

광마이크로전자기계 스위치를 이용한 파장다중 광네트워크의 속도 개선

이상화*, 송해상**

An Improvement of Speed for Wavelength Multiplex Optical Network using Optical Micro Electro Mechanical Switches

Sang-Wha Lee*, Hae-Sang Song**

요약

본 논문에서는 파장 다중 광 네트워크의 스위치 노드 개선에 관하여 기술한다. 현재 인터넷 트래픽의 급속한 증가로 인해 보다 큰 네트워크 용량이 요구되고 있다. 파장다중 광 네트워크는 고속의 데이터 전송과 데이터 속도와 유형에 대한 투명성 등을 제공하여 주기 때문에 미래의 광 네트워크 구성에 가장 유력한 기술이다. 이러한 광 네트워크에서는 많은 양의 멀티미디어 정보를 전송하고 이에 대한 트래픽을 처리할 수 있으며 또한 트래픽의 제어가 가능한 노드 구조를 필요로 하고 있다. 파장다중 광 네트워크 노드의 스위치는 스위칭을 위한 광 스위치 모듈과 파장 변환을 위한 파장 변환기 모듈로 구성되고 광 마이크로전자기계스위치(MEMS: Micro Electro Mechanical Switches)를 이용하여 광/전 또는 전/광 변환 없이 구현한다. 실험에서는 광 MEMS를 이용하여 스위치 노드를 구성하고 광 신호의 성능과 스위치 패브릭의 동작 특성에 관한 검증을 통하여 광/전 또는 전/광 변환 없이 완전 광으로 대용량 트래픽을 처리함으로써 기존의 노드를 개선한 새로운 파장다중 광 스위치 노드를 제안한다.

Abstract

In this paper, we present an improvement of switch node for wavelength multiplex optical network. Currently because of quick increase of internet traffic a big network capacity is demanded. Wavelength multiplex optical network provides the data transfer of high speed and the transparent characteristic of the data. Therefore optical network configuration is the most powerful technology in the future. It will be able to control the massive traffic from the optical network in order to transmit the multimedia information of very many quantity. Consequently the node where the traffic control is possible, is demanded. The optical switch node which manages efficiently the multiple wavelength was proposed. This switch is composed of a optical switch module for switching and a wavelength converter module for wavelength conversion. It will be able to compose the switch fabric without optical/electro or electro/optical conversion using optical MEMS(Micro Electro Mechanical Switches) module. Finally, we present the good test result regarding the operational quality of the switch fabric and the performance of optical signal from the switch node. The proposed switch node of the optical network will be able to control the massive traffic with all optical.

▶ Keyword : 광교차연결스위치(OXC), 광삼입추출기(OADM), 광마이크로전자기계스위치(Optical MEMS), 전자교차연결스위치(EXC), 클로스 스위치 패브릭(Clos Switch Fabric)

• 제1저자 : 이상화
• 접수일 : 2005.09.21, 심사완료일 : 2005.11.21
* 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부, ** 서원대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수

I. 서론

인터넷 이용자의 빠른 증가로 인해 인터넷 트래픽의 급격한 증가를 겪고 있는 현재, 혹자는 인터넷 트래픽의 증가는 6개월에 2배씩 늘어난다고 조심스레 예측하기도 한다. 이러한 인터넷 트래픽의 증가는 계속해서 보다 큰 네트워크 용량을 필요로 하고 있다. 전광 전달망은 상이한 형태의 데이터를 지원하는 미래의 네트워크에서 필요한 특성들인 고속의 데이터 교환, 데이터 속도와 유형에 대한 투명성 등을 제공하여 준다[1]. 파장다중 기술은 미래의 광 네트워크 구성에 가장 유력한 기술로 대두되고 있다. 파장다중 광 네트워크에서 특정 두 노드사이의 단일 광섬유 상에는 여러 개의 파장 채널이 존재함으로써 거대한 양의 멀티미디어 정보를 전송할 수 있는데, 파장 라우팅 개념을 사용하는 네트워크에서 광경로(optical path)를 교환해주는 노드인 OXC(optical cross-connect)는 전광 전달망 구성에 있어서 가장 핵심적인 기능을 수행한다.

광교환 관련 소자의 개발이 활발히 진행되고 있으며, 또한 실용화 단계에 있는 부품을 이용한 전광 전달망에 대한 연구개발이 그의 절실한 필요성에 힘입어 선진국을 중심으로 광범위하게 추진되고 있다. 이와 같은 상황을 고려하면 전광 전달망의 상용화도 멀지 않은 것으로 전망된다. 세계 각국의 우수 연구소 및 컨소시엄에서는 여러 형태의 테스트베드(Testbed)로 WDM 기술을 사용한 다양한 형태의 망들을 구성 실용화에 앞장서고 있다.

본 논문에서는 WDM 네트워크에서 광/전 또는 전/광 변환이 없이 파장 라우팅을 할 수 있는 OXC 시스템에 대하여 기술하고 파장 다중 광 네트워크에 적합한 스위치 패브릭(fabric)의 구조를 제안한다.

II. 파장 라우팅

WDM 네트워크는 파장라우팅의 개념에 의해 시작 되었다. 원리는 특정한 광 파장에 의해 시분할 된 많은 채널들로 구성된 데이터들이 고속으로 전송이 이루어지며, 광 라우터의 등장으로 광/전(O/E) 변환 없이 광 파장만으로 광 네트워크를 통해 라우팅 된다. 스위칭 기술로는 OXC와 상호작용 가능한 EXC(Electronic Cross-connect)에 의해 자연스럽게 처리 되며, 파장 라우팅은 OXC와 OADM(Optical Add/Drop Multiplexer)에 의해 광 대역폭(optical bandwidth)을 조절하여 인터넷 트래픽에 대처할 수 있다[2].

이와 같은 광 네트워크의 주요 특징은 값 비싼 전자 장비 없이 직접적으로 광에 의해 동작이 이루어지며, 신호의 형태, 전송 속도, 변조방법, 디지털/아날로그 등의 전송형태에 관계없이 어떠한 신호라도 전달에 이용할 수 있는 투명성(transparency)을 제공한다. 인터넷 응용에서 광 네트워크 설계 시 주요 문제는 IP 패킷의 전송형태에 관한 사항이다. 네트워크 모델로 IPowerWDM, IPowerSDH/Sonet overWDM, IPowerATMoverWDM 등이 제시 되었다. 최근 많은 문헌들은 IPowerWDM에 관하여 기술하고 있다.

이는 광 라우터(테라비트 라우터)의 등장으로 가능하게 된 것이다. 그러나 IPowerWDM 역시 현재 사용되고 있는 기존의 망을 무시할 수는 없다. 기존의 망과의 공존을 생각 해서 망을 구성한다면 다음 (그림 1)과 같을 것이다.

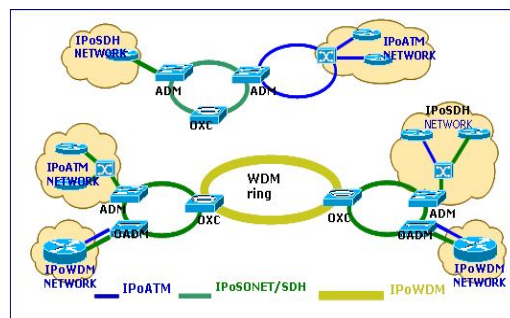


그림 1. 광 네트워크 모델
Fig 1. Optical Network Model

(그림 1)에서는 다양한 전송 프로토콜과 다른 서비스를 지원하게 된다. 예를 들어 IPoverWDM은 인터넷의 범용화, 고속화에 따라 전체 데이터 통신망을 대표하는 네트워크 및 물리계층으로 자리 잡으며, 향후 멀티미디어 서비스망으로의 확대 시에도 가장 큰 역할을 한다. IPoverATM은 IP 데이터의 전송을 위해 기존 ATM망을 활용하는 방식으로 QoS를 보장하기 위한 IP 전달방식으로 이용되고 있다. IPoverSDH는 ATM을 데이터 링크로 이용하는 반면 이 방식은 IETF(RFC1619)에서 정의한 SDH 인터페이스를 갖는 라우터가 지점간 프로토콜(PPP: Point To Point Protocol)와 HDLC(High-Level Data Link Control)를 데이터 링크 프로토콜로 이용한다.

이러한 경우에, OADMs 와 OXCs 는 광 네트워크의 핵심 요소이다.

III. 광 노드 구조

OADM의 일반적인 구성은 (그림 2)에 나타나 있다. OADM은 하나의 파이버(fiber)에 의해 전송되는 WDM의 특정한 파장에 선택적으로 삽입/추출(add/drop) 할 수 있으며, 그 외의 파장은 광 노드를 통하여 전송된다.

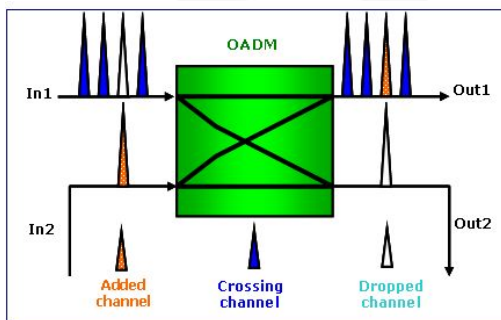
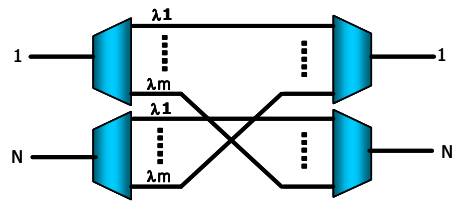
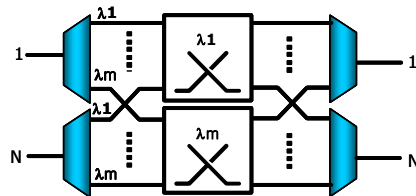


그림 2 OADM 구조
Fig 2. Structure of OADM

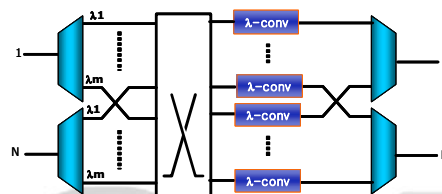
OXC는 임의의 입력포트에서 출력포트까지 각 채널에 대한 라우팅을 제공한다. 다음 (그림 3)은 OXC에 대한 일반적인 구조를 나타낸다.



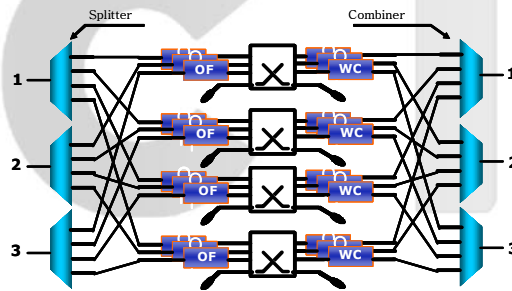
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. OXC 구조
Fig 3. OXC Structure

(그림 3)의 (a)는 고정적인 파장 라우팅으로 경로를 바꿀 수 없다. 즉, 파장이 선택되면 고정된 경로를 통해 전송된다 (그림 3)의 (b)는 동적인 파장 라우팅이 가능하다. 임의의 입력 파이버에 각 파장은 파장을 사용하지 않는 임의의 출력 파이버로 라우팅 된다. (그림 3)의 (c)는 파장분석을 이용하여 더 우수한 라우팅 기능을 제공하지만 스위치 매트릭스가 큰 것이 단점이다. (그림 3)의 (d)는 필터(filter)와 분배기(splitter)를 사용하여 작은 크기의 스위치 매트릭스로 큰 스위치 매트릭스를 대응할 수 있다.

OXC는 파장 라우팅을 가능하게 할 수 있으며, 이를 동적 라우팅이라 한다. 동적 라우팅에서는 메시지 교환과 관련된 일종의 요구에 의해 네트워크의 경로가 결정된다. 즉, 네트워크 내에서 어떤 경로를 요청하면 원하는 메시지 전달이 이루어지는 경로를 구성하기 위해, 광 스위치나 가변 광원 등을 재배치하게 된다. 회선 교환망에서는 사용자와 교환기 사이에 시그널링이 필요하게 되며, 패킷 교환망에서는 패킷 헤더 정보를 따라 경로가 결정된다. 단, 광 패킷 교환망에서는 현재 전자적 스위치와 같은 빠른 교환 동작은 불가능 하다.

IV. OXC의 구조 검토

OXC 구조를 평가하기 위해서는 OAM&P (operations, administration, maintenance, and provisioning) 특성과 멀티 벤더(multi-vender) 환경에서의 운용 능력, 블로킹(blocking) 특성, OXC의 크기를 포함하는 다양한 요소들을 검토해야 한다[3].

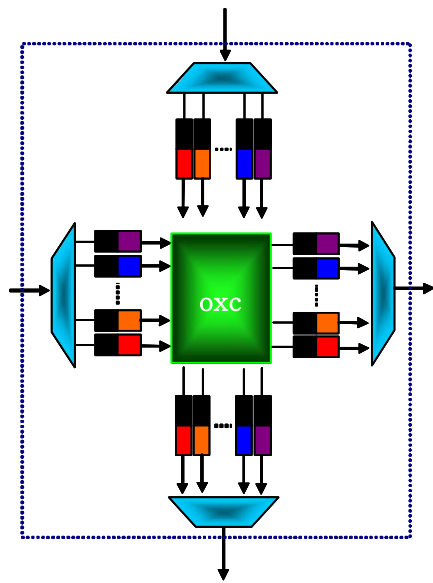
OLS(Optical Line System)가 파이버 당 40개 이상의 파장을 지원한다고하면 OXC는 각각 40개의 파장을 지원하는 2-파이버 라인 시스템(fiber line system)의 두 개 교차점에 위치하고, 160개의 입력 포트와 160개의 출력 포트(보호를 포함하는)를 가진 스위칭 스테이지가 요구 된다. 이 환경에 몇 개의 삼입-추출 포트를 첨가함으로써, 쉽게 256x256의 OXC를 고려해 볼 수 있다. OXC 스위치 매트릭스의 크기는 구성의 결정적인 요소로 스위치 패브릭(fabric)을 만드는 이슈의 한 가지이다. 현재 광 스위치로 이용되는 MEMS(Micro-Electro Mechanical Switches) 용량이 16x16 또는 32x32 정도이기 때문에 대용량의 단일 광 스위치를 구성하기 어렵다. 또 다른 이슈는 멀티캐스트(multicast) 능력 즉, 복수의 사용자들에게 같은 정보를 보내는 능력을 갖기 위하여 strictly nonblocking 스위치 패브릭의 OXC 구조에서 이러한 성능을 지원 하는 구조를 고려해야 한다.

OXC는 두 가지 영역(공간과 파장)에서 신호를 스위칭 할 수 있으며, 이 구성은 그것들에 의하여 하나 또는 둘 다의 범위에 속하는 블로킹 특성들로 구별할 수 있다. 입력 포트와 출력 포트(각각 포트 A 와 B)가 점유되지 않은 공

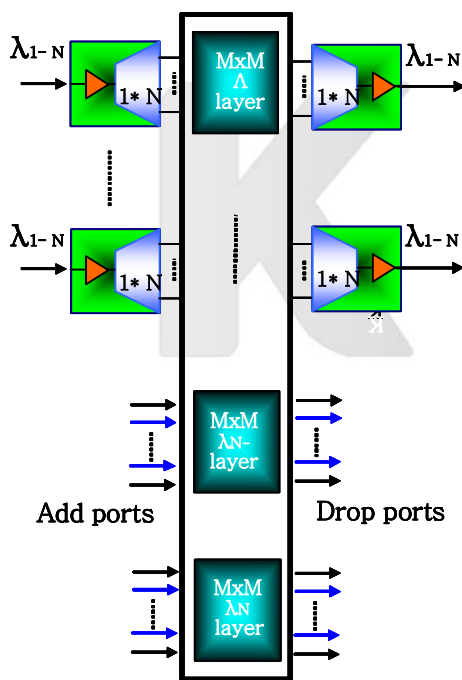
간 스위치를 고려해 보자. 몇 개의 공간스위치들은 몇 개의 입력과 출력 포트들에서 포트 A와 B사이의 연결을 성립시킬 수 없다. 이러한 속성을 가진 OXC들은 블로킹 공간 스위치들이다. Nonblocking 공간 스위치들은 strictly nonblocking 과 rearrangeably nonblocking의 카테고리로 세분화 될 수 있다. 이러한 두 개의 카테고리 사이에서 구별은 새로운 연결이 요구되어 질 때, 기존의 연결들에 얼마만큼 영향을 미치는 지와 관련이 있다. rearrangeably nonblocking 공간 스위치에서, 새로운 연결을 성립시키기 위하여 기존의 것을 옮길 것을 요구한다. strictly nonblocking 공간 스위치에 있어서, 새로운 연결이 성립되어 질 때 결코 기존의 것이 영향을 받지 않도록 연결한다. 파장영역에서, nonblocking은 OXC가 광 네트워크에서 쓰이고 있는 임의의 입력 파장을 임의의 다른 파장으로 변환 시킬 수 있다는 것이다. 계층 구조에서 블로킹 구성들(공간과 파장에 있어서)을 고려하고, strictly nonblocking 스위치 패브릭의 OXC 구조에서 스위치 구성들과 strictly nonblocking 공간을 고려한다.

멀티 벤더 기능(operation)은 OXC 구성들의 구별을 위해 사용되는 또 다른 특징이다. (그림 4)는 OXC 구성들의 두 가지 다른 형태를 보인다. (그림 4) (a)에 있는 OXC는 4개의 OLS 교차점에 위치한다. 두 개의 OLS로부터의 신호는 역 다중화된 후 구성 파장들은 파장 변환기를 통해서 전달된다. 단일 파장 신호는 OXC에 의해 교차연결(cross-connect)된 후 파장은 다시 변환되고, 출력측의 OLS로 들어가기 전에 다중화 된다. 한 가지의 제안에 있어서 OXC는 표준 1.3m 수신기를 사용하는 신호를 받고 표준 1.3m 송신기를 사용하여 신호를 전송한다[4].

이러한 표준 인터페이스를 사용하는 OXC는 다른 벤더들로부터 오는 신호들을 차단 할 수 있다. 이러한 접근은 1.5m에 있는 신호에서 거의 표준이 존재하지 않기 때문에 제안 되었다. (그림 4) (a)에서 점선은 교차연결에서 파장 다중 파이버에서 충돌이 발생하는 경우, OXC 확장의 경계를 나타낸다. 이러한 강제성을 가진 OXC를 설계하는 것은 더욱더 어렵다.



(a) Multi-Vender Environment



▶ Optical amplifier

(b) Layered Switch Fabric
 그림 4. 두 종류의 OXC 구조
 Fig 4. OXC Structure of two types

Strictly nonblocking 스위치 패브릭의 OXC 구조가 다중파장(Multi-Wavelength) 인터페이스를 가지는데 가장 적합하다.

스위치 패브릭을 첨가함에 있어서, OXC의 또 하나의 중요한 요소로는 적당한 OAM&P 특성들을 가지는 것이다. OXC는 큰 트래픽량과 신뢰성을 조절할 수 있다. 스위치의 내부적인 결함에 있어서, 과도한 스위치 패브릭은 한 지점(single point)에서의 결함으로 인해 스위치를 제거한다. OAM&P 특성들을 지원하기 위해서 OXC는 입력과 출력 포트에 있는 결함과 내부적인 결함을 파악할 수 있는 곳을 정할 수 있어야 한다. strictly nonblocking 스위치 패브릭의 OXC 구조에서, 그것의 OAM&P 특성을 지원하기 위해서 광/전/광(O/E/O) 변환과 SONET/SDH를 사용하는 OXC 구조를 갖고 있어야 한다.

V. OXC의 계층 구조

1995년에 MONET(Multiwavelength Optical NET working) 프로그램에서 비트율(bit rate)과 포맷(format)이 투명한 OXC를 개발하기 위하여 광 네트워크의 실행 가능성을 연구하기 시작했다. (그림 4) (b)는 MONET의 WSXC(wavelength-selective cross-connect)를 사용한 계층화된 스위치 패브릭에 기반을 둔 OXC 구조를 묘사하고 있다. 그 구조는 K개의 입력과 K개의 출력 파이버에서 WDM 트래픽을 지원한다. (M-K)N 입력에 남아 있는 것과 출력 파이버는 단일 파장 삽입/추출(add-drop) 트래픽을 지원한다. 신호는 K개 파이버의 각각이 증폭되어 전송된 후 N개의 파장으로 역다중화 된다. 스위칭 스테이지는 NM 입력 신호를 교차연결하기 위한 N개의 strictly nonblocking MxM 스위치를 사용한다. OXC의 스위칭 스테이지로 들어오는 트래픽은 N 계층(layer)의 하나로 분배되고 각각의 파장에 따라서 교차연결 된다. 출력 포트로부터 적당한 피드백 회로(feedback loop)를 가진 광 감쇠기(그림 4) (b)에서 보이지 않음)는 OXC를 떠나는 트래픽의 신호들을 균등하게 하는데 사용된다. 교차연결되거나 첨가되고 난 신호는 다중화 되고 그들이 OXC를 떠나기 전에 증폭된다.

(그림 4) (b)에 나타난 OXC는 파장 변환을 지원하지 못하며 게다가, 파장 영역에서 블로킹이 발생한다. 부가적으

로, 같은 파장을 가진 신호는 같은 MxM 스위치에 연결된다. 결과적으로, 이 구조는 파장 선택을 한다. i 계층의 입력에 있는 어떤 신호는 strictly nonblocking 형태에 있는 i 계층의 출력에 접속 할 수 있지만, i 계층의 신호는 $i \neq j$ 이므로 j 계층 스위치의 출력에 접속 할 수 없다. 결과적으로, 이 OXC는 nonblocking 공간 스위치를 가지지 못한다. 이러한 구조에 있어서, 임의의 주어진 계층의 공간 스위치 크기는 WDM 트래픽을 운반하는 입력 파이버의 수에 비례한다. 스위치 계층의 수는 WDM 파이버 당 파장의 수와 같이 직선적으로 증가한다. 이 계층화된 구조를 가진 OXC는 OLS의 적은 수로 한정하는 광 네트워크에 있는 노드들에 흥미가 집중 되고 있다. 그것의 초안에서, 증폭기, 다중화기, 역다중화는 이미 OLS에서 이용 가능하다.

비트율과 포맷이 투명한 구조에서 가장 큰 장애는 결합 상태로 있는 동안 하류의 노드들로 인해 전기적인 AIS(Alarm Indication Signal)의 삽입과 실행을 모니터 할 수 없다는 것이다. 모니터링의 이행과 AIS 삽입은 만약 계층화된 구조가 단일 벤더로부터 OLS와 함께 패키지가 된다면 OTU(Optical Translator Units)에 의해 수행될 수 있는 기능이 있다. 그럼에도 불구하고 표준 인터페이스는 멀티 벤더의 OTU와 OXC 사이에 존재하고, 모니터링의 수행과 AIS 삽입은 투명한 OXC 구조를 위하여 연구가 계속 될 것이다.

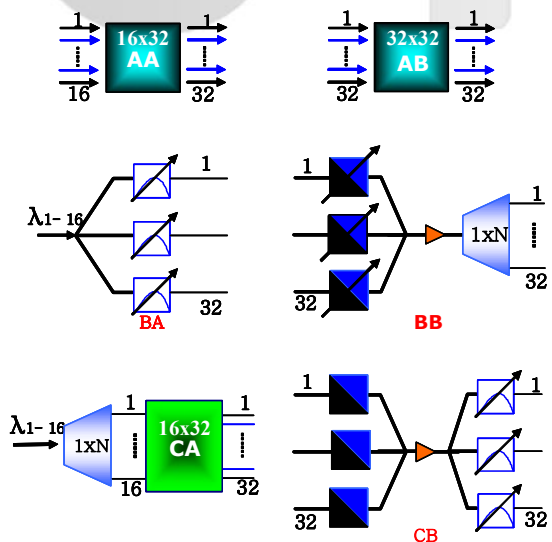
VI. Strictly Nonblocking 스위치 패브릭의 OXC 구조

OXC 구조의 크기가 256x256 또는 더 큰 strictly nonblocking 구조를 고려해 보면 NxM 모듈을 기반으로 한 3단(three-stage) 클로스(Clos) 구조와 1단(single-stage) NxN 구조를 생각해 볼 수 있다.

대부분의 기술들은 적당한 크기의 MxN 블록 모듈을 제공하고, 다단으로 구성하여 스위치 패브릭의 크기는 256x256, 512x512, 1,024x1,024를 제공한다. 예를 들면, 3단 클로스를 사용한 512x512 OXC의 개발에는 32개의 16x32 스위치, 32개의 32x32 스위치 그리고 32개의 32x16 스위치들이 요구 될 것이다.

만약에 (그림 5)의 모듈을 생각해 본다면, 512x512 클로스 구조는 AA, AB 그리고 AC 각각에 32개의 모듈을 요구한다. 만약 512 입력 파이버에 트래픽이 발생하고, OLS에 있는 파장다중 파이버를 설정해 두었다면 모듈 CA와 CC가 대신 사용 될 것이다. 모듈 CC에 있는 variable-in, fixed-out 파장 변환기는 적합한 파장들을 출력 파이버로 보내기 위하여 파장을 변환하여 MUX로 보내면 파장다중 신호로 된다.

(그림 5)에서 다른 모듈을 선택함으로써, 브로드캐스팅(broadcasting)을 지원하는 512x512 구조로 구성하는 것이 가능하다. 모듈 BA는 첨가된 1x32 브로드캐스트(broadcast) 특성을 가진, 모듈 CA와 같은 기능을 하도록 가변 필터와 1x32 스플리터를 통합시킨다. 예를 들면, 만약 16개의 파장이 같은 모듈에서 충돌한다면, 4를 적당한 필터로 조절함으로써 요구 되어지는 4를 가지는 것이 가능하다 [5]. 만약 32개의 BA 모듈이 32개의 AB와 CC 모듈로 구성하면 브로드캐스팅을 지원할 수 있지만, 지나친 삽입손실로 인해 구현하기에는 적당하지 않을 것이다. 구현하기 위한 적당한 방안으로 모듈 AB 대신 variable-in, fixed-out 파장변환기, 결합기(combiner), 공유 증폭기 그리고 가변 대역통과필터 등을 사용하는 모듈 CB를 사용하는 것이 적당하다. 또한 적절한 특성을 가지는 필터의 설계가 가능하다면, 이 모듈은 공유 증폭기에서 3단 패브릭 삽입 손실 극복에 사용될 수 있으므로 모듈 AB보다 적당하다. 부가적으로 모듈 AB의 파장 변환기들은 가변파장필터에서 발생하는 누화를 제거 할 수 있다.



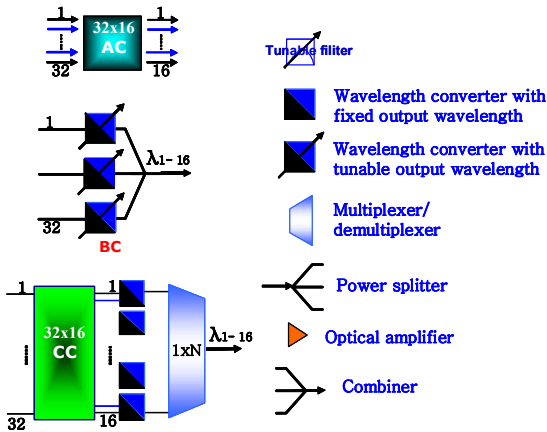


그림 5. 광스위치의 여러 가지 구성요소
Fig 5. Constitutional Factors of optical Switch

(그림 6)은 단일 파장 신호가 각각 IPU(input port unit)와 OPU(output port unit)를 통하여 OXC에 입/출력되는 OXC 구조를 묘사하고 있다. IPU와 OPU는 첫째, 전기적인 재형성(reshaping), 재타이밍(retiming), 재증폭(reamplifying) (3R)을 통합하고, 누적된 전송감쇠를 보상한다. 두 번째, OXC에 입/출력 시 충돌하는 신호들의 상태를 모니터링 할 수 있다. 끝으로, OPU는 적합한 파장이 같은 출력 파이버로 트래픽을 다중화 시키기 위한 OXC의 출력에 이용 가능하다. 광 모니터링의 사용으로, 광 3R과 같은 더 새롭고, 더욱 진보된 기술은 몇 가지의 IPU와 OPU 기능을 바꿀 수 할 수 있다.

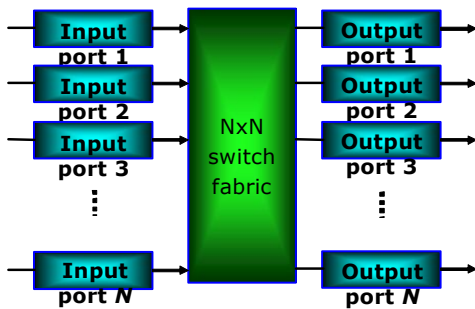


그림 6. OXC 스위치 패브릭
Fig 6. OXC Switch Fabric

VII. Clos 스위치 패브릭을 이용한 OXC 구성 및 실험

(그림 7)은 MEMS를 이용하여 구성된 클로스 스위치 구조를 나타내는데 중형 스위치를 연결하여 Strictly Non-Blocking 조건을 만족하는 대용량 스위치 패브릭의 구성이 가능하다. 파장 변환의 경쟁 해결(Contention Resolution)을 위한 파장 변환 모듈 및 광신호 품질 유지를 위한 3R 모듈 공유가 가능하고, VOA(Variable Optical Attenuator)를 이용하여 입력 링크 차이 및 광 스위치 내 광경로 차이에 따른 손실차 보상으로 WDM 전송 조건을 충족시킬 수 있다. 파장다중 광 네트워크에서 광섬유 상에 존재하는 다수의 파장링크의 대역을 효율적으로 관리하는 멀티링크 광 스위치 노드는 strictly nonblocking 구조를 갖고 있는 클로스 스위치 패브릭의 OXC가 적당하다. 이 스위치 패브릭은 스위칭을 위한 광 스위치 모듈과 파장 변환을 위한 파장 변환기 모듈로 구성된다.

(그림 8) (a)는 3단으로 구성된 클로스 스위치와 이의 제어를 위한 실험 구성도를 보여주고, (그림 8) (b)는 후면(Back Plane)을 통한 스위칭 신호의 연결 설정 및 해제를 보여준다.

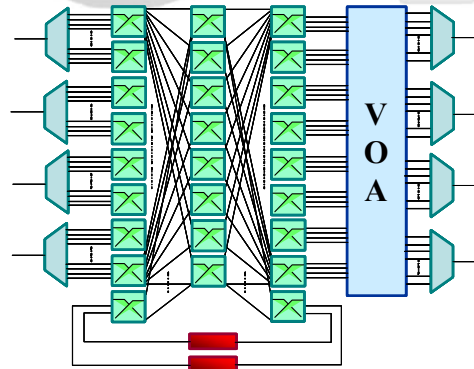
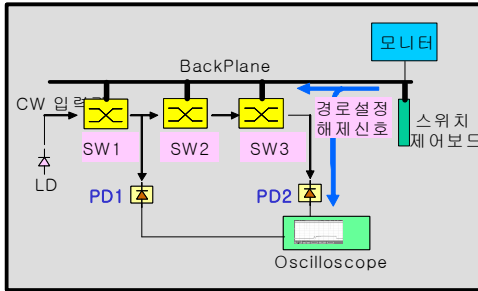
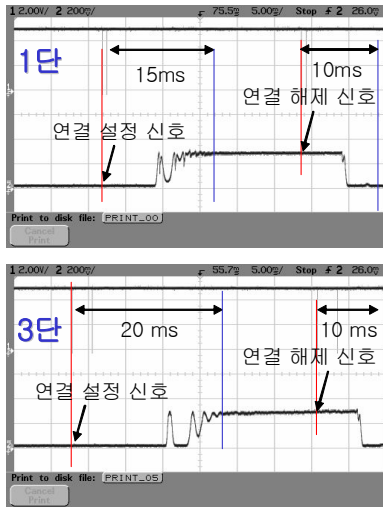


그림 7. Clos 스위치 패브릭
Fig 7. Clos Switch Fabric

실험구성도



(a)



(b)

그림 8. Clos 스위치 패브릭의 동작 특성:
Close 스위치의 3단 직렬연결
Fig 8. Operational Quality of Clos Switch Fabric:
Series Connections of 3 Stages for Clos Switch

(그림 9)는 OXC의 전송 특성을 측정하기 위한 구성도를 나타내고 (그림 10) (a)에서는 스위칭 되기 전의 입력 광 신호를 그리고 (그림10) (b)에서는 스위칭 되고 난 후의 출력 광 신호를 보여준다. 또한 (그림 11)에서는 10Gb/s, C-band 16 Ch., WDM 광 신호가 OXC를 거치지 않고 160km 전송 후에 BER을 측정 한 것과, 같은 광 신호를 80 km 전송 후에 OXC를 통하여 스위칭 된 후 다시 80 km를 전송한 후에 BER을 측정 한 것을 비교하였다.

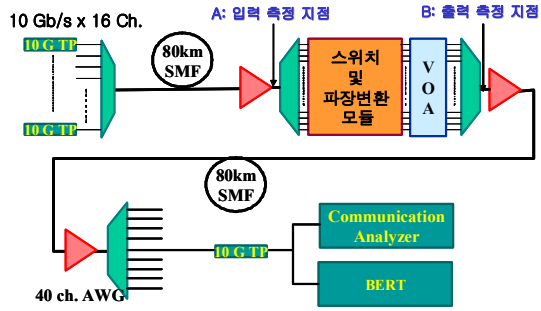
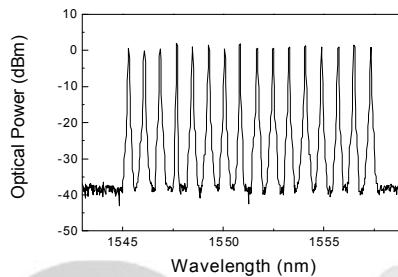
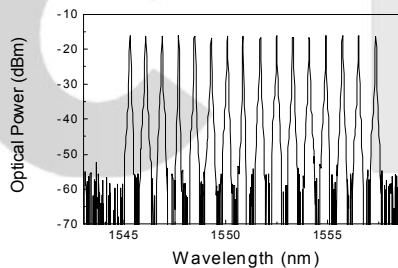


그림 9. OXC의 전송 특성을 측정하기 위한 구성
Fig 9. Composition for Measurement of Transmission Quality of OXC



(a)



(b)

그림 10. (a) 스위칭 되기 전의 입력 광신호와 (b) 스위칭 되고 난 후의 출력 광신호(OXC 입/출력 광 신호 스펙트럼: 삽입 손실 ~16 dB)
Fig 10. (a) Input optical Signal before Switching
(b) Output optical Signal after Switching(OXC Input/ Output optical Signal Spectrum: Insertion Loss~16 dB)

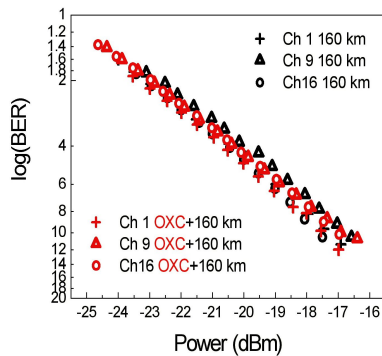


그림 11. 80 km 전송 + OXC 스위칭 + 80 km 전송 후 BER 측정, 그리고 80 km 전송 + 80 km 전송 후 BER 측정 결과와 비교
Fig 11. Result and Comparison of 80 km Transmission + OXC Switching + BER Measurement after 80 km Transmission, and 80 km Transmission + BER Measurement after 80 km Transmission

X. 결론

인터넷 트래픽의 급속한 증가로 인해 앞으로 보다 큰 네트워크 용량이 요구되고 있고 또한 고속의 데이터 전송과 이의 트래픽 처리가 가능한 광 네트워크 장비가 요구되고 있다. 이러한 문제의 대안으로서 대두되고 있는 기술이 OXC이다. 파장다중 광 네트워크에서 OXC를 이용하여 거대한 양의 멀티미디어 정보를 전송 및 처리할 수 있고 또한 트래픽 제어가 가능하다. 본 연구에서는 광/전/광 변환을 해야 하는 기존의 노드 구조에서 광/전 또는 전/광 변환이 없이 완전 광 스위칭을 할 수 있는 스위치 노드를 MEMS를 이용하여 구현 하였다. 이 스위치 노드는 Strictly Non-Blocking 조건을 만족하는 클로스 스위치로 구성한다. OXC를 이용한 광 스위칭 전송 실험에서 스위칭 되기 전의 입력 광신호와 스위칭 되고 난 후의 광신호 손실이 16dB 임을 확인하였고, 장거리 전송 실험에서도 스위칭하여 전송된 광신호와 스위칭하지 않고 전송된 광신호의 BER 특성이 거의 같음을 보여주었다. 또한 트래픽 제어를 위한 광 라우팅을 MEMS의 제어를 통해서 쉽게 구현하였다. 현재 대용량 MEMS가 개발되지 못한 관계로 인하여 MEMS 중형 스위치 모듈을 연결하여 대용량 스위치 패브릭의 구성도 가능하다. 이렇게 되면 광 네트워크의 코어에 대용량

OXC 시스템을 구축하여 많은 양의 트래픽을 처리 할 수 있다. 앞으로는 대용량 스위칭을 위한 스위칭 제어부의 상세한 설계와, λ -Plane 스위치의 구조를 통한 스위치 패브릭 구성에 대한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] Matthias Berger et al., "Pan-European Optical Networking using Wave length Division Multiplexing", IEEE Communication Magazine, pp.82-88, April 1997.
- [2] M. Listanti, V. Eramo, and R. Sabella, "Architectural and Technological Issues for Future Optical Internet Networks", IEEE Communication Magazine, pp.82-92, September 2000.
- [3] N. A. Jackman, S. H. Patel, B. P. Mikkelsen, and S. K. Korotky, "Optical Cross Connects for Optical Networking", Bell Labs Technical Journal, pp.262-281, January-March 1999.
- [4] E. L. Goldstein, J. Nagel, J. L. Strand, and R. W. Tkach, "National-Scale Networks Likely to Be Opaque", Lightwave Mag., pp.92-95, Feb.1998.
- [5] Michel W. Chbat et al., "Toward Wide Scale All-Optical Trans-parent Networking: The ACTS Optical Pan-European Network (OPEN) Project", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 16, no. 7, pp.1226-1244, September 1998.
- [6] 구명모, 정원창, 김상복, "전송률 향상을 위한 종단간 호스트의 오버레이 전송기법", 한국컴퓨터정보학회 논문지 제10권 제4호, 2005.9.
- [7] 서인석, 조성국, "고속 네트워크를 위한 ATM Switch 설계", 한국컴퓨터정보학회 논문지 제8권 제2호, 2003.6.

저 자 소개



이 상 화

1998년 11월 University of
Dortmund (Germany)
컴퓨터공학박사

2000. 2~2002. 8 한국전자통신연
구원(ETRI) 선임연구원

2002.9~현재 서원대학교 컴퓨터정
보통신공학부 교수

<관심분야> 지능형 시스템, 인공지능,
광통신, 데이터통신



송 해 상

2000년 8월 한국과학기술원 컴퓨터
공학박사

1999.1~2000.8 고등기술연구원

2000. 9~2002. 8 (주) 스페이스
네트 연구소장

2002. 9~현재 서원대학교 컴퓨터
정보통신공학부 교수

<관심분야> 이산사건 시스템
모델링&해석, 소프트웨어공학,
임베디드시스템, 데이터통신

K C I