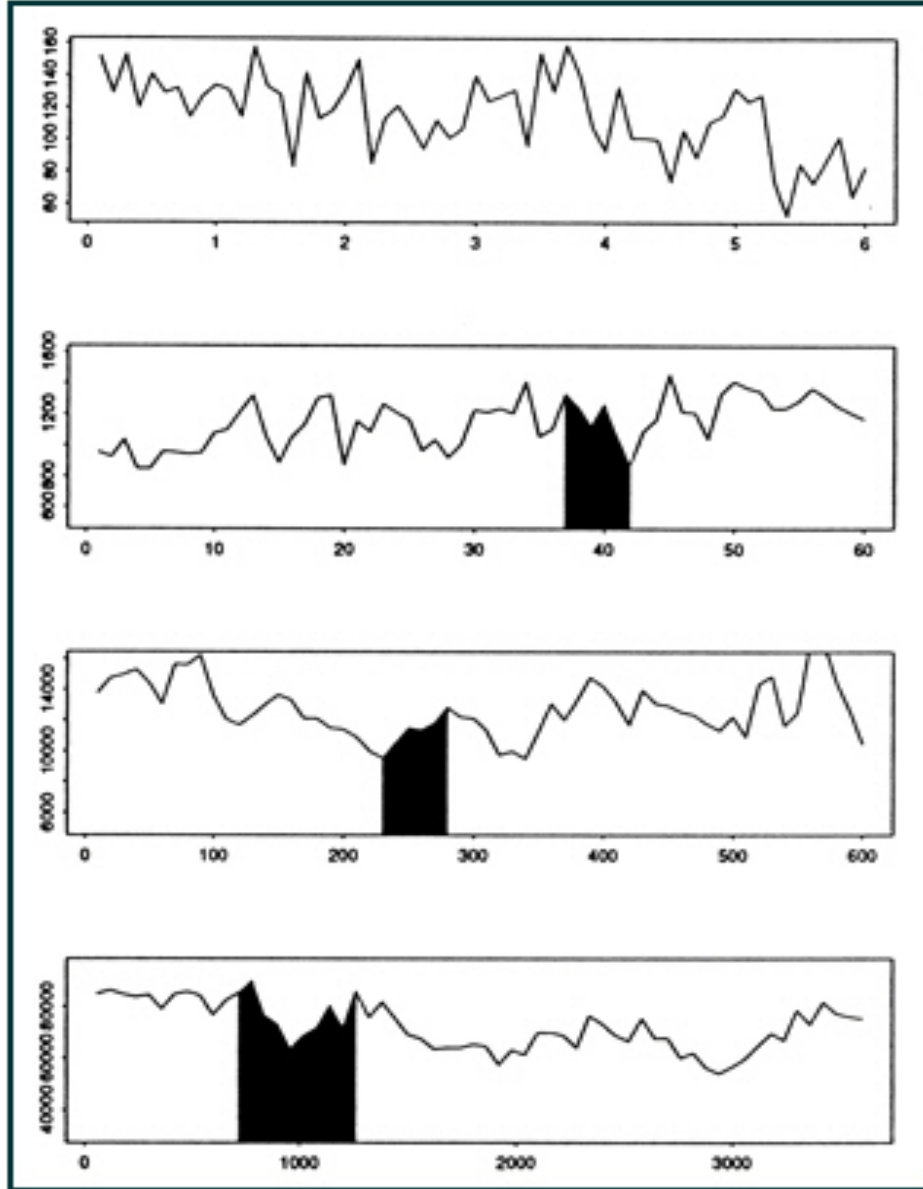
Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı (Giriş)	Paket Düşme Oranı (Çıkış)
10	2	0	282	1000	0.000000000	0.282000000
10	10	0	236	1000	0.000000000	0.236000000
10	20	0	227	1000	0.000000000	0.227000000
10	30	0	205	1000	0.000000000	0.205000000
10	40	0	190	1000	0.000000000	0.190000000
10	50	0	174	1000	0.000000000	0.174000000
10	60	0	160	1000	0.000000000	0.160000000
10	70	0	153	1000	0.000000000	0.153000000
10	80	0	144	1000	0.000000000	0.144000000
10	90	0	136	1000	0.000000000	0.136000000
10	100	0	118	1000	0.000000000	0.118000000



Şekil 4.4 Yük miktarı=0.12 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları(M/M/1)

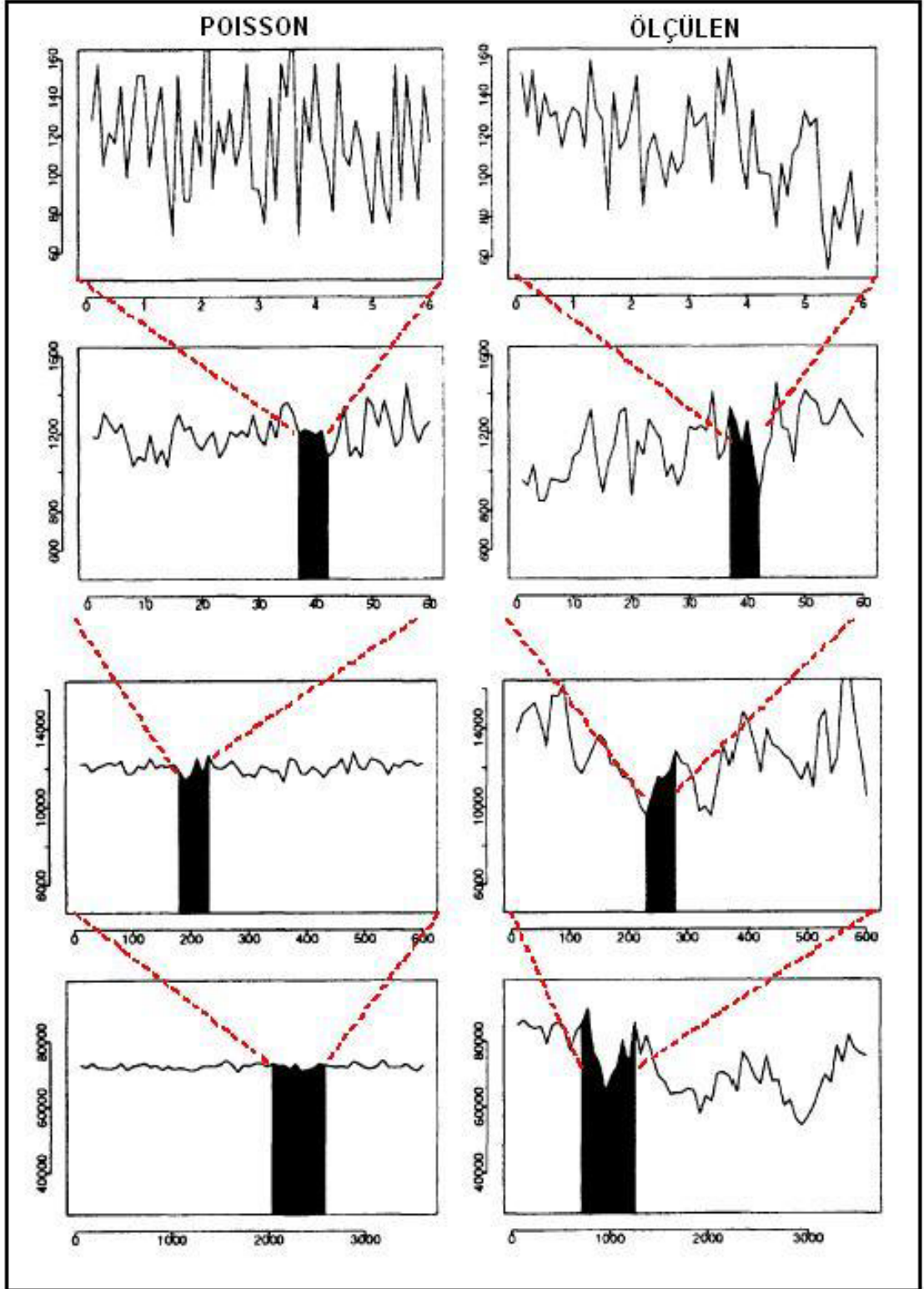
4.2. Öz Benzer Trafik

Benzeşimlerde gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edebilmek için gerçek bir sistemin (örneğin internet.) nasıl davrandığına bakılmalıdır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, internet öz benzer yapıda bir akışa sahiptir. Bu nedenle çalışmanın bir bölümünde öz benzer trafik kullanılmıştır.



Şekil 4.5 Sıralı dört genlik üzerinde gözlemlenen İnternet trafiği [18]

Şekil 4.5, ölçülmüş bir İnternet trafiğinin öz benzer olduğunu göstermektedir. Şekil 4.6 ise ölçülmüş bu İnternet trafiğinin poisson ile karşılaştırılmasını göstermektedir.



Şekil 4.6 Ölçülen öz benzer İnternet trafiğinin Poisson ile karşılaştırılması [18]

Şekil 4.6'dan da anlaşılacağı gibi poisson dağılımı kullanılarak üretilen bir trafik gerçek trafikten oldukça uzaktır. Bu sebepten ötürü bu çalışmada yapılan simülasyon programı daha gerçekçi sonuçlar üreten öz-benzer trafik ile de denenmiştir.

Öz-benzer trafik modelinde, gelişler öz-benzer trafik ile üretilir ve gelen paketler giriş kuyruğunda toplanır. Gelen paketler için bir önceki modelde olduğu gibi üstel dağılımla servis süreleri üretilir. Tek bir servis vardır.

Bu modelle, önerilen modelin ve M/M/1 kuyruklama modelinin kıyaslanmasında gelişler ve servis durumu yukarıda anlatıldığı gibi ayarlanmıştır. Servisten çıkıp, çıkış kuyruğuna gelen paketler G/D/1 kuyruklama modeline göre işlenip sonraki düğüme iletilmektedir. Yani, servisten çıkıp çıkış kuyruğuna gelişler genel, kuyrukta bekleme süresi deterministiktir.

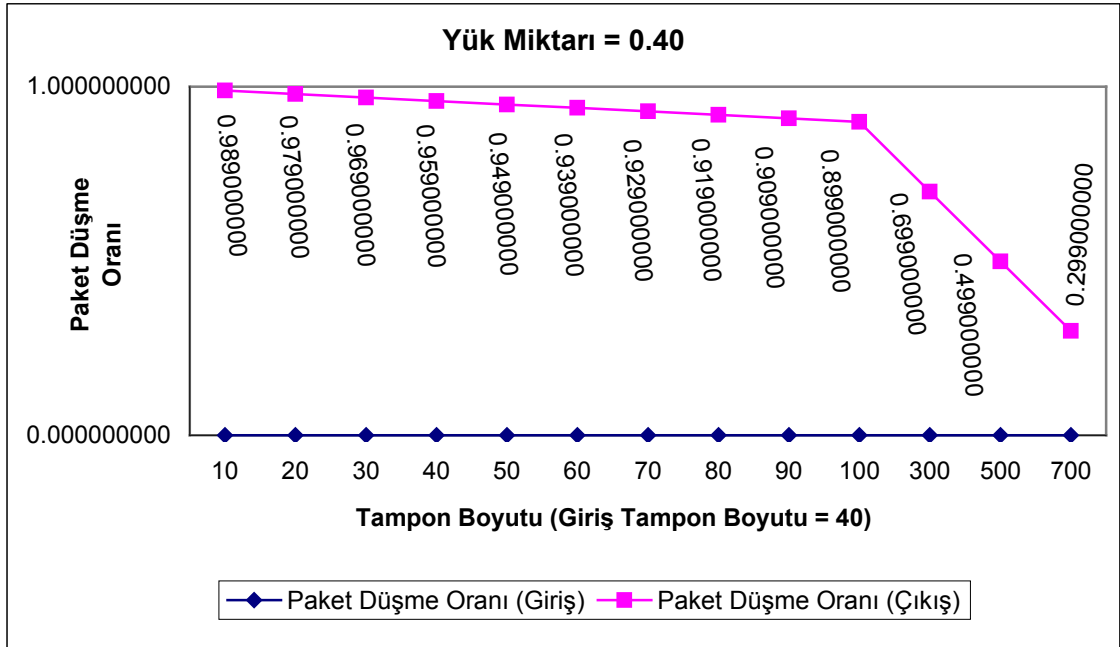
Tablo 4.4, 4.5 ve 4.6'da, öz-benzer trafikle oluşturulan gelişler ve belirli servis süresi kullanılarak hesaplanan paket düşme oranları ve giriş-çıkış tamponlarının değişimleri verilmiştir.

Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9'da ise Tablo 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilen değerlere göre paket düşme oranlarının eğrisi gösterilmektedir.

Tablo 4.4, 4.5, 4.6 ve Şekil 4.7, 4.8, 4.9'da , sırasıyla 0.40, 0.24, 0.12 yük miktarları için paket düşme oranları gösterilmiştir. Karşılaştırmada sadece bu üç yük miktarı kullanılacağından 0.06 ve 0.03 yük miktarları için tablo ve grafikler verilmemiştir.

Tablo 4.4 0.40 yük miktarı için paket düşme oranları (Öz-Benzer)

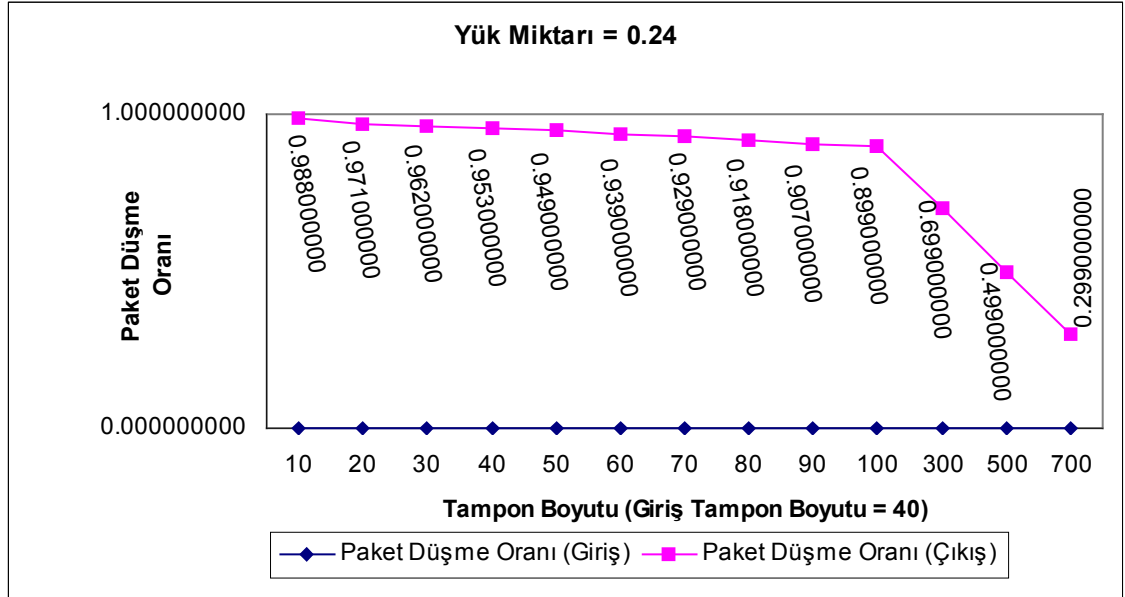
Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
40	10	0	989	1000	0.000000000	0.989000000
40	20	0	979	1000	0.000000000	0.979000000
40	30	0	969	1000	0.000000000	0.969000000
40	40	0	959	1000	0.000000000	0.959000000
40	50	0	949	1000	0.000000000	0.949000000
40	60	0	939	1000	0.000000000	0.939000000
40	70	0	929	1000	0.000000000	0.929000000
40	80	0	919	1000	0.000000000	0.919000000
40	90	0	909	1000	0.000000000	0.909000000
40	100	0	899	1000	0.000000000	0.899000000
40	300	0	699	1000	0.000000000	0.699000000
40	500	0	499	1000	0.000000000	0.499000000
40	700	0	299	1000	0.000000000	0.299000000



Şekil 4.7 Yük miktarı=0.40 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları(Öz-Benzer)

Tablo 4.5 0.24 yük miktarı için paket düşme oranları (Öz-Benzer)

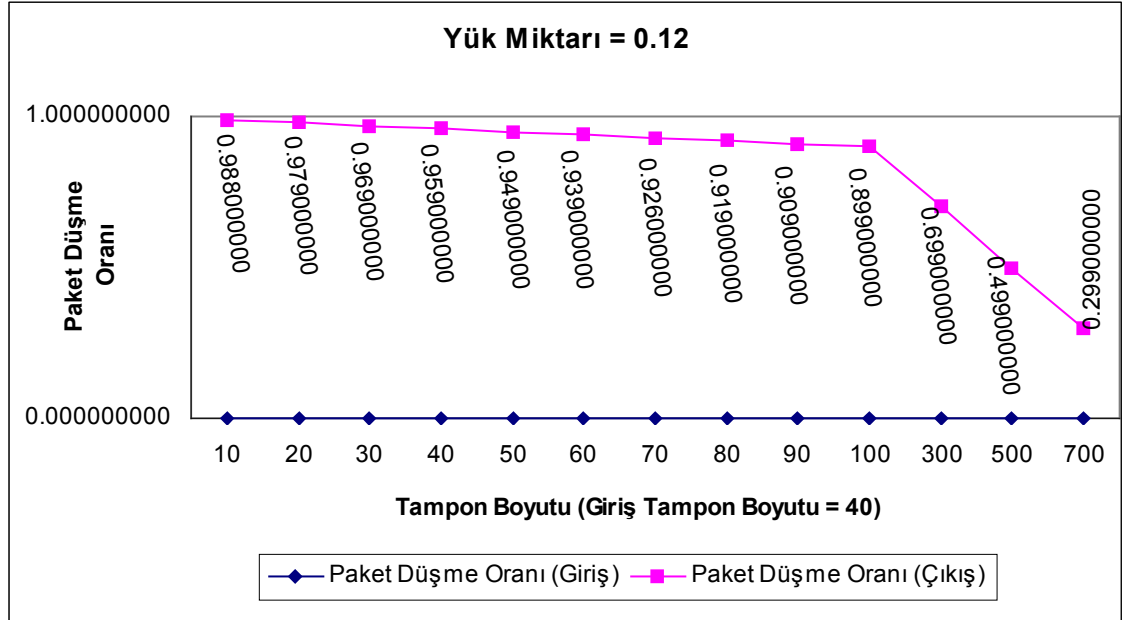
Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
40	10	0	988	1000	0.000000000	0.988000000
40	20	0	971	1000	0.000000000	0.971000000
40	30	0	962	1000	0.000000000	0.962000000
40	40	0	953	1000	0.000000000	0.953000000
40	50	0	949	1000	0.000000000	0.949000000
40	60	0	939	1000	0.000000000	0.939000000
40	70	0	929	1000	0.000000000	0.929000000
40	80	0	918	1000	0.000000000	0.918000000
40	90	0	907	1000	0.000000000	0.907000000
40	100	0	899	1000	0.000000000	0.899000000
40	300	0	699	1000	0.000000000	0.699000000
40	500	0	499	1000	0.000000000	0.499000000
40	700	0	299	1000	0.000000000	0.299000000



Şekil 4.8 Yük miktarı=0.24 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları(Öz-Benzer)

Tablo 4.6 0.12 yük miktarı için paket düşme oranları (Öz-Benzer)

Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
40	10	0	988	1000	0.000000000	0.988000000
40	20	0	979	1000	0.000000000	0.979000000
40	30	0	969	1000	0.000000000	0.969000000
40	40	0	959	1000	0.000000000	0.959000000
40	50	0	949	1000	0.000000000	0.949000000
40	60	0	939	1000	0.000000000	0.939000000
40	70	0	926	1000	0.000000000	0.926000000
40	80	0	919	1000	0.000000000	0.919000000
40	90	0	909	1000	0.000000000	0.909000000
40	100	0	899	1000	0.000000000	0.899000000
40	300	0	699	1000	0.000000000	0.699000000
40	500	0	499	1000	0.000000000	0.499000000
40	700	0	299	1000	0.000000000	0.299000000



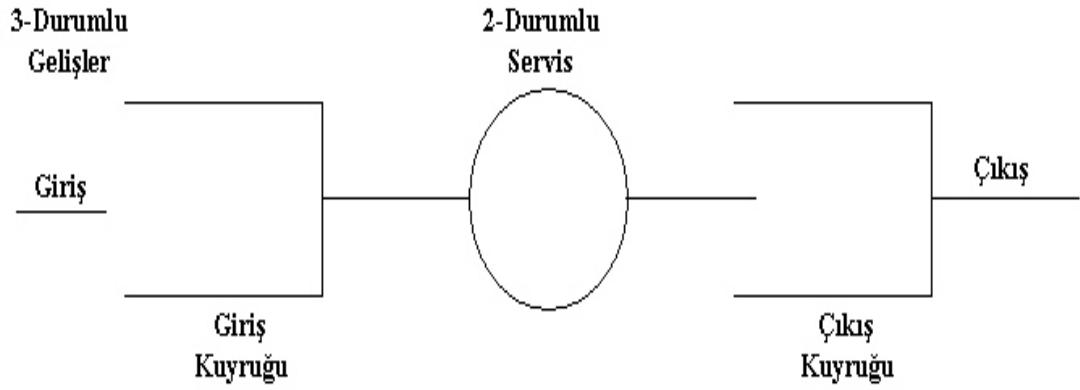
Şekil 4.9 Yük miktarı=0.12 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları(Öz-Benzer)

4.3. 3-Durumlu Geliş Aralıkları ve 2-Durumlu Servis Hizmeti Olan Sistem

Daha önce bahsedildiği gibi bu sistemde geliş aralıkları için üç durumlu bir Markov modeli kullanılmıştır. Yani belli bir P_s olasılığı ile kısa işaret mesajı gelebilir veya $(1 - P_s)$ olasılıkla uzun işaret mesajı gelebilir ya da boş durum söz konusu olabilir ve hiç paket gelmeyebilir. Bu modelde de tek servis söz konusudur. Ancak giriş kuyruğundan geçip servise gelen paket α olasılığı ile daha fazla serviste kalabilir ya da $(1 - \alpha)$ olasılıkla servisten çıkabilir. Giriş kuyruğundan geçip, servisten çıkan işaretleme paketleri çıkışta da çıkış kuyruğuna girerler ve hattın durumuna göre çıkış kuyruğundan salınırlar. Bu modeli diğerlerinden ayıran en önemli özelliklerinden biri, geliş aralıkları üretilirken sadece tek tip bir değişkene bağlı kalınmamaktadır. Yani gelen paketler uzun işaret paketi, kısa işaret paketi olabilirler ya da boş durum söz konusu olabilir. Ayırıcı diğer bir özellikte, servis kısmındadır. Giriş kuyruğundan geçip gelen paketleri işlemek için iki durumlu bir servis kullanılmıştır. Böylece her gelen paket aynı oranda işlenmemiş olup gerçeğe daha yakın bir yaklaşım yapılmıştır.

Yapılan ilk denemelerde, giriş ve çıkış tamponlarının her ikisinde sınırsız olarak ele alınıp daha sonra sınırlı tampon haline getirilip ortalama düşen paket oranlarına göre optimum tampon boyutları ayarlanmıştır.

Bu modelin şematik olarak gösterimi şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10 3-Durumlu Geliş Aralıkları Olan ve 2-Durumlu Servis Hizmeti Olan Sistem

Önerilen modelde, öz benzer trafikle beslenen model ve M/M/1 kuyruklama modelinin kıyaslanmasında gelişler ve servis durumu yukarıda anlatıldığı gibi ayarlanmıştır. Servisten çıkıp, çıkış kuyruğuna gelen paketler G/D/1 kuyruklama modeline göre işlenip sonraki düğüme iletilmektedir. Yani, servisten çıkıp çıkış kuyruğuna gelişler genel, kuyrukta bekleme süresi deterministiktir.

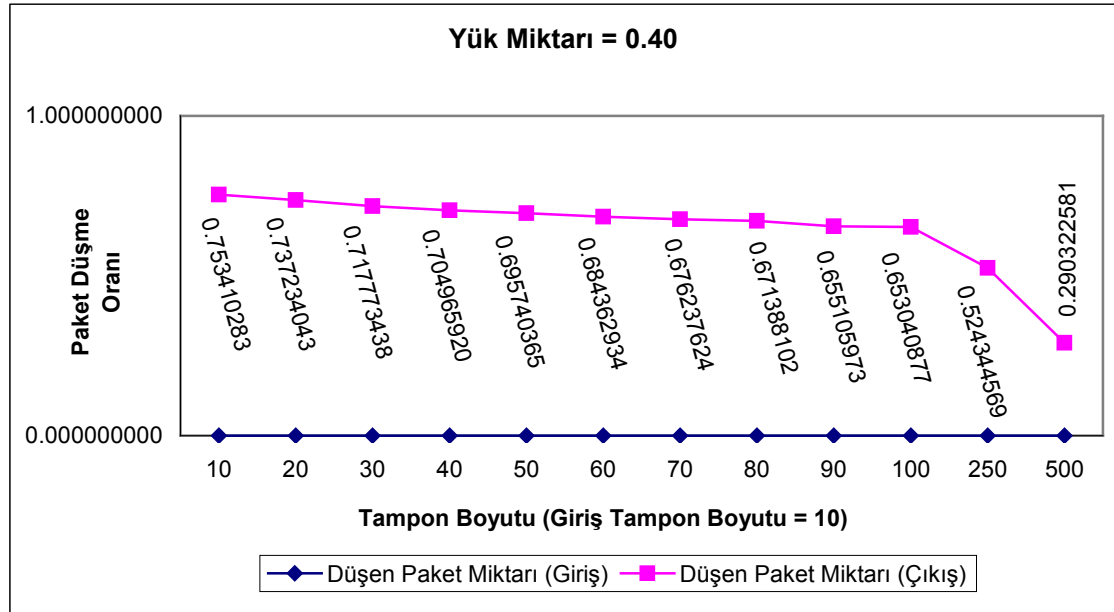
Tablo 4.7, 4.8 ve 4.9’da çeşitli λ_s , λ_L , μ_1 ve μ_2 değerleri kullanılarak hesaplanan paket düşme oranları ve giriş-çıkış tamponlarının değişimleri verilmiştir.

Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13’de ise Tablo 4.7, 4.8 ve 4.9’da verilen değerlere göre paket düşme oranının eğrisi gösterilmektedir.

Tablo 4.7, 4.8, 4.9 ve Şekil 4.11, 4.12, 4.13’de , sırasıyla 0.4, 0.24, 0.12 yük miktarları için paket düşme oranları gösterilmiştir. Karşılaştırmada sadece bu üç yük miktarı kullanılacağından 0.06 ve 0.03 yük miktarları için tablo ve grafikler verilmemiştir.

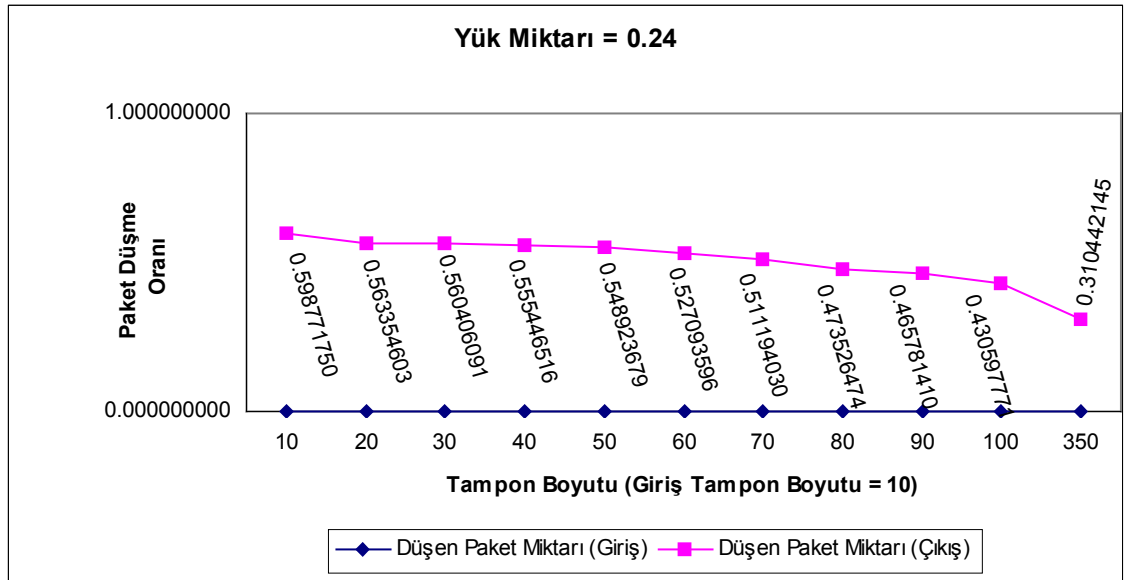
Tablo 4.7 0.40 yük miktarı için paket düşme oranları (Önerilen Model)

Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
10	10	0	718	953	0.000000000	0.753410283
10	20	0	693	940	0.000000000	0.737234043
10	30	0	735	1024	0.000000000	0.717773438
10	40	0	724	1027	0.000000000	0.704965920
10	50	0	686	986	0.000000000	0.695740365
10	60	0	709	1036	0.000000000	0.684362934
10	70	0	683	1010	0.000000000	0.676237624
10	80	0	711	1059	0.000000000	0.671388102
10	90	0	680	1038	0.000000000	0.655105973
10	100	0	655	1003	0.000000000	0.653040877
10	250	0	560	1068	0.000000000	0.524344569
10	500	0	288	992	0.000000000	0.290322581

**Şekil 4.11** Yük miktarı=0.40 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Önerilen Model)

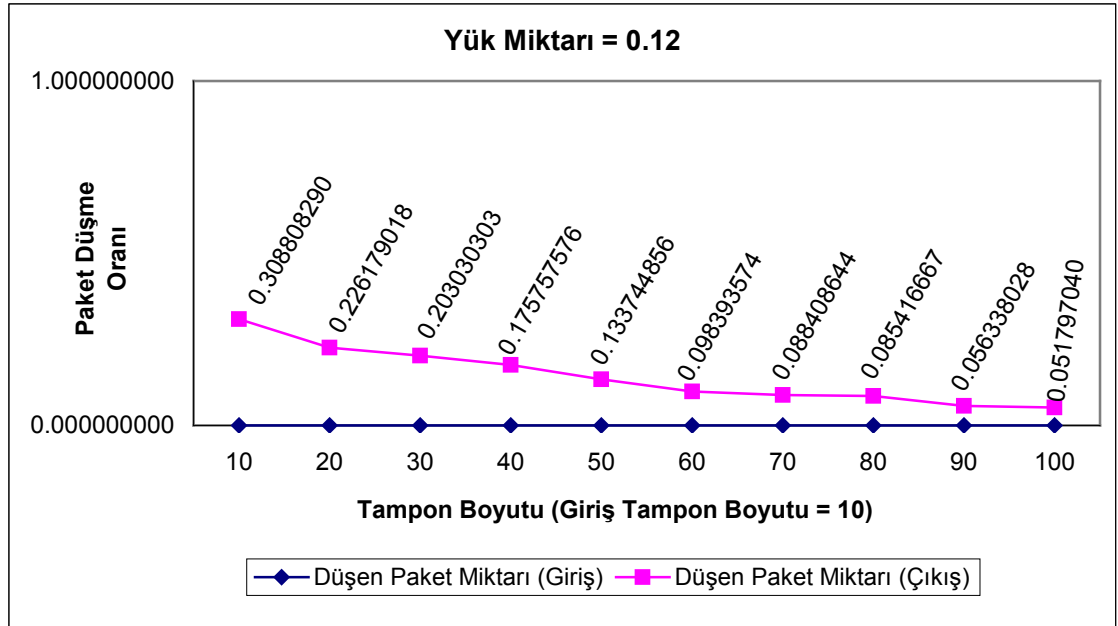
Tablo 4.8 0.24 yük miktarı için paket düşme oranları (Önerilen Model)

Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
10	10	0	585	977	0.000000000	0.598771750
10	20	0	618	1097	0.000000000	0.563354603
10	30	0	552	985	0.000000000	0.560406091
10	40	0	566	1019	0.000000000	0.555446516
10	50	0	561	1022	0.000000000	0.548923679
10	60	0	535	1015	0.000000000	0.527093596
10	70	0	548	1072	0.000000000	0.511194030
10	80	0	474	1001	0.000000000	0.473526474
10	90	0	456	979	0.000000000	0.465781410
10	100	0	425	987	0.000000000	0.430597771
10	350	0	330	1063	0.000000000	0.310442145

**Şekil 4.12** Yük miktarı=0.24 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Önerilen Model)

Tablo 4.9 0.12 yük miktarı için paket düşme oranları (Önerilen Model)

Giriş Tamponu	Çıkış Tamponu	Girişte Düşen Paketler	Çıkışta Düşen Paketler	Gelen Paket Miktarı	Paket Düşme Oranı(Giriş)	Paket Düşme Oranı(Çıkış)
10	10	0	298	965	0.000000000	0.308808290
10	20	0	235	1039	0.000000000	0.226179018
10	30	0	201	990	0.000000000	0.203030303
10	40	0	174	990	0.000000000	0.175757576
10	50	0	130	972	0.000000000	0.133744856
10	60	0	98	996	0.000000000	0.098393574
10	70	0	90	1018	0.000000000	0.088408644
10	80	0	82	960	0.000000000	0.085416667
10	90	0	56	994	0.000000000	0.056338028
10	100	0	49	946	0.000000000	0.051797040

**Şekil 4.13** Yük miktarı=0.12 için giriş ve çıkış tamponlarındaki paket düşme oranları (Önerilen Model)

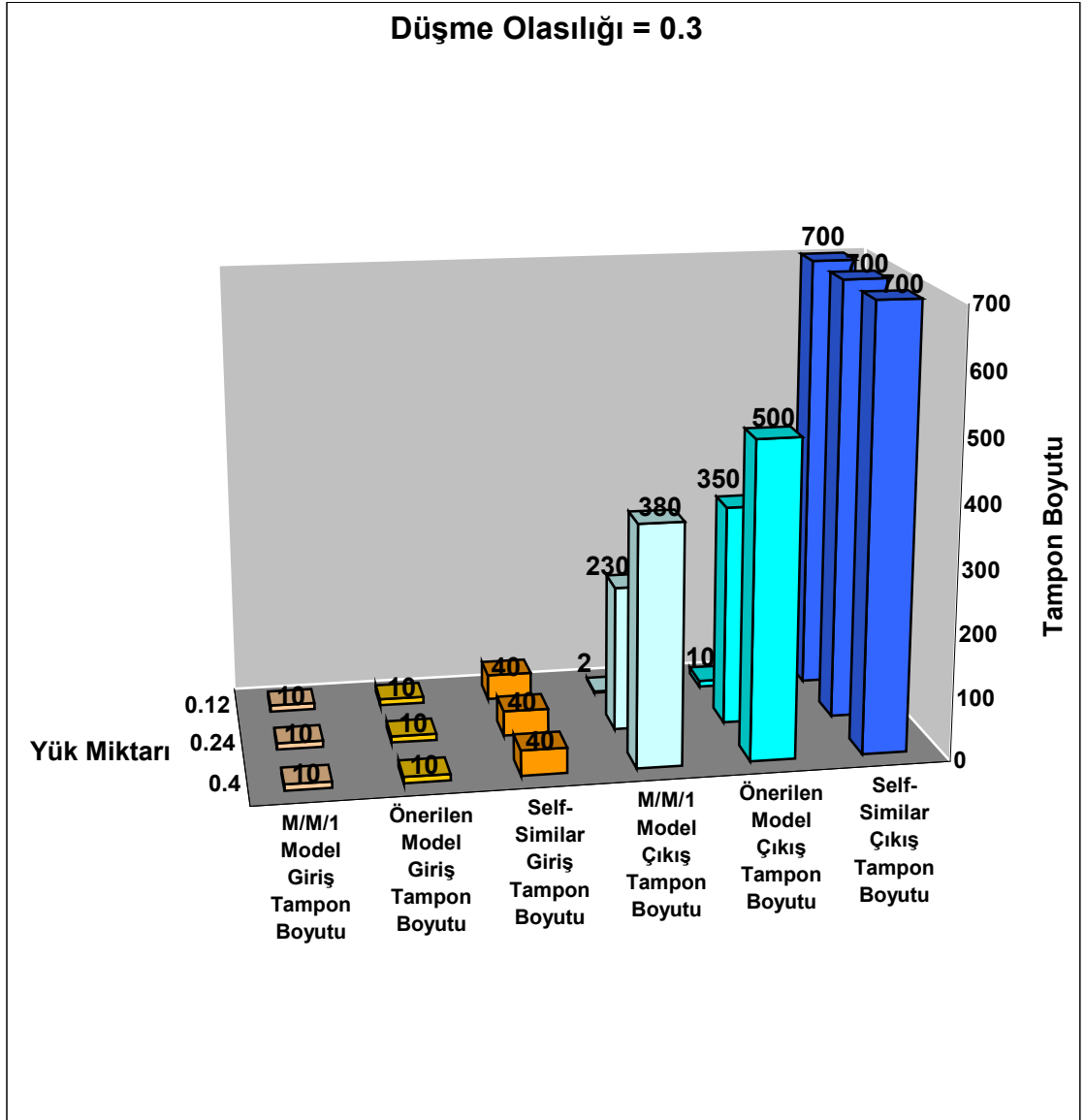
5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, yapılmış olan simülasyon programı basit bir kuyruklama modeli olan M/M/1 kuyruklama modeli ve öz benzer trafikle beslenen bir sistemle karşılaştırılmıştır.

M/M/1 modeli çok genel bir yaklaşım olmasından ötürü gerçekçi sonuçlar üretmediği gözlemlenmiştir. Bundan dolayı, daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilecek bir sistem olan öz benzer trafikle beslenen bir sistemle kıyaslama yapılmıştır. Öz benzer trafik, İnternet trafiğine daha fazla benzediğinden dolayı daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir. Bu iki modelden M/M/1 modeli en iyi durum modelini göstermektedir. Öz benzer trafikle beslenen model ise en kötü durum modelini göstermektedir.

Önerilen model ise simülasyon sonuçlarından elde edilen değerlere göre bu iki modelin arasında kalan normal bir yaklaşım göstermektedir.

Şekil 5.1’de 0.12, 0.24 ve 0.40 yük miktarları için 0.3 düşme olasılığına göre M/M/1 modelinin, önerilen modelin ve öz-benzer trafikle beslenen modelin karşılaştırması gösterilmiştir.



Şekil 5.1 0.12, 0.24 ve 0.40 yük miktarları ve 0.3 düşme olasılığı için üç modelin tampon boyutlarının karşılaştırmalı grafiği

Şekil 5.1'deki grafiğe göre, 0.24 yük miktarı için; M/M/1 modelinde, en iyi durum senaryosu, kapı (port) başına düşen giriş çıkış tamponlarının toplam boyutu 240 olmaktadır. 1Kbps mesaj boyutu için gerekli tampon boyutu $1\text{Kbps} \times 240 = 240\text{K/Kapı}$. 4 kapılı bir anahtar için gerekli olan toplam tampon boyutu $4 \times 240 = 960\text{K}$ ($=0.96\text{Mbits}$)dır. Öz-benzer trafikle beslenen modelde, en kötü durum senaryosu, kapı başına düşen giriş çıkış tamponlarının toplam boyutu 740 olmaktadır. 1Kbps mesaj boyutu için gerekli tampon boyutu $1\text{Kbps} \times 740 = 740\text{K/Kapı}$. Yine 4 kapılı bir anahtar için gerekli olan toplam tampon boyutu $4 \times 740 = 2960\text{K}$ ($=2.96\text{Mbits}$)dır. Önerilen modelde, kapı başına düşen giriş çıkış tamponlarının toplam boyutu 360 olmaktadır.

1Kbps mesaj boyutu için gerekli tampon boyutu $1\text{Kbps} \times 360 = 360\text{K/Kapı}$. 4 kapılı bir anahtar için gerekli olan toplam tampon boyutu $4 \times 360 = 1440\text{K}$ ($=1.44\text{Mbits}$)dir.

Bir önceki bölümdeki grafikler, tablolar ve şekil 5.1'deki grafik birlikte göz önünde bulundurulacak olursa, bu çalışmada önerilen modelin en iyi durum ve en kötü durum arasında kalarak daha makul bir yaklaşım ortaya koyduğu görülmektedir.

Geleceğe yönelik çalışma olarak, önerilen modelin analitik çözümüyle, daha uygun girdi ve servis süreleri elde ederek daha net sonuçlara ulaşılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

1. RAMASWAMI, R. ve SIVARAJAN, K.N., 2002, *Optical Networks*, Morgan Kaufmann, United States of America, 1-55860-655-6.
2. XU, L., PERROS, H. G., ROUSKAS, G., 2001, Techniques for Optical Packet Switching and Optical Burst Switching, *IEEE Communications Magazine*, 136-142.
3. BATTISTILLI, T., PERROS, H., 2003, An introduction to Optical Burst Switching, *IEEE Optical Communications Magazine*, S10-S15.
4. XIONG, Y., VANDENHOUTE, M.M., ÇANKAYA, H., 2000, Control Architecture in Optical Burst-Switched WDM Networks, *IEEE JSAC*, Vol. 18, No. 10, 1838-1851.
5. YAO, S., MUKHERJER, B., DIXIT, S., 2000, Advances in Photonic Packet Switching: An Overview, *IEEE Communications Magazine*, 84-94.
6. WEI, J., MCFARLAND, R., 2000, Just-in-time Signalling for WDM Optical Burst Switching Networks, *Journal of Lightwave Tech.* Vol. 18, No. 12, 2019-2037.
7. DUESER, M., BAYVEL, P., 2001, Bandwidth Utilization and Wavelength Re-use in WDM Optical Burst-Switched Packet Networks, *Proc. IFIP 5th Working Conf. Opt. Net. Design and Modeling*, Vol. 1, 23-24.
8. OGUSHI, I., ARAKAWA, S., MURATA, M., KITAYAMA, K., 2001, Parallel Reservation Protocols for Achieving Fairness in Optical Burst Switching, *Proc. IEEE Wksp. High Perf. Switching and Routing*, Vol. 1, 213-217.
9. VERMA, S., CHASKAR, H., RAVIKANTH, R., 2000, Optical Burst Switching: A Viable Solution for Terabit IP Backbone, *IEEE Network*, Vol. 14, No. 6, 82-89
10. QIAO, C., YOO, M., 1999, Optical Burst Switching (OBS) – A New Paradigm for an Optical Internet, *Journal of High Speed Nets.*, Vol. 8, No. 1, 69-84.
11. WIDJAJA, I., 1995, Performance Analysis of Burst Admission Control Protocols, *IEEE Proc. Commun.*, vol. 142, 7-14.
12. MCNC-RDI, 2004, *Jumpstart JIT Architecture* [online], North Carolina State University, <http://jumpstart.anr.mcnc.org/> [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2004].
13. MCNC-RDI, 2004, *Jumpstart JIT Signaling Definition* [online], North Carolina State University, <http://jumpstart.anr.mcnc.org/> [Ziyaret Tarihi: 26 Nisan 2004].

14. ZAÏM, A.H., BALDINE, I., CASSADA, M., ROUSKAS, G., PERROS, H., STEVENSON, D., 2003, *JumpStart just-in-time signaling protocol: a formal description using extended finite state machines*, *OpticalEngineering*, Volume:42 568-585.
15. BALDINE, I., CASSADA, M., BRAGG, A., KARMOUS-EDWARDS, G., STEVENSON, D., 2003, *Just-in-Time Optical Burst Switching Implementation in the ATDnet All-Optical Networking Testbed*, *IEEE Global Telecommunications Conference*, No:1, 2777-2781.
16. BALDINE, I., ROUSKAS, G. N., PERROS, H. G., STEVENSON, D., 2002, *Jumpstart: a just-in-time signaling architecture for WDM burst-switched networks*, *IEEE Communications Magazine*, Volume:40 Issue: 2, 82-89.
17. XU, L., PERROS, H. G., ROUSKAS, N., 2003, *Performance Analysis of an Edge Optical Burst Switching Node with A Large Number of Wavelengths*, *Proceedings of the 18th International Teletraffic Congress(ITC-18), August 31-September 5, 2003, Berlin, Germany*.
18. FOWLER, T. B., 1999, *A Short Tutorial on Fractals and Internet Traffic*, *The Telecommunications Review*, Volume: 10, 1-15.

EKLER

EK-A

Buffer Simulation

File

Incoming Packet Number to Input Buffer	1000	Incoming Packets <input type="checkbox"/> 1000
Dropped Packets Number in Input Buffer ---->	0	
Input Buffer Mean	26.9506417221518	Link Speed <input type="radio"/> 0.03 <input type="radio"/> 0.06 <input type="radio"/> 0.09 <input checked="" type="radio"/> 0.12 <input type="radio"/> 0.40 <input type="text" value="0.12"/>
Efficiency of The Input Buffer	1	
(1 - Efficiency of The Input Buffer)	0	
Dropped Packets Number in Output Buffer---->	27	
Output Buffer Mean	1618.36394472528	Input Buffer Size <input type="text" value="10"/>
Efficiency of The Output Buffer	0.989478499542543	Output Buffer Size <input type="text" value="30"/>
(1 - Efficiency of The Output Buffer)	0.010521500457457	Long Lamda <input type="text" value="26"/>
Packets Left The Switch	18	Short Lamda <input type="text" value="22"/>
Packets Lost In The Switch	27	Mü1 <input type="text" value="100"/>
Efficiency of the Switch	0.959459459459459	Mü2 <input type="text" value="100"/>
(1 - Efficiency of The Switch)	4.05405405405405E-02	Try Time <input type="text" value="1"/>
Mean Time Of A Packet Lost In The Switch	1.96750764546146E-04	Increase Input Buffer Size <input type="checkbox"/>
Last_Value_of_MC	<input type="text" value="19.8157926041605"/>	
MC	<input type="text" value="2.2663234108098"/>	
Input Buffer Length	<input type="text" value="0"/>	Output Buffer Length <input type="text" value="29"/>
Maximum Input Buffer Length	<input type="text" value="5"/>	Maximum Output Buffer Length <input type="text" value="30"/>
Start of The Simulation	<input type="text" value="15:18:00 26.06.2004"/>	Time Spent For Simulation
End of The Simulation	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Time and Date	<input type="text" value="15:18:07 26.06.2004"/>	<input type="text"/>

START

EXIT

INPUT INPUT BUFFER SERVICE OUTPUT BUFFER OUTPUT

DROPPED PACKETS IN INPUT BUFFER

DROPPED PACKETS IN OUTPUT BUFFER

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Hulusi YAHYAGİL, 06.11.1980 tarihinde Elazığ'da doğdu. İlkokulu, Elazığ Dumlupınar İlköğretim Okulu'nda okudu. Ortaokulu ve liseyi Elazığ Anadolu Lisesi'nde okudu. 1997'de Elazığ Balakgazi Lisesi'ne geçerek, 1998'de Elazığ Balakgazi Lisesi'nden mezun oldu.

1998 yılında İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümüne girdi ve lisans derecesini, 2002 yılında aldı. 2002 yılında, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

Ekim 2002'de İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı ve halen aynı görevi sürdürmektedir.