

# 파장 변환기를 이용한 광버퍼의 설계 및 구현

황 현 용, 곽 동 용

한국전자통신연구원 네트워크핵심기술연구부

E-mail : hyhwang@etri.re.kr

## Design and Implementation of a optical buffer using optical wavelength converters

Hyun-Yong Hwang, Dong-Yong Kwak

Network Core Technology Department, ETRI

E-mail : hyhwang@etri.re.kr

### Abstract

Wavelength division multiplexing technology is a promising solution for the next generation optical networks. Optical buffer is a key component for optical packet switching system. It can be used to hold optical packets and to resolve the contention of optical packets. In this paper, we implemented a optical buffer using optical wavelength converters and demonstrated that optical packets are delayed successfully.

### I. 서론

인터넷의 급속한 성장과 광대역 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 파장 분할 다중화 방식을 이용한 대용량 광네트워크와 고속의 라우터 및 스위치가 대안으로 떠오르고 있다. 파장 분할 다중화 방식을 이용한 광스위칭 기술 가운데 광패킷 스위칭 기술은 대역폭의 유연성과 폭넓은 사용을 가질 수 있다는 장점을 가지고 있다[1].

광패킷 스위칭 기술을 적용하는 광패킷 스위칭 시스템은 광패킷 스위칭에서 발생하는 광패킷의 충돌을 해결해주기 위하여 우선순위가 높은 광패킷은 먼저 처리

시키고 우선순위가 낮은 광패킷은 나중에 처리해줄 수 있는 고속의 광버퍼가 필수적으로 요구된다. 기존의 광버퍼는 진행형 타입과 재순환 타입의 두가지 유형으로 구분된다.

진행형 타입의 광버퍼는 광섬유 지연선로를 선택하기 위한 공간스위치, 광패킷 길이의 배수만큼 시간지연을 발생하기 위한 광섬유 지연 선로, 그리고 광섬유 지연선로를 연결해주기 위한 광결합기 등으로 구성된다. 입력 광패킷은 광섬유 지연 선로를 경유하는 동안 시간지연이 발생한다. 이와 같은 진행형 타입의 광버퍼는 공간스위치와 광결합기의 포트 수에 따라서 광섬유 지연 선로의 수가 제한되며, 일정 시간지연을 위하여 해당시간만큼의 광섬유 지연 선로를 별도로 설치해야 하는 단점을 가지고 있다[2].

재순환 타입의 광버퍼는 광섬유 지연 루프를 선택하기 위한 공간스위치, 광패킷의 길이만큼 순환시간을 가지게 하는 광섬유 지연 루프, 손실된 광패킷의 세기를 증가시키는 반도체 광증폭기, 일정시간만큼 광섬유 지연 루프를 선택하기 위한 2x2 공간스위치, 그리고 광섬유 지연 루프를 연결시켜주기 위한 광결합기 등으로 구성된다. 입력 광패킷은 광섬유 지연 루프를 경유하는 동안 시간지연이 발생한다. 이와 같은 재순환 타입의 광버퍼는 광패킷의 손실을 보상하기 위하여 반도체 광증폭기를 사용해야 하며, 이로 인하여 반도체 광증폭기로부터 축적된 ASE 노이즈를 야기시키므로 만족할 만한 광패킷을 얻기 어렵다는 단점을 가지고 있다[3-4].

본 논문에서는 광패킷 스위칭 시스템에서 광패킷의 시간지연과 광스위치 패브릭에서 발생하는 충돌현상을 동시에 해결하기 위하여 간단한 구조의 광버퍼를 설계 및 구현하였다. II 장에서는 제안된 광버퍼의 구조 및 동작원리에 대하여 알아보고, III 과 IV 장에서는 광버퍼를 구현하기 위한 실험 구성 및 실험 결과에 대하여 기술하였다. 마지막으로 V 장에서는 결론을 맺는다.

## II. 광버퍼의 구조 및 동작원리

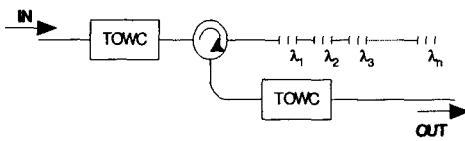


그림 1. 제안된 광버퍼의 구조

그림 1 은 광스위칭 시스템에 적용하기 위하여 제안된 광버퍼의 구조를 보여준다. 제안된 광버퍼는 두 개의 가변 파장변환기, 한 개의 광서클레이터, 그리고 다수 개의 광섬유 회절격자 등으로 구성된다.

첫 번째 가변 파장변환기는 파장을 선택하여 지연시간을 결정하는 기능을 갖는다. 가변 파장변환기의 출력파장은 광패킷의 시간지연을 위하여 연결된 광섬유 회절격자의 반사파장과 동일해야 한다. 가변 파장변환기에 의하여 변환된 파장의 광패킷은 광서클레이터에 입력되고 광섬유 회절격자에 의하여 반사된 다음 광서클레이터에서 출력된다. 만약에 변환된 파장의 광패킷이  $\lambda_1$  인 경우 광패킷은 반사파장이  $\lambda_1$  인 광섬유 회절격자에 반사되고,  $\lambda_2$  인 경우  $\lambda_1$  인 광섬유 회절격자는 통과한 다음  $\lambda_2$  인 광섬유 회절격자에서 반사하게 된다. 그러므로 변환된 파장이  $\lambda_1$ 부터  $\lambda_2$  까지 일정한 간격으로 연결되어 있다면 광패킷의 지연시간 또한 일정한 시간간격으로 증가시킬 수가 있다. 두 번째 가변파장변환기는 광버퍼의 출력파장을 결정하는 기능을 갖는다. 광버퍼의 출력파장을 선택할 수 있다면 광버퍼를 경유하여 시간지연된 광패킷의 출력파장을 변환시켜 스위치 패브릭에서 발생하는 패킷 충돌 현상을 해결하고 대역폭의 사용을 극대화 시킬 수 있다.

제안된 광버퍼는 구조가 단순하고 지연시간의 확장이 용이하다는 장점과 출력파장을 자유롭게 선택할 수 있다는 장점을 가지고 있으므로 광패킷 스위칭 시스템에 가장 적합한 형태를 가진다.

## III. 광버퍼 제작 및 실험

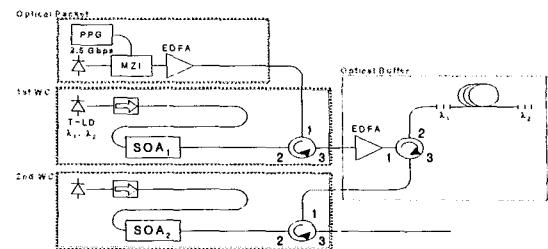


그림 2. 실험 구성도

그림 2 는 제안된 광버퍼를 제작하기 위한 실험 구성도를 보여준다. 실험構성을 위하여 광버퍼는 광패킷 생성부, 제 1 파장변환부, 광버퍼부, 그리고 제 2 파장변환부로 구성한다.

광버퍼에 입력되는 광패킷은 DFB-LD 의 출력파장을 가지고 PPG 와 Mach-Zehnder 간섭계 타입의 외부변조기를 이용하여 생성한다. 외부변조에 의한 손실은 EDFA 를 사용하여 보상한다. DFB-LD 의 출력파장인  $\lambda_0$  을 가지는 광패킷은 첫 번째 광서클레이터의 포트 1 로 입력된 다음 포트 2 로 출력된다. 출력된 광패킷은 반도체 광증폭기(SOA<sub>1</sub>) 에서 상호 이득변조가 발생되므로 반전된 형태의 광패킷을 가지고 가변파장 광원의 출력파장인  $\lambda_1$  또는  $\lambda_2$  로 변환되고 포트 2 로 입력된 다음 포트 3 으로 출력된다.

변환된 광패킷은 두 번째 광서클레이터의 포트 1 로 입력된 다음 포트 2 로 출력된다. 변환된 파장에 따라  $\lambda_1$  을 가지는 광패킷은 첫 번째 광섬유 회절격자에 반사되어 광서클레이터의 포트 2 로 입력된 다음 포트 3 으로 출력되고  $\lambda_2$  를 가지는 광패킷은 두 번째 광섬유 회절격자에서 반사되어 광서클레이터의 포트 2 로 입력된 다음 포트 3 으로 출력된다.  $\lambda_2$  를 가지는 광패킷은 두 번째 광섬유 회절격자에서 반사되기 이전과 이후에 광섬유 지연선로를 두 번 거치게 되므로 일정시간동안 지연될 수 있다. 따라서 일정한 간격으로 배열된 n 개의 광섬유 회절격자와 n-1 개의 광섬유 지연선로를 가지는 광버퍼는 최대 2(n-1) 만큼의 시간지연을 발생시킬 수 있다.

시간지연된 광패킷은 세 번째 광서클레이터의 포트 1 로 입력된 다음 포트 2 로 출력된다. 출력된 광패킷은 반도체 광증폭기(SOA<sub>2</sub>) 에서 상호 이득변조가 발생되므로 복원된 광패킷의 형태를 가지고 가변파장 광원의 출력파장인  $\lambda_3$  으로 변환되고 포트 2 로 입력된 다음 포트 3 으로 출력된다.

### III. 실험 결과 및 분석

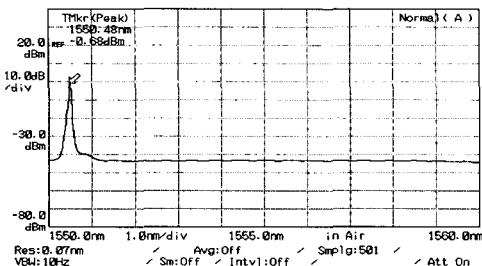


그림 3. 광패킷 생성부 출력 스펙트럼

그림 3은 그림 2의 광패킷 생성부에서 출력 스펙트럼을 보여준다. 생성된 광패킷은 출력파장이  $\lambda_0$ 인 DFB-LD의 광원으로 펄스 패턴 생성기와 LiNbO<sub>3</sub> 변조기를 이용하여 외부 변조시켜 생성된다. 광패킷의 출력파장은 1550.48 nm이고, 광패킷의 길이는 펄스 패턴 생성기로부터 2.5 Gbps의 약 1000 bit의 패킷을 발생시켜 400 ns 정도이다. 외부 변조에 의하여 손실된 광세기는 GC-EDFA를 사용하여 보상하였다.

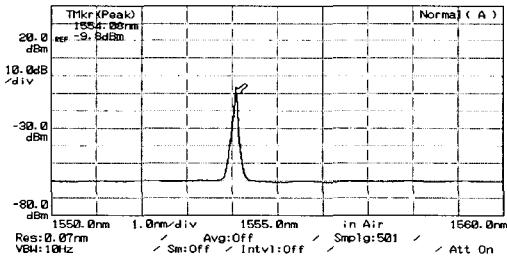


그림 4. 제 1 파장 변환부 출력 스펙트럼

그림 4는 그림 2의 제 1 파장변환부에서 파장 변환된 광패킷의 출력 스펙트럼을 보여준다. 파장 변환 방식은 Counter-Propagation의 상호 이득 변조 방식을 사용하여 광필터가 필요없으므로 단순한 구조가 된다. 상호 이득 변조 방식을 이용하여 데이터가 반전되어 출력된다. 그림 4를 통하여 T-LD의 출력은 각각  $\lambda_1$

(1554.08 nm)와  $\lambda_2$ (1555.56 nm)임을 알 수 있다. T-LD의 출력파장은 광버퍼를 구성하는 광섬유 격자의 반사파장과 동일하여야 한다.

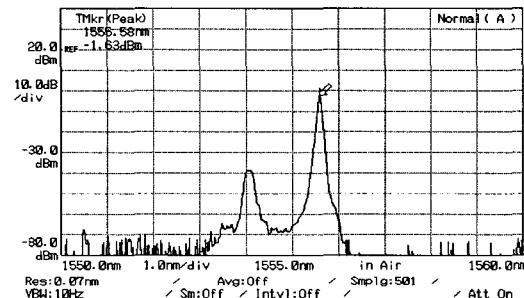
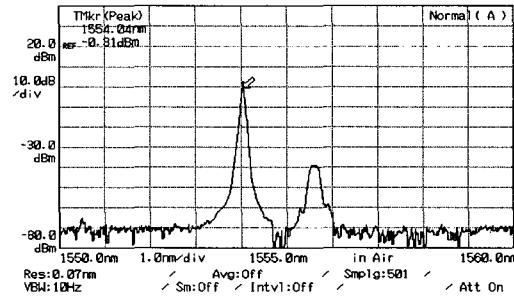
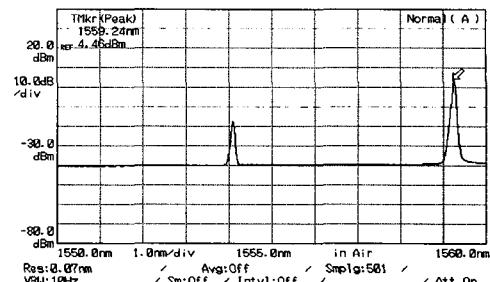


그림 5. 광버퍼부 출력 스펙트럼

그림 5는 그림 2의 광버퍼부에서 광섬유 회절격자에 의하여 반사된 광패킷의 출력 스펙트럼을 보여준다. 광섬유 회절격자의 반사파장은 파장변환기의 출력파장과 동일해야 한다. 그림 5를 통하여 광섬유 회절격자의 반사파장은 각각  $\lambda_1$ (1554.04 nm)와  $\lambda_2$ (1555.58 nm)로 약 200 GHz의 채널간격을 가지고 있음을 알 수 있다. 광섬유 지연선로의 길이는 광패킷 지연시간에 비례하므로 400 ns의 길이를 가지는 광패킷을 200 ns 만큼 지연시키기 위하여 광섬유 지연선로의 길이를 20 m로 결정하였다.



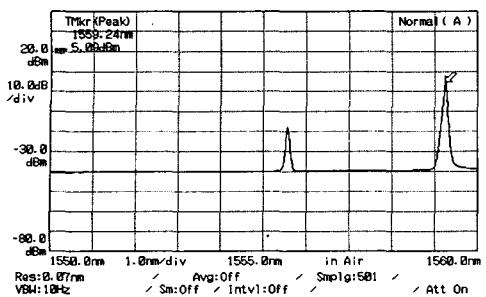


그림 6. 제 2 파장 변환부 출력 스펙트럼

그림 6 은 그림 2 의 제 2 파장변환부에서 파장 변환된 광패킷의 출력 스펙트럼을 보여준다. 파장 변환 방식은 제 1 파장 변환부와 동일하다. 동일한 구조의 변조방식을 사용하여 첫 번째 파장 변환시 반전되었던 데이터가 원형 그대로 복구된다. T-LD 의 출력파장은 제안된 광버퍼의 최종 출력파장과 동일하다. 그림 6 을 통하여 제안된 광버퍼의 최종 출력파장은  $\lambda_3$  (1559.24 nm) 임을 알 수 있다.

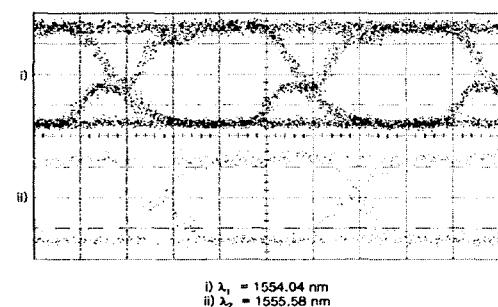
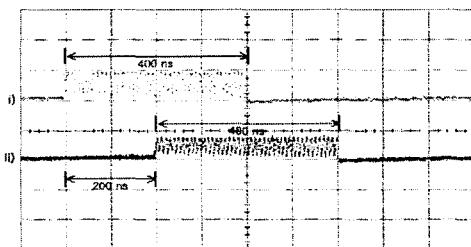


그림 7. 광버퍼의 출력 스펙트럼과 Eye 다이어그램

그림 7 은 제안된 광버퍼의 최종 출력 스펙트럼과 Eye 다이어그램을 보여준다. 그림 7 로부터 제 1 파장 변환기의 출력파장이  $\lambda_1$  에서  $\lambda_2$ 로 변환되는 경우 광

패킷이 200 ns 만큼 시간지연되는 것을 알 수 있다. 또한 측정된 Eye 다이어그램으로부터 출력 파장이  $\lambda_1$  과  $\lambda_2$ 인 경우 모두 Eye 가 확실하게 열린 것을 알 수 있다.

#### IV. 결론

광패킷 스위칭 시스템에서는 광패킷 처리시간 동안에 광패킷을 저장하고, 광패킷의 충돌을 해결하기 위한 고속의 광버퍼가 필수적으로 요구된다.

본 논문에서는 광패킷 스위칭 시스템에서 광패킷의 시간지연과 광스위치 패브릭에서 발생하는 충돌현상을 동시에 해결하기 위한 간단한 구조의 광버퍼를 설계 및 구현하였다. 제안된 광버퍼는 파장 변환기를 이용하여 가변적으로 지연시간과 출력파장을 동시에 선택할 수 있으며 광섬유 회절격자와 광섬유 지연선로를 이용하여 간단한 구조로서 광패킷의 반전과 복구가 가능하도록 설계하였다. 따라서 제안된 광버퍼는 광패킷 스위칭 시스템에서 가변 길이의 광패킷의 충돌 현상을 해결하고 대역폭의 사용을 극대화 시킬 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] F. Masetti *et al.*, "High speed, high capacity ATM optical switches for future telecommunications transport networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, pp. 979-998, 1996.
- [2] J. M. Gabriagues *et al.*, "Design and implementation of a gigabit ATM photonic switching matrix," *J. High Speed Networks*, vol. 4, no. 4, Oct. 1995.
- [3] J. Spring and R. S. Tucker, "Photonic 2 X 2 packet switch with input buffers," *Electron Lett.*, vol. 29, pp. 284-285, Feb. 1993.
- [4] Y. Yamada, K. Sasayama, and K. Habara, "BER measurements in frequency-division-multiplexed optical loop buffer at data rate of 2.5 Gbit/s," *Electron Lett.*, vol. 30, pp. 1869-1870, Oct. 1994.