



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TAM OPTİK AĞLARDA
ANAHTARLAMA TEKNİKLERİ**

**Bilgisayar Müh. Özgür Can TURNA
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Doç. Dr. A. Halim ZAIM**

Haziran, 2007

İSTANBUL

Bu çalışma 23/07/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliğı Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliğı programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç.Dr. A. Halim ZAİM
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç.Dr. sabri ARIK
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Yrd.Doç.Dr. Oğuzhan ÖZTAŞ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof.Dr.Gökhan UZGÖREN
İstanbul Kültür Üniversitesi
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

Yrd.Doç.Dr. Ertuğrul SAATÇI
İstanbul Kültür Üniversitesi
Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan “ **Tam Optik Ağlarda Anahtarlama Teknikleri** “ isimli tezi içermektedir.

Bilgisayar ağlarında her gün katlanarak artan geniş band ihtiyacını karşılamak için en iyi çözüm olarak optik ağlar görülebilir. Optik ortam diğer ortamlara göre çok daha yüksek oranlarda veriyi arzu edilen zamanda iletebilmektedir.

Tam optik ağların kullanılamsı ile artık optik ağlarda anahtarlama için gereken optikten elektroniğe dönüşümler azaltılmıştır. Bu sayede anahtarlama elektronik ortamın getirdiği gecikme miktarı minimize edilmiş olup optik ortamın sağladığı imkanlardan daha fazla yararlanma olanağı oluşmuştur.

Tam optik ağlarda şu anki teknoloji ile gerçekleştirilecek en iyi anahtarlama yöntemi olarak optik çoğuşma yöntemi görülmektedir. Bu yöntem devre anahtarlama ve paket anahtarlama yöntemlerinin arasında kalmaktadır. Optik çoğuşma anahtarlama, tam optik ağlardaki temel felsefe olan verinin tamamen optik ortamda taşınması ilkesini fiyat performans açısından en iyi değerlerle yerine getirmektedir.

Bu çalışmada tam optik ağlardaki anahtarlama teknikleri olan Optik Devre Anahtarlama, Optik Paket Anahtarlama ve Optik Çoğuşma Anahtarlama incelenmiştir. Optik Çoğuşma Anahtarlama yöntemi daha detaylı olarak ele alınmış ve bu anahtarlama tekniğindeki JIT, JET, Horizon işaretleme protokolleri incelenmiştir. Bu işaretleme protokolleri yapılan simülasyon çalışması ile değişik yönlerden karşılaştırılmıştır.

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 Muhammed Ali AYDIN’a da teşekkür ederim.

Beni her zaman destekleyen aileme de teşekkür ederim.

Haziran 2007

Özgür Can TURNA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ.....	III
TABLO LİSTESİ	IV
KISALTMALAR	V
ÖZET.....	VI
SUMMARY	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1 OPTİK AĞLAR VE TARİHÇESİ.....	3
2.1.1 Birinci Nesil Optik Ağlar	3
2.1.2 İkinci Nesil Optik Ağlar:.....	3
2.2 TAM OPTİK AĞLARDA ANAHTARLAMA TEKNİKLERİ.....	4
2.2.1 Optik Devre Anahtarlama – OCS.....	4
2.2.2 Optik Paket Anahtarlama – OPS	8
2.2.3 Optik Çoğuşma Anahtarlama	11
2.2.3.1 OBS Ağında Çoğuşma Oluşumu:	14
2.2.3.2 OBS Ağında Çoğuşma İletimi	15
2.2.4 Optik Çoğuşlıma Ağlarda Dalgaboyu Rezervasyon Teknikleri.....	18
2.2.5 Anında Rezervasyon Protokolü – JIT – Just In Time	22
2.2.5 Zamanında Rezervasyon Protokolü – JET – Just Enough Time	24
2.2.5 Horizon Protokolü	27
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	30
3.1 SİMÜLE EDİLEN OBS AĞI.....	30
3.2 SİMULASYON ORTAMI	31
3.3 OBS AĞINI SİMÜLE EDERKEN KULLANILAN PARAMETRELER.....	32
4. BULGULAR	34
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	40
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ.....	43

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 :	OCS’de Lightpath Oluşturma	5
Şekil 2.2 :	SONET/SDH DCS ile birlikte bir OxC yapısı.....	6
Şekil 2.3:	3 Düğümlü Bir Ağda Lightpath Oluşturulması.....	7
Şekil 2.4 :	Optik Paket Anahtarlama Paket İşleme Yapısı	10
Şekil 2.5 :	Optik Paket Anahtarlama Çakışma Durumu	10
Şekil 2.6 :	Söyle ve Git (TAG) Rezervasyon Tekniği.....	13
Şekil 2.7 :	Bir OBS ağının genel Görünümü.....	14
Şekil 2.8 :	Bir (Giriş)Kenar Düğümünde çoğuşma oluşturulması	15
Şekil 2.9:	OBS ağında Kontrol Paketi ile Çoğuşmanın İletimi	16
Şekil 2.10 :	Söyle ve Git (TAG) Yöntemi.....	19
Şekil 2.11 :	TAG Yönteminde Çoğuşmanın Rezervasyon Mesajını Geçme Durumu	20
Şekil 2.12 :	Söyle ve Bekle (TAW) Yöntemi.....	21
Şekil 2.13 :	JIT Protokolünün Çalışma Yapısı	22
Şekil 2.14 :	JIT Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi.....	24
Şekil 2.15 :	JET Protokolü Çalışma Yapısı.....	25
Şekil 2.16 :	JET Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi.....	26
Şekil 2.17 :	Horizon Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi.....	28
Şekil 3.1 :	NSFNET Topolojisi	31
Şekil 4.1:	JIT ,JET , Horizon Protokollerinde Hizmet Erişim Zamanları	35
Şekil 4.2:	JIT , JET , Horizon Protokollerinde Noktadan Noktaya Erişim Zamanları	36
Şekil 4.3:	JIT ,JET , Horizon Protokollerinde Çoğuşma Düşme Oranları	37
Şekil 4.4:	JIT, JET, Horizon Protokollerinde Byte Düşme Oranları.....	38
Şekil 4.5:	JIT, JET, Horizon Protokollerinde WA Yönlendiricisinin Oluşturduğu Çoğuşma Boyutları	39

TABLO LİSTESİ

Tablo 2-1:	OCS , OBS ve OPS'nin Karşılaştırılması	17
Tablo 4-1:	JIT,JET,Horizon Protokollerinde Gelen Paketlerin Hizmet Erişim Zamanları	34
Tablo 4-2:	JIT,JET , Horizon Protokollerinde Noktadan Noktaya Erişim Süreleri..	36
Tablo 4-3:	JIT ,JET , Horizon Protokollerinde Çoğuşma Düşme Oranları	37
Tablo 4-4:	JIT, JET, Horizon Protokollerinde Byte Düşme Oranları.....	38
Tablo 4-5:	JIT, JET, Horizon Protokollerinde WA Yönlendiricisinin Oluşturduğu Çoğuşma Boyutları	39

KISALTMALAR

ABT	: ATM Block Transfer (ATM Blok İletimi)
ATM	: Asynchronous Transfer Mode (Asenkron Transfer Modu)
FCFS	: First Come First Serve (İlk Gelen Hizmet Alır)
FDLs	: Fiber optic Delay Lines (Fiber optik Gecikme Hatları)
FIFO	: First In First Out (İlk Giren İlk Çıkar)
IP	: Internet Protocol (İnternet Protokolü)
ITU	:International Telecommunication Union (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği)
JET	: Just-Enough-Time (Yeteri-Kadar-Zaman)
JIT	: Just-in-Time (Tam-Zamanında)
NSFNET	: The National Science Foundation Network (Ulusal Bilim Kurum Ağı)
OBS	: Optical Burst Switching (Optik Çoğuşma Anahtarlama)
OCS	: Optical Circuit Switching (Optik Devre Anahtarlama)
OEO	: Optical – Electronic – Optical (Optik – Elektronik – Optik Dönüşüm)
OPS	: Optical Packet Switching (Optik Paket Anahtarlama)
OxC	: Optical Cross Connect (Optik Çapraz Bağlayıcı)
RAM	: Random Access Memory (Rasgele Erişimli Bellek)
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)
WDM	: Wavelength Division Multiplexing (Dalga Boyu Bölmeli Çoklama)

ÖZET

TAM OPTİK AĞLARDA ANAHTARLAMA TEKNİKLERİ

Hızla gelişen fiber optik teknolojisi günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır. Optik ağlar istenilen geniş bant imkanını sunabilmektedirler. Artık kıtalar arası telefon konuşmaları, video konferanslar ve sınırsız bilgi paylaşımı olanaklı olmaktadır.

Bu çalışmada, optik ağların yeni yüzü olan tam optik ağlar ele alınmıştır. Tam optik ağlarda kullanılan üç farklı anahtarlama tekniği incelenmiştir.

Optik Çoğuşmalı Anahtarlama tekniği gelecekte öne çıkacak teknik olarak görülmektedir. Optik Çoğuşma Anahtarlama kullanılan JIT, JET, Horizon işaretleme protokolleri karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırmalar “Network Simulator 2” simülasyon programı üzerinde geliştirilmiştir. Simülasyonda paket üretiminde iki durumlu Markov modeli kullanılmıştır.

SUMMARY

SWITCHING TECHNIQUES IN ALL OPTICAL NETWORKS

Nowadays, fiber optical technology which is growing rapidly, become widespread. Optical network can supply the desired high bandwidth usage. Now, telephony services, video conferencing and unlimited information exchange become possible between continents.

In this study, we examine full optical networks which is a new face of optical network technology. Three different switching techniques are studied on.

Optical Burst Switching technique seems to be the most shiny technology for the future. JIT, JET, Horizon signaling protocols which are used in OBS networks, are compared.

These comparisons are made on Network Simulator 2 simulation program. In simulation, two state Markov model is used for traffic generation.

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen bilgisayar teknolojisi beraberinde daha fazla iletişim ihtiyacı getirmiştir. Bilgisayar ağları üzerinden taşınan veri miktarı her 6 -12 ayda bir ikiye katlanmaktadır. Bilgisayar ağlarının ilk başlarda kullandığı bakır kablolar artık her ihtiyacı karşılayamamaktadır. Fiber hatların gün geçtikçe ucuzlaması ve çalışma maliyetlerinin düşmesi optik ağların popülerliğini her geçen gün daha da artırmaktadır. Optik ağlar şu an için son kullanıcılara kadar ulaşmasalar da yakın gelecekte tüm kablolu ağ mimarisi optik ağlara geçecektir.

Optik ağlar da artan talebi karşılayabilmek için kendi içerisinde geliştirilmektedir. İlk optik ağlar yönlendirici noktalarında verileri optik olarak tamponlayamadıkları veya optik olarak işleyemedikleri için elektronik ortama geçirmek zorundaydılar. Daha sonra geliştirilen optik ağlar verileri tamamen optik ortamda saklayıp verilerin optikten elektroniğe ve tekrar optiğe dönüştürülmesiyle yaşanan zaman kaybını minimize etmeye çalışmaktadır. Bu tür optik ağlar tam optik ağlar olarak da isimlendirilmektedir.

Tam optik ağlarda, veriler yol boyunca optikten elektriksel forma dönüştürme olmaksızın, kaynaktan hedefe kadar optik olarak taşınır. Bu tip ağlar idealde tamamen saydamdırlar yani iletilen veri optik ortamdan çıkmadığından çözümlenemez ve başkalarının bu verileri izleme şansı yoktur. Ayrıca tam optik ağlar fiziksel ortamın etkilerinden en az oranda etkilenmektedirler. [1]

Tam optik ağlar çeşit bakımından üç temel sınıfa ayrılmaktadır. Bunlardan ilki Optik Devre Anahtarlama (Optical Circuit Switching - OCS) yöntemidir. OCS öncelikle gidilecek noktalar arası bir rezervasyon sağlayarak bu hattı baştan sona gönderilecek veriye rezerve eder ardından önceden rezerve edilmiş hat üzerinden veriyi göndermektedir. İkinci olarak Optik Paket Anahtarlama (Optical Packet Switching - OPS) yöntemini ele alırsak; bu yöntemde veri paketleri her yönlendiricide başlık kısmı

ayrıştırılarak elektronik ortamda çözümlenir. Daha sonra paket başlığı veriye tekrar optik ortamda eklenerek iletimi sağlanır.

Son olarak Optik Çoğuşma Anahtarlama (Optical Burst Switching - OBS) yöntemini inceleyecek olursak; bu yöntemde veri paketleri optik ağa giriş noktalarında biriktirilerek ağa küme şeklinde verilirler. Bu veri kümesinden (çoğuşma) önce, verilerin gideceği hattı ayarlamak için bir rezervasyon mesajı gönderilir. Bu rezervasyon mesajının gönderimi için ağ üzerindeki bir dalga boyu ayrılır.

Bu çalışmada tam optik ağlarda bu üç yöntem ele alınacaktır. İkinci kısımda tam optik ağ çeşitleri hakkında bilgiler sunulmuştur. Devamında geleceğin umut verici anahtarlama yöntemi olan OBS incelenmiştir. OBS ağlarındaki, Tam-Zamanında (JIT), Yeteri-Kadar-Zaman (JET) ve Horizon işaretleme protokolleri detaylı olarak incelenmiştir.

Bu çalışmada JIT, JET ve Horizon işaretleme protokollerinin değişik açılardan performansları karşılaştırılmıştır. Üçüncü bölümde yapılan simülasyon çalışmalarının uygulandığı ağ ortamı (NSFNET), simülasyon ortamı ve simülasyonu gerçeklerken kullanılan parametreler verilmiştir.

Dördüncü bölümde JIT, JET, Horizon işaretleme protokollerinin simülasyon sonuçları değişik açılardan tablo ve grafik olarak verilmiştir.

Beşinci bölümde elde edilen simülasyon sonuçları kıyaslanmış ve protokollerin başarısı hakkındaki düşüncelere yer verilmiştir. Son olarak geleceğe yönelik yapılabilecek çalışmalar belirtilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 OPTİK AĞLAR VE TARİHÇESİ

Optik ağlar, çalışma hızları ve taşıyabilecekleri veri miktarının yüksek olmasından dolayı bilgisayar ağları için günümüzde gereken ve gelecekte artacak olan performans ihtiyacını karşılayacak altyapının oluşturulmasını sağlamaktadırlar. Optik fiberin veri taşıma kapasitesi (50 Terabit/saniye) bakır kabloyla (10 Gigabit/saniye) kıyaslandığında çok yüksektir. [2]

Optik ağlar, elektronik ağlara kıyasla manyetik ortamlardan daha az etkilenirler ve ağ üzerinden gönderilen verinin bozulması daha az olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı uzak mesafelerde veri iletimi için optik ağlar yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Optik ağları tarihsel olarak ele almak gerekirse temel olarak iki sınıfa ayırabiliriz:

2.1.1 Birinci Nesil Optik Ağlar:

Yönlendirici düğümlerde elektronik birimler kullanılmaktadır. Anahtarlama işlemleri ve diğer akıllı ağ fonksiyonları elektronik ortamda gerçekleştirilir. Düğümlerin elektronik ortamda çalışmasından dolayı Optik – Elektronik – Optik (OEO) dönüştürme işlemi yapılması gerekir. Yapılan bu dönüştürme işlemlerinden dolayı optik fiberin yüksek kapasitedeki iletim hızı düğümdeki elektronik elemanlar tarafından kesilmektedir. Ağın genel iletim hızı düğümlerdeki elektronik elemanların çalışma hızına bağımlı kalmaktadır. Bu nesil optik ağlara örnek olarak Senkronize Optik Ağ (SONET) ve Senkronize Dijital Hiyerarşi (SDH) verilebilir.

2.1.2 İkinci Nesil Optik Ağlar:

İkinci nesil ağları birinci nesilden ayıran temel özellik yönlendirme ve akıllı ağ fonksiyonlarının tamamen elektronik ortamda gerçekleşmeyip optik ortama taşınmasıdır. Veriler optikten elektroniğe çevrilmezler. Optik ortamda dalga boyu değiştirebilen ve optik olarak anahtarlama yapabilen optik birimleri içerirler. Bu nesildeki ağlara tam optik ağlar denir.

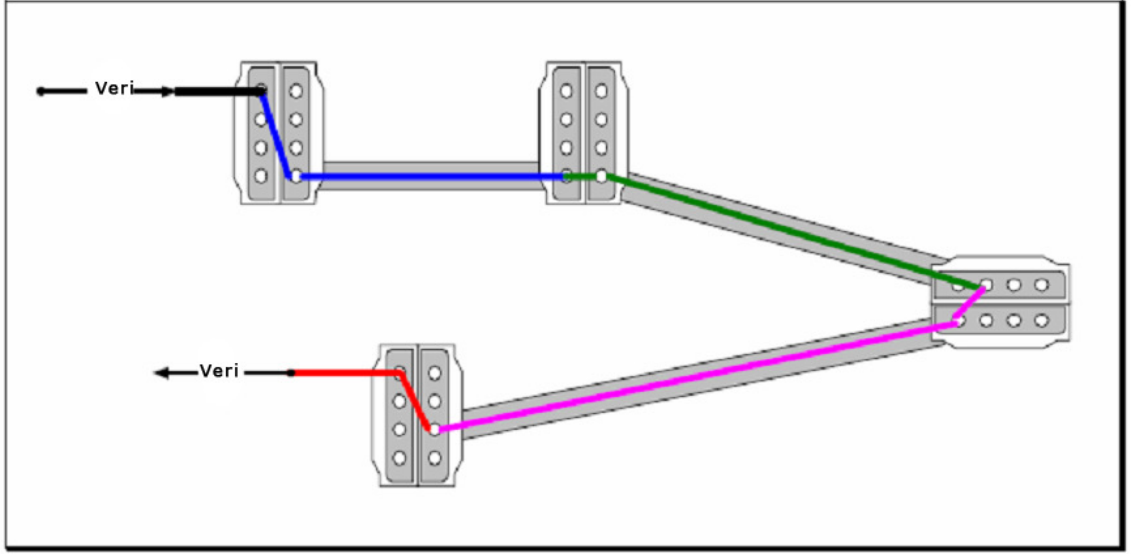
2.2 TAM OPTİK AĞLARDA ANAHTARLAMA TEKNİKLERİ

Elektronik ortamda çalışan ağlar için temel iki tip anahtarlama tekniği mevcuttur, bunlar paket anahtarlama ve devre anahtarlama teknikleridir. Paket anahtarlama tekniğinde veri paketleri her yönlendiricide gideceği noktaya göre işlenerek uygun veri iletim hattına bırakılır, devre anahtarlama ise önce bir kurulum sinyali ile verinin iletileceği veri iletim hattı iletim için rezerve edilir ve başka herhangi bir işlem için kullanılmaz.

Optik ağlarda da elektronik ağlarda kullanılan anahtarlama tekniklerine temelde benzerlik gösteren anahtarlama teknikleri kullanılmaktadır. Optik ağlarda kullanılan anahtarlama teknikleri; Optik Devre Anahtarlama (Optical Circuit Switching - OCS) , Optik Paket Anahtarlama (Optical Packet Switching - OPS) ve Optik Çoğuşma Anahtarlama (Optical Burst Switching) teknikleridir.

2.2.1 Optik Devre Anahtarlama – OCS

Ağın iki ucu arasında tam optik bir dalga boyu yolu kurulur (Lightpath). Yol boyunca varolan tüm hatlar için bir dalga boyu kanalı rezerve edilir. Veri yollandıktan sonra bu yol iptal edilir. Avantajları güvenilir ve sabit bağlantı sunar. Dezavantajları ise verimsiz bant genişliği tahsisi yapması, yoğun trafikte düşük ağ kullanımını gerçekleştirme ve kısa süreli bağlantılar için fazla bağlantı kurma süreci yükü getirmesidir.



Şekil 2.1 : OCS’de Lightpath Oluşturma

Dalgaboyu yönlendirmeli optik networkler başarılı bir şekilde standartlaştırılmıştır ve ticarileştirilmiştir. Bir dalgaboyu yönlendirmeli optik network WDM fiberlere bağlı optik çapraz bağlantı (OxC) elemanlarından oluşur. Optik devre anahtarlama kullanılarak optik networkler üzerinde veri iletimi için oluşturulan bağlantılara lightpath adı verilir.

Bir lightpath üzerindeki bilgilerin taşınmasında tipik olarak SONET/SDH çerçeveleri kullanılır. Ayrıca ethernet çerçeveleri de optik ağ üzerinde taşınabilir. Gelecekte bilgilerin ITU-T G709n standardı kullanılarak taşınması beklenmektedir. G709 standardı aynı zamanda dijital ambalaj olarak da bilinmektedir. Bu ambalaj IP paketlerinin, Ethernet çerçevelerinin, ATM hücrelerinin ve SONET/SDH senkronize data çerçevelerinin taşınmasına olanak sağlayacak yapıdadır.

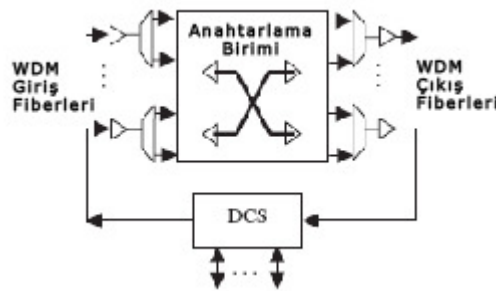
Dalgaboyu yönlendirmeli optik ağ WDM fiberler ve OxC lerden oluşur. Bir OxC NxN optik anahtar ve N giriş fiberi ile N çıkış fiberinden oluşur. Her fiber w adet dalgaboyu taşır. Bir OxC optik olarak gelen tüm dalgaboylarını çıkış fiberindeki dalgaboylarına anahtarlayabilir. Örneğin k giriş fiberinden gelen λ_i dalgaboyu m çıkış fiberine λ_j çıkış dalgaboyu olarak anahtarlanabilir. Eğer çıkış fiberindeki λ_j dalgaboyu meşgulse ve

OxC bir dönüştürücü ile donatılmışsa λ_i dalgaboyu çıkış fiberindeki uygun bir dalgaboyuna anahtarlanır.

Bireysel dalgaboylarının anahtarlanmasında bir OxC bitişik dalgaboylarını tek bir ünite(waveband) olarak anahtarlayabilir. Bu OxC'nin arzu edilen bir özelliğidir. Çünkü bu özellik, bir bireysel dalgaboyunun düzensizliğini azaltır. Ayrıca bir OxC dar alandan gelen dalgaboylarını ayıramayabilmektedir. Bu tür bir durumda dalgaboyu anahtarlama yapılır. Sonuç olarak bir OxC tüm fiberlerdeki dalgaboylarını bir bütün olarak anahtarlayabilir. Yani w adet dalgaboyu tek bir dalgaboyu gibi bir çıkış fiberine anahtarlanabilir.

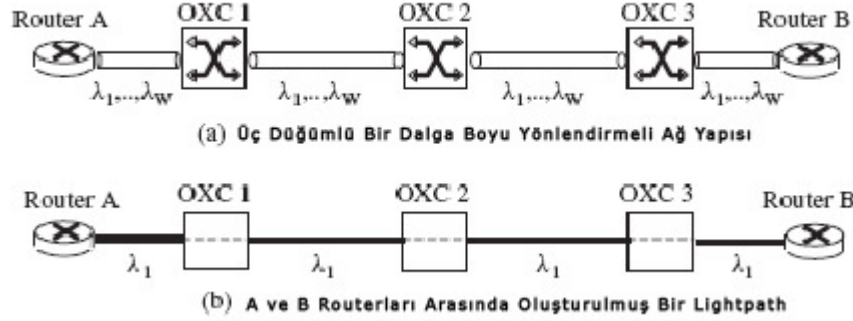
OxClerin üretilebilmesi için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar 3db eşleyici kullanılması, MEMsler, soalar, mikrobubbleler ve hologramlardır. OxC üretiminde gelecekte yeni teknolojilerin geliştirileceği beklenmektedir.

Bir OxC ekle-bırak çoklayıcı (add-drop multiplexer) olarak kullanılabilir. Yani gelen bir sinyali sonlandırabilir ya da linklere yeni sinyaller ekleyebilir. İstenilen sinyallere de doğrudan geçiş yaptırılabilir. Şekil 2.2'deki örnekte bir OxC gösterilmektedir. Bu şekle göre OxC'nin bir fiberi SONET/SDH/SDH-DCS içinden beslenmekte diğeri WDM fiberinden gelen sinyalleri almaktadır. Tipik olarak bir SONET/SDH çerçevesi verinin her dalgaboyunda iletilmesinde kullanılır. DCS gelen w adet optik sinyali elektriksel hale getirir ve SONET/SDH çerçevesini her dalgaboyuna göre ayrıştırır. Daha sonra çerçeveye yeni bir dalgaboyu ekleyebilir ya da çıkarabilir. Oluşturulan yeni w adet dalgaboylu SONET/SDH çerçeve akımı OxC ye iletilir. OxC ise bunları çeşitli çıkışlara anahtarlar.



Şekil 2.2 : SONET/SDH DCS ile birlikte bir OxC yapısı

Dalgaboyu yönlendirmeli optik ağların önemli bir özelliği devre anahtarlama kullanmalarıdır. Bu kaynağın veri göndermeden hemen önce hedef ile arasında kalıcı bir bağlantı kurulmasını gerektirir. Bu bağlantı devre anahtarlama ve bağlantı yolu boyunca her bir adım üzerinde aynı ya da farklı bir dalgaboyu kullanılarak kurulur. Örneğin iki IP router'ın üç düğümlü bir dalgaboyu yönlendirmeli optik ağa bağlandığını varsayalım. (Şekil 2.3 ye bakınız). A routerı'ndaki linkler $\lambda_1, \dots, \lambda_w$ 'e oradan OxC1'e oradan OxC2'ye oradan OxC3'e ve B router'ına tek bir fiberle w dalgaboyu ile oluşturulsun. Buna göre veri iletimi A dan B ye yönlendirilmeden yapılacaktır. Aynı zamanda B routerı'ndan A ya veri iletimi içinde yeni bir fiber linkinin kurulması gerekir.



Şekil 2.3: 3 Düğümlü Bir Ağda Lightpath Oluşturulması

A ip routerı'ndan B ip routerı'na data transfer edilmek istendiğini düşünelim. Öncelikle bir sinyalleşme protokolu kullanılarak A ile B arasında bağlantı kurulur. A routerı ile B routerı arasında kurulan bağlantı için aynı λ_1 dalga boyu tahsis edilir. Ayrıca link üzerindeki her OxC λ_1 dalgaboyunun doğrudan anahtarlanacağını bilmelidir. Sonuç olarak A routerı ile B routerı arasında veri iletişimi için bir bağ hazırlanmış olur. Oluşturulan bu bağa lightpath adı verilir. Bu lightpath sadece A routerı'ndan B routerı'na olan tek yönlü bir bağlantıdır. B'nin de A ile konuşabilmesi, iletişime geçebilmesi için yeni bir lightpath farklı yönde çalışan bir fiber üzerinden kurulmalıdır.

Bir lightpath'in kurulması sırasında her bir adımda aynı dalgaboyu kullanılır. Buna dalgaboyu devamlılık şartı denilir. Lightpath kurulumunda yönlendirme sırasında gerekli dalgaboyu herhangi bir adımdan sonra meşgul olabilir ya da başka bir link tarafından kullanılıyor olabilir. Böylece lightpath kurulamaz ve A'ya bir mesaj yollanır. Bu tür durumları yani lightpath'in kurulumu sırasında karşılaşılabilecek sorunları

dalgaboyu çakışmalarını azaltmak için OxC'ler dalgaboyu çeviricileri ile donatılırlar. Bir çevirici bir dalga sinyalinin yapısını değiştirmeden başka bir dalgaya çevirir. Bir OxC içinde w adet dalgaboyu içeren her çıkış fiberi için c adet çevirici olabilir. Burada $0 \leq c \leq w$ olmalıdır. Eğer $c=0$ ise dönüşüm yoktur. Eğer $c=w$ ise tüm dalgalarda dönüşüm vardır. Çeviriciler hala çok pahalı yapılardır. Bu yüzden bu cihazlar ağda sadece önemli bir konuma sahip OxC'lerde kullanılırlar. Çeviricilerin bir λ_i dalgasını herhangi bir λ_j dalgasına çevirdiği yönünde bir kanı mevcut olsa da aslında çok küçük bir dalga değişimi söz konusudur.[3]

2.2.2 Optik Paket Anahtarlama – OPS

Bir WDM optik paket ağı fiber bağlar ile birbirine çoklu bağlanmış optik paket anahtarlardan oluşur. Bir optik paket anahtarı gelen optik paketleri onların istediği çıkış portuna anahtarlar. Görüldüğü gibi paketleri anahtarlama işlemi optik alanda yapılır. İki düğüm bir veya birden çok fiber ile birbirine bağlıdır ve farklı dalgaboyları ile çalışırlar. Aynı zamanda iki düğümün ışık yolları birbirine bağlanması da mümkündür. 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 sırasında sağlanan bant genişliği, bağ ya da dalga boyu üstünde var olan tüm bant genişliğinden (full bandwidth) daha küçük olabilir.

Optik paket anahtarlar yuvalanmış biçimde işlerler ve değişik ölçülerdeki paketlere anahtarlama yaparlar. ATM'den farklı olarak karışık paket ölçüleri 53 byte ile ölçülü değildir. Gerçekte paket ölçüsü değişken olabilir fakat iletim esnasında aldığı süre sabittir. Değişken paket ölçüleri belirlenen zaman değerleri içinde değişen iletim hızlarında iletilebilir.

Bir optik paket anahtarı giriş arayüzleri, anahtarlama birimi, çıkış arayüzleri ve bir kontrol ünitesinden oluşur. Bir paket, optik paket anahtarına ulaştığı zaman ilk olarak giriş arayüzü tarafından işleme tabi tutulur. Pakette başlık ve taşıdığı yük ayrılmıştır. Başlık kontrol ünitesine gönderilir elektriksel bölgeye çevrildikten sonra

işleme tabi tutulacak, taşınan veri ise optik sinyal olarak kalır ve anahtarlama bünyesi boyunca hedef çıkış arayüzüne anahtarlanır. Çıkış arayüzünde başlık ile birleştirilir ve daha sonra gönderilir. Başlığın taşıdığı veriden ayrılma işlemi gerçekte teknik yönden o anda işleme tabi tutulamamasından gereklidir. Senkronizasyon gereğinden dolayı, optik paket anahtarlar tipik olarak sabit boyutlu paketler için tasarlanmıştır. [4]

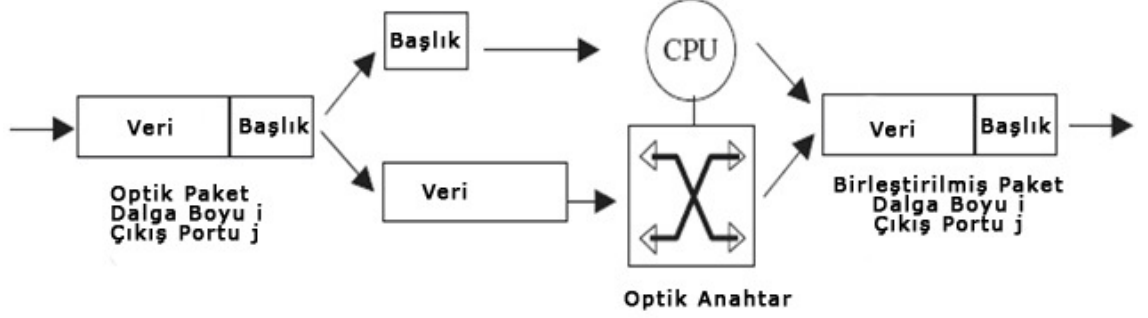
Optik paket anahtarlamanın görevi: paket-anahtarlama kapasitesini, elektronik paket-anahtarlama kullanarak tasarlanamayacak oranlar için mümkün kılmaktır. Fakat optik bölgede işaret işleme ile ilgili çeşitli kısıtlamalar vardır. Önemli bir faktör de tamponlama için optik rasgele erişimli belleğin (optical RAM) olmamasıdır. Optik tamponlar, fiberlerin uzunluğu ve basit gecikme çizgisi (delay line) kullanarak gerçekleştirilir, tam fonksiyonel hafızalar değildirler.

Paket anahtarlama, yüksek oranda akıllı gerçek-zamanlı yazılım ve ağı kontrol etmek için oluşturulmuş donanım ve hizmet kalitesi (QoS) garantisi sağlar. Ancak bu fonksiyonların optik bölgede yerine getirilmesi zordur. Diğer bir faktör de, hızlı optik anahtarlama teknolojisinin diğerlerine nazaran, mesela elektroniklerle karşılaştırıldığında yeni gelişmekte olan bir teknoloji olmasıdır.

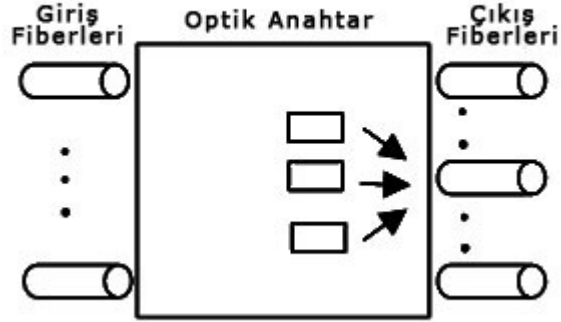
Başlık ya aynı dalga boyunda taşınan veri olarak iletilir ya da ana band frekansında paketin taşıdığı veriler tarafından oluşturulmuş elektriksel taşıyıcılar içinde yer alarak taşınabilir ve daha sonra ikisi de aynı zaman dilimi içinde optik olarak iletilir. Bu durum başlık ve taşınan verinin ayrılmış dalga boylarında iletilmesi için bir çözümdür fakat aynı zaman diliminde olmalıdır. Bunun yanında taşınan veri ile başlık arasında bir boşluk olmalıdır çünkü başlık, taşıma esnasında çevrim işlemlerinden dolayı önce iletilmelidir.

Bir optik paket anahtarı tamponlama gerektirir. Eğer anahtar non-blocking durumdaysa Şekil 2.5'de de görüldüğü gibi bu tamponlar çıkış portunda yer almak zorundadırlar. Her fiber birçok dalga boyundan oluştuğu için aynı i dalga boyunu kullanmak isteyecek birden fazla paket aynı anda anahtara gelebilir. Gelen bu paketlerin çıkış için kullanmak istedikleri dalgaboyunun aynı fiberde olduğunu düşünürsek, eğer dönüştürücü elemanlar bulunmaz ise sadece bir paketin hizmet almasına izin verilir ve geri kalan paketler

tamponlanır. Eğer tam dönüştürücüler kullanılırsa ve ağda W dalga boyu çıkış var ise eş zamanlı olarak W adet pakete hizmet verilebilir. Daha fazla miktarda gelen paketler tamponlanacaktır.



Şekil 2.4 : Optik Paket Anahtarlama Paket İşleme Yapısı



Şekil 2.5 : Optik Paket Anahtarlama Çakışma Durumu

Optik tamponlar teknolojik olarak şu an için imkansızdırlar. Halen optik tamponlar fiber gecikme çizgileri (FDL) tarafından uygulanmaktadır. Bir FDL gecikme çizgisinin uzunluğu ilişkili olarak bir paketi belirli zaman miktarı için geciktirebilir. Bir tampon N paketi için FIFO disiplini içinde farklı uzunlukta N gecikme çizgisi kullanarak oluşturabilir, i gecikme çizgisi bir paketi i zaman aralığında geciktirebilir. Bu yüzden her W paketini geciktiren her gecikme çizgisinin de W dalga boyları bulunur. Fiber gecikme çizgileri hatları uzun fiber parçaları gerektirdiğinden dolayı ticarileşme durumu mümkün olamamıştır.

Alternatif bir çözüm, saptırma yönlendirilmesi teknolojisidir. İki paket arasında çakışma olduğu zaman birisi doğru çıkış portuna yönlendirilir ve diğeri ise saptırılmış olarak alternatif bir çıkış portuna yönlendirilir. Saptırılmış paketlerin yönlendirilmesi durumunda kendi yollarından saptıkları yollar daha uzun olabilmektedir. Aynı zamanda saptırılmış yönlendirme bağlantılarda paketler için kullanılan fazladan bir yük oluşturur. Bu durum ağın planlama aşamasında hesaplanmak zorundadır. Sonuç olarak sadece bir limitli sayıda paket herhangi bir zamanda saptırılabilir.[3]

2.2.3 Optik Çoğuşma Anahtarlama

Optik Çoğuşma Anahtarlama (OBS) , Optik Paket Anahtarlama (OPS) ile dalgaboyu yönlendirme (Optik circuit Switching) arasında bir teknolojidir.[5] Tam optik devreler, henüz tam olarak band genişliği kullanımı için ideal yapıya kavuşmamışlar ve istatistiksel olarak çoğullanamamıştır. Optik paket anahtarlama pratik ve fiyat performans açısından başarılı olabilmek için optik başlık işleme ve tamponlanmaya ihtiyaç duyar. bunun gerçekleşmesi ise günümüz teknolojisi ile mümkün değildir.[6] OBS optik tamponlamaya ve paket seviyesinde ayrıştırılmaya (parsing) gerek duymaz. Bu yönüyle, trafikte tüm dalgaboyları tüketilmiyorsa, OCS'den daha etkilidir. Her çoğuşmanın iletimi öncelikle bir çoğuşma kurma başlığı (burst setup header) ile başlar. Kontrol paketi yol üzerindeki her düğüm üzerinde gelen ilgili çoğuşma için gerekli ayarlamaları ve çıkış dalgaboyu tahsis işlemini yapar. Bir OBS çoğuşmasının iletimi için, kaynak düğüm yolun uygunluğu için herhangi bir ACK onay mesajı beklemmez. Çoğuşmaya ait kontrol paketi yola çıktıktan belli bir vakit sonra çoğuşma beklemeksizin yola çıkar. Burada yol üzerindeki ara düğümlerin herhangi bir tampon kapasitesine sahip olmadıklarını ve tahsis edilmek istenen dalgaboyunun tahsis edilememesi durumunda çoğuşmanın çöpe gideceği varsayılmaktadır.[7]

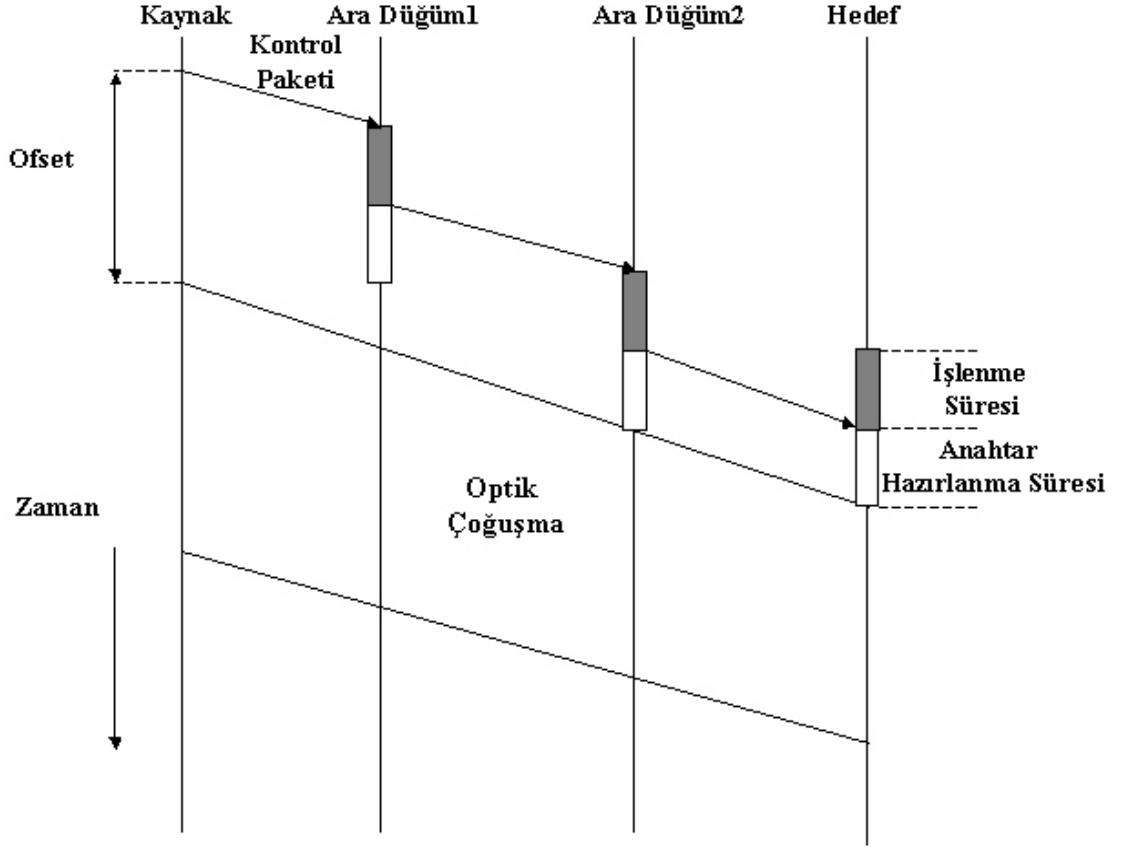
OBS optik ağ üzerinde trafik geçişlerini verimli hale getirmek için dizayn edilmiştir. Optik Çoğuşma Anahtarlama, Uluslararası Telekomünikasyon Birliğinin (ATM) ağlardaki çoğuşma anahtarlama (ABT) standartını baz almıştır. ATM blok iletimi olarak

bilinir (ABT – ATM Block Transfer). ABT'nin iki versiyonu vardır: Gecikmeli iletimle ABT ve Anında iletimle ABT.

Gecikmeli iletimle ABT'de kaynak düğüm, bir çoğuşma göndermek istediğinde bağlantı yolu üstündeki ATM anahtarlara bir çoğuşma iletilmek istediğini bildiren bir paket gönderir. Eğer yol üstündeki tüm düğümler 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 iletimle 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.

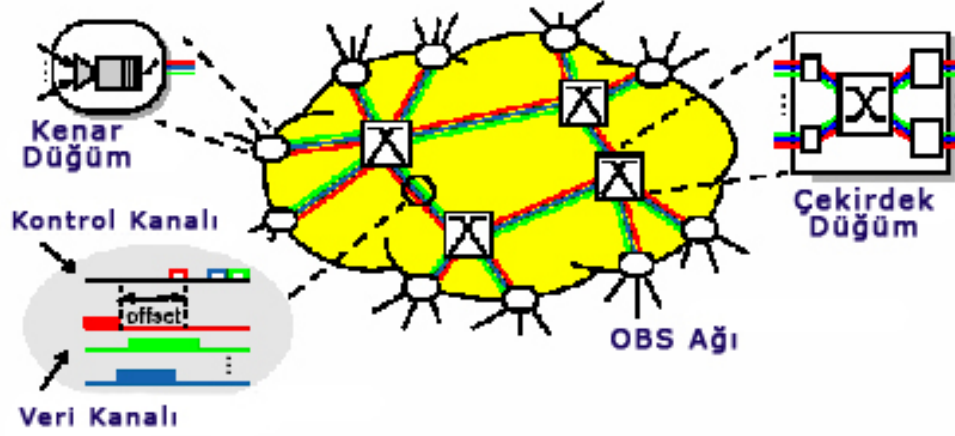
Bu iki teknik optik ağlara adapte edilmiştir. TAG (tell-and-go) söyleve-git, anında iletimle ABT'ye benzer ve TAW (tell-and-wait) söyle-ve-bekle ise, gecikmeli iletimle ABT'ye benzer. OBS ağlarda TAG tekniği kullanılmıştır. [3]



Şekil 2.6 : Söyle ve Git (TAG) Rezervasyon Tekniği

TAG tekniği kullanıldığından dolayı OBS ağlarda çoğuşma kaybı görülebilir. Çünkü rezervasyon mesajları bazı çekirdek OBS düğümlerinde gelecek olan çoğuşma için kaynak tahsisi yapamamış olabilirler. Ayrıca rezervasyon mesajının gittiği kontrol kanalında bir çakışma oluşursa rezervasyon mesajının düşmesinden dolayı yine bir çoğuşma kaybı gerçekleşebilir. Bu gibi nedenlerle OBS ağlarında oluşan çoğuşma kayıpları ağın performansını ölçmede ciddi bir kriterdir. OBS ağlarında çoğuşma kayıplarının oluşma ihtimali oldukça fazla olmasına rağmen kayıp olan çoğuşmalar OBS ağı tarafından tekrar iletilmez, kaybolan paketlerin tekrar iletimi görevi daha üst katmanlardaki protokollere bırakılır. Bunun nedeni OBS ağlardaki veri miktarının aşırılığı nedeniyle, bu verilerin kenar düğümlerde tekrar iletim için tamponlanamayacak kadar fazla olmasıdır. [8]

Bir optik çoğuşma anahtarlama ağı WDM bağlantılarla bağlı optik çoğuşma anahtarlarından oluşur. OBS’de tamamen optik ortamda iletimi gerçekleştiren çekirdek düğümlerle (Core Node), kullanıcılardan gelen paketleri toplayarak çoğuşma oluşturan kenar düğümler (Edge Node) şeklinde iki, tip anahtarlama birimi vardır.



Şekil 2.7 : Bir OBS ağının genel Görünümü

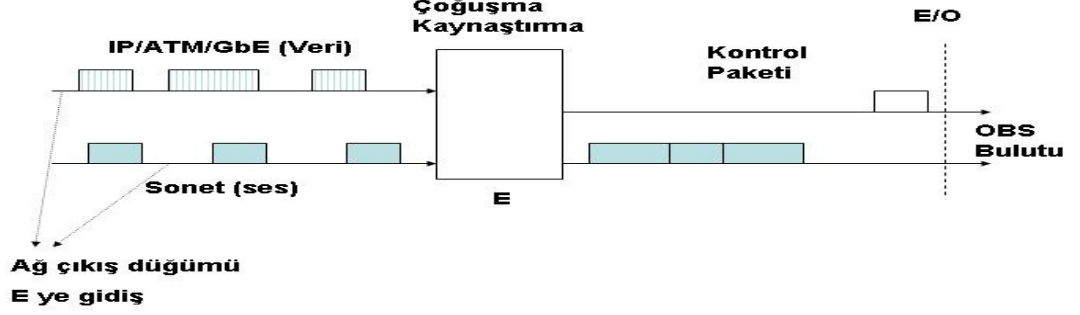
2.2.3.1 OBS Ağında Çoğuşma Oluşumu:

Kenar düğümlerde kullanıcılar tarafından gelen trafik gideceği düğüme göre sınıflandırılarak çoğuşma oluşturulur. Kenar düğüme gelen trafik paketleri çoğuşma oluşturulması için ya belli bir süre zarfında ya da belli bir boyut eşliğini geçinceye kadar tamponlanır. Oluşan çoğuşma daha sonra bir setup mesajının kontrol kanalından iletimi ardından ağa bırakılır. [9]

Çoğuşma algoritması aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

Bir zamanlayıcı ile çoğuşmanın oluşturulması için beklenecek maksimum sürenin hesaplanması, maksimum ve minimum çoğuşma uzunluklarının hesaplanması. Zamanlayıcı, kullanıcı tarafından yeni bir çoğuşma oluşturma zamanını belirlemek için kullanılır. Maksimum ve minimum çoğuşma parametreleri, çoğuşmanın boyutunu düzenler. Uzun çoğuşmalar kaynakları uzun süre meşgul edeceğinden ve yüksek çoğuşma kayıplarına neden olacağından ve bu esnada da kısa çoğuşmalar çok fazla kontrol paketi göndereceğinden dolayı bu parametrelerin önemi yüksektir. Çoğuşma oluşturma algoritması, eğer minimum çoğuşma boyutunu oluşturmak için yeteri kadar veri yoksa bit-ilavesini kullanabilir. Çoğuşma oluşturma algoritması zamanlayıcıyı ve

maksimum minimum çoğuşma uzunluklarını kullanarak hizmet kalite sınıfları (QoS) oluşturabilir. [10]



Şekil 2.8 : Bir (Giriş)Kenar Düğümünde çoğuşma oluşturulması

2.2.3.2 OBS Ağında Çoğuşma İletimi

Bir OBS son aygıtı (Kenar Düğüm) ATM, IP ve frame relay gibi çeşitli elektriksel ağlardan trafiği toplar ve onları OBS son aygıtlarından ağa doğru iletimini gerçekleştirir. Toplanmış veri temel olarak hedef OBS son aygıtı adresi üzerinde sıralanır ve daha geniş ölçüdeki üniteler toplanır buna çoğuşma denir. Bir çoğuşmayı gönderme amacıyla son aygıt ilk olarak bir kontrol paketi gönderir. Kontrol paketi çoğuşma boyutu ve çoğuşma adresi gibi bilgileri içerir. Aktarım bitince bağlantı kapanır.[3]

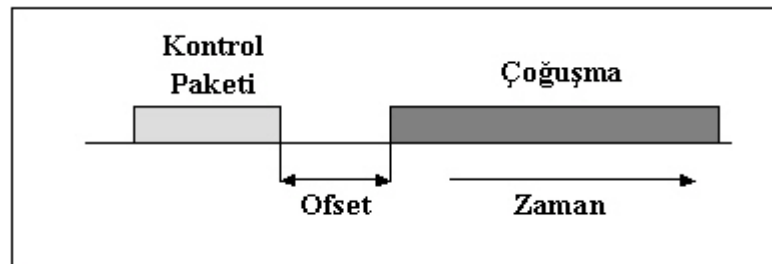
W+1 adet dalgaboyunu destekleyen bir optik ağ düğümü üzerinde +1 ile temsil edilen dalgaboyu rezervasyon (setup) mesajını taşımak için, w adet dalgaboyu ise çoğuşma taşımacılığında kullanılır. Genel olarak bir OBS düğümü iki ana kısımdan oluşur;

Sinyalleşme modülü : OBS sinyalleşme protokolleri ile ilişkili iletim (forwarding) ve kontrol fonksiyonlarını yerine getirir. Trafik akışını yavaşlatan darboğazlardan kaçınmak ve iletimi kablonun sunduğu imkanlarda (hız ve diğer etkenler) gerçekleştirmek için sinyalleşme modülü kullanılmıştır.

Optik çapraz bağlantılar (OxCs): Çoğuşmaların girişten çıkışa aktarılmasını sağlar. OBS’de tamponlama kapasitesi olmayan, bloklama yapamayan anahtarlama ünitesinden oluşan OxC ler kullanılır.

Çoğuşmalar, OBS çekirdek düğümlerinde optik olarak anahtarlanırken, rezervasyon dalgaboyu, düğüm üzerinde durdurulur ve sahip olduğu bilgi elektronik ortama aktarılır. Çözömlenen sinyal sinyalleşme modölüne gider. Bu modöl sinyalleri çözer ve uygun kurallara göre işler. Sinyalleşme mesajının işlenmesi bir ya da daha fazla iş parçacığından oluşabilir. Bu işler: 1) İlgili çoğuşma için bir sonraki düğümü bulmak. 2) Rezervasyon mesajının yol üzerindeki bir sonraki düğümüne iletilmesi. 3) OxC anahtarlama elemanlarının çoğuşmanın geçişi için ayarlanması. 4) İstisnaî durumların üstesinden gelinmesi.[7]

OBS ağında çoğuşmanın iletimi için öncelikle rezervasyon mesajı yollanmaktadır. Rezervasyon mesajı her OBS düğümünde bir sonraki adımda hangi dalga boyunun ve hangi yolun rezerve edileceğini belirlemek için gerekli bilgileri barındırmaktadır. Bu nedenle rezervasyon mesajının OBS düğümlerde işlenmesi gerekmektedir. Henüz optik ortamda veri işlemek için gerekli donanımların yokluğundan dolayı rezervasyon mesajının işlenmek için elektronik ortama aktarılması burada işlenmesi ve tekrar optik ortama aktarılması gerekmektedir. Rezervasyon mesajının bu işlemleri gerçekleştirirken Çoğuşma mesajından önce işlenmesi gerekir. Eğer rezervasyon mesajı bir OBS düğümünde henüz işlenmemişken, bu rezervasyon mesajına ait çoğuşma OBS düğümüne gelirse, çoğuşmanın bir sonraki adımda gideceği yol ve dalgaboyu OxC lertarafından düzenlenmemiş olduğundan çoğuşma ağdan düşecek (drop) ve hedefe ulaşamayacaktır. Bu durumu engellemek için rezervasyon mesajı çoğuşmadan belirli bir zaman önce ağa bırakılması gerekir. Bu gereken zamana ofset zamanı denir.[11]



Şekil 2.9: OBS ağında Kontrol Paketi ile Çoğuşmanın İletimi

Ofset zamanı dinamik veya statik olarak hesaplanabilir. Dinamik olarak gerçek zamanlı hesaplanması ağa ekstra bir yük getirecektir. Optik ağlarda yeni düğümlerin ağa eklenmesinin oldukça seyrek gerçekleştiği göz önüne alınırsa ofset zamanının dinamik olarak belirlenmesi gereksiz olmaktadır. Ofset zamanının statik olarak belirlenmesinde ise ağın yapısı gereği bir mesajın üzerinden geçeceği maksimum node sayısı ve rezervasyon mesajının bir düğümde işlenmesi için geçecek sürenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

OBS optik ağlarda elde edilmek istenen birçok önemli amacı karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Bunlar;

1. Yüksek bantgenişliği, düşük gecikme süresi,
2. Tam-optik veri iletimi
3. Maliyet etkili ticari kullanıma hazır optik aletler gibi

OPS ve OCS'ye bakıldığında, OPS gereksinimleri bakımından henüz maliyeti uygun bir yaklaşım haline gelememiştir ve optik tamponlama gibi bazı yönleri teknolojik olarak gerçekleştirilememektedir. Diğer taraftan OCS ise var olan bantgenişliğini verimsiz kullanmaktadır ve küçük boyutlu dataların iletimi için hattı rezerve etme süresi oldukça fazladır. Optik Çoğuşma Anahtarlama aşağıdaki tabloda da gösterildiği gibi Optik Devre Anahtarlama ile Optik Paket Anahtarlama Arasında yer almaktadır. Optik Çoğuşma Anahtarlama, OPS ve OCS'nin etkin yönleri kullanan bir birleşimdir.

Tablo 2-1: OCS , OBS ve OPS'nin Karşılaştırılması [12]

Anahtarlama Yöntemi	Dalgaboyu Kullanımı	Rezervasyon Gecikmesi	Optik Tamponlama	Veri Başı İşlem Miktarı	Uyarılma (Trafik & Hata)
Devre	Düşük	Yüksek	Gerekmez	Düşük	Düşük
Paket	Yüksek	Düşük	Gerekir	Yüksek	Yüksek
Çoğuşma	Yüksek	Düşük	Gerekmez	Düşük	Yüksek

OBS ağlarını değişik özelliklerine göre sınıflandırılabiliriz : [13]

1. Kaynak rezervasyon bağlantı yöntemlerine göre (TAG ve TAW)
2. Kaynak rezervasyonu oluşturma ve bitirme tekniklerine göre (JIT ve JET)
3. Donanım gereksinimlerine göre
4. Çoğuşmaların tamponlanmasına göre (optik gecikme hatları (Fiber Delay Line -FDL) kullanarak yada diğer teknolojilerle)
5. İşaretleme mimarisine göre (in-band yada out-of-band)
6. Performansa göre
7. Karmaşıklığa göre
8. Maliyete göre

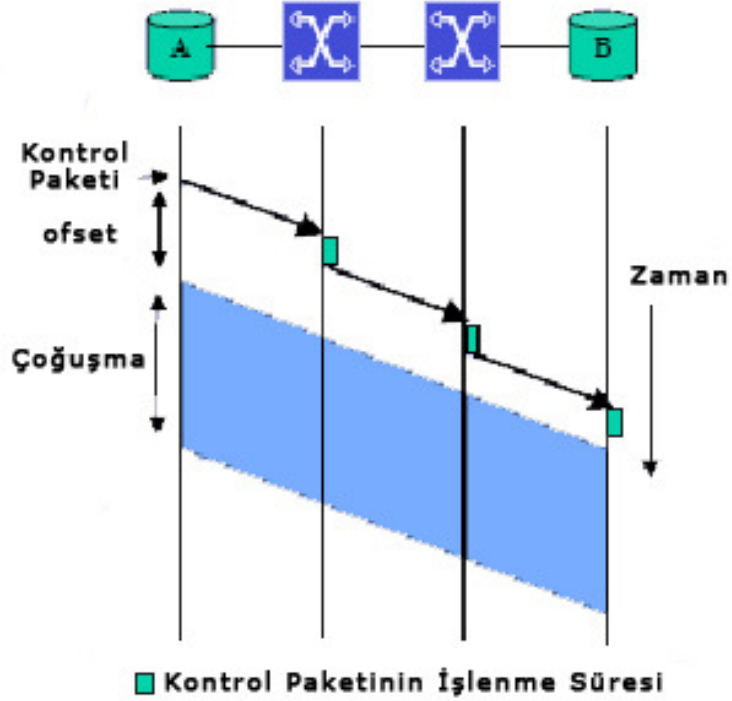
OBS ağlarında bant genişliğinin ne kadar etkin biçimde kullanıldığı ağın performansı açısından önemlidir. Bunun yanında çoğuşmanın optik ortamda beklemeksizin gönderilmesi için rezervasyon sürecinin kısa zamanda gerçekleşmesi ve veri kanallarının ihtiyaç süresince rezerve edilmesi önemlidir. OBS’de rezervasyon sürecinin yönetilmesi için Just-In-Time (JIT), Just-Enough-Time(JET) ve Horizon protokolleri üzerinde bilimsel çalışmalar yapılmıştır. JIT protokolü kaynak tahsisatı işlemini rezervasyon mesajının işlenmesi ile gerçekleştirir, buna karşılık JET ve Horizon protokolleri rezervasyon sürecini hesaplayarak çoğuşmanın gönderileceği zamana uygun olarak başlatırlar. Sonraki kısımda bu protokoller detaylı olarak incelenecektir.

2.2.4 Optik Çoğuşma Ağlarda Dalgaboyu Rezervasyon Teknikleri

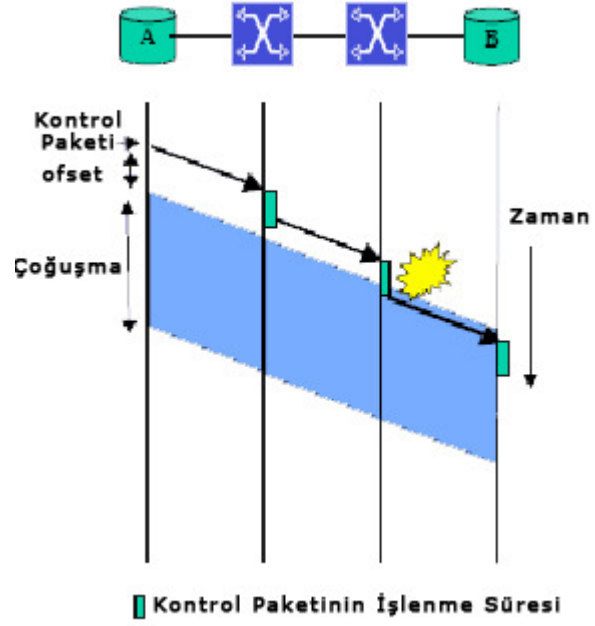
Önceki bölümde OBS ağları için yapılan sınıflandırmalardan bağlantı yöntemlerine göre OBS teknikleri; Söyle ve Git (TAG) ve Söyle ve Bekle (TAW) yöntemlerini inceleyecek olursak;

Söyle ve Git (Tell and Go) TAG:

- Çoğuşma bağlantının başarılı olup olmadığını bilmeden yollar.
- Rezervasyon mesajı (Kontrol paketi) çoğuşmanın yolu üzerindeki OBS düğümlerde kaynakları rezerve edemez ise çoğuşma düşebilir.
- Ofset zamanı yeterince uzun olmaz ise bir çoğuşma, OBS düğümündeki OxC birimine rezervasyon yapılmadan veya rezervasyon mesajı OBS düğümüne varmadan önce varabilir.



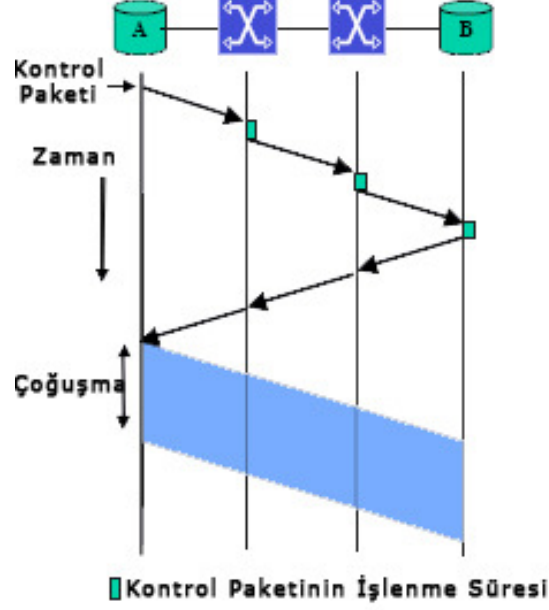
Şekil 2.10 : Söyle ve Git (TAG) Yöntemi



Şekil 2.11 : TAG Yönteminde Çoğuşmanın Rezervasyon Mesajını Geçme Durumu

Söyle ve Bekle (Tell and Wait) TAW:

- Devre anahtarlama yapıya eşdeğer bir yaklaşımdır.
- Hedef düğümle bağlantının kurulduğuna dair bilgi gelmeden iletim başlamaz.
- Çoğuşmanın iletimi garanti altına alınmış olur, veri kaybı yaşanmaz.
- Ofset zamanı, bağlantı kurma ve onay bilgisi gelme süresine eşittir.



Şekil 2.12 : Söyle ve Bekle (TAW) Yöntemi

Kaynak tahsisatının başlatılması ve bitirilmesinin zamanlanmasına göre dört farklı kombinasyon kullanılabilir. Bunlar;

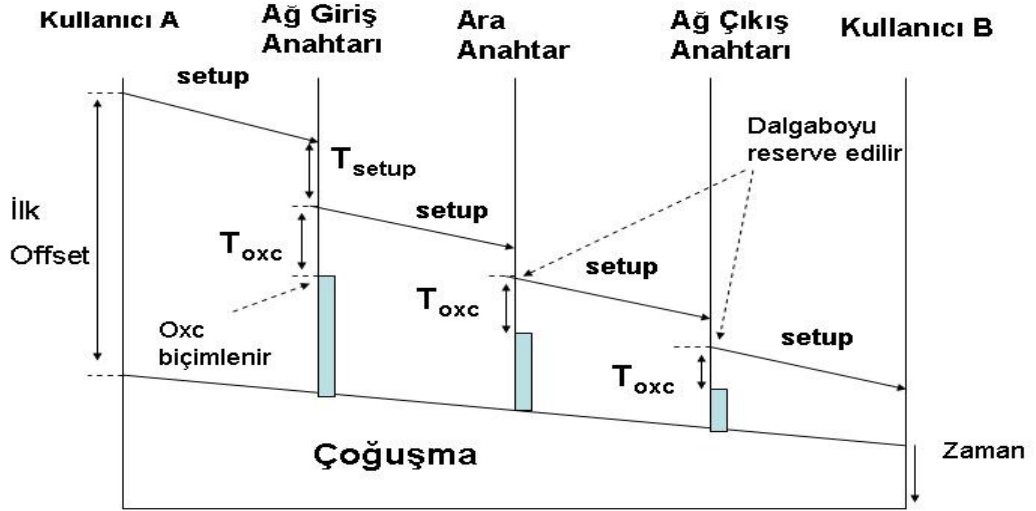
1. Anında rezervasyon ve zamanında bırakma (Immediate Setup with Timed Release)
2. Anında rezervasyon ve belirtilmiş bırakma (Immediate Setup with Explicit Release)
3. Gecikmeli rezervasyon ve zamanında bırakma (Delayed Setup with Timed Release)
4. Gecikmeli rezervasyon ve belirtilmiş bırakma (Delayed Setup with Explicit Release)

Bu tekniklerden ilk ikisi JIT protokolünde, üçüncü teknikte JET ve Horizon protokollerinde kullanılmaktadır. Tekniklerden ilk ikisi Anında Rezervasyon yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntemde rezervasyon mesajı OBS düğümünde işlendiği gibi rezervasyon işlemi gerçekleştirilir. Gecikmeli Rezervasyon'da ise rezervasyon işlemi gelecek çoğuşmanın OBS düğümüne varacağı zamanda gerçekleştirilir. Bunun için

rezervasyon mesajı, çoğuşmanın OBS düğümüne ne zaman geleceği bilgisini içermektedir. Zamanında Bırakma yönteminde kontrol paketi çoğuşmanın uzunluğu bilgisini içerir. Bu bilgi sayesinde OBS düğümündeki OxC birimlerinin ne zaman serbest kalacağı belirlenir. Belirtilmiş Bırakma tekniğinde ise çoğuşma için rezerve edilen kaynak bir rezervasyon bırakma mesajı geldikten sonra serbest kalır.

2.2.5 Anında Rezervasyon Protokolü – JIT – Just In Time

JIT protokolünün çalışma prensibine göre bir düğüme, rezervasyon mesajı gelir gelmez çoğuşma için uygun bir çıkış dalgaboyu tahsis eder. Eğer o anda herhangi bir dalgaboyu rezervasyonu yapılamıyorsa, rezervasyon mesajı reddedilir ve gelecek olan çoğuşma geldiğinde çöpe gönderilir.

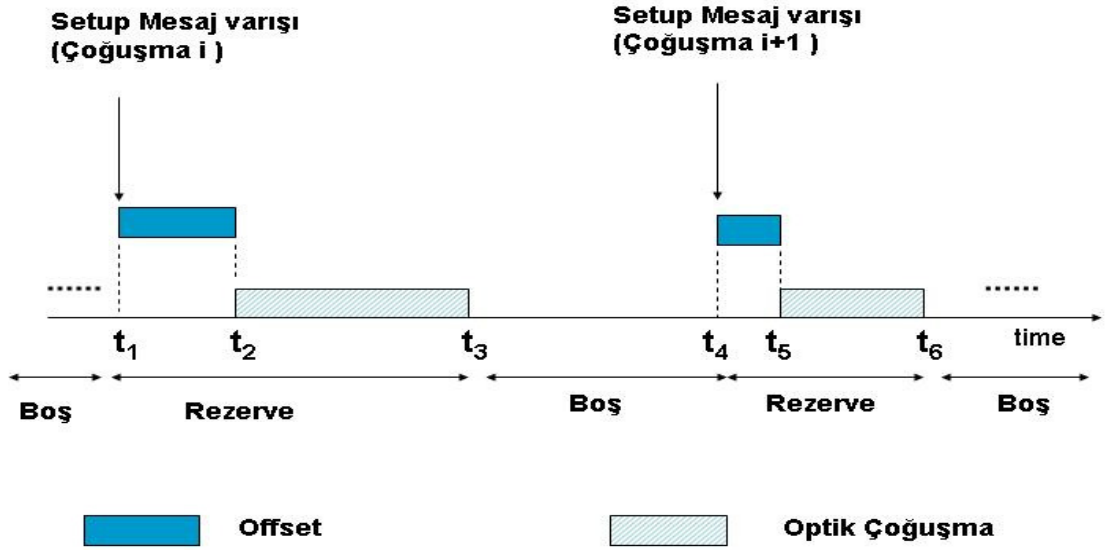


Şekil 2.13 : JIT Protokolünün Çalışma Yapısı

Şekil 2.13’de JIT’in çalışma prensibi gösterilmektedir. t ’nin, kurulum mesajının yol boyunca ilerlemesi sırasında herhangi iki OxC arasında geçen zaman olduğunu düşünelim. Rezervasyon paketinin bir OBS düğümünde işlenmesi için gereken süre T_{setup} , OxC birimlerinin çoğuşmanın yönlendirilmesi için gerekli süre T_{oxc} ile gösterilmiştir. Buna göre rezervasyon mesajı iletimi $t + T_{setup}$ kadarlık bir süre içinde

bitecektir. Gelen bir çoğuşma için hemen bir dalga boyu rezerve edilir ve OxC ünitesi çoğuşma için anahtarlanır. Bu işlem $t + T_{setup} + T_{oxc}$ zamanda gerçekleşir ve bu anda OxC çoğuşmayı taşımaya hazırdır. Sonuç olarak dalga boyu bir zaman dilimi boyunca boş olarak kalır.

Aynı zamanda yol boyunca ilerlerken her OxC de ofset zamanı düşer. Yani en derindeki ağ düğümünde OxC'nin ayarlanma zamanı ile çoğuşmanın varışı arasında kalan boş zaman kısalmır. Şekil 2.14'te, bir OBS düğümünün tek bir çıkış işleminde anlık rezervasyonunun nasıl çalıştığını başka bir açıdan gösterilmektedir. Her bir dalga boyu iki farklı durumda yani rezerve edilmiş ve boşta durumunda olabilir. Şekil 2.14'te, i ve $i+1$, iki ard arda gelen çoğuşmayı göstermektedir. Bu çoğuşmalar aynı dalga boyunda başarılı bir şekilde iletilmiş. Gördüğümüz gibi anahtara t_1 zamanında varan rezervasyon mesajı i . çoğuşmanın varışına karşılık gelir. Bu an dalga boyunun rezerve edilmemiş olduğunu varsayalım. Bu mesaj kabul edilir ve dalga boyunun durumu rezerve edilmiş olur ve ofsete eşit bir süre diliminden sonra çoğuşmanın ilk biti t_2 anında anahtara gelir. Çoğuşmanın son biti t_3 anında anahtara varır ki bu anda ilgili dalga boyunun durumu boş(rezerve edilmemiş) yapılıır t_1 ile t_3 arasında bir rezervasyon mesajı ilgili dalga boyu için anahtara gelirse o anda dalga boyu rezerve edilmiş olduğundan ilgili mesaj reddedilecektir. Çünkü dalga boyu hemen rezerve edilemeyecektir burada $t_3 - t_1$ zaman dilimi, ofset değeri ile çoğuşmanın zamansal uzunluğunun toplamına eşittir.

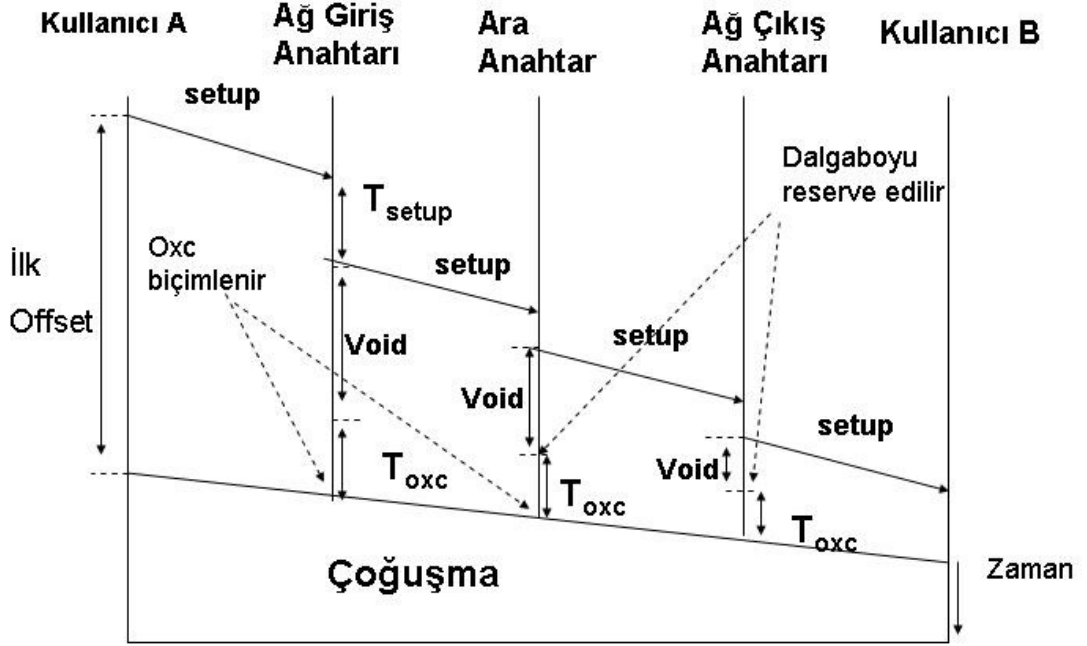


Şekil 2.14 : JIT Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi

Şekil 2.14'te de gösterildiği gibi anında rezervasyon protokolü çok basittir. Dalga boyları zamansal parçalara göre rezerve edilmiştir. Rezerve edilmiş bir zaman diliminin uzunluğu, çoğuşmanın zamansal uzunluğu ile ofsetin zamanının toplamına eşittir böylece boş zaman (rezerve edilmemiş zaman) bir sonraki rezervasyon mesajı gelene kadardır. Aynı zamanda her dalga boyu üzerinde ilk gelen ilk hizmeti alır. (First come – First served - FCFS) mantığı ile çoğuşmalar için rezervasyon yapılır. Burada ilk gelenden kasıt rezervasyon mesajlarının gelişidir.

2.2.5 Zamanında Rezervasyon Protokolü – JET – Just Enough Time

Çalışma prensibi şöyledir: Bir çıkış dalga boyu, ilgili çoğuşmanın ilk biti geldiği an rezerve edilir. Gelen rezervasyon mesajı istediği dalga boyu uygun değilse ve başka dalga boyunun tahsisi de mümkün değil ise, rezervasyon mesajı reddedilir ve gelecek olan çoğuşma geldiği zaman çöpe gider.



Şekil 2.15 : JET Protokolü Çalışma Yapısı

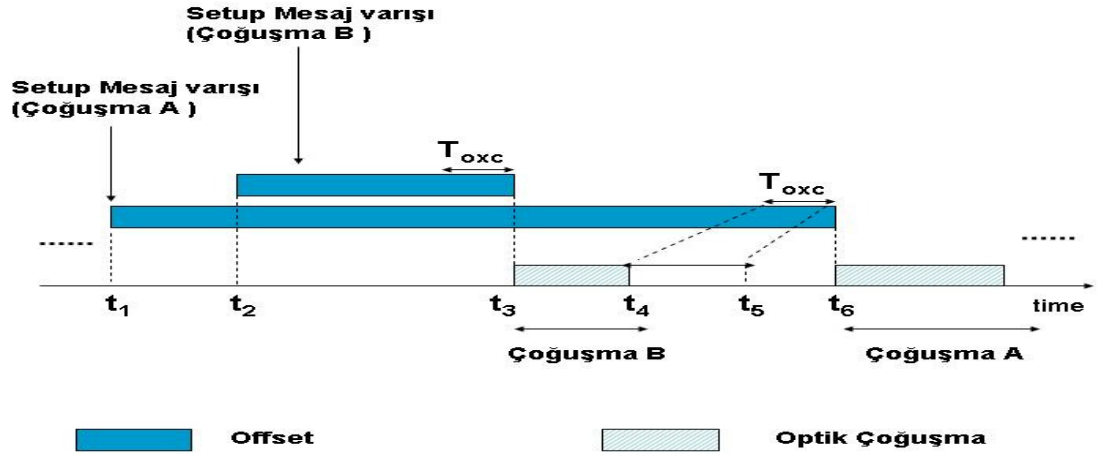
Şekil 2.15'te gecikmeli rezervasyonun uygulamasını görmekteyiz. İlgili OBS düğümüne t anında bir rezervasyon mesajı geldiğini varsayalım. Bu durumda ilgili çoğuşma $t + T_{ofset}$ anında düğümümüze giriş yapmış olacak. Çoğuşmanın kabul edilebileceğini varsayalım. Buna göre istenen dalga boyunun ilgili çoğuşma için rezerve edilmeye başlangıç anı $t' = t + T_{ofset} - T_{oxc}$ olur. Şekildeki gibi t' anında OBS düğümü, anahtarlama ünitesine, anahtarlama elemanlarının çoğuşma için düzenlenmesini ister. Bu işlem çoğuşmanın ilk biti gelmeden hemen önce tamamlanır. Anında rezervasyon tekniğinde belli bir anda sadece bir rezervasyon yapılabilirken, gecikmeli rezervasyonda ise birden çok rezervasyon yapılabilir. Bir çoğuşma kabul edildiği zaman ilgili çıkış dalga boyu, çoğuşmanın zamansal uzunluğu $+T_{oxc}$ (OxC biriminin ayarlanma zamanı) kadar meşgul edilir.

Şekil 2.15'te de görüldüğü gibi OxC deki ilgili dalga boyunda boşluk (void) oluşma zamanı $t + T_{setup}$ 'tir. Ayrıca $t' = t + T_{ofset} - T_{oxc}$ zamanında ise dalga boyu gerçekten çoğuşma için rezerve edilir. Çoğuşmayla rezervasyon mesajı arasındaki boşluk yol üzerinde her bir düğüm ilerlemede boyut olarak kısılacaktır.

Oluşan bu boşluğun nasıl kullanılacağına ilişkin olarak çeşitli algoritmalar ön plana çıkmıştır bunlara “boşluk doldurma algoritmaları” denir. JET en iyi bilinen boşluk doldurma algoritmasıdır.

Bir çıkış dalga boyu için, çoğuşmanın ilgili düğüme varış zamanı, dalga boyunun zaman horizonundan sonra ise ilgili çoğuşma için rezervasyon yapılır yada çoğuşma varış anı dalga boyunun boş bir vaktine denk geliyorsa ve çoğuşmanın düğümde kalış zamanına T_{setup} rezervasyon mesajı çözümleme zamanı eklendiği halde çoğuşmalar arasında bir çakışma olmuyorsa ilgili çoğuşma için tahsis işlemi yapılır, yok eğer gelen rezervasyon mesajı hiçbir dalga boyu için uygun bir durum bulamıyorsa düğüm bu mesajı reddeder ve gelecek olan çoğuşma geldiği zaman çöpe gider.

JET’in çoğuşma düşürme ihtimalinin JIT ve horizon yöntemine göre daha düşük olduğu beklenebilir. Ayrıca JET algoritması herhangi bir dalga boyunun her boşluğunu başlangıç ve bitiş indeksini tuttuğu ve sürekli kontrol ettiği için uygulanmasının JIT ve horizondan daha karmaşık olduğu söylenebilir.



Şekil 2.16 : JET Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi

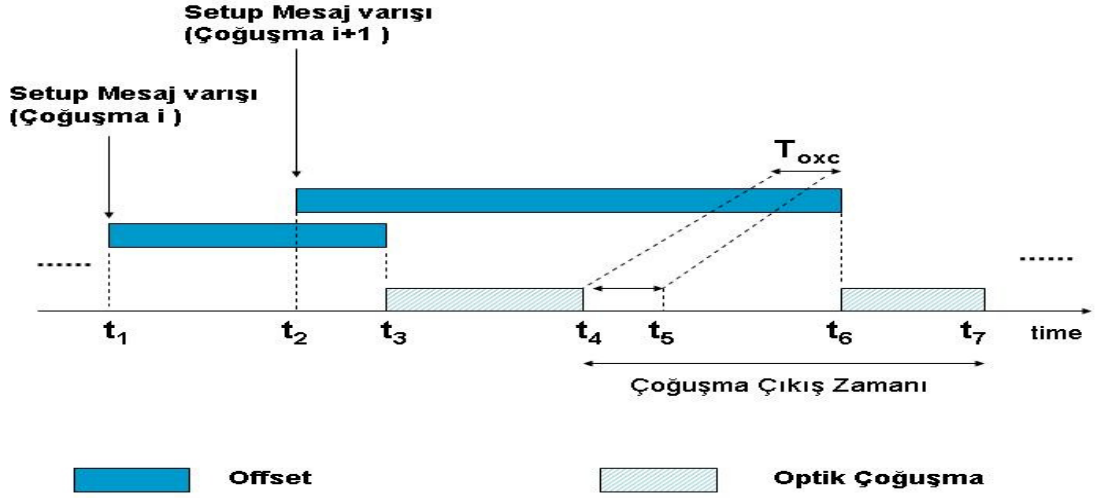
Şekil 2.16, JET’in boşluk doldurma işlemini göstermektedir. şekilde A ve B çoğuşmaları aynı dalga boyunu çıkış olarak kullanmak istemekteler. A’nın rezervasyon mesajı OBS düğümüne daha erken geliyor ve hemen ardından B çoğuşması için rezervasyon mesajı varıyor. görüldüğü gibi A’nın ofset zamanı çok daha uzundur.

düğüm henüz A için fiziksel bir anahtarlama, dalga boyu tahsisi yapmaz ama A çoğuşmasının ilk bitinin sisteme giriş yapacağı t_6 zamanı hesaba katılarak, arada bir zamansal boşluk oluşturulur. Bu durumda B çoğuşmasının rezervasyon mesajı t_2 anında gelir ve henüz bu boşluk için başka bir çoğuşmaya her hangi bir rezervasyon planlaması yapılmamıştır. bu durumda OBS düğümü, B çoğuşmasının rezervasyon mesajından B çoğuşmasının varış ve ayrılış zamanını elde eder. Buradan B çoğuşmasının A'dan önce geleceği anlaşılır. Bu durumda boşluk doldurma algoritması devreye girer ve yeni bir çoğuşmanın kabul edilip edilemeyeceğini hesaplar. Yeni çoğuşmanın kabul edilebilmesi için B çoğuşmasının iletiminin sonu ile A çoğuşmasının varış anı arasında düğümün ayarlanması için yeterli zaman olmalıdır. Şekil 2.16'ya göre B çoğuşması kabul edilmiş ve A çoğuşması henüz gelmeden servis işlemleri tamamlanmıştır.

2.2.5 Horizon Protokolü

Horizon protokolü çalışma prensibi bakımından JET protokolü ile neredeyse aynıdır. Aralarındaki tek fark Horizon protokolü iki çoğuşma arasındaki boşluğu değerlendirmeye almaz. Böylece aradaki boşluğu hesaplamak için gereken ekstra yükten kaçınılmış olunur. Horizon, JET gibi gecikmeli rezervasyon yöntemini kullanır. Horizonta her dalga boyu üzerinde bir zaman horizonu ile ilişkili olarak çoğuşma rezervasyonu yapılır. Bu zaman horizonu dalga boyunun bir çoğuşma tarafından kullanılmasının planlanmasından sonraki en erken vakit olarak tanımlanır. Horizonun çalışma tarzı şu şekildedir:

Gelecek olan bir çoğuşma için bir çıkış dalga boyu, eğer çoğuşmanın OBS'ye varış anı dalga boyunun zaman horizonundan daha geç bir vakitte ise ilgili dalga boyu çoğuşma için tahsis edilir. Gelen rezervasyon mesajından sağlanan verilere göre, gelecek olan çoğuşmanın varışı herhangi bir dalga boyunun en küçük zaman horizonundan daha erkense ilgili rezervasyon mesajı reddedilir ve gelecek olan çoğuşma geldiğinde çöpe atılır.



Şekil 2.17 : Horizon Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi

Bir çoğuşma için ilgili dalga boyu üzerinde planlama yapıldığı zaman dalga boyunun zaman horizonu $T_{oxc} + \text{çoğuşmanın geliş anı aralığına}$ güncellenir. Bununla birlikte yeni bir dalga boyunun gelebilmesi için, bütün çoğuşmaların ilgili dalga boyu için ayrılmış olması lazımdır.

t_7 Şekil 2.17, horizon modeline göre iki çoğuşmanın tek bir dalga boyu üzerinden başarılı bir şekilde iletimini gösteriyor. buna göre çoğuşma için rezervasyon mesajı OBS düğümüne t_1 anında varıyor ve bu çoğuşmanın son biti t_4 anında OBS düğümünden ayrılıyor. Bu arada yeni bir çoğuşma için OxC, T_{oxc} kadarlık bir düzenleme zamanına ihtiyaç duyar. Bu da $t_5 = t_4 + T_{oxc}$ zamanında tamamlanıyor. bu T_{oxc} diliminde bir çoğuşma iletimi planlanmaz, boşluk olarak bırakılır. böylece t_1 anında i çoğuşması kabul edilmiş ve t_5 anı dalga boyumuzun zaman horizonu olmuştur.

Şimdi $t_1 - t_2$ anında yeni bir rezervasyon mesajının $i+1$ çoğuşması için geldiğini varsayalım. OBS düğümü rezervasyon mesajını ayıklayarak, ilgili çoğuşmanın ilk bitinin ne zaman geleceğini belirler. Buna göre $i+1$ çoğuşması t_6 anında sisteme giriş yapacaktır. Bunun için ilgili dalga boyunda, $t_6 - t_7$ zaman aralıkları $i+1$ çoğuşması için

tahsis edilir. Horizon zamanı ise $t_7 + T_{oxc}$ olarak ayarlanır. burada t_7 , $i+1$ çoğuşmasının son bitinin ayrılışı anıdır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

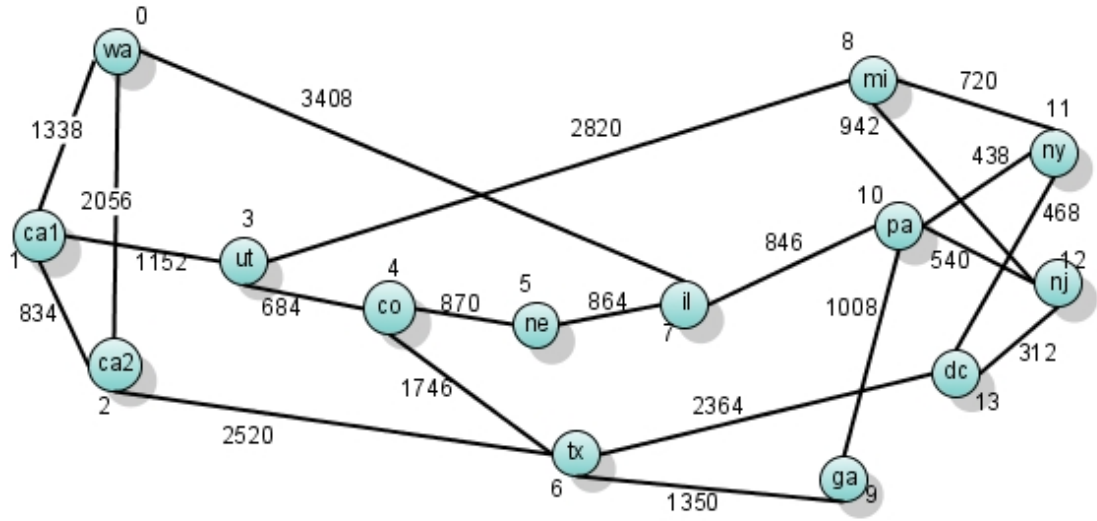
OBS ağları temel olarak paket anahtarlama teknolojisi ile devre anahtarlama teknolojisi arasında yer almaktadır. OBS’de veri çoğuşma denilen kümeler şeklinde ağ üzerinde taşınmaktadır. Çoğuşmalar ağ üzerinde tamamen optik ortamda taşınmaktadır. Bunun sağlanabilmesi için çoğuşmadan önce çoğuşmanın geçeceği OBS düğümlerini çoğuşmanın hedefine kesintisiz gitmesini sağlayacak şekilde ayarlayan bir rezervasyon mesajına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu rezervasyon mesajı OBS düğümlerine vardığında elektronik ortama aktarılarak işlenmektedir. Sistemin tam optik çalışması istense de günümüz teknolojisi ile optik ortamda bir rezervasyon mesajının işlenmesi mümkün değildir. OBS’i OPS teknolojisine göre öne çıkaran da işte bu imkansızlıktır.

OBS ağında çoğuşmalar, rezervasyon mesajı ardından belirli bir süre sonra herhangi bir cevap beklenmeksizin gönderildiğinden ağ üzerinde çoğuşma çakışmaları ve bundan dolayı kayıplar kaçınılmazdır. Çoğuşma kayıplarını azaltmak için JET gibi yöntemlerin kullanılması mantıklı gözükse de gerektirdiği donanımsal yük ve çalışma süresinin uzun olmasından dolayı kesin bir üstünlük olduğu söylenemez.

Bu tezde yapılan simülasyon çalışmasında OBS ağlardaki JIT , JET , Horizon protokolleri karşılaştırılmıştır.

3.1 SİMÜLE EDİLEN OBS AĞI

Yapılan çalışmada Amerika Birleşik Devletleri’ndeki optik ağ ortamı gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ağ topolojisinde 14 tane optik yönlendirici bulunmaktadır. Ağdaki her yönlendirici hem çekirdek düğüm (core node) hem de kenar düğüm (edge node) görevini yerine getirebilmektedir. Yani her düğümün kullanıcılardan gelen IP, ATM, SONET gibi değişik türde gelen trafikleri toplayıp çoğuşma oluşturma özelliği olduğu gibi, OxC elemanlarını kullanıp diğer nodelardan gelen çoğuşmaları hedeflerine yönlendirme kapasitesi vardır.



Şekil 3.1 : NSFNET Topolojisi

Şekil 3.1’de ABD’de bulunan optik yönlendiricilerin buldukları şehirler ve aralarındaki mesafeler gösterilmiştir. Simülasyon çalışması için düğümler sayısal olarak tekrardan numaralandırılmış ve bu numaralar şekilde düğümlerin yanlarına yazılmıştır. Şekildeki her düğüm simülasyon ortamında iki düğüm şeklinde gerçekleşmektedir. Örneğin simülasyonda 0 “wa” düğümü için kenar düğümü temsil ederken 15 kodu da “wa” düğümü için çekirdek düğümü temsil edecektir.

3.2 SİMULASYON ORTAMI

Simülasyon programı olarak bilimsel çevrelerce yaygın olarak kullanılan NS2 (Network Simulator 2) kullanılmıştır.

NS ağ araştırmalarının yapılması için geliştirilmiş ve mimarisinde ayrık olaylar kullanan bir simulatördür. NS; TCP, yönlendirme, multicast protokoller, kablolu ve kablosuz haberleşme çeşitleri ve bunların bir çok alt dalı için destek sunmaktadır. NS ilk olarak 1989’da “Real Network simulator” ün bir varyasyonu olarak başlamış ve son birkaç yılda hızlıca gelişme göstermiştir.1995 yılında NS in geliştirilmesine DARPA, VINT projesi ile destek vermiştir. Halen NS’in geliştirilmesi DARPA’nın SAMAN ve

NSF'in CONSER araştırmaları ile desteklenmektedir. Ayrıca NS daha bir çok grubun yaptığı araştırma faaliyetleri ile de desteklenmektedir.

NS2 kendi içerisinde tam optik ağlar için düzenlenmiş bir framework sunmamaktadır. NS2 zerine bu amaçla yazılmış OBS-NS kalıbı geliştirilerek simülasyon çalışmalarında kullanılmıştır.

OBS-NS University of Maryland DAWN araştırma grubu tarafından geliştirilmiş ve daha sonra Optical Internet Research Center (OIRC) ve Samsung Advanced Institute of Technology (SAIT) tarafından bazı yönleri yenilenmiştir. [14]

Simulasyon alışmasında OBS-NS yapısı birden fazla protokolü destekleyecek yapıda yeniden düzenlenmiştir.

3.3 OBS AĞINI SİMÜLE EDERKEN KULLANILAN PARAMETRELER

OBS ağında karşılaştırılan  protokol (JIT, JET , Horizon) temel olarak aynı ağ ortamı üzerinde çalışabilmektedirler. Bunun yanında daha önce de belirttiğimiz gibi JET ve Horizon protokollerinin rezervasyon paketini işleme süreleri JIT'e kıyasla daha uzun olacaktır.

şu an ticar alanda kullanılan MEMs devreleri için JIT protokolünde rezervasyon mesajının işlenme süresi 12,5 mikro saniye olarak hesaplanmaktadır. JET ve Horizon'un gerçeklenmiş örnekleri bulunmamakla beraber Horizon'un JIT'e kıyasla iki kat yk getireceği varsayılarak rezervasyon mesajı işleme süresini 25 mikro saniye alabiliriz. JET protokolü ise Horizon'dan farklı olarak boşluk doldurma algoritması işlediği için ektradan bir yük getirecektir. JET için de rezervasyon mesajı işleme süresi olarak 50 mikrosaniye alacağız.

OBS ağındaki performansın temel unsurlarından biri de çoğuşma oluşumunun ayarlamasıdır. Her kenar düğümde ağdaki diğer tüm kenar düğümler için çoğuşma oluşturacak bir çoğuşma yöneticisi bulunması gerekmektedir. Çoğuşma yöneticisinin

temel görevi hedefindeki kenar düğüm için oluşacak çoğuşmaların oluşturulma zamanını hesaplamasıdır. Bunu yaparken iki noktaya bakar: Birincisi bir çoğuşmanın oluşumu için bekleyeceği maksimum süre (çoğuşma bekleme sonlanması – burst timeout) ikincisi ise izin verilecek en uzun çoğuşma boyutudur (maximum burst size). OBS ağları çoğuşma oluştururken bu iki yöntemden birini veya her ikisini birden kullanabilir. Yaptığımız simülasyonda bu parametrelerin her ikisi birden kullanılacaktır. Maksimum çoğuşma uzunluğu olarak 128kb değeri alınmıştır. Çoğuşma bekleme sonlanması için 200 mikrosaniye değeri alınmıştır.

JIT,JET, Horizon protokolleri farklı rezervasyon sürelerine sahip olarak alındıklarından çoğuşmaların hedefe kadar rezervasyon mesajını geçmeden gidebilmeleri için ofset zamanlarının da buna göre düzenlenmesi gerekmektedir. Bunun için ofset zamanları JIT: 100 mikro saniye, Horizon: 175 mikrosaniye ve JET: 350 mikro saniye olarak alınmıştır.

Kenar düğümlerde oluşturulan çoğuşmaların birbirini ezmemesi için tampon kullanılmıştır. Kullanılan tampon boyutu 500kb'dir.

Hatlardaki gecikme süreleri hattın uzunluğu ile ışık hızının oranlanması ile elde edilmiştir. Düğümler arası fiber hatlarda 5 dalga boyunun bulunduğu varsayılmıştır. 5 dalgaboyundan bir tanesi rezervasyon mesajlarının iletildiği kontrol kanalı için diğer 4 tanesi ise çoğuşmaların iletileceği veri kanalları için ayrılmıştır. Her bir dalga boyunun taşıyabileceği yük kapasitesi 10Gbps olarak alınmıştır.

Trafik üretici olarak iki durumlu Markov modeli kullanılmıştır (MMPP). Sisteme 14 kenar düğümden diğer tüm düğümlere gönderilmek üzere trafik üretilmektedir. Üretilen trafik üç değişik sınıf olarak düşünülmüştür. Bu sınıflar 50 Byte, 500 Byte ve 1500 Byte boyutunda paketler içermektedir. Trafik sınıflarının üretilme oranları ortalama olarak 50Byte'lık paketler için %10, 500Byte'lık paketler için %40 ve 1500Byte'lık paketler için %50 alınmıştır.

Çalışmada JIT, JET ve Horizon protokollerinin hizmet erişim süreleri, noktadan noktaya erişim süreleri , düşme oranlar karşılaştırılmıştır.

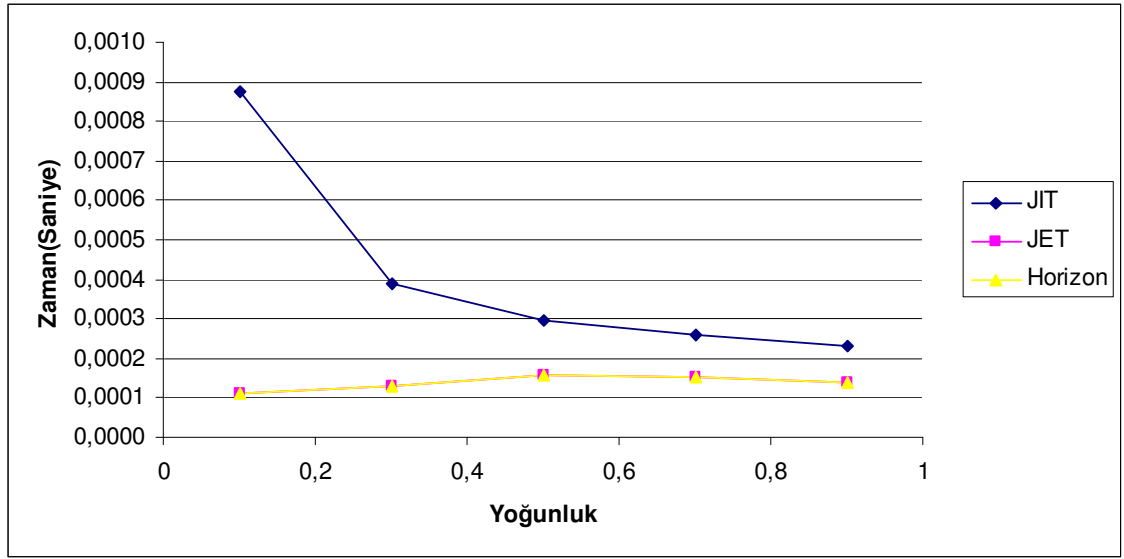
4. BULGULAR

Yapılan çalışmalarda iki durumlu MMPP modeline göre 3 farklı sınıfta üretilmiş trafik OBS ağındaki kenar düğümlerin hepsine aynı anda uygulanmıştır. Ağın performansı üç protokolle 5 saniye sürelik bir zaman dilimi için değişik yoğunluklarda çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Kullanıcıların gönderdikleri paketler kenar düğümlerde tamponlanarak çoğuşma oluşturulmakta ve hizmet alabilmek için sıraya sokulmaktadırlar. Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de . JIT , JET ve Horizon protokollerinin yoğunluklara göre hizmet erişim zamanları, yani gelen paketin optik ağa bırakılma zamanları gösterilmiştir.

Tablo 4-1: JIT,JET,Horizon Protokollerinde Gelen Paketlerin Hizmet Erişim Zamanları

Yoğunluk	JIT	JET	Horizon
0,1	0,0008757561	0,0001132267	0,0001132267
0,3	0,0003899979	0,0001299961	0,0001299160
0,5	0,0002940024	0,0001590910	0,0001590876
0,7	0,0002570825	0,0001513805	0,0001513805
0,9	0,0002324493	0,0001376127	0,0001376127



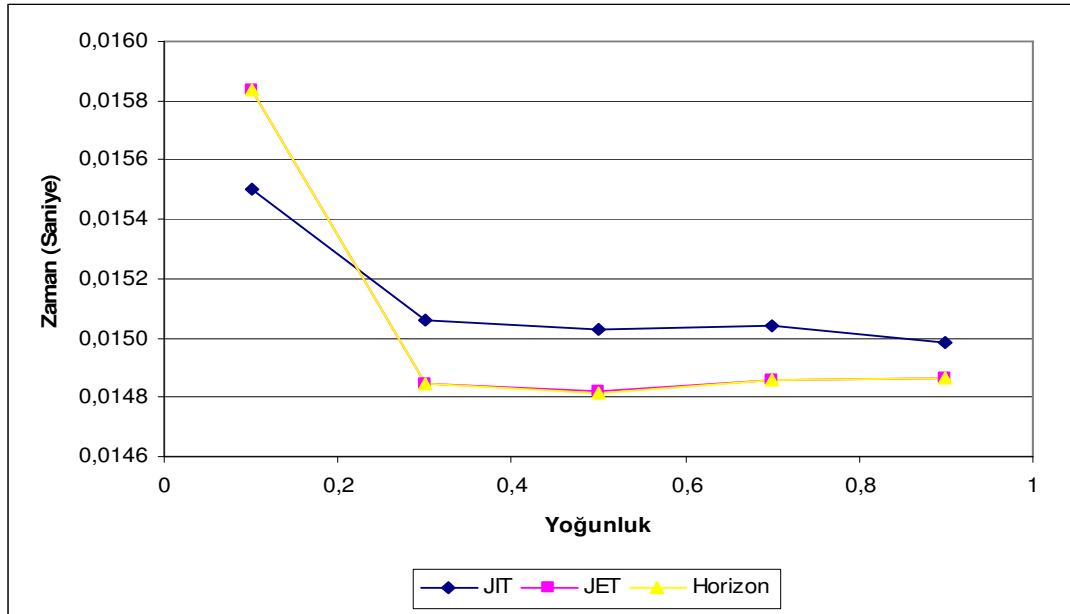
Şekil 4.1: JIT ,JET , Horizon Protokollerinde Hizmet Erişim Zamanları

Hizmet erişim sürelerinin yoğunluk arttıkça iyileşmesinin nedeni maksimum çoğuşma uzunluğuna erişen paket sayılarının artmasından dolayı çoğuşmaların ağa daha erken bırakılmasıdır. JIT protokolü ağı daha fazla meşgul durumda bıraktığından kenar düğümlerde tampon bellekte bekleme süresi JET ve Horizon protokollerine göre daha fazla olmaktadır.

Kenar düğümlerde oluşturulan çoğuşmaların hedef düğümlere erişimi için geçen zamanın JIT , JET , Horizon protokollerinde değişik yoğunluk altındaki değerleri Tablo 4.2 ve şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4-2: JIT, JET , Horizon Protokollerinde Noktadan Noktaya Erişim Süreleri

Yoğunluk	JIT	JET	Horizon
0,1	0,015501	0,015838	0,015838
0,3	0,015061	0,014847	0,014848
0,5	0,015027	0,014821	0,014815
0,7	0,015041	0,014856	0,014856
0,9	0,014986	0,014865	0,014865



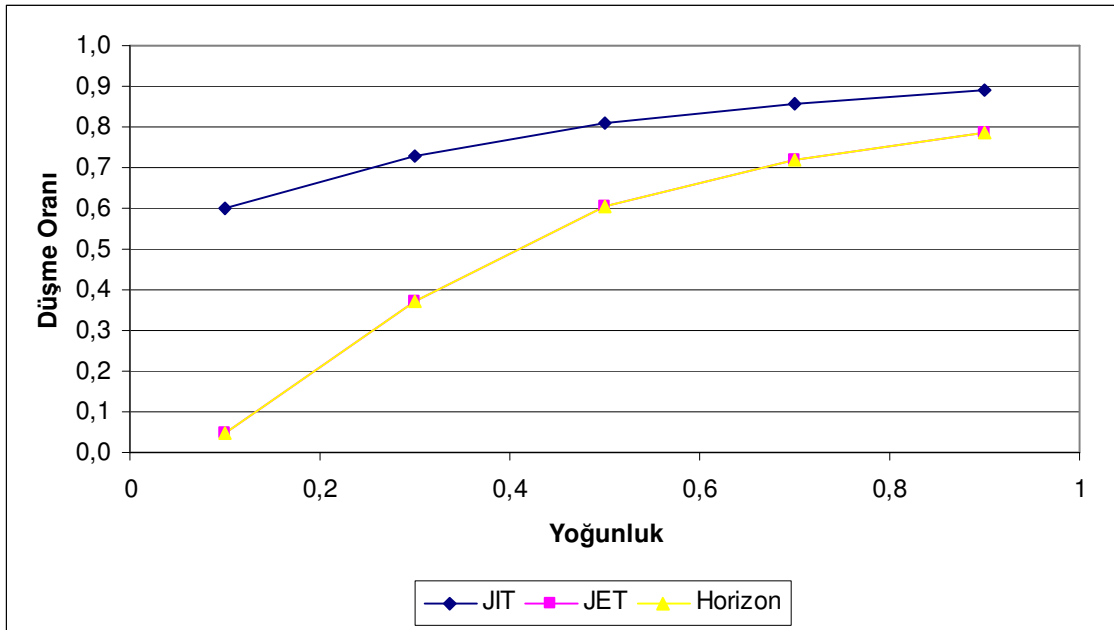
Şekil 4.2: JIT , JET , Horizon Protokollerinde Noktadan Noktaya Erişim Zamanları

Noktadan noktaya erişim sürelerinde JIT düşük yoğunlukta iyi iken yoğunluk artınca kötüleşmektedir. Az yoğun ortamda JIT protokolünün daha iyi sonuç üretmesi ofset süresinin diğer protokollere göre az olmasından kaynaklandığını düşünebiliriz. Artan yoğunlukla noktadan noktaya erişim süreleri direk olarak hizmet erişim sürelerinden etkilenmektedir. Çünkü optik ortamda her üç protokol için ara düğümlerde bir tamponlama ve gecikme yoktur.

OBS ağlarındaki en önemli performans kriterlerinden biri de çoğuşmaların düşme oranıdır. Çoğuşma düşmeleri çekirdek OBS düğümlerindeki çakışmalardan meydana gelmektedir. Bu çakışmalar ya kontrol kanalında düğüme gelen rezervasyon paketini gönderecek bir dalga boyu bulunamamasından yada çoğuşmanın gönderileceği yöndeki veri kanallarının tamamının gelen çoğuşma için uygun bir aralık bırakmaksızın rezerve edilmesinden dolayı gerçekleşmektedir. Tablo 4.3 ve Şekil 4.3’de JIT , JET , Horizon Protokollerinin değişik yoğunluklar altında çoğuşma kayıp oranları gösterilmiştir.

Tablo 4-3: JIT ,JET , Horizon Protokollerinde Çoğuşma Düşme Oranları

Yoğunluk	JIT	JET	Horizon
0,1	0,6004243122	0,0453806418	0,0454143791
0,3	0,7302447512	0,3723525927	0,3722084822
0,5	0,8089219102	0,6025645785	0,6025784796
0,7	0,8592306979	0,7193850975	0,7193850975
0,9	0,8897984569	0,7837065469	0,7837065469



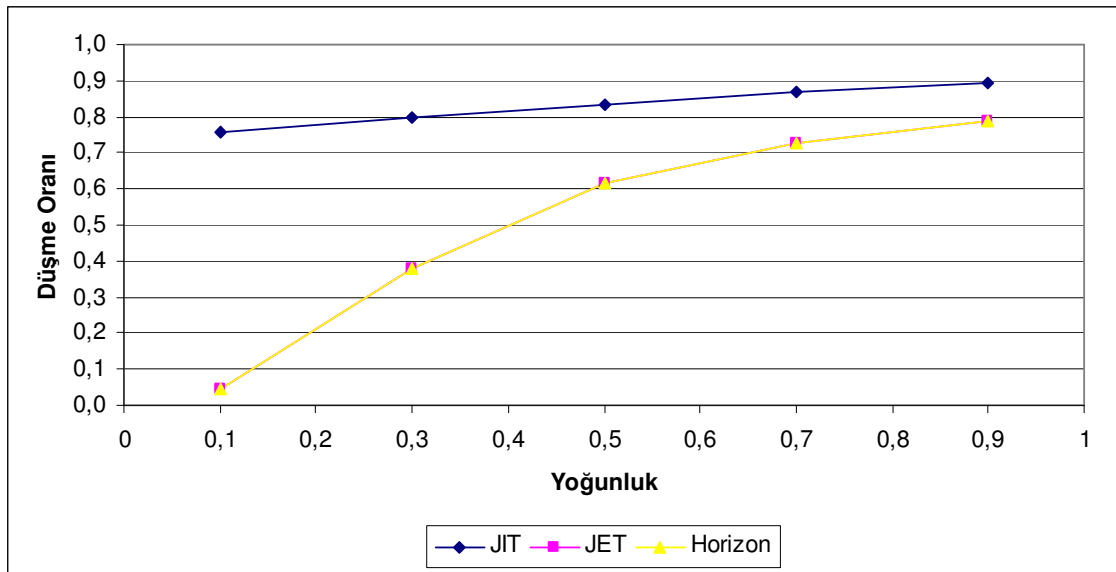
Şekil 4.3: JIT ,JET , Horizon Protokollerinde Çoğuşma Düşme Oranları

Çoğuşma düşme oranları özellikle ağın yoğunluğu artırıldıkça çok yüksek değerlere tırmanmaktadır. Çoğuşma düşme oranı açısından JIT protokolü, JET ve Horizon protokollerine göre bariz olarak fazladır.

Son kullanıcı açısından ağın performansını ölçerken çoğuşma düşme oranları ağın taşıma kapasitesi açısından yanıltıcı olabilmektedir. Ağın performansını karşılaştırmak için gönderilen verilerdeki düşme oranına byte cinsinden de bakmak gerekir. Çünkü her çoğuşmanın uzunluğu eşit olmayacağından, düşen çoğuşmaların meydana getireceği veri kayıpları farklılık gösterebilir. JIT, JET, Horizon protokollerindeki byte düşme oranları Tablo 4.4 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4-4: JIT, JET, Horizon Protokollerinde Byte Düşme Oranları

Yoğunluk	JIT	JET	Horizon
0,1	0,7597787258	0,0454221202	0,0454246887
0,3	0,7980310949	0,3766864836	0,3767285616
0,5	0,8324007118	0,6179847579	0,6179751435
0,7	0,8691448067	0,7264293589	0,7264293589
0,9	0,8933780855	0,7870950070	0,7870950070

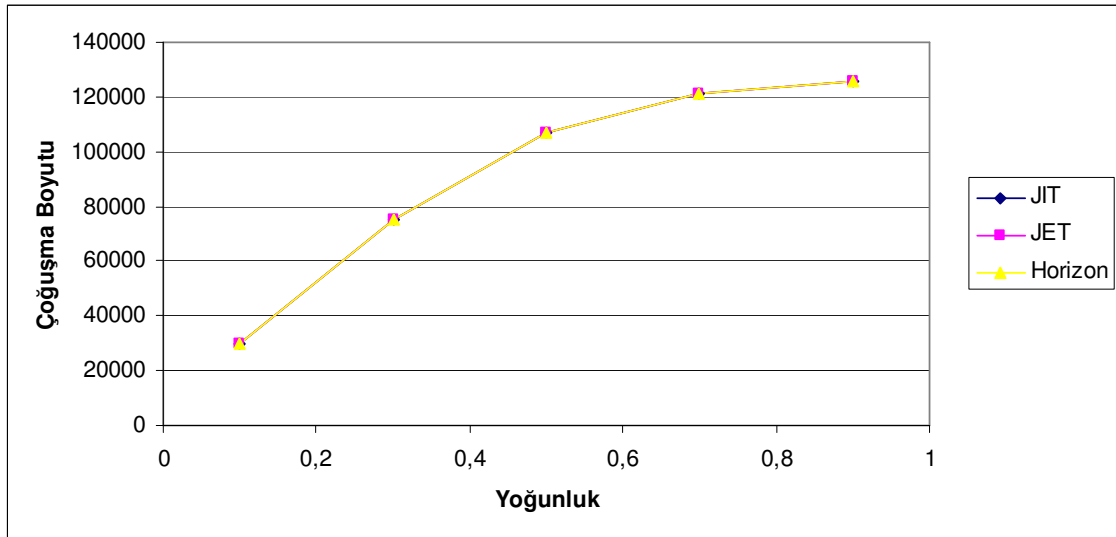


Şekil 4.4: JIT, JET, Horizon Protokollerinde Byte Düşme Oranları

OBS ağında, trafiğinin yoğunluğuna ve gelen paket sıklıklarına göre hibrit bir çoğuşma oluşturma mekanizması izlendiği için gönderilen çoğuşma boyutları değişebilmektedir. Ağa paket bırakan WA kodlu yönlendiricinin oluşturduğu oğuşmaların JIT , JET, Horizon protokollerinde değişen ağ yoğunluklarındaki çoğuşma büyüklükleri Tablo 4.5 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4-5: JIT, JET, Horizon Protokollerinde WA Yönlendiricisinin Oluşturduğu oğuşma Boyutları

Yoğunluk	JIT	JET	Horizon
0,1	29524	29524	29524
0,3	75304	75304	75286
0,5	106642	106642	106646
0,7	121181	121184	121184
0,9	126062	126058	126058



Şekil 4.5: JIT, JET, Horizon Protokollerinde WA Yönlendiricisinin Oluşturduğu oğuşma Boyutları

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada yapılmış simülasyon programı NS2(Network Simulator 2) platformu üzerinde NSFNET optik ağ ortamını simüle etmiştir. Oluşturulan ağ üzerindeki her bir yönlendirici bir trafik kaynağı ve trafik alıcısı olarak düşünülmüştür. Her yönlendiricide 3 sınıf trafik paketi, her bir yönlendirici için iki durumlu MMPP trafik modeli kullanılarak üretilmiştir. Üretilen bu trafik OBS ağlarında geliştirilmekte olan JIT, JET ve Horizon protokolleri üzerinde denenmiş ve değişik parametrelere göre bu protokollerin gösterdikleri performans incelenmiştir.

4. bölümde elde edilen sonuçlara göre JET algoritması performans açısından iyi sonuçları vermektedir. Horizon algoritması JET algoritmasına yakın değerler üretmiştir. Normalde boşluk doldurma yöntemi kullanan JET protokolünün daha iyi sonuç vermesi beklenirken, simülasyonda görülen aşırı yoğun trafikte boşlukların (void) çok kısıtlı miktarlarda oluştuğudur. Horizonta göre bu avantajını kullanamayan JET yöntemi bu nedenle yakın sonuçlar üretmiştir. JIT algoritması daima kötü sonuçlar üretmektedir. Bunun başlıca nedeni ağın veri taşıma kanalını ofset zamanı boyunca rezerve etmesinden dolayı ağın taşıma kapasitesini yüksek oranda düşürüyor olmasıdır.

Günümüzde JIT, OBS ağlarda kullanılan bir yöntemdir. JET ve Horizon algoritmaları ise donanımsal olarak daha karmaşık olduğundan gerçekleşmesi zordur. JIT performans açısından ağı yeterli ölçüde kullanamadığından gelecekte JET yönteminin kullanılması düşünülmektedir.

Henüz Optik Paket Anahtarlama ağların gerçekleştirilmesi mümkün görülmediğinden OBS anahtarlama yöntemi optik ağların geleceği için bir ışık tutmaktadır. Gerçekte arzu edile ise tam optik olarak paket anahtarlama yapılabilmesidir.

Bu çalışmada ara düğümlerde optik çoğuşmaların çakışmaması için kullanılan FDL hatları kullanılmamıştır. Geleceğe yönelik çalışmalarda FDL hatlarının bu protokoller üzerinde etkisi ölçülebilir. İleriki çalışmalarda, öncelikli paketlerin düşme oranlarının en aza indirilmesi için kullanılan algortmaların sistem üzerindeki etkileri ve başarımları ölçülecektir.

KAYNAKLAR

1. RAMASWAMI, R. ve SIVARAJAN, K.N., 2002, *Optical Networks*, Morgan Kaufmann, United States of America, 1-55860-655-6.
2. MUKHERJEE, B., 2000, *WDM Optical Communication Networks: Progress and Challenges*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Vol.18, No.10.
3. PERROS, H.G., 2005, *Connection-oriented networks: SONET/SDH, ATM, MPLS, and optical networks*, John Wiley & Sons Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, ISBN 0-470-02163-2
4. XU, L., PERROS, H. G., ROUSKAS, G., 2001, Techniques for Optical Packet Switching and Optical Burst Switching, *IEEE Communications Magazine*, 136-142.
5. 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 Nisan 2007].
6. GOWDA, S, SHENAI, R.K, SIVALINGAM K.M, CANKAYA, H.C, 2003, Performance Evaluation of TCP over Optical Burst-Switched (OBS) WDM Networks, *IEEE International Conference on Communications*, Vol.2,1433-1437
7. TENG, J, ve ROUSKAS, G.N, 2003, *A Comparison of the JIT, JET, and Horizon Wavelength Reservation Schemes on A Single OBS Node*[online], North Carolina State University, <http://rousкас.csc.ncsu.edu/Publications/Conferences/WOBS-Teng-2003.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 5 Nisan 2007]
8. YAHYAGİL, İH., 2004, *Optik Ağlarda Tampon Boyutunun Ayarlanması*, Master Tezi.
9. KANTARCI, B, OKTUG, S.F, ATMACA, T, 2007, Performance of OBS techniques under self-similar traffic based on various burst assembly techniques, *Computer Communications*,30(2),315-325
10. KIRCI, P, 2005, *OBS Ağları Üzerinde Farklı Trafik Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi*, Master Tezi.
11. ROUSKAS, G.N, PERROS H.G, 2002, A Tutorial On Optical Networks, *Springer-Verlag*, 155-193
12. 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.

13. 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, 311–335,2007.
14. WEN, B, BHIDE, N.M, SHENAI, R.K, SIVAIINGAM, K.M, 2001, *Optical Wavelength Division Multiplexing (WDM) Network Simulator (OWns): Architecture and Performance Studies*[online], *Optical Networks Magazine Special Issue on "Simulation, CAD, and Measurement of Optical Networks"*, <http://dawn.cs.umbc.edu/software/owns.html> [Ziyaret Tarihi: Aralık 2006]

ÖZGEÇMİŞ

Özgür Can TURNA, 24.12.1982 tarihinde Rize’de doğdu. İlkokulu, Rize Çiftekavak İlköğretim Okulu’nda okudu. Ortaokulu Rize Anadolu Lisesi’nde okudu. 1997’de Trabzon Yomra Fen Lisesi’ne geçerek, 200’de Trabzon Yomra Fen Lisesi’nden mezun oldu.

200 yılında İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenime başladı. 2005 yılında fakülte ikinciliği derecesiyle bilgisayar mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2005 yılında, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.

Aralık 2005’te İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı ve halen aynı görevi sürdürmektedir.