

소 특 집

Optical Burst Switching(OBS) 기술 소개 및 연구 동향

유 명 식

승실대학교 정보통신전자공학부

I. 서 론

지난 90년대 인터넷의 보편화에 따른 보다 넓은 네트워크 대역폭에 대한 요구는 광 기술의 발전을 초래하였고 광 전송 기술 및 광 네트워크 기술이 발전하는 계기가 되었다. 현재 광 네트워크는 통신망에 여러 형태로 적용되어 있고 백본망, 메트로망, 그리고 최종단의 접속망에까지 그 영향력을 미치고 있다.

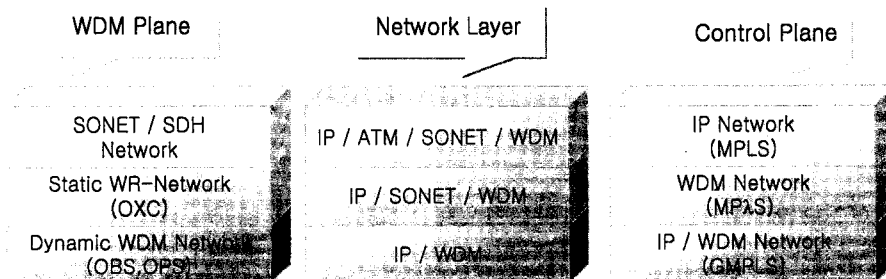
차세대 네트워크에서의 전송망을 담당하는 광 네트워크는 다음과 같은 장점이 있다. 첫째, 광 네트워크는 방대한 대역폭을 제공할 수 있다. 광 네트워크에서 전송에 사용하는 파장들은 수백 Tera(10^{12}) Hz 주파수 대역에 존재한다. 이는 광 전송 시스템은 기존의 Mega(10^6) Hz 또는 Giga(10^9) Hz 대역을 사용하는 통신 시스템에 비하여 보다 방대한 대역폭을 가진다는 것을 의미한다. 현재, 하나의 파장으로 2.5Gbps 또는 10Gbps의 데이터 전송이 가능하다. 또한 DWDM 기술을 이용하는 경우 하나의 광섬유에 40 또는

80개의 파장을 다중화 할 수 있는 것을 고려하면, 광 네트워크가 제공할 수 있는 대역폭은 매우 방대하다 할 수 있다.

둘째, 광 네트워크는 다양한 네트워크 프로토콜, 데이터 포맷, 데이터 전송 속도에 투명한 전송을 보장할 수 있다. 이는 일단 광 전송로가 설정이 되면 데이터 전송 시에는 어떠한 처리도 필요치 않기 때문에 광 네트워크는 다양한 네트워크 프로토콜(IP, ATM, SONET/SDH), 다양한 데이터 포맷(아날로그, 디지털), 다양한 전송 속도(10Gbps, 2.5Gbps, 622Mbps)의 지원이 가능하다.

셋째, WDM 기술과 광 전송로의 투명성 때문에, 광 네트워크는 경제적이고 미래 요구에 쉽게 대처할 수 있는 네트워킹 솔루션을 제공한다. 즉, WDM 기술은 미래의 트래픽 증가에 따른 네트워크 전송용량의 확장이 용이하고, 또한 광 투명성의 장점으로 미래에 요구될 어떠한 형태의 프로토콜도 지원이 가능하다.

광 네트워크의 발전 과정은 <그림 1>에서 요약한 바와 같이 세 가지 측면에서 살펴볼 수 있다.



<그림 1> 광 네트워크 기술의 발전 단계

우선, 광 네트워크의 WDM 평면(WDM Plane) 측면에 대하여 살펴보면, SONET/SDH 네트워크가 1세대 광 네트워크로 도입되었다. SONET/SDH 네트워크는 음성 트래픽을 대역폭이 방대한 광섬유를 이용하여 전송하기 위한 목적으로 설계되었다. 그러나, SONET/SDH는 전송 부분에만 광을 사용하였을 뿐, 스위칭/라우팅 기능이 광 계층에서 전혀 고려되지 않았다. 광 계층에서의 라우팅은 Wavelength Routing(WR) 네트워크의 도입으로 가능하게 되었다. WR 네트워크는 Optical Cross-connect(OXC)^[1]를 스위칭 노드로 사용하여 파장을 라우팅 한다. WR 네트워크는 사용자(IP 라우터, ATM 스위치)의 요청에 의하여 OXC의 파장 라우팅 및 파장 할당 과정을 거쳐 Lightpath를 설정한다. 즉, WR 네트워크는 사용자 네트워크에 lightpath 서비스를 제공한다.

광 네트워크는 Lightpath Topology 변화의 능력에 따라 정적(Static)과 동적(Dynamic) 네트워크로 구분된다. 정적 광 네트워크에서는 하나의 Lightpath가 상당히 긴 시간(수년 또는 수개월) 동안 존재하므로 Lightpath Topology가 긴 시간동안 변화되지 않는다. 현재 존재하는 많은 광 네트워크가 이 부류에 속한다. 따라서 정적 광 네트워크는 동적으로 변화하는 트래픽을 지원하기에는 부적합하다. 한편, 동적 광 네트워크는 트래픽의 요구에 따라 빠른 시간 단위(msec, usec 또는 nsec)로 Lightpath Topology를 변화시킬 수 있다. Optical Burst Switching(OBS)^[2] 기술과 Optical Packet Switching(OPS)^[3] 기술이 동적 광 네트워크에 적용되는 기술이다.

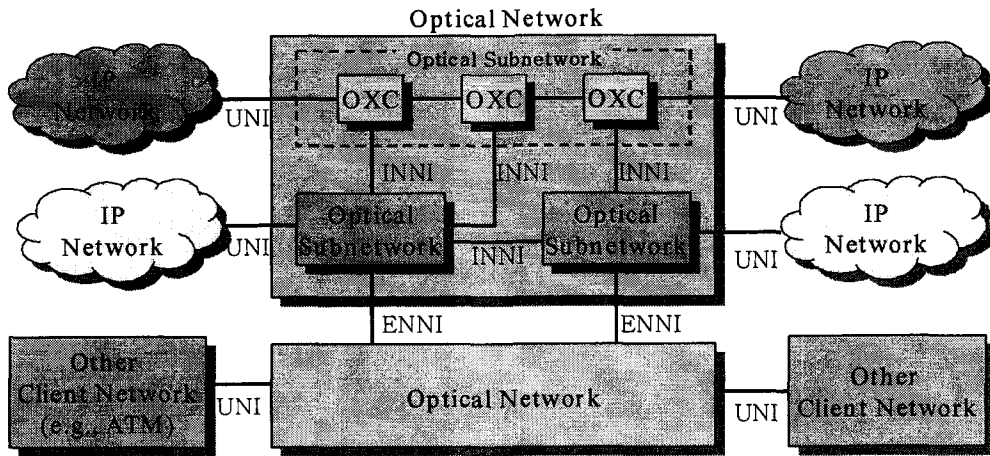
네트워크 계층(Network Layer) 측면에서 광 네트워크는 복잡한 다 계층 구조에서 단순한 계층 구조로 발전되었다. 즉, ATM의 고속 스위칭 능력과 QoS 지원 능력으로 고려되었던 IP/ATM/SONET/WDM의 구조는 IP 라우터의 포워딩 기능 향상과 MPLS 개념의 도입으로 IP/SONET/WDM의 구조로 단순화 된다. 그러나, 여전히 IP 트래픽이 SONET 계층을 거치

는 다계층 구조이고, 또한 SONET이 음성 전송에는 문제가 없으나 Bursty한 데이터 전송에는 낮은 효율성을 보이는 문제가 제기되었다. 따라서, SONET 계층을 거치지 않는 단순한 네트워크 계층 구조를 가지는 IP/WDM 네트워크가 IP 트래픽을 광 네트워크를 통해 전송하는 최적의 네트워크 구조로 선택되었다.

신호 평면(Control Plane) 측면에서 MPLS 개념이 IP 네트워크를 위하여 제안되었다. 레이블 스위칭 개념의 도입으로 IP 네트워크는 고속의 패킷 포워딩과 IP가 지나는 비연결성(Connectionless) 서비스의 한계점을 극복하여 트래픽 엔지니어링 기능을 수행할 수 있게 되었다. 이후, MPLS 개념을 광 네트워크에 적용시키기 위하여 MPλS가 제시되었다. MPλS에서 파장과 Lightpath는 MPLS에서 레이블과 LSP에 해당한다. 이러한 MPLS와 MPλS는 GMPLS^[4,5]로 통합된다. GMPLS는 기존에 존재하는 다양한 네트워크 기술들을 통합하여 하나의 통합된 망으로 제어하기 위하여 제안되었다. 즉, GMPLS는 패킷 스위치 망(Packet Switch Capable: PSC), 회선 교환 망(Time Division Multiplex Capable: TDM), 광파장 교환 망(Lambda Switch Capable: LSC), 광섬유 교환 망(Fiber Switch Capable: FSC) 등의 다양한 네트워크 인터페이스를 포함하여 제어한다.

II. IP/WDM 네트워크와 광 스위칭 기술

일반적인 IP/WDM 네트워크의 구조는 <그림 2>와 같이 크게 클라이언트 네트워크(IP, ATM)와 WDM 광 네트워크로 구성된다. 클라이언트 네트워크는 WDM 광 네트워크에 접속되어 트래픽 요구에 따라 Lightpath를 설정하여 전송하게 된다. WDM 광 네트워크는 다수의 광 네트워크로 구성되며, 또한 하나의 광 네트워크는 다수의 소규모 광 네트워크(Subnetwork)로 구성된다. 클라이언트 네트워크와 광 네트워크 사이는 UNI



〈그림 2〉 IP/WDM 네트워크

(User Network Interface)로 광 네트워크 사이는 NNI(Network Network Interface)로 신호 접속된다. 또한 광 네트워크 내부에서도 서로 다른 광 네트워크 사이에는 ENNI(Exterior NNI)로, 같은 광 네트워크 내부의 소규모 네트워크 사이는 INNI(Interior NNI)로 신호 접속된다.

IP/WDM 광 네트워크에서의 중요한 연구 분야는 다음과 같다.

- 인터페이스 신호 방식 : UNI, NNI
- 광 스위칭 기술 : WR, OBS, OPS
- 신호평면 : GMPLS

본 고에서는 광 네트워크에서의 광 스위칭 기술에 대하여 기술하고자 한다. 현재, 광 네트워크를 위하여 제안된 스위칭 기술에는 광 서킷 스위칭, 광 패킷 스위칭, 그리고 광 버스트 스위칭이 있다. [6]에 각 스위칭 기술들에 대한 자세한 비교와 분석이 되어 있다. 각 스위칭 기술을 지원하기 위한 광 스위치/라우터는 각 스위칭 기술의 특성에 따라 다른 구조를 가진다.

광 서킷 스위칭(Optical Circuit Switching : OCS) (또는 Wavelength Routing)은 서킷 스위칭에 기초한다. 즉, 송신측은 수신측에 Setup 패킷을 보내고, 수신측은 이에 대응하는 ACK 패킷을 반송하여 Lightpath를 설정한 후, 데이

터 전송이 이루어진다. 따라서, 광 계층에서는 데이터에 대한 버퍼의 사용이 요구되지 않고, 또한 하나의 서킷을 점유하는 세션 시간이 상당히 긴 것을 고려하면 광 라우터/스위치를 구성하는 광 소자들의 스위칭 시간이 길어도 효율성에는 큰 문제점이 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 현재의 광소자들의 비교적 긴 스위칭 시간을 고려하면, 근시적으로는 광 네트워크의 구성은 Optical Cross-connect(OXC)를 기초로 한 광 서킷 스위칭이 주류를 이룬다 할 수 있다.

광 패킷 스위칭(Optical Packet Switching : OPS)은 전송 경로 설정을 위한 별도의 신호 패킷이 없이, 신호정보를 담은 헤더 부분과 데이터가 하나의 패킷에 결합되어 전송된다. 따라서 기존의 패킷 스위칭이 가지는 장점인 네트워크 자원의 효율적인 공유가 가능하고, bursty한 트래픽을 효과적으로 지원할 수 있다. 그러나, 광 라우터/스위치에서는 높은 효율을 얻기 위하여 각 광 소자들의 스위칭 시간이 데이터를 전송하는 시간보다 상대적으로 적어야 한다. 이러한 고속의 스위칭 시간을 갖는 광소자들은 아직까지 상품화 단계에까지는 많은 기술적인 문제점이 있다. 광 패킷 스위칭의 다른 문제점으로는 store-and-forward 성격상 광 계층에서 버퍼가 반드시 필요하다는 것이다. 현재 광소자의 스위칭 시간과 광 형태의 버퍼 문제로 인하여 광 패킷 스

위칭 기술을 적용한 광 라우터의 상품화 단계는 아직 시기 상조라 할 수 있다.

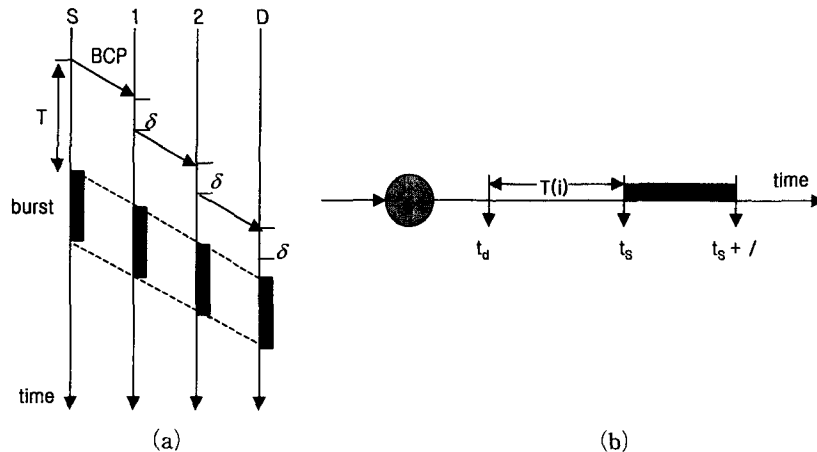
광 버스트 스위칭(Optical Burst Switching: OBS)은 광 서킷 스위칭과 광 패킷 스위칭의 중간 단계로서 두 스위칭 기술의 장점을 취하고 단점을 보완하여 균형을 이루었다 할 수 있다. 광 버스트 스위칭에서는 Offset Time과 Delayed Reservation을 이용하여 광 계층에서 버퍼의 사용 없이 빠른 전송 경로의 설정이 가능하고, 네트워크 자원을 효율적으로 공유할 수 있으며, 또한 차별화 된 서비스를 용이하게 제공할 수 있다. 다른 하나의 장점으로는 Offset Time을 이용함으로써 비교적 느린 스위칭 시간을 가지는 광소자를 이용하여 대용량의 광 라우터를 구축할 수 있다는 점이다.

III. OBS 기술의 특징

광 버스트 스위칭의 두 가지 특징인 Offset Time과 Delayed Reservation을 이용하여 광 계층에서 버퍼에 의존하지 않고 빠르게 투명성을 지닌 광전송 경로를 설정할 수 있다. 광 버스트 스위칭에서 광전송 경로를 설정하는 과정을 <그림 3>에 나타내었다. 그림에서와 같이 한 송신

노드에서(node S) 전송해야 할 버스트가 발생했을 경우, 데이터 버스트의 전송을 위해 전송 정보를 담은 신호 패킷(Burst Control Packet: BCP)을 먼저 보낸다. BCP에 대응하는 데이터 버스트는 BCP의 전송 후 바로 전송되는 것이 아니고, Offset Time 동안 버퍼에 저장되어 대기한 후 전송된다. 여기에서 버퍼란 광 계층의 상위에 있는 IP 계층에 있는 일반적인 Electronic RAM을 말한다. 빠른 네트워크 자원의 설정을 위해, OBS는 빠른 전송 경로 설정의 특징이 있는 Tell-n-Go 프로토콜의 성질을 지닌다. 즉, 신호 패킷의 전송 후 수신 노드로부터 전송 경로 설정의 성공여부를 기다리지 않고 Offset Time 대기 시간 이후 바로 데이터 버스트를 전송하게 된다.

이러한 방식으로 쓰여지는 Offset Time을 Base Offset Time이라 하고 T 로 표시한다. Base Offset Time의 값은 두 가지 요인을 고려하여 결정된다. 즉, 송신측과 수신측 사이의 BCP가 거쳐야 할 중간노드 수 H 와 각 중간노드에서의 BCP 처리 시간 $\delta(i)$ 에 의하여 결정된다. 즉, $T \geq H * \delta(i)$ 이다. <그림 3> (a)에서 H 는 3이고 $\delta(i)$ 는 모든 노드에서 같은 값을 갖는 δ 라 가정했다, 즉 $T=3 * \delta$. 여기에서 3δ 는 광 계층에서 각 중간 노드에서 BCP를 처리하는 동안 데이터 저장을 위해 버퍼를 사용하지 않기



<그림 3> Offset Time과 Delayed Reservation

위하여 송신측에서 결정되어야 할 최소한의 T 값이다. BCP가 각 중간노드를 거치면서 T 값은 해당 노드에서 처리되는 시간인 $\delta(i)$ 만큼 감소된다. 임의의 노드 i 에서의 offset time을 $T(i)$ 라 나타내면 이는 $T(i) = h(i) * \delta(i)$ 로 주어지고, 여기에서 $h(i)$ 는 노드 i 에서 수신측까지 남아있는 중간 노드 수를 말한다.

임의의 노드 i 에서 신호 패킷은 $T(i)$ 시간 후에 오는 데이터 버스트를 위하여 필요한 네트워크 자원(대역폭)을 예약하게된다. <그림 3> (b)는 이러한 대역폭 예약과정을 보여준다. t_a 와 t_s 를 각각 BCP와 데이터 버스트의 도착시간이라 하고, l 을 데이터 버스트의 전송시간이라 하자. BCP는 대역폭을 신호 패킷의 도착시간인 t_a 에 예약하는 것이 아니고, 그 데이터 버스트의 도착 시간인 t_s 부터 데이터 버스트의 전송시간이 종료하는 $t_s + l$ 까지 예약한다. 이러한 과정을 Delayed Reservation이라 한다.

한편, 광 패킷 스위칭의 경우, 데이터가 신호 패킷과 함께 동시에 전송되는 경우 ($T=0$), 데이터는 각 중간노드를 거치면서 신호 패킷이 처리되는 시간 동안 반드시 버퍼에 저장되어야 한다고 설명하였다. 그러나 광 버스트 스위칭에서는 <그림 3>에서 설명한 바와 같이 Offset Time과 Delayed Reservation을 이용하여 이러한 버퍼의 필요성을 제거하였다. 또한, 광 버스트 스위칭은 광 패킷 스위칭의 장점인 효과적인 네트워크 자원의 공유, 빠른 전송 경로 설정을 통한 고속의 데이터 전송이 가능하다. 광 버스트 스위칭의 수행과정을 요약하면, BCP는 각 중간노드에서 처리를 거쳐 그 데이터 버스트를 위하여 대역폭을 Delayed Reservation을 이용하여 예약하고, 데이터 버스트는 Offset Time 동안 IP 계층의 버퍼를 이용하여 대기하였다가 전송이 됨으로써 각 중간노드에 도착했을 시 이미 신호 패킷에 의해 광 전송 경로가 설정이 되어 있으므로 중간노드의 처리를 거치지 않고 (Cut-Through) 수신 노드까지 O/E/O 변환없이 투명한 Lightpath를 통하여 전송되게 된다.

IV. OBS 네트워크

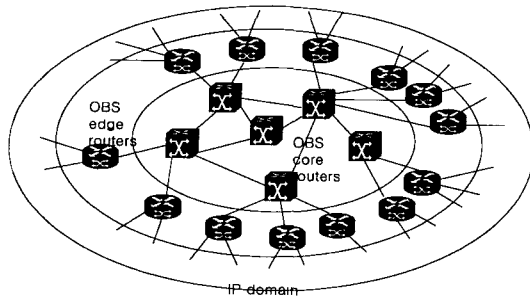
다음은 앞서 설명한 OBS 프로토콜을 기초로 구성된 OBS 네트워크의 구조와 OBS 라우터의 구조 및 기능에 대하여 기술한다.

<그림 4>는 일반적인 OBS 네트워크의 구조를 보여준다. OBS 네트워크는 크게 IP 도메인과 Optical 도메인을 인터페이스 시켜주는 에지 라우터(Edge Router)와 Optical 도메인에서의 데이터 버스트 전송을 담당하는 코어 라우터(Core Router)들로 구성된다. 또한, 에지 라우터의 기능은 데이터 버스트의 흐름 방향에 의해 다시 입력 에지 라우터(Ingress Edge Router)와 출력 에지 라우터(Egress Edge Router)로 구분된다. 또한, OBS 네트워크에서 전송 채널은 BCP 전송을 위한 신호 패킷 채널 그룹(Control Packet Channel Group : CCG)과 데이터 버스트 전송을 위한 데이터 버스트 채널 그룹(Data Burst Channel Group : DCG)으로 구분된다.

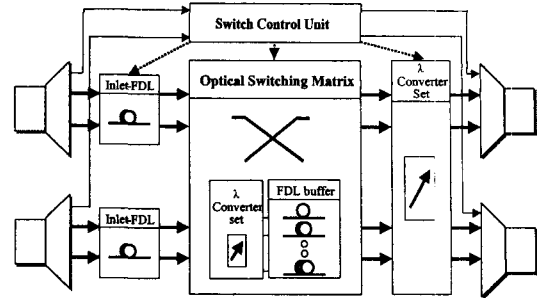
OBS 라우터 별로 수행해야 할 주요한 기능들을 요약하면 다음과 같다.

- 입력 에지 라우터
 - Legacy 네트워크 인터페이스(IP, ATM 등)
 - 버스트 어셈블리
 - 레이블 할당
 - 파장 스케줄링
 - BCP 생성
- 코어 라우터
 - BCP 처리
 - 파장 스케줄링
 - 스위치 제어
- 출력 에지 라우터
 - 버스트 해체(Burst Disassembly)
 - BCP 소멸(Deletion)
 - Legacy 네트워크 인터페이스

상기한 OBS 라우터의 기능들을 중심으로 OBS



〈그림 4〉 OBS 네트워크



〈그림 5〉 Core 라우터 구조

네트워크에서 BCP와 데이터 버스트의 처리 과정을 설명하면 다음과 같다.

IP 도메인의 IP 라우터로부터 IP 패킷이 OBS 입력 에지 라우터에 Legacy 네트워크 인터페이스를 통하여 도착하면 입력 에지 라우터는 버스트 어셈블리를 수행한다. 버스트 어셈블리는 다수의 IP 패킷을 모아 데이터 버스트를 형성하는 과정을 말한다. 버스트 어셈블리의 결과로 데이터 버스트가 생성되면 이를 위한 BCP를 생성한다. BCP는 Offset Time, 레이블, 파장, 버스트 길이 등의 정보를 포함하여 데이터 버스트 보다 Offset Time 만큼 먼저 CCG 채널을 통하여 전송된다. BCP 생성 과정에서 라우팅, 레이블 할당, 파장 할당 및 파장 스케줄링이 수행된다. 데이터 버스트는 Offset Time 만큼 대기한 후 BCP가 설정해 놓은 경로를 따라 DCG 채널을 통하여 전송된다.

입력 에지 라우터에서 전송된 BCP와 데이터 버스트는 다수의 코어 라우터를 거치게 된다. 〈그림 5〉는 OBS 코어 라우터의 구조를 보여준다. BCP는 CCG 채널을 통하여 코어 라우터에 먼저 도착하게 되고 O/E 변환을 거쳐 코어 라우터의 Switch Control Unit에 의하여 처리된다. Switch Control Unit의 기능은 BCP에 포함된 정보를 해석하여 이후에 도착할 데이터 버스트를 위하여 광 스위치, 광 버퍼(Fiber Delay Lines), 파장 변환기 등에 필요한 제어신호를 발생하여 전송로를 설정한다. 이때 데이터 버스트가 사용할 DCG에 대한 파장 스케줄링을 수행한다. 설정

이 완료되면 BCP는 BCP내용을 수정하고(레이블 스와핑) 라우팅을 통하여 E/O 변환을 거친 후 다음 노드로 전송된다.

다수의 코어 라우터를 거친 후 BCP는 OBS 네트워크에서의 최종단인 출력 에지 라우터에 도착한다. BCP가 CCG를 통하여 도착하면 출력 에지 라우터는 BCP가 포함한 내용을 처리하고 이후 도착할 데이터 버스트의 해체를 위하여 필요한 버퍼를 할당한다. 데이터 버스트가 도착하면 버스트를 IP 패킷으로 해체 한 후 Legacy 인터페이스를 통하여 IP 도메인으로 전송하고 해당 데이터 버스트의 BCP를 소멸시킨다.

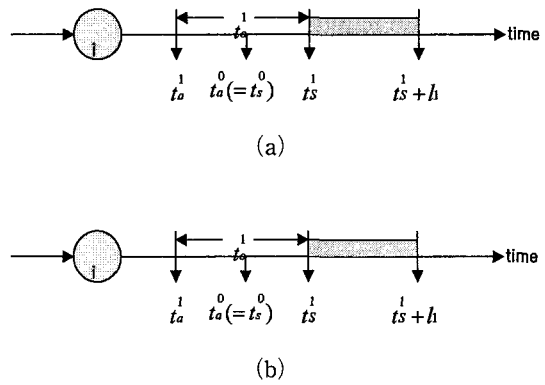
V. OBS 네트워크에서의 QoS 지원

IP/WDM 네트워크에서 고려해야 할 중요한 요건 중에 하나는 미래의 멀티미디어 지원을 위한 차별화 된 서비스를 제공하는 것이다. 한 예로, 실시간을 요구하는 데이터는 그렇지 않은 데이터보다 고품질의 서비스(낮은 충돌 확률, 적은 지연, 적은 지연 변화)를 우선적으로 받아야 한다. 현재 IP의 best effort 서비스를 개선하기 위하여 많은 연구가 수행되었고, 그 결과로 많은 QoS 지원 방안들을 제안하였다. 이러한 QoS 방식의 단점은 반드시 버퍼를 요구하는 데 있다. 버퍼를 요구하는 특징으로 인하여 이들을 Buffer-Based QoS Scheme이라 칭한다. 즉, Buffer-

Based QoS Scheme은 광 계층에서 차별화 된 서비스를 제공하기 위하여 광 형태의 RAM을 제공하여야 한다. 앞에서 언급했듯이 현재의 광 기술의 제한으로 인하여 광 형태의 RAM은 존재하지 않고, 만약 이러한 QoS 방식을 광 계층에서 사용 시 데이터를 O/E/O 변환 후 기존의 RAM을 이용하여 해야만 한다. 이는 광 계층에서의 투명성 보장에 위배가 되는 문제점을 가지고 있다.

OBS에서는 Offset Time과 Delayed Reservation을 이용하여, Buffer-Based QoS Scheme의 단점인 광 계층에서의 버퍼 사용을 제거할 수 있다. 광 버스트 스위칭을 이용한 QoS Scheme을 Offset-Time-Based QoS Scheme이라 한다^[7,8]. 또한 앞에서 언급된 Base Offset Time과 구별하기 위하여 QoS를 위한 Offset Time은 Extra Offset Time이라 하자. Offset-Time-Based QoS Scheme은 차별화 된 서비스를 제공하기 위하여 버퍼를 사용하지 않고, Offset Time을 이용한다. 차별화 된 서비스 구현에서의 Offset Time 역할을 <그림 6>에 나타내었다.

<그림 6>의 설명을 용이하게 하기 위하여 광 계층에는 버퍼가 없다고 가정하고, 우선적으로 두 가지 서비스 클래스만을 고려하자. 두 서비스 클래스를 클래스 0과 클래스 1이라 하고, 클래스 1은 클래스 0 보다 고품질의 서비스를 받는데 우선 순위가 있다 하자. 여기에서 주어진 문제는 버퍼가 없는 상황에서 클래스 1에게 우선 순위를 제공하는데 있다. 이는 클래스 1에는 Offset Time을 제공하고, 클래스 0에는 제공하지 않음으로 가능하게 된다. 설명을 위하여 $req(i)$ 를 클래스 i 의 신호 패킷이라 하고, t_a^i 와 t_s^i 를 클래스 i 의 신호 패킷 도착시간과 데이터 버스트 도착시간이라 하자. 또한, l_i^i 를 클래스 i 의 Offset Time과 데이터 버스트 전송시간이라 하자. 그러면, $t_b^i > 0$ 이고 $t_b^0 = 0$ 이다. Offset Time의 역할을 설명하기 위하여 두 가지 충돌 상황, 즉 같은 클래스의 req 에 의해 충돌이 일어나는 클래스 내 충돌과 다른 클래스의 req 에 의해 충돌



<그림 6> OBS 네트워크에서의 QoS 지원

들이 일어나는 클래스 외 충돌로 구분하자. 다음에서는 클래스 1에 t_b^1 을 제공함으로써 클래스 외 충돌을 ($req(1)$ 과 $req(0)$ 의 충돌) 피할 수 있는지 설명한다.

<그림 6> (a)에서는 $req(1)$ 이 먼저 도착하여 원하는 네트워크 자원을 예약하고, 그 후에 $req(0)$ 이 도착한 경우이다. 이 경우에는 $req(1)$ 은 클래스 외 충돌이 없다. 다만 $req(0)$ 은 $t_a^0 < t_s^1$ 이고 $t_a^0 + l_0 > t_s^1$ 인 경우거나 $t_s^1 < t_a^0 < t_s^1 + l_1$ 인 경우 $req(1)$ 과 충돌한다. 만약, <그림 6> (b)에서와 같이 $req(0)$ 이 먼저 도착하고, 그후 $req(1)$ 이 도착하여 네트워크 자원을 예약하려고 할 경우에는 $req(1)$ 은 $req(0)$ 과 클래스 외 충돌을 한다. 이 경우에 그림에서 보듯이 offset time을 제공함으로써 ($t_b^1 > l_0$) 발생할 수 있는 클래스 외 충돌을 피할 수 있다. 이와 같이 $req(1)$ 이 $req(0)$ 과 충돌하여 일어나는 클래스 외 충돌을 t_b^1 이용하여 피하는 경우를 class isolation이라 한다. $t_b^1 = t_b^0 + \sigma$, $\sigma \approx 0$ 와 같은 최악의 경우 $req(1)$ 은 완전한 class isolation을 위하여 t_b^1 는 클래스 0의 최대 버스트 전송시간보다 길어야 한다. 완전한 class isolation인 경우, 클래스 1의 충돌 확률은 클래스 0의 트래픽 양에는 관계없이 클래스 1의 트래픽 양만으로 결정된다.

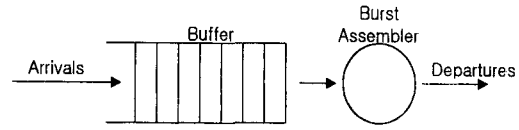
VI. OBS : 버스트 어셈블리

앞서 설명하였듯이 OBS 입력 에지 라우터의 중요한 기능 중에 하나가 버스트 어셈블리 과정이다. 버스트 어셈블리 과정은 IP 도메인에서 유입되는 IP 패킷을 모아 OBS 네트워크에서의 전송 단위인 데이터 버스트를 생성하는 과정이다. OBS 네트워크의 성능이 평균 데이터 버스트 길이와 데이터 버스트 길이의 분포에 의하여 결정되기 때문에 OBS 네트워크에 적절한 버스트 어셈블리에 대한 연구는 매우 중요하다.

특히, IP 트래픽은 기존 전화망에서의 음성 트래픽과는 달리 Self-Similar한 성격을 가지고 있다. 즉, IP 트래픽은 다중화 정도에 관계없이 항상 Burstiness가 존재한다^[9]. 버스트 어셈블리의 장점 중에 하나는 IP 트래픽의 Self-Similarity 정도를 감소시킬 수 있는 것이다^[10].

<그림 7>은 버스트 어셈블리를 위한 OBS 네트워크의 구조이다. 일반적으로 입력 에지 라우터는 버스트 어셈블리를 위하여 다수의 버퍼를 가진다. 즉, IP 패킷은 OBS 네트워크에서의 최종 목적지인 출력 에지 라우터 주소와 QoS 클래스 별로 할당된 버퍼를 통하여 어셈블 된다.

<그림 8>은 특정 출력 에지 라우터의 특정 QoS 클래스에 할당된 버스트 어셈블러 구조를 보여준

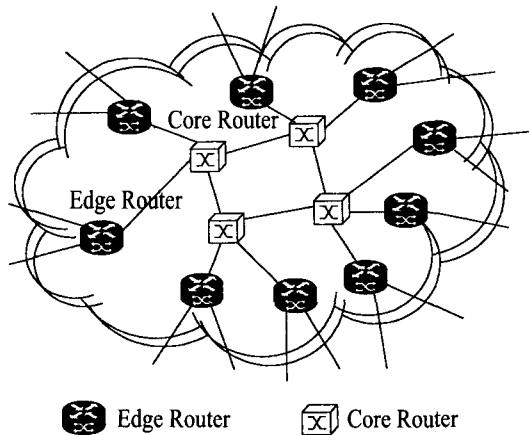


<그림 8> 버스트 어셈블러

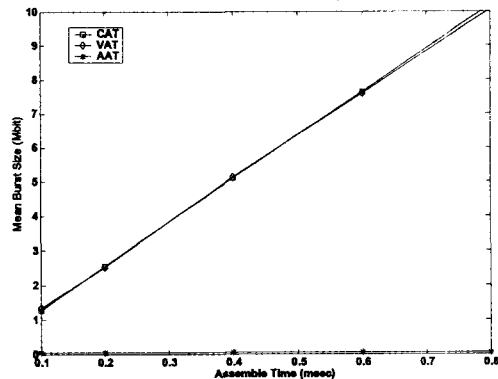
다. 버스트 어셈블러는 할당된 버퍼에 적당한 IP 패킷이 모여지면 이를 데이터 버스트로 형성하여 OBS 네트워크로 전송한다. 버스트 어셈블러에서 가장 중요한 요소는 어느 시점에서 데이터 버스트를 생성할 것인지를 결정하는 것이다. 즉, 버스트 어셈블 시간을 결정하는 것이 버스트 어셈블러의 성능과 OBS 네트워크의 성능에 지대한 영향을 준다.

버스트 어셈블 시간을 결정하는 방법으로 CAT (Constant Assemble Time), VAT (Variable Assemble Time), AAT (Adaptive Assemble Time), CBS(Constant Burst Size) 등이 있다. CAT는 항상 일정한 어셈블 시간을 가지고, VAT는 일정한 분포를 가지는 가변의 어셈블 시간을 가지고, AAT는 일정한 시간의 어셈블 시간을 지나 일정한 길이의 버스트가 형성되면 어셈블을 미리 종료할 수 있는 방식이다. 또한 CBS는 시간에 관계없이 항상 일정한 버스트 길이가 될 때까지 기다리는 방식이다.

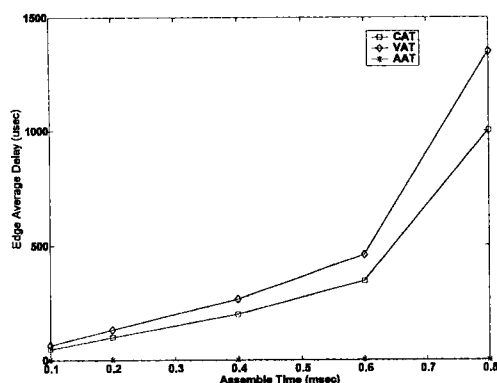
<그림 9>와 <그림 10>은 CAT, VAT, AAT 방식 버스트 어셈블리 성능에 대한 시뮬레이션 결과이다. 결과에 의하면 AAT 방식의 경우 어



<그림 7> 버스트 어셈블리를 위한 OBS 네트워크 구조



<그림 9> 어셈블 시간에 따른 평균 버스트 크기



〈그림 10〉 어셈블 시간에 따른 평균 에지 지연 시간

샘플 시간의 변화에 따른 평균 버스트 길이와 에지 지연 시간의 특성에서 다른 두 가지 방식에 비해 좋은 특성을 보임을 알 수 있다.

VII. 결 론

IP/WDM 네트워크에서 핵심이 되는 기술로 광스위칭 기술을 들 수 있다. 광 스위칭 기술로는 크게 광 서킷 스위칭, 광 버스트 스위칭, 광 패킷 스위칭이 있다. 광 서킷 스위칭 기술을 기반으로 하는 OXC는 현재 상업화 단계에 이르렀지만 인터넷 중심의 bursty한 트래픽을 수용하기에는 효율성에 문제점이 있다. 한편, 인터넷 트래픽을 보다 효율적으로 수용할 수 있는 광 패킷 스위칭 기술은 상업화 단계에는 미치지 못하고 있다.

본 고에서는 광 스위칭 기술 중 현재 많은 관심을 받고 있는 광 버스트 스위칭(OBS) 기술에 대하여 소개하였고 OBS의 연구 동향에 대하여 기술하였다. 특히, OBS의 특징인 Offset Time과 Delayed Reservation 개념과 OBS 네트워크의 구조 및 OBS 라우터의 기능들에 대하여 기술하였다. 또한, OBS 네트워크에서 QoS 지원에 대한 방법과 입력 에지 라우터에서 수행되는 버스트 어셈블리 과정에 대한 연구 결과를 소개하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. Ramaswami and K. Sivarajan, Optical Networks : a practical approach, Morgan Kaufman.
- [2] C. Qiao, M. Yoo, Optical burst switching(OBS) a new paradigm for an optical Internet, Journal of high speed network, vol. 8, no. 1, pp.69-84, 1999.
- [3] M. J. OMahony et al., The application of optical packet switching in future communication networks, IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 3, pp.128-135, Mar. 2001.
- [4] P. Ashwood-Smith et al., Generalized MPLS signaling RSVP-TE extensions, IETF Internet draft.
- [5] P. Ashwood-Smith et al., Generalized MPLS signaling CR-LDP extensions, IETF Internet draft.
- [6] C. Qiao, M. Yoo, Choice, features and issues in optical burst switching, Optical network magazine, vol. 1, no. 2, pp. 36-44, May 2000.
- [7] M. Yoo, C. Qiao, S. Dixit, QoS performance of optical burst switching in IP-over-WDM networks, IEEE journal on selected areas in communications, vol. 18, no. 10, pp.2062-2071, Oct. 2000.
- [8] M. Yoo, C. Qiao, S. Dixit, Optical burst switching for service differentiation in the next generation optical Internet, IEEE communications magazine, vol. 39, no. 2, pp.98-104, Feb. 2001.
- [9] V. Paxson, S. Floyd, Wide area traffic : the failure of Poisson modeling, IEEE transactions on networking, vol. 3, no. 3, pp.226-244, 1995.

- [10] A. Ge, F. Callegati. L. Tamil, On optical burst switching and self-similar traffic, IEEE communication letters, vol. 4, no. 3, pp.98-100, Mar. 2000.

저자 소개



俞明埴

1989년 2월 고려대학교 전자전산공학과 학사, 1991년 2월 고려대학교 전자공학과 석사, 2000년 6월 뉴욕주립대 (버펄로) 전기공학과 박사, 2000년 1월~2000년 8월 : Nokia Research Center

(Boston) Research Engineer, 2000년 9월~현재 : 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수, <주관심 분야 : 광 인터넷, 광 버스트 스위칭, 네트워크 Control and Management, 네트워크 성능 분석>