

# 광 버스트 교환망에서 우회 라우팅을 이용한 QoS 보장 방법

김종원<sup>†</sup>·김정엽<sup>††</sup>·최영복<sup>†††</sup>

## 요약

광 버스트 교환(OBS : Optical Burst Switching)은 광 지연선(FDL : Fiber Delay Line) 사용의 감소와 차세대 전광 네트워크에서의 광 스위칭 패러다임을 실현하기 위해 제안되고 있다. OBS는 버스트를 시분할 다중화함으로써 파장 라우팅보다 대역폭의 효율성을 제공하고 코어 네트워크에 대한 확장성을 제공한다. 최근, 광 버스트 교환망에서 어떻게 QoS(Quality of Service)를 제공할 것인가가 이슈가 되고 있다. 본 논문에서는 혼잡 발생시 우회 라우팅(deflection routing) 경로로 우선순위 0, 1, 2의 버스트를 우회시켜 QoS를 제공하는 우회 라우팅 방법에 대해 제안한다. 제안된 방법의 큰 장점은 QoS를 간단히 제공할 수 있다는 것이고, 이는 QoS 보장 알고리즘으로부터 제공된다. 또한, 제한한 QoS 제공 방식은 각 코어 라우터에서 광 지연선의 사용을 최소화 하면서 트래픽을 공평하게 분배함으로써 효율적인 네트워크를 구현하게 한다. 제안 QoS 제공 방식의 우선순위 0, 1, 2 버스트의 QoS 보장과 효율적인 네트워크 사용에 대하여 OPNET을 사용한 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 평가하였다. 이에 따른 결과로써, 높은 우선 순위 버스트의 중단간 지연은 항상 되었으며, 또한 효율적인 네트워크 이용이 확인되었다.

## QoS Gurantieeing Scheme based on Deflection Routing in the Optical Burst Switching Networks

Jong-won Kim<sup>†</sup> · Jung-Youp Kim<sup>††</sup> · Young-Bok Choi<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Optical burst switching (OBS) has been proposed to reduce the use of fiber delay lines (FDLs) and to realize the optical switching paradigm of the next-generation all optical networks. The OBS can provide improvements over wavelength routing in terms of bandwidth efficiency and core network scalability via statistical multiplexing of bursts. Recently, another challenging issue is how to support quality of service (QoS) in the optical burst switching networks. In this paper, we propose a deflection routing scheme to guarantee the QoS for the OBS networks to detour lower priority burst forward to the deflection routing path when congested. A big advantage of the proposed scheme is the simplicity of QoS provision, that comes from the simple QoS provisioning algorithm. Also, the QoS provisioning scheme be able to make efficient networks by fairly traffic distributing with the reduce of the use of FDLs at core routers. The QoS provisioning scheme has been verified to reliably guarantee the QoS of priority 0, 1, 2 burst and to efficiently utilize network resources by computer simulations using OPNET. As results, the end-to-end delay of high priority burst is improved, and the network efficiency is also improved.

**키워드 :** 광 버스트 스위칭(Optical Burst Swithing), QoS(Quality of Service), 우회 라우팅(Deflection Routing), 광 네트워크(Optical Networks)

### 1. 서론

전 세계의 인터넷 사용자는 매 6개월마다 2배씩 증가하고 있다. 이렇게 급증하는 추세로 볼 때 향후 2005~2010년

경에는 인터넷 노드 하나가 처리해야 할 트래픽은 10~1,000 Tb/s가 될 것이며, 이를 수용, 교환처리, 전달하기 위해서는 광통신 기술과 인터넷 기술을 결합하는 광 인터넷 외에는 다른 기술적인 대안을 찾기 힘든 실정이다[1].

DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술은 한 광섬유에 80~120개의 파장을 가질 수 있게 해주며, 이때의 총 전송용량은 800Gb/s 이상에 이른다[2]. 그러나 IP 라우터의 처리 능력은 최대 몇 백 Gb/s 밖에 되지 않는다.

\* 이 논문은 2002학년도 동명정보대학교 학술지원연구비에 의하여 이루어진 것임.

† 준 회 원 : 동명정보대학교 정보대학원 정보통신공학과

†† 정 회 원 : KCC

††† 정 회 원 : 동명정보대학교 정보통신공학과 교수

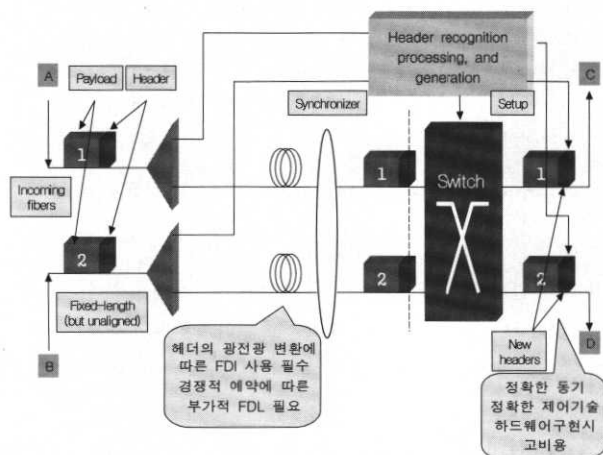
논문접수 : 2003년 2월 11일, 심사완료 : 2003년 7월 1일

이것은 WDM 광섬유의 전송용량과 전기적 IP 라우터의 스위칭 용량 사이의 심각한 불균형 현상을 야기한다. 이와 같은 불균형 현상을 해결하기 위해 광 패킷 교환(OPS : Optical Packet Switching) 방식이 많이 연구되고 있다.

그러나 OPS에서는 광 패킷의 헤더가 처리되는 동안 데이터는 광 메모리 구현이 어려운 현재 상황에서 광 라우터 내의 광 지연선(FDL : Fiber Delay Line)에 저장되어 있다가 광 패킷 헤더의 광-전-광 처리가 끝나면 헤더와 패킷을 다음노드로 전송하는 방식으로 광 버퍼로써 광 지연선의 사용이 필수적이다[3, 4]. 이러한 필수적인 광 지연선 사용에 대한 대안으로 전광 시스템을 지향하는 광 버스트 교환(OBS : Optical Burst Switching) 방식이 나오게 되었다[5, 6]. OBS 망에서 버퍼(광 지연선)의 사용을 최소화하기 위해서는 에지 라우터에서 망으로 유입되는 트래픽을 조절하여 망 전체 평균 부하를 일정 수준 이하로 유지시킬 필요가 있을 것으로 보여진다.

본 논문에서는 OBS 네트워크에서 트래픽을 여러 종류의 우선 순위로 나누고(예, 우선순위 0, 1, 2), 혼잡시 우선 순위 0, 1, 2 버스트를 필터링하여 우회시킴으로써 QoS(Quality of Service)를 보장해 줄 수 있고, 네트워크 전체에 대한 평균 부하를 고려하면 버스트 손실이 발생하지 않는 full-routing 우회방식[7]에 대한 알고리즘을 제안하고 성능을 평가한다. 본 논문의 구성은 2장에서는 OBS 네트워크에서의 QoS에 대해 설명하고, 3장은 우회 라우팅(deflection routing) 알고리즘에 의한 QoS 보장 방식 제안, 4장은 제안 방식의 성능평가, 그리고 마지막 5장은 결론의 순서로 구성된다.

2. OBS 네트워크에서의 QoS

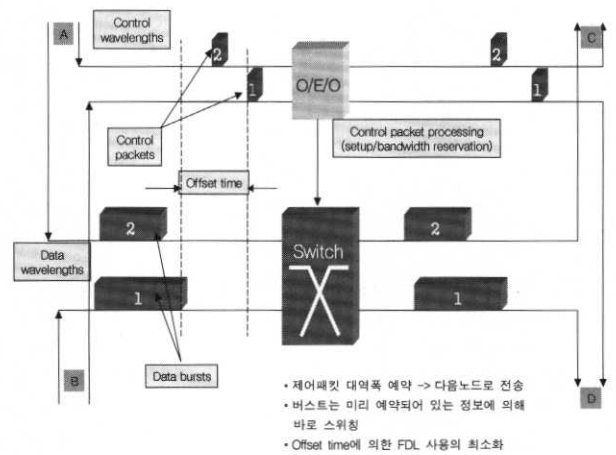


(그림 1) 광 패킷 교환

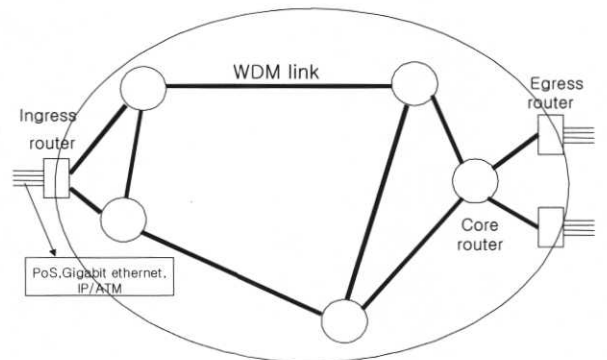
(그림 1)과 같이 광 패킷 교환(OPS)에서는 입력 광섬유

로 각각 고정길이의 패킷이 입력되고 있다. 이 패킷의 헤더는 처리부로 들어가서 수신지 확인 등 여러 가지 처리를 하는 동안 페이로드는 헤더가 처리되는 시간동안 FDL에 의해 지연되어야 한다. 또한 이 페이로드는 출력포트에서 출력시 충돌에 의해 광 메모리 구현이 어려운 현재 상황에서 한번 더 FDL을 사용한다. 그리고 출력포트로 출력 시 처리되어진 헤더와 함께 다음 노드로 향하게 된다. 이처럼 OPS에서는 헤더의 광-전-광 변환에 필요한 FDL과 충돌에 따른 추가적인 FDL이 필요하게 되고, 출력단에서 정확한 동기화와 정확한 제어기술이 요구된다. 또한 하드웨어 구현시 고비용이라는 단점을 가게 된다. 이러한 단점에 대한 대안으로 OBS방식이 나오게 되었다.

(그림 2)처럼 광 버스트 교환(OBS)에서 제어패킷은 offset 시간 만큼 데이터 버스트보다 먼저 출발하여 각 노드에 대한 대역폭을 예약하고 다음 노드로 향한다. 제어패킷 뒤에 도착한 버스트는 제어패킷에 의해 예약되어 있는 정보에 의해 바로 교환 될 수 있다[8, 9]. 이와 같은 OBS 방식에는 여러 가지 프로토콜이 있으며 본 논문에서는 JET(Just-Enough-Time)프로토콜[5]을 사용한다.



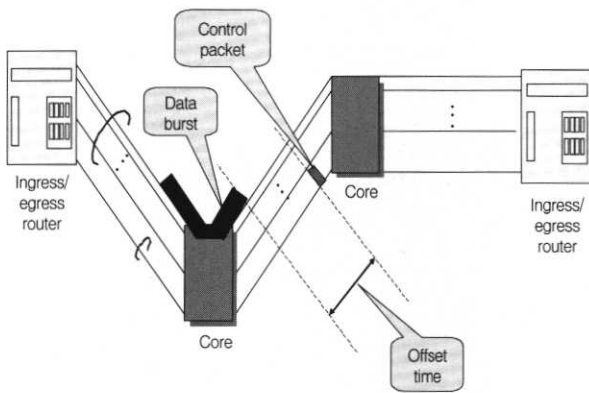
(그림 2) 광 버스트 교환



(그림 3) OBS 네트워크 구조

(그림 3)은 OBS 네트워크 구조를 나타낸다. OBS는 WDM 기반 네트워크에서 ingress 라우터, 코어 라우터, egress 라우터로 구성된다. ingress 라우터는 전기적 IP 라우터와 광 라우터 사이의 경계에 위치하며 목적지 정보에 의해 IP 패킷을 조립하여 버스트를 만든다. 또한 제어패킷에 여러 가지 정보들(offset 시간, 송신지 라우터, 목적지 라우터, 버스트의 지속시간 등)을 실어서 offset 시간만큼 먼저 전송한다. 코어 라우터는 이 제어패킷의 정보에 의해 버스트의 대역폭을 미리 예약 할 수 있고 버스트는 해당 라우터에서 교환 되어 진다. Egress 라우터는 버스트가 도착하면 원래의 IP로 분해하여 전기적 라우터로 전송한다[2]. OBS에서 데이터 버스트는 길이가 유동적이며 중간 라우터에서는 최소한의 버퍼만을 사용하여 교환, 전송된다.

이와 같은 전광 시스템을 지향하는 OBS 방식에서 offset 시간을 이용하여 QoS를 보장하는 방법이 제안되어 있다[10, 11].

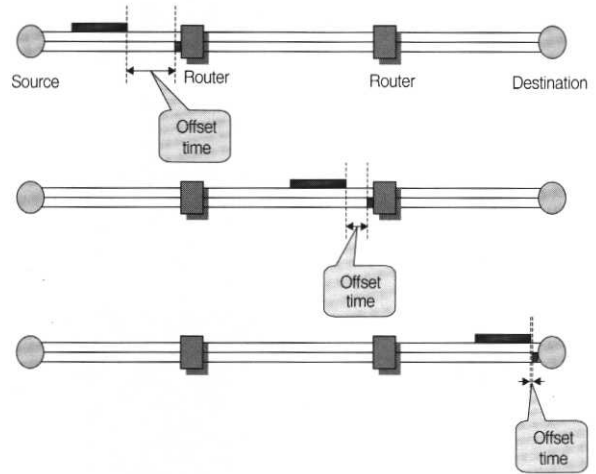


(그림 4) OBS에서의 버스트 전송

(그림 4)는 OBS망에서 제어패킷(BHP : Burst Header Packet)과 버스트에 대한 전송을 보여 주고 있다. 그림에서와 같이 BHP는 버스트 보다 offset 시간 만큼 먼저 중간 라우터에 도착하여 버스트를 위한 대역폭을 예약해 놓으면 offset 시간 뒤 해당 버스트는 저장 없이 바로 교환 된다. 또한 각 버스트는 가변적인 크기를 가지게 되고, DCG(Data Channel Group)의 각각 다른 채널로 전송되게 된다. 반면, BHP는 CCG(Control Channel Group)에서의 같은 채널로 전송되어 진다. 또한 그림에서 보는바와 같이 BHP와 버스트는 각각 다른 채널을 사용한다.

하지만 (그림 5)에서처럼 OBS의 offset 시간은 코어 라우터를 지남에 따라 계속 줄어들기 때문에 QoS를 보장해 주는 데 어려움이 따른다. 이와 같이 offset 시간이 감소되는 문제는 중간 노드에서 FDL을 이용하여 제어패킷이 처리되는데 걸린 시간만큼 버스트를 지연시켜서 offset 시간을 일정하게 유지시키는 방법을 고려하거나 그렇지 않으면, offset 시간을

월등히 크게 주어서 중간 노드들에 의해 제어패킷이 처리 되는데 부가되는 처리 지연 시간의 합을 최소화하여 무시 할 수 있을 정도로 만들어 주지 않고서는 이러한 문제를 해결하기 어렵다. 따라서 이러한 문제에 대한 해결 방안으로 본 논문에서는 OBS 네트워크에서 우회 라우팅(deflection routing)을 이용하여 offset 시간에 관계없이 QoS를 보장해 줄 수 있는 방식을 제안한다.



(그림 5) offset 시간의 감소

### 3. 우회 라우팅 알고리즘에 의한 QoS 보장

OBS는 제어패킷이 데이터 버스트보다 offset 시간만큼 먼저 가서 대역폭을 예약하므로 FDL의 사용을 최소화시킬 수 있다. 그러나 제어패킷은 대역폭을 예약 후 바로 다음 노드로 출발하기 때문에 그 뒤에 다른 제어패킷이 도착해서 같은 대역폭을 요구하면 우선 순위의 여부에 관계없이 늦게 도착한 패킷이 대역폭 예약에 있어서 우선권을 가질 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 트래픽을 우선순위 별로 나누고 링크 예약률에 대한 임계값을 지정한 후, 예약률을 임계값과 비교하여 우선순위에 따라 우회 라우팅을 실시함으로써 우선순위에 따른 대역폭을 보장하는 방법을 제안한다. 즉, 상대적으로 낮은 우선순위의 트래픽을 우회경로로 전송함으로써 상대적으로 높은 우선순위를 가진 트래픽에 대한 QoS를 보장할 수 있는 방식이다. 여기서, 트래픽의 최대 우회 회수를 제한하고, offset 시간은 최대 우회 회수를 고려하여 결정한다. 제안 알고리즘은 다음과 같다.

본 논문에서의 제안 방식은 트래픽을 우선순위 0, 1, 2로 각각 나눈다. 우선순위 0인 버스트는 우선순위가 가장 낮고(예 : 비 실시간 데이터), 우선 순위 2인 버스트는 우선순위가 가장 높다고(예 : 실시간 데이터) 가정한다. 또한, 우선순위 관리를 위해 대역폭 예약 스케줄링은 예약률 임계값 TH1

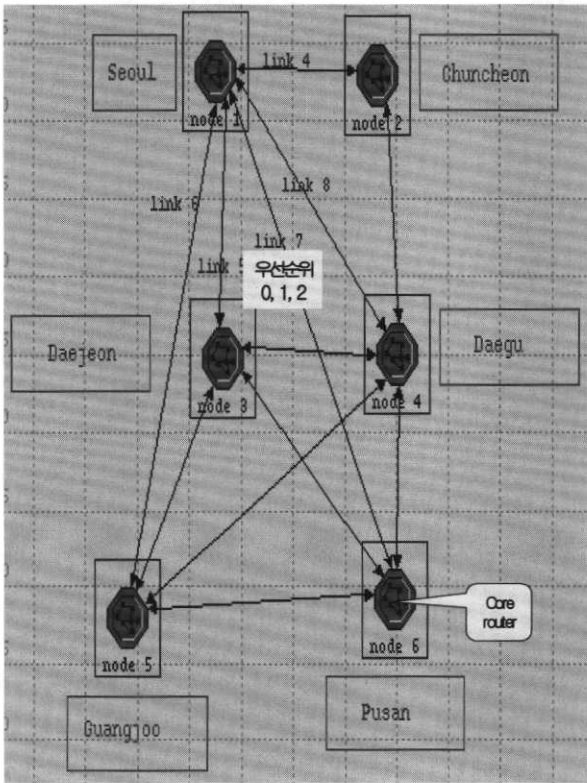
(예, 예약률 60%)과 TH2(예, 예약률 80%)를 지정하여 관리하며, 우회경로 예약률도 임계값 TH3(예, 우회경로 예약률 60%)으로 지정하여 관리한다.

```

if (예약율 ≤ TH1)
    { 우선순위 0, 1, 2 모두 정상 전송 }

else if ( TH1 < 예약율 ≤ TH2 ) {
    우선순위 1, 2: 정상전송;
    우선순의 0: 우회 경로로 전송;
}

else if ( 예약율 > TH2 ) {
    우선순위 2: 정상 전송;
    우선순위 1: 우회 경로로 전송;
    if ( 우회경로 예약율 < TH3 )
        { 우선순위 0: 우회 경로로 전송 }
    else { 우선순위 0: drop }
}
    
```



(그림 6) 우회경로 알고리즘 설명을 위한 네트워크

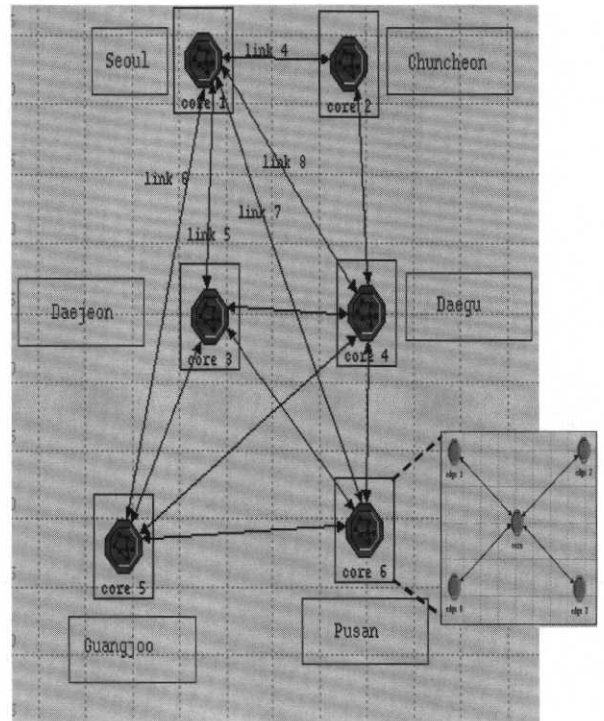
제안한 라우팅 알고리즘의 동작을 (그림 6)의 네트워크를 이용하여 예를 들어 설명한다. (그림 6)에서 각 노드들은 코어 라우터임을 나타낸다. 또 그림의 네트워크에서의 각 노드들은 기본적으로 제어패킷과 버스트는 비연결형(connectionless)으로 코어 라우터를 따라 전송되며 코어 라우터들 간의 라우팅을 위한 정보교환은 동적으로 이루어진다고 가정한다. 네트워크의 어떤 링크가 정상 상태에서는 우선순위

0, 1, 2의 모든 버스트에 대해서 예약을 접수한다. 만약 네트워크 상황이 혼잡 상태가 되어서 어떤 링크의 예약률이 TH1을 넘었다면 스케줄러가 우선순위 1, 2인 버스트의 예약만 접수하고 우선순위 0인 버스트는 혼잡이 발생한 해당 링크 대신 혼잡하지 않은 다른 링크를 통해 전송된다. 그러나 그 후 네트워크 상황이 이전 네트워크 상황보다 더 악화되어 예약률이 TH2를 넘어 선다면, 해당 링크의 스케줄러는 우선순위 2인 버스트의 예약만 접수하고 우선순위 1인 버스트도 혼잡상태가 보다 나은 다른 링크로 우회하여 전송한다. 그 후, 상황이 좋아지면 원래대로 모든 트래픽을 예약한다.

#### 4. 제안방식의 성능평가

##### 4.1 고려사항

성능평가를 위한 네트워크 구성은 (그림 7)과 같으며 6개의 노드로 구성된다. 성능평가는 네트워크 전용 시뮬레이터인 OPNET을 사용하였으며 고려사항은 다음과 같다.



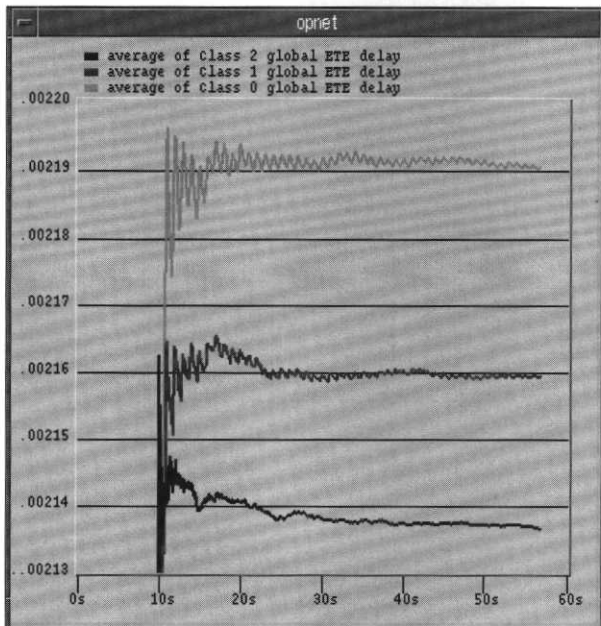
(그림 7) 성능평가를 위한 네트워크 구성

네트워크는 부하를 고려하여, 제안 알고리즘 적용 시 버스트 손실이 발생하지 않도록 구성하였다. 이때 모든 경로에 대한 라우팅 테이블을 계산한 full-routing 알고리즘으로 네트워크를 구성하였다. 각 노드들은 full mesh로 연결되어 있고 노드와 노드 사이의 거리는 300km와 500km이며 광

버스트 전송시 전송 지연은 각각 1.5ms와 2.5ms이다. 각 노드간 링크 속도는 10Gb/s이며 4개의 파장을 사용한다. 에지 라우터에서 조립되는 버스트의 평균 크기는 62.5kbyte(L = 50 usec, L : 평균 버스트 길이)로 하였다. 트래픽의 우선순위는 0, 1, 2로 나누었으며, 여기서 offset 시간은 1L이라 가정하였다. (그림 7)에서 각 노드들은 코어 라우터이며 각 코어 라우터에는 4개의 에지 라우터가 연결되어 있다. 각 에지 라우터에서는 수신지 노드 주소와 에지 라우터 주소, QoS 등의 정보를 포함하는 버스트를 평균 62.5kbyte 크기로 지수 함수적으로 발생시킨다. 또한 버스트 발생간격은 평균 67ms로 역시 지수 함수적으로 발생시킨다. 여기서 데이터 버스트의 조립시간은 5usec이다. 우회 라우팅 시 예약률에 대한 임계값 TH1은 60%, TH2는 80%, TH3은 40%로 각각 설정하였다. 각 코어 라우터는 입력된 버스트의 우선순위, 목적지 주소 등을 알아낸 뒤 목적지 주소가 해당 코어 라우터이면 이 버스트를 에지 라우터로 보내고, 그렇지 않으면 먼저 라우팅 테이블을 확인한 후 해당 링크 스케줄러의 임계값과 우선순위를 고려하여 다음 코어 라우터를 결정하여 교환 한다.

4.2 성능 평가 결과

OPNET 상의 네트워크 모델에서 코어 라우터와 연결되어 있는 모든 에지 라우터에서 발생하는 버스트 크기의 평균이 62.5kbyte(L = 50usec)라는 것을 확인하였다.

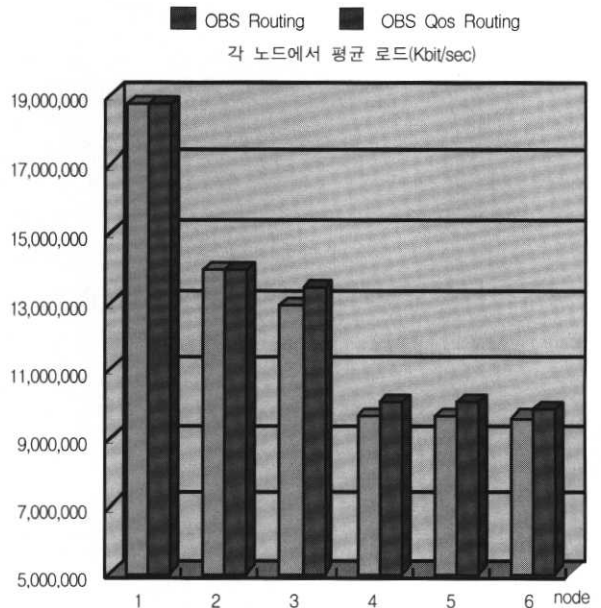


(그림 8) QoS 보장 알고리즘 적용 후 end-to-end 지연

(그림 8)은 제안 알고리즘 적용 후 우선순위별 망 전체의

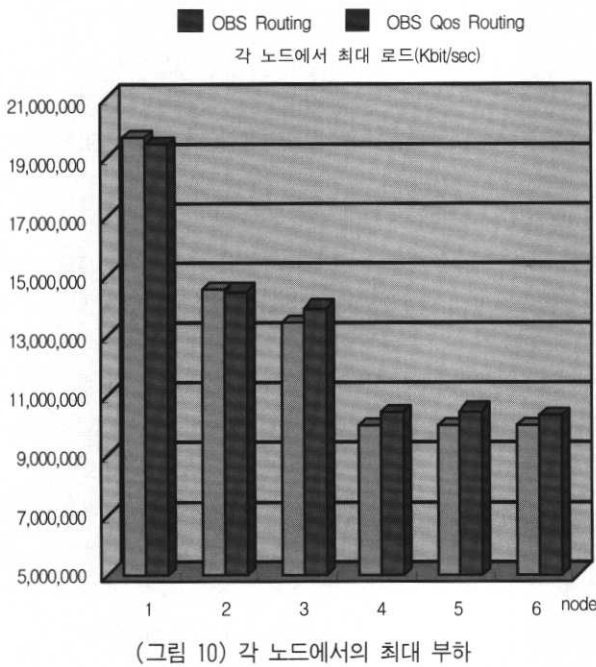
평균 end-to-end 지연을 나타낸다. 여기서 가로축은 시간이고 세로축은 평균 지연을 나타낸다. 우선순위가 가장 높은 버스트들의 평균 end-to-end 지연이 가장 작고 우선순위 1, 0처럼 상대적으로 낮은 우선순위의 버스트의 평균 end-to-end 지연은 차례로 증가하는 것을 보여준다. 이는 혼잡이 발생하였을 때 즉, 10s에서 종단간 우선순위가 다른 각각의 클래스를 살펴보면, 우선순위 2인 클래스가 0.00214sec, 우선순위 1인 클래스가 0.00216sec, 우선순위 0인 클래스가 0.00219sec로 우선순위가 상대적으로 높은 트래픽의 종단간 지연이 더 낮음을 알 수 있다. 즉, 혼잡이 발생했을 때, 우선순위가 높은 버스트는 우회하지 않으므로 우회하여 전송되는 우선순위가 낮은 버스트보다 더 빨리 목적지에 도착하는 것을 확인할 수 있다. 성능 평가에서는 망 전체 평균 부하를 일정 수준으로 고정하여 수행해서 평균 지연의 변화가 심하지 않지만, 실제 망에서는 혼잡 발생 패턴이 다양하여 지연의 변화가 보다 심하게 나타날 것이 예상된다.

(그림 8)의 결과에서 임계값 TH1, TH2를 작게 설정하면 우선순위별 성능(지연) 차이가 더 커질 것이고, 임계값을 크게 설정하면 성능(지연) 차이가 더 작아질 것을 예상할 수 있다. 망 설계시에는 여러 가지 상황을 고려한 성능 평가를 통해서 해당 망에 최적인 임계값을 도출하여 사용할 필요가 있을 것이다.



(그림 9) 각 노드에서의 평균 부하

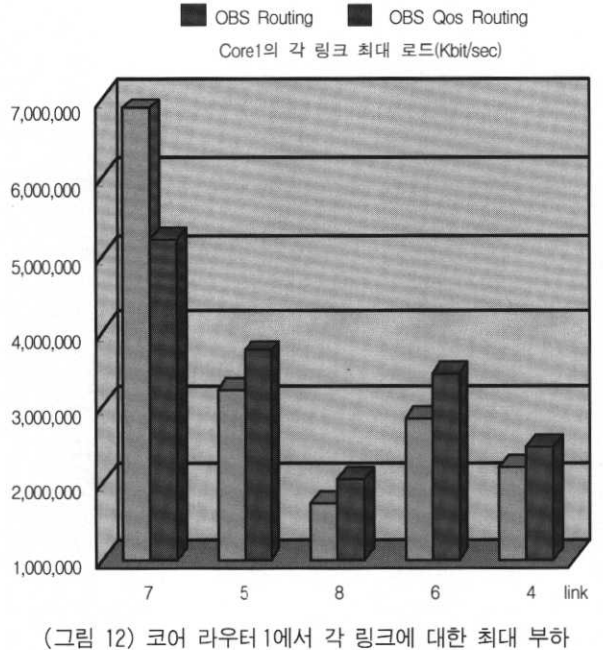
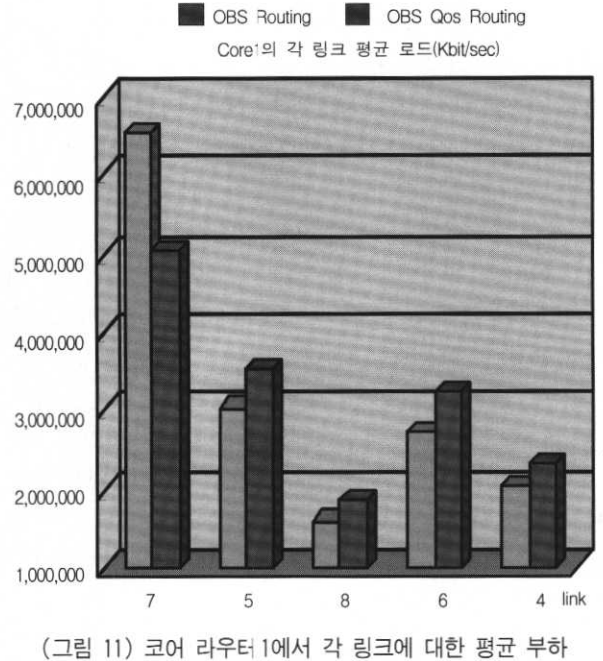
(그림 9)와 (그림 10)은 각 노드에서의 평균 부하와 최대 부하를 나타내고 있다. 그림에서 볼 때 왼쪽 그래프는 우회 라우팅 알고리즘에 의한 QoS 보장 전이고 오른쪽 그래프는 우회 라우팅 알고리즘에 의한 QoS 보장 후의 그래프이다.



먼저, (그림 9)에서 QoS를 적용하기 전의 각 노드에 대한 평균 부하는 각각 19,000,000/13,800,000/12,800,000/9,500,000/9,500,000/9,500,000kbit/sec이고, QoS를 적용한 후의 각 노드에 대한 평균 부하는 각각 19,000,000/13,800,000/13,500,000/10,000,000/10,000,000/10,000,000kbit/sec로 QoS 보장 알고리즘 적용전의 부하에 대한 편차가 QoS 보장 알고리즘 적용 후의 부하에 대한 편차보다 상대적으로 크다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 상황은 (그림 10)에서 더 큰 차이를 볼 수 있다. 이는 (그림 10)의 혼잡이 발생한 것과 같은 상황인 최대 부하에서 알고리즘 적용 전후의 상대적인 편차가 더 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 두 그래프에서는 QoS 보장 알고리즘 적용 전의 부하에 비해 QoS 보장 알고리즘 적용 후 각 부하에 대한 편차가 적어져서 한곳에 집중되던 부하가 주위의 다른 링크로 분산된다는 것을 알 수 있다. 이렇게 QoS 보장 알고리즘 적용 후 부하가 적용 전 부하 보다 상대적으로 분산됨으로, 본 논문에서 제안한 우회 라우팅 알고리즘을 이용한 QoS 보장 방법이 부하 분산을 실현함을 알 수 있다.

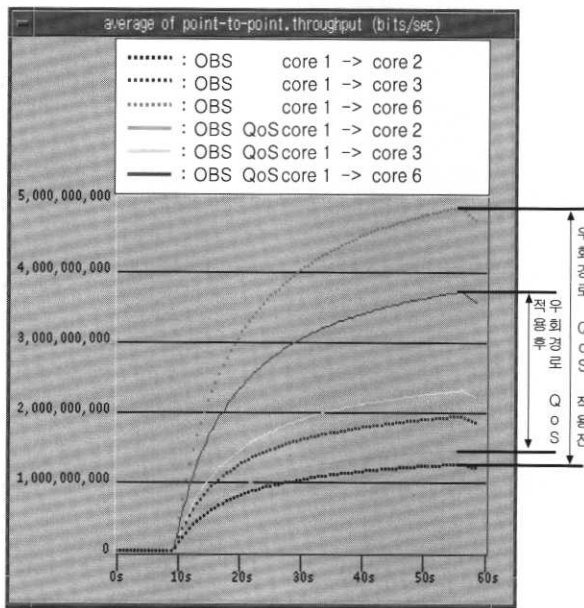
(그림 11)과 (그림 12)는 코어 라우터 1에서의 각 링크에 대한 평균 및 최대 부하를 나타낸 것이다. (그림 11)에서 보면 각 링크에 대한 QoS 보장 알고리즘 적용전의 평균 부하가 각각 6,500,000/3,000,000/1,500,000/2,500,000/1,900,000 kbit/sec이고, 알고리즘 적용후의 평균 부하는 5,950,000/3,400,000/1,700,000/3,200,000/2,200,000kbit/sec로 QoS 보장 알고리즘 적용전의 평균 부하에 대한 편차가 알고리즘 적용 후의 평균 부하에 대한 편차보다 상대적으로 더 크다는 것을 알 수 있다. 이는 (그림 12)에서 더 큰 편차를 보여준다.

즉, 우회 라우팅 알고리즘에 의한 QoS 보장 후 노드에서의 각 링크에 대한 부하의 편차가 적어져서 집중되는 부하를 분산 시키는 것을 알 수 있다.



(그림 13)은 point-to-point 처리량을 나타낸다. 우회 라우팅 알고리즘을 적용하지 않은 결과 그래프(점선)는 혼잡 발생 시 버스트를 혼잡이 발생하지 않은 다른 링크로 전송하지 않기 때문에 각 링크 처리량의 편차가 심하다는 것을 알 수 있다. 즉 57s에서 우회 라우팅 알고리즘 적용전의 point-to-point 처리량이 각각 4,900,000,000/1,950,000,000/1,200,000,

000bit/sec이고, 우회 라우팅 알고리즘 적용후의 point-to-point 처리량이 각각 3,800,000,000/2,400,000,000/1,400,000,00 bit/sec로 알고리즘 적용후의 처리량의 편차가 더 작음을 알 수 있다. 우회 라우팅 알고리즘을 적용한 QoS 보장후의 그래프(실선)는 혼잡발생시 우선 순위가 낮은 버스트를 다른 링크로 우회시켜서 각 링크 처리량의 편차가 QoS 보장전의 그래프(점선)에 비해 작다는 것을 알 수 있다. 즉 (그림 9)~(그림 12)처럼 각 링크에 걸리는 부하가 한곳에 집중되는 것을 막아 혼잡 상황 발생시에도 효율적인 네트워크를 구성 할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.



(그림 13) Point-to-point 처리량

### 5. 결 론

현재, OBS는 전광 시스템을 지향하는 차세대 광 교환 기술로 주목받고 있지만, QoS 보장 등 아직 해결해야 될 많은 과제를 안고 있다. 본 논문에서는 OBS 망에서 전체 평균 부하가 일정 수준 이하로 유지될 때, 우회 라우팅 알고리즘을 이용하여 버스트 손실이 발생하지 않으면서 QoS를 보장해 줄 수 있는 방법을 제안하였다. 이와 같은 제안 방식은 QoS를 보장하면서 트래픽을 분산시키므로 라우터에서의 버퍼링을 최소화하여 광 메모리 구현이 어려운 현시점에서 보다 효율적인 네트워크를 구성 할 수 있게 할 것이다.

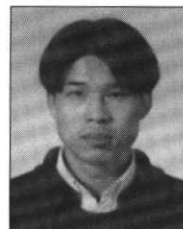
네트워크의 평균 부하를 고려하여 제안 알고리즘 적용시 버스트 손실이 없는 상황에서 성능평가를 수행한 결과, 제안 알고리즘은 우선순위 0, 1, 2에 대한 각각의 버스트들의 우선순위를 보장해 줄 수 있었다. 또한 우선순위가 낮은 버스트를 다른 경로로 우회시킴으로써 트래픽의 집중을 막아

서 광 버퍼(광 지연선) 사용을 최소화하여 망을 효율적으로 구성할 수 있게 해주는 것을 확인하였다.

향후 연구 과제로 에지 라우터에서 우선순위에 따른 버스트 조립, 우선순위별 최적 버스트 길이와 조립시간, 최적 임계치 값 등 최적 OBS 망 설계에 관한 연구가 진행 중에 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 강민호, 이용구, 오세윤, "인터넷 기술발전 및 연구동향", 전자공학회지, 제27권 제6호, pp.568-575, 2000.
- [2] Y. Xiong, M. Vandenhoute and H. C. Cankaya, "Control Architecture in Optical Burst-Switched WDM Networks," IEEE J. Select, Areas Commun., Vol.18, No.10, pp.1838-1851, Oct., 2000.
- [3] C. Qiao, "Labeled Optical Burst Switching for IP-over-WDM Integration," IEEE Commun. Mag., pp.104-114, Sep., 2000.
- [4] Y. B. Choi, J. Y. Kim and H. G. Kim, "A Multi-link Photonic Packet Switch for WDM Networks," APCC2001 proceeding, pp.217-220, Sep., 2001.
- [5] C. Qiao and M. Yoo, "Optical Burst Switching (OBS)-A New Paradigm for an Optical Internet," J. High Speed Networks, Vol.8, No.1, pp.69-84, 1999.
- [6] J. Turner, "Terabit burst switching," J. High Speed Networks, Vol.8, pp.3-16, 1999.
- [7] C. Y. Li, P. K. A. Wai and X. C. Yuan and Victor O. K. Li, "Deflection routing in slotted self-routing networks with arbitrary topology," ICC, 2002.
- [8] J. Y. Wei and R. I. McFarland, "Just-In-Time Signaling for WDM Optical Burst Switching Networks," J. Lightwave Technol., Vol.18, No.12, pp.2019-2037, Dec., 2000.
- [9] 김종원, 김정엽, 최영복, "광 버스트 스위칭 네트워크에서 QoS 보장 방법", 한국통신학회 하계학술발표회, 2002.
- [10] M. Yoo, C. Qiao and S. Dixit, "Optical Burst Switching for Service Differentiation in the Next-Generation Optical Internet," IEEE Commun. Mag., pp.98-104, Feb., 2001.
- [11] Vinod M. Vokkarane, Jason P. Jue, Sriranjani Sitaraman, "Burst Segmentation : An Approach For Reducing Packet Loss In Optical Burst Switched Networks," ICC, 2002.



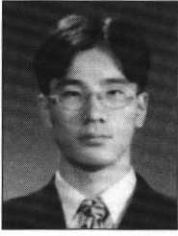
김 종 원

e-mail : kjwyes22@empal.com

2001년 동명정보대학교 정보통신공학과 (공학사)

2003년 동명정보대학교 정보대학원 정보통신공학과 재학중

관심분야 : 광 인터넷, 마이크로프로세서 응용 설계, 블루투스 등



**김 정 엽**

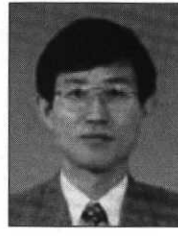
e-mail : youps@orgio.net

2000년 동명정보대학교 정보통신공학과  
(공학사)

2002년 동명정보대학교 정보대학원 정보  
통신공학과(공학석사)

2002년~현재 KCC

관심분야 : 초고속 통신망, 광 인터넷 등



**최 영 복**

e-mail : ybchoi@tit.ac.kr

1984년 경북대학교 전자공학과(공학사)

1988년 경북대학교 대학원(공학석사)

1996년 오사카대학 대학원 통신공학과  
(공학박사)

1984년~1985년 LG전자 가전연구소 연구원

1985년~1992년 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원

1996년~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 부교수

관심분야 : 초고속 통신망, 광 인터넷, 네트워크 보안 등