

Edge Node 간 단일 홉을 갖는 다중링 기반의 광패킷 네트워크 구성

박홍인, 이상화, *이희상, 한치문
한국의국어대학교 전자정보공학부, *산업정보시스템공학부

Architecture of Multiple Ring based Optical Packet Network with Single Hop Between Edge Nodes

Hongin Park, Sanghwa Lee, *Heesang Lee, and Chimoon Han
School of Electronics and Information Engineering, *School of Industrial and Information System Engineering
Hankuk University of Foreign Studies
E-mail : phin@hufs.ac.kr

Abstract

This paper proposes the architecture of a multiple ring based optical network with single hop between edge nodes using either the concept of circuit switching or multi-wavelength label. The structure of the multi-wavelength label, be shown through the single wavelength-band and the multiple wavelength-band that can reduce number of ring. To avoid the collision of the optical packets at an outward port, we proposed the dynamic allocation scheme of the outward optical packets based on the fiber delay lines(FDLs).

I. 서론

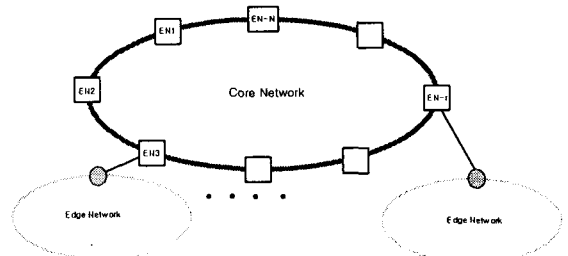
인터넷에서 WDM 기술의 적용은 인접 라우터 간을 연결하는 링크용으로 사용하고 있다. 송수신 노드 사이에 복수의 중계 노드를 이용하여 트래픽을 중계하는 경우, 중계 노드의 패킷 처리 능력이 병목 현상으로 나타난다. 그 해결 수법으로는 IP 라우팅 처리 부분을 줄이고, 하위 계층에서 광네트워크를 구성하는 방법이 제안되고 있다[1, 2, 3].

본 논문은 CN(Core Node)에서 패킷 처리를 제거하여 지연을 감소시킬 수 있는 방법으로 EN(Edge Node)간 단일 홉인 광네트워크를 다중링 기반으로 구성하는 방법을 제안한다. 그리고 제안한 방식의 특성을 분석한다.

II. 다중링 기반의 광 패킷 네트워크 구조

인터넷 접속을 위한 테라급 속도의 광네트워크 구조는 Core Network과 Edge Network으로 이루어지는 계층적 구조를 갖는다. Core Network는 Edge Node(EN)와 Core Node(CN)를 이용하여 구성한다. 네트워크 구성에서 EN 간에는 단일 광패스를 제공해 주는 단일 홉 구조의 광네트워크를 다중 Optical Ring를 이용하여 그림1과 같이 구성한다. 그림1은 EN간 단일 홉이며, 단일 광패스로 접속되므로 CN에 의한 지연은 발생하지 않는다.

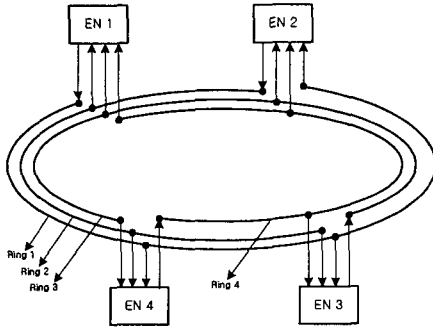
그림1과 같은 다중 Optical Ring 기반 네트워크는 Core Network가 N개의 EN로 구성될 때, N-1개의 Optical Ring으로 구성된다.



<그림1> Edge Node간 단일 홉인 광네트워크

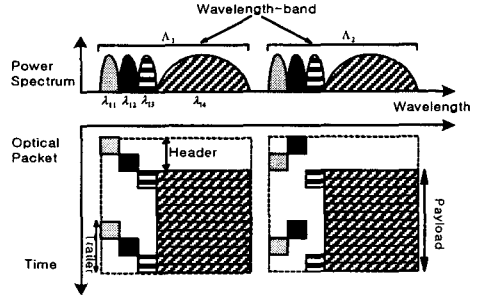
그림1의 Core Network는 한 예로 그림2와 같이 4개의 EN로 구성한다. EN1은 Ring #1를 통해 EN4, EN3, EN2

로 데이터를 송신한다. EN2은 Ring #2를 통해 EN1, EN4, EN3로 데이터를 송신한다. 같은 방법으로 EN3는 Ring #3, EN4는 Ring #4를 이용하여 데이터를 원하는 목적지 EN으로 전달한다. 이와 같이 EN간 단일 홉 구조의 광 네트워크는 회선 교환기반 방식과 다파장 레이블 기반 방식으로 구성 할 수 있다



<그림 2> 다중링 기반의 Core Network 구성

레이블은 여러 개의 파장으로 구성되며, 레이블 생성 및 처리는 FBG(Fiber Bragg Grating)를 이용한다. 다파장 레이블은 W파장 중에서 선택된 K개 펄스 열로 구성한다. 그림3은 W=3, K=3의 경우를 나타내고 있다. 파장 $\lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_{13}$ 는 다파장 레이블 생성용이며, λ_{14} 는 데이터 전송용 파장이다. 이 파장들은 파장 대역 Λ_1 을 구성하고 있다.



<그림 3> 광패킷 포맷 구성

2.1 회선교환기반 광패킷 네트워크

파장 라우터(λ OXC) 개념으로 그림2와 같다. N개의 EN를 가지면, N-1개의 Optical Ring과 N-1개의 파장으로 구성된다. EN1가 데이터 송신은 Optical Ring #1을 사용하고, Optical Ring #1에는 EN1 이외에 모든 EN들이 접속되어 데이터를 수신한다. 이때 접속된 EN은 수신 전용 파장을 이용하여 데이터만 수신한다. 그리고 Optical Ring #1은 EN1에서 데이터 송신을 시작하여 반시계 방향으로 회전하면서 EN2에서 중단된다. Optical Ring #2, Optical Ring #3, Optical Ring #4도 동일한 방법으로 동작한다. 각 EN간에 송수신 파장 할당은 표1과 같다.

<표1> 각 EN간에 사용 파장의 예(그림2)

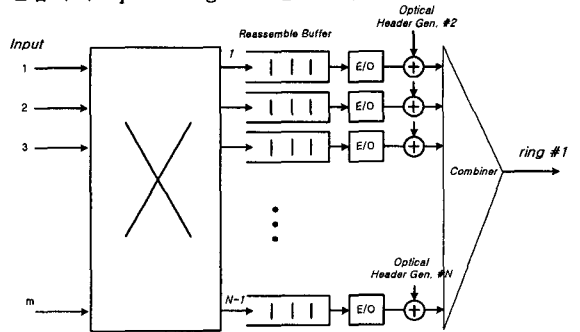
수신EN 송신EN	1	2	3	4
1		λ_1	λ_2	λ_3
2	λ_3		λ_1	λ_2
3	λ_2	λ_3		λ_1
4	λ_1	λ_2	λ_3	

2.2 다파장 레이블 기반 광패킷 네트워크

다파장 레이블 및 광패킷 구성은 그림3과 같다[2].

2.2.1 단일 Optical 대역을 이용하는 방안

그림4는 EN의 송신부 구조이며, 입력 셀은 출력 노드(EN)별로 교환되어 RB(Reassembler Buffer)에 저장된다. 이때 입력 m과 출력 N의 관계는 $m \geq N$ 이다. RB에 저장된 셀은 적당한 크기로 재구성되어 광패킷의 페이로드 데이터로 변환된다. 이 데이터는 특정 파장(페이로드용 파장)에 의해 E/O 변환된 후, 광헤더와 결합하여 Optical Ring으로 전달된다.

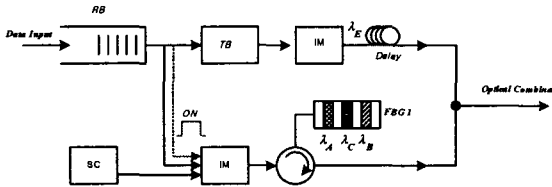


<그림 4> EN(Edge Node)의 송신부

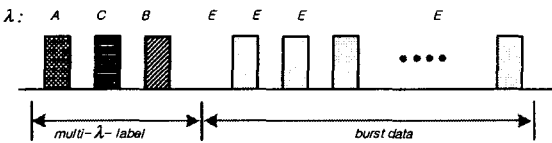
이때 광패킷 구성 방법을 그림5에 나타냈다. RB에 저장된 데이터가 한 개의 광패킷을 구성할 정도의 충분한 데이터가 모이면 TB(Transfer Buffer)로 보내진다. 이와 동시에 광패킷의 헤더를 구성하기 위해 헤더 구간 동안 ON 신호를 발생시켜 강도변조를 수행한다.

광패킷 생성은 SC(Supercontinuum), LiNbO₃ IM(Intensity Modulation), 멀티색선파이버 회절격자(FBG), 광서클레이터로 구성되는 다파장 레이블 생성기에 의해 이루어진다. 그림5는 광서클레이터 및 FBG에 의해 파장 λ_A, λ_C, λ_B만 발체하여 파장 레이블을 만들고 있다.

이와 같은 파장 레이블은 특정 EN를 나타내며, 시스템 설계 시 설정되는 파라미터이다. 한편 데이터는 파장 λ_E로 변조된 후, 파이버 지연선에 의해 일정 시간 지연 후 다파장 레이블과 결합하여 그림6과 같은 광패킷을 구성한다.



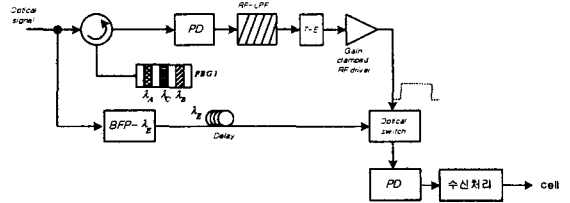
<그림5> 광패킷 구성 예(EN 송신부 구성)



<그림6> 광패킷 포맷

EN 수신부의 구성은 그림7과 같다. 입력되는 광 신호는 광 분배기에 의해 분리된 후, 페이로드 데이터 정보가 실린 λ_E 파장만 통과 시킨 다음에 파이버 지연선에 의해 동기를 취한다. 한편으로 광서클레이터 및 FBG로 구성되는 광상관기(Optical Correlator)에 의해 레이블이 일치하면 PD(Photo Detector)에 의해 고출력을 갖는 광펄스가 검출된다. 이때 일정 레벨 이상이 되면, Optical Switch를 일정기간 동안 ON 시킨다. 그러면 페이로드 데이터는 광 게이트 스위치를 통과하여 광 검출기에 입력된다. 이때 광 신호는 PD에 의해 전기 신호로 변환된 후, 수신 처리를 통해 원래의 데이터로 복원된다. 이상과 같은 수신 장치는 모든 Optical Ring에 접속되므로 N-1개가 필요하다.

본 방식에서 EN당 요구되는 광패킷 발생회로는 N-1개, 그리고 광패킷 수신 회로는 Optical Ring당 1개가 요구되고, Optical Ring은 N-1개가 필요하기 때문에 N-1개의 광패킷 수신회로가 필요하다. 따라서 EN가 N개인 네트워크에서는 광패킷 발생회로는 N(N-1)개, 광패킷 수신회로도 N(N-1)개 요구된다.



<그림7> EN 수신부 구성의 일례

2.2.2 다중 Optical 대역을 이용하는 방안

여러 개의 Optical 대역을 이용하여 다파장 레이블을 구성할 경우, Optical Ring의 수는 1/Optical 대역의 수의 비율로 감소한다. m개의 Optical 대역을 이용하여 Core Network를 구성할 경우, EN(Edge Node)를 m개씩 N/m개의 Group으로 식(1)과 같이 분류하고 각 그룹별로 순차적으로 m개의 Optical 대역을 할당하여 네트워크를 구성하면 된다.

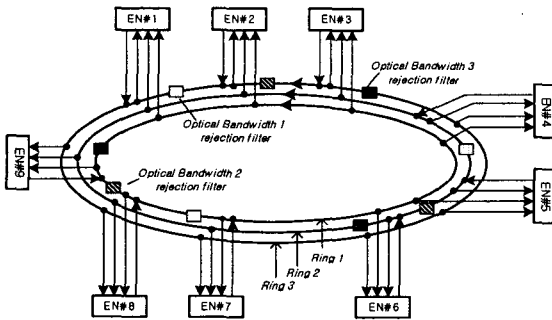
$$\begin{aligned}
 \text{Group } 1 &= \{ EN \#1, EN \#2, \dots, EN \#m \} \\
 \text{Group } 2 &= \{ EN \#m + 1, EN \#m + 2, \dots, EN \#2m \} \\
 &\dots \\
 \text{Group } N/m &= \{ EN \#N-m + 1, EN \#N-m + 2, \dots, EN \#N \} \quad (1)
 \end{aligned}$$

그룹1에서 순차적으로 m개의 파장 대역을 이용한 다파장 광레이블을 구성하고, 다른 모든 그룹에서도 순차적으로 m개의 파장 대역을 이용하여 다파장 광레이블을 구성한다. 또 그룹1은 순차적으로 N/m개의 Optical Ring을 이용하고, 다른 그룹에서도 순차적으로 N/m개의 Optical Ring을 이용하여 데이터를 전달한다. 각 그룹에서 m개의 EN가 1개 Optical Ring을 이용하여 데이터를 송신하며, 이 Ring에 접속된 수신 EN는 m개의 노드에서 데이터를 수신하게 된다. 각 Optical Ring에 접속된 EN의 수신 부분은 각 파장대역에서 주어진 레이블로 수신할 수 있는 회로를 구성하여야 한다.

이상과 같은 Core Network 구성은 EN의 수가 9개, 파장 대역을 3개를 이용하여 구성하는 경우를 그림8에 나타냈다.

그림8은 9개의 EN(N=9)가 3개의 파장대역 (m=3)을 이용하기 때문에 3개의 Optical Ring으로 네트워크를 구성할 수 있다. EN#1, EN#2, EN#3은 그룹1을 형성하고, EN#4, EN#5, EN#6은 그룹2 그리고 EN#7, EN#8, EN#9는 그룹3을 형성하고 있다. Optical Ring #3, Optical Ring #2,

Optical Ring #1에 각각 접속된 EN#1, EN#4, EN#7은 파장대역1를 이용하여 다파장 광레이블을 구성하여 전송한다. EN#2, EN#5, EN#8은 파장대역2 그리고 EN#3, EN#6, EN#9은 파장대역3을 이용하여 다파장 광레이블을 구성하여 데이터를 전달한다. 따라서 그림1에 속하는 EN는 Optical Ring #1를 이용하여 광패킷을 송신하지만, 서로 다른 파장 대역을 이용하기 때문에 수신단에서 식별이 가능하다. 그리고 송신 광패킷을 Optical Ring에 삽입시킬 때, 광 결합기를 이용하여 역방향으로 광패킷 신호가 나타나지 않도록 하여야 한다.



<그림8> 다중파장대역을 이용한 네트워크 구성

또 EN에서 전송한 광패킷은 패로를 따라 순환하지 못하도록 파장 대역 제거 필터를 이용하여 노드 전단에서 패킷을 제거하여야 한다.

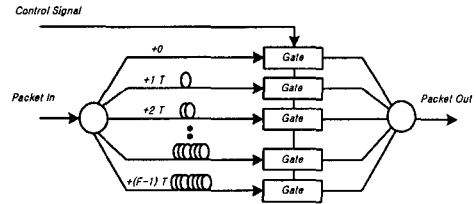
본 방식에서 요구되는 각 EN당 광패킷 발생회로의 수는 $(N-1)$ 개이며, 전체 노드의 수가 N 인 Core Network에서 필요한 광패킷 발생회로의 수는 $N(N-1)$ 개 이다. EN에서 필요한 광패킷 수신회로는 Optical Ring 당 m 개가 필요하다. 따라서 EN가 N 개인 Core Network에서 요구되는 광패킷 수신회로는 $m \times (N/m)$ (Optical Ring)개 이다.

III. 다파장 레이블 기반 광패킷 네트워크에서 광패킷 충돌 회피 방법

EN간 단일 홉을 갖는 네트워크를 다파장 레이블 스위칭 기반으로 구성 할 경우, 광결합기 입력에 광패킷이 동시에 입력되면, 충돌이 발생하여 패킷이 손상된다.

이때 RB버퍼에 입력되는 트래픽량에 따라 광패킷을 동적으로 타임슬롯에 할당하는 방법을 이용하여 충돌을

회피할 수 있다. 이때 광파이버 지연선을 이용하여 동적으로 타임 슬롯 할당 방법은 그림9와 같으며, 타임 슬롯 할당은 제어 신호에 의해 이루어진다. 이때 필요한 지연선 수는 송신 EN의 출력측 광패킷 회로 당 $(F-1)$ 개 필요하므로 EN당 $(F-1)(N-1)$ 개 필요하다. 따라서 총 지연선의 양은 $N(F-1)(N-1)$ 개 필요하다. 여기서 F 는 Frame당 슬롯 수를 나타낸다.



<그림9> 타임 슬롯 동적 할당 방법

IV. 결론

본 논문에서 Edge Node(EN)간 단일 홉을 갖는 다중 링 기반의 광패킷 네트워크 구조를 ① 회선 교환 기반 광패킷 네트워크, ② 다파장 레이블 기반의 광패킷 네트워크 구성 방법을 제시하였다. 다파장 레이블 기반의 광패킷 네트워크 구성은 단일 optical 대역을 이용하여 구성하는 방법과 다중 optical 대역을 이용하여 구성하는 방안을 제시하고 각 방식의 특성을 나타냈다. 다파장 레이블 기반의 광패킷 네트워크에서는 출력단에서 광패킷 충돌이 발생한다. 그러므로 광섬유 지연선을 이용하여 광패킷을 동적으로 타임슬롯에 할당함으로써 충돌 회피가 가능함을 나타냈다.

금후 본 방식의 제 특성을 제시할 예정이다.

참고문헌

- [1] N. Wada , et. al., "Photonic Networks Based on Multi-Wavelength Label Switch", IEICE, PNI 2000-24, pp.45-51, Oct. 2000.
- [2] N. Wada , et. al., "Photonic Packet Routing based on Multi-wavelength Label Switching using Fiber Bragg Gratings," Proc. ECOC 2000, Vol.4, pp. 71-72, Sep. 2000.
- [3] A. Okada, et. al., "Optical Packet Routing using an Out-of-band Optical Label Switching Technique", IEICE, PS2001-7, pp.33-38, April. 2001.