

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan “ OBS Ağları Üzerinde Farklı Trafik Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi “ isimli tezi içermektedir.

Ağlar, coğrafik olarak birbirlerinden uzak yerlerde bulunan kullanıcılar arasında iletişim kurulmasını ve kaynak paylaşımını sağlar. Geleneksel telefon ağları (Devre anahtarlama) ve veri ağları (Paket anahtarlama) kullanıcılarına ses ve veri paylaşımını uzun yıllardan beri sağlamaktadırlar. ATM anahtarları ve IP yönlendiricileri benzer kaynak paylaşımı özelliğini geniş-bantlı sistemlerde ve multimedya servisleri için sağlamaktadırlar.

Günümüzde ise fiber optik teknolojisi gittikçe yaygınlaşmaktadır. Fiber teknolojinin bu kadar önem kazanmasının başlıca nedenleri arasında yüksek bantgenişliği, düşük kayıp oranları, düşük maliyet, hafiflik, esneklik ve yapısının güçlü olması gösterilebilir.

Fiber Ağ yapıları arasında son yıllarda öne çıkan yeni bir teknoloji göze çarpmaktadır. Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS) teknolojisi tam-optik WDM ağları için umut verici bir çözümdür. Günümüzde ki tam-optik teknolojinin sınırlarını da hesaba katarak OBS, OPS ‘in ve dalgaboyu yönlendirmenin yararlarını birleştirir.

Bu çalışmada, belirli sayıda ağ giriş düğümünden bir Optik Çoğuşma Anahtarına paket akışı incelenmiştir. Paketlerin ağ giriş düğümlerine gelişlerinde belli dağılımlar gözetilmiş sonrasında Optik Çoğuşma Anahtarına iletilmelerinde ise belirli protokoller temel alınmıştır. Simulasyon yapısı içerisinde de belirlenen sayıda ağ giriş düğümleri ile bir Optik Çoğuşma Anahtarı gerçekleşmiş ve veri iletim kanalı üzerinden paketlerin akışı simule edilmiştir.

Yüksek Lisans ders aşamasında ve tez çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç.Dr. A. Halim ZAIM ‘e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında bana her konuda yardımcı olan arkadaşlarıma ve Derya YILTAŞ’a da teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve beni her konuda yüreklendiren, destek olan ailemede teşekkür ederim.

Mayıs, 2005

Pınar KIRCI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
TABLO LİSTESİ.....	V
SEMBOL LİSTESİ.....	VII
KISALTMALAR	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. OPTİK AĞLAR.....	3
2.2. OPTİK ANAHTARLAMA ÇEŞİTLERİ	6
2.2.1. Optik Paket Anahtarlama (OPS)	6
2.2.2. Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS).....	7
2.2.2.1 OBS Ağından Çoğuşma İletimi	7
2.2.2.2 OBS Yapısı.....	11
2.3. TAG ANINDA İLETİM ve TAW GECİKMELİ İLETİM TEKNİKLERİ.....	13
2.4. OBS DÜĞÜMLER İÇİN DALGABOYU REZERVASYON ŞEMALARI.....	15
2.4.1 Anında Rezervasyon - JIT İşaretleme Protokolü	15
2.4.1.1 Hazırlık Süresi Belirsiz, Serbest Kalma Süresi Belirsiz	17
2.4.1.2 Hazırlık Süresi Belirsiz, Serbest Kalma Süresi Belirli	18
2.4.1.3 Hazırlık Süresi Belirli, Serbest Kalma Süresi Belirsiz	19
2.4.1.4 Hazırlık Süresi Belirli, Serbest Kalma Süresi Belirli	20
2.4.2. JIT İşaretleme Akışı ve Mesajlar	20
2.4.2.1 İşaretleme Hakkındaki Temel Varsayımlar	21
2.4.2.2 Çoğuşma Gecikmesi	21
2.4.2.3 Sürekli Yol Teke-Gönderim İşaretleme Akışı.....	22
2.4.2.4 On-the-Fly Teke Gönderim İşaretleme Çıkışı.....	23
2.4.2.5 İşaretleme Mesaj Biçimi.....	26
2.4.3 Gecikmeli Rezervasyon protokolleri.....	28
2.4.3.1 JET İşaretleme Protokolü.....	29
2.4.3.2 Horizon İşaretleme Protokolü.....	30
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	32
3.1. İŞARETLEME VARIŞ SÜRECİ	33

3.2. FAZ DURUMLU SERVİS SÜRECİ.....	34
3.3. SİMULASYON PROGRAMININ İŞLEYİŞİ.....	34
4. BULGULAR.....	37
4.1. ÜSSEL DAĞILIM.....	37
4.2. ÖZ-BENZER TRAFİK.....	43
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	49
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: İletim Ağlarının gelişimi (Gauger, 2001)	3
Şekil 2.2 : Optik paket anahtarlama düğümü (Ramasvami ve Sivanrajan, 2002).....	6
Şekil 2.3 : OBS bulutu (Gauger, 2001).....	7
Şekil 2.4 : Bir giriş düğümündeki çoğuşma kaynaştırması (Qiao,Chen, 2003)	8
Şekil 2.5 : Kontrol Paket, Çoğuşma ve onların Ofset zamanları (Qiao, 2003)	8
Şekil 2.6 : Ağ çıkış düğümündeki çoğuşma ayırıştırması (Qiao,Chen ve Staley, 2003)	9
Şekil 2.7 : OBS Ağı (Yu ve Chen, 2005).....	11
Şekil 2.8 : Anında Dalgaboyu rezervasyonu (Teng ve Rouskas, 2004).....	15
Şekil 2.9 : Bir dalgaboyunun anında rezervasyon (JIT) ile çıkış işlemi (Teng,2004).....	16
Şekil 2.10 : Hazırlık süresi belirsiz, serbest kalma süresi belirsiz (Baldine, 2002)	17
Şekil 2.11 : Hazırlık süresi belirsiz, serbest kalma süresi belirli (Baldine, 2002)	18
Şekil 2.12 : Hazırlık süresi belirli, serbest kalma süresi belirsiz (Baldine, 2002)	19
Şekil 2.13 : Hazırlık süresi belirli, serbest kalma süresi belirli (Baldine, 2002).....	20
Şekil 2.14 : Sürekli Yol Hazırlığı için işaretleme akışı (Baldine ve Rouskas, 2002)	22
Şekil 2.15 Kısa çoğuşma için işaretleme akışı (Zaim ve Baldine, 2003).....	23
Şekil 2.16 Lightpath için işaretleme akışı (Zaim ve Baldine, 2003).....	24
Şekil 2.17 : İşaretleme Mesaj yapısı (Baldine ve Rouskas, 2002)	27
Şekil 2.18 : Gecikmeli dalgaboyu rezervasyonu (Teng ve Rouskas, 2004).....	28
Şekil 2.19 : OBS düğümünde gecikmeli rezervasyon, boşluk doldurma(Teng, 2004).....	29
Şekil 2.20 : Dalgaboyunun gecikmeli rezervasyon(Teng, 2004)	31
Şekil 3.1 : Optik Anahtar Ağ Mimarisi (Detti ve Eramo, 2002).....	32
Şekil 3.2 Optik Anahtar Ağ Mimarisi Katmanları (Detti ve Eramo, 2002)	33
Şekil 3.3 : Çoğuşma varış işlemi (Xu ve Perros, 2005)	34
Şekil 3.4 : Paket İşleme Döngüsü	36
Şekil 4.1 : Öz-benzer internet trafiğinin poisson ile karşılaştırılması (Fowler, 1999)	37
Şekil 4.2 : JIT işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	38
ATM paketlerinin düşme oranları	38
Şekil 4.3 : JIT işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	39
IP paketlerinin düşme oranları	39
Şekil 4.4 : JIT işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	39
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları.....	39
Şekil 4.5 : JET işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	40
ATM paketlerinin düşme oranları.....	40

Şekil 4.6 : JET işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	40
IP paketlerinin düşme oranları	40
Şekil 4.7 : JET işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	41
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları.....	41
Şekil 4.8 : Horizon işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	41
ATM paketlerinin düşme oranları	41
Şekil 4.9 : Horizon işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen	42
IP paketlerinin düşme oranları	42
Şekil 4.10 : Horizon işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen Çoğuşma	42
paketlerinin düşme oranları.....	42
Şekil 4.11 : JIT işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen	44
ATM paketlerinin düşme oranları.....	44
Şekil 4.12 : JIT işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen	45
IP paketlerinin düşme oranları	45
Şekil 4.13 : JIT işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen	45
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları.....	45
Şekil 4.14 : JET işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen	46
ATM paketlerinin düşme oranları	46
Şekil 4.15 : JET işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen	46
IP paketlerinin düşme oranları	46
Şekil 4.16 : JET işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen	47
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları.....	47
Şekil 4.17 : Horizon işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen.....	47
ATM paketlerinin düşme oranları	47
Şekil 4.18 : Horizon işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen.....	48
IP paketlerinin düşme oranları	48
Şekil 4.19 : Horizon işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen.....	48
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları.....	48
Şekil 5.1 : Çoğuşma düşme oranlarının karşılaştırılması.....	50
Şekil 5.2 : Çoğuşma düşme oranlarının karşılaştırılması.....	51

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 : WDM için anahtarlama teknolojilerinin karşılaştırması(Verma, 2000).....	6
Tablo 2.2 : Optik Anahtarlama yöntemleri (Qiao,Chen, 2003)	10
Tablo 2.3 : İşaretleme Protokol Fonksiyonları (Zaim ve Baldine, 2003)	20
Tablo 2.4 : Temel Mesaj Çeşitleri (Baldine ve Rouskas, 2002)	26

SEMBOL LİSTESİ

γ_1	: Birim zamandaki ortalama varış miktarı (kısa çoğuşma)
p_s	: Kısa işaretleme mesajı gelme olasılığı
γ_2	: Birim zamandaki ortalama varış miktarı (uzun çoğuşma)
λ	: Kuyruğa gelen ortalama paket varış miktarı
μ	: Ortalama servis oranı
ρ	: Kuyruğun trafik yoğunluğu

KISALTMALAR

ATM	: Asynchronous Transfer Mode (Asenkron Transfer Modu)
CDM	: Code-Division Multiplexing (Kod-Bölmeli Çoklama)
IP	: Internet protocol (İnternet protokolü)
JET	: Just-Enough-Time (Yeteri-Kadar-Zaman)
JIT	: Just-In-Time (Tam-Zamanında)
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)
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)
TDM	: Time- Division Multiplexing (Zaman-Bölmeli Çoklama)
WDM	: Wavelength- Division Multiplexing (Dalga boyu-Bölmeli Çoklama)
WR	: Wavelength- Routing (Dalga boyu Yönlendirme)

ÖZET

OBS AĞLARI ÜZERİNDE FARKLI TRAFİK MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

İletim bantgenişliği talebindeki sürekli artış İnternet ve benzeri servislerin artışı ile doğru orantılıdır ve bu durum var olan internet ağ omurgalarının yeteneklerini zorlamaktadır. Dalgaboyu–Bölmeli Çoğullama sistemlerinin bulunması fiber optik teknolojisinin kapasitesinin genişlemesi için uygun bir platform sağlamıştır. Böylece bu bantgenişliği talebi sorunu da bu sayede çözümlenmiştir.

Sonrasında ise OBS, optik ağlarda paket anahtarlama göre daha az karmaşık bir teknoloji gerektiren yeni bir anahtarlama tekniği olarak ortaya çıkmıştır.

OBS, tam-optik Dalgaboyu–Bölmeli Çoğullama ağları için gelecek vaat eden bir çözümdür. Günümüzde kullanılmakta olan tam-optik teknolojinin sınırlarında hesaba katarak OBS, optik paket anahtarlamanın ve dalgaboyu yönlendirmenin avantajlarını kendi bünyesinde toplar. OBSde kullanıcı verisi ağın kenarında toplanır, varış adresine göre sıralanır, sonrasında çeşitli boyutlarda çoğuşmalar oluşturacak şekilde gruplanır ve varış noktasına iletilirler.

Bu çalışmada, kaynak düğümden belirli bir dağılıma göre yola çıkan çeşitli boylardaki paketlerin belirli bir hedefe gidişleri temel alınmıştır. Paketlerin hedef düğüme gidişlerinde farklı OBS işaretleme protokolleri kullanılmıştır. Simulasyonda üstünde paketlerin ağ giriş düğümüne gelişleri ve sonrasında bu protokollere uygun olarak hedef düğümlere gönderilişlerinin yer aldığı veri iletim kanalı incelenmiştir.

SUMMARY

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT TRAFFIC MODELS OVER OBS NETWORKS

Increasing demand for transmission bandwidth is directly proportional with internet and related services and this fact stretches the capabilities of the existing Internet backbones. The invention of Wavelength-Division Multiplexing (WDM) systems provides a platform to expand the optical fiber technology . So the problem of bandwidth demand is solved.

OBS is presented as a new switching paradigm and needs less complex technology compared with the packet switching in optical networks.

OBS is a promising solution for all-optical WDM networks. OBS involves the advantages of optical packet switching and wavelength routing while taking into account the limitations of the todays' all-optical technology. In OBS the user data is at first collected at the edge of the network than sorted according to the destination adress at last grouped into different length of bursts and transmitted to the destination.

This study is based on the transmission of the packets with different sizes from a source node to a predefined destination node. During this transmission, the packets are produced according to a given distribution. At the transmission of the packets, different OBS signalling protocols are used. In the simulation the data channel on which the packets come to the ingress node and transmitted to the destination node according to these protocols is examined.

1. GİRİŞ

Bugünün İnternet ve ATM ağlarının gelecekteki bantgenişliği talebini karşılayabilecek kapasiteleri yoktur. Fiber optik teknolojisi potansiyel olarak sınırsız yetenekleri sayesinde bu bahsettiğimiz konuyla ilgili olarak kurtarıcımız olarak görülebilir (Mukherjee, 1997) .

Ağlar daha fazla kullanıcı tarafından kullanılmaya başladıkça ve daha fazla bantgenişliği gerektirecek java uygulamaları, veri arama, İnternet, video konferans gibi uygulamalara yöneldikçe daha yüksek bant genişliği iletimi özelliğine sahip ağ uygulamalarına gerek olacaktır. Bu tip ağların günümüzün yüksek hızlı (ATM) ağlarının daha ötesinde yeteneklere sahip olması gerekmektedir. Günümüzde ağlardaki üssel oranda artan kullanıcı trafiğini destekleyebilmek için sadece gerekli orandaki bantgenişliği artışı da yeterli olmamaktadır (Mukherjee,2000).

Tam-optik ağlarda veri, kaynağından varış noktasına yol boyunca optikten elektrığe herhangi bir dönüşüm yapılmadan optik formda taşınır. İdeal dünyada, bu tip bir ağ tamamiyle saydam (transparent) olurdu. Bununla beraber, Tam-Optik ağlar kendi alanlarında fiziksel katmanın birçok parametresi tarafından sınırlıdır. Mesela; bantgenişliği ve işaret-gürültü oranları gibi (Ramaswami ve Sivanrajan, 2002).

WDM teknolojisinin ortaya çıkması ve geliştirilmesiyle tam optik ağlar ile ilgili çalışmalar daha da hız kazanmıştır. WDM, fiber üzerinden daha fazla verinin iletimi için geliştirilmiş bir teknolojidir. WDM teknolojisinin de kendi içinde çeşitleri olduğu görülmektedir.

Bunlar: yayımla-ve-seç (broadcast-and-select), dalga boyu yönlendirme (wavelength routing), optik paket anahtarlama (optical packet switching) ve optik çoğuşma anahtarlama (optical burst switching) teknikleridir. Yayımla-ve-seç ağları ayrıntılı bir şekilde çalışılmış ve birkaç prototip geliştirilmiştir. Dalga boyu yönlendirme ağları

günümüzde de kullanılmakta ve optik ağlar için şimdi ki en umut verici teknoloji olarak sunulmaktadır. Optik Paket Anahtarlama ve Optik Çoğuşma Anahtarlama ise hala araştırma ve geliştirme aşamasındadır (Ramaswami ve Sivanrajan, 2002).

Bu çalışmada ikinci bölümde Optik Paket Anahtarlama (OPS), Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS), Söyle-ve-Git (TAG) ve Söyle-ve-Bekle (TAW) iletim teknikleri ve Yeteri-Kadar-Zaman (JET), Tam-Zamanında (JIT) ve Horizon işaretleme protokolleri üzerinde durulmuştur. JIT işaretleme protokolu olan Jumpstart, JET ve Horizon işaretleme protokolleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmışlardır. Bu çalışmanın hedefi JIT, JET ve Horizon işaretleme protokollerini kullanan Optik Çoğuşma Anahtarlama Ağları üzerinde farklı trafik modellerini dolaştırarak önemli bir QoS özelliği olan çoğuşma düşme oranlarının tesbitidir. Bu nedenle her üç protokolde dikkatle incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, JIT, JET ve Horizon işaretleme protokollerinin işleyiş yapısına uygun bir servis işleyişi kullanılmıştır.

Dördüncü bölümde, bu çalışmada kullanılan faz-durumlu trafikle beslenen sistem JIT, JET, Horizon protokollerindeki uygulamaları ile karşılaştırılmış ve grafiksel olarak elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Beşinci bölümde, bu çalışma ile elde edilen sonuçlar ifade edilip gelecekte yapılabilecek yeni çalışmalar üzerinde durulmuştur.

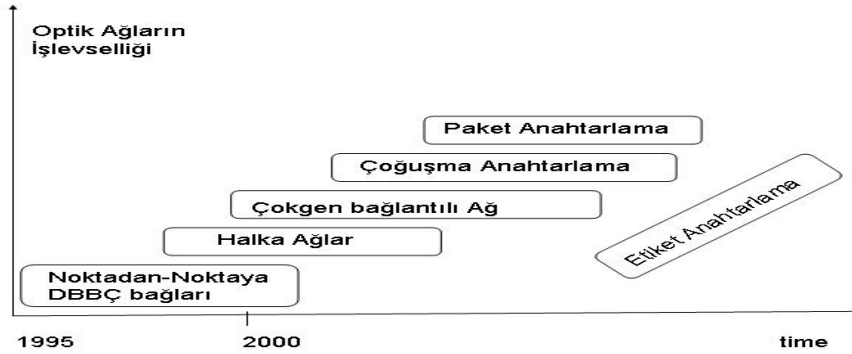
2. GENEL KISIMLAR

2.1. OPTİK AĞLAR

Internet, IP tabanlı trafiğin patlayan büyümesi ile ilgili olarak iletim kapasitesindeki artan talep, yüksek hızlı iletim sistemlerindeki gelişmeyi ve yakın gelecekte yüzlerce dalgaboyunun herbirinin gigabitlerle desteklenebilmesini mümkün kılacak olan WDM teknolojisinin önemini arttırmıştır (Detti ve Eramo, 2002) .

Birçok araştırma çalışmaları, iletim ve düşük seviye anahtarlamının optik bölgede yapıldığı ağ mimarisinin tanımı ve incelenmesi yönündedir. Bu arada ileri yönlendirme ve yönlendirme fonksiyonları elektronik bölgede uygulanmaktadır. Bu tip mimarilerin amacı IP yönlendiricilerdeki işleme gereksinimlerini azaltmak ve ayrıca anahtarlama ile iletim altyapılarında bit-oranına ve kodlama formatına saydamlık uygulamaktır (Guillemot,1998).

Dalgaboyu-bölmeli-çoklama(WDM)teknolojisi 1995 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Bu optik çoğullama tekniği fiber teknolojisini ilerlemesini kolaylaştırmıştır. Şekil 2.1 de WDM 'i temel alan ağ tiplerinin gelişimi gösterilmiştir. WDM günümüzde noktadan-noktaya iletim bağlarında hala kullanılmaktadır(Gauger, 2001).



Şekil 2.1: İletim Ağlarının gelişimi (Gauger, 2001)

İlk optik anahtarlama, belirli uzunlukta paketler ve senkron düğüm operasyonu tabanlı OPSdir. Bu yaklaşımın dezavantajları, optik senkronizasyonu uygulama ve paket başlığını elektronik bölgede işleme kısmındaki zorluklardan oluşmaktadır (Yao ve Mukherjee, 2000).

Bu yönde en son yapılan araştırmalar sonucu, OBS olarak adlandırılan yeni bir anahtarlama tekniği sunulmuştur. OBS, eşzamansız düğüm operasyonları üzerinde çeşitli uzunluktaki çoğuşma olarak adlandırılan veri birimlerini temel alır. Çözülmesi gereken problem IP trafiğinin, paket ileri yönlendirme oranını göbek (core) anahtarlarda düşürmek için OPS anahtarlama tekniğine nasıl adapte edileceğidir. OBS çoğuşmaların en az birkaç Kbayt uzunluğunda olmasını gerektirir. Bu uzunluktaki çoğuşmalar, çoğuşmalar arasındaki nöbet zamanları ile ilgili olan bağ etkinliği probleminin de üstesinden gelmiş olur (Xiong ve Vandenhoute, 2000).

Ne yazık ki, tek bir IP paketi bu gereksinimi sağlayacak kadar uzun değildir, bu yüzden de birçok IP paketinin tek bir optik çoğuşma oluşturmak amacıyla birleştirilmesi gerekir (Detti ve Eramo, 2002).

Optik ağlar ikiye ayrılırlar :

- a. İlk nesil optik ağlar : Bu ağ yapısı sadece kapasite sağlamak ve iletim amaçlı uygulamalarda kullanılmıştır ve bakır teller ile karşılaştırıldığında hata oranları daha düşüktür ayrıca daha yüksek kapasiteler sunmaktadırlar. Ancak bütün anahtarlama ve diğer akıllı ağ fonksiyonları elektronik olarak yapılmaktadır. Bu tip ağlara örnek olarak Senkronize Optik Ağ (SONET) ve Senkronize Dijital Hiyerarşi (SDH) verilebilir.
- b. İkinci nesil optik ağlar : Bu ağ yapısında yönlendirme, anahtarlama ve akıllı ağ fonksiyonları optik olarak yapılmaktadır. Bu ağ yapısı için gerekli kapasite çeşitli çoklama teknikleri ile sağlanır.

Bu çoklama teknikleri : Optik-Zaman-Bölmeli-Çoklama(OTDM), Zaman-Bölmeli-Çoklama(TDM), Kod-Bölmeli-Çoklama (CDM) ve Dalgaboyu-Bölmeli-Çoklama (WDM) dır (Ramaswami ve Sivanrajan, 2002).

Optik-Zaman-Bölmeli-Çoklama (OTDM) ve Kod-Bölmeli-Çoklama (CDM) bugün için geleceğe yönelik teknolojilerdir. OTDM de her son kullanıcının bir zaman dilimi içine eşzamanlı olması gerekir. Sonuç olarak, hem TDM bit oranı hem de CDM yonga oranı elektronik işleme hızından daha yüksek olabilir. Örneğin; son kullanıcının ağ arayüzünün bir kısmının elektronik hızından daha yüksek oranda çalışması gerekebilir. Bu yüzden WDM, TDM ve CDM 'e göre daha ilgi çekicidir çünkü WDM, TDM ve CDM den farklı olarak bu tür gereksinimlere ihtiyaç duymaz. Özellikle WDM günümüzde optik iletişim ağlarındaki geniş-alan iletişimlerde en çok tutulan çoğullama teknolojisidir. Çünkü bütün son kullanıcı donanımı, rastgele seçilebilen bir WDM kanalının bit oranında çalışmaya ihtiyaç duyar.

WDM de optik iletim spektrumu üst üste gelmeyen birçok frekans bantına bölünmüştür. Her frekans istenilen oranda çalışabilen tek bir iletişim kanalını destekler. Örneğin : tepe elektronik hızı. Ayrıca WDM cihazlarının uygulaması kolaydır çünkü genel olarak WDM cihazının tüm parçaları elektronik hızında işlem yapar. Sonuç olarak birçok WDM cihazı bugün piyasa ortamında rahatlıkla bulunabilir (Mukherjee, 2000).

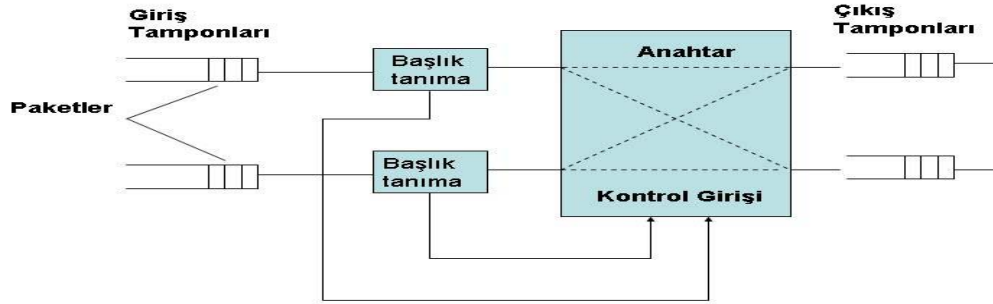
OBS de veri paketleri ağ üzerinde iletilmeden önce büyük çoğuşmalar oluşturacak şekilde biraraya toplanırlar. Çoğuşma ayrı bir dalgaboyundan gönderilen bir kontrol paketinin ardından gelir. Bu kontrol paketi her anahtarda ardından gelecek olan çoğuşma için kaynak tahsisi talebinde bulunur. Kontrol paketi varması gereken anahtara geldiğinde ardından gelecek olan çoğuşma için statik anahtar ağda belli bir kaynak tahsis edilmiş olur. Devre anahtarlama OBS'in yararı, her uçtan-uca bağlantı için bir dalgaboyu belirlenmesine gerek olmamasıdır. OBS, OPS den daha uygulanabilir çünkü çoğuşma verisinin statik anahtarda tamponlanmasına veya işlenmesine gerek yoktur (White ve Zukerman, 2002). Tablo 2.1 de farklı anahtarlama teknolojilerinin özelliklerinin karşılaştırılmasına yer verilmiştir.

Tablo 2.1 : WDM için anahtarlama teknolojilerinin karşılaştırması(Verma, 2000)

Anahtarlama Teknolojisi	Ögeboyu	Kullanım	Karmaşıklık
Devre Anahtarlama	Kaba	Fakir	Düşük
Optik Paket Anahtarlama	İyi	Yüksek	Yüksek
Optik Çoğuşma Anahtarlama	Orta	Orta	Orta

2.2. OPTİK ANAHTARLAMA ÇEŞİTLERİ

2.2.1. Optik Paket Anahtarlama (OPS)



Şekil 2.2 : Optik paket anahtarlama düğümü (Ramasvami ve Sivanrajan, 2002)

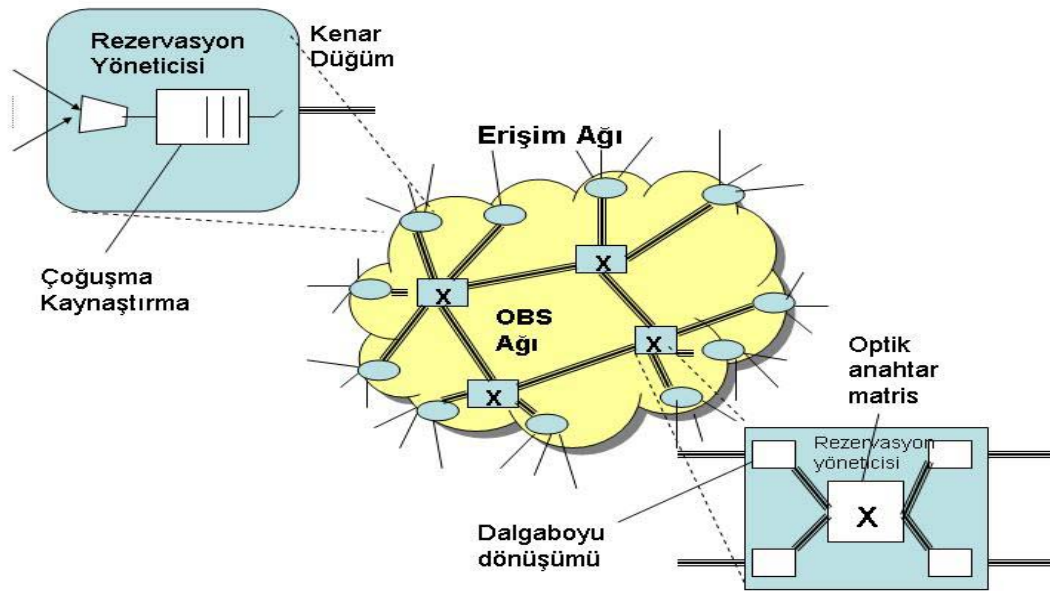
Bir Optik Paket Anahtarlama düğümü şekil 2.2'deki gibidir. Buradaki asıl amaç, elektronik paket anahtarlama ile düşünülmemeyecek kadar yüksek kapasitelerde paket anahtarlama düğümleri yaratmaktır. Bu tip bir düğüm gelen paketi alır, başlığını okur ve onu uygun çıkış portuna anahtarlar. Düğüm pakete yeni bir başlık da verebilir. Bu düğüm çıkış portu nedeniyle olabilecek kavgaları da ele almak zorundadır. Eğer farklı portlardan gelen iki paketin de aynı çıkış portundan çıkması gerekirse o zaman paketlerden biri tamponlanır yada başka bir port üzerinden gönderilir.

İdeal olanı, düğümdeki bütün fonksiyonların optik bölgede yapılmasıdır, fakat pratikte belirli fonksiyonlar mesela başlık işleme ve anahtar kontrolü elektronik bölgede yapılır.

Bu durumun sebebi optik bölgedeki sınırlı işleme yeteneğidir. Başlığın kendisi veriye göre daha düşük bit oranında gönderilebilir bu yüzden de elektronik olarak işlenebilir (Ramasvami ve Sivanrajan, 2002).

2.2.2. Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS)

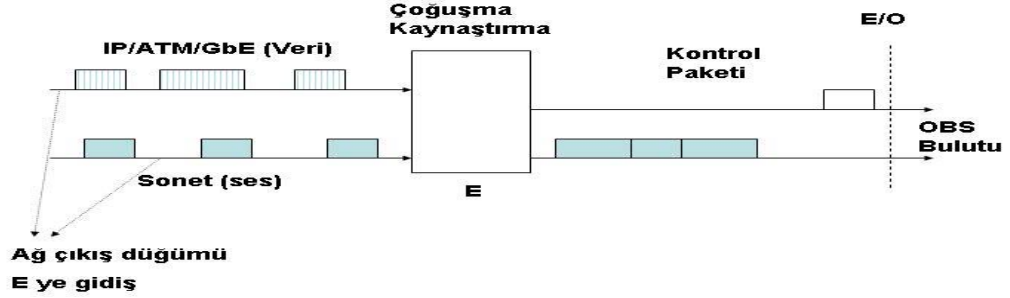
Bir OBS ağı Şekil 2.3 de olduğu gibi kullanıcılardan, optik ağlardan (düğüm) ve fiberlerden oluşur. Kullanıcılar optik çoğuşmaları üreten cihazlardır. Örneğin : yüksek hızlı elektronik yönlendirici yada çoğullayıcı gibi.



Şekil 2.3 : OBS bulutu (Gauger, 2001)

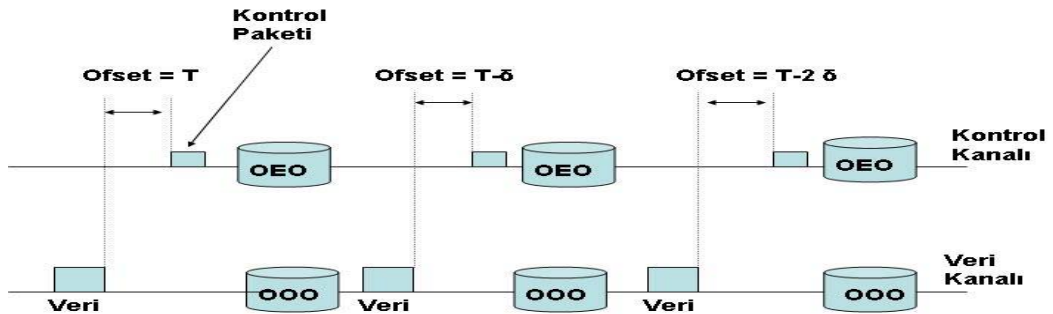
2.2.2.1 OBS Ağından Çoğuşma İletimi

Optik fiber bağlar, anahtar ağlarını birleştirirler. Ayrıca ağdaki diğer bütün kullanıcıları da bir yada daha fazla erişim santrali ile birleştirirler. Bir kullanıcı tarafından üretilen bir çoğuşma OBS ağında birçok fiber ve anahtardan geçerek başka bir kullanıcıda son bulur (Teng ve Rouskas, 2004).



Şekil 2.4 : Bir giriş düğümündeki çoğuşma kaynaştırması (Qiao,Chen, 2003)

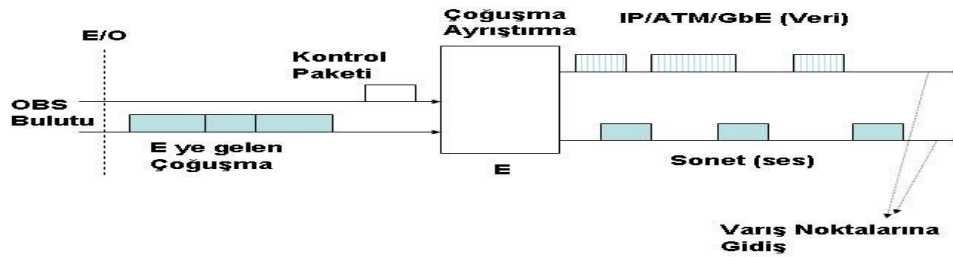
OBS, IP ve WDM'in entegrasyonu için önerilmiş olan en yeni yöntemlerden biridir. Bir OBS ağında ilk olarak IP paketleri bir çoğuşma oluşturacak şekilde giriş düğümde birleştirilir. Bu düğüm daha sonra belirlenmiş olan kontrol kanalından bir kontrol paketi (istek yada setup) gönderir. Şekil 2.4 de görüldüğü gibi istemci verisi ATM/GbE/SONET den olabilir. Kontrol paketlerine her ara OBS düğümünde elektronik işleme ve ileri yönlendirme sırasında sıradan IP paketleri gibi davranılır. Diğer yandan IP paketlerinin çoğuşması OBS fabric kullanılarak tam-optik olarak anahtarlanır.



Şekil 2.5 : Kontrol Paket, Çoğuşma ve onların Ofset zamanları (Qiao, 2003)

Şekil 2.5 de OBS ağının en temel özelliklerinden biri olan kontrol paketi ile veri çoğuşması iletimi arasında offset zamanı kullanımı gösterilmiştir. Bu da demek oluyor ki, kontrol ve veri sadece alan olarak değil (farklı kanallardan gönderme) ayrıca zaman olarak da ayrılmışlardır. Bu tip bir offset zamanı kaynakta yol bilgisi doğrultusunda kararlaştırılır. Ayrıca OBS ağında çoğuşmanın hiçbir tamponlama gecikmesi ile karşılaşmaması hem uçtan-uca gecikme süresi hem de seçirmenin sadece tahmin edilmesini değil minimize edilmesini de sağlar (çoğuşma çekişmesi/ kayıp durumları hariç).

Şekil 2.5 de kontrol paketi ve onun ardından gelen veri çoğuşmasının birçok OBS anahtar düğümünden geçerken ki durumları görülmektedir. Her OBS düğümünde kontrol paketini işlemek ve optik anahtar matrisini oluşturmak belli bir zaman alır. Veri çoğuşması bir düğümde her geçişinde kontrol paketi ve veri çoğuşması arasındaki offset zamanı, OBS düğümünün ihtiyaç duyduğu işleme zamanı tarafından azaltılır. Offset zamanı giriş düğümü tarafından seçilir. Bu yüzden de kontrol paketi her zaman ardından gelen veri çoğuşmasının önünde olur (Liu ve Liu, 2002).



Şekil 2.6 : Ağ çıkış düğümündeki çoğuşma ayrıştırması (Qiao,Chen ve Staley, 2003)

Ayrıca OBS de ilk olarak birçok IP paketleri (aynı ağ çıkışına giden) çeşitli uzunluktaki çoğuşmaları oluşturacak şekilde giriş düğümde birleştirilebilirler (Şekil 2.4). Daha sonra göbekte (core) anahtarlanırlar (Şekil 2.5) ve son olarak da ağ çıkış düğümünde ayrılırlar (Şekil 2.6).

Kontrol ve veride OEO dönüşümler kullanan ve her düğümde hazırlık yapan çok katmanlı IP/SONET/WDM yaklaşımları ile karşılaştırıldığında OBS, ağ kontrolünü ve donanım dizaynını performans kaybı olmadan büyük ölçüde basitleştirebilir. Özellikle OBS de bir kontrol paketi sadece yönlendirme bilgisi (yada etiket) değil bunun yanında çoğuşma uzunluğu ve offset zamanı (her ara düğümde yenilenir) bilgilerini de taşır.

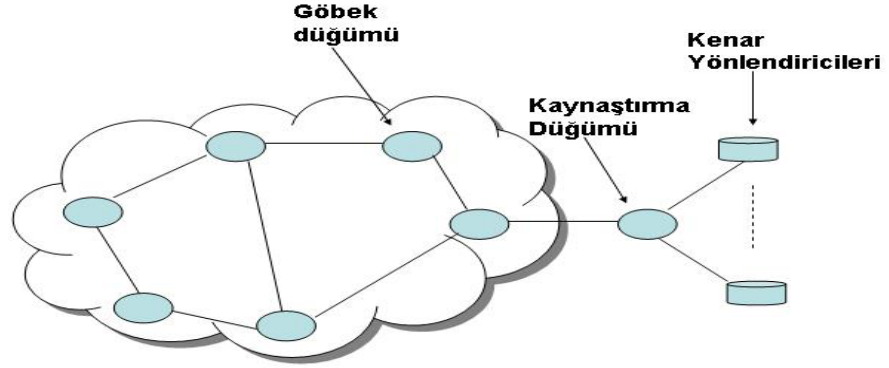
Bir veri kanalı sadece çoğuşma gelişinden, gidişine kadar rezerve edilir. Bu tip çoğuşma düzeyli rezervasyonlar ve anahtarlama OBS'in istatistiksel çoğullama alt- λ öge boyu trafik akışlarına olanak verir ve OBS'in OEO olmaksızın en yüksek kaynak etkinliğini başarmasını sağlar.

Tablo 2.2 deki veriler ışığında OBS in en iyi alternatif olduğu açıkça görülmektedir. Ayrıca veri çoğuşma iletimi ve kontrol paket işlemenin birbirinden ayrılması, OBS ağların hem fiberdeki yüksek kapasite hem de elektronik kontrol alanında avantajlı olmasını sağlar. Bununla beraber, OBS optik ve elektronik dünyasında maliyetin düşmesini de sürekli gelişen teknolojisi sayesinde sağlamaktadır. Sonuç olarak, birçok araştırma gösteriyor ki OBS geleceğin teknolojisi olma yolunda ilerlemektedir (Qiao ve Chen, 2003).

Tablo 2.2 : Optik Anahtarlama yöntemleri (Qiao,Chen, 2003)

Optik Anahtarlama	Alt-Dalgaboyu Ögeboyu	Veri Saydamlığı	Maliyet (WDM+OEO)
OCS	Hayır	Evet	Yüksek
OEO	Evet	Hayır	Yüksek
Çoğuşma	Evet	Evet	Düşük

2.2.2.2 OBS Yapısı



Şekil 2.7 : OBS Ağı (Yu ve Chen, 2005)

Şekil 2.7 de gösterildiği gibi OBS ağında iki tip düğüm vardır :

- Kaynaştırma (assembly) düğümü
- Göbek (core) düğümüdür.

Kaynaştırma düğümü, kenar yönlendiricileri OBS bulutunda (örneğin IP yönlendiricileri) göbek düğümleriyle birleştirir. Aynı varış noktasına gidecek paketler genelde bir kaynaştırma algoritması ile birleştirilirler ki göbek düğümlerdeki elektronik işleme yükünü azaltabilsinler ve anahtarlama etkinliğini arttırabilsinler (Yu ve Chen, 2005).

OBS birçok önemli amacı karşılayabilecek potansiyele sahiptir :

- Yüksek bantgenişiği, düşük gecikme süresi, yüksek talepli ızgara (grid) uygulamaları için gerekli olan kararlı iletim
- Tam-optik veri iletimi

- Maliyet etkili ticari kullanıma hazır (COTS -commercial off-the-shelf) optik aletler gibi

OBS ler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler :

- Kaynakları nasıl rezerve ettiklerine göre (TAG ve TAW)
- Kaynakların rezervasyonları bitirme şekillerine göre (JIT ve JET)
- Donanım gereksinimlerine göre (Örneğin; Novel anahtar mimarileri OBS için optimize edilmiştir, ticari optik anahtarlar OBS ağ kontrolcülerini ile beraber arttırılmışlardır)
- Çoğuşmaların tamponlanmasına göre (optik gecikme hatları kullanarak yada diğer teknolojilerle)
- İşaretleme mimarisine göre (in-band yada out-of-band)
- Performansa göre
- Karmaşıklığa göre
- Maliyete göre (Sermaye, operasyonel, \$/Gbit, vs...). (Baldine ve Rouskas, 2002)(Teng ve Rouskas, 2004)

İlk yıllarda çoğuşma anahtarı için hem işaretleme hem de iletim elektronik tabanlıydı. Çoğuşma anahtarlarının gereksiz karmaşıklığı diğer hızlı paket/hücre anahtarlamalarla örneğin : ATM ile karşılaştırıldığında garantili değildi. Son yıllarda OBS, optik ağlar için gelişmiş elektronik işleme gücünün avantajlarını alan ve daha az optik işleme gerektiren yeni bir anahtarlama tekniğidir. OBS, hem elektronik kontrol işleme hem de optik iletim teknolojisinin avantajlarını içerir. Ayrıca OBS büyük çoğuşma boyutları kullanarak göreceli düşük elektronik işleme hızı ve optik paket anahtarlamalarda görülen sıradışı yüksek optik iletim bant genişliği arasındaki yüksek farklılıkların da üstesinden gelir.

Kaynak OBS veri çoğuşmasından önce dalgaboyunu ayırmak için kontrol paketleri gönderir böylece veri çoğuşmaları tam-optik olarak OEO değişimi yada her ara anahtar düğümde optik tamponlama gerekmeden iletebilirler. Bu yüzden kaynak rezervasyonu OBS'in performansı açısından oldukça kritik bir durumdur (Liu ve Liu, 2002).

OBS optik saydamlık ve alt-dalgaboyu bağlantılarının hazırlığı ile ilgili olan ve OEO dönüşümleri için dalgaboyu yönlendirme uygulayan, var olan yaklaşımlar ile ilgili olarak maliyeti dikkate değer bir şekilde düşürebilecek yeni bir yaklaşımdır(Qiao ve Chen, 2003).

2.3. TAG ANINDA İLETİM VE TAW GECİKMELİ İLETİM TEKNİKLERİ

OBS, tam-optik WDM ağları şu anki sınırlı optik hafıza ve işleme yeteneği ile desteklemeyi mümkün kılar. Çoğuşma anahtarlama konsepti ilk olarak 1980'lerde ortaya çıktı (Battestili, 2003).

Tam-optik devreler istatistiksel olarak çoğullamalı ve hazırlığı olmayan trafik için yetersiz olma eğilimindedir ve optik paket anahtarlama optik tamponlama ve optik başlık işleminin ölçeklenebilir ve pratik uygulamalarını gerektirir. OBS optik tamponlama ve packet-level parsing gerektirmeyen bir teknolojidir ve sürdürülen trafik hacmi tüm dalgaboyunu tüketmediğinde devre anahtarlardan daha etkilidir (Xu ve Perros, 2005).

Optik Çoğuşma Anahtarlama, Uluslararası Telekomünikasyon Birliğinin Asenkron Transfer Mod (ATM) ağlardaki çoğuşma anahtarlama için bir standardıdır ve ATM blok iletimi olarak bilinir (ABT).

İki çeşit ABT uygulaması vardır :

- a. Gecikmeli İletimle ABT : Kaynak, çoğuşma göndermek istediğinde bağlantı yolu üstündeki ATM anahtarlara 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. Anahtarlar çoğuşmayı alamayacak durumda iseler, istek reddedilir ve bir süre sonra kaynak başka bir istek gönderir.
- b. Anında İletimle ABT : 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. Söyle-Ve-Git (TAG), Anında İletimle ABT'ye benzer ve Söyle-Ve-Bekle (TAW) ise, Gecikmeli İletimle ABT'ye benzer (Widjaja,1995).

Söyle ve bekle (TAW) : Bu protokolde kaynağın iletilecek bir çoğuşması (mesajı) olduğunda ilk olarak kısa bir 'istek' mesajı göndererek sanal devrede bantgenişliği ayırmayı deneyecektir. Sanal devre boyunca her anahtarda, eğer mümkünse tepe-bit oranına denk olan çoğuşmanın bantgenişliği tahsis edilmeye çalışılacaktır. Belirlenen anahtardaki istenen bantgenişliği eğer tepe bit oranları (yeni çoğuşmada dahil olmak üzere) anahtarın çıkış-bağ kapasitesinden az ise kabul edilir. Eğer istenen bantgenişliği sanal devre boyunca bütün anahtarlar tarafından kabul edilirse gidiş-geliş gecikmesinden sonra varış noktasından kaynak noktasına bir onay (ACK) yada negatif onay (NACK) döner. Ack alımından sonra kaynak, çoğuşmasını tepe-bit-oranında iletir. Belirlenen anahtardaki kaynak çoğuşma iletimi biter bitmez bırakılır. Eğer istenen bantgenişliği bir anahtara verilemiyorsa, o zaman kaynağa doğru geri dönen bir NACK tarafından diğer başarılı bir şekilde reserve edilmiş olan yukarı yönde anahtarlarda NACK alınması üzerine serbest bırakılır. Kaynak bir süre sonra yeni bir istek daha yapmak zorundadır. Tekrardan iletim zamanı, anahtarlardaki çatışmaları azaltmak için randomize edilmişlerdir.

Söyle ve Git (TAG) : Bu protokolde uygulama katmanından (yada diğer yüksek katmanlardan) mesaj alınır alınmaz anında çoğuşma iletilir. Kaynak, mesajın bir kopyasını çoğuşmanın varış noktasına başarılı bir şekilde ulaştığını öğrenene kadar kendi bünyesinde saklar. Varış noktasında çoğuşmanın başarılı bir şekilde alındığını bildirmek için alıcı, karşı düşen kaynağa bir ACK gönderir. Eğer bir anahtar çoğuşmayı atmak zorunda kalırsa çoğuşmanın başlığını alıcıya hala yayınlıyor olacağından arkadan gelen çoğuşmanın kaybolduğunu bildirebilir. Bu yüzden, eğer yol boyunca bir anahtarda çoğuşma atılırsa, alıcı bundan haberdar olur ve o zaman kaynağa bir NACK gönderir. Sonradan kaynak aynı çoğuşmayı belli bir süre sonra tekrar iletir (Widjaja,1995).

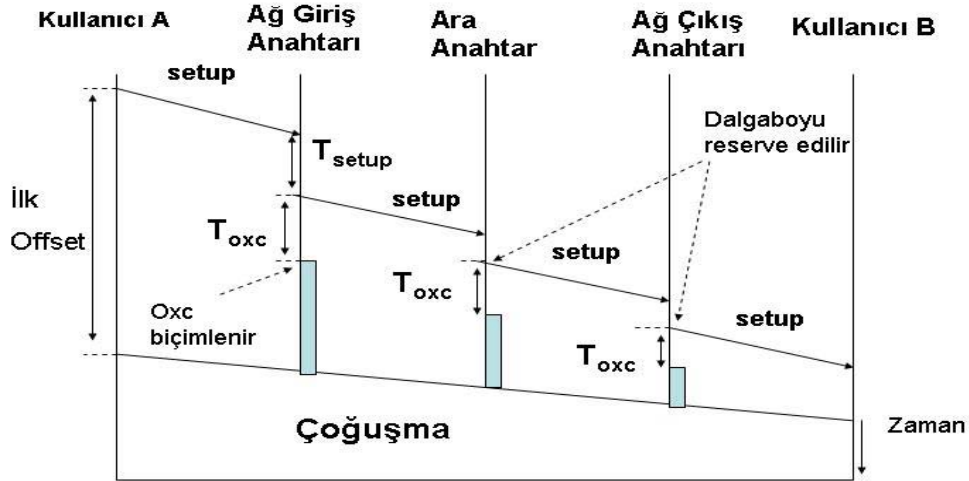
2.4. OBS DÜĞÜMLER İÇİN DALGABOYU REZERVASYON ŞEMALARI

OBS için çıkış dalgaboyu rezervasyonları Anında Rezervasyon ve Gecikmeli Rezervasyon olarak ikiye ayrılır.

Optik çoğuşma gönderilirken kullanılması için çeşitli protokoller önerilmiştir. Bunlar; Tam Zamanında (Just-in-Time), Yeteri Kadar Zaman (Just –Enough-Time) ve Horizon .

2.4.1 Anında Rezervasyon - JIT İşaretleme Protokolü

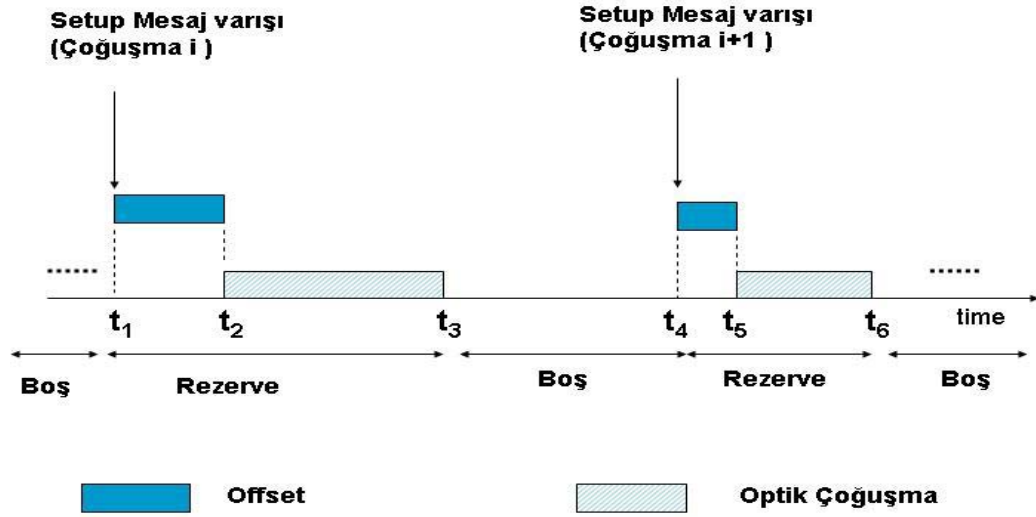
Anında rezervasyonda, Şekil 2.8 de gösterildiği üzere bir çıkış dalgaboyu bir setup mesajı geldiği anda ardından gelecek olan çoğuşma için rezerve edilir. Eğer o anda bir dalgaboyu rezerve edilemiyorsa, o zaman setup mesajı red edilir ve ardından gelen çoğuşma düşürülür.



Şekil 2.8 : Anında Dalgaboyu rezervasyonu (Teng ve Rouskas, 2004)

JIT işaretlemede her mesaj için bağlantıya özel kimlik veya etiket kullanılır. Bu sayede acil bir durumda bağın diğer ucunun yakalanabilmesi ve çıkış bağında yeni bir kimlik yada etiket alınabilmesi sağlanır.

İşaretleme akışındaki ilk mesaj (Oturum bildirimini yada setup) etiket-anahtarlamalı bir yol kurulmasını sağlar. Böylece daha sonraki bütün mesajlar ileri ve geri yönlerde onu takip edebilirler.

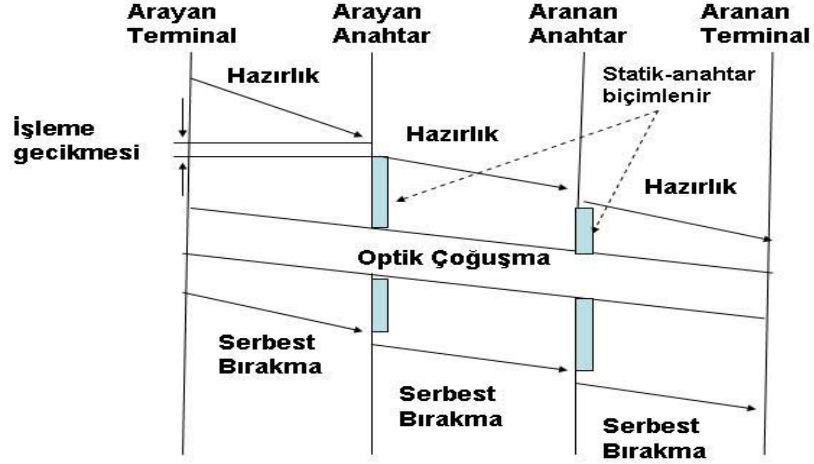


Şekil 2.9 : Bir dalgaboyunun anında rezervasyon (JIT) ile çıkış işlemi (Teng,2004)

Anında rezervasyonda, dalgaboyu rezerve olduğu sürece Şekil 2.9 da olduğu gibi zaman periyotlara bölünür. Boş bir periyotun uzunluğu bir sonraki setup mesajının gelişine kadar olan zamana eşit olduğu sürece, rezerve edilmiş bir periyotun uzunluğu çoğuşmanın uzunluğu ile offset zamanının toplamına eşittir. Ayrıca, her dalgaboyunda çoğuşmalar setup mesajlarının anahtara vardıkları sıraya göre ve ilk-gelen ilk-işlenir (FCFS) yapısına göre işleme alınır (Teng ve Rouskas, 2004).

Şekil 2.10, 2.11, 2.12, 2.13 de çeşitli JIT rezervasyon şemaları arasındaki temel farklar gösterilmiştir. Şekillerin hepsinde bir OBS düğümünden bir çoğuşmanın geçişi gösterilmiştir. Her çoğuşma bir setup işaretleme mesajının ardından iletilmiş ve bu setup mesajı anahtara çoğuşmadan kısa bir süre önce out-of-band işaretleme kanalından ulaşmıştır. Çoğuşmanın ardından çoğuşmanın bittiğini bildiren bir serbest bırakma mesajı gelebilir.

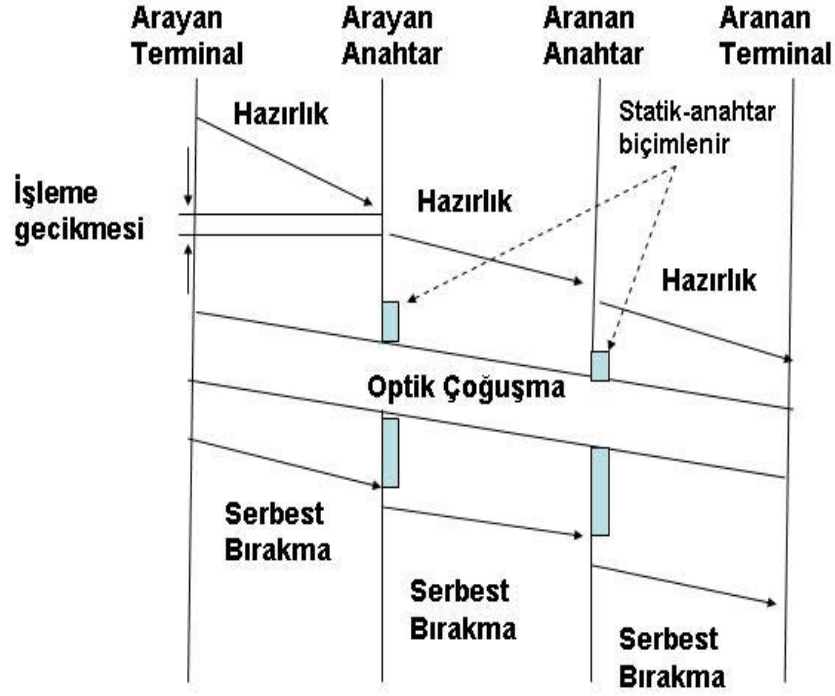
2.4.1.1 Hazırlık Süresi Belirsiz, Serbest Kalma Süresi Belirsiz



Şekil 2.10 : Hazırlık süresi belirsiz, serbest kalma süresi belirsiz (Baldine, 2002)

Setup mesajının gelmesinin hemen ardından anahtarın anahtarlama elemanları gelecek olan çoğuşma için biçimlendirilirler ve bir serbest bırakma mesajı gelene kadar da bu durumda kalırlar.

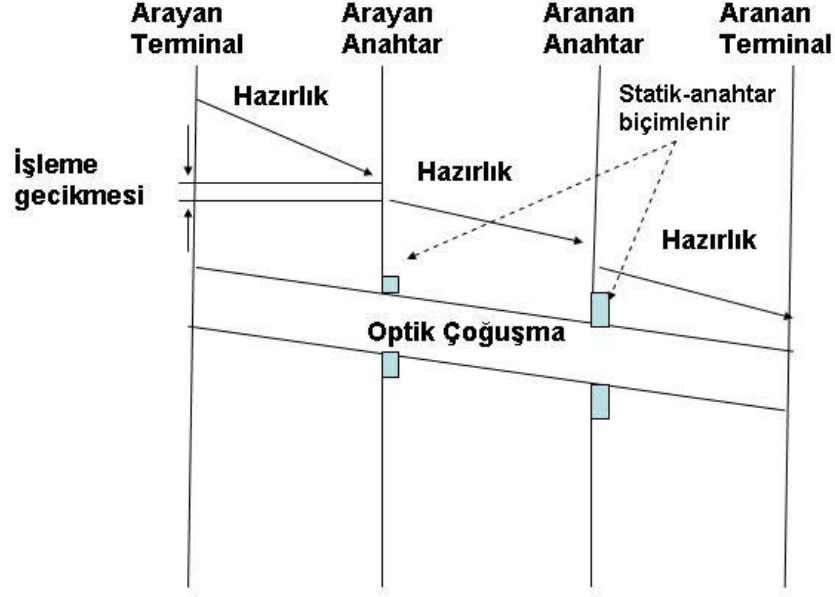
2.4.1.3 Hazırlık Süresi Belirli, Serbest Kalma Süresi Belirsiz



Şekil 2.12 : Hazırlık süresi belirli, serbest kalma süresi belirsiz (Baldine, 2002)

Şekil 2.11 den farklı bir şemadır. Burada çoğuşmanın sonunu tahmin etmek yerine başlangıcı setup mesajındaki bilgi temel alınarak tahmin edilir. Bununla beraber, bu şema anahtarlama elemanlarını serbest bırakabilmek için belirsiz bir serbest bırak mesajına gerek duyar. Böylece diğer çoğuşmaları yönlendirebilmek için yeniden uygun olabilirler.

2.4.1.4 Hazırlık Süresi Belirli, Serbest Kalma Süresi Belirli



Şekil 2.13 : Hazırlık süresi belirli, serbest kalma süresi belirli (Baldine, 2002)

Çoğuşmanın başlangıcı da bitişi de setup mesajındaki bilgi temel alınarak tahmin edilir.

2.4.2. JIT İşaretleme Akışı ve Mesajlar

Tablo 2.3 : İşaretleme Protokol Fonksiyonları (Zaim ve Baldine, 2003)

Bağlantı Tanımlaması	Ağa bağlantıyı duyurur
Yol Hazırlığı	Kaynaktan varış noktasına kadar olan tam-optik yolu hazırlamak için gerekli kaynakları biçimlendirir.
Veri İletimi	Ara anahtarlar çoğuşmanın varış zamanı ve uzunluğu ile ilgili olarak bilgilendirilir
Durum Bakımı	Bağlantıyı sürdürebilmek için gerekli durum bilgileri devam ettirilir
Yolun Serbest Bırakılması	Bağlantı için ayrılmış olan kaynaklar bırakılır

İşaretleme protokol fonksiyonları Tablo2.3 de açıklanmıştır. OBS ağındaki her bağlantı bu kademelerin bir kısmından geçmek zorunda olduğundan işaretleme protokolü birkaç kademenin tek bir kademe toplaması konusunda oldukça esnekler.

Örneğin : Kurulan bağlantının çeşidine göre, bir setup mesajı :

- Oturumu ağa bildirir (Oturum bildirim)
- Oturumun yolunu kurar (Yol kurulumu)
- Çoğuşmanın geldiğini duyurur (Veri iletimi) (Baldine ve Rouskas, 2002)

2.4.2.1 İşaretleme Hakkındaki Temel Varsayımlar

İşaretleme protokolü aşağıdaki varsayımlar ile yönlendirilir :

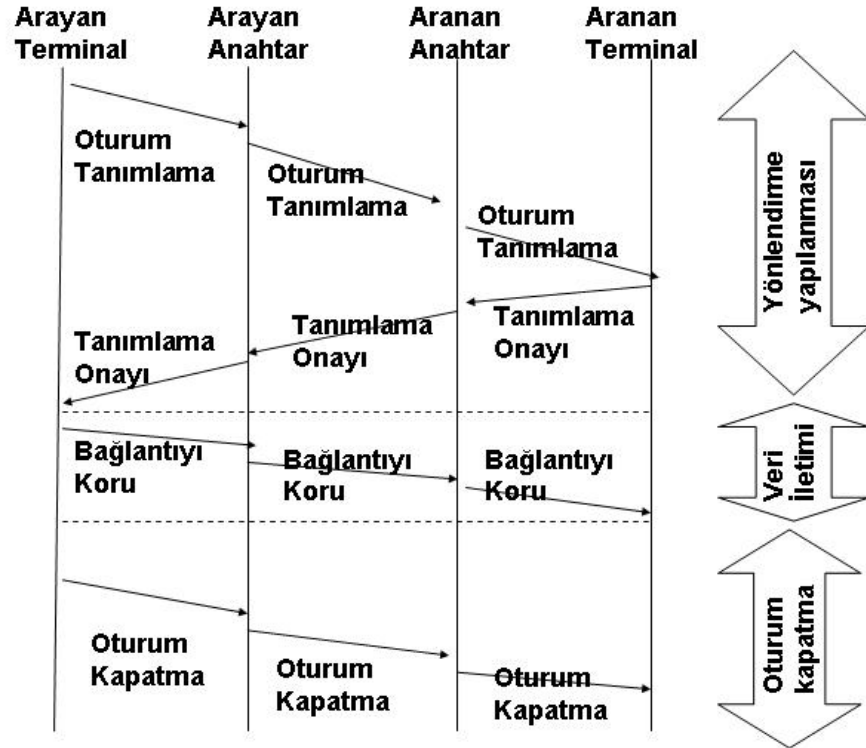
- İşaretleme bant dışında yapılı.
- İşaretleme kanalı hattan hatta geçişte en verimlisidir.
- İşaretleme mesajları kuyruklanır ve her ara düğüm tarafından işlenir (Kuyruklamadan ötürü kayıplar olasıdır).
- İşaretleme kanalının düşük bit hata oranına sahip olduğu varsayılmıştır(Örneğin; 10^{-12} den 10^{-15} 'e kadar). (Baldine ve Rouskas, 2002)

2.4.2.2 Çoğuşma Gecikmesi

Ağ üzerinden veri transferi, çoğuşmanın önünden çoğuşma için bir yol kurabilmek amacıyla bir işaretleme mesajı gönderilerek başarılı. İşaretleme mesajının, ağ üzerinde ilerlerken ara düğümlere statik anahtar elemanlarını biçimlendirebilmeleri amacıyla zaman verebilmesi için çoğuşmadan önde gitmesi gerekmektedir. Çoğuşma ile işaretleme mesajı arasındaki gecikme ağ üzerinde yayıldıkça azalır çünkü ağda optik olarak saydam olan çoğuşmadan farklı olarak işaretleme mesajı her ara düğümde bir işleme gecikmesi ile karşılaşır. Dolayısıyla sorun, işaretleme mesajı yollanmadan önce ilk çoğuşmanın gecikme süresini tahmin etmektir. Bu tahmin, bağlantı yolu üzerindeki adımlara bağlıdır. Burada önemli olan nokta bu tahmin olayının ağ içerisinde bir fonksiyona dayalı olarak sunulmasıdır (Baldine ve Rouskas, 2002).

2.4.2.3 Sürekli Yol Teke-Gönderim İşaretleme Akışı

Bir Sürekli Yol bağlantısı ağ üzerinde aynı yoldan aynı kaynak-varış noktası arasında seyahat edecek olan bir grup çoğuşmanın iletiminin garanti edilmesi gerekiyorsa kurulur. Oturum tanımlama ve Yol hazırlık safhaları burada veri iletim safhasından ayrılır (Bu durum üç safhanın da tek bir adımda birleştirildiği on the fly bağlantılarının karşıtı bir özelliktir). Veri iletimi safhası on the fly bağlantısına oldukça benzer bir şekilde bir grup çoğuşmanın iletiminden oluşmaktadır. Bu iki bağlantı tipi arasındaki ana fark her çoğuşma iletimi için olan setup mesajının önbellekteki yönlendirme bilgisine ulaşmakta kullanılan tanımlayıcı (kimlik) (MPLS etiketine benzer) taşımasıdır.



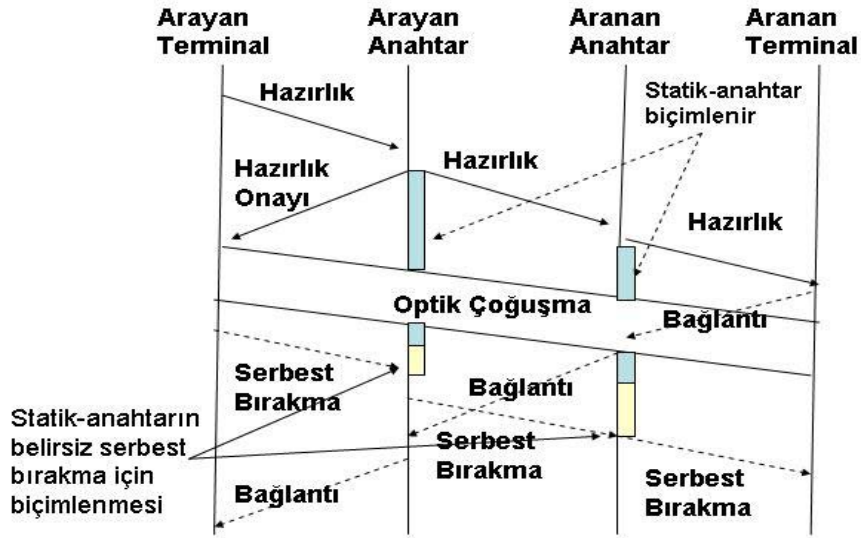
Şekil 2.14 : Sürekli Yol Hazırlığı için işaretleme akışı (Baldine ve Rouskas, 2002)

Şekil 2.14 de işaretleme mesajlarının akışı gösterilmiştir. Bir Oturum Tanımlama mesajı ilk olarak kaynaktan varış düğümüne gider ve sürekli yol kurar. Bu mesajın alındığı varış noktası tarafından Tanımlama onayı mesajı ile bildirilir. Veri iletim safhası boyunca, birçok veri çoğuşması iletilir ve kaynak bu arada anahtarlara yönlendirmenin

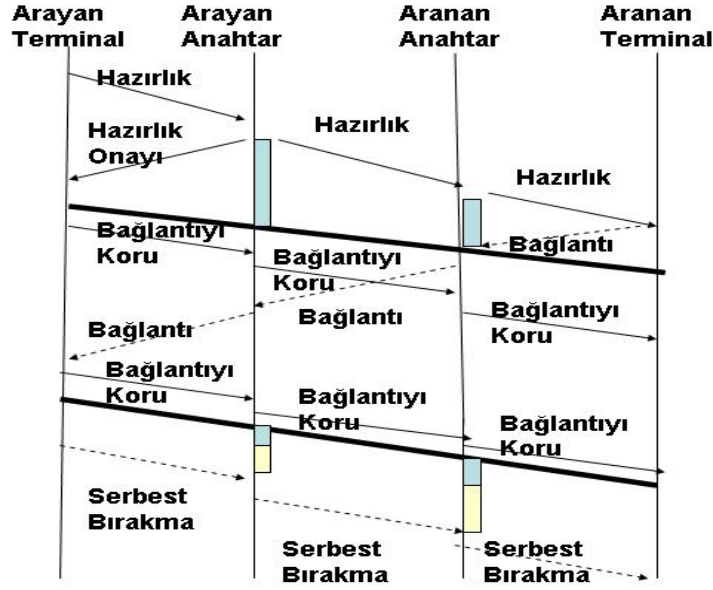
devam etmesi için Bağlantıyı kuru mesajları gönderebilir. Kaynak düğüm, oturumu ağa bir Oturum kapatma mesajı göndererek sonlandırır. Bir oturum ağ tarafından da sonlandırılabilir. Bu durumda bir Oturum kapatma mesajı hem kaynağa hem de varış düğümlerine gönderilir (Baldine ve Rouskas, 2002).

2.4.2.4 On-the-Fly Teke Gönderim İşaretleme Çıkışı

On the fly teke gönderim bağlantılar Oturum tanımlama, yol hazırlık ve veri iletimi safhalarını tek bir setup mesajında birleştirir.



Şekil 2.15 Kısa çoğuşma için işaretleme akışı (Zaim ve Baldine, 2003)



Şekil 2.16 Lightpath için işaretleme akışı (Zaim ve Baldine, 2003)

Şekil 2.15 ve 2.16 da kısa çoğuşmalar ve lightpath'lerin mesaj akışları gösterilmiştir. Her bağlantının sonundaki Serbest bırakma mesajının varlığı bağlantı tipine (belirsiz veya zamanlı teardown gibi) göre kabul edilir.

Bağlantı tipinden bağımsız olarak, çoğuşmanın merkezinden giriş anahtarına bir setup mesajı ile başlanır. Giriş anahtarı varış adresini temel olarak gecikme tahmin mekanizmasına danışır ve güncellenmiş gecikme bilgisini merkeze bir Hazırlık onay mesajı kullanarak geri gönderir. Hazırlık onay mesajı ayrıca merkez düğüme veri çoğuşmasını gönderirken hangi kanal/dalgaboyunu kullanacağını da bildirir. Merkez, giriş düğüme olan gidiş-geliş zamanı bilgisine dayanarak belli bir zaman bekler ve sonrasında belirlenmiş dalgaboyu üzerinden çoğuşmayı gönderir. Setup mesajı aynı zamanda ağda dolaşmakta ve yol üstündeki anahtarları çoğuşmanın gelişi ile ilgili olarak bilgilendirmektedir. Yolda herhangi bir engelleme olmazsa setup mesajı sonunda kısa bir süre sonra gelecek olan çoğuşmanın varacağı varış düğüme ulaşır.

Setup mesajının alınması üzerine, varış düğümü başarılı bağlantı durumunu bildirmek için bir Bağlantı mesajı gönderebilir. (Aslında, varış düğümü tarafından setup'ın kabul

edilmesi sadece bağlantının kurulduğunu garanti eder, başarılı bir şekilde iletimin tamamlandığını değil çünkü bir bağlantı yolun bir yerinde daha yüksek-öncelikli bir başka bağlantı tarafından da alınabilir).

Uzun-yaşayan çoğuşmalar için bağlantıyı koru mesajı bağlantının durumunu sürdürür ve zaman-aşımını önler. Özellikle belirsiz teardown için bir Serbest bırakma mesajı alınana kadar bağlantının kapatılmadığı durumlarda bağlantıyı koru mesajı kaynağın yaşadığını bildirmede kullanılır. Aksi takdirde, kaynağın ölmesi durumunda eğer bağlantıyı koru mekanizması yoksa bağlantı sonsuza dek bir Serbest bırakma bekleyerek sınırlı statik anahtar kaynaklarını boşa harcayacaktır.

Bununla beraber, bağlantıyı koru mekanizmasında eğer kaynak belli bir zaman süresince bir bağlantıyı koru mesajı göndermezse, zaman-aşımı olur ve bağlantı kapatılır.

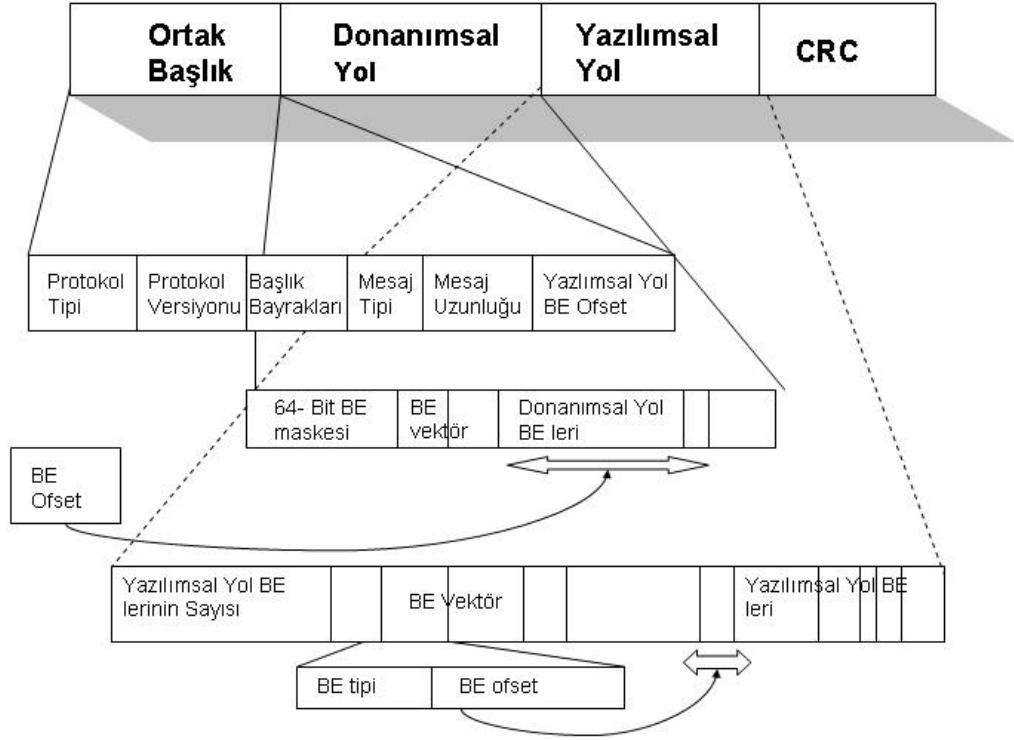
Eğer setup yada bağlantının sürekliliği safhasında bir başarısızlık belirlenirse yukarıda bahsedilmemiş olan bir mesaj gönderilir. Bu mesaj Hata mesajıdır. Bu mesaj tipi bağlantının merkezine gönderilir ve başarısızlığın nedenini iletir. Bu nedenler : engelleme, daha öncelikli bir bağlantının alınması, ana bilgisayara bir yönlendirme olmaması, varış noktası tarafından red edilme olabilir (Zaim ve Baldine, 2003).

Tablo 2.4 : Temel Mesaj Çeşitleri (Baldine ve Rouskas, 2002)

<i>MESAJ İSMİ</i>	<i>MESAJ FONKSİYONU</i>	<i>BAĞLANTI FAZLARI</i>
<i>OTURUM TANIMLAMA</i> (Session Declaration)	Ağ, bir sürekli-yol teke gönderim yada bir çoğa gönderim bağlantısı kurulduğuna dair bilgilendirilir.	Oturum Tanımlama, Yol Hazırlanması
<i>HAZIRLIK</i> (Setup)	Ağ, bir çoğuşma geldiğine dair bilgilendirilir. Zamanlı Serbest Bırakma şemasında çoğuşma uzunluğu ve gecikme bilgisi taşınır. Ayrıca bu şemada Yol Hazırlığı ile Veri İletimi birleştirilebilir.	Oturum Tanımlama, Yol Hazırlanması, Veri İletimi
<i>HAZIRLIK ONAYI</i> (Setup Ack)	Bu mesaj, giriş düğümden arayan terminale gönderilir. Setup mesajı onaylanır ve çoğuşma gecikme tahmini geri döndürülür.	Veri İletimi
<i>TANIMLAMA ONAYI</i> (Declaration Ack)	Aranan terminal tarafından Oturum Tanımlama'nın onayıdır.	Oturum Tanımlama
<i>BAĞLAMAK</i> (Connect)	Duruma göre aranan terminalden arayan terminale Yol Hazırlık Onayını geri döndürür.	Veri İletimi
<i>OTURUM KAPATMA</i> (Session Release)	Daha önceden Oturum Tanımlama gönderilerek kurulmuş olan yol bağlantısını serbest bırakır.	Oturum Kapatma
<i>SERBEST BIRAKMA</i> (Release)	Belirsiz Serbest Bırakma şemasında ara düğüm bağlantısının bitirildiğine dair bilgilendirilir.	Oturum Kapatma, Veri İletimi
<i>BAĞLANTIYI KORU</i> (Keepalive)	Durumu devam ettirme mesajıdır. Arayan terminal tarafından periyodik olarak gönderilir. Ayrıca zaman aşımı sayaçlarını da sıfırlar. İsteğe bağlı olarak, zamanlı serbest bırakma şeması için bağlantının kalan süresini de taşıyabilir.	Durum korunumu
<i>HATA</i> (Failure)	Bağlantı Hazırlığının genel hatasını belirler.	

2.4.2.5 İşaretleme Mesaj Biçimi

JIT mesaj biçimi, donanımsal olarak kolaylıkla uygulanabilecek şekilde düzenlenmiştir ve işaretleme protokollerinin gelecekteki ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeyde esnek bir yapıdadır. Şekil 2.17 de bir işaretleme mesajının yapısı sunulmuştur.



Şekil 2.17 : İşaretleme Mesaj yapısı (Baldine ve Rouskas, 2002)

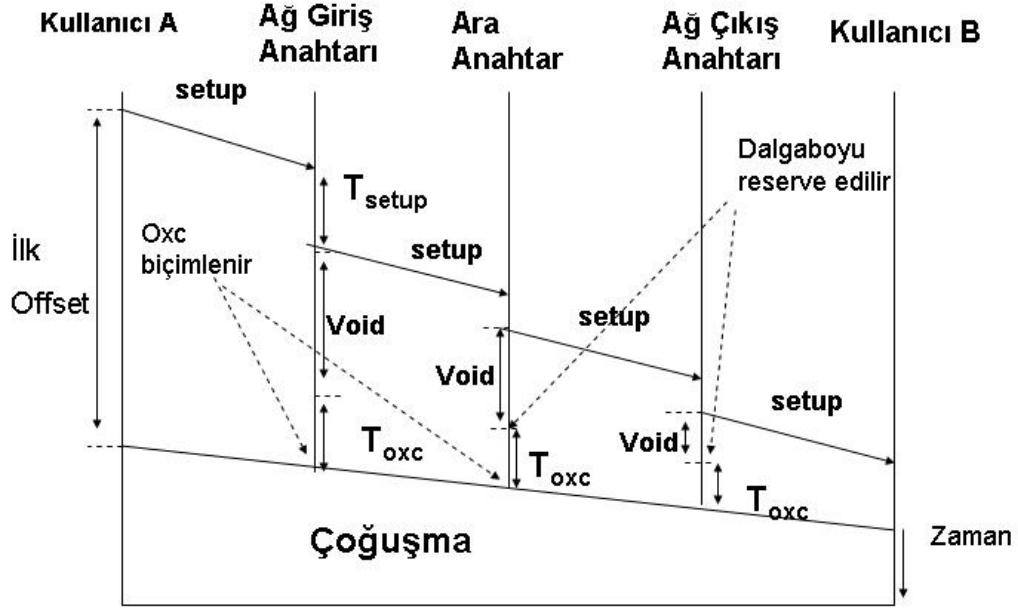
İşaretleme mesajı üç bölümden oluşmaktadır

- Bir ortak başlık
- Donanımsal yol (hardpath) bilgi elemanları (IEs)
- Yazılımsal yol (softpath) bilgi elemanları (IEs) (Bilgi elementinin içeriği ATM den ödünç alınmıştır.)

Her bilgi elemanı, içinden kullanılacak olan işaretleme protokolünün belirli bir yönüne bağlı olan veriyi taşır. Bilgi elemanları donanımsal yol ve yazılımsal yol olarak donanım yada yazılım tarafından işlenmeye yönelik olmalarına göre ayrılırlar. Hem donanım hemde yazılım bilgi elemanlarının yapısı aynıdır. Her ikisi de TUD (tür,uzunluk,değer) ölçüleri ile yapılandırılır. Donanımsal ve yazılımsal alt başlıklar, her mesajda kaç tane bilgi elemanı olduğunun bilgisinin elde edilmesini sağlar (Baldine ve Rouskas, 2002).

2.4.3 Gecikmeli Rezervasyon protokolleri

Horizon ve JET protokolleri gecikmeli rezervasyon özelliğindedirler. Bir çıkış dalgaboyu çoğuşmanın ilk biti gelmeden önce rezerve edilir. Eğer setup mesajı geldiğinde uygun zamanda bir dalgaboyu ayırlamayacağına karar verirse o zaman setup mesajı red edilir ve ardından gelecek çoğuşma düşürülür.



Şekil 2.18 : Gecikmeli dalgaboyu rezervasyonu (Teng ve Rouskas, 2004)

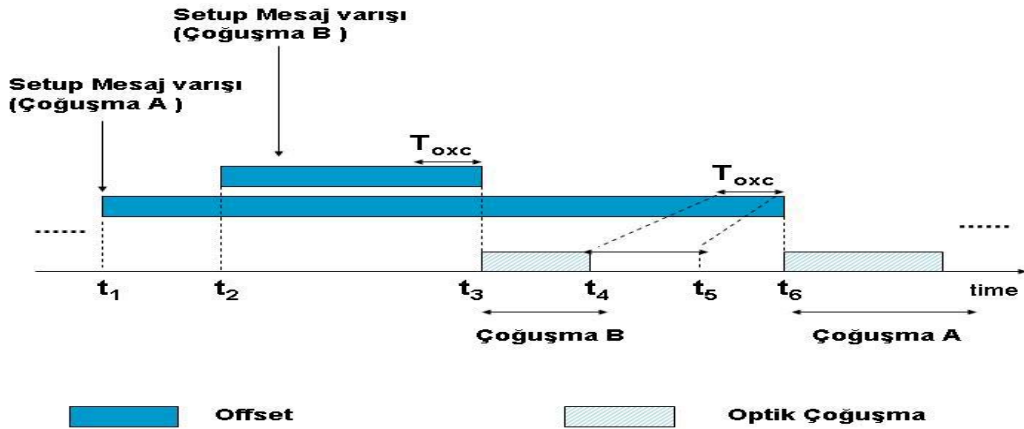
Şekil 2.18 de gecikmeli rezervasyon özelliği açıklanmıştır. Bir setup mesajının t zamanında OBS düğümüne vardığını farzedelim, bu durumda ardından gelecek olan çoğuşmanın ilk biti $t + T_{offset}$ zamanında varması beklenir. Çoğuşmanın kabul edileceğini varsayarak, setup mesajı $t' = t + T_{offset} - T_{oxc}$ zamanında başlayacak olan çoğuşma için bir dalgaboyu rezerve eder. Şekilde de gösterildiği gibi t' zamanında OBS düğümü OXC fabrik'ini anahtar elementlerini çoğuşmayı iletebilmek için ayarlar. Bu işlemde tam olarak çoğuşmanın birinci bitininin varışından önce tamamlanır. Bu yüzden de anında rezervasyon protokolleri her çıkış dalgaboyu için sadece tek rezervasyona izin verir. Gecikmeli rezervasyon şemaları bir dalgaboyu üzerinde birden fazla setup

mesajının gelecek bir zaman için rezervasyon yapmasına (çoğuşmaların üst üste gelmemesi şartı ile) izin verir. Ayrıca bir çoğuşma kabul edildiğinde çıkış dalgaboyu çoğuşmanın uzunluğu ile T_{oxc} zamanı kadar rezerve edilir.

Gecikmeli Rezervasyon şemalarından Horizon boşluk doldurması yapmaz ve boşluk doldurma şemalarından örneğin : JET den daha az karmaşıktır. Horizon şeması adını çoğuşma rezervasyonu amacı için her dalgaboyunun bir zaman horizon'u ile birleştirilmesinden almıştır. Bu zaman horizon'u "dalgaboyunun planlanmış bir kullanımı olmadığı bir andaki en erken zamanı" olarak tanımlanır.

2.4.3.1 JET İşaretleme Protokolü

JET en çok bilinen boşluk doldurma kullanan bir Gecikmeli Rezervasyon Protokolüdür. JET yapısında : Eğer çoğuşmanın varış zamanı 1) dalgaboyu zaman horizon'undan sonra ise yada 2) Dalgaboyunda bir boşluk ile aynı zamana rastlarsa ayrıca çoğuşmanın sonu ve OXC biçimlendirme zamanı T_{oxc} boşluğun sonundan önce gelirse, çoğuşma için bir çıkış dalgaboyu rezerve edilir. Eğer setup mesajının gelmesinden sonra hiçbir dalgaboyu için bu koşullardan herhangi birinin sağlanamadığına karar verirse, o zaman setup mesajı red edilir ve ardından gelen çoğuşma düşürülür.



Şekil 2.19 : OBS düğümünde gecikmeli rezervasyon, boşluk doldurma(Teng, 2004)

Şekil 2.19 da JET'in boşluk doldurma işlemi gösterilmektedir. Şekilde aynı çıkış dalgaboyundan iletilen A ve B isimli iki çoğuşma görülmektedir. Çoğuşma A için olan setup mesajı ilk gelen mesajdır ardından da çoğuşma B için olan setup mesajı gelmiştir. Şekilde de görüldüğü üzere çoğuşma A'nın uzun bir offset'i vardır. Anahtar, setup mesajını aldıktan sonra çoğuşma A'nın sonraki varışını not eder fakat statik-anahtar fabric'inde herhangi bir bağlantı başlatmaz. Çoğuşma A kabul edildiğinde ilk olarak bir boşluk yaratılır. Bu boşluk t_6 zamanında ilk biti gelecek olan çoğuşmanın gelişine kadar olan zaman aralığıdır. Farzedelim ki, t_2 zamanında çoğuşma B'nin setup mesajı geldiğinde bu boşluk içinde başka bir çoğuşma iletimi çizelgelenmemiştir.

Çoğuşma B'nin t_2 zamanında setup mesajının gelmesi üzerine anahtar, çoğuşma B'nin çoğuşma A dan önce varacağını not eder ve yeni gelecek olan çoğuşmayı kabul edip edemeyeceğine karar verebilmek için bir boşluk doldurma algoritması (Xiong ve Vandenhoute, 2000) çalıştırır. Yeni çoğuşmayı kabul edebilmek için çoğuşma B'nin iletiminin bitmesi ile çoğuşma A'nın varışının arasında anahtar için yeterli bir zaman olmalı ki çoğuşma A'yı işleyebilmek için statik anahtar fabric'ini tekrardan biçimlendirebilsin. Şekil 2.19 da anlatılan senaryoda çoğuşma B kabul edilir ve çoğuşma A'nın ilk biti gelmeden servisi tamamlar.

Burada T_{oxc} bir giriş portundan bir çıkış portuna bağlantı kurabilmek için OXC'nin anahtar fabric'ini biçimlendirebilmesi için gerekli olan zamandır.

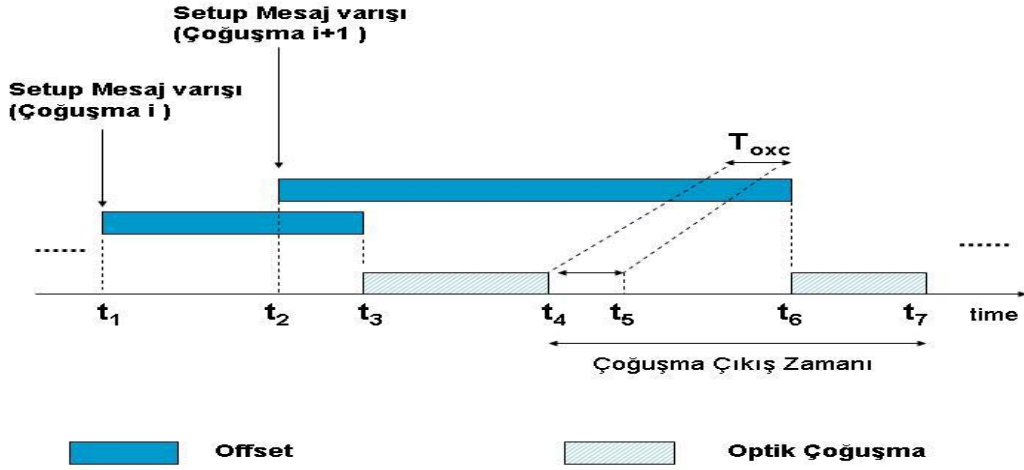
$T_{setup(x)}$ bir X rezervasyon şeması altındaki (buradaki X JIT, JET, Horizon olabilir) OBS düğümünün bir setup mesajını işleyebilmesi için geçen zamandır.

$T_{offset(x)}$ X rezervasyon şeması altındaki bir çoğuşmanın offset değeridir (Teng ve Rouskas, 2004).

2.4.3.2 Horizon İşaretleme Protokolü

Bir çıkış dalgaboyu bir çoğuşma için eğer sadece çoğuşmanın varış zamanı, dalgaboyunun horizon zamanından sonra ise rezerve edilir. Eğer setup mesajının gelmesi üzerine, çoğuşmanın varış zamanının, dalgaboyunun en küçük horizon

zamanından daha erken olacağına karar verilmişse o zaman setup mesajı red edilir ve ardından gelecek olan çoğuşma düşürülür.



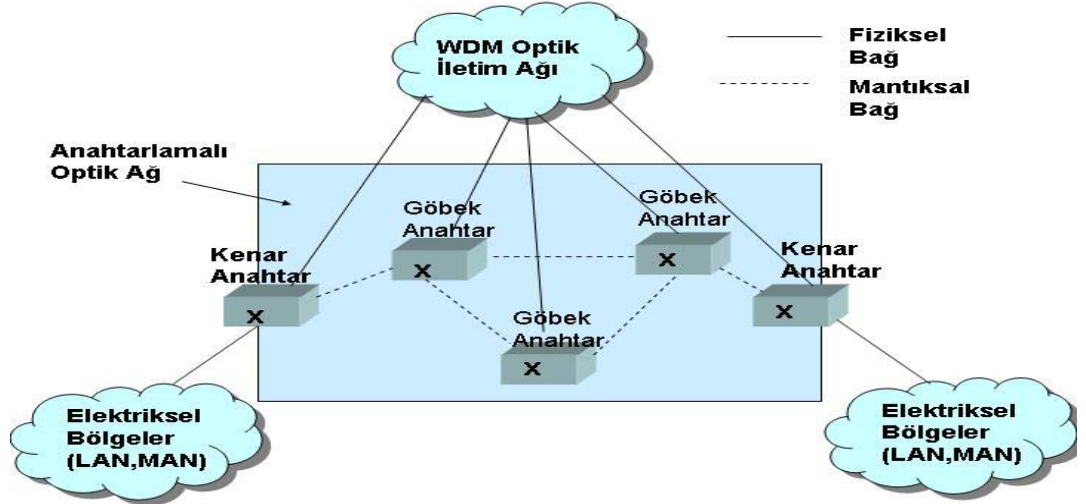
Şekil 2.20 : Dalgaboyunun gecikmeli rezervasyon(Teng, 2004)

Şekil 2.20 de iki çoğuşmanın bir OBS düğümünde belirlenmiş olan dalgaboyu üzerinden Horizon işaretleme protokolu kullanılarak iletilmesi, boşluk doldurmasız çıkış işlemi gösterilmiştir. Çoğuşma i 'nin setup mesajı OBS düğümüne t_1 anında varır ve bu çoğuşmanın son biti, düğümü t_4 anında terkeder. Bu arada OXC kendini yeniden düzenler ve onun anahtar elementlerinin başka bir giriş portundan bu çıkış dalgaboyuna bir bağlantı kurabilmesi için T_{oxc} kadar bir zamana ihtiyacı vardır. Bu yüzden de bu dalagaboyunda $t_5 = t_4 + T_{oxc}$ zamanına kadar yeni bir çoğuşma çizelgelenmez. Bu nedenle de, çoğuşma i 'nin kabul edildiği t_1 zamanında, t_5 zamanı bu kanalın zaman horizon'u olur.

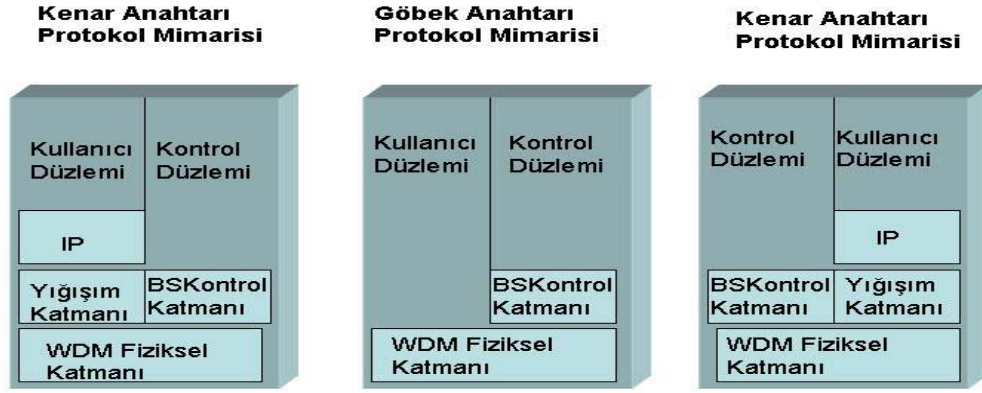
Şekil 2.20 de gösterildiği gibi çoğuşma $i + 1$ 'in setup mesajı OBS düğümüne $t_2 > t_1$ zamanında varır. Düğüm setup mesajı içinde taşınan offset uzunluk bilgisini bu çoğuşmanın ilk biti'nin t_6 zamanında varacağını hesaplamakta kullanılır. Bu durumda $t_6 > t_5$ olduğundan, bu dalgaboyu üzerinden iletim için çoğuşma $i + 1$ çizelgelenir. Ayrıca t_7 zamanı çoğuşma $i + 1$ 'in iletiminin bittiği an olduğundan, zaman horizonu $t_7 + T_{oxc}$ 'ye göre yeniden düzenlenir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bir OBS ağı, temel olarak çoğuşma denen büyük paketlerden oluşan paket anahtarlama bir ağıdır. Daha üstteki katmanların paket veri birimleri (örneğin IP paketleri) ağın kenar düğümlerinde toplanır ve varış noktalarına göre sıralanırlar. Gelen paketlerden aynı varış noktasına gidecek olanlar tamponda kesin bir demetleme stratejisi işlemi durdurana kadar gruplanırlar. Toplanan bu paketler topluluğu, çoğuşma olarak adlandırılır. Çoğuşma iletilmeden önce bir kontrol paketi çoğuşma iletimi için bir optik bağ yolu kurabilmek amacıyla yaratılır ve işaretleme yolundan çoğuşmanın varış noktasına anında gönderilir. Bir offset zamanı bekledikten sonra, çoğuşma bu yoldan iletilir (Mukherjee, 2000).



Şekil 3.1 : Optik Anahtar Ağ Mimarisi (Detti ve Eramo, 2002)

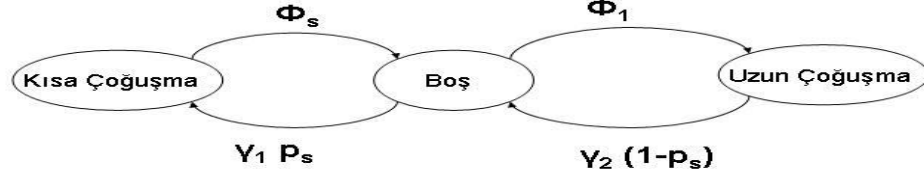


Şekil 3.2 Optik Anahtar Ağ Mimarisi Katmanları (Detti ve Eramo, 2002)

OBS Ağ mimarisi Şekil 3.1 de iki fonksiyonel bölgeye ayrılmıştır. Bunlardan elektronik bölge, günümüz internet iletim mimarisi ile uyumludur ve trafik yığışım (aggregation) işlemlerini yerine getirir. Optik bölge ise optik teknoloji tabanlıdır ve iletim ile alt tabaka anahtarlama fonksiyonlarını yerine getirir. Şekil 3.2 de de bu yapının protokol mimarisi gösterilmiştir (Detti ve Eramo, 2002).

3.1. İŞARETLEME VARİŞ SÜRECİ

Bir kullanıcıdan bir OBS erişim anahtarına olan her çoğuşma dalgaboyu, bir çoğuşma işlemi ile ilişkilendirilir. Belirli çoğuşmalarda dalgaboyu üzerinde varışları modellemek için çoğunlukla şekil 3.3 te gösterilen Üç-Durumlu Markov modeli kullanılır.



Şekil 3.3 : Çoğuşma varış işlemi (Xu ve Perros, 2005)

Varış işlemi üç durumdan biri olabilir. Bunlar : Kısa çoğuşma, uzun çoğuşma yada boş durumdur. Eğer kısa çoğuşma durumu varsa o taktirde kullanıcı bu dalgaboyundan kısa çoğuşma iletiyor demektir. Uzun çoğuşma durumu söz konusu ise uzun çoğuşma iletiyor demektir. Eğer son olarak da boş durum söz konusu ise, o zaman da kullanıcı bu dalgaboyundan çoğuşma iletmiyor demektir. Kısa yada uzun olsun bir çoğuşmanın sürekliliğinin üssel dağılımlı olduğu farzedilir.

3.2. FAZ DURUMLU SERVİS SÜRECİ

Simulasyonlarda varış işleminin çoğuşma tıkama performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu çalışmada üssel dağılımın genelleştirilmiş hali olan ve iyi bilinen faz-durumlu gelişleri simulasyonda kullandık. Faz-durumlu dağılımları kullanarak üssel dağılım kullanan modelleri daha karmaşık modellere genişletebiliriz. Faz-durumlu modeller çoğunlukla telekomünikasyon ağlarının performans modellemesinde kullanılır (Latouche ve Ramasvami, 1999).

3.3. SİMULASYON PROGRAMININ İŞLEYİŞİ

Bu çalışmada kuyruklama yapısı olan ve tamponlama yapan üç ağ giriş düğümünden gelen çoğuşmaların bir OBS de sadece kuyruklama yapısı kullanılarak, tamponlama özelliği olmadan, çoğuşmaların JIT (Just-in-Time), JET (Just-Enough-Time), Horizon

işaretleme protokollerine göre OBS anahtarına iletilmeleri ve işlenmelerinin ve bu arada da düşen çoğuşmaların simülasyonunu yapan bir program yazılmıştır.

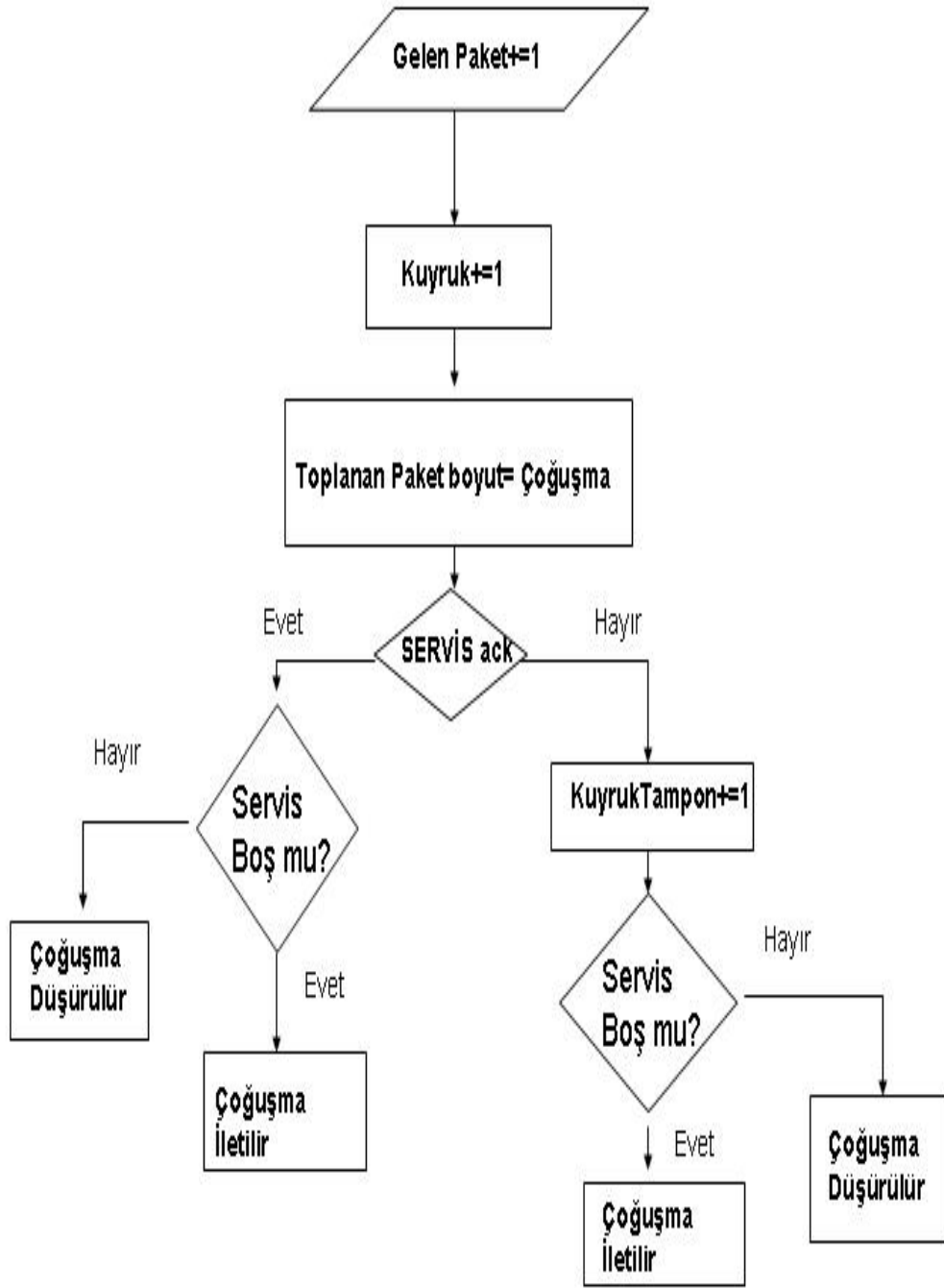
OBS düğümüne iki duruma göre üretilen geliş zamanlarına bağlı olarak paketler gelmektedir. Birinci durumda paketler poisson dağılımına göre üssel olarak gelirler. İkinci durumda ise Öz-Benzer dağılımına göre Bounded-Pareto olarak gelirler. Gelen paketler IP paketi, ATM paketi yada çoğuşma olabilirler. Anahtara gidecek olan çoğuşmaların geliş aralıkları üç-durumlu-Markov modeline göre üretilirler. Buna göre ilk durum boş durumdur. Sonrasında ise rasgele üretilen sayıya göre gelen paketin kısa bir çoğuşma mı yoksa uzun bir çoğuşma mı olacağına karar verilir. Gelecek olan paket P_s olasılıkla kısa çoğuşma, $(1-P_s)$ olasılıkla da uzun çoğuşma olacaktır. Gelen paketler yukarıda karşılaştırılan çoğuşma boyuna göre IP yada ATM paketi ise kısa yada uzun bir çoğuşma oluşturana kadar kuyrukta bekletilir. Sonrasında tampona alınır ve OBS anahtarına çoğuşmanın geliş zamanını bildirecek olan setup mesajı gönderilir. Eğer zaten kısa yada uzun bir çoğuşma olarak geldiyse hemen tampona alınır ve yine çoğuşmanın OBS anahtarına geliş zamanını bildirecek olan setup mesajı gönderilir.

Eğer JIT işaretleme protokolü esas alınmıyorsa, OBS anahtarı bu setup mesajını aldığı anda ağ giriş düğümüne bir Hazırlık onay mesajı gönderir. Bu Hazırlık onay mesajında eğer anahtar istenilen zamanda uygun olabilecekse çoğuşmanın, düğümün istediği vakitte gönderilmesine onay verir. Ancak düğümün istediği vakitte anahtar dolu olacağını tesbit etmişse o zamanda düğümüne anahtar kendi belirlediği bir zamanda gelmesini bildirir.

JET ve Horizon işaretleme protokollerinde ise bir Hazırlık onay mesajı kullanılmamaktadır. Dolayısıyla çoğuşmalar ağ giriş düğümünün gönderdiği setup mesajında belirtilen zamanda iletilirler.

Çoğuşmalar anahtara geldiklerinde ise boyutlarına göre ayarlanmış olan işleme sürelerince işlenir ve iletilirler.

Eğer OBS anahtarı, çoğuşmanın geldiği anda hala meşgul ise yada aynı anda başka bir düğümünden de bir çoğuşma gönderilmişse o zaman iki çoğuşmadan biri düşürülür diğeri ise işlenerek iletilir.



Şekil 3.4 : Paket İşleme Döngüsü

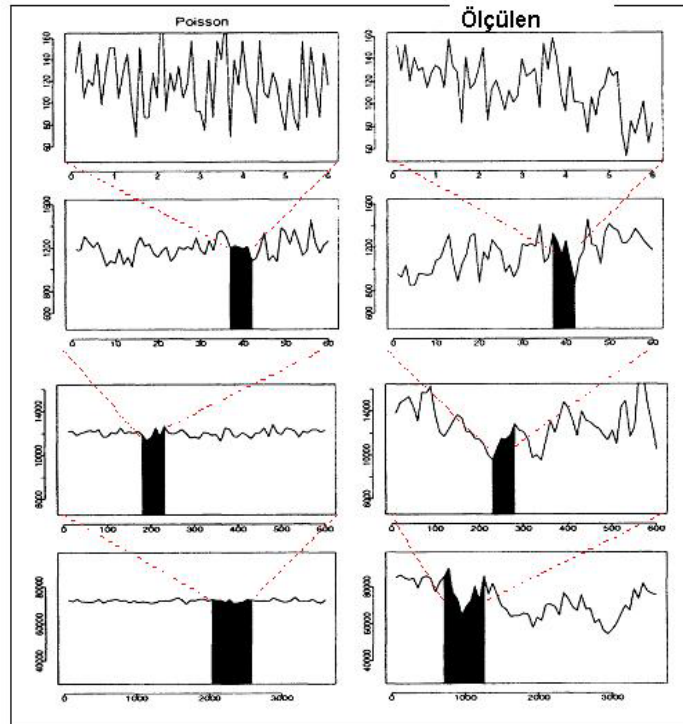
4. BULGULAR

Yapılan Simulasyon programından ilk olarak Öz-benzer trafikle beslenen bir sistemden her üç işaretleme protokolü için sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra da üssel dağılımlı trafikle beslenen sistemden yine üç protokol için sonuçlar toplanmış ve karşılaştırılmıştır.

4.1. ÜSSEL DAĞILIM

Paketler bu uygulamada Poisson dağılımına göre üssel olarak üretilir. Gelen paketler üç ağ giriş düğümünden birinin kuyruğunda toplanır. Gelen paketlerin servis süreleri boyutları ile orantılıdır. Yalnız Horizon yapısında iki paket arasında belli bir boşluk bırakılması gerekir. Bu modelde paketleri işleyen tek bir servis vardır.

Çoğunlukla çalışmalarda daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için internet trafiği gözlemlenmektedir.Şekil 4.1 de ölçülmüş bir internet trafiğinin poisson ile karşılaştırılması gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Öz-benzer internet trafiğinin poisson ile karşılaştırılması (Fowler, 1999)

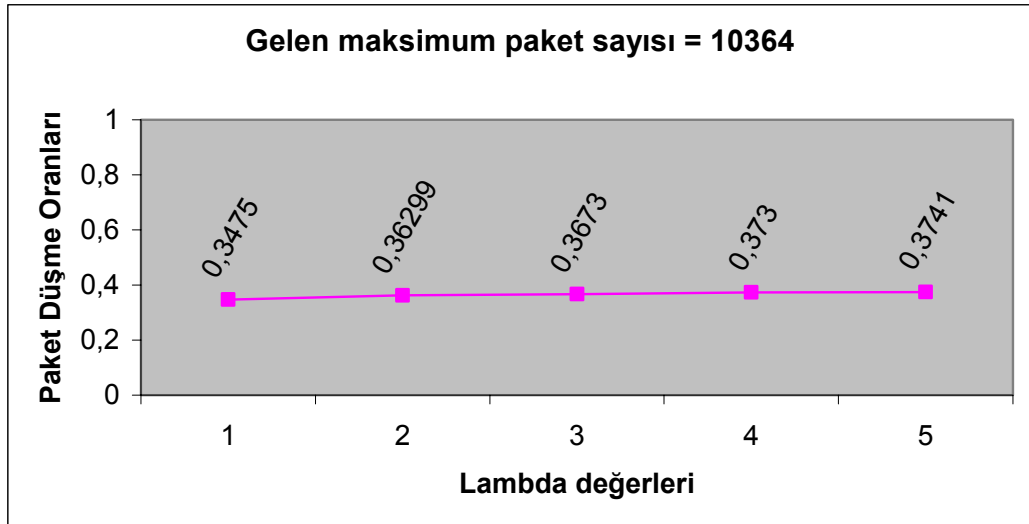
Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4 da, Üssel dağılım ile oluşturulan gelişlerin JIT işaretleme protokolü kullanılarak anahtara gönderilmesi ve bu arada oluşan paket veya çoğuşma düşüş oranları verilmiştir.

Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7 da Üssel dağılım trafik ile oluşturulan gelişlerin JET işaretleme protokolü kullanılarak anahtara gönderilmesi ve bu arada oluşan paket veya çoğuşma düşüş oranları verilmiştir.

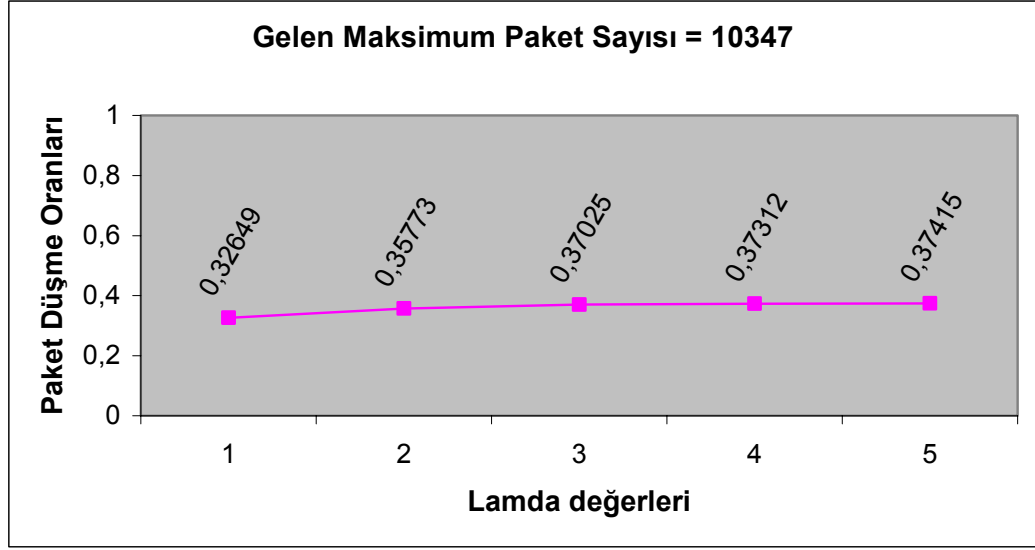
Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10 de Üssel dağılım trafik ile oluşturulan gelişlerin Horizon işaretleme protokolü kullanılarak anahtara gönderilmesi ve bu arada oluşan paket veya çoğuşma düşüş oranları verilmiştir.

Aşağıdaki tablolarda farklı protokol tipleri için oluşturulan simülasyonlarda ATM paket boyu 0.5 olarak, IP paket boyu 0 ile 1 arasında değişen değerlerde ve Çoğuşma yapısı da 1 veya 5 olacak şekilde düzenlenmiştir.

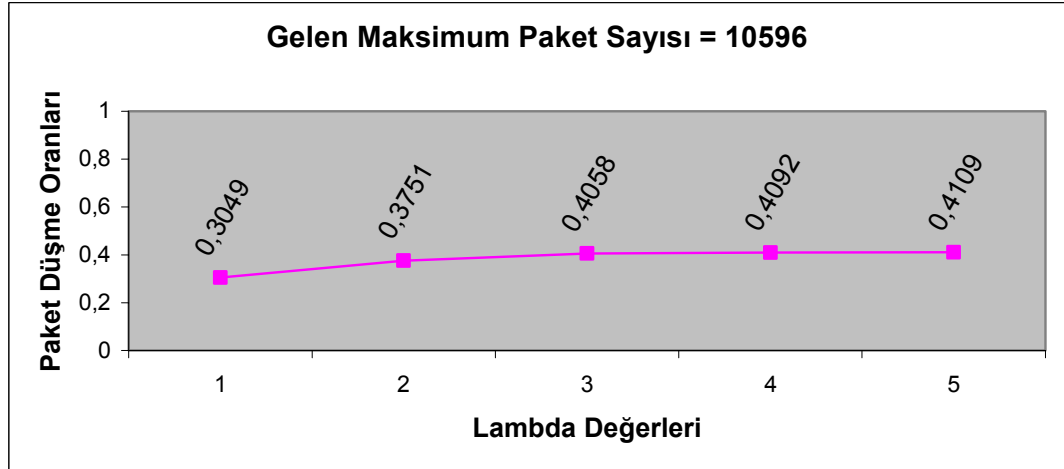
Tablolarda JIT işaretleme protokolünde farklı λ değerlerine göre paket düşme oranları gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : JIT işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen ATM paketlerinin düşme oranları

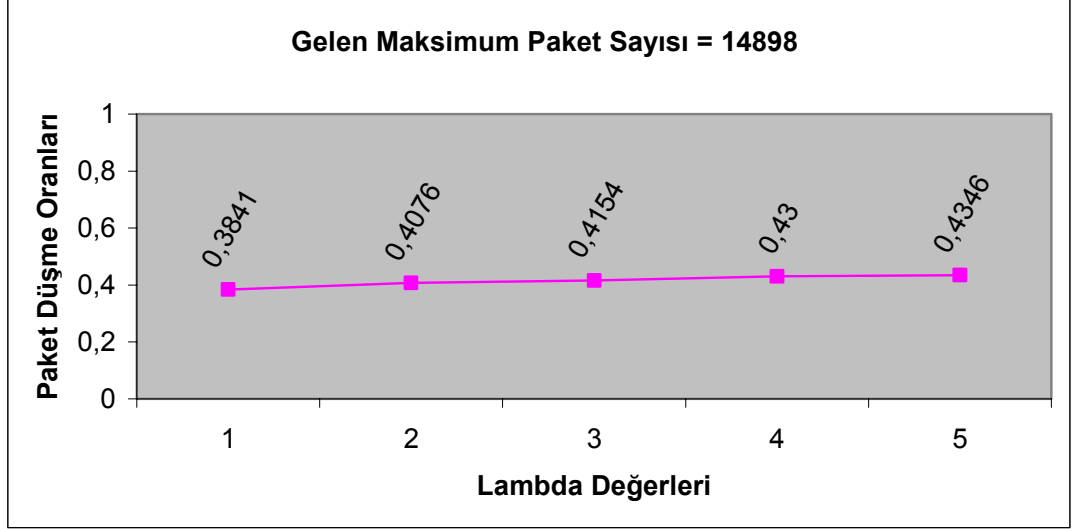


Şekil 4.3 : JIT işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen IP paketlerinin düşme oranları

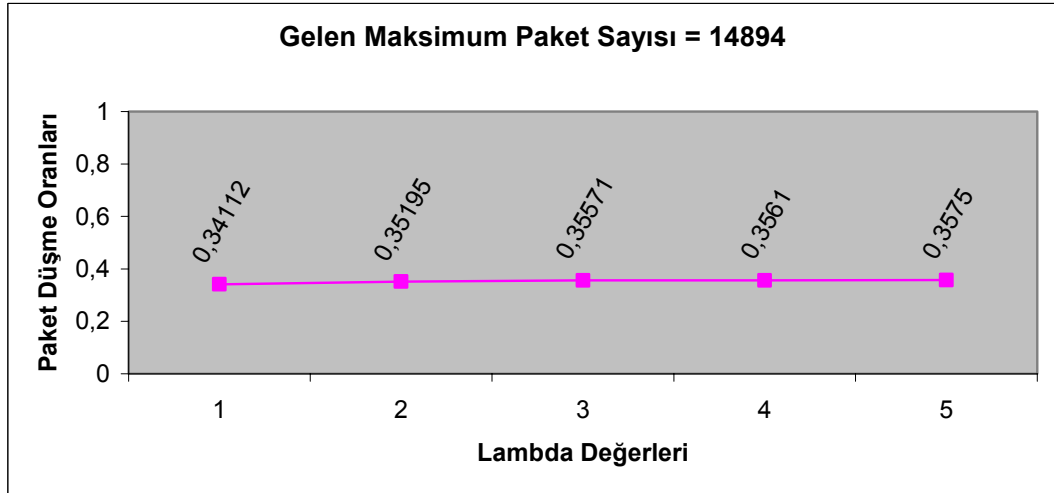


Şekil 4.4 : JIT işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen Çoğuşma paketlerinin düşme oranları

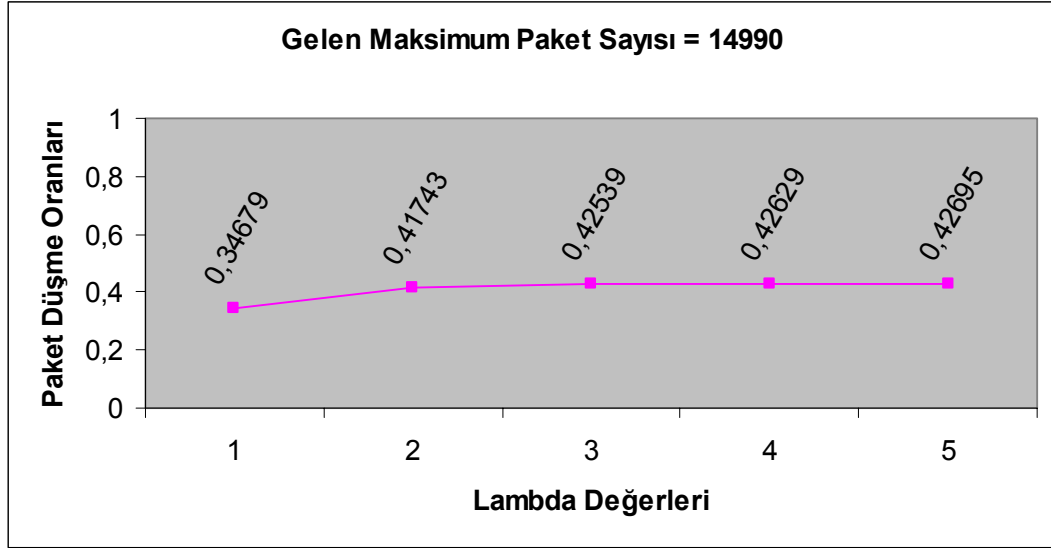
Tablolarda JET işaretleme protokolünde farklı λ değerlerine göre paket düşme oranları gösterilmektedir.



Şekil 4.5 : JET işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen ATM paketlerinin düşme oranları

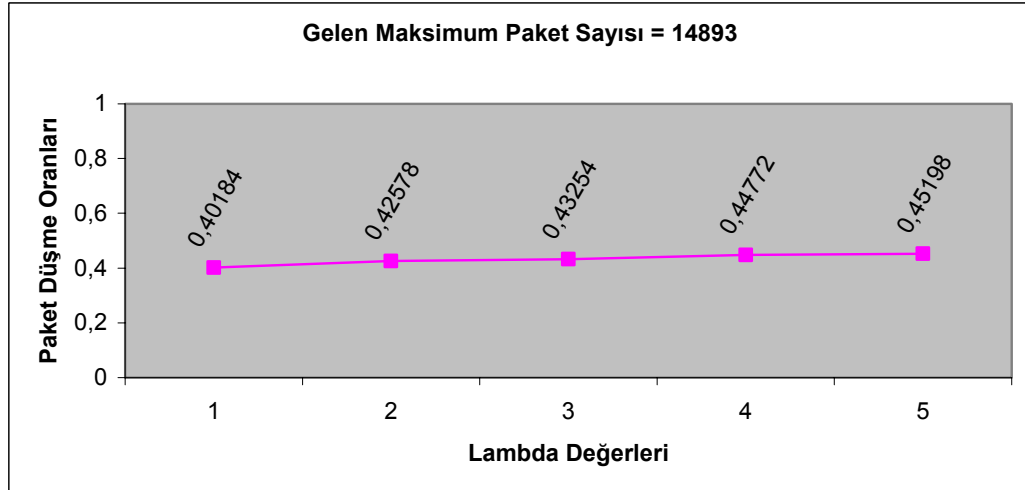


Şekil 4.6 : JET işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen IP paketlerinin düşme oranları

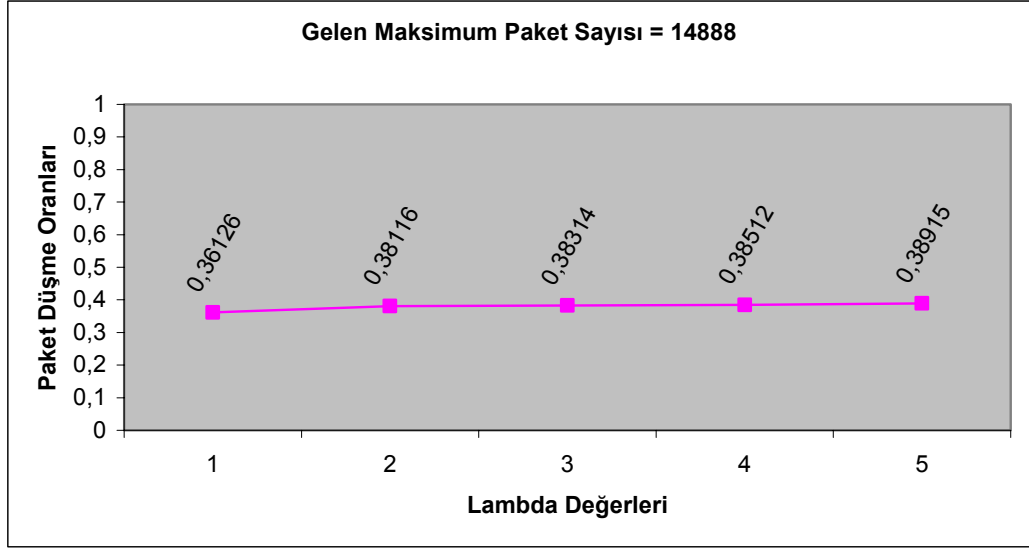


Şekil 4.7 : JET işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları

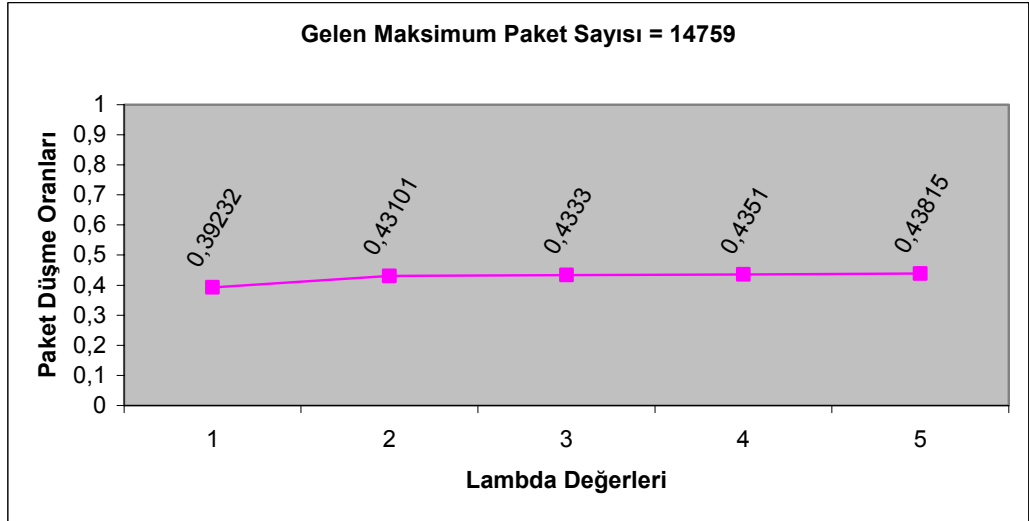
Tablolarda Horizon işaretleme protokolünde farklı λ değerlerine göre paket düşme oranları gösterilmektedir.



Şekil 4.8 : Horizon işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen
ATM paketlerinin düşme oranları



Şekil 4.9 : Horizon işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen IP paketlerinin düşme oranları



Şekil 4.10 : Horizon işaretleme protokolünde üssel dağılımla gönderilen Çoğuşma paketlerinin düşme oranları

4.2. ÖZ-BENZER TRAFİK

Öz benzerlik kavramı, farklı zaman ölçeklerinde gözlemlenen işlemlerin istatistiksel özellikleri ile ilgilidir.

Son yıllarda üzerinde yapılan araştırmalar sonucu Öz benzerlik kavramı milisaniyeden, saniyeye, dakikaya hatta daha da ötesine kadar olabilecek geniş zaman aralıklarında ağ trafiğini ölçen ölçekleme özelliklerini hesaplamak için uygun olduğu görülmüştür. Öz benzer kavramı ağ trafiğinin dinamik doğasına yeni bir bakış açısı getirir(Ashok ve Pruthi,1997).

Çalışmalarda daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için internet trafiği incelenmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu İnternetteki iletim yapısının da Öz-benzer trafik yapısına benzediği anlaşılmıştır. Bu yüzden daha gerçekçi sonuçlar elde edebilmek için çalışmada öz-benzer yapısı da kullanılmıştır.

Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13 de, Öz-benzer trafik ile oluşturulan gelişlerin JIT işaretleme protokolü kullanılarak anahtara gönderilmesi ve bu arada oluşan paket veya çoğuşma düşüş oranları verilmiştir.

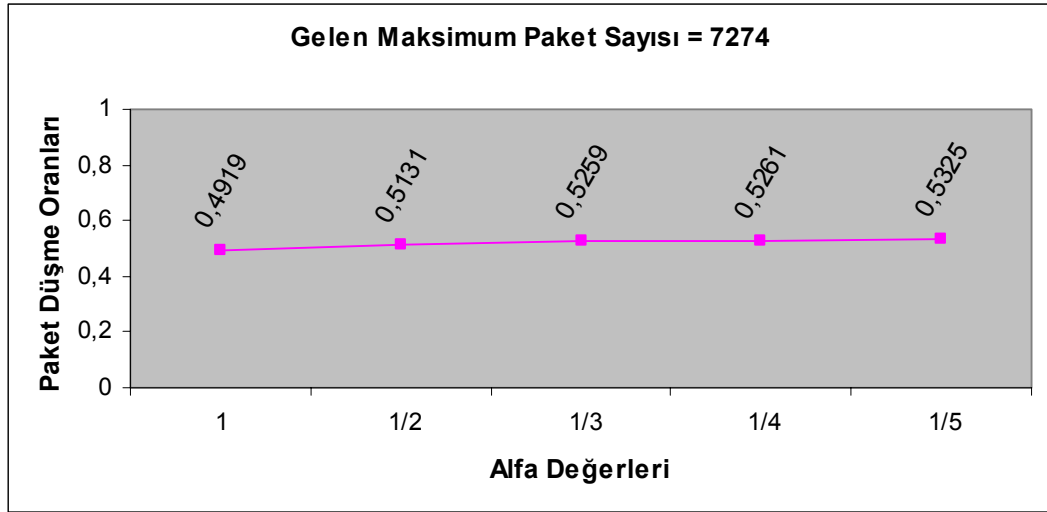
Şekil 4.14, 4.15 ve 4.16 da, Öz-benzer trafik ile oluşturulan gelişlerin JET işaretleme protokolü kullanılarak anahtara gönderilmesi ve bu arada oluşan paket veya çoğuşma düşüş oranları verilmiştir.

Şekil 4.17, 4.18 ve 4.19 da, Öz-benzer trafik ile oluşturulan gelişlerin Horizon işaretleme protokolü kullanılarak anahtara gönderilmesi ve bu arada oluşan paket veya çoğuşma düşüş oranları verilmiştir.

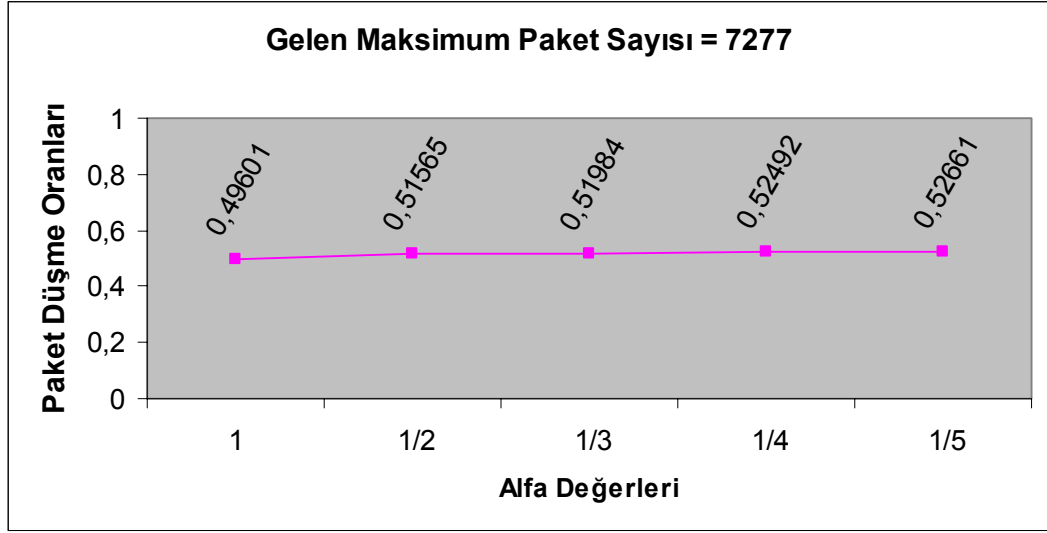
Paketler bu uygulamada Öz-benzer dağılımına göre Bounded-Pareto olarak üretilir. Gelen paketler üç ağ giriş düğümünden birinin kuyruğunda toplanır. Gelen paketlerin servis süreleri boyutları ile orantılıdır. Yalnız Horizon yapısında iki paket arasında belli bir boşluk bırakılması gerekir. Bu modelde paketleri işleyen tek bir servis vardır.

Aşağıdaki tablolarda farklı protokol tipleri için oluşturulan simülasyonlarda ATM paket boyu 0.5 olarak, IP paket boyu 0 ile 1 arasında değişen değerlerde ve Çoğuşma yapısı da 1 veya 5 olacak şekilde düzenlenmiştir.

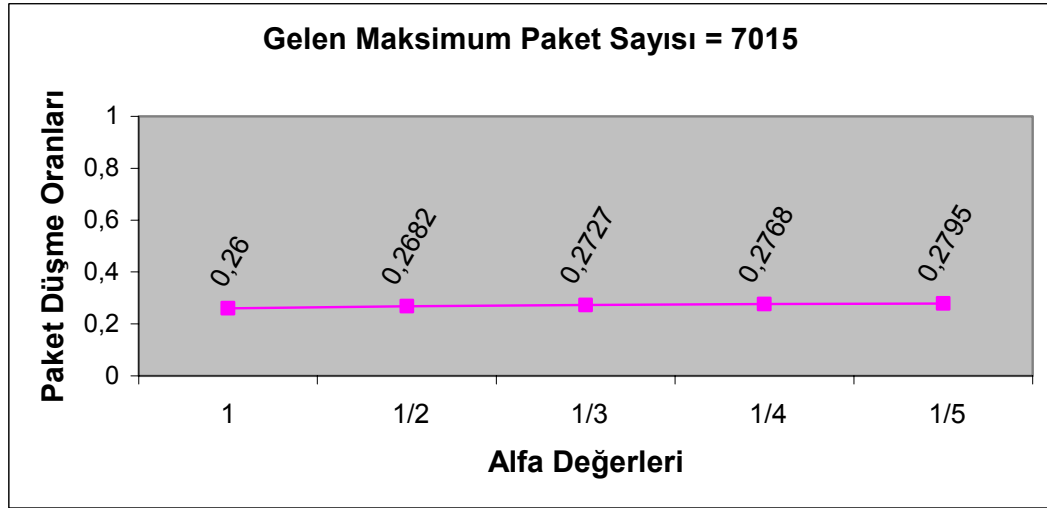
Tablolarda JIT işaretleme protokolünde farklı α değerlerine göre paket düşme oranları gösterilmektedir.



Şekil 4.11 : JIT işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen ATM paketlerinin düşme oranları

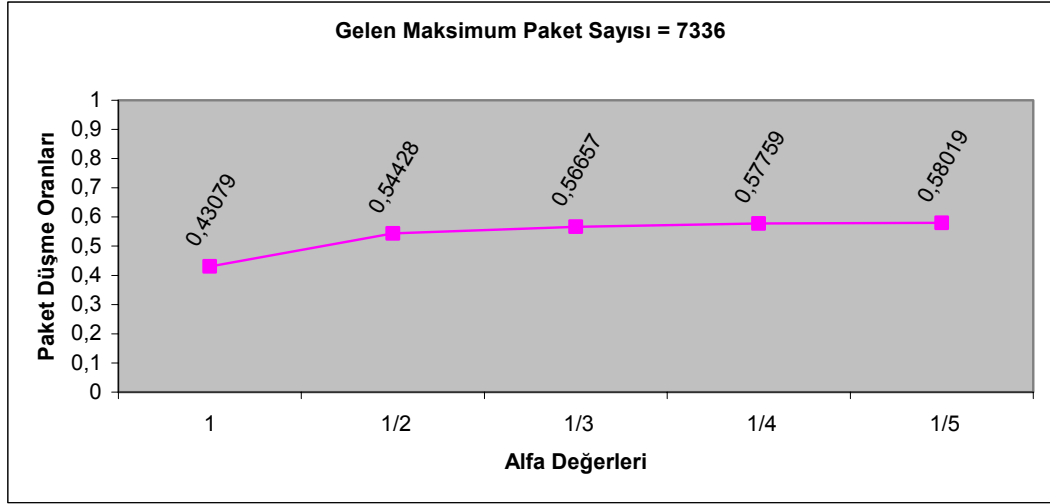


Şekil 4.12 : JIT işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen IP paketlerinin düşme oranları

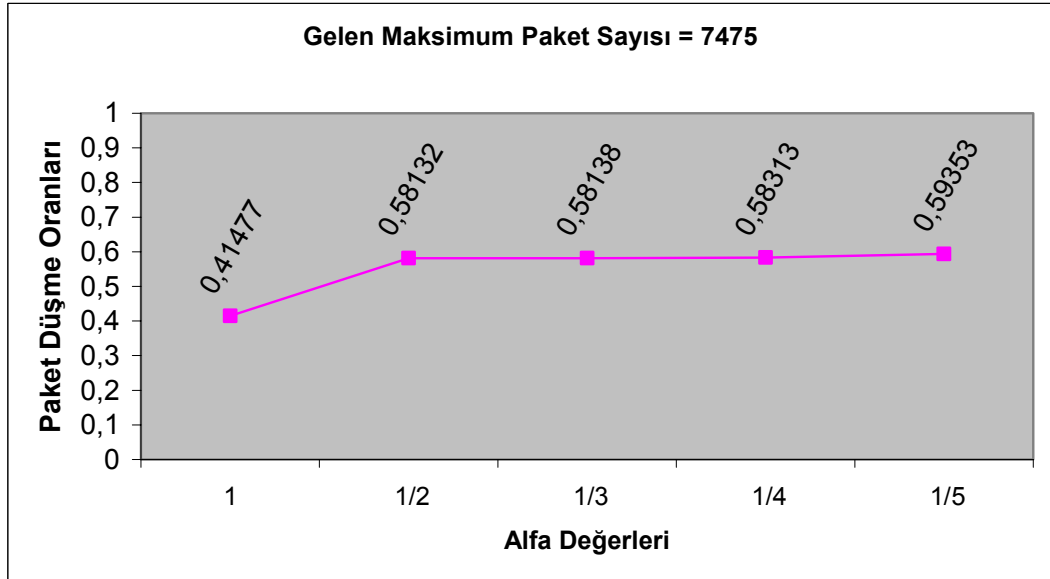


Şekil 4.13 : JIT işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen Çoğuşma paketlerinin düşme oranları

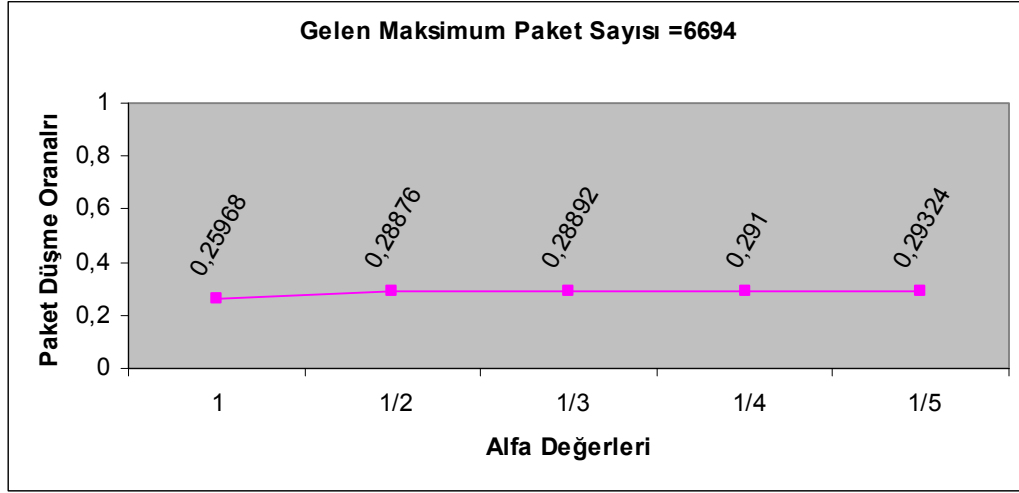
Tablolarda JET işaretleme protokolünde farklı α değerlerine göre paket düşme oranları gösterilmektedir.



Şekil 4.14 : JET işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen ATM paketlerinin düşme oranları

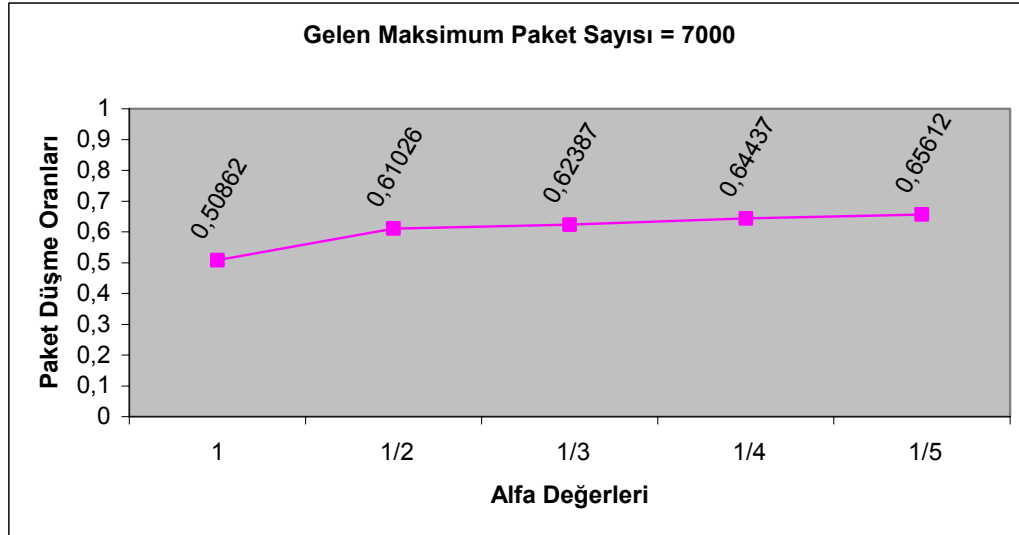


Şekil 4.15 : JET işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen IP paketlerinin düşme oranları



Şekil 4.16 : JET işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen
Çoğuşma paketlerinin düşme oranları

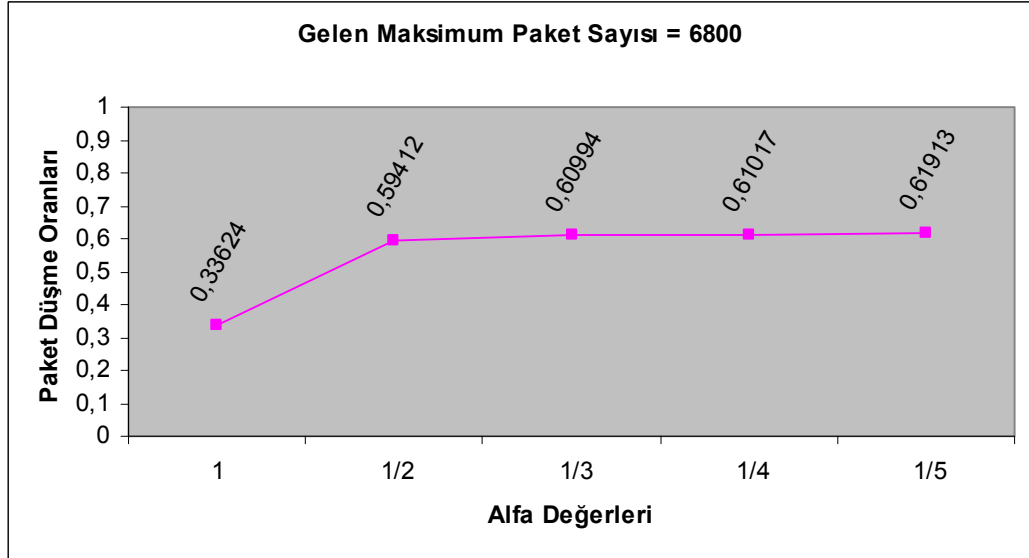
Tablolarda Horizon işaretleme protokolünde farklı α değerlerine göre paket düşme oranları gösterilmektedir.



Şekil 4.17 : Horizon işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen
ATM paketlerinin düşme oranları



Şekil 4.18 : Horizon işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen IP paketlerinin düşme oranları



Şekil 4.19 : Horizon işaretleme protokolünde Öz-benzer dağılım ile gönderilen Çoğuşma paketlerinin düşme oranları

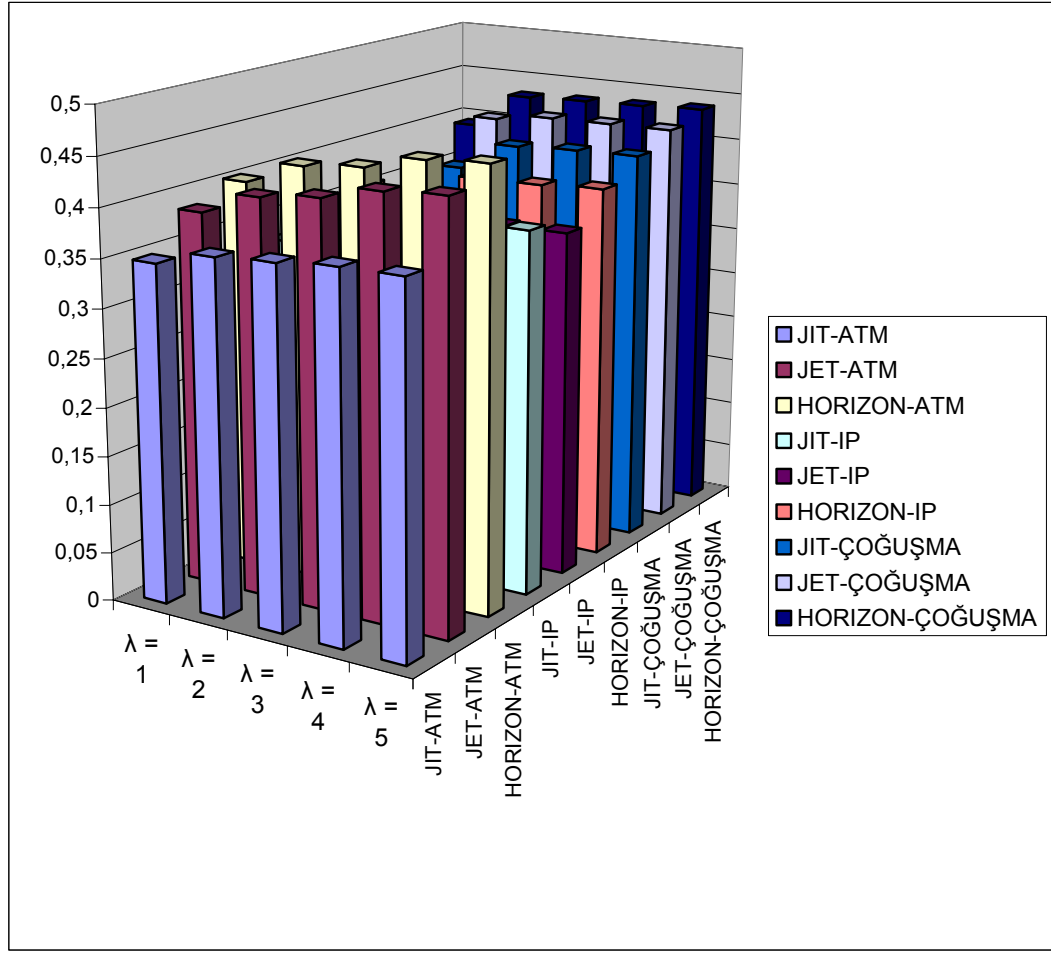
5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada yapılan simulasyon programında geliş aralıkları hem Öz-benzer trafik hemde Poisson olarak tasarlanmıştır.

Öz-benzer modeli İnternet trafiğine çok benzer bir yapıdadır. Dolayısıyla Poisson'a göre daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilecek bir sistem olarak öne çıkmaktadır. Simulasyon programına, belirlenen yapılara ait paket tiplerinin gelişleri, kullanılan farklı mesaj tipleri, paketlerin gönderilmeleri, işlenmeleri ve düşürülmeleri protokol yapılarındaki özellikler temel alınarak uygulanmıştır.

Çalışmanın amacı üstünde birçok araştırma yapılmış olan JIT protokolü ile gelişmekte olan JET ve Horizon protokollerinin karşılaştırmasını yapmaktır. Karşılaştırma kriterleri olarak da günümüzde yaygın bir şekilde kullanılılıyo olan IP ve ATM yapıları ile yeni yeni gelişmekte olan Çoğuşma yapıları temel alınmıştır.

Poisson Modeli için belirli λ değerlerinde JIT, JET, Horizon protokollerindeki Çoğuşma düşme oranlarının karşılaştırılması Şekil 5.1 de gösterilmiştir.



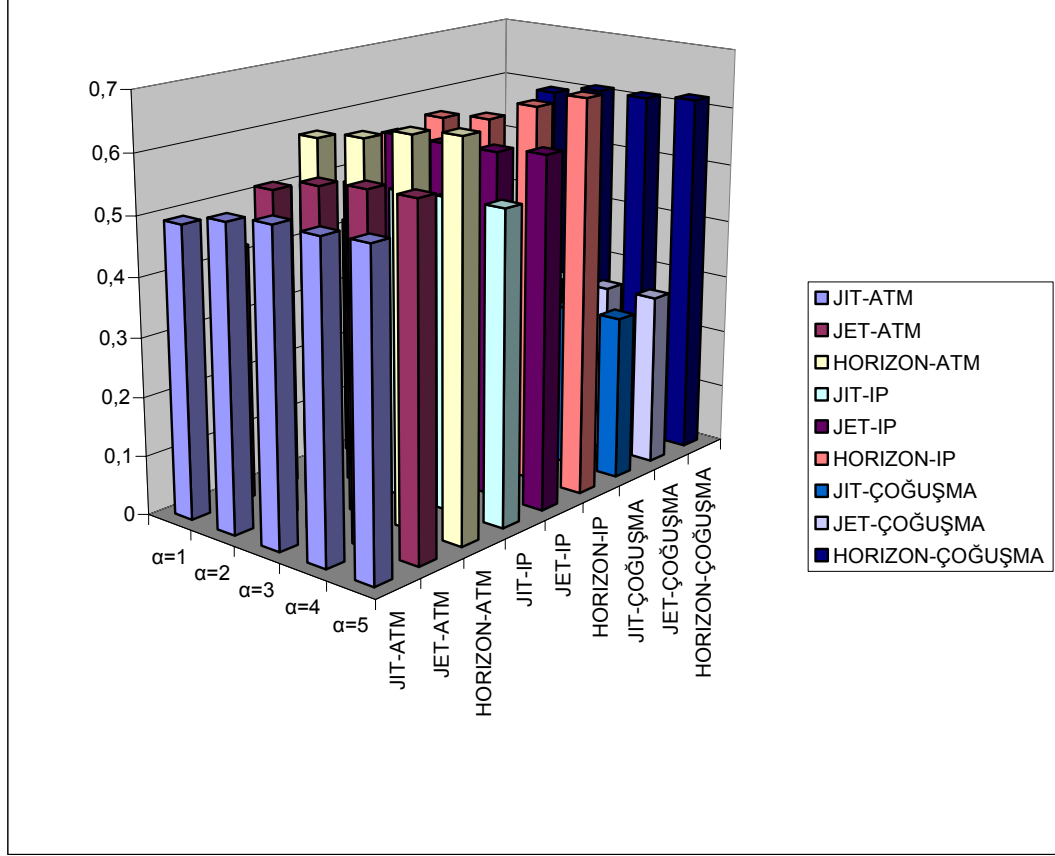
Şekil 5.1 : Çoğuşma düşme oranlarının karşılaştırılması

Poisson modelinde ATM yapısında $\lambda = 1, \lambda = 2, \lambda = 3, \lambda = 4$ ve $\lambda = 5$ değerlerinin hepsinde en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. JIT protokolünden sonra JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

IP yapısında $\lambda = 1, \lambda = 2, \lambda = 3, \lambda = 4$ ve $\lambda = 5$ değerlerinin hepsi için en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. JIT protokolünden sonra JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

Çoğuşma yapısında da daha önceki yapılar da olduğu gibi $\lambda = 1, \lambda = 2, \lambda = 3, \lambda = 4$ ve $\lambda = 5$ değerlerinin hepsinde en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. JIT protokolünden sonra JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

Öz-Benzer Modeli için belirli α değerlerinde JIT, JET, Horizon protokollerindeki Çoğuşma düşme oranlarının karşılaştırılması Şekil 5.2 de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 : Çoğuşma düşme oranlarının karşılaştırılması

Şekil 5.1 ve 5.2 de her bir protokol, paket tipi ile belirli λ veya α değerleri için aynı zaman süresinde ortaya çıkan paket düşme oranları gösterilmiştir.

Öz-benzer modelinde ATM yapısında $\alpha = 1$, $\alpha = 2$, $\alpha = 3$, $\alpha = 4$ ve $\alpha = 5$ değerlerinin hepsinde en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. JIT protokolünden sonra JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

IP yapısında $\alpha = 1$, $\alpha = 2$, $\alpha = 3$, $\alpha = 4$ ve $\alpha = 5$ değerlerinin hepsinde en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. JIT protokolünden sonra JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

Çoğuşma yapısında da daha önceki yapılar da olduğu gibi $\alpha = 1$, $\alpha = 2$, $\alpha = 3$, $\alpha = 4$ ve $\alpha = 5$ değerlerinin hepsinde en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. JIT protokolünden sonra JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

Sonuç olarak yapılan simulasyonda bütün paket yapıları için uygulanan protokoller içinde en iyi sonucu JIT protokolü vermiştir. Karşılaştırma sonuçlarında JIT protokolünün ardından JET protokolü gelmektedir. En kötü sonuç ise Horizon protokolünden alınmıştır.

Geleceęe yönelik çalışma olarak, IP / ATM ve çoğuşma trafiğinin yanında GMPLS trafiğinin de çoğuşma dűřme oranlarının incelemesi yapılabilir. Bununla beraber bu trafik tiplerinin Sürekli-Yol ve Çoęa-Gönderim yapılarındaki çoğuşma dűřme oranları da incelenebilir.

KAYNAKLAR

BATTESTILLI, T., 2003, An Introduction to Optical Burst Switching. *IEEE Optical Communications*. 0163-6804/03.

YU, X., CHEN, Y., QIAO, C., 2005, *A Study of Traffic Statistics of Assembled Burst Traffic in Optical Burst Switched Networks* [online], University at Buffalo The State University of New York, http://www.cse.buffalo.edu/~qiao/wobs/obs/papers/Yu_opti02.pdf [Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2005].

LIU, D.Q., LIU, M.T., 2002, Optical Burst Switching Reservation Process Modeling and Analysis. *IEEE ICCS*. 0-7803-7510-6/02

QIAO, C., CHEN, Y., STALEY, J., 2003, The Potentials of Optical Burst Switching (OBS). *OFC*. Vol.1, TuJ5.

WHITE, J., ZUKERMAN, M., VU, H.L., 2002, A Framework for Optical Burst Switching Network Design. *IEEE Communications Letters*. Vol.6, No.6.

MUKHERJEE, B., 2000, WDM Optical Communication Networks: Progress and Challenges. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. Vol.18, No.10.

XU, L., PERROS, H.G., ROUSKAS, G.N., 2005, *Performance Analysis of an Edge optical Burst Switching Node with a Large Number of Wavelengths*[online]. NC State University, www.csc.ncsu.edu/faculty/perros/Xu4.pdf [Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2005].

DETTI, A., ERAMO, V., LISTANTI, M., 2002, Optical Burst Switching with Burst Drop (Obs/Bd): An Easy OBS Improvement. *IEEE*. 0-7803-7400-2/02.

BALDINE, I., ROUSKAS, G.N., PERROS, H.G., STEVENSON, D., 2002, Jumpstart: A Just in Time Signalling Architecture for Wdm Burst Switched Networks. *IEEE Communications Magazine*. 0163-6804/02.

ZAIM, A.H., BALDINE, I., CASSADA, M., ROUSKAS, G.N., PERROS, H.G., STEVENSON, D., 2003, Formal Description of the Jumpstart Just in Time Signalling Protocol Using EFSM. *Journal of Optical Engineering*. Vol.42, Issue 2, pp.568-585..

TENG, J., ROUSKAS, G.N., 2004, A Detailed Analysis and Performance Comparison of Wavelength Reservation Schemes for Optical Burst Switched Networks. *Photonic Network Communications*. 9:3, 311-335, 2005.

CALLEGATI, F., TAMIL, L.S., 2000, On Optical Burst Switching and Self-Similar Traffic. *IEEE*. 1089-7798/00.

WIDJAJA, I., 1995, Performance Analysis of Burst Admission-Control Protocols. *IEEE Proc.-Commun.* Vol.142, No.1.

VERMA, S., CHASKAR, H., RAVIKANTH, R., 2000, Optical Burst Switching: a Viable Solution for Terabit Ip Backbone. *IEEE Network*. 0890-8044/00

STERN, T.E., BALA K., 2000, *Multiwavelength Optical Networks A Layered Approach*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 0-13-014711-7

LATOUCHE, G., RAMASVAMI, R., 1999, Introduction to Matrix Analytical Methods in Stochastic Modeling. ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Probability. *Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, PA; American Statistical Association, Alexandria, VA*. xiv+334 pp. ISBN: 0-89871-425-7.

FOWLER, T.B., 1999, A Short Tutorial on Fractals and Internet Traffic. *The Telecommunications Review*. Vol.10, No.1.

GAUGER, C., DOLZER, K., SPATH, J., BODAMER, S., 2001, Service Differentiation in Optical Burst Switching Networks. *ITG-Fachtagung Photonic Networks, Dresden, Germany*.

MUKHERJEE, B., 1997, *Optical Communication Networks*, Mc-Graw-Hill Inc., New York.

GUILLEMOT, C., 1998, Transparent Optical Packet Switching: The European ACTS KEOPS Project Approach. *IEEE Journal of Lightwave Technology* . Vol.16, No. 12.

YAO, S., MUKHERJEE, B., DIXIT, S., 2000, Advances in Photonic Packet Switching: An Overview. *IEEE Communications Magazine*

XIONG, J., VANDENHOUTE, M., CANKAYA, A.C., 2000, Control Architecture in OBS WDM Network. *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*. Vol. 18, No. 10.

RAMASVAMI, R., SIVANRAJAN, K.N., 2002, *Optical Networks*, Morgan Kaufman Publishers., San Francisco. 1-55860-655-6.

TANCEVSKI, L., GE, A., CASTANON, G., TAMIL, L.S., 1999, A new Scheduling Algorithm for Asynchronous Variable Length IP Traffic Incorporating Void Filling. *OFC 99, San Diego*. ThM7.

ASHOK, E., PRUTHI, P., WILLINGER, W., 1997, Fast and Physically-Based Generation of Self-Similar Network Traffic with Applications to ATM Performance Evaluation. *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*.

ZAIM, AH., 2003, Just-Enough-Time signaling protocol: formal description using extended finite state machine (EFSM), *Optica Applicata*, Vol. 33, No:4.

YAHYAGİL, İH., 2004, Optik Ağlarda Tampon Boyutunun Ayarlanması, Master Tezi.

ÖZGEÇMİŞ

Pınar Kırıcı, 06.09.1980 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlkokulu, İstanbul Ahmet Merter İlkokul'unda okudu. Ortaokulu ve liseyi Adile Mermerci Anadolu Lisesi'nde okudu. 1998 yılında Beykent Üniversitesi Matematik-Bilgisayar Bölümüne burslu olarak 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.

