

광 인터넷에서 버스트 손실 성능 향상을 위한 채널 선점 방식

김은아 이강형 이수경*
세종대학교 인터넷공학과

{eakim, khlee}@sju.ac.kr, sklee@sejong.ac.kr

A Preemptive Channel Reservation Scheme for Improving Burst Loss Performance in Optical Burst Switching Networks

EunAh Kim KangHyung Lee SuKyoung Lee
Dept. of Internet Engineering, Sejong University

요 약

OBS(Optical Burst Switching) 망에서 우선 순위를 보장해 주기 위해 채널 선점 방식(preemptive channel reservation scheme)이 제안되어 왔다. 채널 선점으로 인해 drop된 버스트의 크기가 OBS 망의 전체 성능에 영향을 끼치는 요소인데도 불구하고 기존의 채널 선점 방식은 선점될 채널 선택 시에 버스트의 채널 사용 시간(elapsed time)만을 고려하고 있다. 따라서 본 논문에서는 각 버스트의 채널 사용 시간과 버스트 길이의 합이 작은 채널을 선택하는 선점 방식으로써 Length-based Smallest Elapsed time Selection(LSE)을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 LSE 방식이 기존의 SE(Smallest Elapsed time)에 비해서 버스트 손실 성능 면에서 우수함을 알 수 있었다.

1. 서 론

현재 인터넷의 급속도로 증가하는 대용량 트래픽으로 인해 기존의 전자식 스위치와 전송기술은 사용자의 요구를 만족시키는데 한계에 다다르게 되었다. 따라서 급증하는 인터넷 사용자를 효과적으로 수용하기 위해서는 광통신 기술과 인터넷 기술을 결합하는 광 인터넷 기술이 필수적이다. 광 스위칭 기술로는 OCS(Optical Circuit Switching), OPS(Optical Packet Switching), OBS(Optical Burst Switching)가 제안되었으며, 현재 연구되고 있는 OBS는 OCS와 OPS의 장점을 살리고 단점을 보완한 기술이라고 할 수 있다.

OBS 망에서 데이터 전송단위는 ingress node에 입력되는 IP 패킷을 그 특성에 따라 동일 목적지와 동일 QoS(Quality of Service) 별로 모아서 생성된 버스트이다. 버스트 생성 시, 버스트에 대한 정보를 가지는 BHP(Burst Header Packet)이 만들어지며 버스트의 채널 예약을 위하여 버스트보다 먼저 목적지까지 전송된다. 버스트는 offset time 이후에 BHP에 의해 미리 예약된 채널을 통하여 O/E/O 변환을 거치지 않고 전광 형태(all-optical) 목적지까지 전송된다[1].

그러나 현재 인터넷의 다양한 멀티미디어 응용 서비스의 QoS를 차별적으로 지원하기 위한 OBS 기술에 대한 연구는 미흡한 실정이다. QoS 보장 방안으로 preemptive scheme이 제안되어 있으나[2-4] 기존의 방식들은 상위 클래스 버스트에 하위 클래스 버스트보다 채널 사용 우선권을 주어 상위 클래스의 데이터 손실률을 줄이는 것에 초점을 두고 있는 반면, drop시킬 하위 클래스 버스트의 선택에 대한 알고리즘은 연구되지 않고 있다. 충돌

(contention)로 인한 버스트 손실의 최소화가 OBS 망의 가장 큰 문제임을 고려할 때, 버스트 길이를 고려하지 않은 무조건적인 하위 클래스 버스트의 drop은 OBS 망의 성능 저하를 초래하게 된다. [2]에서 drop될 하위 클래스 버스트 선택 알고리즘이 제시되고 있으나 drop되는 버스트 수만을 고려함으로써 오히려 IP 패킷 손실률이 증가할 수 있다는 단점을 갖고 있다. 이에 본 논문에서는 하위 클래스 버스트의 채널 이용 시간과 길이를 고려한 채널 선점 방식을 제안함으로써 상위 클래스 버스트의 전송 보장과 함께 하위 클래스 버스트의 손실률을 줄이고 채널의 효율성을 높이고자 한다.

2. 채널 선점 방식

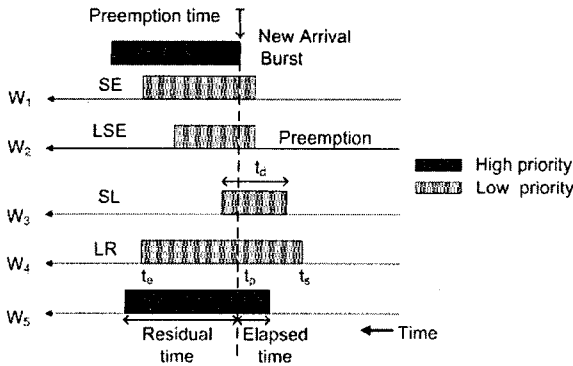
OBS 망에서 BHP는 버스트가 목적지까지 사용할 채널 예약을 위해 offset time 전에 egress node까지 전달된다. 중간 노드에서 채널 예약 설정 중 예약 가능한 채널이 없다면 적절한 채널 선점 방식이 수행된다. 채널 선점 방식을 통해 이미 채널을 예약한 하위 클래스 버스트가 있는 경우, 그 채널을 선점한 후 채널 예약을 설정하던 상위 클래스 버스트에 할당하는 것이다.

이때 선점된 채널을 사용 중이던 하위 클래스 버스트의 drop 또한 전체 망의 버스트 손실률을 증가시키므로, 선점될 채널을 선택하는 효율적인 메커니즘이 필요하며, 채널 사용 시간을 기준으로 LR(Largest Residual Time Selection)과 SE(Smallest Elapsed Time Selection)으로 크게 분류된다[2].

2.1 Largest Residual Time Selection (LR)

Residual Time은 버스트의 채널 선점 시간부터 예약이

* Corresponding author: 본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 사업의 연구 결과로 수행되었음



(그림 1) 버스트의 채널 예약 상태 및 다양한 채널 선정 방식

끝나는 시간까지이다. LR 방식은 residual time이 가장 큰 버스트가 선택되는 것이다. (그림1)을 예로 들면, w4 채널이 선택된다. 즉, Residual time이 크다는 것은 목적지까지 거쳐야 할 출수가 상대적으로 많이 남아 있음을 의미한다. 따라서 LR을 적용할 경우, 대역폭 이용률은 향상될 수 있으나 길이가 긴 버스트가 drop 됨으로써 데이터 손실률이 증가하는 단점이 있다.

2.2 Smallest Elapsed Time Selection (SE)

Elapsed Time은 버스트의 채널 예약 시작 시간부터 선정될 때까지의 시간이다. SE 방식은 elapsed time 즉, 채널 사용 시간이 가장 작은 버스트를 선택하는 것이다. (그림1)에서 w1 채널 또는 w2 채널이 선택된다. Elapsed time이 작다는 것은 선정 순간까지 처리된 데이터 양이 적다는 것이다. 하지만 전체 버스트의 길이가 상대적으로 다른 하위 클래스 버스트에 비해 길 경우 데이터 손실률이 증가한다는 문제점을 갖는다.

3. Length-based Smallest Elapsed time Selection (LSE)

OBS 망에서의 시간 기반 버스트 조합 방식 혹은 시간 및 처리율의 혼합 조합 방식은 버스트 길이를 다양하게 생성한다[5]. 그러나 SE 방식은 선정될 때까지 채널을 사용한 시간(즉, elapsed time)만을 고려하여 채널을 선택하기 때문에 elapsed time이 작지만 버스트 길이가 긴 버스트가 drop되는 경우 데이터 손실률의 증가로 OBS 망을 사용하는 인터넷 트래픽의 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서 drop되는 버스트 개수뿐만이 아니라 drop되는 버스트 크기가 채널 선정 방식 설계 시 고려되어야 한다. 본 논문에서는 선정될 채널 선택 시 버스트의 채널 사용 시간 및 버스트 길이를 함께 고려하는 LSE (Length-based Smallest Elapsed Time Selection)를 제안한다.

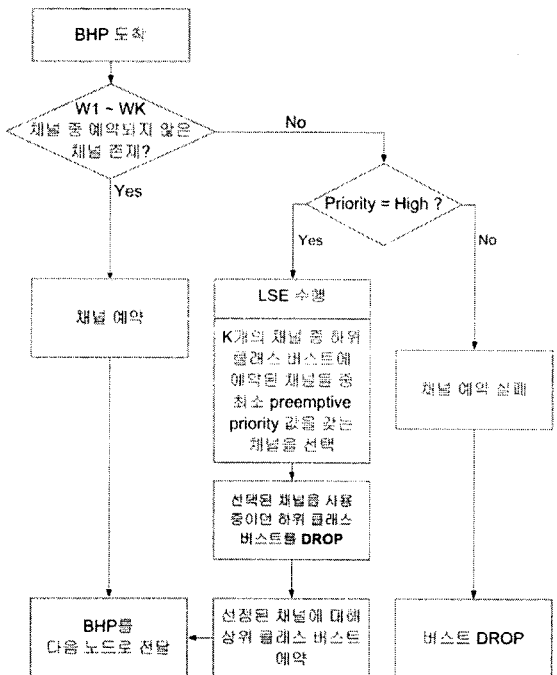
본 논문에서 제안하는 LSE을 위해서 ingress node에서 버스트 조합 방식은 시간에 기반하며 버스트에 대해서 상위 및 하위, 두개의 클래스를 가정한다.

(그림 1)은 새로 도착한 상위 클래스에 속하는 버스트가 채널 예약을 시도할 때 선정되는 채널을 나타낸다. t_0

는 채널이 선정되는 시간으로 채널을 사용 중이었던 하위 클래스 버스트가 drop되는 시간이며 새로 도착한 상위 클래스 버스트는 채널 예약을 시작하는 시간이다. t_s 는 버스트가 도착하는 시간으로 전송 시작 시간을 의미하며, t_e 는 버스트의 채널 예약 종료시간(전송 종료 시간)으로 t_s+TD 이다. 이때, TD는 버스트의 전송 지속 시간으로 BHP에 명시된다. 각 채널에서 elapsed time, TE는 t_p-t_s 로 계산된다.

TE+TD는 선정할 채널을 결정할 때 쓰이는 preemptive priority로 정의된다. 상위 클래스 버스트가 도착하여, 하위 클래스 버스트가 사용 중인 채널들 중 한 개를 선정하여 채널을 예약해야 하는 경우, 채널 선정 방식은 하위 클래스 버스트가 예약된 채널을 대상으로 TE+TD를 계산해 preemptive priority를 설정한다. 이때, preemptive priority가 제일 작은 채널을 선택하게 된다. 최소 preemptive priority를 갖는 채널을 선택함으로써 채널 사용 시간이 짧지만 길이가 긴 버스트는 채널의 계속적인 사용을 보장하고, 채널 사용시간이 짧으면서 길이가 짧은 버스트를 drop한다.

(그림 1)에서 각 채널의 preemptive priority를 적용한 예를 보면 다음과 같다. w1은 $1+7=8$, w2는 $1+5=6$, w3은 $3+4=7$, w4는 $4+10=10$ 이다. 이와 같은 preemptive priority를 가지는 채널 중에서 w2 채널이 선택된다. TD가 클수록 preemptive priority는 커지기 때문에 같은 TE라도 TD가 클수록 preemptive priority 값은 높아진다. 따라서 제안되는 LSE 방식은 TE는 짧지만 길이가 긴 버스트의 전송을 보장한다 (w1). 또한 TE가 같은 채널이 2



(그림 2) 제안한 LSE 기반 preemptive scheme의 세부 동작

개 이상 존재할 때의 버스트 길이가 더 긴 버스트의 전송을 보장하고 길이가 짧은 버스트를 drop한다 (w2).

(그림2)는 제안되는 LSE 기반의 채널 선정 방식이 OBS 망에서 동작하는 구체적인 과정을 나타낸다. 데이터 전송채널이 K개 있다고 가정한 후 LSE 알고리즘의 동작을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

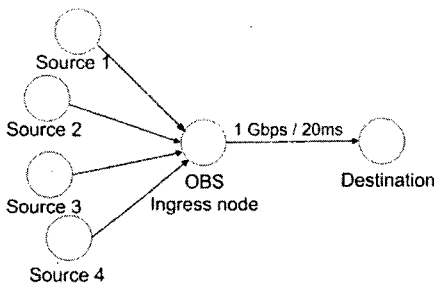
상위 클래스 버스트의 BHP가 전송 채널을 예약하기 위해 목적지까지 OBS 망을 지나다 중간 노드에서 예약 가능한 채널이 없는 경우, 그 노드에서 제안된 채널 선정 방식이 수행된다. 상위 클래스 버스트에 채널 우선권을 주기 위하여 하위 클래스 버스트가 예약한 채널 중에서 어느 채널을 선정할 것인지를 결정한다. 이 때, 그 채널에 예약된 버스트의 preemptive priority가 가장 작은 채널을 선택한다. 선택된 채널을 사용 중이었던 하위 클래스 버스트는 drop되고, 이와 같이 선정된 채널을 상위 클래스 버스트가 예약하게 된다.

4. 성능평가

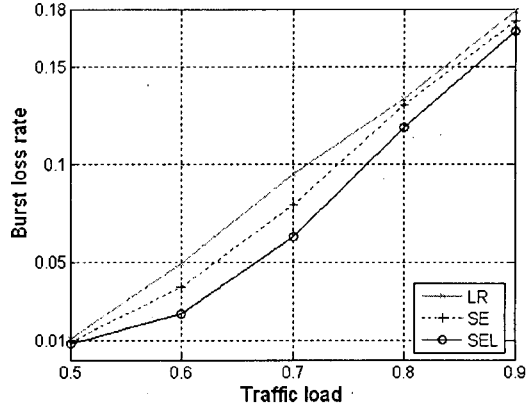
본 논문에서는 제안하는 LSE 방식의 성능을 평가하기 위해 OBS simulator-ns2을 사용하여 시뮬레이션 하였다. 버스트의 종류를 상위 및 하위의 두 클래스로 나누고 3:7 비율로 트래픽을 발생시켰다. 생성되는 버스트 크기는 지수 분포의 형태로 다양한 값을 갖도록 구현하였다. 시뮬레이션에서 사용된 망 토폴로지는 (그림 3)과 같고 각 소스에서 4개의 트래픽 플로우가 생성되도록 하였다. LSE의 버스트 손실률을 LR 및 SE와 비교하여 성능 평가하며, 버스트 손실률은 $\frac{L_i^{(d)} \times N_d}{N_i}$ 로 정의된다. 이

때, $L_i^{(d)}$ 는 i 번째 버스트를 구성하는 패킷 수, N_i 및 N_d 는 전송된 버스트 수 및 drop된 버스트 수를 각각 의미한다.

그림 3은 기존의 SE와 LR, 그리고 제안한 LSE 알고리즘의 트래픽 부하에 따른 버스트 손실 성능을 보여 주고 있다. 특히, 일반적인 트래픽 부하에 대한 손실률을 보기 위해 0.5 이상일 때 결과를 보여준다. LSE 방식이 기존의 SE 및 LR 방식보다 버스트 손실 면에서 우수함을 알 수 있다. 특히 망의 일반적인 트래픽 부하인 0.6과 0.7에서 LSE 방식의 SE 방식에 대한 버스트 손실 향상도가 36%와 20%로 가장 높았다. 그리고 트래픽 부하가 0.8 이상으로 증가하거나 트래픽 부하가 0.5이하인 경우



(그림 3) 시뮬레이션 망 토폴로지



(그림 4) 트래픽 부하에 따른 버스트 손실률

에는 각각 망의 혼잡도 증가와 망 내 충돌 감소로 제안한 방식과 기존의 방식들과의 버스트 손실을 차이가 0.6 및 0.7에 비해서 감소함을 알 수 있었다. 결론적으로, LSE 방식은 채널 사용 시간이 작고 버스트 길이가 짧은 버스트를 drop함으로써 전체적으로 drop되는 IP 패킷 양을 줄임으로써 망내 전체 데이터의 전송률을 높인다. 즉, LSE 방식은 SE 방식에서 고려하지 않는 버스트 길이까지 성능 기준으로 적용하게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 QoS 제공을 위한 채널 선정 방식을 제안하였다. 제안한 방식은 버스트의 채널 이용 시간과 버스트 길이(즉, 전체 전송 시간)에 priority로 둬으로써, 기존의 방식에 비해 버스트 손실 성능을 향상시킬 수 있었다.

6. 참고문헌

[1] C. Qiao and M. Yoo, "Optical burst Switching(OBS)- A new paradigm for an optical internet," J. High Speed Network vol.8, pp.69-84, 1999.
 [2] T. Tachibana, M. Ueda, and S. Kasahara, "A preemptive scheme with two-way release message transmission in optical burst switching Networks". IEEE Globecom, 2004
 [3] H. C. Cankaya, S. Charcranoon, and T. S. El-Bawab, "A preemptive scheduling technique for OBS Networks with service differentiation" IEEE Globecom, 2003.
 [4] L. Yang, Y. Jiang, and S. Jiang, "A probabilistic preemptive scheme for providing service differentiation in OBS Networks," IEEE Globecom, 2003
 [5] A. Ge, F. Callegati, and L.S. Tamil, "On Optical Burst Switching and Self-Similar Traffic", IEEE Communications Letters, vol. 4, no. 3, pp. 98-100, March 2000.
 [6] OIRC optical burst switching simulator, <http://www.oric.org>