

# 파장 라우팅 방식을 이용한 전광 WDM 버퍼 구현

준회원 최 훈\*, 종신회원 엄진섭\*\*

## Realization of All-Optical WDM Buffer Using Wavelength Routing

Hoon Choi\*, Jin seob Eom\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 광 패킷 스위칭 시스템 내에서의 패킷 충돌을 해결할 수 있는 전광 WDM 버퍼를 제안한다. 제안된 구조는 SOA를 기반으로 한 가변 파장변환기(TWC), N×N AWG, 광섬유 지연기, 그리고 N×1 커플러로 구성된다. 이 구조에서는 파장 라우팅에 의하여 충돌되는 WDM 패킷들이 각기 다른 개별적인 경로를 거쳐 버퍼링 되기 때문에 ASE와 누화 잡음을 줄일 수 있다. 버퍼링을 확인하기 위하여 각각 50ns의 폭을 가지는 두 WDM 광 펄스의 충돌에 대한 실험을 수행하였으며 충돌이 잘 해결되었음을 확인하였다.

**Key Words** : Optical Buffer; Wavelength Converter; AWG; Fiber Delay Line; Wavelength Routing

### ABSTRACT

In this paper, we propose All-Optical WDM Buffer System for resolving the contention of packets in Optical Packet Switching System. The proposed system consists of tunable wavelength converters based on SOA, N×N AWG, and fiber delay lines. This structure can reduce ASE and cross-talk noise because the contending packets are sent and buffered through each different path determined by a wavelength routing. We also performed buffering experiment for two contending WDM optical pulses with each 50ns width, and found that the contending problem is resolved well.

### I. 서 론

급증하는 전송용량의 증가를 효과적으로 수용하기 위한 방안으로 WDM(Wavelength Division Multiplexing)을 이용한 광 네트워크 구성이 활발히 진행되고 있으며, 또한 초고속 대용량의 데이터를 효율적으로 처리하기 위하여 광 버스트(Burst) 스위칭과 광 패킷(Packet) 스위칭 기술이 연구되고 있다. 이러한 광 스위칭 기술에서는 동일 목적지로의 연결 시 패킷(버스트)간의 충돌을 사전에 방지하고, 또한 충돌 발생시에는 데이터의 손실을 최소화하면서 충돌을 해소하기 위한 트래픽 제어 기법이 필요

하다. 즉, 동일 출력 단자로 동시에 다수의 패킷(버스트)이 출력을 원하게 되면 교환기 내에서 패킷(버스트)의 충돌이 일어나고, 이로 인해 패킷(버스트) 손실이 발생하게 된다. 광 버스트 스위칭에서는 이러한 버스트 충돌을 해결하기 위해 사용되는 대표적인 기법들로 Deflection 라우팅 방식, 파장 변환 방식, 광 버퍼링 방식 및 이들을 결합한 방식들이 사용될 수 있다.<sup>[1]</sup> Deflection 라우팅 기법은 다수의 버스트가 동일 출력 링크로 출력을 원할 경우에 우선순위가 높은 버스트 하나만 원하는 링크로 라우팅하고 나머지는 다른 경로로 보냄으로써 경쟁을 해결하는 기법이고,<sup>[2]</sup> 파장 변환 기법은 동시에 같

\* 강원대학교 전자공학과 (kakali77@hotmail.com), \*\* 강원대학교 전기전자정보통신공학부 광통신 실험실 (jeom@kangwon.ac.kr)

논문번호 : KICS2004-09-181, 접수일자 : 2004년 9월 1일

※본 연구는 광주과학기술원의 초고속 광네트워크 연구센터와 강원대학교BK21, 강원대학교 EFRC 그리고 강원대학교 정보통신연구소의 일부 지원에 의해 수행되었습니다.

은 출력 단자로 전송되고자 하는 버스트들을 서로 다른 파장으로 변환하여 충돌을 해결하는 기법이다.<sup>[3]</sup> 그리고 광 버퍼링 방식은 충돌되는 버스트들을 지연수단을 통하여 할당된 시간만큼 지연시키는 방식이다. 그러나 광소자의 기술 발전과 더불어 최종적인 단계가 될 광 패킷 스위칭에서는 광 버스트 스위칭과는 달리 패킷 단위로 스위칭이 수행되며 패킷 충돌 해결책으로써 패킷 압축역압축, 광 버퍼링 등 여러 가지 방법이 제안되고 있다

위의 두 가지 스위칭 방식에서 충돌방지를 위하여 광 버퍼링이 공통으로 사용될 수 있음을 알 수 있다. 광 버퍼링은 버퍼가 사용되는 위치, 목적, 구조 및 구성 방식에 따라 여러 가지 종류로 구분된다. 버퍼의 위치에 따라서는 입력 버퍼와 출력버퍼로 나뉘어 질 수 있으며 버퍼 구조에 따라 루프형 진행형 그리고 시차형으로 분류할 수 있다 진행형의 경우에는 루프 안에 증폭기를 필요로 하지 않는 반면 저장시간이 길어짐에 따라 하드웨어를 많이 필요로 하며, 루프형의 경우에는 루프 안에 광증폭기를 필요로 하기 때문에 버퍼 저장시간에 따라 광 증폭기로 인한 ASE(Amplified Spontaneous Emission)와 누화 잡음으로 인하여 신호의 BER(Bit Error Rate) 특성이 나빠진다<sup>[4]</sup> 그리고 구성 방식에 따라 직렬형과 병렬형으로 구분된다 직렬형 버퍼는 모든 버퍼 유니트의 동기를 맞추어 동시에 제어하여야 하므로 제어가 복잡하다 병렬형의 경우는 입력측과 출력측을 별개로 제어하므로 제어가 비교적 간편한 장점이 있다.

최근 제안된 루프형 WDM 버퍼 시스템을 살펴 보면, 첨가된 광증폭기로 인하여 야기된 ASE와 누화 잡음을 줄이기 위해 필터나 PC(Polarization Controller)등 많은 소자들을 사용하였으며 이로 인하여 시스템이 복잡해졌다<sup>[5]</sup>

따라서 본 논문에서는 WDM 네트워크에서 광 패킷(버스트) 스위칭을 구현하기 위한 핵심 요소기술 중의 하나인 전광 WDM 버퍼를 위한 간단하고 새로운 구조를 제안한다 이는 파장 변환 기법과 병렬시차형의 하이브리드 형태를 취하며 구조의 특성상 ASE와 누화잡음 등의 누적을 최소화 시킬 수 있다.

제 2장에서는 본 논문에서 제안된 전광 버퍼 시스템의 동작원리를 살펴보고 제 3장에서는 제안된 시스템의 동작을 입증하기 위한 실험 구성도 및 동작과정을 설명한다 그리고 제 4장에서는 실험 결과를 분석하며 제 5장에서 결론을 맺는다

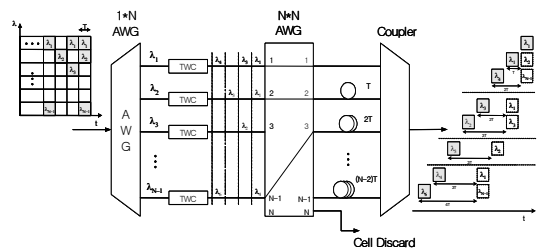


그림 1. 제안된 전광 WDM 버퍼 시스템의 구성도

## II. 제안된 버퍼 시스템의 동작원리

그림 1에서 보인 것처럼 제안된 구조에서는 입력되는 패킷들이 동일한 목적으로 출력되고자하여 서로간에 충돌이 발생할 때 파장변환기와N×N AWG(Arrayed Waveguide Grating), 그리고 이와 연결된 각기 다른 길이의 광섬유 지연기를 사용하여 이러한 충돌을 쉽게 해결할 수 있음을 보여주고 있다 이외에도 제안된 구조는 버퍼링 제한시간을 초과하는 과도한 버퍼링이 요구될 때 해당 패킷에 대한 파장변환을 통하여 이를 AWG의 폐기 전용 출력으로 라우팅시킴으로써 용이하게 해당 패킷을 폐기할 수 있는 장점이 있다.

동작원리를 순서대로 설명하기 위하여 그림의 입력단자로 들어오는 WDM 패킷들(맨 왼쪽그림)이 모두 동일한 출력단자로 전달되고자 한다고 가정한다. 1×N AWG로부터 출력된 충돌 패킷들에 대하여 먼저 제어부에 의하여 각 패킷에 대한 버퍼링 요구 시간이 결정된다 그리고 각 패킷은 해당되는 버퍼링을 제공하는 광섬유 지연기와 연결되도록 N×N AWG의 파장 라우팅 규칙에 맞추어 가변파장변환기(TWC: Tunable Wavelength Converter)에 의해서 파장 변환된다 파장 변환된 패킷들은 N×N AWG로 입력되고 N×N AWG의 파장 라우팅 규칙에 따라 각기 다른 단자로 출력된다 이때 각 패킷은 서로 다른 광섬유 지연기를 통과하면서 다른 시간지연을 겪게 되므로, 이를 통하여 동일한 목적지 주소 를 가지고 입력된 패킷들의 충돌을 피할 수 있다

## III. 버퍼링 실험

### 3.1 실험 구성도

제안된 구조의 가능성을 입증하기 위하여 그림2와 같은 실험을 수행하였다. 즉, 동시에 입력된 다른 파장의 두 광 펄스가 동일한 출력으로 출력되도록 할 때 서로 충돌하는 것을 막기 위하여 파장변

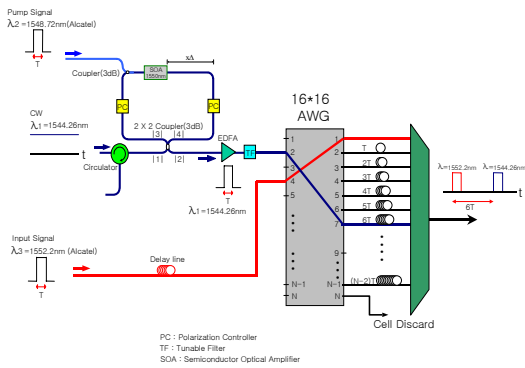


그림 2. 제안된 버퍼 시스템을 이용한 버퍼링 실험 구성도

환기와 16×16 AWG, 그리고 광섬유 지연기를 사용하여 두 광 펄스중의 하나를 버퍼링 시킴으로써 궁극적으로 두 광 펄스간에 시간지연을 야기시켰다 실험의 편의상 펄스폭은 모두 50ns로 고정하였다

### 3.2 파장변환 원리 및 과정

광펄스의 파장을 변환하기 위하여 루프 미러 (Loop Mirror)내에 SOA가 비대칭적으로 위치한 파장변환기를 사용하였다<sup>6)</sup> 파장변환기의 동작원리를 설명하면 다음과 같다 루프 미러내로 입력된 CW (Continuous Wave) 신호는 2X2 3dB 광섬유 커플러를 통과한 후에 각각 시계방향과 반시계방향으로 진행하게 된다 이때 SOA로 입사되는 입력 데이터 신호와 편광제어기가 없다면 각 방향의 진행파는 루프 내에서 각각 나름대로 위상변화를 겪게 된다 따라서 출력 단에서 두 진행파간의 위상차는 광섬유 내에서 두 방향간의 위상차와 2X2 3dB 광섬유 커플러에 의하여 겪게 되는 위상차에만 좌우된다 한편 입력 데이터 광신호와 CW 광신호가 SOA에 동시에 인가되면 식 (1)에 의하여 SOA의 굴절률이 변하게 되며, 식(2)에 의하여 SOA를 통과하는 CW 신호는 위상변화를 겪게 된다

$$\Delta n_j = \frac{\epsilon_j^{NL}}{2n_j} \approx n_2(|E_j|^2 + 2|E_{3-j}|^2) \quad (1)$$

$$\phi_j^{NL} = \frac{\omega_j z}{c} \Delta n_j = \frac{\omega_j z n_2}{c} [ |E_j|^2 + 2|E_{3-j}|^2 ] \quad (2)$$

(단  $j = 1$  or  $2$ )

위의 식은 서로 다른 두 빛  $E_1$ 과  $E_2$ 가 SOA로 인가되었을 때 굴절률의 변화  $\Delta n$ 과 이에 따른 위

상변화의 관계를 나타낸 것이다 여기서 굴절률의 변화에 따른 위상의 변화는 자신의 파워에 의해서 뿐만 아니라, 다른 빛의 파워에 의해서도 영향을 받을 수 있다.

이를 좀 더 자세히 살펴보면, 입력 데이터 광신호와 동시에 SOA를 통과하는 CW에는 두 가지가 있다. 하나는 시계방향의 CW이며, 이와 동시에 출발한 반시계 방향의 CW는  $\Delta x$ 에 의한 지연에 의하여 SOA를 동시에 통과할 수 없다 여기서 입력 데이터 광신호의 펄스폭을  $T (= 50ns)$ 라하면 비대칭 길이  $\Delta x$ 는  $T$ 보다 큰 시간지연을 제공해 주어야 하며, 본 논문에서는  $\Delta x$ 로서 12.185m의 지연을 주었다. 또 다른 하나는 이보다 앞서 광섬유 루프에 입사되었던(선입력) 반시계 방향의 CW이며, 이는  $\Delta x$ 에 의한 지연 때문에 자기보다 늦게 입사된 시계방향 CW와 동시에 SOA를 통과하게 된다 이로 인하여 입력 데이터 신호와 동시에 SOA를 통과하는 두 가지의 CW는 모두 위상변화를 겪게 되며 이들은 각각 개별적으로 2X2 3dB 광섬유 커플러의 출력에서 루프에 동시에 입사되었던 반대방향의 CW와 간섭을 일으키게 된다. 따라서 출력 |2|에서는 동일한 파장으로 파장 변환된 두 개의 신호가 연속해서 출력되며, 두 신호간의 간격은  $\Delta x$ 에 의한 시간지연과 같다. 그런데 우리에게 필요한 출력은 그 중에 하나이므로 다른 하나는 원치 않는 dummy 데이터 신호이며 이는 제거되어야 한다. 이를 제거하기 위하여 본 연구에서는 광섬유 루프 내에 편광제어기를 두었으며 SOA의 편광존성을 이용하였다 따라서 편광제어기의 적절한 조절에 의하여 dummy 데이터를 제거할 수 있으며 출력단 |1|은 입력된 신호의 반전 형태로, 출력단 |2|는 입력신호와 같은 형태(비반전 형태)로 출력된다 SOA의 이득회복 시간 (실험에 사용된 SOA에 대한 정확한 수치가 없으나 대략 60ps 정도일 것으로 사료됨)은 SOA를 사용하는 여러 시스템의 데이터 속도에 큰 영향을 주게 된다. 그러나 SOA의 성능이 많이 발전되어 현재 이를 이용한 10Gbps 나아가서는 40Gbps 시스템들이 발표되고 있다.

일반적으로 본 구조에서는 전송속도가 10Gbps 이하일 때  $(\tau + T_r)(C/n) < \Delta x < (T - \tau - T_r)(C/n)$ 을 만족하도록  $\Delta x$ 를 조절하면 된다 여기서  $\tau$ 는 입력 광펄스 폭을 나타내고,  $T_r$ 은 SOA의 이득회복 시간,  $T$ 는 입력 광펄스 주기를 나타내며  $C$ 는 광속도,  $n$ 은 광섬유의 굴절률을 나타낸다. 그러나 40Gbps의

속도에서는 RZ 패턴 광펄스의 시간 폭은 매우 작을 것이다. 예를 들면 25% duty RZ 패턴을 가지는 40Gbps 광펄스를 가정한다면 펄스폭은 6.25ps가 된다. 만약 SOA의 이득회복 시간이 12.5ps이라면 이는 펄스폭의 2배에 해당한다. 이 경우에 양방향의 CW에 대하여 광펄스 폭에 해당하는 만큼의 시간지연을 고려한다면  $\Delta x$ 는 1.2mm 정도가 된다. 이렇게  $\Delta x$ 가 작은 환경에서는 광 펄스가 SOA를 지나간 직후 그러나 아직 SOA의 이득이 회복되기 전의 상태에서 반시계방향 CW가 SOA를 통과하게 된다. 반면에 선입력된 시계방향 CW는 이득이 이미 회복된 SOA를 통과하였으므로 SOA로 입사되는 양방향 CW 빛들의 편광이 같다면 연속된 광 펄스 출력들 중에서 뒤의 광 펄스의 출력은 0가 된다. 이는 자동적으로 dummy 데이터 출력이 제거된 것을 의미하며, 따라서 소광비가 증가되는 바람직한 결과를 가져온다. 이렇게 양호한 경우는  $\Delta x = \tau(C/n)$ 이며, SOA의 이득회복 시간  $T_r$ 이  $\tau < T_r < T - 2\tau$ 인 조건을 만족할 때 얻어진다. 본 논문에서는 50ns의 광 펄스를 사용하였기 때문에 dummy 데이터가 발생하므로, 루프 미러내의 편광제어기를 조절하여 dummy 데이터를 제거하였다.

위에서 설명한 것처럼 SOA내에서는 데이터 광신호의 존재유무에 따라서 SOA를 통과하는 CW 빛이 겪게 되는 굴절률이 다르다. 보통 SOA내에 데이터 광신호가 존재하게 되면 데이터 광신호가 이득을 얻게 되기 때문에 SOA내의 캐리어의 수는 줄어들고, 이는 SOA의 굴절률을 증가시키게 된다. 따라서 시계방향과 반시계방향의 CW 빛이 SOA를 통과할 때 일어나는 두 방향간의 위상차는 간섭계의 출력에 그대로 반영이 된다. 식 (3)는 이러한 위상차를 나타내었다.

$$\Delta\Phi_{SOA} = k_0 \Delta n l \quad (3)$$

위 식에서  $k_0$ 와  $l$ 은 각각 공기 중에서의 웨이브벡터(wavevector)와 SOA 칩의 길이를 나타낸다.  $\Delta n$ 은 시계방향과 반시계방향의 CW 빛이 각각 SOA를 통과하면서 겪게 되는 굴절률의 차를 나타낸다. 즉  $\Delta n = |\Delta n_1 - \Delta n_2|$ . 그러나  $\Delta n_1$ 과  $\Delta n_2$  중 어느 하나는 실험 구조상 거의 0이다.

따라서 파장변환기의 출력 [2]에서의 출력파형은 파장은 다르지만 입력 데이터 광신호와 같은 파형을 가진 형태로 출력되게 된다. 여기서 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)는 루프 미러에서

출력되는 약한 신호를 증폭시키고, 가변필터(TF: Tunable Filter)는 입력 데이터 광신호의 파형을 가진 CW의 파장만 필터링한다.

파장변환 실험에서는 1548.72nm의 파장을 가지는 Alcatel사의 레이저 다이오드를 사용하여 입력 데이터 광신호를 발생시켰으며, CW의 광원으로는 Santec사의 Tunable LD를 사용하여 1544.26nm의 파장을 가지는 CW 신호를 발생시켰다. 그림 2에서 보여진 파장변환기를 사용하여 1548.72nm의 파장을 1544.26nm의 파장으로 변환하였으며, 이 결과는 IV장에서 나타내었다.

### 3.3 버퍼링 과정

버퍼링 과정은 AWG와 이의 각 출력에 연결된 서로 다른 길이의 광섬유 지연선에 의하여 이루어진다. 그러나 과도한 버퍼링이 요구되는 패킷에 대하여는 해당 패킷을 AWG의 폐기 전용 출력으로 라우팅 시킴으로써 쉽게 폐기처분 할 수 있다. AWG는 동일 입력단자로 입력되는 다중 파장들을 각각 다른 출력으로 라우팅시키는 수동소자이다. 그리고 입력단자와 출력단자간의 파장 라우팅은 제작 시에 정해지는 규칙에 따르게 된다.

실험 구성도에서 1548.72nm의 파장을 가지는 입력 데이터 광신호를 1544.26nm의 데이터 광신호로 파장 변환하여 이를 16×16 AWG의 2번 단자로 입력시키면 그림 3과 같은 파장 라우팅 규칙에 의하여 7번 단자로 출력된다. 7번 단자로부터의 출력펄스는 6T의 시간지연을 제공하는 광섬유 지연기를 거치게 된다. 다른 입력 광펄스(1552.2nm)는 파장 변환된 위의 펄스와 동시에 16×16 AWG로 입력되도록 하기 위하여 가변파장변환기를 거치지 않는 대신 30m의 광섬유로 지연시켰다. 그리고 16×16 AWG의 4번 단자로 입력시켜 1번 단자로 출력되게 함으로써 AWG를 통과한 후에 시간지연이 없도록 하였다.

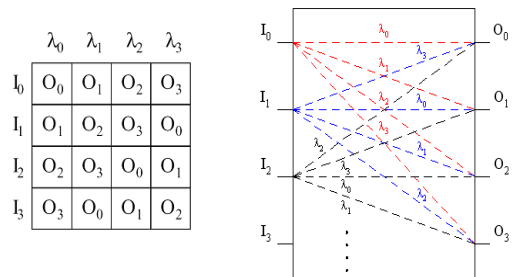


그림 3. AWG의 라우팅 규칙

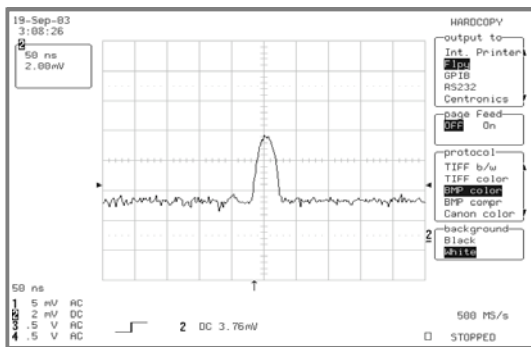
#### IV. 실험결과

파장변환 실험에서 CW의 광원으로는 Santec사의 Tunable LD(파장을 1544.26nm으로 고정)를 사용하였고, 파장변환될 입력 데이터 광신호를 위해서는 1548.72nm의 파장을 가지는 Alcatel 제품을 사용하였다. 파장변환기를 통하여 1548.72nm의 파장을 1544.26nm으로 변환하였으며, 이것이 16×16 AWG의 2번 단자로 입력되는 광 펄스에 해당한다 이 광 펄스와 동시에 16×16 AWG의 4번 단자로 입력될 또 다른 광 펄스는 1544.26nm의 파장을 가지는 Alcatel사의 레이저 다이오드를 사용하여 발생시켰다.

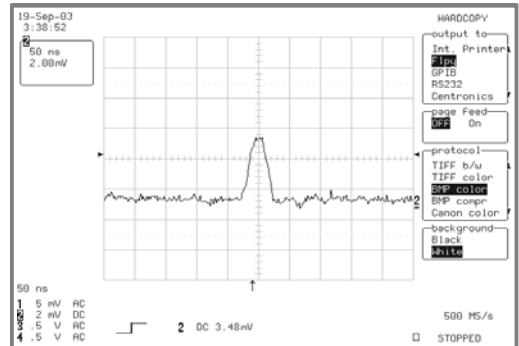
그림 4(a)는 파장 변환된 뒤 가변필터에 의해 필터링 된 광 펄스 파형을 보여주며, 원래의 데이터 파형과 동일함을 확인하였다. 그림 4(b)는 파장변환된 데이터 광신호의 스펙트럼을 보여주며 CW 광원의 파장인 1544.26nm를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이 스펙트럼은 파장변환기의 가변필터 전 단에서 측정되었기 때문에 SOA의 넓은 ASE 스펙트럼도 함께 포함되어 있음을 보여준다.

그림 5(a)는 16×16 AWG의 2번과 4번 단자로 동시에 입력되는 두 WDM 광 펄스들을 3dB 커플러로 통합하여 살펴 보았으며, 이로부터 파장변환된 데이터 광신호(1544.26nm)와 또 다른 입력 광신호(1552.2nm)가 AWG의 2번과 4번 입력 단자로 들어갈 때 동시에 입력되는 것을 즉 시간상으로 정확히 중첩되는 것을 확인할 수 있다. 그림 5(b)는 두 WDM 광 펄스들의 스펙트럼을 나타낸 것이며 앞에서 언급된 파장들(1544.26nm, 1552.2nm)과 잘 일치하고 있음을 보여준다.

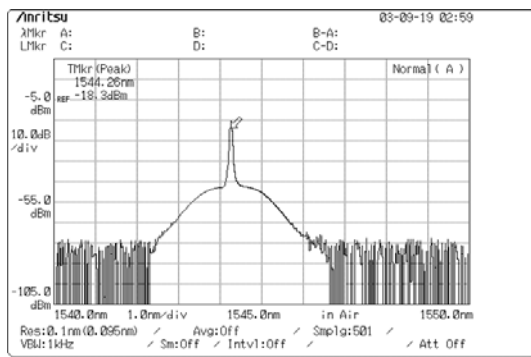
16×16 AWG의 2번 단자로 입력된 1544.26nm의 데이터 광신호는 AWG의 7번 단자로 출력되어 6T(T=50ns)의 시간지연을 제공하는 광섬유 지연기를 통과한다. 그리고 16×16 AWG의 4번 단자로 입력된 입력 광 펄스(1552.2nm)는 AWG의 1번 단자로 출력되므로써 시간지연없이 바로 출력된다 따라서 두 광 펄스간에는 최종단에서 300ns정도의 버퍼링이 얻어지는 것을 알 수 있다. 그림 6(a)를 통하여 최종 다중화가 출력단에서 버퍼링되지 않은 광신호와 버퍼링된 광신호간에 6T만큼의 시간지연이 발생하였음을 확인할 수 있다. 그림 6(b)는 최종



(a) 파장 변환된 데이터 신호

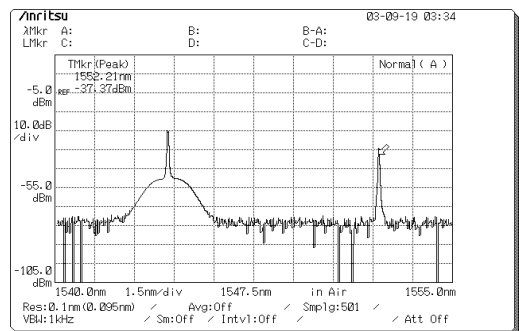


(a) N×N AWG로 입력되는 두 광 펄스의 동시 입사 상태



(b) 데이터 광신호의 스펙트럼

그림 4. 파장 변환된 데이터 신호의 파형과 스펙트럼

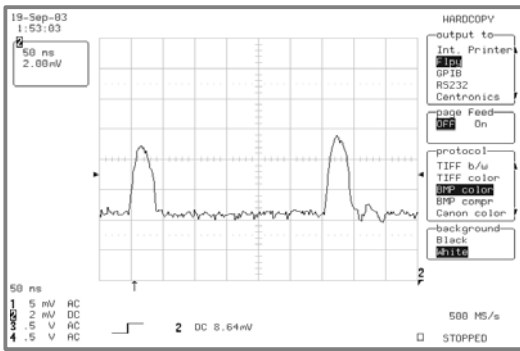


(b) 동시 입사되는 광펄스들의 스펙트럼

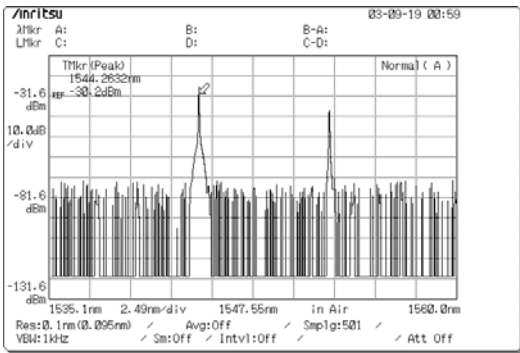
그림 5. 두 WDM 광 펄스의 N×N AWG로의 동시 입력 상태 및 스펙트럼



참고 문헌



(a) 최종 출력 신호



(b) 최종 출력 스펙트럼

그림 6. 최종 출력단에서의 파형과 스펙트럼

출력단에서의 두 광 펄스의 스펙트럼을 나타내며 앞에서 언급된 파장들(1544.26nm, 1552.2nm)과 잘 일치하고 있음을 보여준다.

V. 결론

본 논문에서는 가변파장변환기와 N×N AWG, 광섬유 지연기, 그리고 N×1 커플러를 사용한 병렬 시차형 전광 WDM 버퍼를 제안하였다. 제안된 버퍼링 구조에서는 충돌 패킷(버스트)들이 파장변환을 통한 파장라우팅에 의하여 각각 개별적인 경로를 거쳐 버퍼링되므로 ASE와 누화잡음 등의 누적이 작아서 루프형 버퍼에 비해 BER가 우수할 것으로 사료된다. 그리고 제안된 구조는 버퍼링 제한시간을 초과하는 과도한 버퍼링이 요구될 때 해당 패킷에 대한 파장변환을 통하여 이를 AWG의 폐기 전용 출력으로 라우팅시킴으로써 해당 패킷을 용이하게 폐기할 수 있다는 장점이 있다. 버퍼링을 확인하기 위하여 각각 50ns 폭을 가지는 두 WDM 광 펄스의 충돌을 해결하는 실험을 수행하였으며 버퍼링을 통하여 충돌이 잘 해결되었음을 확인하였다.

[1] C. Qiao and M. Yoo, "Optical Burst Switching(OBS) - A New Paradigm for an Optical Internet," Journal of High Speed Networks, vol. 8, no. 1, pp. 69-84, Jan. 1999.

[1] S. Yao, B. Mukherjee, and S. Dixit, "Advances in Photonic Packet Switching: An Overview," IEEE Communications Magazine, vol. 38, pp. 84-94, Feb. 2000.

[2] A. S. Acampora and I. A. Shah, "Multihop Lightwave Networks: A Comparison of Store-and-forward and Hot-Potato Routing," IEEE Transaction on Communications, vol. 40, no. 6, pp. 1082-1090, June 1992.

[3] D. K. Hunter, M. C. Chia, and I. Andonovic, "Buffering in Optical Packet Switches," IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, vol. 16, no. 12, pp. 2081-2094, Dec. 1998.

[4] S. Amstutz, "Burst switching - an introduction," IEEE Communications Magazine, vol.21, pp. 36-42, Nov. 1983.

[5] Seungwoo Yi, Kyeong-Mo Yoon, Yong-Gi Lee and Jinseob Eom, "All-Optical Wavelength Division Multiplexing Buffer System Realized Using Nonlinear optical Loop Mirror and Feedback Loop," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 43, no. 2B, pp. L237-L239, 2004.

[6] 이승우 외 4명, "RZ형 초고속 데이터에 대한 전광파장 변환기," 한국통신학회 논문지 제27권, 제 8B호, pp.826-833, 2002.

최 훈(Hoon Choi)

준회원



2003년 2월 강원대학교 전자공학과 (공학사)  
2005년 2월 강원대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
<관심분야> 광통신, 광교환, 광소자

엄진섭(Jin seob Eom)

종신회원



1982년 2월 서울대학교 전자  
공학과 (공학사)

1984년 2월 서울대학교 대학  
원 전자공학과(공학석사)

1990년 12월 미국 Texas A&M  
University 전기공학과 (공학  
박사)

1991년~1992년 한국통신 선임연구원

1992년~현재 강원대학교 전기전자정보통신공학부  
정교수

<관심분야> 광통신, 광교환, 광소자