

초고속 광 패킷 어드레스 검출을 위한 광섬유 지연선로 정합 여파기

正會員 辛宗德*, 全敏鎔**, 姜哲信***

Fiber-optic delay line matched filters for the detection of ultrafast optical packet addresses

Jong-Dug Shin*, Min-Yong Jeon**, Cheoul-Shin Kang*** Regular Members

본 논문은 1995년 숭실대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

要 約

광섬유 단면에 직접 금속 박막이 증착된 광섬유 지연선로를 이용하여 광 패킷 어드레스 검출을 위한 광섬유 정합 여파기를 제작하였다. 증착된 Cr/Au 박막의 평균 반사율은 1400~1600 nm의 파장영역에서 88 %로 측정되었다. 단면에 박막이 증착된 4개의 광섬유 지연선로와 3개의 2x2, 3 dB 광섬유 결합기로 구성된 광섬유 지연선로 정합여파기로 10 Gb/s의 비트 전송율을 갖는 8-비트 광 패킷 어드레스를 검출하는 데 성공하였다. 제작된 광섬유 지연선로 정합 여파기의 광 액세스 손실은 0.6 dB로 측정되었다. 본 여파기를 사용한 광 패킷 어드레스 검출기의 자기상관 및 교차상관 펄스 출력 파형들의 측정 결과는, 가우시안형태의 입력 어드레스 비트와 델타 함수의 여파기 임펄스 응답특성을 가정하여 계산한 상관 함수의 시뮬레이션 결과와 서로 일치하였다.

ABSTRACT

Fiber-optic delay line matched filters for the detection of ultrafast optical packet addresses have been fabricated by directly depositing metal films on fiber delay line ends. Average reflectance of Cr/Au film coated on fiber ends was measured to be 88 % in the wavelength region of 1400~1600 nm. Detection of 10 Gb/s, 8-bit optical packet addresses has been successfully demonstrated using the matched filters composed of four metal-coated fiber delay lines and three 2x2, 3 dB fiber couplers. Optical excess loss of the filters was low and measured to be 0.6 dB. We compared experimental results on auto- and cross-correlation outputs of the matched filters with the simulation results obtained by assuming that the incoming address bits are Gaussian and the impulse response of the matched filters is a delta function. Both results agree well with each other.

*숭실대학교 정보통신공학과

**한국전자통신연구소 기초기술연구부

***한남대학교 전자공학과

論文番號 : 95303-0904

接受日字 : 1995年 9月 4日

I. 서 론

단일 모우드 광섬유가 통신망에서 막대한 대역폭을 제공할 수 있는 전송 매체로서 자리를 잡은 이래, 화상전화, 디지털 TV, HDTV 등과 같은 광대역 멀티 미디어 통신 서비스의 실현에 대한 관심이 고조되고 있다. 이와 같은 여러 가지 광대역 서비스 속성들을 수용할 수 있는 망의 형태는 광 패킷 교환망이다⁽¹⁻⁵⁾. 패킷의 신호 포맷은 사용자 정보인 페이로드와, 각각의 페이로드를 통신망의 원하는 목적지 노드로 전송할 수 있도록 제어 정보가 담긴 헤더로 구성된다. 페이로드의 전송 속도는 광섬유가 제공하는 대역폭에 의해 결정되므로 이론적으로는 수십 THz까지도 가능하다. 통신망의 각 교환 노드에서는 페이로드에 부착된 헤더를 판독하여 어드레스 일치 여부를 결정하여야 한다. 그러나, 이 과정에서 광 패킷 신호를 전기적인 신호로 변환하여 어드레스를 처리하여야 하므로 헤더의 속도는 전기적 신호 처리 속도의 한계인 수십 GHz이하로 제한되게 되어 통신망의 성능에 영향을 준다. 따라서, 통신망의 성능을 보다 향상시키기 위하여 광학적인 방법에 의한 헤더 검출 방법들을 모색하여 왔다.

현재까지 제안된 광 패킷 헤더 처리 구도중에서, 반도체 광 증폭기를 광섬유 루프 거울에 내장한 구도는 반도체 증폭기 활성층에서의 이득 포화 현상을 이용하여, 두개의 펄스 사이의 간격이 어드레스 정보로 사용되는 헤더를 검출할 수 있다⁽⁶⁻⁹⁾. 또한 광섬유 상관기는 광섬유 지연선로를 이용하여 코드 분할 다중화된 광 어드레스 신호를 검출할 수 있다⁽¹⁰⁻¹²⁾. 그러나 이와같은 구도들은 다음과 같은 단점들을 갖고 있다. 루프 거울 구도의 경우 이득 회복 시간에 따른 속도의 한계와 광 증폭기에서 비선형 효과를 얻기 위하여 높은 신호 파워가 필요하며, 투과형 광섬유 상관기^(10,11)의 경우에는 부피가 큰 단점이 있다. 또한 반사형 광섬유 지연선로 정합 여파기는 반사율이 매우 낮은 유전체 거울을 광섬유에 패브리-페롯 방식으로 내장시키고 있기 때문에 높은 파워의 신호를 입사시켜야만 신호의 검출이 가능하다⁽¹²⁾. 이와같은 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 새로운 구조의 광섬유 지연선로 정합 여파기를 제안하여 기존의 광 패킷 헤더 처리 구도들의 단점들인 소모 전력 및 신호 처리 속도, 부품의 크기등을 개선시켰다.

제안된 광섬유 지연선로 정합 여파기는 광섬유 결합기

와 단면에 금속 박막이 증착된 광섬유 지연 선로로 구성되므로 다음과 같은 장점들을 갖게 된다. 첫째, 수동 소자들만으로 구성되므로 광섬유 고유의 대역폭에 의해서만 제한된 초고속 신호 처리 속도를 얻을 수 있다. 둘째, 적은 숫자의 광소자들로 구성되므로 부피가 작고 저손실이다. 셋째, 박막의 반사율이 광범위한 파장대에서 일정하므로 파장분할 다중화 시스템에서 활용 가능하다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 광 패킷 교환 노드를 위한 광섬유 지연선로 정합 여파기에 대하여 간단히 설명하고, 제 3장에서는 10 Gb/s, 8-비트 패킷 어드레스 검출기의 제작 및 상관 펄스 출력의 실험 결과에 대한 이론적인 고찰을 하였으며, 마지막으로 제 4장에서는 본 연구의 결과들을 요약하였다.

II. 광섬유 지연선로 정합 여파기

1. 광 패킷 교환 노드

참고문헌 [2]에 제안된 광 패킷 교환 노드는 그림 1과 같이 광 수신기, 광 송신기, 광 스위치, 광섬유 지연선로, 편광 조절기, 광 어드레스 처리기, 게이트 펄스 발생기, 두개의 광 증폭기, 그리고 두개의 광섬유 결합기로 구성되어 있다. 노드에서의 패킷 교환은 다음과 같이 이루어진다. 노드에 입력되는 광 패킷 신호의 일부분이 어드레스 처리를 위해 광섬유 결합기 1에서 분리된다. 분리된 광 신호는 노드의 어드레스가 지정되어 있는 광 패킷 어드레스 처리기로 입력된다. 어드레스 처리기는 광섬유 지연선로 정합 여파기의 상관 기능에 따라 입력된 어드레스가 노드의 어드레스와 같으면 자기 상관 펄스를 출력시키고, 어드레스가 서로 다르면 교차 상관 펄스를 출력시킨다. 자기상관 펄스들 중에서 중앙 펄스는 다른 모든 교차상관 펄스들 보다 항상 크기가 크므로 자기 상관 펄스의 중앙 펄스 침두치와 교차 상관 펄스의 최대 침두치 중간에 문턱값을 설정하면 용이하게 어드레스를 검출할 수 있다. 어드레스 일치 여부에 따라 어드레스 처리기는 출력 트리거 펄스를 발생시키는 데, 이 펄스 입력에 따라 게이트 펄스 발생기는 광 스위치, 광 송신기 및 광 수신기를 제어한다. 광 신호 경로에 위치한 광섬유 지연선로는 패킷 교환을 위한 어드레스 처리 경로에서 발생하는 시간 지연을 보상하여 패킷의 페이로드가 광 스위치의 입력에 도착하기 전에 광 스위치 상태를 변환시킬 수 있도록 시간지연을 준다. 패킷의 목적지

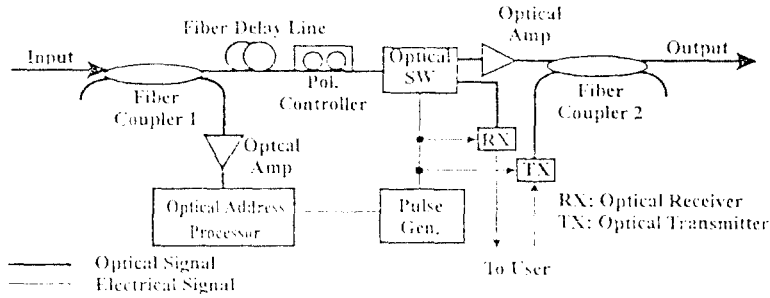


그림 1. 광 패킷 교환 노드의 구성도
Fig. 1. Schematic diagram of an optical packet switching node.

어드레스가 노드의 어드레스와 일치하지 않을 경우, 어드레스 검출기의 교차상관 펄스 출력이 문턱값보다 낮아 게이트 펄스 발생기의 출력 펄스가 발생하지 않게 되므로 패킷은 광섬유 결합기 2를 통하여 다음 노드로 전송된다. 만일 어드레스가 서로 합치하면 게이트 펄스 발생기는 디지털 레벨 "1"에 해당하는 펄스로 광 스위치를 패킷의 페이로드 시간 동안 ON시킨다. 결과적으로 이 패킷의 페이로드는 노드의 광 수신기에 의해 수신된다. 이 경우, 채널은 휴지 상태에 있게 되므로 송신 버퍼에 저장되어 있는 데이터를 광섬유 결합기 2를 통해 전송할 수 있다.

2. 제안된 광섬유 지연선로 정합 여파기

구조 및 이론

Ⅱ. 1 절에서 설명한 노드의 동작에서 알 수 있는 것과 마찬가지로, 어드레스 처리기내의 광섬유 지연선로 정합 여파기가 헤더 처리 지연시간을 감소시켜 통신망의 용량을 높이는 데 가장 중요한 역할을 한다^[2]. 그림 2는 8-비트의 어드레스 코드 (10010101)을 검출하기 위하여 제안된 광섬유 지연선로 정합 여파기의 상세도이다. 광신호의 흐름은 다음과 같다. 우선 입력 광 패킷 신호는 여파기의 입력단에 인가되어 2x2, 3 dB 광섬유 결합기들에 의해 4개의 동일한 패킷이 된 후, 여파기에 지정된 어드레스 코드를 결정하는 광섬유 지연선로에 의해 시간지연이 되어 광섬유 지연선로의 단면에 위치하는 금속 박막에 의해 반사된다. 반사된 패킷들은 광섬유 지연선로에 의해 다시 시간 지연이 된 후, 광섬유 결합기들에 의해 결합되어 상관 펄스를 발생한다.

시간상에서 어드레스 비트 간의 간격, Δ , τ 는 다음과 같이 광섬유 지연선로 길이, ΔL ,로 나타낼 수 있다.

$$\Delta L = \frac{c \Delta \tau}{2n_c} \tag{1}$$

이 식에서 c 는 진공중에서 빛의 속도이고, n_c 는 광섬유 코어의 굴절률이다. 광섬유 지연선로 정합여파기의 출력 특성, $r(\tau)$,는 다음과 같다.

$$r(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)f(\tau - t)dt \tag{2}$$

여기서 $s(t)$ 는 입력 패킷 어드레스 신호이고 $f(t)$ 는 여파기의 임펄스 응답 함수이다. 입력 패킷 어드레스는 펄스열이므로, N 개의 어드레스 비트를 갖는 입력 패킷 신호 $s(t)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$s(t) = \sum_{n=1}^N A(t - n\Delta\tau) \tag{3}$$

여기서 $A(t)$ 는 각각의 입력 어드레스 비트의 파형이며, n 은 어드레스 코드에서 비트의 위치를 나타낸다. 광섬유 지연선로 정합 여파기의 임펄스 응답 함수, $f(t)$,는

$$f(t) = \sum_{m=1}^M \gamma_{filter} \delta(t - m\Delta\tau) \tag{4}$$

로 나타낼 수 있다. 이 식에서 m 은 광섬유 지연선로 정합 여파기내의 저장된 어드레스 비트 위치이고, γ_{filter} 는 금속 박막의 반사율, R_{film} , 과 $(1 - \alpha_{filter})$ 를 곱한 값으로 표현된다. α_{filter} 는 금속 박막을 제외한 여파기의 왕복 경로에서 발생하는 빛의 손실이다. $\delta(t)$ 는 여파기의 어드레스 비트를 나타내는 델타 함수이다. 만일 $s(t)$ 와 $f(-t)$ 와의 비트열이 서로 일치할 경우, 여파기의 출

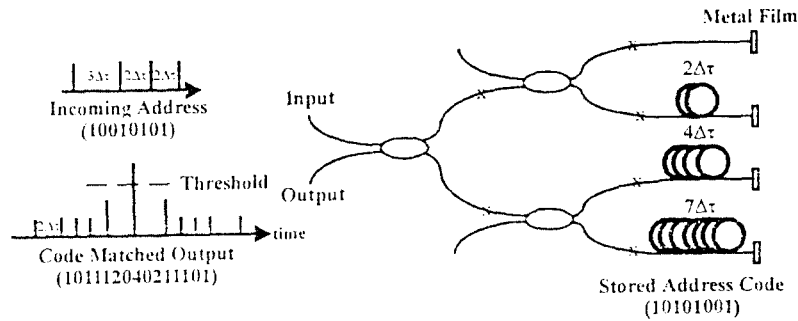


그림 2 광섬유 지연선로 정합 여파기의 구성도
Fig. 2. Schematic diagram of the fiber-optic delay line matched filter.

력은 자기 상관펄스들을 발생하며, 서로 다를 경우에는 교차상관 펄스들을 발생한다. 보다 높은 크기의 자기 상관 펄스를 발생하기 위해서는 금속 박막의 반사율, R_{film} , 를 높이고 광손실, α_{fiber} , 를 가능한 낮추어야 한다. 자기상관 펄스들의 중앙 침투치는 어드레스 코드 내의 비트 "1"의 수와 비례한다. 따라서, 상관 펄스들을 문턱값으로 검출하기 위해서는 모든 헤더의 어드레스 펄드내에 있는 어드레스 비트 "1"의 갯수를 일정한 숫자로 유지하여야 한다^[2]. 본 논문의 8-비트 어드레스 경우, 첫번째 짝과 마지막 비트 "1"의 위치를 고정시키고, 나머지 이용 가능한 6개의 어드레스 비트 위치에 2비트의 "1"을 넣어 만들어 낼 수 있는 노드 어드레스 코드의 수는 모두 15개가 된다. 만약 어드레스 검출기에 입력되는 어드레스 비트의 순서가 그림 2와 같이 (10010101) 이면 식 (2)에 의해 여파기의 자기상관 출력은 (101112040211101)이 된다.

III. 실험 결과 및 고찰

제 3장에서는 10 Gb/s, 8-비트 어드레스 코드 (10010101)을 검출할 수 있는 광섬유 지연선로 정합 여파기의 제작과정에 관하여 설명하였고, 제작된 여파기의 광 손실 측정 및 상관 펄스 출력에 관한 실험 결과와 시뮬레이션으로 얻어진 상관 펄스 출력 계산 결과를 비교 분석하였다.

1. 금속 박막이 증착된 광섬유 지연선로
- 1.1 금속 박막의 제작

1550 nm에서 광 손실이 0.22 dB/km인 색분산 천이 단일 모우드 광섬유를 실험에 사용하였다. 금속 박막을 증착하기 위해서, 우선 광섬유들을 약 40 cm 정도 길이로 자른 후, 한 쪽 끝을 클리빙하였다. 이 때 클리빙된 광섬유를 광섬유 용착 접속기에 위치시켜 단면이 광섬유 축의 직각인 면과 이루는 각도가 0.5° 이하가 되는 것 만을 사용하였다. 이와 같이 준비된 광섬유들은 클리빙된 단면들이 외부로 약 0.5 cm 정도 노출이 되도록 알루미늄 케이스의 홈에 위치시키고, 광섬유들이 홈에서 빠지지 않도록 케이스의 뚜껑을 단았다. 조립된 알루미늄 케이스를 열 증착할 수 있도록 개조된 전자 빔 증착 장치의 진공 챔버에 넣은 후, Cr과 Au를 클리빙된 광섬유 단면에 증착하였다. Au 박막이 실리카 광섬유에 용이하게 증착될 수 있는 역할을 하는 Cr을 $4-6 \times 10^{-5}$ Torr의 진공 상태에서 초당 약 0.1 nm로 증착하였고, Cr 박막 위에 Au를 3×10^{-6} Torr의 진공 상태에서 초당 약 0.1 nm로 증착하였다. Cr과 Au의 두께는 각각 약 10 nm와 101 nm이었다.

1.2 반사율 측정

광섬유 단면에 증착된 금속 박막의 반사율은 광섬유 결합기를 이용한 실험장치^[13]를 사용하여 1400 - 1600 nm 범위의 파장영역에서 광 스펙트럼 분석기로 측정하였다. 측정된 반사율은 그림 3과 같다. 광섬유 결합기의 한 쪽 입력에 백색광을 입사시키고, 다른 한 쪽의 입력 광섬유를 광 스펙트럼 분석기에 연결한 후, 광섬유 결합기의 출력 광섬유 한 가닥은 부러뜨려 이 광섬유 단면으로부터 빛이 반사되지 않도록 한다. 광섬유 결합기의

나머지 출력 광섬유의 단면을 클리빙하여 이 광섬유 단면과 공기와의 인터페이스로부터 프레넬 반사되는 스펙트럼을 반사율 측정시의 기준치, $I_{R.ref.}$ 으로 정한다. 그림 3의 하단 곡선 (b)는 이와 같이 측정된 프레넬 반사 스펙트럼을 보여 주고 있다. 반사율 기준치의 측정이 끝난 후, 광섬유 지연 신호의 금속 박막이 증착되지 않은 쪽을 클리빙한다. 광섬유 결합기의 클리빙된 출력 광섬유와 클리빙된 광섬유 지연신로를 광섬유 융착 접속기 내에서 정렬시킨다. 이 때, 서로 마주 보는 광섬유 사이에 미세 공극이 존재하게 되므로 패브리-페롯 캐비티가 형성되어 간섭현상이 일어나게 된다. 그림 3의 중간에 위치한 정현파형 곡선은 이와 같이 공극을 갖는 패브리-페롯 캐비티로부터 반사된 빛과 이 캐비티에서 광섬유 지연선로 반대쪽에 위치한 금속 박막으로부터 반사된 빛의 세기로 이루어진 스펙트럼을 보여주고 있다. 융착 접속기에 방전 펄스를 가해 광섬유들을 연결시킨 후에 금속 박막으로부터 반사되는 빛, $I_{R.film.}$ 을 측정한다. 스펙트럼은 그림 3의 상단에 위치한 곡선 (a)와 같다.

광섬유 지연선로에 증착된 금속 박막의 반사율, $R_{film.}$ 은 아래의 공식에 의해 계산할 수 있다.

$$R_{film.} = R_{ref.} \frac{I_{R.film.}}{I_{R.ref.}} \tag{5}$$

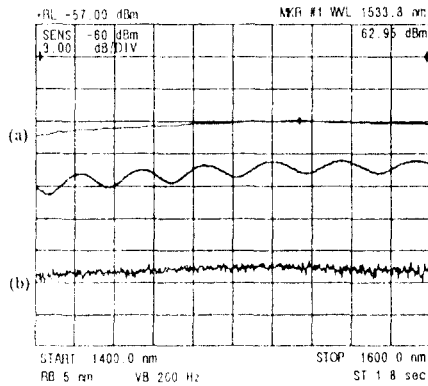


그림 3. 광섬유 단면에 증착된 Cr/Au 박막의 반사율 스펙트럼
(a) 광섬유 단면에 증착된 Cr/Au 박막으로부터 반사된 파워 ($I_{R.film.}$)
(b) 광섬유 단면으로 부터 반사된 파워($I_{R.ref.}$)

Fig. 3. Reflectance spectra of the Cr/Au film deposited on a fiber end: (a) measured power reflected from the Cr/Au film deposited on a fiber end ($I_{R.film.}$); and (b) measured power reflected from a bare fiber end ($I_{R.ref.}$).

이 식에서 실리카 광섬유의 프레넬 반사율은 다음과 같다.

$$R_{ref.} = \left[\frac{n_c - 1}{n_c + 1} \right]^2 \tag{6}$$

광섬유 코어의 굴절률, n_c 가 1.46인 경우, $R_{ref.}$ 는 3.5 %이다. 측정된 스펙트럼과 식(5), (6)에 의해 계산된 금속 박막의 반사율, $R_{film.}$ 은 1544nm의 파장에서 약 88 %이다. 금속 박막의 손실 12 %는 광섬유와 박막의 인터페이스에서 발생하는 빛의 산란에 때문인 것으로 추정된다.

측정된 반사율 스펙트럼 그림 3에 나타난 것과 같이 광섬유 단면에 증착된 금속 박막의 반사율이 1.5 μ m 파장대역에서 평탄하기 때문에, 이와 같은 금속 박막이 증착된 광섬유 지연선로를 이용한 광신호 처리 소자들을 WDM시스템에서 충분히 활용가능하다.

2. 광섬유 지연선로 정합 여파기의 제작 및 특성 분석

10 Gb/s, 8-비트 광 패킷 헤더 검출을 위한 광섬유 정합 여파기를 제작하고 특성을 측정하기 위하여 그림 4의 실험 장치를 사용하였다. 500MHz의 정현파를 광섬유 피그테일된 1550 nm DFB 레이저 다이오드에 인가

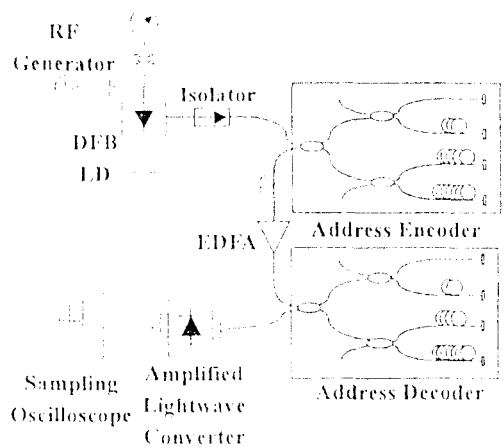
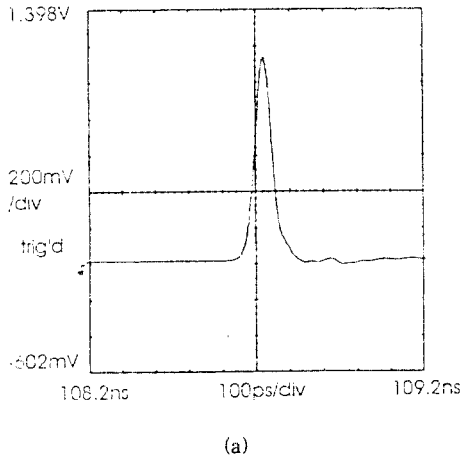
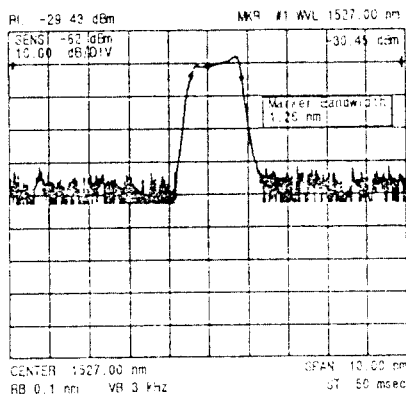


그림 4. 광섬유 정합 여파기 제작 및 특성 측정을 위한 실험 장치
Fig. 4. Experimental setup for fabricating and characterizing the fiber-optic matched filters.

하여 FWHM 펄스 폭이 50 ps 이하이며, FWHM 선폭이 1.26 nm인 펄스를 발생시켰다. 측정된 펄스의 파형은 그림 5와 같다. 레이저 다이오드의 출력 펄스를 광절연기를 통해 어드레스 부호화기에 입력시켜 어드레스 코드를 발생시켰다. 어드레스 부호화기의 출력은 980 nm의 레이저 다이오드의 펌프 파워가 5 mW로 조정된 어블침가 광섬유 증폭기를 통해 어드레스 검출기에 연결하였다. 어드레스 검출기의 출력은 15 GHz의 대역폭과 300A/W의 변환 이득을 갖는 광전 변환기를 거쳐 20 GHz 샘플링 오실로스코프에 연결하였다.



(a)



(b)

그림 5. 이득 스위칭된 광 펄스 파형
(a) 시간 영역에서 측정된 파형, (b) 파장 영역에서 측정된 파형
Fig. 5. Gain-switched light pulse waveforms measured in (a) time and (b) wavelength.

2.1 광섬유 지연선로 정합 여파기의 제작

어드레스 부호화기는 3개의 2×2, 3 dB 광섬유 결합기와 Cr/Au 박막이 증착된 4개의 광섬유 지연선로로 구성되었다. 첫번째 광섬유 결합기의 출력 광섬유들 중 한가닥은 두번째 광섬유 결합기의 입력 광섬유 중 하나와 용착 접속하였고, 나머지 출력 광섬유는 세번째 광섬유 결합기의 입력 광섬유 중 하나와 용착 접속하였다. 두번째와 세번째 광섬유 결합기의 출력 광섬유들을 클리빙한 후, 첫번째 광섬유 결합기의 입력 광섬유에 레이저 펄스를 인가하였다. 첫번째 광섬유 결합기의 나머지 입력 광섬유에서는 두번째와 세번째 광섬유 결합기의 출력 광섬유 4개로 부터 프레넬 반사되는 펄스들의 시간 차를 측정하였다. 프레넬 펄스들의 시간 차이와 식 (1)을 이용하여 금속 박막이 증착된 광섬유 지연선로의 길이를 결정하여 클리빙한 후 각각의 광섬유 지연선로를 두번째와 세번째 광섬유 결합기의 출력 광섬유에 용착 접속시켜 어드레스 부호화기를 완성하였다.

자기상관 펄스 출력을 얻을 수 있도록, 10 Gb/s의 어드레스 코드 (10010101)를 발생하는 어드레스 부호화기를 제작하였다. 광섬유 지연 선로의 왕복 시간 지연 오차는 5 ps 이하가 유지되도록 하였다. 교차 상관 펄스 출력을 얻기 위해서 다른 하나의 어드레스 코드 (10011001)를 발생하는 어드레스 부호화기를 제작하였다. 이와 마찬가지로 첫번째 어드레스 부호화기의 코드와 역인 (10101001) 코드를 갖는 광 패킷 어

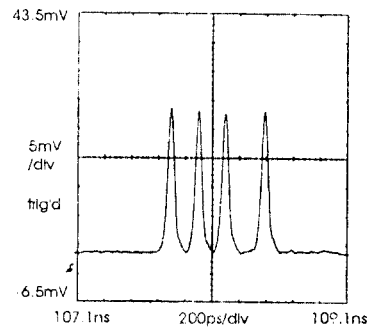


그림 6. 어드레스 (10010101) 검출을 위한 어드레스 검출기의 코드 (10101001)
Fig. 6. Code of (10101001) within the address detector for the detection of address (10010101).

드레스 검출기를 제작하였으며, 단일 펄스를 이 어드레스 복호화기에 입력하였을 때 측정된 출력 파형은 그림 6과 같다.

2.2 광섬유 패킷 어드레스 검출기의 특성 분석

단일 펄스를 어드레스 부호화기에 입력하였을 때, 출력되는 4개의 펄스중 한개의 펄스의 첨두치는 입력 펄스의 첨두치에 비해 약 12.6 dB 낮았다. 입력 펄스에 대한 각 출력 펄스의 진폭비는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\gamma_{filter} = R_{film}(1-\alpha_{filter})=R_{film}2^{2m}(1-\alpha_{splice})^n \quad (7)$$

이식에서 $m(=2)$ 는 3 dB 결합기의 숫자이고, α_{splice} (≈ 0.02 dB)는 평균 용착 접속 손실, 그리고 $n(=3)$ 은 용착 접속점의 갯수를 나타낸다. 빛이 2개의 3 dB 광섬유 결합기를 왕복할 경우, 입력에 비해 12 dB 감소하게 된다. 따라서, 각 광섬유 지연선로 정합 여파기의 광 액세스 손실은 0.6 dB이다.

어드레스 코드 (10010101)과 (10011001)을 어드레스 검출기에 입력시켜 측정한 자기상관 및 교차상관 펄스 출력은 그림 7(a), (b)와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 자기상관 출력은 (101112040211101)이며 교차상관 출력은 (100211131121101)을 얻었다. 상관 펄스

출력 모두 제 2절에서 설명한 이론과 일치함을 알 수 있다. 광원의 FWHM 선폭 1.26 nm에 해당하는 코히어런스 길이는 약 1.8 mm로서 광섬유 지연선로의 최소 길이인 10 mm보다 짧아 간섭 현상은 발생하지 않았다. 오실로스코프에 나타난 상관 펄스들의 파형은 광전 변환기의 대역폭에 의해 펄스의 폭이 제한됨을 보여주고 있다. 측정된 상관 펄스의 출력으로 부터, 어드레스가 서로 일치하는 경우에는 중앙 펄스의 높이($=4$)가 어드레스가 일치하지 않을 경우의 중앙 펄스 높이($=3$)보다 큰 것을 알 수 있다. 따라서, 본 실험에서는 광섬유 지연선로 정합 여파기를 이용한 광 패킷 어드레스 검출기로 10 Gb/s, 8-비트 광 어드레스 (10010101)를 성공적으로 검출하였다.

2.3 상관 펄스 출력 시뮬레이션

이상의 실험 결과를 아래와 같은 가정하에 계산된 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 우선, 각각의 입력 어드레스 비트 "1"은 다음의 가우시안 형태로 가정하였다.

$$s_n(t) = \exp[-(4\ln 2)(t-n\Delta\tau)^2/\tau_p^2] \quad (8)$$

여기서 n 은 어드레스 코드내에서의 비트 위치를 나타낸다. 또한, 어드레스 검출기내에 저장된 각 어드레스 비트는 다음과 같이 첨두치가 1인 델타 함수로 가정하였

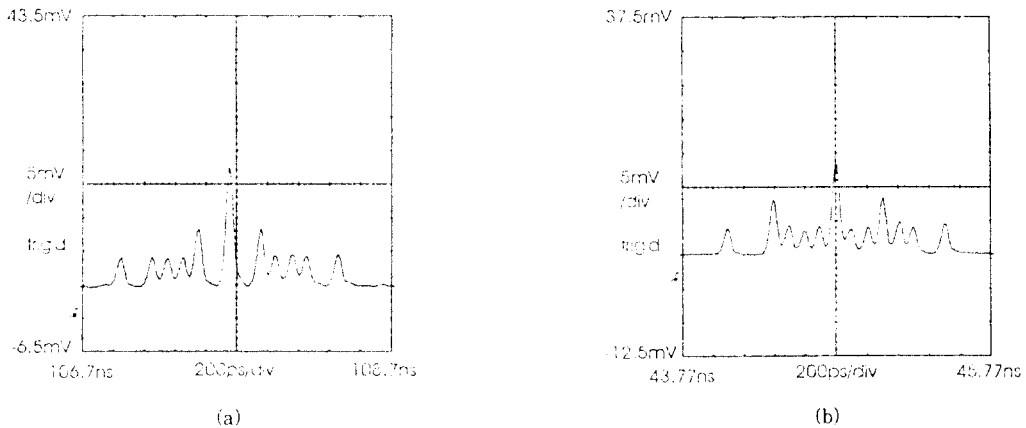


그림 7. 측정된 상관 펄스
(a) 자기 상관 펄스열 (101112040211101)
(b) 교차 상관 펄스열 (100211131121101)

Fig. 7. Measured: (a) auto-correlation pulse sequence of (101112040211101); and (b) cross-correlation pulse sequence of (100211131121101).

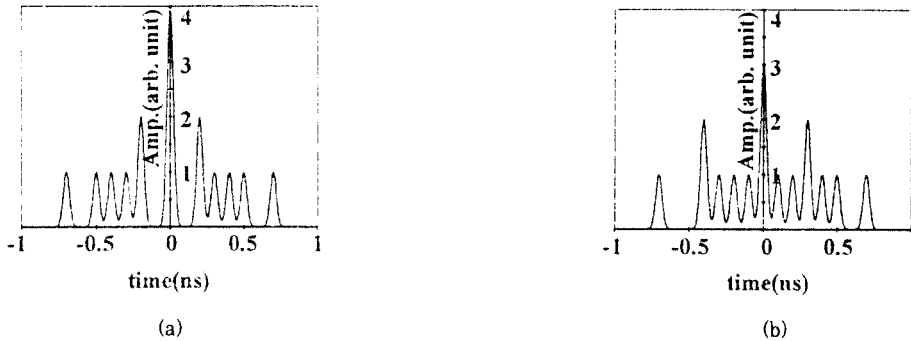


그림 8. 시뮬레이션 결과 (a) 자기 상관 출력과 (b) 교차 상관 출력
 Fig. 8. Simulation results of (a) auto-correlation and (b) cross-correlation outputs.

다.

$$f_n(t) = \exp[-N(t-n\Delta\tau)^2] \tag{9}$$

N은 델타 함수의 뾰족함을 조절하기 위한 정수로서 시뮬레이션에서는 100,000을 사용하였다. 식 (8)과 (9)를 식 (2)에 대입하여, 입력 어드레스 코드 (10010101)과 (10011001)에 대하여 상관 펄스 출력을 계산하였다. FWHM 펄스폭, τ_p , 를 50 ps 로 가정하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 얻은 자기상관 펄스와 교차 상관 펄스의 계산 결과는 그림 8과 같다. 그림 7과 8을 비교하면 상관 펄스들의 실험 결과와 시뮬레이션에 의한 계산 결과가 서로 일치함을 알 수 있다.

IV. 결 론

광섬유 단면에 Cr/Au 박막이 증착된 광섬유 지연선로를 이용한 새로운 구조의 광섬유 지연선로 정합 여파기를 제안하였으며, 제작된 여파기를 이용하여 10 Gb/s, 8-비트 광 어드레스 코드를 성공적으로 검출하였다. 제작된 8-비트 어드레스 검출기의 평균 광 액세스 손실은 0.6 dB이었다. 본 광섬유 정합 여파기를 사용하여 패킷 어드레스 검출 실험 결과는 시뮬레이션에 의해 얻은 계산 결과와 일치하였다. 제안된 어드레스 검출기 구조에서 광섬유 결합기와 금속 박막이 증착된 광섬유 지연선로의 갯수를 조정하면 다른 길이의 어드레스 코드를 제작할 수 있으며, 광섬유 지연 선로의 길이를 조정하면 보다 높은 전송율을 갖는 광 어드레스 검출기

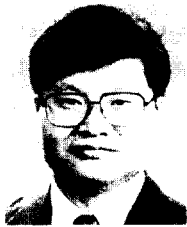
의 구현이 용이하다. 또한 광섬유에 증착된 금속 박막이 파장에 무관하게 일정한 반사율 특성을 보이므로, 본 연구에서 제안된 금속 박막이 증착된 광섬유 지연선로를 이용한 초고속 신호 처리 소자들은 WDM 시스템에서 활용 가능하다.

참고문헌

1. R. M. Fortenberry, Y. Cai, and R. S. Tucker, "Optically transparent node for a multiple-bit rate photonic packet-switched local area network," OFC/IOOC '93 Technical Digest, pp.21-22, 1993.
2. Jong-Dug Shin, Je-Myung Jeong, and Cheoul-Shin Kang, "Photonic Packet Switching Device for WDM Based Optical Ring Networks," in Transport Technologies for Broadband Optical Access Networks, Robert A. Cryan, John M. Senior, Winston I. Way, Editors, Proc. SPIE, vol. 1974, pp.221-229, 1993.
3. A. Bononi, F. Forghieri, and P. R. Prucnal, "Design and channel constraint analysis of ultrafast multihop all-optical networks with deflection routing employing solitons," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 11, pp.2166-2176, 1993.
4. Cheoul-Shin Kang, Byung-Seok Park, Jong-

Dug Shin, and Je-Myung Jeong, "A Broadband Ring Network: Multichannel Optical Slotted Ring," Computer Networks and ISDN Systems (in press), Vol. 27, pp.1387~1398, 1995.

5. F. Forghieri, A. Bononi, and P. R. Prucnal, "Novel packet architecture for ultrafast all-optical networks," OFC/IOOC '93 Technical Digest, pp.198-199, 1993.
6. M. Eiselt, "Optical loop mirror with semiconductor laser amplifier," Electron. Lett., vol. 28, pp.1505-1507, 1992.
7. M. Eiselt, W. Peiper, and H. G. Weber, "New optical correlator technique for header recognition in self-routing networks," OFC/IOOC '93 Technical Digest, pp.199-200, 1993.
8. I. Glesk, J. P. Sokoloff, and P. R. Prucnal, "All-optical address recognition and self-routing in a 250 Gbit/s packet-switched network," Electron. Lett., vol. 30, pp.1322-1323, 1994.
9. J. P. Sokoloff, P. R. Prucnal, I. Glesk, and M. Kane, "A terahertz optical asymmetric demultiplexer(TOAD)," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 5, pp.787-790, 1993.
10. P. R. Prucnal, D. J. Blumenthal, and P. A. Perrier, "Self-routing photonic switching demonstration with optical control," Opt. Eng., vol. 26, pp.473-477, 1987.
11. W. C. Kwong and P. R. Prucnal, "Programmable ultrafast all-optical code-division multiple access networks," OFC/IOOC '92 Technical Digest, p. 134, 1992.
12. S. Gweon, C. E. Lee, and H. F. Taylor, "Programmable fiber optic signal processor," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 2, pp.382-384, 1990.
13. Jong-Dug Shin and Henry F. Taylor, "Dielectric Mirror Embedded Optical Fiber Couplers," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 12, pp.68-73, 1994.



辛 宗 德(Jong-Dug Shin) 정희원

1976년~1981년: 연세대학교 전자공학과(학사)

1984년~1987년: University of Texas at Austin, 전기 및 컴퓨터공학과(석사)

1988년~1991년 : Texas A&M University, 전기공학과(박사)

1980년~1983년: 대영전자공업(주) 근무

1991년~1995년: 한국전자통신연구소 선임연구원

1995년~현재 : 숭실대학교 정보통신공학과 조교수

*주관심 분야 : 광통신시스템, 광교환, 광통신망, 광신호처리, 광섬유소자

全 敏 錄(Min-Yong Jeon) 정희원

1984년~1988년: 한양대학교 물리학과(학사)

1988년~1990년: 한국과학기술원 물리학과(석사)

1990년~1994년: 한국과학기술원 물리학과(박사)

1994년~현재 : 한국전자통신연구소 선임연구원

*주관심 분야 : 광통신, 광섬유 레이저, 광 센서



姜 哲 儻(Cheoul-Shin Kang) 정회원

1972년~1979년: 한양대학교 전자공학과(학사)

1984년 : Oregon State University, 전기 및 컴퓨터공학과(석사)

1987년 : Oregon State University, 전기 및 컴퓨터공학과 (박사)

1978년~1982년: 금성사 중앙연구소 연구원

1987년~1992년: 미국 American University, 전산정보학과 조교수

1990년~1991년: 미국 연방 국방정보부(DIA), 컴퓨터통신분야 초청교수

1991년~1992년: 한국전자통신연구소, 선임연구원

1992년 4월 : *IEEE Annual International Phoenix Conference on Computers and Communications*, Tutorial 초청강사

1992년~현재 : 한남대학교 전자공학과 부교수

1990년~현재 : 국제학술지, *International Journal of Computer and Software Engineering* 편집위원

1991년~현재 : 국제학술대회, *International Conference on Computer Communications and Networks(IC³N)* 常任위원

1982년~현재 : IEEE, ACM 정회원

1984년~현재 : Phi Kappa Phi(ΦKΦ) 정회원

1988년~현재 : Sigma Zι(ΣZ) 정회원

*주관심 분야 : ATM LANs/MANs, 광통신망, 통신망 정보보호