WDM망 기반의 MPλS merging 구현을 위한 OXC 구조

정회원 김 경 목*, 조 양 현**, 오 영 환*

OXC structure for MPλS merging implementation based on WDM network

Kyoung-Mok Kim*, Yang-Hyun Cho, Young-Hwan Oh*** ***Regular Members***

요 약

인터넷 트래픽의 급증이 한정된 대역폭의 효율적인 운용을 요구하게 되면서 광 네트워크를 기반으로 하는 여러 가지 기술들이 소개되었다. 기존의 파장 다중화 개념에 merging 기술을 접목시킴으로써 제한된 파장의 효율적인 운용은 물론 망의 확장성을 제공한다. 광 도메인에서의 파장 merging 기술은 광 소자의 제약으로 인해 직접 구현될 수 없기 때문에 전자적인 도메인에서 수행된다. Merging이 구현됨에 따라 OXC (Optical Cross Connection)에서의 지연 시간은 증가하지만 대용량의 대역폭을 지원하는 광 채널(요구파장)을 감소시키게 되어 폭주하는 트래픽 처리 측면에서 처리율의 향상을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 FEC merging 기능을 포함하는 이중 모듈구조인 OXC를 제안하였다. 최적의 merging 포인트 값은 시스템 성능 중 최대 값으로 산출하였으며 merging후의 결과 값은 모의 실험을 통해 확인하였다.

ABSTRACT

The explosion of the Internet has brought an acute need for efficient operation, which becomes to develop several technologies based on optical networks. By matching merging technology using wavelength multiplexing, an efficient administration with limited wavelength can provide scalability of network. The merging in optical layer has limitation of devices since the merging can not be performed in this layer. Hence the merging must be implemented in electronic layer. When the merging is implemented, the delay time would be increased in OXC (Optical Cross Connection), but the improvement of throughput rate will be expected in the process of explosive traffic due to reduction of optical channel supporting large bandwidth. In this thesis, we proposed an OXC of dual module having a merging function. We considered the optimum merging point with the largest in system performance and confirmed results using the simulation.

Ⅰ. 서 론

최근 인터넷 시장의 급격한 성장으로 인한 새로운 프로토콜의 등장으로 IP(Internet Protocol) 트래픽의 폭주현상이 확산되고 있다. 기본적인 데이터 통신에 있어 TCP/IP 기반의 통신이 주류를 이루고 있는 가운데 보다 효율적인 데이터 패킷스위칭 기술 및 IP 백본의 WDM망을 사용함으로써 트래픽 해결의 실마리를 제공하게 되었다. 기존의 전기적인 망에서의 패킷 운

* 광운대학교 전자통신공학과 통신망연구실, **삼육의명대학 인터넷과
논문번호 : 020358-0814, 접수일자 : 2002년 8월 14일
※ 이 논문은 2002년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음

용방식에서 광 운용방식으로의 전환은 사용자의 서비스 요구에 부합되는 무한대의 대역폭을 제공함과 동시에 단대단 통신에서의 투명성 보장은 물론 자원의 재활용 측면에서 전환적인 발전을 가져 올 것으로 예견된다. WDM 방식에서 IP 트래픽에 대한 MPλS를 기반으로 하는 merging기술의 사용은 MPλS 망 내에서 트래픽 균등 효과 및 망의 확장성을 향상시킨다는 이점을 가지고 있다.[1][2] MPλS는 새로운 스위칭 기술로써 데이터 스트림인 FEC (Forward Equivalent Class)마다 파장을 할당하여 고속의 레이어 2 스위칭 기능을 수행한다. 초기의 광 파이버 인터넷 전송 단계에서는 SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 광 전송 시스템의 특정한 노드에서 add/drop되는 데이터 뿐 만 아니라 그 노드를 단순히 통과하는 데이터도 같은 방식으로 다루어져야 했다. 이러한 초기 기술에서 진화하여 광 도메인에서 라우팅 기술이 실현됨으로써 전자회로가 가지는 부하가 상당부분 감소되어질 것이다. 이 점이 WDM 광 네트워크의 주요 장점이라 하겠다.[3][4][5]

MPλS의 콘트롤 프레인 연구 동향을 살펴보면 WDM 망에서의 새로운 알고리즘을 제안하는 연구와 기존의 MPLS 기술을 그대로 사용하는 기술의 연구로 양분되어 진행되어지고 있다.[3][6][7][8] MPLS 기반의 고속 대용량 스위칭 및 트래픽 엔지니어링 기술을 사용함으로써 초고속 대용량의 정보 전달 , 다양한 QoS 보장 , 부하균등, 멀티케스팅등 고도화된 네트워킹은 물론 라우팅에 의한 네트워크 신뢰성 및 안정성 향상을 도모 할 수 있다.[9][10] 하지만 merging의 무리한 구현은 시스템 내의 레이블 설정시간 증가를 야기 시켜 처리 시간을 증가시키게 되므로 위의 성능간에는 최적의 merging 포인트를 필요로 한다.[10]

본 논문에서는 레이블의 기능을 수행하는 WDM 망에서의 파장 부족 현상을 해결하기 위해 기존의 MPLS 콘트롤 프레인 사용을 전제로 하는 FEC merging 기능을 포함하는 OXC 구조를 제안하였으며 merging 수행전과 수행후의 효율성 비교를 위해 merging 정도를 나타내는 L/F값을 가변 시킴으로써 throughput, label set up rate, channel utilization, system performance의 변화 값을 비교하여 적정한 merging 포인트 값을 산출하였다.

Ⅱ. MPλS

현재의 IP 네트워크는 Best effort 서비스만 가능하기 때문에 서비스 등급에 따른 차별화된 실시간 서비스 전달을 위해서는 플로우 단위로 트래픽을 구분하여 전송해야 한다. 또한 평균 1000비트 정도로 매우 가변적인 인터넷 패킷을 10Gbps 이상의 광대역 WDM 채널을 사용하여 전송할 경우 동일한 목적지로 향하는 같은 등급의 메시지 흐름을 하나의 파장으로 통합하여 태그를 붙여서 보내면 채널 효율이 높아지고 서비스 등급별로 차등적인 전달이 가능하게 된다. 이러한 기술 중의 하나가 MPλS이다.

1. WDM 망에서의 MPLS

파장 라우팅과 경로 설정을 위한 레이블의 기능으로써 파장이 사용되는데 이것은 콘트롤 프레인을 필요로 한다. MPλS의 merging 기술을 사용하기 위하여 전자적인 도메인에서의 응용을 포함하여야 하며 캡슐 화 된 패킷의 전광변환을 통해 다시 광 도메인으로의 전송을 의미한다. 선택적인 파장운용을 통해 IP 트래픽의 감소 효과를 가져오며 스위칭 구조의 단순화를 실현 할 수 있다. 본 고에서 제안한 MPλS 구조는 OXC로 구성되는 OTN 환경에서 기존의 MPLS의 콘트롤 프레인을 사용하면서 WDM의 고속 스위칭 기술을 응용한다.

레이블 교환방식에서는 LPM(Longest Prefix Matching)을 수행할 필요 없이 짧고 고정된 길이의 레이블에 대한 exact match를 찾으면 되므로 패킷 포워딩 패러다임이 단순하고 짧은 시간에 수행되는 장점을 가지고 있다. MPλS에서 사용되는 레이블 헤더는 IP 헤더보다 단순하다. 이로 인해 기존 라우터의 경우에 존재하던 IP 헤더처리에 소요되는 시간을 단축시켜준다.

콘트롤 프레인의 주요 기능은 resource discovery, distributed routing protocol, connection management 등을 수행하며 기존의 스택을 그대로 사용한다. 에지 라우터가 MPLS-LSR일 경우 코어 라우터에서는 OXC에 MPLS-LSR를 올려놓은 OXC-LSR이 되어, 이 MPLS에서 들어온 레이블을 참조하여 출력포트 및 레이블을 할당하는 것과 같이 OTN의 MPλS에서는 OXC

-LSR을 통해서 들어오는 입력되는 파장을 찾아 출력포트 및 파장을 할당한다. 그림 1은 WDM망 기반에서의 MPλS 네트워크 적용에 관한 기본 모델을 나타내고 있으며 LDP에 의해 레이블 정보가 교환되어 LSP가 구성되며 이러한 기능은 OXC에서 수행한다.

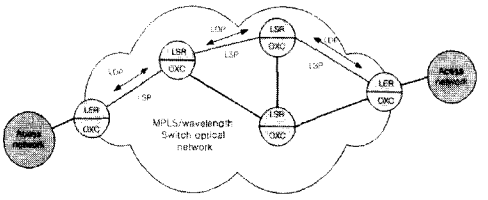


그림 1. 광 파장 스위칭의 네트워크 모델

2. LSP 터널링

빛의 파장은 캡슐화 된 레이블 자체이기 때문에 전자적인 레이블을 가진 패킷들은 물리적인 MPLS 레이블 캡슐화 또는 룩업 과정 없이 파장과 레이블 간의 단순한 레이블 매핑과정을 거친 후 직접 광 경로 채널에 실리게 된다. 그림 2는 파장 LSP 상에서 광 서브 넷을 경유하는 터널링 된 전자적인 세 개의 LSP를 나타내고 있다. LSP는 단대단까지 여러 개의 레이블(레이블 A, B, C)을 가질 수 있고 merging을 구현하기 전의 단순한 터널링 과정을 보여주고 있다. 입력된 전자적인 LSP들은 OXC노드에서 레이블 스와핑 과정을 수행하고 다음 노드로 전달되게 된다. 전자적인 패킷이 입력되면 파장정보를 실은 레이블이 첨가되어 광 도메인 상으로 전달된다.

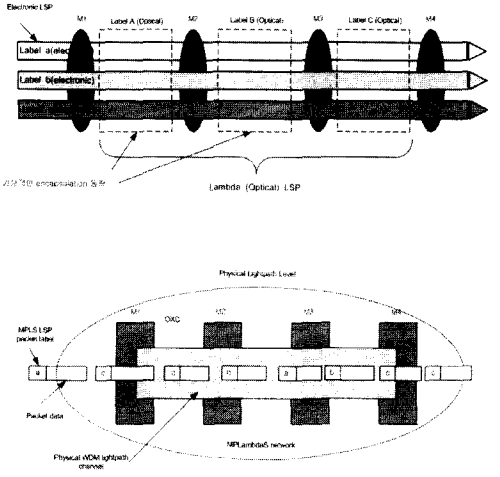


그림 2. OXC 노드의 가상적인 레이블 스택 / 스와핑 동작

광 도메인 내에서 파장 단위의 경로 스위칭을 위한 장치는 파장 경로 설정의 기능을 수행하는 장치를 필요로 한다. 경로 설정의 기능을 수행하는 OXC의 콘트롤 프레인은 IGP(Internal Gateway Protocol)을 사용하여 라우팅 정보 교환, MPLS 트래픽 엔지니어링등의 기능을 수행하며 라우팅 정보의 종류로는 상태정보, 토폴로지정보 등이 있다.

Ⅲ. MPλS 망에서의 merging

전자적인 도메인에서의 MPLS-LSR 노드는 입력 패킷 레이블에 대해 레이블 add/drop, 레이블 교환, 레이블 병합, 등의 다양한 메카니즘을 수행 할 수 있다. 일반적으로 LSR 노드는 전자적인 교환과 저장 기술을 사용하기 때문에 원리적으로는 입력되는 모든 LSP를 처리 할 수 있다. 하지만 광 도메인에서는 이산 적인 파장 수준의 처리와 교환만 가능하고 파장내의 패킷에 대해서는 어떠한 과정도 수행하지 않는다. 또한 레이블 merging을 제공할 수 없는 한계를 가지고 있다. 따라서 하나 혹은 복수의 전자적인 LSP들을 묶어 만들어진 광 LSP의 파장 정보는 전자적인 레이블 스택의 상단에 추가되고 하나의 레이블로 merging 되어 취급된다. 이렇게 구성된 LSP는 WDM에서의 레이블(파장) 부족현상을 최소화 할 수 있다. 즉, 데이터의 흐름은 광 도메인에서 수행되지만 신호 방식은 이미 ATM 통신용으로 개발된 MPLS 기술을 전기적인 도메인에서 수행하는 것이다.

모듈 구조는 WDM망에서 물리적 의미의 merging을 논리적인 개념으로 바꾸어 주는 기능을 지원하며 파장의 물리적인 제약을 해결함과 동시에 확장성 및 유연성을 제공한다. merging 기능이 있는 MPλS의 OXC 구조는 그림 3과 같으며 TCP/IP, LDP등의 프로토콜에 의해 라우팅 테이블 및 LIB가 형성되며 전송된 정보는 전기적인 모듈에서 merging을 수행하고 다시 광 도메인으로 전달되는 구조를 나타내고 있다.

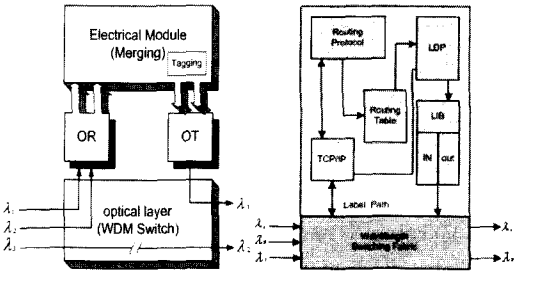


그림 3. OXC 구조 및 기능상의 블록 다이어그램

1. 레이블 설정 시간

하나 이상의 FEC가 입력될 때 하나의 레이블이 부여되는데 merging의 수가 증가할수록 레이블 설정시간 (T_{set})이 증가하게 되어 OXC에서의 지연시간을 증가시킨다. 하나의 FEC가 처리되고 서비스된 레이블이 다시 사용 가능한 레이블로 전환되기까지의 레이블 해지 시간(T_{rel})도 역시 증가하게 된다. L/F (Label/Flow)가 증가하게되면 소요 레이블의 수는 많아지게 되어 merging이 적게 이루어지게 된다. 즉, merging이 감소하게 되면 채널의 점유 대역폭이 감소하여 채널 효율은 감소하게 된다. 따라서 레이블의 수가 많아지고 merging이 적게 일어날 수록 파장 사용의 효율은 감소하지만 레이블 설정 율은 증가하게 된다. 레이블 설정 과정에서 N(레이블 수)>M(플로우 수) 인 경우는 레이블 요구 시 플로우가 즉시 레이블을 할당받게 되며 N(레이블 수)<M(플로우 수)의 경우는 레이블을 즉시 할당받지 못하고 다른 플로우의 서비스 종료후 일정시간(T_{set} , T_{rel})경과 후 레이블을 할당받게 되어 지연을 증가시키게 된다. 그러므로 레이블의 감소는 어느 정도의 지연 임계 값 내에서는 파장효율을 증가시키지만 레이블 설정시간의 증가로 인하여 노드에서의 프로세싱 타임이 또한 증가한다. 레이블을 많이 사용하게 되면 merging 구현의 의미가 소멸되므로 적당 값의 레이블 사용으로 시스템의 trade-off 값을 설정하게 된다.

2. Merging 과정

각각의 노드들에서 사용하는 파라미터들은 이미 MPLS에서 개발된 LDP(Label Distribution Protocol)를 사용한다고 가정하였다.

① LDP에 의해 서로 같은 목적지로 향하는 두개 이상의 LSP 설립요구가 들어오거나, 또는 미리 설립되어 있던 LSP에 같은 목적지로 향하는 다른 LSP 설립요구가 들어온다.

② Primary LSP내의 OXC에서 지연의 임계값을 비교하여 임계값 이상일 때는 merging을 수행하지 않고 남아있는 파장으로 단순한 컨버팅 기능만을 수행한다.

③ Merging이 수행된 후 전자적인 도메인에서 다시 광 도메인으로 이동하여 LIB(Label Information Base)를 바탕으로 적정한 포트 및 파장을 설정하게 된다. 설정된 파장 및 포트로 데이터가 전송되어 다음 노드에서 demerging 또는 위의 과정과 동일한 기능을 수행함으로써 OTN내의 전송 방식을 동일하게 구성한다.

3. 제안한 구조의 알고리즘

입력된 FEC는 모두 merging이 되는 것은 아니다. 다시 말하면 merging을 요구하는 FEC들의 대역폭 합이 출력 링크의 대역폭을 초과하는 경우는 merging 조건을 만족하지 못하여 다른 채널로 파장 컨버팅 된다. 또한 허용 지연시간의 문턱 값을 유지하기 위해 최대한의 merging수를 설정한다. 입력 FEC가 merging을 요구했을 때 토큰 버퍼 내에 토큰이 존재할 때만 레이블을 할당받아 merging 기능을 수행하게 되고 레이블 설정시간 및 레이블 해지 시간 값이 미리 설정해 놓은 문턱 값 이내가 될 때만 merging 조건을 만족하게 된다. 이러한 조건이 만족되었을 때 FEC 패킷이 전자적인 도메인으로 이동하여 전자적 merging이 수행되고 파장 정보가 첨가되어 캡슐화 된 후 광 도메인으로 전송된다. 세 가지 merging 조건을 만족하지 못하는 경우에는 파장(Wavelength) 컨버팅 기능만을 수행한다. 전자적인 도메인에서의 버퍼 사이즈는 최소한의 크기로 설정하기 위해 문턱 값을 지닌 merging수에 따라 정의된다. 이러한 OXC 구조의 알고리즘은 그림 4와 같다.

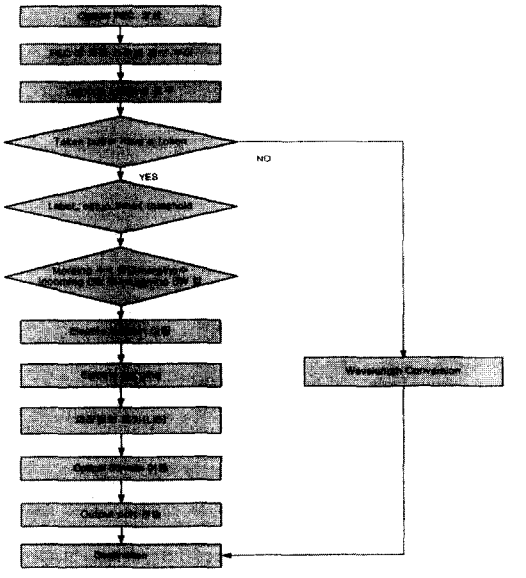
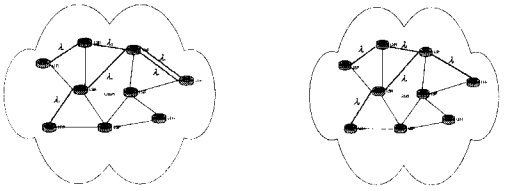


그림 4. 제안한 OXC 구조의 알고리즘

4. Merging과 No-merging

광 경로 안의 모든 노드는 merging 포인트로써 가능하며 merging 절차에 따라 merging 포인트가 선택적으로 정해질 수 있다. 그림 5에서는 merging 기능이 없는 망의 경우 적어도 6개의 파장이 필요하며 merging 기능이 있는 망의 경우는 5개의 파장이 소요됨을 나타내고 있다. merging 이후 생기는 여유파장으로 노드의 첨가가 가능하므로 망의 확장성 측면에서도 향상을 기대 할 수 있다. 즉, 여유파장은 merging 포인트 이후의 메인 LSP의 홉 카운트 수만큼 증가하게 된다.



(1) Before merging (2) After merging

그림 5. Merging 과 No-merging

Ⅳ. 성능분석 및 고찰

제안한 OXC 구조의 성능평가를 위해 기존의 MPLS 콘트롤 프레인을 그대로 적용하였으며 전송매체가 광 파이버로 변환됨에 따라 선택적으로 성능평가 환경 및 성능평가 파라미터를 표 1과 표 2와 같이 설정하였다.

표 1. 성능평가 환경

[illegible]	20
	Expernential Dis. of 평균 5.12K
	평균 2.5Gbps
	평균 100ms
	2ms, 10ms, 20ms
	일정
	가변
	100

표 2. 성능평가 파라피터

	FEC에서의 merging 수
	평균 주기 시간
	FEC 크기
	Merging에 따른 처리율
	레이블 설정율
	레이블 설정 큐에서의 서비스율
	채널 효율
	Label/Flow가 i 개 일때의 확률값
	시스템 성능값

1. Label/Flow의 변화에 따른 성능분석

플로우는 하나의 채널에 점유되는 같은 등급의 데이터 흐름을 의미하며 Label에 mapping되어 노드간 데이터의 전달이 이루어진다. L/F는 플로우에 대한 Label의 비율이며 이 수치는 시스템의 merging 구현 정도를 측정하는 척도로써 작용한다. 즉, L/F값이 클수록 merging이 적게 발생하고 소요파장이 증가함을 의미한다. L/F에 따른 처리율 산출은 결과 값을 정규화 시킴으로써 표 3과 그림 6과 같이 0과 1 사이의 정규 값으로 분포되었다. 즉 L/F가 증가하여 merging이 감소할수록 처리율이 감소됨을 보였다. 처리율의 산출 식은 다음과 같다.

$$\eta^*(M) = \frac{MF_{size}}{T_C} \quad (1)$$

여기서, $\eta^*(M)$: merging에 따른 처리율

M : Merging 수

F_{size} : FEC 크기

T_C : 평균 주기 시간

표 3. 레이블 대 플로우에 따른 처리율

[illegible]			
0.2	0.63404	0.613893	0.599777
0.4	0.632416	0.568741	0.55931
0.6	0.586774	0.532687	0.53177
0.8	0.510638	0.499712	0.47754
1	0.328835	0.308199	0.284514

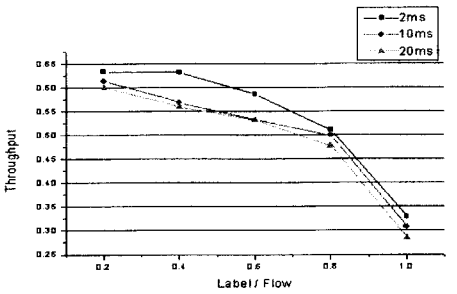


그림 6. 레이블 대 플로우에 따른 처리율

레이블 설정 율은 L/F 의 변화에 따라 표 4와 그림 7과 같이 레이블의 수가 증가함에 따라 merging의 수가 감소하여 레이블 설정시간이 감소하며 레이블 설정 율은 증가함을 보였다. 레이블 설정 율의 산출 식은 다음과 같다.

$$S_R = \mu_T \sum_{i=0}^{M-\min(m,n)} P_i \qquad (2)$$

여기서, S_R : 레이블 설정 율

μ_T : 레이블 설정 큐에서의 서비스 율

P_i : Label/Flow가 i개 일 때의 확률

표 4. 레이블 대 플로우에 따른 레이블 설정율

0.2	1.312428	1.061906	0.98779
0.4	3.643751	2.77988	2.66644
0.6	4.589756	4.21478	3.877912
0.8	4.788144	4.30011	4.214544
1	5.14566	4.750179	4.32214

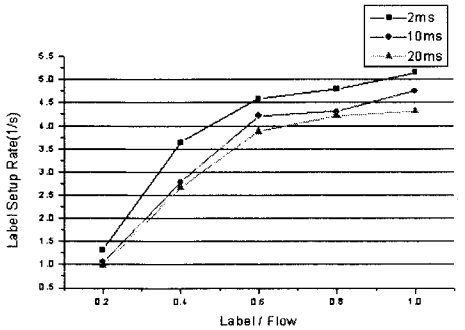


그림 7. 레이블 대 플로우에 따른 레이블 설정율

채널 효율은 표 5와 그림 8와 같이 L/F가 증가함에 따라 merging의 수가 감소하고 예약된 채널의 대역폭에 서비스되는 전송대역폭이 보다 적게 할당됨을 보였다. 채널 효율의 산출 식은 다음과 같다.

$$U_R = \frac{\sum_{i=0}^{M} BW_S}{\sum_{i=0}^{\max} BW_R} \qquad (3)$$

여기서, BW_S : 서비스 대역폭

BW_R : 예약된 대역폭

표 5. 레이블 대 플로우에 따른 채널 효율

0.2	55.21455	53.11441	52.11112
0.4	47.38878	44.21154	42.33698
0.6	42.11241	36.66908	35.99871
0.8	36.09874	33.62545	32.11014
1	35.11249	33.00195	31.22565

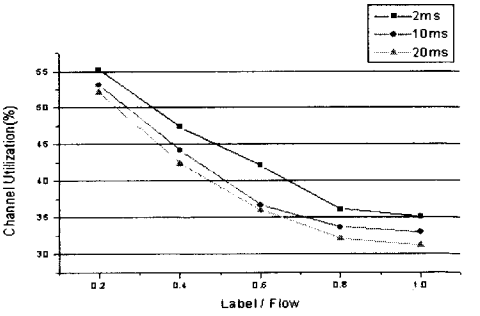


그림 8. 레이블 대 플로우에 따른 채널 효율

처리율과 레이블 설정 율간에는 trade-off 관계가 성립하므로 적절한 merging 포인트를 선정하기 위해 시스템 성능의 최대 값을 취하는 L/F값 0.6이 최적값으로 산출되었다. 시스템 성능의 산출 식은 다음과 같다.

$$P_S = \eta^* \times S_R \qquad (4)$$

여기서, P_S : 시스템 성능 값

η^* : Merging 에 따른 처리율

S_R : 레이블 설정 율

표 6. 레이블 대 플로우에 따른 시스템 성능

L/F	2ms	10ms	20ms
0.2	0.832132	0.651897	0.592454
0.4	2.304366	1.581032	1.491367
0.6	2.693149	2.245206	2.062157
0.8	2.445008	2.148817	2.012613
1	1.692073	1.464	1.229709

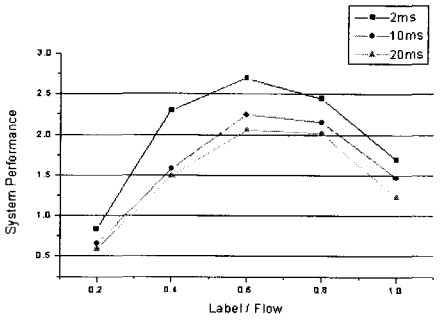


그림 9. 레이블 대 플로우에 따른 시스템 성능

2. 고찰

성능평가에서는 merging의 수를 레이블 대 플로우의 비를 적용함으로써 전체적인 임계 값의 성능 비를 산출하였다. 적정한 임계 비를 설정하기 위해 그래프를 비교하였고 성능 비교평가 결과 시스템 성능(P_S)에 의해 나타난 적정한 임계 비는 처리율과 레이블 설정 율간의 곱에 의해 산출된 시스템 성능 값의 최대 값을 취하는 L/F=0.6 값으로 설정하였다. 따라서 L/F 값이 0.6일 때 즉, 10개의 플로우가 입력되었을 때 6개가 레이블의 수 일 때 시스템이 최상의 merging 포인트가 됨을 알 수 있다.

광대역의 데이터를 전송하는 광 네트워크에서 단위 시간당 전송 할 수 있는 데이터 량은 OXC에서 처리 할 수 있는 스위칭 속도와 비례하게 된다. 세 가지의 성능평가에서 적용한 레이블 해지 시간이 광 환경에서 다소 많은 시간이 설정된 것은 FEC merging시에 OXC에서 지연되는 처리시간이 전자적인 도메인에서 발생하기 때문에 최소시간인 2 ms에서 최대시간인 20 ms의 범위로 산출하였다. 성능평가 환경은 100개의 플로우가 입력되었을 때 평균 레이블 설정시간을 100 ms로 고정하여 해지시간을 위의 세 가지 경우로 구분하였으며 소요 레이블의 수는 각각 20, 40, 60, 80, 100개의 레이블 수를 적용하여 성능평가를 수행하였다. 결과적으로 무리한 merging의 수행은 채널 효율 측면과 처리율 측면에서는 향상된 결과를 보이지만 OXC의 처리시간이 증가하게 되므로 이들간의 적정한 처리 값을 설정함으로써 광대역의 대역폭을 처리하는 광 네트워크에서 효율적인 대역폭 운용을 실현할 수 있다.

V. 결 론

입력 FEC들의 Merging기능을 포함하는 OXC 구조는 전자적인 도메인에서 merging을 수행하여 다시 광 도메인으로 전달되는 이중 모듈 구조를 취한다. Merging 후 OEO(Optic-Electric-Optic)변환과정에서 발생하는 이중 처리 시간은 증가하지만 감소되는 파장은 최소 2.5Gbps의 대역폭을 절약할 수 있다. L/F를 가변시킴에 따라 변화되는 파라미터 값을 분석한 결과 적정 포인트 값에서의 merging이 파장의 효율과 처리시간 모두를 만족시키는 시스템 성능 최대 값을 산출할 수 있었다. 최적의 merging 포인트 설정은 시스템의 성능 및 용량을 결정짓는 주요 파라미터 값이 된다. 본 고에서 제안한 MPλS merging을 위한 OXC 구조는 전기신호, 광 신호의 복합 구조와 완전한 광 패킷방식으로 전환하는 중간 시기의 초고속 광 채널과 전자적인 처리능력의 단계적인 접속을 위한 솔루션을 제공할 것으로 예견된다.

참고문헌

[1] D. Awduche, "Multiprotocol Lambda Switching : Combining MPLS Traffic Engineering Control with Optical Cross connects," *IEEE* March 2001.

[2] V. Stamatios Karatalopoulos, *DWDM Technology*, June, 1999

[3] K. Ling-Chih, "Stead-State Performance Analysis of MPLS label Switching," *IEEE* 2001.

[4] X. Rong, "A New node Architecture for Scalable Wavelength label Switching

Network Using MPLS," International Conference.
[5] G. Nasir, "On IP-over-WDM Integration," *IEEE Communication Magazine* March 2000.
[6] N. Ken-ichi. "Flow Aggregated, Traffic Driven label Mapping in label-Switching Networks," *IEEE Journal* on selected in communications, Vol. 17. No. 6, June 1999.
[7] G. Nasir, "Integration Strategies for IP Over WDM," Workshop on Optical Networks, 2000.
[8] J. Diniel Blumenthal, "All-Optical labelSwapping Networks and Technologies," *IEEE Journal of lightwave technology*, Vol. 18, No. 2, December 2000.
[9] P. Gravey, G. Stephane, "Multiservice Optical Network:Main Concepts and First Achievements of the ROM program," *IEEE Journal of lightwave technology*, Vol. 19, No. 1, January 2001.
[10] 서동욱, 석승준, 강철희, 김관중, 전병천,"WDM 망 기반의 MPL(ambda)S 구조에서의 Merging 방안", 하계종합 학술대회, 2000.

김 경 목(Kyoung-Mok Kim) 정회원

1996년 : 서울산업대학교 전자 공학과 졸업 (공학사)
2002년 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)
2003년 현재 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 재학 (박사과정)

〈주관심분야〉 Optical Internet, MPλS, GMPLS

조 양 현(Yang-Hyun Cho) 정회원
1982년 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업
1985년 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)
1999년 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 박사과정 수료
1985년 3월~1995년 7월 : LG정보통신(주) 전송기술 개발실 과장
1995년 8월~1997년 : 서울기능대학 정보통신과 전임강사
1997년~현재 : 삼육의명대학 인터넷과 조교수

〈관심분야〉 Routing 기술, 동기기술, LAN, ATM관련기술, SDH기술 등

오 영 환(Young-Hwan Oh) 정회원
한국통신학회 논문지 제 27권 제 12C호 참조