

버스트 부분 재전송 메커니즘을 적용한 OBS 네트워크 성능 분석

엄 태 원[†] · 최 성 곤^{**} · 최 준 균^{***} · 정 태 수^{****} · 강 성 수^{****}

요 약

본 논문은 Optical Burst Switching(OBS) 네트워크상에서 버스트 부분 재전송 시그널링을 적용하여 버스트 충돌이 발생하였을 때 입구 노드에서 손실된 버스트 부분을 재전송하는 메커니즘을 제안하였다. 또한 버스트 부분 재전송 메커니즘을 확장한 광 자원 예약 방식을 기술하였다. 제안된 메커니즘을 사용함으로써 버스트 충돌로 인한 데이터손실을 OBS 계층에서 복원할 수 있고, 광 채널의 이용률을 높일 수 있다. 본 논문에서는 제안된 OBS 기능들을 NS2 시뮬레이터를 기반으로 구현하여 성능을 분석하였다. 재전송을 위해 OBS 시그널링 기간동안 입구 노드에서 버스트를 저장함으로써 인해서 필요로 되는 입구 노드 버퍼크기가 증가하는 대신 OBS 네트워크의 채널 이용률이 획기적으로 향상됨을 시뮬레이션 결과를 통해서 확인하였다.

키워드 : OBS, 재전송 메커니즘

Performance of a Partial Burst Retransmission Mechanism in OBS Networks

Tai-Won Um[†] · Seong Gon Choi^{**} · Jun Kyun Choi^{***} · Tae Soo Jeong^{****} · Sungsoo Kang^{****}

ABSTRACT

We investigate the effects on performance of using a partial retransmission mechanism in Optical Burst Switched(OBS) networks. In our scheme, the lost segments of a burst are retransmitted in the OBS layer. We also propose an optical resource reservation using the partial retransmission mechanism. Our scheme attempts to improve the burst contention resolution and optical channel utilization. The performance of the proposed mechanism is analyzed by NS2 simulations. Simulation results indicate that link utilization of the OBS network is improved markedly at the expense of signaling and ingress buffers.

Key Words : Optical Burst Switching, Retransmission

1. 서 론

현재의 네트워크는 IP로 대표되는 인터넷 프로토콜을 여러 단계의 네트워크 레이어 통하여 캡슐화시켜 전송하고, 중간 노드에서는 패킷을 수신할 때 목적지 인식을 위해 매번 IP 계층에서의 전기적인 처리를 필요로 하는 비효율적인 구조를 갖고 있다. 광인터넷은 중간 전송 계층을 거치지 않고 IP 트래픽을 WDM 계층에 직접 실어보내고, 중간 노드에서 전기적인 처리없이 광계층을 통해서만 전송함으로써 네트워크 구성을 단순화하고 값싸게 광대역전송을 가능하게하는 신기술

로 주목받고 있다.

광 버스트 스위칭(Optical Burst Switching :OBS)은 근래에 제안된 광인터넷 스위칭 방식으로서 다른 종단 간에 광 파장 자원을 공유함으로써 광 채널 이용률을 향상시킬 수 있다. 현재 OBS를 기반으로 다양한 프로토콜이 제안되었으며, 대표적인 예로서 Just-Enough-Time(JET) OBS를 들 수 있다. JET OBS에서는 광 버스트(Opticalburst)라고 불리우는 집합된 패킷을 보내기에 앞서 경로상의 광 스위치들의 경로 재구성을 요청하는 제어패킷(Control Packet)을 전송한다. 각각의 중간 OBS 노드들은 제어패킷을 분석하기위한 전자적인 프로세싱 시간을 필요로하므로 입구 노드는 제어패킷 전송 이후에 옵셋시간(Offset time)만큼의 시간간격을 두고서 광 채널을 통해서 광 버스트를 전송한다. 전송된 광 버스트는 중간노드에서 전기적인 처리없이 광 채널상으로 투명하게 출구 노드까지 전달된다. OBS 네트워크에서는 두개 이상의 광 버

※ 본 연구는 정보통신연구진흥원의 지원을 받아 이루어졌음.

[†] 준 회원 : 한국정보통신대학교 박사과정

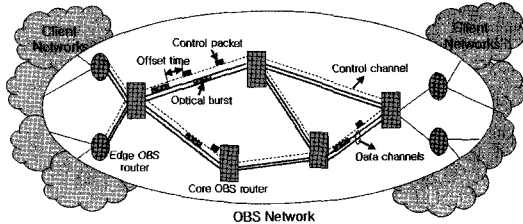
^{**} 종신회원 : 충북대학교 전임강사

^{***} 종신회원 : 한국정보통신대학교 교수

^{****} 정 회원 : 한국전자통신연구소 책임연구원

논문접수 : 2005년 7월 19일, 심사완료 : 2005년 8월 23일

스트가 동시에 어떠한 노드의 동일한 광출력 포트에 전달될 때 광 버스트 충돌이 발생한다. 전자 패킷 네트워크에서는 store-and-forward buffer queueing [1] 방식을 적용하여 일시적인 컨테이션 상태를 해결할 수 있지만 광 메모리의 기술적인 제약으로 인해 OBS에서의 광버스트 충돌은 데이터 손실로 이어지므로 네트워크의 효율을 저하시키는 주요한 문제로 인식되고 있다.



(그림 1) OBS 네트워크 구조

OBS 네트워크에서 광 버스트가 손실되었을 때, 광 버스트 안의 패킷들을 복구 하는 유일한 방법은 TCP 재전송 방식이다 [2, 3]. 이 방식에서는 패킷을 수신자에서 전송할 때 그 패킷의 복사본을 로컬 버퍼에 임시 저장한 후 송신측에서는 수락 메시지를 기다리게 된다. 만약 미리 정해 놓은 시간안에 수락확인 메시지가 도착하면 송신측에서는 버퍼를 비우게 되고, 그렇지 않다면 다시 패킷을 재전송 한다[4]. 그러나 TCP는 호스트 대 호스트 처리 방식과 타임아웃 메커니즘 등으로 신속한 복구를 지원할 수 없다. 반면에 UDP는 비연결성 전송기법으로 에러 제어나 흐름 제어를 제공하지 않는다. 광 전송 계층은 상위 계층에 무관하게 신뢰성 있는 전송을 제공할 필요가 있다. OBS 계층에서의 재전송을 이용한 복구 메커니즘은 상위 계층을 안정적으로 지원하고 광 자원 이용의 효율성을 증대시킬 수 있을 것이다.

Automatic Repeat Request(ARQ)는 전형적인 패킷 손실 제어 기술로서 수신측의 요청에 따라 전송측이 손실된 패킷을 재전송하는 복구 방법이다[6]. 만약 OBS에 기존의 ARQ 기법을 도입한다면 광버스트의 충돌시에 광버스트 내의 모든 IP패킷들에 대한 재전송을 요청하게 될 것이다. 이것은 단순하다는 장점이 있으나 처리량이나 채널이용 측면에서 본다면 효율성이 떨어진다. 본 논문의 주된 목적은 OBS 계층에 효율적인 재전송 메커니즘을 도입함으로써 채널 이용도를 향상시키고자 하는 것이다.

본 논문에서는 기본적으로 새로 도착하는 광 버스트가 이미 예약되어 있는 광 버스트와 충돌될 때에 중복되는 부분만 드랍시키는 광버스트 세그멘테이션 기법을 사용한다[8]. 만약 제어 패킷이 손실된 광버스트 세그먼트를 인식하여 입구 노드에 알려줄 수 있다면 광버스트를 통제로 재전송할 필요없이 손실된 세그먼트만을 OBS 계층에서 재전송할 수 있으므로 광 자원을 절약하게 되고 재전송 성능을 향상시킬 수 있을 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 OBS 네트워크의 구조와 OBS 네트워크를 위한 레이어 참조 모델을 기술

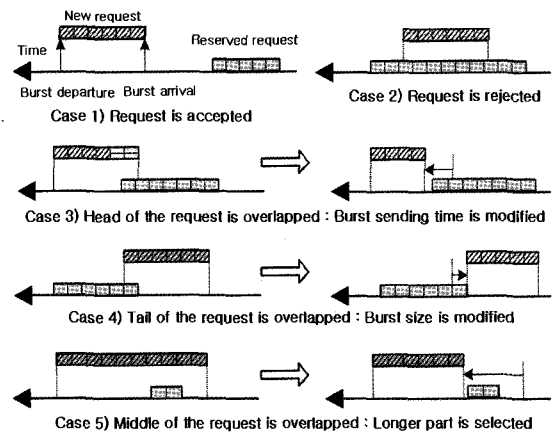
한다. 광버스트 부분재전송 메커니즘은 3장에서 제안되었으며 4장에서는 NS2 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 결과가 제시되었다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. OBS 네트워크의 구조

2.1. OBS 네트워크 구조

OBS 네트워크는 (그림 1)에서와 같이 에지 라우터와 코어 라우터가 최대 수백개의 광 파장을 전달할 수 있는 광섬유들을 서로 연결되어 있다. IP 에지 라우터들은 OBS 네트워크 주변에 위치하게 된다.

입구 라우터에 도착한 IP 패킷들은 목적지와 등급별로 분류되어 내부 버퍼내에 저장된 후 광버스트로 집적되어 중간 노드로 전송된다. 그리고 OBS 중간 노드에서는 전기적인 처리나 저장을 거치지 않고 통과되어 출구 OBS 노드로 전달된다. 광버스트를 수신한 출구 노드는 광버스트에서 패킷들을 분해하여 상위계층으로 전달한다.



(그림 2) 도착하는 광버스트를 예약하기 위한 기존 광버스트 예약과의 비교

광버스트 제어패킷은 제어 채널을 통해 뒤따르는 광버스트와는 쉼트 시간 간격을 두고서 미리 전송되어 광버스트를 위한 광 자원을 예약하는 역할을 수행한다. 예약 처리는 양방향 또는 단방향으로 할 수 있다. just-enough-time(JET)[9], just-in-time(JIT)[10]은 대표적인 단방향 예약 방식으로서 광버스트는 입구 라우터부터 출구 라우터까지 광 자원이 예약되기 전에 광버스트가 전송된다. 반면에 wavelength-routed OBS[11]와 같은 양방향 예약 방식에서는 출구 라우터에서 입구 라우터로 응답이 전달될 때까지 광버스트를 지연시킨다. 양방향 예약 방식에서는 시그널링으로 광버스트 충돌을 감지할 수 있으므로 입구 라우터에 있는 전기적인 버퍼에서 광버스트를 지연시켜 광버스트 손실을 막을 수 있다.

2.2. OBS 네트워크를 위한 계층화 모델

IP는 음성과 데이터 통신의 지배적인 네트워크 프로토콜이

되었다. 그러나, 광 네트워크 기술은 WDM과 SONET과 같이 음성 전송 기술에 주로 사용되었고, IP 기술은 데이터에 주로 초점을 맞추어 발전하고 있다. IP 트래픽을 광 네트워크로 전송하기 위해서는 적응 기능을 제공할 수 있는 중간 계층이 필요로 된다.

Arnold et al[12]은 전달계층구조와 OBS 네트워크를 위한 참조모델을 제안하였다. 이 참조모델은 OBS 전달과 적응계층, OBS와 물리계층으로 구성된다. OBS 적응계층은 버스트 결합, 버스트 스케줄링, 어드미션 컨트롤, 트래픽 웨이핑/폴리싱, 버스트 프레임/포맷팅, 트래픽 검사 등의 OBS 기능을 제공한다. OBS 계층은 OBS 접속관리 서비스와 물리계층 서비스 그리고 시그널링, 광 버스트 송/수신, 컨트롤 패킷의 O/E 변환, 오프셋 산출, 버스트 컨트롤 패킷 생성과 할당, 자원예약 등의 기능을 제공한다.

본 논문은 OBS 계층에 초점을 맞추어 양방향 시그널링에 기반한 광버스트 부분 재전송 메커니즘을 제안하였다.

3. OBS 계층을 위한 부분 재전송 메커니즘

본 장에서는 부분 재전송 지원을 위한 OBS 시그널링의 확장을 제안한다. 광버스트는 세그멘테이션 방법을 사용하여 여러 IP 패킷들이 결합된 형태인 세그먼트라 불리는 고정된 사이즈로 나뉜다고 가정한다[8].

OBS에 광버스트 세그멘테이션이 적용된다면 충돌이 일어났을 때 다른 광버스트와 중복된 세그먼트먼트들만 drop될 것이다.

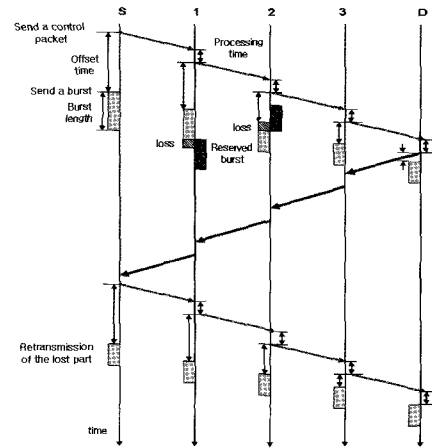
제안된 방식에서는 전송되는 버스트의 일부 또는 전체가 손실될 때, 중간 또는 출구 노드가 해당 입구 노드를 향해 제어-응답 패킷(control-acknowledgement packet)을 보내는 것에 의해 재전송을 요청한다. 이러한 재전송 요청은 한번의 round-trip 시간 내에 입구 노드에 도착한다. round-trip 시간은 광버스트의 예측되는 전파지연시간과 전송시간의 오프셋 타임과 그리고 가드 타임의 합으로 계산되어 진다. 이와 같은 방법으로 입구 OBS 노드는 다음에 설명될 제어-응답 패킷의 도착시간에 기반하여 광버스트의 재전송이 필요한 것인지 아닌지를 결정할 수 있다.

성공적인 재전송을 한 광버스트의 복사본을 삭제하는 방법은 두 가지가 있다. 첫 번째 방법은 성공적으로 전송된 광버스트에 대하여 제어-응답 패킷을 받은 후에 삭제하는 방법이고 다른 방법은 출구 노드로부터 명백한 응답을 받지 않은 상태에서 입구 노드내에서의 타임아웃 이벤트에 의해 복사본을 삭제하는 방법이다. 본 논문에서는 두번째 방식을 사용하였다.

3.1 시그널링 메시지와 처리

기본적으로 입구 노드로 부터 도달하는 제어 패킷들은 다양한 필드를 가지고 있는데 오프셋 타임과 광버스트 길이뿐만 아니라 송신과 목적지 주소도 가지고 있다. 광버스트 길이 필드는 OBS 라우터가 얼마의 시간동안 광버스트를 예약할지를 알려준다. 오프셋 타임 필드는 OBS 라우터가 제어패킷을

수신한 후에 시간간격을 두고서 광버스트가 언제 도착하는지를 알려준다. 제어패킷을 중간 노드에서 전기적인 프로세싱을 거치므로 오프셋 시간은 제어 패킷이 여러 노드를 거쳐 전달됨에 따라 감소된다.



(그림 3) (a) 광버스트의 부분 재전송

각각의 OBS 라우터는 각각의 출력 파장을 통해서 전달되는 광버스트에 대한 기록을 캐쉬에 보관하고 있다. 새로 도착하는 제어 패킷의 오프셋 타임 값과 광버스트길이를 근간으로 하여 노드는 정확한 광버스트의 도착시간과 통과완료 시간을 알 수 있고, 이 값들을 미리 예약된 광버스트의 값들과 비교할 것이다.

광버스트의 부분적인 재전송을 위해서 입구 노드는 모든 광버스트로부터 손실된 세그먼트들을 알 수 있어야 한다. 손실 세그먼트들을 알아내기 위해서 제어 패킷 내에 burst-length-handle와 offset-time-handle를 정의한다. 제안된 메시지 포맷에 있는 burst-length field와 offset-time field의 값은 입구 노드에서 설정하는 실제의 값을 의미한다. 반면에 새로 추가된 burst-length-handle field 와 the off-time-handle field는 제어 패킷이 중간의 노드들을 통과하면서 수정되어진다. 이 시나리오에 따르면 (그림 2)와 같이 진행되며 자세한 설명은 다음과 같다.

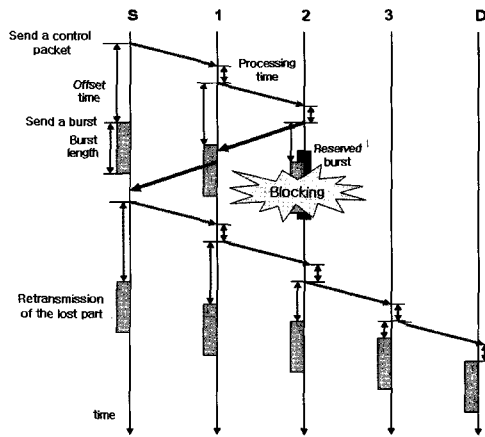
Case 1: 만약 광버스트의 도착시간과 출발 시간 사이에 사용 가능한 리소스가 있다면 그 리소스는 예약되어 지고 제어 패킷은 다음 노드로 전달된다.

Case 2: 만약에 출력할 수 있는 파장이 존재하지 않는다면 요청은 차단될 것이다. 해당 노드는 입구 노드에 리소스가 없음을 의미하는 제어-응답 패킷을 전송한다. 패킷을 돌려보내는 동안 중간의 노드들은 할당되었던 자원을 해제하게 된다.

Case 3: 만약 새로 요청된 영역 사이에 이미 예약된 광버스트가 존재해서 앞부분에서 검침이 발생하면 offset-time-handle 요청 값은 뒤로 미뤄지고 burst-length-handle 값은 줄어들게 된다. 자원은 예약되고 제어 패킷은 burst-length-handle과 offset-time-handle이 조정되어 다음 노드로 전송된다.

Case 4: 만약 새로 요청된 예약 구간의 뒷부분이 미리 예약된 구간과 겹쳐진다면 광 버스트 사이즈는 실제로 예약 가능한 자원의 크기에 맞춰 줄어들게 되고 자원 예약과 패킷 전송은 offset-time-handle과 조정된 burst-length-handle을 근간으로 수행되어진다.

Case 5: 만약 기존의 광버스트가 새로 요청된 광버스트의 중간에 위치하게 된다면 그림과 같이 더 긴 부분을 선택하여 예약하게 된다. 동일한 방법으로 제어 패킷은 조정된 파라미터들을 가지고 다음 홉으로 전송되게 된다.



(그림 3) (b) 광버스트 재전송

3.2 시그널링 시나리오

광버스트의 전송시에 그것의 사본은 입구 노드의 버퍼에 저장되며 출구 노드까지의 시그널링 왕복 시간을 예상하여 타임아웃이 설정 된다. 타이머의 시간이 만료되면 복사본은 버퍼에서 제거된다.

제어 패킷은 3.1 절에서 설명했던 것과 같이 각각의 중간 노드들에서 비교 절차를 수행하며 출구 노드로 전달된다. 제어패킷이 출구 노드로 전달됨에 따라 burst-length-handle은 줄어들고 offset-time은 충돌의 발생으로 인해 수정될 것이다. 결론적으로 이전의 중간 노드들은 이후의 노드들보다 많은 리소스를 할당하게 될 것이다.

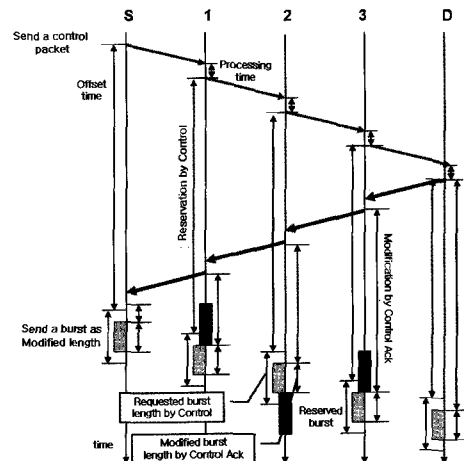
출구 노드는 제어 패킷을 수신한 후에 burst-length-handle field와burst-length field를 비교함으로써 제어-응답 패킷을 전송할 지를 결정한다. 만약 두 값이 같다면 광버스트 충돌이 발생하지 않았다는 것을 의미하고 그렇지 않다면 일부가 손실된 것이므로 제어-응답 패킷을 입구 노드로 전송해야 한다.

제어-응답 패킷은 제어 패킷 필드 사본을 가지고 있다.

경유하는 노드들이 이 패킷을 받으면 burst-length-handle와 해당 광버스트를 위해 할당된 버스트 길이를 비교하여 과다하게 할당된 리소스를 해제한다. 입구 노드가 제어-응답 패킷을 받을 때, 필드의 값들과 비교하여 광버스트의 손실된 세그먼트를 재전송할 수 있다. 만약 광버스트 전체가 손실되었다면, 입구 노드는 버퍼를 찾아서 해당 광버스트와 동일한 버스트를 재전송할 것이다. (그림 3(b))는 손실된 광버스트 전체를 재전송하는 예를 도시화 하였다.

3.3. 부분적 재전송 메커니즘을 이용한 광 자원 예약

OBS는 다양한 클라이언트 네트워크에 광대역 서비스를 제공해야만 한다. 서로 다른 클라이언트 네트워크에서 도달한 패킷들과 어플리케이션은 서로 다른 품질의 서비스를 요한다. 본 논문에서 제안하는 부분 재전송 메커니즘에서 옵셋 타임 예측은 패킷손실을 뿐만 아니라 패킷 지연에도 영향을 미친다. 본 절에서는 OBS에 부분 재전송 알고리즘을 적용함에 있어서 옵셋 타임과 손실률과의 상관관계에 대하여 설명 하고자한다.



(그림 4) 부분 재전송 메커니즘을 이용한 자원예약

만약 OBS 네트워크의 규모가 그리 크지 않거나 실시간 트래픽이 아니면 옵셋 타임은 round-trip 시간보다 큰 값으로 설정할 수 있다. 이러한 경우에 입구 노드는 (그림 4)와 같이 제어-응답 패킷을 받고 나서 광버스트를 전송할 수있다. 이 방법을 사용하면 중간 노드에서의 광버스트 손실을 없앨 수 있다. 즉 제시된 시그널링을 사용하여 제어 패킷과 그의 응답으로 입구부터 출구 노드까지 자원이 예약될 수 있다.

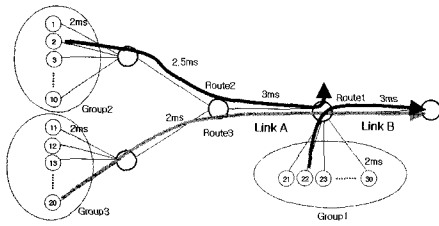
자원 할당이 실패한 후에 입구 노드의 버퍼에 저장되어 송신을 기다리는 패킷들의 time budget이 충분하다면 출구 노드는 이러한 시그널링을 다시 시도할 수 있고 이는 필요한 자원을 획득할 확률을 높이게 된다. 그러나 만약 시간이 불충분하다면 타이머가 만료되어 패킷들은 출구의 큐에서 제거된다.

만약 OBS 네트워크의 직경이 증가하면 시그널링의 왕복 지연은 과도하게 증가될 것이므로 3.2절에서 묘사한 시그널링 시나리오가 더 적합할 것이다.

4. 성능 분석

본 장에서는 제안된 광버스트 부분 재전송 메커니즘의 성능을 분석한다. 제안된 메커니즘을 분석하기 위해 부분 재전송 모듈과 OBS 모듈을 NS-2 시뮬레이터를 기반으로 구현하였다. 네트워크의 토폴로지와 파라미터는 (그림 5)와 같이 주어진다. 전송흐름은 3가지 그룹으로 가정한다. 각각의 그룹은 10개의 입구 노드로 구성되어지며, 각 그룹의 입구 노드는 (그림 5(b))와 (그림 5(c))에 기술된 파라미터에 따라 광 버스

트를 설정하여 해당 경로를 통해 전달한다. 이 메커니즘에서 옵셋 타임은 왕복 시간보다 길게 설정하였고 광 교환 시간은 무시할 만큼 작다고 가정하였다. 또한 평균 도착률은 모든 입구 노드에서 동일하다고 가정한다. 패킷들은 1Gbps의 입력을 가진 Poisson 프로세스에 따라 각각의 입구 노드에 도착한다. 출력 포트는 20Gbps의 단일 파장을 가진다. 입구 노드에서는 1Kbyte의 패킷들을 모아서 1Mbyte의 burst를 만들며 루트 1,2,3을 통해서 출구 노드로 전송한다. 중간의 노드들은 데이터 채널 스케줄링 알고리즘으로 first-fit 알고리즘을 사용한다.



(a) 시뮬레이션 토폴로지

Group	Route	Propagation delay	Offset time
Group1	Route1	5ms	3ms
Group2	Route2	7.5ms	4ms
Group3	Route3	10ms	5ms

(b) OBS 시뮬레이션 파라미터

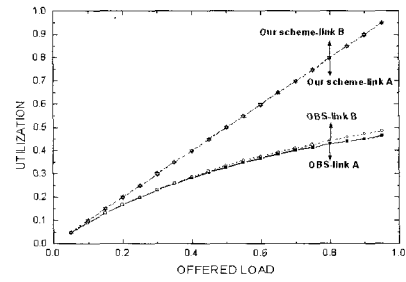
Group	Route	RTT of signaling	Burst sending time
Group1	Route1	10ms	10ms
Group2	Route2	15ms	15ms
Group3	Route3	20ms	20ms

(c) 제안된 시그널링 파라미터

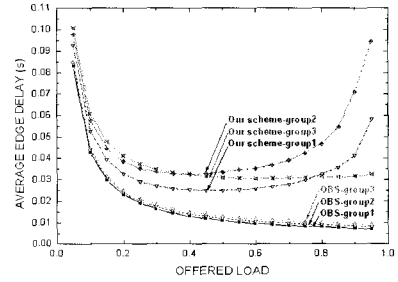
(그림 5) 시뮬레이션 토폴로지와 파라미터

시뮬레이션에서 JET-OBS와 부분 재전송 메커니즘을 사용한 OBS를 비교한 결과를 얻었다. (그림 6(a))는 OBS와 제안하는 방법의 채널이용률과 입구 노드당 제공되는 트래픽 양을 나타낸다. 링크 A와 B에서의 채널 이용률을 비교해보면 제안하는 방안에서 이용률이 눈에 띄게 향상됨을 알 수 있다. 트래픽의 증가에 따른 평균 입구 노드에서의 지연시간은 (그림 6) (b)에 도시되었다. OBS에서는 미리 정해진 버스트 사이즈에 도달함에 따라 입구 노드에서 제어 패킷과 그에 상응하는 광버스트를 보낸다. 따라서 입력 트래픽 량이 증가함에 따라 광버스트 어셈블리 시간은 줄어들므로 입구 지연이 감소하였다. 그러나 제안한 구조에서는 광버스트의 전송이전에 파장 자원을 예약하기 위해 옵셋 타임을 길게 적용하였고, 만약 사용가능한 자원이 없다면 입구 노드에서는 시간이 만료될 때까지 자원 할당을 시도하므로 이전의 OBS보다 중단간 지연이 더 늘어날 수 있다. 그리고 또한 (그림 6) (c)와 같이 필요로되는 버퍼가 증가하게 된다.

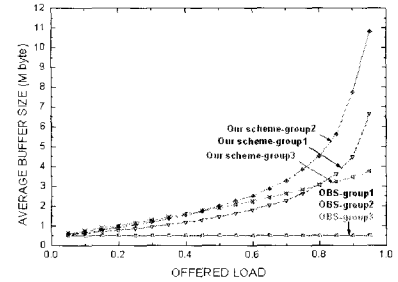
앞서 언급된 것과 같이 기존의 OBS에서는 광버스트가 drop 되었을 때 버스트를 복구 하는 유일한 수단은 TCP계층에서의 재전송 방식이다. TCP 계층에서의 손실 패킷 재전송을 고려한다면 본 논문이 제안한 OBS에서의 버퍼링이 상위계층에 보다 좋은 성능을 가져올 수 있을 것이다. TCP 계층에서의



(a) Offered load vs. link utilization



(b) Offered load vs. average edge delay



(c) Offered load vs. average buffer size
(그림 6) 시뮬레이션 결과

성능을 분석은 본 논문에서 언급되지 않았으나 앞으로의 연구과제로 남아있다.

흥미로운 결과는 경로 3이 더 길에도 불구하고 부하가 증가함에 따라 그룹3의 중단간 지연이 그룹 1, 2 보다 감소한다는 것이다. 그 이유는 그룹 3의 광버스트들의 옵셋 타임이 상대적으로 그룹 1과 2보다 길기 때문에 우선적으로 광 자원을 예약할 수 있으므로 광버스트 충돌을 다른 그룹보다 적게 겪기 때문이다.

5. 결론

본 논문에서는 OBS 네트워크상에서 버스트 부분 재전송 시그널링을 적용하여 버스트 충돌이 발생하였을 때 입구 노드에서 손실된 버스트 부분을 재전송하는 메커니즘을 제안하였다. 이 방법을 사용함으로써 OBS 계층에서의 데이터손실을 최소화하여 안정적으로 상위계층을 지원할 수 있고 광버스트 경합을 해결하며 광 채널의 효율을 증대시킬 수 있다.

또한 NS2 시뮬레이션을 통하여 OBS 네트워크에서의 시그널링 비용과 입구 버퍼가 증가하는 대신 데이터 손실률과 광 채널 이용성을 획기적으로 증가됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Fei Xue, Zhong Pan, Bansal, Y., Jing Cao, Minyong Jeon, Okamoto, K., Kamei, S., Akella, V., Yoo, S.J.B., "End-to-end contention resolution schemes for an optical packet switching network with enhanced edge routers", Lightwave Technology, Journal of, Vol.21, pp.2595-2604, Nov., 2003

[2] Detti, A. and Listanti, M., "Impact of segments aggregation on TCP Reno flows in optical burst switching networks", INFOCOM 2002, Vol.3, pp.1803-1812, Jun., 2002.

[3] Gowda, S., Shenai, R.K., Sivalingam, K.M. and Cankaya, H.C., "Performance evaluation of tcp over optical burst-switched (OBS) wdm networks", ICC '03. Vol.2, pp.1433-1437, May, 2003.

[4] Jun Wen, Guangchun Luo, Xianliang Lu, Liyong Ren and Jun Lu, "A TCP compatible real-time transmission method", Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions, Vol.1, pp.630-633, Jun., 2002.

[5] Hassan, M., Egudo, R. and Breen, J.W., "A closed queueing network model for retransmission based transport protocols over cell-switching networks", Communications, Computers, and Signal Processing, 1995. pp.86-89, May, 1995.

[6] Hu Fei, Zhu Guangxi and Zhu Yaoting, "Enhanced ARQ-based packet loss recovery for real-time communication", ICII 2001-Beijing 2001, Vol.2, pp.317-322, Nov., 2001.

[7] Xin Wang and Michael T. Orchard, "On Reducing the Rate of Retransmission in Time-Varying Channels", IEEE Trans. On Commun., Vol.51, No.6, pp.900-910, Jun., 2003

[8] Detti, A., Eramo, V. and Listanti, M., "Performance evaluation of a new technique for IP support in a WDM optical network: optical composite burst switching (OCBS)", Lightwave Tech., Vol.20. pp.154-165, Feb., 2002.

[9] C. Qiao, 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.

[10] M. Duser and P. Bayvel, "Analysis of a Dynamically Wavelength Routed Optical Burst Switched Network Architecture," IEEE J. Lightwave Tech., Vol.20, No.4, pp.574-585, Apr., 2002,

[11] J. Wei and R. McFarland, "Just-In-Time Signaling for WDM Optical Burst Switching Networks," IEEE J. Light wave Tec., Vol.18, No.2, pp.2019-2037, Dec., 2000.

[12] Arnold Bragg, Ilia Baldine, and Dan Stevenson, "A Transport Layer Architectural Framework for Optical Burst Switched (OBS) Networks", Proceedings, WOBS 2003, co-located with SPIE OptiComm 2003, Dallas, TX, Oct., 2003.

[13] Imrich Chlamtac, Viktoria Elek, Andrea Fumagalli and Csaba Szabo, "Scalable WDM network architecture based on photonic slot routing and switched delay lines", INFOCOM '97., Vol.2, pp.769-776. Apr., 1997.

[14] C. Qiao, "Labeled Optical Burst Switching for IP-over-WDM Integration," IEEE Commun. Mag., Vol.38, No. 9, pp.104-114, Sept., 2002.

[15] J. White, M. Zukerman and H. Vu, "A Framework for Optical Burst Switching Network Design," IEEE Commun. Lett., Vol.6, No.6, pp.268-270, Jun., 2002.

[16] M. Yoo, C. Qiao and S. Dixit, "QoS Performance of Optical Burst Switching in IP-Over-WDM Networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol.18, No.10, pp.2062-

2071, Oct., 2000.

[17] Ozugur, T., Farahmand, F. and Verchere, D., "Single-anchored soft bandwidth allocation system with deflection routing for optical burst switching", High Performance Switching and Routing 2002 Workshop, pp.257-261, May, 2002.

[18] T. Um, H. Vu, M. Zukerman and J. K. Choi, "Resource Negotiation Signaling for OBS Networks", COIN/ACOFT 2003, pp.656-659, Jul., 2003.



엄 태 원

e-mail : twum@icu.ac.kr
 1999년 홍익대학교 전자전기 제어공학과(학사)
 2000년 한국정보통신대학원대학교(공학석사)
 2000년~현재 한국정보통신대학원대학교 박사과정 재학
 관심분야: GMPLS, OBS, MPLS-based Mobile IP 등



최 성 곤

e-mail : sgchoi@chungbuk.ac.kr
 1986년 경북대학교 전자공학과(학사)
 1998년 한국정보통신대학교(공학석사)
 2004년 한국정보통신대학교(공학박사)
 1992년~1998년 LG 정보통신 이동통신기술연구소
 2004년~현재 충북대학교 정보통신공학과 교수

관심분야: 광대역통신망, 이동성, MPLS



최 준 균

e-mail : jkchoi@icu.ac.kr
 1982년 서울대학교 전자공학과(학사)
 1985년 한국과학기술원(공학석사)
 1988년 한국과학기술원(공학박사)
 1986년~1997년 한국전자통신연구원 책임연구원
 1998년~현재 한국정보통신대학원대학교 정교수

관심분야: ATM, MPLS, GMPLS, Optical Internet 등



정 태 수

e-mail : tsjeong@etri.re.kr
 1983~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
 관심분야: 통신시스템, 인터넷 제어 및 측정, 망 보안



강 성 수

e-mail : sskang@etri.re.kr
 1980년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
 관심분야: 전송시스템, 라인코딩, 네트워크 모델링