

OBS Rezervasyon Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Performans Analizi

M.Ali AYDIN, A.Halim ZAİM, Özgür Can TURNA

Istanbul Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul
aydinali@istanbul.edu.tr, ahzaim@istanbul.edu.tr, ozcantur@istanbul.edu.tr

Özet: Bu çalışmada servis kalitesi içeren Optik Çoğuşma Anahtarlamalı ağlarda ki rezervasyon yöntemleri(JIT, JET,Horizon) karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Performans kriteri olarak bayt kayıp oranı ele alınmıştır. Simülasyon çalışmasında NS2 Ağ Simülasyon platformunda, 2 durumlu MMPP trafik üretici ile 5 düğümlü topoloji üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Çoğuşmalar; zamanaşımı ve maksimum uzunluk metotlarını kullanan hibrid bir modele göre üretilmektedir. Kenar ve çekirdek düğümlerde, önceliğe bağlı tamponlama ve paket bırakma yöntemi gibi servis kalitesi mekanizmaları kullanılmıştır. Simülasyon çalışmaları, ağın yoğunluğu arttıkça JIT(Just In Time) algoritmasının JET(Just Enough Time) ve Horizon kadar başarılı olmadığını göstermiştir. Servis kalitesi göz önünde bulundurulduğunda JET diğerlerine göre en iyi sonuçları vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Optik Çoğuşma Anahtarlama, QoS, Simülasyon, Bayt Düşme Oranı.

A Comparative Performance Analysis Of Obs Reservation Protocols

Abstract: This paper presents a comparative study reservation protocols(JIT,JET,Horizon) in Optical Burst Switching (OBS) with Quality of Service. In terms of performance criteria, loss rate in byte is considered. A 2-state MMPP traffic generator on a 5-node mesh network using NS2 Network Simulation platform is used for our tests. Bursts are created using a hybrid model that takes into account both timeout and maximum length methods. In edge and core nodes, there are different QoS mechanisms such as explicit tear down and priority based queuing. Simulation works have shown that JIT(Just In Time) algorithm is not as successful as JET(Just Enough Time) and Horizon when network load reaches high levels. JET algorithm gives better results compared to the other studied protocols while considering QoS.

Keywords: Optical Burst Switching (OBS), QoS, Simulation, Byte Drop Rate.

1. Giriş

Optik ağlar, mevcut bilgisayar ağlarında görülen birçok problemin çözümüne olanak tanır (Bant genişliği vs. gibi) ve çok yüksek bir kapasite sağlamanın yanı sıra, çeşitli hizmetlerin desteklediği ortak bir ağ alt yapısı da sağlar. Ayrıca optik ağlarda, bant genişliği esnek bir yapıda ihtiyaca göre ayarlanabilir[1],[2]. Bant genişliği gereksinimleri söz konusu ol-

duğunda, üç çözüm ortaya çıkmaktadır. Bunlar WR(Wavelength Routing), OPS(Optical Packet Switching) ve OBS(Optical Burst Switching)'dir.

WR ağlarda, ağ düğümleri arasında ışık yolu (lightpath) adı verilen, uzun vadeli devre bağlantıları kurulmaktadır. WR ağların temel kısıtlaması, tipik optik iletişimde olduğu gibi fiber başına düşen dalga boyu sayısının sınırlı

olmasıdır. Büyük boyutlu bir WR ağda, bu kısıtlı sayıdaki dalga boyları, tüm kaynak-hedef çiftleri arasında ışık yollarının kurulumu imkansız hale getirmektedir. OPS ağlarda kullanıcı trafiği optik paketlerde, kontrol bilgisiyle beraber taşınmaktadır. Kontrol bilgisi ele alınır ve her düğümde elektronik olarak işlenir. OPS ağlar, elektronik paket anahtarlamalı ağların yüksek yük ve tıkanma veya ağın düşmesi durumlarına karşı kolayca adapte olabilmesinden dolayı arzu edilen bir mimarıdır. OPS; optik ortamdan kaynaklanan teknolojik kısıtlamalar yüzünden henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. OBS; OPS'ye geçişte ara çözüm olarak önerilmiştir. Bir OBS ağı WDM fiberler ile birbirine bağlanmış olan çekirdek (core) düğümler ve uç cihazlardan meydana gelmektedir. Bir OBS çekirdek düğümü optik cross connect (OXC), elektronik anahtarlama kontrol ünitesi, yönlendirme ve sinyalleme işlemcilerinden oluşmaktadır[3]. Bir OXC, giriş portundan alınan bir optik sinyali çıkış portuna elektronik sinyale dönüştürmeden aktaran, tıkanmasız bir anahtardır. OBS uç cihazları bir OBS arayüzü içermektedir ve bir IP yönlendirici, ATM anahtarı, çerçeve aktarıcı anahtarları vb. olabilir. Her OBS uç cihazı bir OBS giriş çekirdek düğümüne bağlıdır. Uç cihazlar farklı elektronik ağlardan(ATM,IP, FR gibi) gelen trafiği toplar. Trafiği hedef OBS uç cihazlarının adreslerine göre sıralar ve çoğuşma adı verilen değişken boyutlu birimleri oluşturur[4]. Her çoğuşma için, çoğuşmanın boyutu, hedef adresi gibi bilgileri içeren bir kontrol paketi oluşturulur. Bu kontrol paketi çoğuşmanın yolu boyunca önceden yollar ve her düğümde elektronik olarak işlem görürler. Kontrol paketinin görevi, izlediği yol boyunca çoğuşma hakkında düğümleri bilgilendirmek ve kaynaktan hedefe uçtan uca bir optik yol oluşturmaktır. Belirli bir gecikme zamanından sonra (offset) uç cihaz çoğuşmanın kendisini ağa yollar ve kontrol paketinin kurduğu yol üzerinden bir optik sinyal olarak hareket eder. Çoğuşmanın iletimi tamamlandıktan sonra bu

optik yol iptal edilir. Kontrol paketinin ve çoğuşmanın iletiminin ayrı olması OBS ağların en büyük avantajlarından birisidir[5].

OBS Ağlarda yukarıda da belirtildiği gibi trafiğin karakteristiği önem arz etmektedir. Trafik sınıflarına bağlı olarak çoğuşmaların oluşturulması ve iletilmesi gerekmektedir. OBS ağlarda trafik sınıfları oluşturmanın bir yolu çoğuşma oluşturma süresince ağın giriş düğümlerinde öncelik kuyrukları oluşturmaktır. Servis sınıflarına bağlı olarak, uç cihazlar üst katman trafiğinden farklı kuyruklar oluşturulur[6].

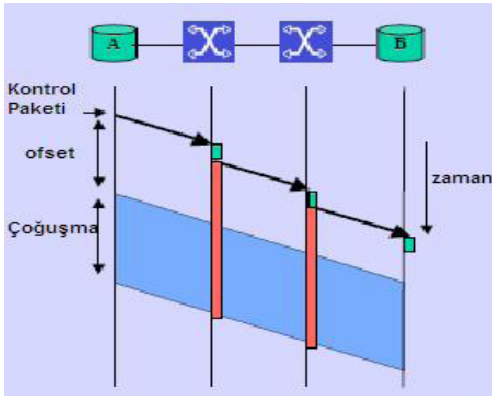
OBS literatüründe üç adet popüler OBS rezervasyon tekniği bulunmaktadır: Just In Time(JIT)[7], Just Enough Time(JET)[4] ve Horizon[8]'dir. Bunlar kullandıkları dalga boyu rezervasyon yöntemlerine göre farklılık göstermektedirler. JIT protokolü anında rezervasyon yöntemini kullanırken JET protokolü gecikmeli rezervasyon yöntemini kullanmaktadır. Horizon protokolü ise anında ve gecikmeli yöntemlerin arasında bir noktada yer almaktadır. Horizon protokolünde, kontrol paketi kontrol ünitesine ulaştığı zaman, çoğuşmanın varış zamanına en yakın sona erme zamanına (horizon) sahip olan dalga boyu tahsis edilmektedir. Bu çalışmada JIT(Just in Time), JET(Just Enough Time) ve Horizon göz önüne alınarak 5 düğümlü mesh topoloji üzerinde karşılaştırmalı performans analizi hedeflenmiştir.

2. Dalgaboyu Rezervasyon Teknikleri

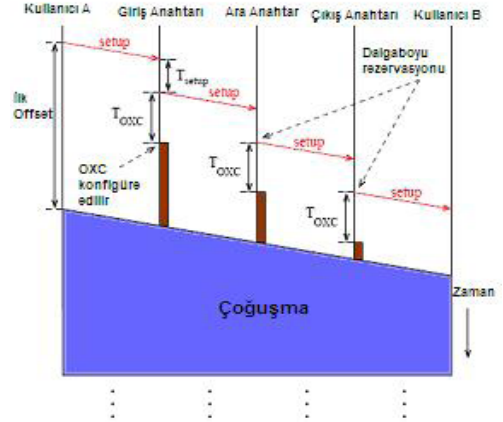
2.1. JIT

Anında rezervasyonda, Şekil 1'de gösterildiği gibi 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 reddilir ve ardından gelen çoğuşma düşürülür. Şekil 2'de JIT'in çalışma prensibi gösterilmektedir. t 'nin, kurulum mesajının yol boyunca ilerlemesi sırasında herhangi iki OxC arasında geçen zaman

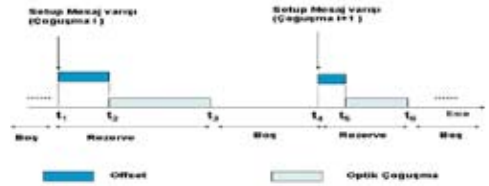
olduğunu düşünelim. Rezervasyon paketinin bir OBS düğümünde işlenmesi için gereken süre T_{setup} , OxC birimlerinin çoğuşmanın yönlendirilmesi için gerekli süre T_{oxc} ile gösterilmiştir. Buna göre rezervasyon mesajı iletimi $t + T_{setup}$ kadarlık bir süre içinde bitecektir. Gelen bir çoğuşma için hemen bir dalga boyu rezerve edilir ve OxC ünitesi çoğuşma için anahtarlanır[9-11]. Anında rezervasyonda, dalgaboyu rezerve olduğu sürece Şekil 3’de olduğu gibi zaman periyotlara bölünür. Boş bir periyotun uzunluğu bir sonraki setup mesajının gelişine kadar olan zamana eşit olduğu sürece, rezerve edilmiş bir periyodun uzunluğu çoğuşmanın uzunluğu ile offset zamanının toplamına eşittir. 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[12].



Şekil 1. Anında Dalgaboyu Rezervasyonu [5]



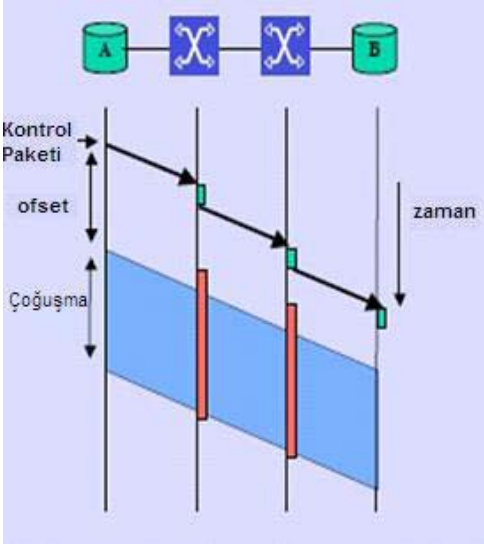
Şekil 2. JIT'in Çalışma Prensibi [10]



Şekil 3. Bir Dalgaboyunun Anında Rezervasyon ile Çıkış İşlemi[10]

2.2. JET

JET protokolünü ön plana çıkaran temel özellikleri gecikmeli rezervasyon tekniği kullanması ve rezervasyon sırasında oluşan boşlukları (void) değerlendirebilmesidir. Gecikmeli rezervasyonda bir çıkış dalgaboyu ilgili çoğuşmanın ilk biti geldiği anda rezerve edilir. Bu sayede JIT protokolünden farklı olarak dalgaboyu sadece çoğuşmanın geçeceği süre zarfında meşgul edilecektir. Şekil 4’te gecikmeli rezervasyon yönteminin temel yapısı gösterilmektedir.

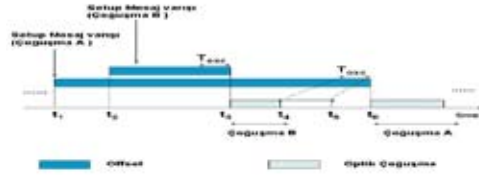


Şekil 4. Gecikmeli Rezervasyon Yöntemi[5]

Şekil 5 JET'in boşluk doldurma işlemini göstermektedir. A ve B çoğuşmaları aynı dalga boyunu çıkış olarak kullanmaktadırlar. A'nın rezervasyon mesajının OBS düğümüne daha erken geldiğini ve hemen ardından B çoğuşması için rezervasyon mesajının vardığını düşünelim. Şekilde de görüldüğü gibi A'nın offset zamanı daha uzun olduğundan A çoğuşmasının ilk bitinin sisteme giriş yapacağı t_6 zamanı hesaba katılarak arada bir zamansal boşluk oluşur. Bu boşluk B çoğuşması için yeterli olacağından dolayı B çoğuşmasının kabul edilmesi bu rezervasyon yöntemine göre mümkündür. JET boşluk doldurma algoritması olarak LAUC-VF yöntemini kullanır[10],[3].

LAUC algoritmasının temel fikri, çoğuşmalar arasında oluşan boşlukları minimize ederek kanalın kullanımını arttırmaktır. Bu, varan her çoğuşma için, uygun olan en son unscheduled(zamanlanmamış) veri kanalını seçerek olur. Hiçbir çoğuşma t anında yada t zamanında sonra kanalı kullanmıyorsa, bir dalgaboyu kanalı t zamanında zamanlanmamış durumdadır denir. Ancak LAUC çoğuşmalar arasındaki boşlukları göz önünde bulundurmaz.

LAUC-VF algoritması LAUC algoritmasına benzerdir, fark olarak, boşluklar yeni varan çoğuşmalar tarafından doldurulabilir. Bu algoritmanın temel fikri, her yeni varan çoğuşma için en son uygun olan ve kullanılmayan veri kanalını seçerek aradaki boşlukları minimize etmektir[3].



Şekil 5. JET Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi[10]

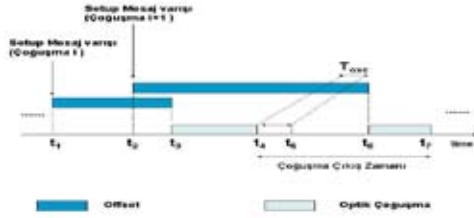
2.3. Horizon

Horizon protokolü çalışma prensibi bakımından JET protokolü ile neredeyse aynıdır. Aralarındaki tek fark Horizon protokolü iki çoğuşma arasındaki boşluğu değerlendirmeye almaz. Horizon, JET gibi gecikmeli rezervasyon yöntemini kullanır. Horizontda 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.

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 6'da, horizon modeline göre iki çoğuşmanın tek bir dalga boyu üzerinden başarılı bir şekilde iletimini gösteriyor. buna göre çoğuşma için rezervasyon mesajı OBS düğümüne t1

anında varıyor ve bu çoğuşmanın son biti t_4 anında OBS düğümünden ayrılıyor. Bu arada yeni bir çoğuşma için OxC , $Toxc$ kadarlık bir düzenlenme zamanına ihtiyaç duyar. Bu da $t_5 = t_4 + Toxc$ zamanında tamamlanıyor. bu $Toxc$ 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_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 $t_7 + Toxc$ olarak ayarlanır. burada t_7 , $i+1$ çoğuşmasının son bitinin ayrılışı anıdır. Horizon boşlukları hesaba katmayan LAUC algoritmasını kullanır[3],[9-12].



Şekil 6. Horizon Protokolünde Gelen Çoğuşmaların Zaman Çizelgesinde Gösterimi[10]

3. Obs Ağlarda Servis Kalitesi

OBS ağlarda servis kalitesinin(QoS) sağlanması en temel problemlerden biridir. OBS de QoS konusuna iki açıdan yaklaşılabilir:Kenar düğümlerdeki QoS mekanizması ve Çekirdek düğümlerdeki QoS mekanizması. Bu konularla ilgili çalışmalar [13-18] referanslarda yer almaktadır.

Yapılan çalışmada kenar düğümlerde QoS'i sağlamak için gelen paketler gideceği hedefe ve servis sınıfına göre ayrı ayrı tamponlanarak çoğuşmalar oluşturulur. Oluşturulan çoğuşmalar düğümünden çıkacakları hat girişinde servis sınıflarına göre iletilir. Eğer yüksek öncelikli trafik sınıfının kuyruğunda çoğuşmalar varsa, bu çoğuşmalar önceliklerine göre sınıflandırılır ve daha sonra servis sınıflarına bağlı olarak hedeflerine iletilirler [6].

Çekirdek düğümlerde, çoğuşmanın varışından önce rezervasyon gerçekleştirilir. Bu rezervasyonu gerçekleştirebilmek için, bir kontrol paketi hatta çoğuşmadan önce yollanmalıdır. Bu kontrol paketi anahtarlama işleminden hemen sonra herhangi bir gecikme olmadan bir sonraki düğüme iletilir. OBS'in yapısından dolayı çekirdek düğümlerde trafik sınıflarının önceliklendirilmesi oldukça zordur.

Çekirdek düğümlerdeki yüksek öncelikli paketlerin üstünlüğü olabilmesi için, bir önceki rezervasyonun duruma göre değiştirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada servis kalitesinin sağlanması için [13]'dekine benzer bir paket bırakma yöntemi kullanılmıştır.

Bu paket bırakma yönteminde çekirdek düğümüne gelen bir rezervasyon mesajı eğer kendine uygun bir veri yolu bulamaz ise, hatlarda var olan rezervasyonları inceler. Çoğuşma düğümünden geçeceği zaman boyunca yapılmış olan rezervasyonları kredilendirerek kendisine en uygun hattı seçmeye çalışır. Eğer bir çoğuşma bir hattaki rezervasyonları iptal etmek isterse, iptal edeceği hattaki rezervasyonların toplam kredisinin kendisinden küçük olması gerekir. En düşük kredi değerine sahip olan dalgaboyu iptal edilir. Seçilen hattaki gereksiz rezervasyonlarının kaldırılması için hatta kaynak bırakma paketleri gönderilir ve böylece bu kontrol paketlerinin ağ boyunca yaptıkları rezervasyonlar iptal edilir.

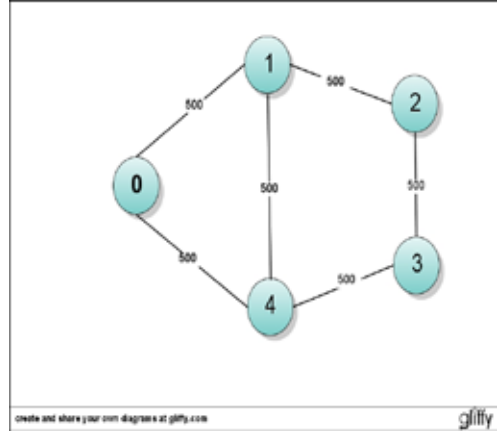
4. Simülasyon Ortamı

Yapılan simülasyonda 5 düğümlü basit bir ağ modeli oluşturulmuştur. Kullanılan NS2 (Network Simulator 2) ortamında her bir OBS düğümü, çekirdek ve kenar düğümden oluşan bir kombinasyon olarak tanımlanmıştır. Düğümler arası optik hatlar, dört adet veri ve bir adet kontrol kanalı olmak üzere toplam 5 dalgaboyu içermektedir. Her hat çift yönlü ve 10Gbit veri iletimi yapabilmektedir. Düğümler arası hat uzunlukları 500 km olarak alınmıştır. Oluşturulan ağ şekil 7’de gösterilmektedir.

Simülasyonda kullanılan paket üreticimiz 2 durumlu MMPP trafik üretme yöntemidir. Üretilen trafik üç çeşit paket tipi içermektedir. Bunlar %10 oranında 50 Byte uzunluğunda, %40 oranında 500 Byte uzunluğunda ve %50 oranında 1500 Byte uzunluğunda paketlerdir[19]. Üretilen trafik 3 farklı servis sınıfı (CoS) içermektedir. Class of Service 0 (CoS0), Class of Service 1 (CoS1) and Class of Service 2 (CoS2). CoS0, yüksek öncelikli trafik (real time traffic, vb.) için kullanılmaktadır. CoS1, ikinci seviyede, kritik olmayan orta öncelikli trafik (Video on Demand, vb.) için kullanılmaktadır ve CoS2 de öncelik göz önünde bulundurmeyen normal internet data trafiği için kullanılmaktadır. Bu trafik sınıfları en yüksekte en düşüğe doğru %10(CoS0), %40(CoS1) ve %50(CoS2) oranlarında oluşturulmaktadır. Kenar düğümlerde, hem maksimum çoğuşma uzunluğunun hem de çoğuşma zaman aşımı kontrol yönteminin birlikte kullanıldığı hibrid çoğuşma oluşturma yöntemi kullanılmaktadır. Kenar düğümlerde, önceliklendirme yöntemine göre çalışan 500KB boyutunda tampon bellekler (buffer) tanımlanmıştır.

Her algoritma için sabit bir işlem ve ofset zamanı seçilmiştir. JIT algoritmasında çekirdek düğümlerde daha az işlem yükü olduğu düşünülerek işlem süresi 12.5µsn[10], JET ve HO-

RIZON için 25µsn alındı. Bunlara bağlı olarak ofset zamanları da JIT için 100µsn, JET ve HORIZON için 175µsn olarak seçilmiştir. Toplam simülasyon zamanı 10 saniyedir.



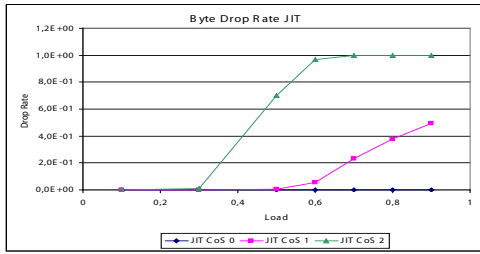
Şekil 7. 5 Düğümlü Basit Ağ Topolojisi

5. Simülasyon Sonuçları

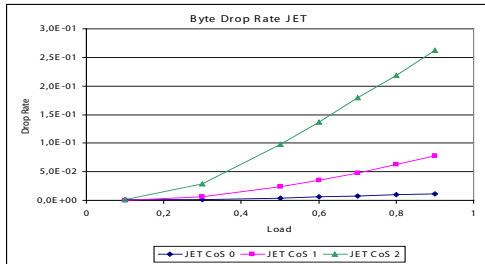
Rezervasyon yöntemlerinin karşılaştırılmasında performans kriteri olarak paketlerin byte bazında düşme oranları (byte drop rates) göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 8,9,10’da her üç rezervasyon yönteminin byte düşme oranları gösterilmektedir. Şekil 8’de, JIT algoritmasının CoS1 ve CoS2 trafik değerleri belirli yoğunluktan itibaren artmaktadır. JIT algoritması, kullandığı anda rezervasyon yöntemi sebebiyle büyük miktarda bant genişliğini harcamaktadır. Böylece JIT, yüksek yoğunluk değerlerine ulaşmadan önce sistem kapasitesinin üzerine çıkmaktadır. Kenar düğümlerde ağa erişmek için kuyrukta bekleyen paketler, tampon belleklerin kapasitesini aşmıştır. Bu noktada, sadece yüksek öncelikli trafik paketleri ağa giriş yapmakta, tamponlanamayan daha düşük öncelikli paketler düşürülmektedir. CoS0 çekirdek düğümlerdeki düşük öncelikli paketleri düşürme özelliğine sahiptir. Bu durum CoS0 trafiğinin dengeli bir düşürme oranına sahip olmasını sağlamaktadır. Diğer trafik sınıfları için gözlenen düşürme oranları

(özellikle CoS2 için) ağır yükü arttıkça yüksek değerlere erişmektedir.

JET algoritmasında, hem kenar hem de çekirdek düğümlerde kullanılan QoS mekanizmaları yüksek öncelikli trafiğin daha düşük düşme oranlarına sahip olmasını sağlar. Şekil 9'a göre, JET algoritmasında servis sınıflarının yüksekte düşüğe doğru artan bir düşme oranı vardır. Trafik sınıfları arasındaki fark, çekirdek düğümlerde, JET'in boşluk doldurma özelliği ile birlikte çalışan QoS mekanizmalarının bulunmasından kaynaklanmaktadır. JET algoritmasında, yüksek önceliğe sahip trafik servis sınıfı çekirdek düğümde düşük öncelikli bir veya birden fazla trafik sınıfı ile çakıştığı durumda, sadece çakıştığı çakışmaları düşürerek yüksek önceliğe ait byte düşme oranını azaltmaktadır. Bu da yüksek öncelikli paketlerin iletim başarısını arttırmaktadır.

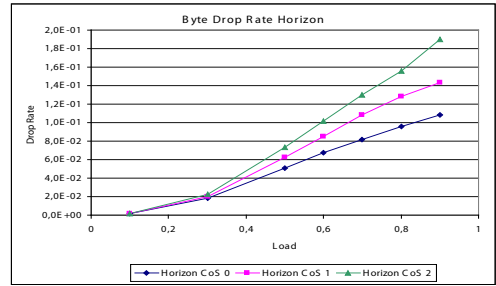


Şekil 8. JET Yönteminin Trafik Sınıflarına Göre Byte Düşme Oranları



Şekil 9. JET Yönteminin Trafik Sınıflarına Göre Byte Düşme Oranları

Horizon algoritması, çekirdek düğümlerdeki CoS öncelik algoritmasından, JET'e oranla daha az yararlanabilmektedir. Horizon'un çalışma mantığı paket bırakma yöntemini kullanmaya elverişli değildir. Horizon'da, yüksek öncelikli paket düğüme geldiğinde kendine yer açabilmek için sadece çakıştığı paketleri değil kendi horizonunda bulunan bütün paketleri düşürmeye ihtiyaç duyar. Düşecek paketlerin içerisinde aynı önceliğe sahip çakışmaların da olabileceği düşünülürse bu yapının, horizon dalgaboyu rezervasyon tekniğinde çekirdek düğümlerde istenilen şekilde çalışması sağlanamamaktadır. Bunun sonucu olarak Şekil 10'da görüldüğü gibi Horizon algoritmasında servis sınıflarındaki paket düşme oranları birbirine yakın değerler üretmektedir.



Şekil 10. Horizon Yönteminin Trafik Sınıflarına Göre Byte Düşme Oranları

6. Sonuçlar

Bu çalışmada OBS dalga boyu rezervasyon yöntemlerinin, trafik sınıfları göz önünde bulundurularak karşılaştırılmalı analizi üzerinde durulmuştur.

NS2(Network Simulator 2) platformu üzerinde 5 düğümden oluşan bir optik ağ ortamı simüle edilmiştir. Oluşturulan ağ üzerindeki her bir yönlendirici bir trafik kaynağı ve trafik alıcısı olarak düşünülmüştür. Yukarıda verilen parametrelere bağlı olarak her yönlendiricide, iki durumlu MMPP trafik modeli kullanılarak

3 trafik sınıfı üretilmiştir. Üretilen bu trafik OBS ağlarında geliştirilmekte olan JIT, JET ve Horizon protokolleri üzerinde denenmiş ve değişik parametrelere göre bu protokollerin gösterdikleri performans incelenmiştir. Yukarıda verilen şekillerde de görüldüğü gibi her üç rezervasyon yönteminde Cos0'ın en iyi performansı gösterdiği ve CoS1'in de CoS2'den daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Yapılan inceleme sonucunda JIT algoritmasının sadece Cos0 için iyi değerler üretmiş olduğunu görmekteyiz. Genel başarımlar açısından bakıldığında ise JIT en kötü performansı göstermektedir. JET algoritmasının hem servis sınıfları hem de genel başarımlar bakımından diğerlerinden daha başarılı olduğu söylenebilir.

7. Kaynaklar

- [1] Battestilli T. and Perros H., “An Introduction to Optical Burst Switching”, *IEEE Communications Optical Magazine*, Vol.41, pp.10-15, 2003.
- [2] Ramaswami, R. and Sivarajan, K.N., “*Optical Networks*”. Morgan Kaufmann, United States of America, 1-55860-655-6, 2002.
- [3] Xiong Y., Vandenhoute M. and Cankaya H., “Control architecture in optical burst-switched WDM Networks”. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 18(10):1838–1851, October 2000.
- [4] Qiao C. and Yoo M., “Optical burst switching (OBS)- a new paradigm for an Optical Internet”. *Journal of High Speed Networks*, 8(1):69–84, January 1999.
- [5] Perros H., “Connection-Oriented Networks: SONET/SDH, ATM, MPLS, Optical Network”. Wiley (March 21, 2005)
- [6] Dueser M. and Bayvel P., “Performance of a dynamically wavelength-routed optical burst switched network”. *IEEE Photonics Technology Letters*, 14(2):239–241, February 2002.
- [7] Stevenson D., Baldine I., and et al. “Just in time signaling definition (Jumpstart)”. *Jumpstart, an NSA funded project*, January 2002.
- [8] Turner J., “Terabit burst switching”. *Journal of High Speed Networks*, 1999.
- [9] Kirci P. and Zaim A.H., “The JIT, JET and Horizon Signalling Protocols on Optical Burst Switches”. *Optica Applicata 2006*, Vol.36, No.1
- [10] Teng J. and Rouskas G.N., “A comparison of the JIT, JET, and horizon wavelength reservation schemes on a single OBS node” *Proc. First International Workshop on Optical Burst Switching*, Dallas, USA, Oct. 2003.
- [11] Teng, J., Rouskas, G.N., “A Detailed Analysis and Performance Comparison of Wavelength Reservation Schemes for Optical Burst Switched Networks”. *Photonic Network Communications*. 9:3, 311–335, 2005.
- [12] Zaim A.H., Baldine I., and et al. “Jumpstart just-in-time signaling protocol : A formal description using EFSM”, *Optical Engineering*, Vol.42, Issue 2, pp 568-585, 2003.
- [13] Q. Zhang, V. Vokkarane, J. Jue, and B. Chen. “*Absolute QoS differentiation in optical burst-switched Networks*”. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 22(9):1781–1795, November 2004.
- [14] M. Yoo, C. Qiao, and S. Dixit. “*QoS performance of optical burst switching in IPover-WDM networks selected areas in communications*”. *IEEE Journal on Areas in Communications*, 18(10):2062–2071, 2000. October.

- [15] Chen Y., Hamdi M., and Tsang D.H.K., “Proportional QoS over OBS Network”. In *Proceedings of IEEE GLOBECOM*, volume 3, pages 1510–1514, November 2001.
- [16] Liu J. and Ansari N., “Forward Resource Reservation for QoS Provisioning in OBS Systems”. In *Proceedings of IEEE GLOBECOM*, 2002.
- [17] Loi C-H., Liao W., and Yang D-N., “Service Differentiation in Optical Burst Switched Networks”. In *Proceedings of IEEE GLOBECOM*, volume 3, pages 2313–2317, 2002.
- [18] Yang L. And Rouskas G.N., “A Framework for Absolute QoS Guarantees in Optical Burst Switched Networks.” In *Proceedings of IEEE Broadnets 2006*, October 1-5, 2006, San Jose, CA.
- [19] Cano M.-D., Malgosa-Sanahuja J., Cerdan F., Garcia-Haro J., “Internet measurements and data study over the regional”, In *Proceedings of IEEE Pacific RIM Conference on Communications, Computers, and Signal Processing*, volume 2, August 2001, 393-396.