

OBS 네트워크에서 효율적인 QoS 지원을 위한

Fully Hybrid Optical Switching*

이수경[○] 나상준[●] 김래영[●]

세종대학교[○] 연세대학교[●]

sklee@sejong.ac.kr[○] {dreamy, leon}@emerald.yonsei.ac.kr[●]

A Fully Hybrid Optical Switching for Supporting Efficient QoS in OBS Networks

Sukyong Lee[○] Sangjoon Ra[●] Laeyoung Kim[●]

Sejong University[○] Yonsei University[●]

요 약

인터넷 사용자의 수와 전송되는 어플리케이션의 종류는 지속적으로 고도성장을 이어가고 있으며, 이에 따라 사용가능한 대역폭은 점점 그 한계에 도달해 가고 있다. 이러한 상황에서의 적절한 해결책은 바로 광 기술이다. 광 네트워크에서도 QoS를 제공하기 위한 방안들이 활발히 연구되고 있으며, 이중에서도 OCS와 OBS의 장점을 살림으로써 QoS를 제공하는 hybrid switching 방식들이 연구되고 있다. 본 논문에서 제안한 Fully Hybrid Optical Switching(FHOS)은 OBS 네트워크에 OCS 방식을 결합한 방식으로, 기존의 hybrid switching 방식에서의 문제점을 해결하여 보다 효율적인 QoS를 제공한다.

1. 서 론

대역폭에 대한 사용자의 요구가 폭발적으로 증가함에 따라 현재의 인터넷이나 ATM 기술만으로는 미래의 대역폭 요구를 충분히 충족시켜 줄 수 없을 것으로 보인다. 이에 따라 보다 큰 대역폭을 제공해 줄 수 있는 새로운 기술이 필요하게 되었으며, 광 네트워크 기술은 이와 같은 요구를 충족시켜 줄 대안으로 떠오르고 있다[1].

인터넷에서 데이터가 이동하기 위해서는 네트워크의 중간 노드에서의 라우팅 작업이 필요하다. 광 인터넷 구축을 위해 이러한 라우팅 기술과 광 기술을 접목한 광 스위칭 기술이 활발히 연구되고 있으며, 그러한 기술로는 Optical Circuit Switching(OCS), Optical Packet Switching(OPS), 그리고 이 둘을 절충한 Optical Burst Switching(OBS) 방식이 있다.

본 논문에서는 이러한 스위칭 방식 중에서도 OBS 방식을 중점적으로 다루며 특히 최근 활발히 논의되고 있는 OBS 네트워크에서의 Quality of Service(QoS) 지원 방안을 살펴보고자 한다. QoS를 보장하기 위한 방안으로 OBS 기술과 OCS 기술을 접목한 연구가 활발히 이루어지고 있다. OBS와 OCS를 결합한 대표적인 연구로는 [2]와 [3]에서 제안한 optical switching이 있는데 이 두 방식에서는 long-lived 트래픽에는 high priority를, short-lived 트래픽에는 low priority를 할당하여 high priority로 간주되는 트래픽은 OCS를 이용하여 전송하고 low priority로 간주되는 트래픽은 OBS를 이용하여 전송한다. 따라서 단지 트래픽의 길이로만 서비스 차별화를

수행하는 단점을 갖고 있다. 본 논문에서는 트래픽의 길이뿐만 아니라 local access 네트워크 자체에서 QoS를 제공하기 위해 트래픽에 부여한 priority도 고려하여 QoS를 제공하는 Fully Hybrid Optical Switching(FHOS) 방식을 제안하고자 한다. 제안하는 FHOS에서는 먼저 OBS 네트워크로 입력된 트래픽의 길이에 따라 OBS로 전송할지 OCS로 전송할지를 결정하며, 트래픽이 갖는 local access 네트워크로부터 부여받은 priority 정보에 따라 ingress node 및 intermediate node에서의 drop 여부를 결정한다.

2장에서 다양한 광 스위칭 기술들에 대해 살펴보고 3장에서는 기존의 OBS와 OCS를 결합한 hybrid switching 방식에 대해 살펴본다, 4장에서는 본 논문에서 제안하는 FHOS의 동작을 자세히 살펴봄, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 광 스위칭 기술

OCS 방식에서는 기존의 서킷 스위칭을 기반으로 하여 송신측이 수신 측에 set-up 요청 신호를 보내고, 수신측은 이에 대응하는 ACK를 보내어 전송 경로를 설정한 후, 데이터를 전송한다[4]. 따라서 서킷 스위칭이 갖는 대역폭 낭비 등의 문제점을 그대로 갖게 된다.

인터넷의 트래픽 특성상 대역폭을 가장 효율적으로 이용하기 위한 방법은 광 신호를 패킷 단위로 스위칭하는 OPS 방식이다[5]. 하지만 패킷 스위칭의 store-and-forward 성격상 광 계층에 버퍼가 반드시 필요하는데, 현재 광소자 기술로는 광 신호를 바로 저장할 수 있는 광 버퍼가 실용화되어 있지 않으므로 OPS는 아직 구현이 어려운 실정이다.

OBS 방식은, OCS 방식과 OPS 방식의 중간 단계로서 두 스위칭 기술의 장점을 취하고 단점을 보완하였다[4].

* 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2004-003-D00248).

OBS 방식에서의 전송 단위는 burst로 이는 local access 네트워크로부터 입력된 다수개의 패킷으로 구성된다. 이 방식에서는 burst 마다 생성된 control packet 이 burst에 앞서 ingress node에서 내보내져 egress node까지 burst를 위한 채널을 설정하며, 일정한 offset time 후에 전송된 burst는 미리 설정된 채널을 이용하여 전송된다. 따라서 OPS 방식과 같은 헤더가 없이도 burst의 제어가 가능함과 동시에, OCS가 갖는 경로 설정 지연 문제를 해결할 수 있다. 아울러 burst 전송 기간에만 채널이 할당되므로 자원 이용률 면에서도 효율적이라 할 수 있다.

현재 OBS에 대한 연구는 기본 구조에 대한 분석을 넘어서서 시험 단계에 있으나, 트래픽 서비스 별로 QoS를 보장해 주는 기술에 대해서는 아직 활발한 연구가 진행되고 있다.

3. OBS와 OCS를 결합한 스위칭 방식

현재 사용 중인 광 네트워크는 OCS 방식을 사용하고 있다. Ingress node와 egress node사이에서 데이터를 전송하기 위하여 망 초기화 시에 광 네트워크상의 광 경로(lightpath)가 먼저 설정되어야 하고, 그 경로를 따라서 wavelength가 할당되어야 한다. 따라서 OCS는 트래픽의 크기가 크며, 지속적으로 발생하는 long-lived 트래픽 전송에 효과적이라 할 수 있다. 하지만 인터넷 트래픽을 살펴보면 대용량의 long-lived 트래픽보다는 크기가 작은 short-lived 트래픽이 주를 이루고 있다[6]. 따라서 bursty한 특성을 갖는 인터넷 트래픽 전송에는 OBS 방식이 더 효율적이라고 할 수 있다[3]. 그러나 최근 들어 비디오 스트리밍과 같은 실시간, long-lived 트래픽이 점차 증가하고 있는 실정을 고려한다면, 트래픽의 특성에 따른 QoS 제공이 이루어져야 한다.

[2]에서 제시한 OCS와 OBS를 결합한 optical hybrid switching 방식은 flow 분류 기술을 이용하여 트래픽 flow를 short-lived flow(소수의 패킷으로 구성된 flow)와 long-lived flow(일반적으로 서킷 스위칭에 적합한 실시간 스트리밍)로 분류한다. 이 방식에서의 스위칭 모듈은 서킷과 burst의 특성을 모두 갖는다. Short-lived flow에 대해서는 대역폭 사용의 효율성을 위해 burst들이 각각의 wavelength를 서로 공유하는 OBS를 사용하며, 비디오 스트리밍과 같은 long-lived flow에 대해서는 OCS를 이용하여 전송한다. 여기에서는 OBS보다 OCS에 대역폭 사용에 대한 우선순위가 주어지며, OBS에 할당되는 대역폭은 총 대역폭에서 OCS 트래픽이 사용하는 대역폭을 제외한 나머지가 된다. 이 방식은 long-lived flow에 대해서는 high priority를, short-lived flow에 대해서는 low priority를 부여함으로써 단지 flow의 길어오만 priority를 구분하는 문제점을 갖게 된다. 따라서 QoS 보장을 요구하는 short-lived flow는 전혀 고려되지 않고 있다. 또한 OCS에 우선적으로 무조건적인 대역폭 사용 권한을 주므로, OCS가 모든 대역폭을 사용할 경우 OBS는 대역폭을 전혀 이용하지 못하게 되는 문제점을 안고 있다.

[3]에서 제시한 hybrid switching은 OCS 네트워크에 OBS 방식을 도입한 것으로 ingress node에서

long-lived flow(high priority로 간주)와 short-lived flow(low priority로 간주)로 구분한 후, 그것들을 각각 OCS와 OBS를 이용해 전송한다. 이 방식은 전체 네트워크의 성능을 향상시키지만, [2]에서와 마찬가지로 단지 flow의 크기만으로 서비스를 차별화하고 있으며, OCS에서 단 한번 시도되는 광 경로 설정이 실패하면 그 트래픽은 무조건 drop된다는 문제점을 갖고 있다. Short-lived flow의 drop과는 달리 상대적으로 크기가 큰 long-lived flow의 경우 drop되면 네트워크의 성능에 악영향을 미치게 된다.

4. Fully Hybrid Optical Switching

본 논문에서는 기존의 OCS와 OBS를 결합한 스위칭 방식들의 단점을 개선한 OBS 네트워크에서 효율적인 QoS를 지원하기 위한 Fully Hybrid Optical Switching(FHOS) 방식을 제안한다. 제안한 FHOS 메커니즘에서는 트래픽의 서비스 차별화를 위해 트래픽의 길이뿐만 아니라 local access 네트워크에서 트래픽의 서비스 차별화를 위하여 패킷 헤더에 명시한 priority(이하의 priority는 이것을 의미) 값도 고려한다. 본 논문에서는 local access network로부터 설정된 priority는 high와 low인 2가지 경우로 가정한다.

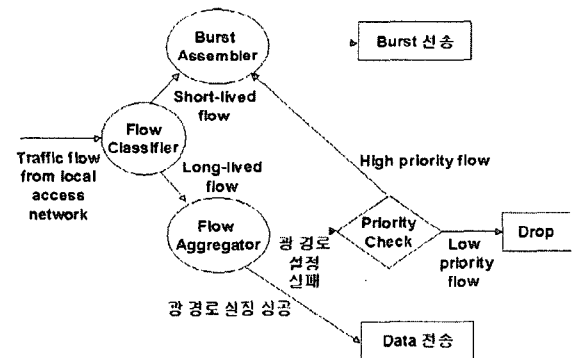


그림 1 FHOS의 동작 : ingress node

그림 1은 ingress node에서의 기능 요소들과 FHOS의 동작을 보여준다. Local access 네트워크로부터 ingress node로 들어온 트래픽 flow는 flow classifier에 의해 long-lived flow와 short-lived flow로 분류된다. Long-lived flow는 OCS 방식을 이용한 전송이 효율적이므로 이를 위해 광 경로 설정이 요구된다. 광 경로 설정이 성공하면 설정된 경로를 이용하여 데이터를 egress node까지 전송한다. 광 경로 설정이 실패한 경우, flow의 priority를 체크한 후 low priority flow는 drop시키고 high priority flow는 OBS를 이용하여 전송하도록 한다. OBS로 전송하려는 flow의 경우, priority에 따라 burst로 만든 후 전송한다. FHOS의 자세한 동작은 그림 2에서 설명되고 있다.

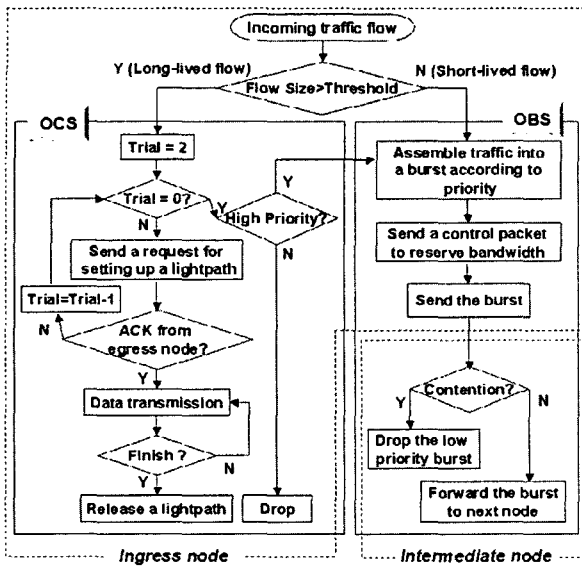


그림 2 FHOS의 자세한 동작

그림 2는 ingress node와 intermediate node에서, 제안한 FHOS 메커니즘이 어떻게 구현되는지를 자세히 나타낸 것이다. 동작을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) Ingress node에서 local access 네트워크로부터 입력된 트래픽 flow의 크기를 기설정된 *threshold* 값과 비교하여 long-lived flow와 short-lived flow로 분류한다. 여기서 *threshold* 값을 너무 작게 설정할 경우, OCS로 보내기 위한 경로 설정상의 overhead로 인하여 성능이 오히려 떨어지게 되고, 너무 크게 설정할 경우, OCS를 적절히 이용하지 못하는 문제를 가지므로 이러한 문제점 및 각 ISP가 갖는 망 관리상의 특성을 고려하여 *threshold*가 설정되어야 한다.
- 2) OBS로 전송할 short-lived flow는 burst 단위로 구성되는데 이때 flow에 표시된 priority에 따라 구분하여 burst를 만든 후, OBS 네트워크로 전송한다. 즉, burst는 동일한 priority를 갖는 패킷들의 모음이 된다.
 - 2-1) Burst를 전송하기 전에 대역폭 예약을 위해 control packet을 먼저 보내고 일정 시간 후 burst를 전송한다. Control packet은 대응하는 burst의 priority 값을 포함한다.
 - 2-2) Intermediate node에서 contention이 발생하게 되면 burst들 간의 priority를 검사하여 더 낮은 priority를 갖는 burst를 drop시킨다. 만약 contention을 일으킨 두 burst의 priority가 같다면, 길이가 더 짧은 burst를 drop시킨다.
- 3) OCS로 전송되는 long-lived flow를 위하여 ingress node는 egress node로 광 경로 설정(lightpath set-up)을 요청하게 되는데 이때 *Trial*이라는 변수를 사용하여 최대 요청 횟수를 지정하게 된다(그림 2에서는 2로 지정됨).

- 3-1) 최대 요청 횟수 이전에 egress node로부터 ACK를 받게 되면 광 경로 설정이 성공한 것이므로 설정된 경로를 통해 데이터를 전송하고, 해당 flow의 전송이 완료되면 광 경로를 해제한다.
- 3-2) 타임아웃이 될 때까지 ACK를 받지 못하면 *Trial* 값을 1씩 줄이면서 광 경로 설정을 egress node로 재요청한다. *Trial* 값이 0이 될 때까지도 ACK를 못 받은 경우는 OCS를 위한 가용한 광 경로가 없는 것을 의미한다. 이 때 flow를 무조건 drop시키지 않고 priority를 체크한 후 high priority flow는 OBS로 전송하게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 OBS 네트워크에, OCS를 적용하여 서비스의 차별화를 이루는 FHOS 방식을 제안하였다. 제안한 방식에서는 flow의 길이에 따른 OCS와 OBS의 적용과 더불어 OBS 네트워크로 들어온 flow가 갖고 있는 priority 정보를 고려한 서비스 차별화를 제공한다. FHOS의 동작에서 볼 수 있듯이 long-lived flow는 OCS로 전송함으로써 OCS의 장점을 살렸으며, 광 경로 설정이 실패한 long-lived flow의 경우 무조건 drop시키지 않고 priority가 높은 flow는 OBS로 전송함으로써 high priority flow에 대한 서비스를 보장할 뿐만 아니라, OBS 네트워크 상에서 contention 발생시 priority가 더 높은 burst를 우선적으로 살려줌으로써 보다 완전한 서비스 차별화를 제공할 수 있도록 하였다.

향후 과제는 본 논문에서 제안한 FHOS 방식을 기존의 hybrid switching 방식과 비교하여 성능을 평가하는 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] B. Mukherjee, Optical Communication Networks, McGraw-Hill, 1997.
- [2] G. M. Lee, B. Wyrowski, M. Zukerman, J. K. Choi, C. H. Foh, "Performance evaluation of an optical hybrid switching system," IEEE Globecom 2003, pp.2508-2512, Dec. 2003.
- [3] C. Xin, C. Qiao, Y. Ye, S. Dixit, "A Hybrid Optical Switching Approach," IEEE Globecom 2003, pp.3808-3812, Dec. 2003.
- [4] 유명식, 홍현하, 김부균, "광 인터넷과 스위칭 기술," Telecommunications Review, 제11권, 2호, pp.218-228, 2001년 3-4월.
- [5] M. Yoo, C. Qiao, S. Dixit, "Optical Burst Switching for Service Differentiation in the Next-Generation Optical Internet," IEEE Commun. Mag., vol.39, issue 2, pp.98-104, Feb. 2001.
- [6] W. Stallings, High-Speed Networks, Prentice hall, 1998.