

OBS 네트워크를 위한 광 자원 예약 프로토콜 (Optical Resource Reservation Protocol for OBS Networks)

嚴 泰 元 * . 崔 竣 均 **

(Tai-Won Um and Jun Kyun Choi)

요약

본 논문에서는 OBS 네트워크를 위한 광 자원 예약 프로토콜 (Optical Resource Reservation Protocol) 을 제안하였다. OBS 네트워크 상에서 광 자원 예약 프로토콜을 사용하면 입구 OBS 노드와 출구 OBS 노드 사이의 이용 가능한 광 자원을 측정하여 예약할 수 있고, 입구 OBS 노드에서는 예약된 파장 조각의 크기에 따라 버스트 전송 시간과 버스트 크기를 설정하여 보냄으로써 OBS 네트워크에서의 블록킹 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 광 채널 이용률을 최대 두 배 가까이 증가시킬 수 있다. 본 논문에서는 NS2 시뮬레이터를 이용하여 제안된 광 자원 예약 프로토콜의 성능을 분석하였다.

Abstract

This paper describes the optical resource reservation protocol for Optical Burst Switching(OBS) networks, in which the burst sending time and the burst size at an ingress node are determined by the available resources between the ingress and egress nodes. Our scheme attempts to improve the burst contention resolution and optical channel utilization. We analyze the performance of the optical resource reservation protocol by using NS2 simulator.

Keywords : Optical Burst Switching, Optical Internet

I. 서론

Optical Circuit Switching (OCS)에서는 클라이언트 네트워크에서의 광 경로 설정 요청에 의해 중단 간에

광 파장 (wavelength)이 할당되고, 광 경로 해제 메시지에 의해서 설정된 광 경로(lightpath)가 해제된다. 이러한 OCS는 중단 간의 광 경로 할당 시 필요로 되는 파장의 개수가 최대 중단 노드의 개수의 제곱만큼 필요로 되고, 또한 기존의 전자적인 패킷 처리를 수행하는 라우터나 스위치로 구성되는 클라이언트 네트워크에서 유입되는 트래픽을 전송하기 위해 광 네트워크는 광대역의 고정된 대역폭을 갖는 파장을 할당하므로 평균 채널 이용률이 매우 낮아질 것이다.

Optical Burst Switching (OBS)은 다른 중단 간에 광 파장 자원을 공유함으로써 광 채널 이용률을 향상시킬 수 있는 효율적인 광 스위칭 방법이다. 현재 OBS를 기반으로 다양한 프로토콜이 제안되었으며, 대표적인 예로

* 學生會員, 韓國情報通信大學院大學校, 工學部
(Dept. of Eng., Information and Communications University)

** 正會員, 韓國情報通信大學院大學校, 工學部
(Dept. of Eng., Information and Communications University)

※ 본 연구는 한국과학재단(KOSEF)와의 공동연구로 수행되었음.

接受日字:2003年9月7日, 수정완료일:2003年10月10日

서 Just-Enough-Time (JET) OBS를 들수 있다^[1]. JET OBS에서는 광 버스트 (optical burst)라고 불리는 집합된 패킷을 보내기에 앞서 경로 상의 광 스위치들의 경로 재구성을 요청하는 제어 패킷 (control packet)을 전송한다. 각각의 중간 노드들은 제어 패킷을 분석하기 위한 전자적인 프로세싱 시간을 필요로 하므로 입구 노드는 제어 패킷 전송 이후에 옵셋시간 (offset time)만큼의 시간 간격을 두고서 광 채널을 통해서 광 버스트를 전송한다. 전송된 광 버스트는 중간 노드에서 전기적인 처리 없이 광 채널 상으로 투명하게 출구 노드까지 전달된다. 기존의 OBS에 관한 연구에서는 옵셋시간과 버스트 크기가 입구 노드에서 일방적으로 설정되었고, 중간 OBS 노드들에서는 도착하는 버스트를 단순히 스위칭하여 전달하거나 드롭하는 동작만을 수행하였으므로 리소스 컨디션으로 인한 광 블록킹 문제를 유발하였다^[2,3]. 본 논문에서는 OBS 네트워크를 위한 광 자원 예약 프로토콜을 제안하였다. OBS 네트워크 상에서 광 자원 예약 프로토콜을 사용하면 입구 OBS 노드와 출구 OBS 노드 사이의 이용 가능한 광 자원을 측정하여 예약할 수 있고, 입구 OBS 노드에서는 예약된 파장 조각의 크기에 따라 버스트 전송 시간과 버스트 크기를 설정하여 보냄으로써 OBS 네트워크에서의 블록킹 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 광 채널 이용률을 최대 두 배 가까이 증가시킬 수 있다. 본 서론에 이어 II장에서는 우리가 제안하는 광 자원 예약 프로토콜에 대해서 기술한다. III장에서는 광 자원 예약 프로토콜을 위한 설계 이슈들에 대해서 논의하며, IV장에서는 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 결과를 기술하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺을 것이다.

II. 광 자원 예약 프로토콜

1. 광 자원 예약 프로토콜을 위한 고려 사항들

입구 노드에서 광 버스트가 전송되어 각 중간 노드 또는 출구 노드에 도달하는데 걸리는 전달 지연시간 (propagation delay)은 각 광 파이버 링크에서의 전달 지연과 각 중간 노드들에서의 스위칭 시간들의 합으로 나타낼 수 있는데, 실제 광파이버와 광 스위칭 노드의 물리적인 특성과 외부적인 요인으로 인해 버스트 전달 시 지연 변화(delay variance)가 발생하게 된다^[4,5].

- 광 링크 전달 지연 변화: 광파이버를 통한 버스트의 전달 지연시간은 광파이버의 길이, 착색 확산 (chromatic dispersion), 온도 변화 등의 요인에 기인한다. 일반적인 광파이버에서의 착색 확산은 20ps/nm/km이고 온도 변화로 인해 40ps/°C/km의 지연 변화가 발생한다.
- 광 스위칭 노드에서의 지연 변화: 입력 포트에 도달한 광 버스트가 스위칭 되어 각 출력 포트에 도달하는 경로 길이의 차이로 인해 지연 변화가 발생할 수 있으며, 파장에 따른 확산과 온도 변화로 인한 지연 변화가 고려되어야 한다.

또한, 광 네트워크에서 각 노드는 망의 메인 클럭으로부터 분배 받은 로컬 클럭에 기준하여 스위칭을 수행하므로, 클럭 분배시 망 내의 노드들 간의 위상 오차가 고려되어야 한다.

광 자원 예약 프로토콜을 적용하기 위해서 우리는 OBS네트워크 상의 모든 노드들이 동기화된 클럭 정보를 갖고, OBS네트워크 내의 각 광 링크들의 광 전달 지연시간을 알고 있다고 가정한다. 또한 광 자원 예약 프로토콜 메시지들은 광 파이버 내의 전달 파장을 이용한 out-of-band 시그널링 방식으로 전달된다. 앞서 언급된 광 버스트 전송 시의 지연 변화와 광 스위칭 시간을 고려하여 광 버스트의 앞과 뒤에는 Guard-time이 적용되어야 한다.

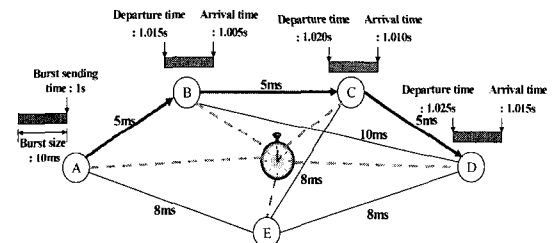


그림 1. 동기화된 광 네트워크

Fig. 1. Example of the synchronized optical network.

<그림 1>은 동기화된 광 네트워크에서의 광 버스트 전송 예를 나타낸다. 10ms의 전송시간 (transmission time)이 소요되는 광 버스트가 현재 시간 1초에 노드 A로부터 전송되어 노드 B와 C를 거쳐 노드 D로 전달될 때, 각 광 링크들의 대역폭이 동일하고 전달 지연을 알고 있다는 가정 하에 광 버스트가 노드 B에 도착하는

시간은 1.005초이고, 통과 완료 시간은 1.015초라는 것을 알 수 있다. 동일한 방법으로 노드 A로부터 출발한 버스가 노드 B, C 그리고 D에 도착하는 정확한 시간과 통과 완료 시간을 예측할 수 있다.

2. 시그널링 절차

본 절에서는 우리가 제안하는 광 자원 예약 프로토콜의 시그널링 절차에 대해서 기술한다. 광 자원예약 프로토콜은 제어예약 (control reservation) 메시지와 제어확정 (control confirmation) 메시지로 구성된다. <그림 2>은 간략화된 광 자원 예약 프로토콜의 시그널링 절차를 보여주고 있다.

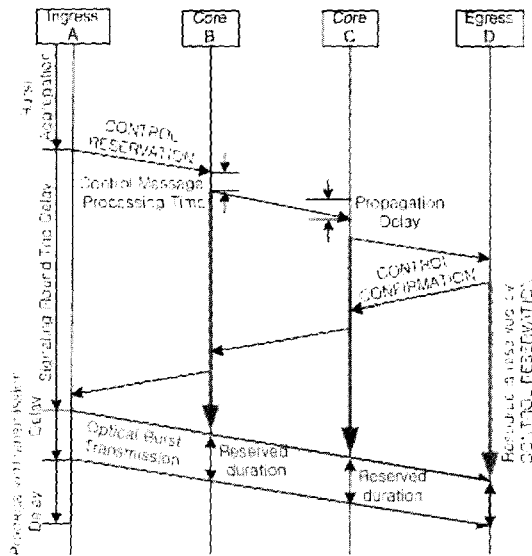


그림 2. 광 자원 예약 시그널링 절차
Fig. 2. Procedure of the optical resource reservation signaling.

클라이언트 네트워크로부터 입구 OBS노드에 도달하여 모여진 패킷들의 크기가 이미 정해진 한계치에 도달하면 제어 예약 메시지가 입구 노드로부터 출구 노드로 전송된다. 제어 예약 메시지는 버스트 전송시간과 버스트 크기에 대한 정보와 더불어 송수신 주소 및 경로 기록 필드 등을 포함하고 있다. 제어 예약 메시지의 버스트 전송시간과 버스트 크기값은 아래 수식에 의해서 구해질 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{버스트 전송시간} &= \text{현재 시간} + \sum \text{전파지연시간} \\ &\quad + \sum \text{시그널링 처리시간} + \text{guard-time} \\ \text{버스트크기}(s) &= \frac{\text{burst size (bits)}}{\text{bandwidth (bits/s)}} \end{aligned}$$

<그림 3>의 예에서 현재 시간은 0.960s이고 각 광 링크들의 전파 시간이 5ms이므로 왕복 전파 시간은 30ms이다. 여기에 제어 예약 메시지와 제어 확정 메시지를 위한 처리 지연과 guard-time을 고려하면 입구 노드는 시그널링 이후에 예측되는 버스트 전송시간을 구할 수 있다. 버스트 크기는 burst size (bits)와 광 링크의 대역폭에 의해서 구해질 수 있다.

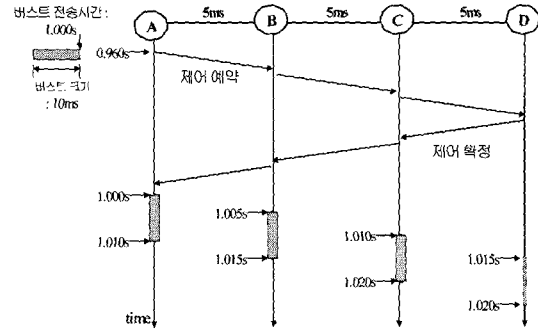


그림 3. 광 자원 예약 시그널링 예
Fig. 3. Example of the optical resource reservation signaling.

제어 예약 메시지가 다음 노드들에 도착할 때, 1절에서 언급된 방식에 따라 예측되는 버스트의 도착 시간과 통과 완료 시간을 계산하여 해당 시간만큼의 광 자원 예약을 수행할 것이다. 제어 예약 메시지가 출구 노드에 도착하면, 출구 노드는 제어 확정을 생성하여 입구 노드로 전달한다. 제어 확정 메시지는 제어 예약 메시지의 경로 기록 정보에 기반하여 제어 예약 메시지의 역경로를 따라 입구 노드로 전달되면서 각 중간 노드에서의 예약 상태를 검사하고 예약을 확정시킨다. 제어 확정 메시지가 입구 노드에 도착하면 입구 노드는 예약된 버스트 전송시간과 버스트 크기 값에 따라 버스트를 전송할 것이다.

3. 충돌 회피 알고리즘

노드 A가 전송한 제어 예약 메시지를 노드 B가 수신했을 때, 제어 예약 메시지가 요청한 시간 간격이 이미 다른 버스트에 의해서 선점되어 있을 수 있다. 노드 B는 도착한 제어 예약 메시지의 정보를 분석하여 다음과 같이 버스트의 도착 시간과 통과 완료 시간을 결정 또는 수정할 수 있다.

Case 1: 만일 버스트의 도착 시간과 통과 완료 시간 사이에 이용 가능한 자원이 존재할 경우, 해당 자원이 예

약되고 제어 예약 메시지는 다음 홉으로 전달된다.

Case 2: 만일 출력 파장들에서 어떠한 이용 가능한 자원도 존재하지 않을 경우, 해당 요청 메시지는 차단되며, 노드는 요청한 자원을 할당할 수 없음을 나타내는 제어 거절 (control withdraw) 메시지를 입구 노드를 향해서 전달한다. 제어 거절 메시지는 입구 노드까지 전달되면서 제어 예약 메시지에 의해서 할당된 자원들을 해제하는 역할을 수행한다.

Case 3: 만일 요청한 시간 간격의 앞부분이 이미 예약된 버스트와 중복될 경우에, 버스트 전송시간은 겹쳐지는 부분을 피해서 늦춰져 설정되고, 그에 따라 자원을 예약하게 된다. 제어 예약 메시지는 조정된 버스트 전송 시간과 버스트 크기를 갖고서 다음 홉으로 전달된다.

Case 4: 만일 요청한 버스트의 뒷부분이 이미 예약된 버스트 기간과 겹쳐지면, 겹쳐지는 부분을 피해서 이용 가능한 자원의 크기에 따라 버스트의 크기가 줄어든 후에 수정된 버스트 크기에 따라서 자원 예약을 수행한 후에 수정된 버스트 크기와 버스트 전송 시간을 갖고서 자원 예약 메시지를 다음 홉으로 전달한다.

Case 5: 만일 기존의 버스트가 새로운 요청의 중간에 놓이면, 긴 부분이 선택되고, 앞의 경우와 유사하게 버스트 전송시간과 버스트 크기가 결정된 후에 자원을 예약하고 다음 홉으로 전달된다.

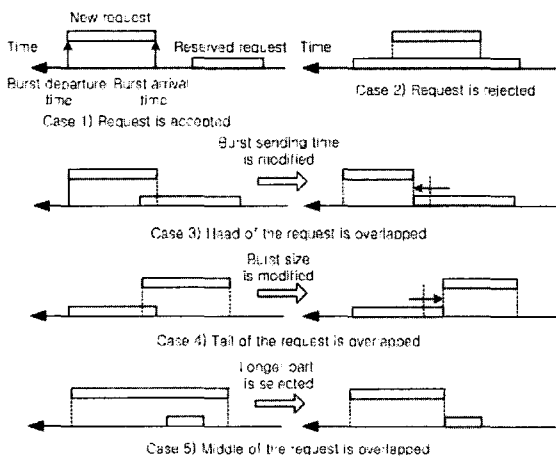


그림 4. 충돌 회피 알고리즘
Fig. 4. Comparison a requested burst with reserved bursts.

제어 예약 메시지는 동일한 방법으로 각 노드들에서 예약을 수행하면서 출구 노드로 전달된다. 제어 예약 메시지가 출구 노드를 향해 전달되면서 중간 노드들에서 겪게 되는 충돌 회피 알고리즘에 의해 제어 예약 메시지 내의 버스트 전송시간 값은 늦춰질 것이고, 버스트 크기는 줄어들 수 있다. 따라서 동일한 제어 예약 메시지에 대해 경로 상의 앞의 노드들은 뒤의 노드들에 비해서 보다 많은 자원을 예약하게 된다. 이와 같이 과다 예약된 자원들은 제어 확정 메시지에 의해서 조정되고 해제될 수 있다. 출구 노드가 제어 예약 메시지를 수신하면, 이를 처리한 이후에 입구 노드를 향해서 제어 확정 메시지를 전송한다. 중간 노드들이 이 메시지를 수신할 때, 해당 노드는 제어 예약 메시지에 의해 예약된 버스트 전송시간과 버스트 크기 값을 제어 확정 메시지 내의 확정된 버스트 전송시간과 버스트 크기 값과 비교한 후에 과다 예약된 부분을 해제한다. 입구 노드가 제어 확정 메시지를 수신하면, 비로소 확정된 버스트 전송 시간과 버스트 크기 값에 따라 버스트가 전송된다. 이와 같은 충돌 회피 알고리즘으로 인해 실제로 할당된 버스트 크기는 입구 노드가 요청했던 제어 예약 메시지 내의 버스트 크기보다 작을 수 있다.

<그림 5>는 충돌 회피 알고리즘을 적용한 광 자원 예약 프로토콜의 예를 나타낸다. 제어 예약 메시지가 노드 B에 도착했을 때, 예약이 요청되는 시간 간격은 도착 시간 1.005s부터 통과 완료 1.015s까지이다. 그러나 이미 1.013s부터는 다른 버스트에 의해서 예약되어 있으므로 노드 B는 충돌을 피하고자 겹쳐지는 부분을 제외한 1.005s ~ 1.013s구간만을 예약한다. 이는 노드 A로부터 요청된 버스트 크기 값과는 다르므로 노드 B는 버스트 크기값을 10ms에서 8ms로 수정한 이후에 제어 예약 메시지를 노드 C로 전달한다. 노드 C에서는 요청된 구간의 앞부분이 이미 예약되어 있는 구간과 겹치므로 버스트 전송시간 값이 1.000s에서 1.002s로 수정되어 예약된 후, 제어 예약 메시지를 노드 D로 전송한다. 노드 D로부터 노드 A로 전달되는 제어 확정 메시지는 노드 A, B 그리고 C에서 과다 예약되어 있는 시간 간격을 노드 D에서 최종 예약된 크기인 6ms의 간격으로 수정한다. 입구 노드 A는 제어 확정 메시지를 수신한 이후에 할당된 버스트 전송시간 1.002s와 버스트 크기 6ms에 맞춰 버스트를 전송한다. 광 자원 예약 프로토콜을 수행한 후 전송되는 버스트는 블로킹 문제없이 출구 노드까지 전달될 수 있다.

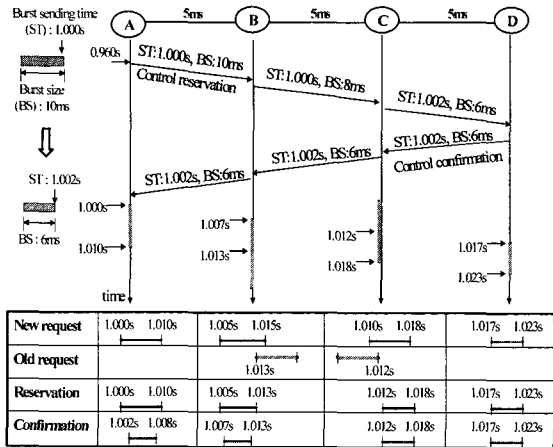


그림 5. 충돌 회피 알고리즘을 적용한 광 자원 예약 프로토콜의 예

Fig. 5. Optical resource reservation protocol with the collision avoidance algorithm.

III. 광 자원 예약 프로토콜을 위한 설계 이슈

OBS 네트워크는 클라이언트 네트워크들을 위해서 광 대역 서비스를 제공할 것이므로 다양한 클라이언트 네트워크로부터 요구되는 서로 다른 Quality of service (QoS)를 지원해야 한다^[6]. 광 자원 예약 프로토콜의 시그널링 시간 지연은 패킷 지연뿐만 아니라, 패킷 손실률에도 영향을 미치므로, 광 자원 예약 프로토콜을 사용하는 OBS 네트워크의 입구 노드에서의 지연과 패킷 손실에 대해서 고려할 필요가 있다.

클라이언트 네트워크로부터 OBS 입구 노드에 도착하는 모든 패킷들이 동일한 지연 한계치를 갖고 있으며 버스트가 준비되는 즉시 자원 예약 메시지를 전송한다고 가정할 때, 만일 입력 패킷율이 낮으면, 분명히 패킷 결합 (aggregation) 지연은 증가할 것이므로, 입구 노드는 최대 지연 허용 한계 내에서 버스트 전송을 보장하기 위해 타이머를 필요로 한다.

만일 버스트가 노드를 통과하는데 걸리는 전송 시간 (transmission time)과 입구 노드로부터 출구 노드까지의 버스트 전파 시간 (propagation delay)을 알고 있다면, 입구 노드에서 허용 가능한 최대 지연시간을 계산할 수 있다. OBS네트워크에서는 허용된 최대 지연시간 내에서 패킷 결합과 시그널링을 수행해야 한다. <그림 6>은 OBS 네트워크에서 발생하는 지연 파라미터들을 나타낸다. JET-OBS 네트워크에서의 최대 지연시간은 입

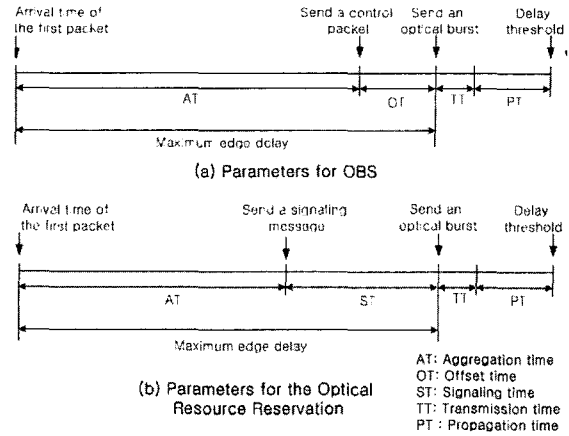


그림 6. 입구 노드에서의 지연 파라미터

Fig. 6. Delay parameters at the edge OBS nodes.

구 노드에서의 패킷 결합 시간, 옵셋시간, 전송시간, 그리고 입구 노드부터 출구 노드까지의 버스트 전달 시간의 합으로 정의될 수 있다. 광 자원 예약 프로토콜을 적용할 경우에는 패킷 결합 이후에 시그널링 지연이 추가되므로, 패킷의 최대 지연 한도 내에도 전송을 보장하기 위해서는 허용 가능한 시그널링 지연시간을 규정해야 한다. 만일 JET-OBS와 동일한 최대 지연 허용 시간을 갖고 있다면 시그널링을 위해서 허용되는 패킷 결합을 축소하는 것을 고려할 필요가 있다.

만일 제어 예약 메시지를 위한 충분한 자원이 존재하지 않을 경우 실제 자원 확정 메시지를 통해서 응답된 버스트 크기는 요청된 크기보다 작거나 0이 될 수 있다. 이러한 경우에 만일 입구 노드가 아직 시그널링을 지원할 수 있는 충분한 시간을 갖고 있다면 입구 노드는 다시 한번 자원을 할당받기 위한 시그널링을 시도할 수 있다. 그러나 입구 노드에서 허용되는 시그널링 시간이 충분하지 않다면, 타이머가 완료되고 대기 패킷들은 제거되어야 한다. 그러므로 입구 노드에서 허용되는 지연 시간이 보다 길수록 패킷 손실률을 낮출 것이다. 더불어 허용되는 버스트 결합 시간이 작고, 패킷 입력률이 낮으면, 작은 크기의 버스트가 생성됨을 예상할 수 있다. 또한 패킷 입력률이 증가함에 따라서 패킷 결합은 감소하게 되고 이는 버스트 발생률을 증가시킨다. 패킷 입력률이 증가하여 버스트 발생률이 올라가면 할당되는 버스트 크기 감소할 수 있지만, 더불어 패킷 결합을 감소시키므로 허용 시그널링 시간을 증가시키는 효과를 가져온다. 이는 입구 노드에 한번 이상의 시그널링 기회를 제공하므로 충분한 자원을 획득할 수 있도록 해준다. 만

일 OBS 네트워크의 규모가 커지면, 시그널링 왕복지연이 증가하게 되는데, 이러한 대규모 OBS 네트워크에서는 패킷 결합 완료 이전에 제어 예약 메시지를 보냄으로써 보다 많은 시그널링 시간을 확보하는 방안을 고려할 수 있을 것이다. 예를 들어 집적된 패킷의 양이 최대 버스트 크기의 절반에 도달하였을 때, 또는 첫 번째 패킷이 도착하자마자 제어 예약 메시지를 전송할 수 있을 것이다.

IV. 성능 분석

OBS 네트워크를 위한 광 자원 예약 프로토콜의 성능 분석을 위해 우리는 NS2 시뮬레이터를 기반으로 OBS 모듈과 광 자원 예약 프로토콜 모듈을 구현하였다. <그림 7>은 시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지와 파라미터들을 보여준다. 그림과 같이 우리는 10개의 입구 노드들과 1개의 출구 노드를 구성하였고, 평균 도착률은 모든 입구 노드들에서 동일하다고 가정하였다. 패킷들은 1Gbps 입력 비트 레이트를 갖는 Poisson 프로세스에 따라 입구 노드에 도착하고, 입력 패킷들의 크기는 1Kbyte 그리고 버스트의 크기는 1Mbyte로 고정되어 있는 패킷 결합을 가정하였다. 또한 guard-time이 버스트의 크기에 비해서 충분히 작다는 가정하에 시뮬레이션에서는 고려되지 않았다. 본 성능 분석에서 우리는 기존의 JET-OBS와 우리가 제안하는 광 자원 예약 프로토콜을 비교하였으며, 광 자원 예약 프로토콜의 성능 분석에서는 각각 10ms와 20ms의 시그널링 지연이 사용되었다. 성능 분석 수치로서 제공된 입력 트래픽(offered traffic load)에 대한 광 채널 이용률 (utilization), 입구 지연 (edge delay), 버스트 크기 (burst size), 버스트 전송율 (burst sending rate)을 구하였다.

<그림 8>은 위의 시뮬레이션 토폴로지 상의 노드 C

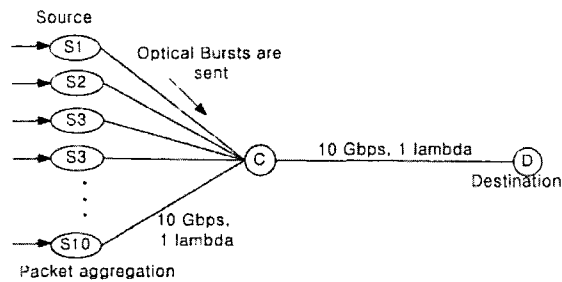


그림 7. 시뮬레이션 토폴로지
Fig. 7. Simulation topology.

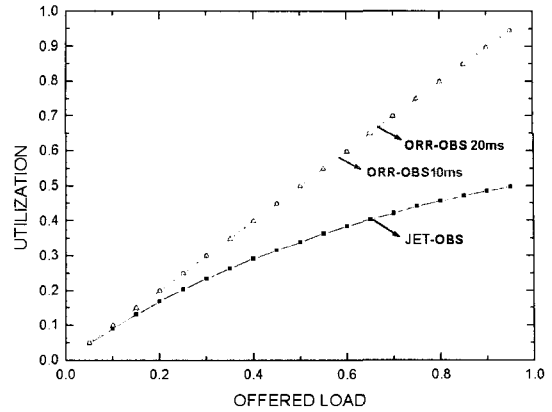


그림 8. 광 링크 이용률
Fig. 8. Optical link utilization.

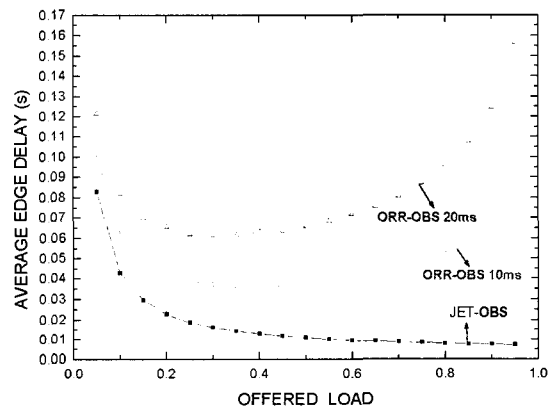


그림 9. 평균 입구 지연
Fig. 9. Average edge delay.

와 노드 D사이의 한 개의 파장에 대한 이용률을 나타낸다. 기존의 JET-OBS에서는 제공되는 트래픽 부하가 1까지 증가할 때, 최대 채널 이용률은 버스트 블로킹 문제로 인해서 50%에 불과하지만, 광 자원 예약 프로토콜 (ORR-OBS)을 적용할 시에는 충돌 회피 알고리즘에 의해서 블로킹을 겪지 않고 전송되므로 거의 두배에 가까운 이용률을 제공할 수 있다.

<그림 9>는 입구 노드에서의 지연시간을 보여준다. 기존의 JET-OBS는 제공되는 트래픽 부하가 증가할수록 입구 노드에서 패킷 결합 지연시간이 줄어들기 때문에 평균 입구 지연시간이 감소됨을 알 수 있다. 그러나 광 자원 예약 메시지를 적용할 시에 버스트 전송에 앞서 중단 간 양방향 시그널링이 수행되므로 입구 노드에서의 패킷 지연 시간이 증가하게 된다. 더구나 앞서 언급된 바와 같이 제공되는 트래픽 부하가 증가하게 되면

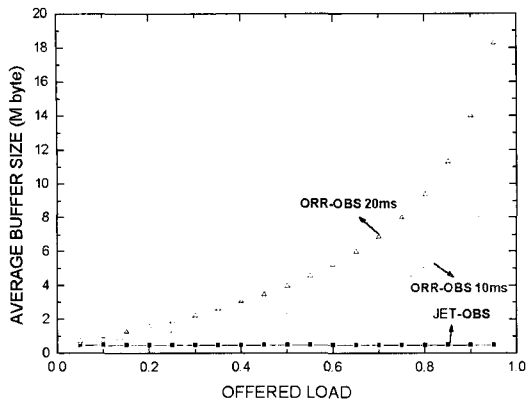


그림 10. 평균 버퍼 크기
Fig. 10. Average buffer size.

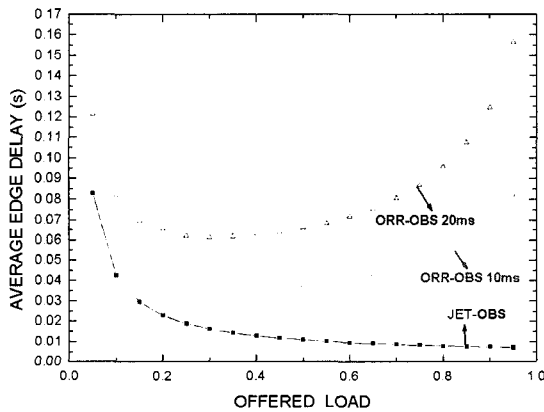


그림 11. 평균 버스트 크기
Fig. 11. Average burst size.

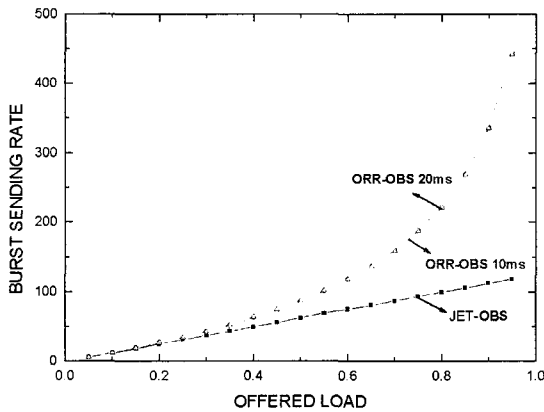


그림 12. 평균 버스트 전송율
Fig. 12. Average burst sending rate.

충돌 회피 알고리즘에 의해서 광 자원 획득에 실패할 수 있고, 이 경우 입구 노드는 필요로 되는 광 자원을

획득하고자 다시 시그널링을 시도하게 되므로 제공되는 트래픽 부하가 증가함에 따라서 입구 지연도 함께 증가하게 된다. OBS 네트워크의 규모가 증가할수록 입구 지연은 더욱 커지게 될 것이다. 그러나 본 성능 분석은 광 계층에서의 입구 지연만이 고려된 것으로 기존 JET-OBS에서는 블록킹 되는 버스트가 드롭할 경우에 상위 계층 프로토콜이 이를 파악하고 재전송을 요청하게 되므로 실제 TCP/IP 계층에서의 패킷 전송 지연을 고려한다면, 광 계층에서의 시그널링이 적용된 광 자원 예약 프로토콜이 전반적으로 더 적은 지연시간을 가질 것으로 예상된다. TCP/IP 계층에서의 JET-OBS와 광 자원 예약 프로토콜에 대한 성능 분석은 추후 연구 과제로 진행될 것이다.

<그림 10>은 입구 노드에서 필요로 되는 버퍼 크기를 보여준다. 광 자원 예약 프로토콜을 적용하면 시그널링 수행 시간 동안에 준비된 버스트와 더불어 입력되고 있는 패킷들을 저장하고 있어야 하므로, 제공되는 트래픽 부하가 증가할수록 더욱 많은 버퍼를 필요로 한다, 그러나 JET-OBS는 패킷들을 결합하여 버스트가 준비된 이후에 읍셋시간을 두고서 바로 전송되므로 입구 노드가 필요로 하는 버퍼의 크기는 읍셋시간에 의존하지만 광 자원 예약 프로토콜을 적용하는 경우보다 적고 일정한 버퍼 크기만을 필요로 한다.

<그림 11>은 입구 노드에서 발생하는 평균 버스트의 크기를 나타내고 있다. 기존의 JET-OBS에서는 결합된 패킷들의 크기가 주어진 버스트 크기에 도달하면 제어 패킷 전송 후에 읍셋시간을 두고서 곧장 전송하므로 발생하는 버스트 크기는 항상 일정하다. 그러나 광 자원 예약 프로토콜을 이용할 시에는 앞서 언급된 바와 같이 제공되는 트래픽 부하가 증가하면 충돌 회피 알고리즘에 의해서 할당되는 버스트 크기가 줄어들 수 있으므로, 제공되는 트래픽 부하가 증가함에 따라서 입구 노드에서 발생하는 평균 버스트의 크기는 <그림 11>과 같이 감소하게 된다.

<그림 12>는 제공되는 트래픽 부하에 대한 버스트 전송율을 보여준다. 버스트 전송율은 단위 시간에 입구 노드에서 발생된 버스트의 개수를 의미한다. JET-OBS에서는 트래픽 부하가 증가함에 따라서 선형적으로 발생하는 버스트 개수가 증가하지만, 광 자원 예약 프로토콜을 적용할 때에는 트래픽 부하가 증가함에 따라서 <그림 11>과 같이 할당되는 버스트 크기가 감소하므로 광 자원을 획득하고자 반복해서 시그널링을 수행하고

버스트를 발생시키므로 트래픽 부하가 증가함에 따라서 버스트 전송율도 그림과 같이 큰 폭으로 증가하게 된다.

V. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 OBS 네트워크에서 블록킹 문제없이 버스트 전송을 지원할 수 있는 광 자원 예약 프로토콜을 제안하였다. OBS 네트워크 상에서 광 자원 예약 프로토콜을 사용하면 입구 OBS 노드와 출구 OBS 노드 사이의 이용 가능한 광 자원을 측정하여 예약할 수 있고, 입구 OBS 노드에서는 예약된 파장 조각의 크기에 따라 버스트 전송 시간과 버스트 크기를 설정하여 보냄으로써 블록킹 문제를 해결할 수 있기 때문에 광 채널 이용률을 최대 두 배 가까이 증가시킬 수 있다. 그러나 광 자원 예약 프로토콜은 버스트 전송에 앞서 종단 간 시그널링을 필요로 하므로, III장의 설계 이슈에서 논의된 것과 같이 OBS 네트워크의 규모가 커지면 입구 노드에서의 패킷 지연시간을 줄이기 위한 방안이 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] C. Qiao, "Labeled Optical Burst Switching for IP-over-WDM Integration," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 38, no. 9, pp. 104-114, Sep. 2002.
- [2] J. Wei and R. McFarland, "Just-In-Time Signaling for WDM Optical Burst Switching Networks," *IEEE J. Lightwave Tec.*, vol. 18, no. 2, pp. 2019-2037, Dec. 2000.
- [3] 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.
- [4] S. Yao, B. Mukherjee and S. Dixit, "Advances in Photonic Packet Switching: An Overview," *IEEE Commun. Mag.* pp. 84-94, Feb. 2000.
- [5] S. H. Chin, A. Franzen, D. K. Hunter and I. Andonovic, "Synchronisation schemes for optical networks", *IEE Proc. Optoelectron.* vol. 147, no. 6, pp. 423-427. Dec. 2000.
- [6] 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.
- [7] T. Um, H. Vu, M. Zukerman and J. K. Choi, "Resource Negotiation Signaling for OBS Networks", *COIN/ACOFT 2003*, pp. 656-659, July 2003.

저 자 소 개



嚴泰元(學生會員)

1999년 : 홍익대학교 전자전기 제어 공학과(공학사). 2000년 8월 : 한국 정보통신대학원대학교(공학석사). 2000년 9월~현재 : 한국정보통신대학원대학교 박사과정 재학. <주관심분야 : GMPLS, OBS, MPLS-

based Mobile IP 등임>



崔 峻 均(正會員)

1982년 : 서울대학교 전자공학과(공학사). 1985년 8월 : 한국과학기술원(공학석사). 1988년 2월 : 한국과학기술원(공학박사). 1986년 6월~1997년 12월 : 한국전자통신연구원 책임연구원. 1998년 1월~현재 : 한

국정보통신대학원대학교 부교수. <주관심분야 : ATM, MPLS, GMPLS, Optical Internet 등임.>