

論文2003-40TC-10-8

광 버스트 스위칭망에서 최소 대역폭 보장

(Minimum Bandwidth Guarantee for Optical Burst Switching Networks)

吳昇勳*, 金永翰*

(Seung Hun Oh and Young Han Kim)

요약

본 논문에서는 다수 트래픽 클래스들에게 최소 대역폭을 보장해 줄 수 있는 광버스트스위칭 (Optical Burst Switching, OBS) 기법을 제안한다. 현재까지 제안되었던 QoS (Quality of Service) 관련 OBS 기법들은 클래스간 차별화는 가능하였으나 여러 클래스들이 존재하는 경우 하위 우선순위의 트래픽 클래스는 상급 클래스와 충돌로 최소 대역폭을 보장해 주진 못 하였다. 본 논문에서는 클래스별로 데이터 채널의 일정 시간구간을 할당하여, 최소한 그 영역에서는 최상급 클래스보다도 높은 우선순위를 부여하여 최소 대역폭을 보장받도록 하였다. 이런 동작을 효율적으로 가능하게 하기 위해서 새로운 버스트 어셈블리 알고리즘과, 데이터 채널의 시간영역을 관리방법을 제안한다. 또한 제안된 기법의 단대단 지연시간과 성능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

Abstract

We propose the novel optical burst switching scheme to guarantee a minimum bandwidth for multiple classes. To date, QoS studies on OBS network are capable of differentiating two classes, but have difficulties in providing a minimum bandwidth for several classes because of lower classes' collision with the highest class bursts in the networks. To solve that problem, in our proposed scheme we assign time zones in a data channel for each class periodically, making one burst have top priority at least its zone. Also, the new burst assembling algorithm, as well as the way of managing data channel, is necessarily proposed to coordinate with the proposed OBS scheme. Through the evaluation, we show that the worst-case end-to-end delay is small enough and the received bandwidth of the lower classes is still assured regardless of the traffic load of the highest class.

Keywords : Optical Burst Switch, QoS, Bandwidth-Guarantee Service, Class, Burst Assembly algorithm

I. 서론

DWDM(dense wavelength division multiplexing)의 광대역폭을 효율적으로 사용할 수 있다는 장점 때문에 OBS가 효율적인 광스위칭 기술로 각광받고 있다^[1]. OBS는 인터넷 백본망^[2]에 적용되어 망의 자원 사용의 효율성을 높이기 위한 트래픽 엔지니어링 기법^[3]과 오류로부터 망을 안전하게 보호하기 위한 보호복구 기법^[4], 가상 사설망 서비스와 품질보장 서비스^[5]를 제공해야 한

* 正會員, 崇實大學校 情報通信電子工學部
(School of Electronic Engineering Soongsil University
Seoul, Korea)

※ 본 논문은 숭실대학교 교내연구비 지원으로 수행되었음

接受日字:2003年9月7日, 수정완료일:2003年10月10日

다. 이러한 네트워크 관리 기술들과 다양한 서비스들은 여러 구성 기술 요소들 중에서도 대역폭 보장 서비스를 기본으로 하고 있다. 그러므로 이 대역폭 보장서비스는 OBS기술이 실제 망에 서비스될 수 있도록 하는 중요한 요건이 된다.

현재까지 OBS망의 성능을 개선하는 노력으로 자원 충돌 문제를 해결하려는 연구와 차등화 서비스 연구가 진행되어 왔다. OBS기반 광네트워크는 버퍼의 부재로 여러 버스트가 동일한 네트워크 자원을 동시에 접근했을 때 자원충돌이 발생하는 문제점을 안고 있다. 이 문제점을 해결하기 위해 광지연선(fiber delay line, FDL)을 이용한 제한 광버퍼를 적용한 연구와, 스위칭 노드에서 광파장변환을 이용하는 연구들이 진행되고 있다. 그렇지만 실제 구현 시, 이 기술들은 시스템을 더욱 복잡하게 하고 비용문제를 부가하는 단점을 안고 있다. 이 문제의 또 다른 해결안은 충돌 지점을 우회하는 개념으로, 효율적인 우회경로를 찾는 편향(deflection) 라우팅 알고리즘을 개발하는데 중점을 두고 있다^[6]. 그런데 경로를 계산에 필요한 제어정보를 노드들 끼리 통신해야 하므로 여전히 시스템이 복잡해지는 문제점을 있다.

OBS기반 망에서의 차등화서비스 연구들 중 오프셋-시간(offset time) 기반 QoS 기법이 최근에 제안되었다^[7]. 이 기법은 품질 차별화를 위해 버스트 제어 패킷(burst control packet, BCP)과 해당 데이터 버스트사이의 오프셋 시간의 길이를 차별화 한다. 즉, 큰 오프셋 시간을 갖는 버스트는 스위칭 자원을 먼저 예약하기 때문에 작은 오프셋 시간을 갖는 버스트보다 높은 우선순위를 갖게 된다^[7]. 이때 두 클래스의 오프셋들 값의 차이를 최대 버스트 길이의 몇 정수배로 하면 두 클래스를 거의 완전하게 격리시킬 수도 있다. 그래서 큰 오프셋의 버스트가 작은 오프셋의 버스트보다 언제나 우선하게 된다. 그러나 큰 오프셋을 갖는 버스트가 많아지면 적은 오프셋을 갖는 버스트들은 적절한 서비스를 보장받을 수 없게 된다. 최악의 경우는, 중간급 클래스의 버스트에 할당될 자원들이 상급 클래스와 충돌이 발생해서 해제되고, 상급 클래스와 중첩되지 않는 낮은 클래스가 이 해제된 자원을 예약할 수도 있다. 그 결과 중간 클래스가 받은 자원의 양이 오히려 낮은 클래스의 것보다 낮게 될 가능성도 있다. <그림 1>의 예에서 클래스-2의 모든 버스트들이 클래스-1 버스트와의 충돌로 서비스를 전혀 받지 못하고 오히려 충돌로 해제된 자원이 클래스-3 버스트들에게 할당되고 있다. 이외에도 이 기

법에서는 긴 오프셋 시간을 갖은 상급 클래스가 데이터 채널의 자원을 작은 이산 시간 조각으로 분할하는 '버스트 선택 효과' 때문에 자원 효율성을 떨어뜨린다^[8].

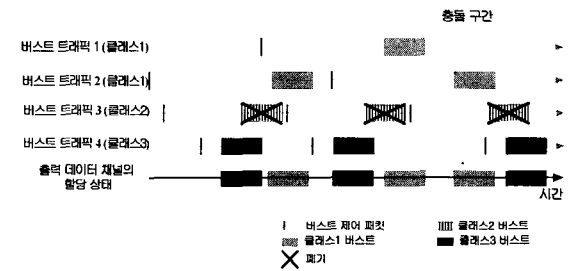


그림 1. offsetQoS기반 OBS망에서 최우선순위 버스트의 자원 독점

Fig. 1. The monopoly of the highest priority burst in offsetQoS.

표 1. 용어 및 약어 정리

Table 1. Terminologies and abbreviation.

T_0	: 기본 오프셋 시간	T_p	: 버스트 전달 시간 (propagation)
T_1	: 버스트 어셈블링 시간	T_f	: 프레임의 길이
T	: 총 오프셋 시간 (= T_0 + 추가 오프셋 시간)	T_m	: 어셈블러 타이머 만기 시간
T_c	: 해당 QoS의 뒤의 시간 길이	T_s	: $T_0 \cdot N$
N	: 이웃 버스트의 개수 ($= B_0/B_1$)	Z_c	: COBS에서 허락되는 버스트의 최대 크기
B	: 할당된 안버스트의 길이	Z_f	: 클래스1 QoS의 길이
OBS	: 기본 OBS기법	T_r	: 전송시간
offsetQoS	: 오프셋시간을 이용한 QoS OBS 기법	COBS	: 본 논문에서 제안한 OBS기법
BCP	: 버스트 제어 패킷	CMP	: 클래스 관리 패킷
B_0	: 안버스트에 할당되고 남은 패킷들의 길이 (=모든 패킷들의 길이 - B_1)		

이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 클래스마다 데이터 채널의 특정 시간구간을 할당하여, 그 영역에서는 다른 클래스의 버스트에 의해 폐기되는 것을 방지하여 최소 대역이 보장될 수 있도록 하였다. 이를 위해서 필요한 버스트 어셈블리 알고리즘과 데이터 채널의 시간 영역 관리 방법을 설계하였다.

서론에 이어 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 제안된 자원예약 방법, 버스트 어셈블리 알고리즘을 소개한다. 제 III장에서는 본 논문에서 제안한 OBS 기법의 실현 가능성을 단계단 지연추천에서 다른 OBS 기법과 비교·분석하고 시뮬레이션을 통해 평가한다. 그리고 제 IV장에서 결론을 맺는다.

II. 광버스트스위칭 망에서의 클래스별 자원할당 기법

1. 개요

최소 대역폭 보장하기 위해서는 특정 주기로 최소 데

이더가 목적지까지 성공적으로 전송되어야 한다. 그리고 각 클래스별로 성공적으로 데이터를 전송시키기 위해 본 논문에서는 <그림 2> 와 같이 데이터 채널의 특정 시간 영역 안에 위치하여 버스트가 전달되게 하였다. 이때, 각 영역들은 각각의 클래스에 특권을 부여한 영역들로 해당 클래스에 속한 버스트들에게 높은 우선순위를 부여한다. 그러므로 이 영역 안에서는 다른 클래스 버스트가 미리 자원을 예약할 지라도 다시 선점할 수 있다. 이런 영역을 특정클래스에게 특권이 부여된 클래스영역(class zone, CZ)이라 부르고, 한 도메인에서 정의된 클래스의 수만큼 CZ영역들이 주기적으로 반복된다. 이런 주기를 프레임이라고 하고 프레임안의 각 CZ영역의 길이는 클래스에 할당된 자원에 비례한다. 마지막으로 프레임의 자원(CZ영역들)을 여러 클래스에게 할당한 후 남은 영역은 최선형 영역(best effort zone, BEZ)으로 정의하고 이 영역에서는 모든 버스트가 평등하게 처리된다.

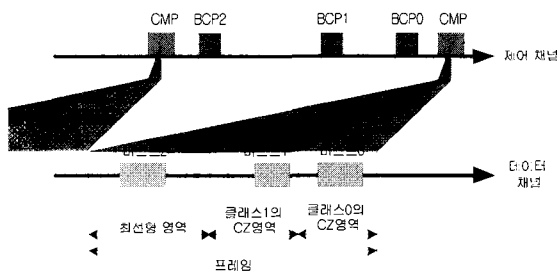


그림 2. 세 클래스 버스트가 존재하는 OBS 망에서 CMP에 의한 클래스 관리
 Fig. 2. Class management by CMP under OBS network with two traffic classes and best-effort traffic.

인터넷 트래픽이 동적이기 때문에 클래스를 동적으로 제어·관리할 수 있어야 한다. 한편 OBS에서는 버스트를 위한 자원을 예약할 때 제어채널의 BCP를 이용하듯 제어채널은 망유지·관리를 위한 다양한 기능을 제공할 가능성을 내재하고 있다. 그래서 본 논문에서 제안한 OBS기법에서는 제어채널을 통해 각 클래스의 CZ영역도 동적으로 설정·관리하기 위해 새로운 제어 패킷, CMP (Class Managing Packet)를 정의했다. 이 CMP는 망의 상황 또는 서비스 요청에 따라 프레임 길이와 각 CZ영역의 길이, 개수 등의 정보를 담아 각 노드에게 전달한다. CMP에 의해 프레임과 각 CZ영역이 설정되고 결국 해당 클래스 버스트들이 그 영역에서 안전하게 서

비스되게 된다. 이를 위해서 망의 한 도메인 내에서 특정 관리노드가 제어 채널을 통해 CMP를 우선적으로 광고해야 하고 모든 노드들은 이 패킷을 수신하고 클래스 설정 정보를 이해할 수 있어야 한다. 그리고 서로 다른 패킷 전달 지연시간으로 발생할 수 있는 프레임간 편차는 프레임간에 약간의 보호구역(guard band)을 두어 맞춰주도록 하였다. 특히, 망의 유입 노드에서는 새로운 버스트 어셈블리 알고리즘에 클래스 정보가 필수이므로 CMP 수신이 매우 중요하다.

한편 필요에 따라 채널에 여유가 있을 때 자신의 CZ영역에 속하지 않는 데이터 버스트의 전송이 가능해야 한다. 이를 위해 자신이 속한 CZ영역안의 자원을 요청하는 버스트(인-버스트)와 영역 밖의 자원을 요청하는 버스트(아웃-버스트), 즉 계약에 맞는 데이터 전송 속도로 유입되는 패킷들의 집합인 인-버스트와 이 속도를 초과해서 들어온 패킷들의 집합인 아웃-버스트를 정의하고 다음에 소개할 별도의 자원할당 규칙을 적용하여 최소대역폭 보장과 함께 자원활용의 효율성 증대를 얻도록 하였다.

2. 자원 예약

CMP의 정보에 의해서 모든 노드가 데이터 채널상의 프레임과 CZ영역에 맞춰 동작하고 있는 상황에서 BCP를 수신할 때 스위칭 자원을 예약하는 방법과 절차를 정의한다. 이 절차에서 다음 4가지 예약 규칙에 의해 동작된다. 첫 번째 규칙은 자신의 CZ영역 내에서 자원을 요청하는 버스트를 최우선순위로 예약한다. 단, BEZ영역은 예외이다. 두 번째, BEZ영역에서는 모든 버스트가 동등하게 처리된다. 즉, 먼저 요청한 버스트가 자원을 예약하게 된다. 세 번째, 서로 다른 클래스에 속한 버스트들이 제 3의 CZ영역에서 요청할 경우 상급 클래스의 버스트가 우선적으로 예약된다. 네 번째, 같은 클래스에 속한 버스트들이 동일한 자원을 요청할 경우 먼저 요청한 버스트에게 자원을 할당한다. <그림 3>에서 버스트 예약 절차를 나타냈다. 각 노드는 제어채널에서 BCP를 수신할 때마다, 예약할 버스트의 클래스 정보와 예약할 시간(time-band)정보를 얻고 그 시간대에 예약된 버스트가 없으면 바로 자원을 예약한다. 만약, 예약이 된 영역이고 이 CZ영역이 최선형 영역인 경우 이번 예약이 취소되어 BCP를 폐기한다. 그러나 기타 CZ영역경우는 인-버스트를 우선해서 예약한다. 만약 두 버스트 모두 인-버스트인 경우는 먼저 예약된 것을 우선하기 때문에 이번 BCP를 폐기한다.

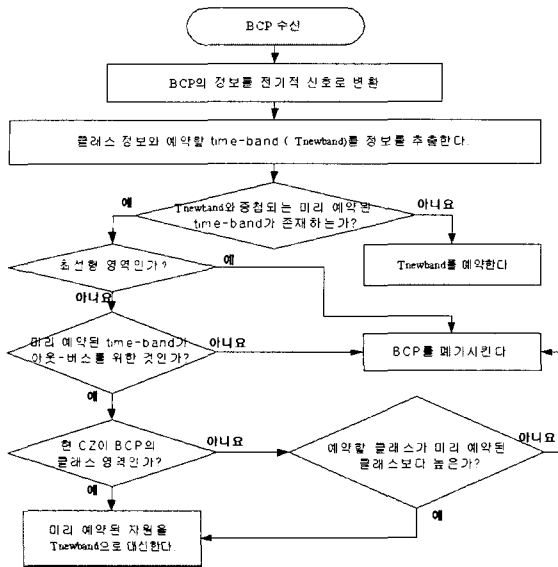


그림 3. 자원 예약 절차
Fig. 3. The resource reservation procedure.

3. 버스트 어셈블리 알고리즘

제안된 OBS기법의 올바른 동작을 위해서는 데이터 채널의 프레임과 CZ영역에 맞춰 동작할 수 있는 버스트 어셈블리 알고리즘이 요구된다. 뿐만 아니라 앞서 소개한 망 자원 활용의 증대를 위해서 CZ영역의 자원이 비어있는 경우는 다른 클래스의 버스트를 허용하도록 요구된다. 그래서 어셈블리 알고리즘은 최소 대역폭 보장을 위한 인-버스트생성에 대한 방법과 높은 자원활용도를 위한 아웃-버스트생성에 대한 방법으로 분리되어 있다.

데이터 채널의 매 CZ영역의 시작 시점에서 유입된 패킷들이 버퍼에 존재하면 알고리즘의 인-버스트생성 요소가 개시되어 인-버스트를 만든다. 인-버스트를 생성한 후에도 패킷이 버퍼에 존재하면 알고리즘의 아웃-버스트생성요소가 개시되어 아웃-버스트를 생성한다. 인-버스트생성 단계에서 생성된 인-버스트의 출발 시간을 해당 CZ영역 내에서 결정하는데, 이때 같은 클래스에 속하는 다른 버스트와 충돌할 확률을 줄이기 위해 출발 시간을 무작위로 결정한다^[9]. 그 다음, 인-버스트는 출발 시간까지 버퍼에 대기시키고, 해당 BCP를 제어채널을 통해 바로 전송하여 경로를 따라 자원을 예약한다. 예를 들어, <그림 4>의 상황은 ①의 시점에서 유입된 패킷들의 양이 인-버스트로만 수용할 수 없는 상황을 가정하고 있다. 이런 상황에서 알고리즘의 인-버스트생성과 아웃-버스트생성 요소들이 개시된다. 처음, 인-버스트를

생성되고 그 버스트의 출발시간을 [① + T_b , ① + T_c - B_x] 범위 안에서 무작위로 ②의 시점으로 결정한다. 그 직후 해당 BCP가 클래스의 정보와 오프셋 시간 등의 정보를 담아 바로 ①의 시점에서 전송된다. 그리고 T_i 시간이 지난, ②의 시점이 되어야 비로소 인-버스트가 전송되고 있다.

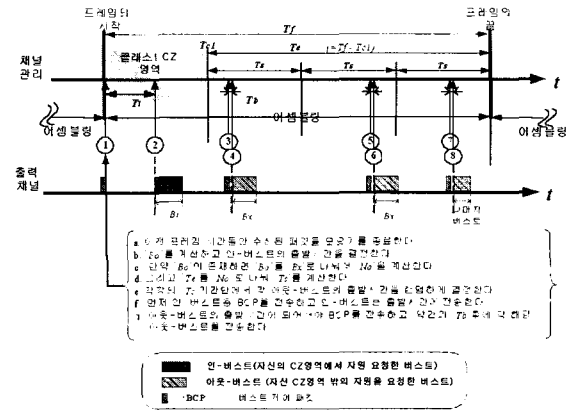


그림 4. 유입 노드에서 새로운 버스트 어셈블리 알고리즘: 인-버스트 생성과 아웃-버스트 생성
Fig. 4. The new burst assembly algorithm: In-Generation and Out-Generation Part.

다음으로 초과 데이터들을 처리하기 위해 아웃-버스트생성 단계에서 아웃-버스트를 만들고 소속된 CZ영역 밖의 시간 안에서 출발시간을 또 무작위로 결정한다. 이때 만약 다수의 아웃-버스트가 생성된다면 다음식과 같이 각 출발시간의 선택 영역 (T_s)을 얻기 위해 CZ영역 밖의 시간(T_c)을 균일하게 분할한다. 그러기 위해 우선 CZ영역 밖의 시간을 아웃-버스트의 수(N_o)로 나눈다.

$$N_o = \frac{B_o}{B_x}, \tag{1}$$

$$T_s = \frac{T_c}{N_o}, \tag{2}$$

여기서 B_o 과 B_x , N_o , T_c 는 각각 초과된 데이터량, 최대 버스트의 길이, 아웃버스트의 수, CZ영역의 시간을 제외한 남은 시간을 의미한다. 이후, 균일하게 분할된 [$T_c + n \cdot T_s + T_b$, $T_c + (n+1) \cdot T_s - B_x$] 사이에서 출발시간을 무작위로 선택한다. 여기서 T_c 는 CZ영역의 길이를 의미하고 n 는 0부터 'NO - 1' 까지의 정수를 의미한다. 예를 들어 <그림 4>에서는 ①의 시점에서 하나의 인-버스트와 세 개의 아웃-버스트가 생성되었고, 아웃 버스트

의 출발시간은 알고리즘에 의해 균일하게 삼등분된 영역에서 각각 ④와 ⑥, ⑧의 시점으로 결정하였다.

Ⅲ. 성능 분석

1. 지연 분석

지연 측면에서 제안한 OBS기법의 실현가능성을 보이기 위해서 C-OBS기법의 단대단 최대 지연시간($e2eD$)을 계산하고 단순 OBS기법과 offsetQoS기법^[7]의 지연시간과 비교한다. 수식에서 'A 기법의 단대단 최대지연시간'을 $e2eD(A\text{-기법})$ 라 표기한다. 일반적인 단대단 지연시간은 다음과 같다.

$$e2eD = T_a + T_i + T_{tx} + T_p, \quad (3)$$

여기서 T_a 과 T_i , T_{tx} , T_p 는 각각 버스트를 위한 패킷들을 모으는데 걸리는 시간, 총 오프셋 시간, 버스트 전송 시간, 버스트 전달시간을 의미한다. 이 값들 중 T_a 과 T_i 값만이 OBS기법에 좌우된다. 그리고 T_i 는 기본 오프셋 시간과 추가 오프셋 시간의 합을 의미하나, 기본 오프셋 시간은 무시할 만큼 충분히 작다^[7]. 또한 T_{tx} 값도 광 대역폭을 고려할 때 무시할 만하다.

첫 번째 C-OBS기법의 인-버스트의 최대 지연시간은 하나의 프레임 시간동안 패킷을 모으고 ($T_a = T_f$), 생성된 인-버스트가 해당 CZ영역의 끝 부분에서 전송될 때이다 ($T_i = T_f * a$). 그래서 최대 지연시간은 다음 식과 같다.

$$e2eD(C-OBS) = (1+a)T_f + T_p, \quad (4)$$

여기서 a 값은 해당 클래스에 할당된 자원의 비율이다.

두 번째, 단순한 OBS기법의 최대 지연시간을 계산하기 위해 버스트 어셈블리의 최장시간을 타이머를 이용해 제한하였다^[10]. 타이머의 만기시간을 T_m 라 했을 때, 최대 지연시간은 다음과 같다.

$$e2eD(OBS) = T_m + T_p, \quad (5)$$

세 번째, offsetQoS기법의 단대단 최대 지연시간을 계산하기 위해, 어셈블리 알고리즘을 단순 OBS기법의 것과 동일하게 하고 n 개의 클래스를 가정하였다. 그리고 클래스간의 95% 격리를 보장하기 위해 최대 버스트길이의 3배를 추가 오프셋 시간으로 설정하였다^[7]. 그리고 B_X 값을 최대 버스트 길이로 했을 때, 단대단 최대 지연

시간은

$$e2eD(offserQoS) = T_m + 3(n-1)B_X + T_p, \quad (6)$$

이 된다.

만약 통계적으로 동일한 입력 트래픽과 자원을 n 클래스에 균등하게 할당한다고 가정하면 $T_f \approx T_m$ 과 $a \approx B_X/T_f \approx 1/n$ 성립한다. 그 결과 식 (4)과 식 (6)을 식 (7)과 식 (8)과 같이 다시 정리할 수 있다.

$$e2eD(C-OBS) = (n+1)B_X + T_p, \quad (7)$$

$$e2eD(offsetQoS) = 3(n-1)B_X + T_p, \quad (8)$$

위 두 식을 식 (5)와 비교하면, C-OBS와 offsetQoS의 최대 지연시간이 각각 B_X 와 $(2-3a)T_m$, 만큼 크다. 그리고 C-OBS와 offsetQoS의 최대 지연시간을 비교해 볼 때, 클래스의 수가 증가하면 할 수 록 그리고 버스트의 길이가 증가하면 할수록 C-OBS의 최대 지연시간이 offsetQoS의 지연시간보다 더 작아짐을 알 수 있다. 결론적으로 C-OBS의 최대 지연시간은 C-OBS를 적용할 만큼 충분히 작다고 할 수 있다.

2. 시뮬레이션과 결과

시뮬레이션을 위한 망은 두 노드로 구성되어 있으며 두 노드는 하나의 제어 채널과 10 Gbit/sec 데이터 채널로 구성된 링크로 연결되어 있다. 그리고 16개의 트래픽 소스가 망의 입력 노드에 연결되어 각각 'ON-OFF' 트래픽을 생성한다. 이때 ON-OFF 트래픽의 ON과 OFF 시간은 동일한 평균값(50msec)을 갖고 exponential 분포를 따르게 했고 소스에서 생성하는 패킷의 크기는 1500bytes로 하였다. 그런데 실제 OBS망에 유입되는 트래픽은 유입 노드에서 어셈블리 알고리즘에 의해 생성되기 때문에 소스 트래픽 종류에 따라 결과가 크게 변하지 않는다. 여기서 기본 OBS기법과 OffsetQoS기법의 버스트 어셈블리방법에서는 버스트의 크기와 타이머를 이용하고 있어 일정량 패킷(1500bytes * 45 = 67500 bytes)이 모아지면 버스트를 생성한다. 또한 일정시간(5msec)동안 패킷이 일정량에 못 미쳐도 현재 모아진 양으로 버스트를 생성하는 방식이다. 새 OBS기법은 본 논문에서 제안한 버스트 어셈블리 알고리즘을 적용하였다.

시뮬레이션 전반에 걸쳐 최상급 클래스의 트래픽의 부하는 0.3 (3Gbit/sec)으로 설정했고, 제안한 OBS기법에서는 클래스마다 3Gbit/sec로 가장 낮은 클래스엔 2Gbit/sec로 대역폭을 각각 할당하였다. 이것은 각 클레

스에서 균일하게 자원을 나눠주었기 때문이다. 시뮬레이션의 결과 그래프에서 '각 기법의 x 클래스'를 각각 'OBS_Cx'와 'offset_Cx' 'C_OBS_Cx'로 표현하였다.

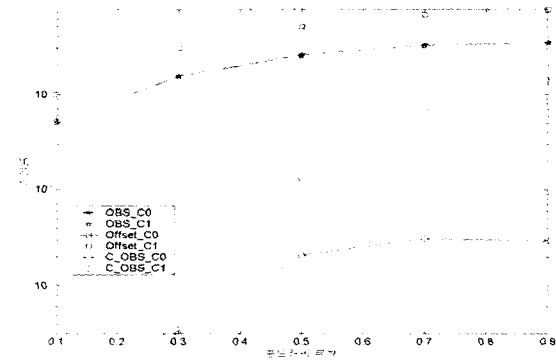


그림 5. 총 트래픽 부하에 따른 손실률
Fig. 5. Blocking probabilities against the total load.

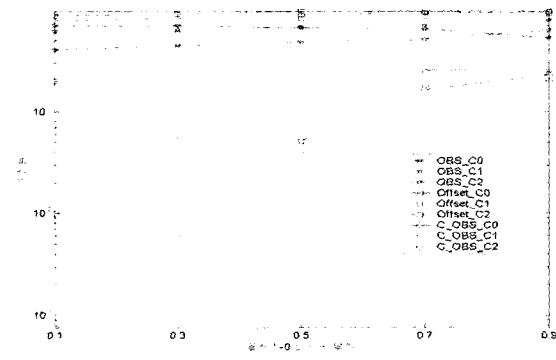


그림 6. 세 개 클래스 트래픽이 존재했을 때 최상급 클래스-0의 트래픽 부하에 따른 손실률
Fig. 6. Blocking probabilities against the highest class's load when three classes exist.

첫 번째 시뮬레이션에서 총 트래픽의 부하에 따른 버스트의 손실률을 측정하였다. <그림 5>에서 offsetQoS 기법의 최상급 클래스는 손실률이 발생하지 않은 반면 낮은 클래스의 손실률은 가장 높다. 그러나 C-OBS기법에서 총 트래픽 부하가 약 0.5 이하일 때까지는 두 클래스의 손실률이 상대적으로 낮음을 확인할 수 있다. 이것은 클래스마다 CZ영역이 할당되어 있기 때문이다.

다음으로 최상급 클래스의 트래픽 양이 다른 클래스에게 미치는 영향을 실험하였다. C-OBS기법에서 클래스-0과 클래스-1만이 자신의 CZ영역을 할당받았고 클래스-2는 할당 받지 못한 최선형 트래픽이다. 그래서 <그림 6>에서 확인할 수 있듯이 C-OBS기법의 클래스

-2의 손실률만 높다. 그리고 offsetQoS 기법에서 CZ영역을 할당 받지 못한 낮은 클래스들의 손실률은 최상급 클래스의 트래픽 부하에 따라 큰 영향을 받았고 그 반면 C-OBS의 낮은 클래스에 끼치는 영향이 매우 작음을 확인할 수 있다.

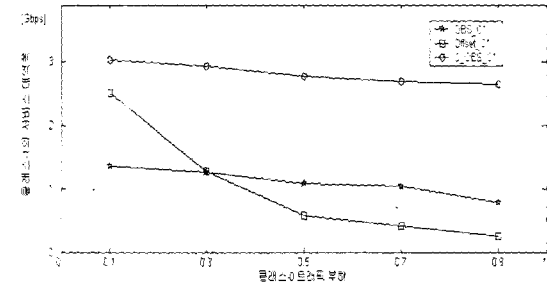


그림 7. 클래스-0 트래픽 부하에 따른 클래스-1이 받은 대역폭
Fig. 7. The received class-1's throughput against the class-0's load.

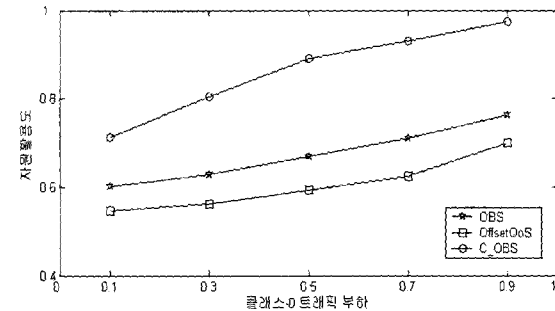


그림 8. 클래스-0 트래픽 부하에 따른 자원 활용도
Fig. 8. The utilization of each OBS scheme vs the class-0's load.

다음 시뮬레이션은 C-OBS에서 클래스에 할당된 대역폭의 보장유무를 실험하였다. 각 OBS 기법을 적용한 망에서 최우선 순위 클래스 (클래스-0)의 양을 증가시키면서 다른 클래스가 받을 수 있는 서비스 대역폭(<그림 7>)과 그 때 망의 자원활용도(<그림 8>)를 측정하였다. <그림 7>에서 X축의 값, 최상급 클래스 트래픽 양이 증가할 지라도 C-OBS기법의 클래스-1이 받는 서비스 대역폭이 상대적으로 유지되고 있다. 그 반면, offsetQoS 기법의 클래스-1의 서비스 대역폭은 현저히 낮아짐을 볼 수 있다. 동시에 <그림 8>에 최우선순위 클래스(클래스-0)의 트래픽의 증가에 따른 각 OBS기법의 망 자원 활용도를 나타냈다. 그림에서 확인할 수 있

듯이 C-OBS기법이 다른 두 기법보다 자원 활용도 측면에서도 나음을 확인할 수 있다. OffsetQoS 기법의 자원활용도가 가장 저조한 이유는 앞서 소개한 '버스트 선택 효과'^[6]에 의해 최상위 우선순위 버스트의 예약으로 채널 자원이 무용의 이산 시간으로 쪼개지기 때문이다. 기본 OBS기법에서는 버스트의 잦은 충돌에 의해 통계적으로 저조해 진다. 그 반면, 제안한 OBS기법에서는 해당 CZ에서 최소의 대역을 보장 받기 때문에 다른 기법보다 충돌이 적게 발생하여 활용도가 상대적으로 높게 나온다.

VI. 결 론

본 논문에서는 여러 클래스들에게 최소 대역폭을 보장해 줄 수 있는 새로운 OBS기법을 제안하였다. 이를 위해 본 논문에서는 데이터 채널의 특정 시간구간에서 해당 클래스의 트래픽이 최상위 클래스보다 높은 우선순위를 갖도록 하여 상급 클래스와의 충돌로부터 보호하여, 최소 대역폭을 보장할 수 있도록 하였다. 이런 동작을 위해서는 이 기법에 맞는 버스트 어셈블리 알고리즘을 설계하여, OBS기반 망에 적당한 속도로 유입되는 패킷들을 특정 시간영역 안에서 전송하게 하였다. 또한 이 알고리즘은 과대하게 들어오는 패킷의 집합은 시간영역에 관계없이 전송하여, 자원활용의 효율성을 증대하였다. 제안된 OBS기법의 성능을 평가하기 위해 여러 OBS기법들의 단대단 최대지연시간을 비교 분석했으며 또한 시뮬레이션을 통해서 손실률과 서비스 대역폭, 자원 활용도를 측정하였다. 그 결과 본 논문에서 제안한 OBS기법이 합리적인 단대단 지연시간 안에 운영될 수 있음을 확인하였고, 상급 클래스의 트래픽 부하에 무관하게 낮은 여러 클래스에게도 최소 대역폭을 보장해 줄 수 있음을 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Vinod Vokkarane, Karthik Haridoss, and Jason Jue, "Threshold-Based Burst Assembly Policies for QoS Support in Optical Burst-Switched Networks," Proceedings, SPIE Optical Networking and Communication Conference (Opti-Comm) 2002, Boston, MA, vol. 4874, pp. 125-136, July 2002.
- [2] Chunming Qiao, "Labeled Optical Burst Switching for IP-over-WDM Integration," IEEE Commun. Mag., Sep. 2000, pp. 104-114.
- [3] F. L. Faucheur and W. Lai, "Requirements for support of Diff-Serv-aware MPLS Traffic Engineering," Internet Draft, draft-ietf-tewg-diff-te-reqts-07.txt, Feb. 2003.
- [4] S. Oh, Y. Kim, M. Yoo, H. Hong, "Survivability in the Optical Internet Using the Optical Burst Switching," ETRI J., vol. 24, no. 2, Apr. 2002, pp. 117-130.
- [5] S. Blake et al., "An Architecture for Differentiated Service," IETF RFC 2475, Dec. 1998.
- [6] X.Wang, H. Morikawa, and T. Aoyama, "Deflection routing protocol for burst switching WDM mesh networks," in Proc. SPIE/IEEE Terabit Optical Networking: Architecture, Control, and Management Issues, Nov. 2000, pp. 242-252.
- [7] M. Yoo, C. Qiao and S. Dixit, "Optical Burst Switching for Service Differentiation in the Next Generation Optical Internet," IEEE Commun. Mag., vol. 39, no. 2, Feb. 2001, pp.98-104.
- [8] Y. Chen, M. Hamdi, and D.H.K. Tsang, "Proportional QoS over OBS networks," in Proc. IEEE Globecom'02, vol. 3, pp. 1510-1514.
- [9] S. Verma, H. Chaskar, and R. Ravikanth, "Optical burst switching: a viable solution for terabit IP backbone," IEEE Network, vol. 14, no. 6, Nov. 2000, pp. 48-53.
- [10] Ge, F. Callgati, and L. S. Tamil, "On Optical Burst Switching and Self-Similar Traffic," IEEE Commun. Letters, vol. 4, no. 3, Mar. 2000, pp. 98-100.

저 자 소 개



吳昇勳(正會員)

2000년 2월 : 송실대학교 전자공학과 졸업. 2002년 2월 : 송실대학교 정보통신공학과 석사. 2002년 3월~현재 : 송실대학교 정보통신공학과 박사과정. <주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 인터넷 네트워킹, 인터넷 QoS, 멀티캐스팅, Xcast, IP-이동성, 무선 네트워크, 광인터넷 복원, 광버스트스위칭>



金永翰(正會員)

1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1986년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1990년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사). 1987년 1월~1994년 8월 : 디지콤정보통신연구소 데이터통신연구부장. 1994년 9월~현재 : 송실대학교 정보통신전자공학부 부교수, 통신학회 인터넷연구회 위원장, VoIP포럼 차세대기술분과 위원장. <주관심분야 : 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망등임.>