

하다마드변환을 이용한 광소자 정렬용 다채널 광파워미터

論 文
55D-5-2

Multiple Channel Optical Power Meter for Optical Alignment using Hadamard Transform

郭基錫* · 趙南元* · 尹泰星** · 朴珍培***

(Kwak, Ki-Seok · Cho Nam Won · Tae Sung Yoon · Jin Bae Park)

Abstract - In this paper an optical power meter using Hadamard transform, which can be used in multiple channel optical elements alignment system, is proposed. A traditional optical power meter in multiple channel optical elements alignment system is able to judge how well the elements are aligned each other by measuring optical power of the first and the last two channels with at least two detectors. It has critical drawback that the alignment accuracy per channel is dependent on the number of detectors. The proposed optical power meter can get noise reduction by the Hadamard transform based multiplexing technique. The Hadamard transform based multiplexing technique using spatial light modulators is distinguished by the best enhancement of signal-to-noise ratio (SNR) for the reconstructed signals. Moreover, the noise reduction increases with increasing the order of multiplexing, namely the number of optical element channels. The proposed system is implemented by PDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal) mask which is operated by electric filed and generates optimal multiplexing patterns based on the Hadamard transform and single detector. It means that we obtain not only the each channel's optical power of multiple channel elements at once but also the best enhancement of SNR with single detector. Experimental results show that the proposed optical power meter is suitable for an active optical alignment system for multiple channel optical elements.

Key Words : Optical Alignment System, Optical Power Meter, Multiplexing, Hadamard Transform

1. 서 론

사회가 고도의 정보화 사회로 변화함에 따라 고속화, 고화질의 신호전송을 위한 서비스의 수요가 급격히 증가하고 있으며 이에 따라 광섬유를 기반으로 하는 광통신은 필수 불가결한 요소가 되었다. 광통신 시스템은 여러 가지 광도파로 형태를 지닌 광소자들을 수반하므로 광섬유와 광도파로 소자간의 효율적인 광학적 접속에 대한 요구가 증가하고 있으며 이러한 광소자들을 생산함에 있어서 광소자의 저가 격화와 고효율성이 중요한 문제로 부각 되고 있다. 광소자의 생산에서 도파관과 광섬유간의 복잡한 정렬에 필요한 패키지 비용은 제조단가의 많은 비중을 차지하고 있다[1]. 그러므로 광소자의 생산비용을 줄이기 위해서는 모듈의 구조를 간단하게 하고 광섬유와 도파관의 결합을 자동화하여 인건비를 줄이고 제품의 생산 시간을 단축시켜야 한다.

광섬유와 소자 사이의 광학적인 정렬과 접속 공정은 부품 성능 향상 및 공정 자동화 여부의 관건이 되는 중요한 기술이다. 하지만 이러한 광학적인 정렬과 접속 공정은 평면도

파로 형 분배기와 같은 광통신 부품 생산 공정에 적용되는 광량 측정 기술의 한계, 즉, 광소자의 채널수가 증가할수록 정렬하고자 하는 광소자의 모든 채널의 정렬 여부를 정확히 검출할 수 없는 문제로 많은 발전이 이루어지지 못했다.

기존의 자동 정렬 시스템에 적용된 광량 측정 방식은 정렬하고자 하는 광소자의 양쪽 끝 최 외곽 채널에 각각 검출기를 설치하여 두 검출기에서 측정되는 광량의 합이 최대가 되는 지점을 최적의 정렬 위치로 결정한다[2]. 이러한 방식은 정렬하고자 하는 소자의 채널수가 증가할수록 각각의 채널별 정렬 여부를 정밀하게 판정하지 못하는 단점이 있다. 다채널 광소자의 모든 채널의 정렬 여부를 판정하기 위해서는 한 개의 검출기를 이용하여 정렬하고자하는 소자의 모든 채널을 순차적으로 측정하여 최적의 정렬 지점을 찾는 방법과 정렬하고자 하는 소자의 채널 수 만큼의 검출기를 이용하여 한번에 측정하는 방법이 있으나 이는 공정의 시간적, 경제적인 면에서 비효율적이다. 따라서 대용량의 데이터 처리 요구에 맞추어 광소자의 다채널화가 보편화 되고 있기 때문에 자동 정렬 시스템에 적용 가능한 다채널 광파워미터의 개발이 절실히 요구 되고 있다.

본 논문은 이러한 기존의 다채널 광소자 광량 측정 방식의 단점을 보완하기 위해 하다마드(Hadamard) 행렬 패턴을 가진 PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal) 마스크를 적용하고 단일 검출기를 사용하는 다채널 광파워미터를 제안한다. 제안하는 시스템에서는 광원에서 나오는 빛을 정렬하고자 하는 소자의 채널 수 만큼 분광을 시킨 후 그 빛을

† 교신저자, 正會員: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
E-mail: kwakks@yonsei.ac.kr

* 正會員: LG전자

** 正會員: 창원대학교 전기공학과 교수

*** 正會員: 연세대학교 전기전자공학과 교수

接受日字: 2006年 1月 26日

最終完了: 2006年 2月 26日

정렬 하고자 하는 두 개의 광소자 사이를 통과하게 만든 후 마스크와 렌즈를 통해 한 개의 검출기에 집광된 광량을 하다마드 변환 복원 연산 과정을 통해서 정렬하고자 하는 광소자의 각 채널별 광량을 얻을 수 있다. 전기적인 신호로 작동되는 마스크와 하다마드 변환을 이용한 다중화 측정 방법을 이용함으로써 빠르고 정확하게 채널별 광량 측정이 간단하고 단일 검출기를 이용함으로써 매우 경제적인 장점이 있다.

제작된 다채널 광파워미터를 사용하여 실제 실험을 통해 제안하는 광량 측정 시스템이 다채널 광소자 정렬용으로 적용 가능함을 보인다.

2. 광 정렬 시스템

2.1 광 정렬 시스템의 개념

광섬유를 이용한 통신기술이 발달함에 따라 산업계에서 광소자의 정렬 기술이 중요한 문제로 인식되고 있으며 광전기소자의 생산 공정에서 광소자간 정렬의 정확도와 그 효율을 높이기 위한 많은 연구가 진행되고 있다[3]. 광소자의 정렬은 두 광섬유간의 연결뿐만 아니라 광섬유와 포토다이오드(photo diode)와 같은 광원소자와의 연결, 그리고 광섬유배열과 광도파로간의 연결에서 반드시 필요한 공정이다.

전기 신호의 전송에 사용되는 금속 도선간의 연결의 경우 전기 신호는 두 도선이 서로 연결만 되어 있다면 전기의 흐름이 이루어지기 때문에 비교적 연결이 쉬우며 정렬의 문제가 크게 대두 되지 않는다. 그러나 광섬유간의 연결은 수 마이크로 단위의 범위 내에서 이루어지기 때문에 높은 정밀도가 요구된다.

그림 1은 전형적인 광섬유의 정렬을 나타낸다.

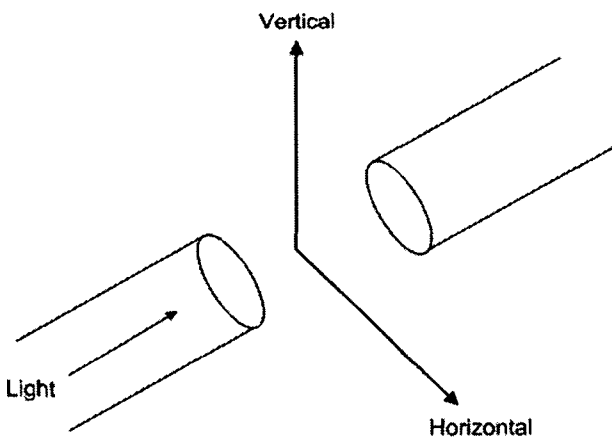


그림 1. 광섬유 정렬
Fig. 1. Optical fiber alignment

그림 1과 같이 서로 정렬하고자 하는 두 개의 광소자들이 정렬기 위에 있다면 그 중 한 개의 광소자는 고정시키고 또 다른 광소자는 수직과 수평축으로 움직일 수 있는 선반위에 놓은 후 광원을 첫 번째 광소자에 입사시키고 그 나오는 빛이 두 번째 광소자에 투과된 후 검출기를 통해 최종 광량이 최대가 되었을 때를 두 광소자간의 최적의 정렬 위치로 결

정하고 두 광소자를 접합한다.

그림 2는 두 개의 광섬유간의 연결에 있어서 정렬이 되지 않음으로 인해 접속 손실이 일어날 수 있는 경우의 예를 나타낸다. 광소자의 정렬은 자동화된 시스템에서 이루어지게 된다.

그림 3은 전형적인 광소자 자동 정렬 시스템의 대략적인 구조를 나타낸다. 자동 광 정렬 시스템은 광원(light source), 정렬 스테이지(alignment stage), 스테이지 컨트롤러(stage controller), 광파워미터(optical power meter)와 제어 PC(controlling PC)로 구성된다.

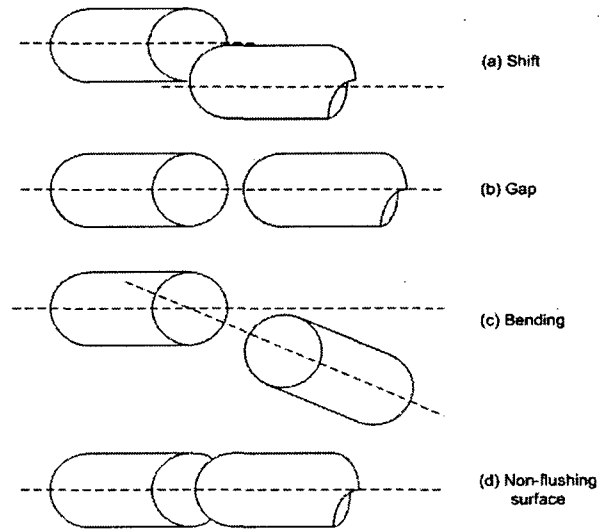


그림 2. 접속 손실 발생의 예
Fig. 2. Factors for connection loss

자동 광 정렬 시스템에서의 광 정렬 작업은 두 단계로 이루어지게 되는데, 첫 번째 단계는 대략적인 광량이 시스템을 통해 측정될 수 있도록 광소자들을 서로 가깝게 위치시키는 선정렬(pre-alignment)과 최종 광소자를 통해 나오는 광량이 최대가 되도록 해주는 자동정렬(auto-alignment)로 이루어진다.

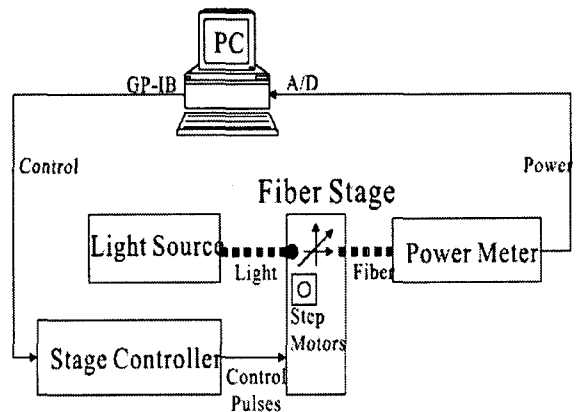


그림 3. 자동 광 정렬 시스템의 대략도
Fig. 3. Automatic fiber alignment system

자동 광 정렬 시스템에서 광소자간의 정렬은 광소자간의 전송 손실을 최소로 하는 최적의 정렬 위치를 찾는 것이며 이를 위해 정렬 하고자 하는 두 개의 광소자를 통과한 광량을 광파워미터로 측정하여 그 측정된 정보를 스테이지 컨트롤러에게 돌려준다. 스텝모터로 구동되는 스테이지 컨트롤러는 광파워미터에서 받은 정보를 이용하여 정렬 하고자 하는 광소자의 위치를 공간상에서 마이크로 단위로 미세하게 이동시키면서 두 소자간의 전송 손실이 최소가 되는 점을 찾는 과정을 반복함으로써 정렬을 한다[4]. 이러한 연속적인 피드백 작업을 통해 최적의 정렬점을 찾게 되면 두 광섬유를 접합시킨다.

현재 사용되고 있는 광소자의 정렬 방법에는 크게 수동정렬방식(optical passive alignment)과 능동정렬방식(optical active alignment)이 있다[5].

2.2 광 수동 정렬

광 수동 정렬에 있어서 최적의 정렬 위치는 미세광학 상기하학적인 정렬선이 광학 중심선에 있다는 전제로써 결정된다. 검출기에서 측정되는 광신호가 아니라 매우 정밀한 정렬 특성을 가진 장치에 의해 정렬이 결정되기 때문에 레이저나 포토다이오드와 같은 광원이 필요 없으며 대신에 접착기면을 규격화 할 수 있는 V-groove에 광소자를 올려 위치 이동할 수 있는 장치로 광학 정렬을 하게 된다[6].

그러나 이러한 수동정렬방식은 광섬유로 광결합 되는 정도를 확인하지 않고 정렬하는 방법으로 능동정렬방법에 비해서 정렬시간을 단축시킬 수 있고 경제적인 장점이 있는 반면에 광결합 효율이나 수율이 떨어진다는 단점이 있다.

2.3 광 능동 정렬

능동정렬은 먼저 마이크로 대물렌즈를 이용한 시각적인 방법을 통해서 대략적인 정렬을 한 후에 미세조정을 통해서 최적의 정렬 위치를 결정한다.

능동 정렬의 수행조건은 광소자 양 끝단에 있는 각 광원에 전압을 인가시켜 빛을 생성 시킨다. 그리고 광소자와 광섬유는 기계적으로 위치 이동 없이 광량을 충분히 흡수 할 수 있는 큰 면적의 검출기 앞에 위치시킨 후, 검출기의 신호가 최대가 되도록 광소자와 광섬유의 위치를 미세하게 조정하여 서로 정렬을 시킨다[7]. 능동정렬방식은 광원으로 사용되는 레이저 소스에서 나오는 빛이 광섬유로 광결합 되는 정도를 확인하면서 정렬하기 때문에 많은 비용과 시간이 소요된다는 단점이 있지만 수동정렬방식에 비해 효율이 좋기 때문에 생산 공정에서 많이 사용되는 방식이다.

따라서 능동정렬방식의 단점인 정렬시 소요되는 시간과 높은 생산단가를 줄이고 수동정렬방법의 장점인 빠른 시간 단축과 저가격화를 구현하는 것이 자동 광 정렬 시스템에서 중요한 문제라 할 수 있다.

3. 다채널 광소자의 광 측정 방식

3.1 기존의 다채널 광소자 정렬 시스템의 광 측정 방식

최근 광소자들이 다채널화 됨에 따라 다채널 소자의 정렬

시스템에 적합한 광 측정 기술이 요구되고 있다. 다채널 광소자의 정렬 시스템에서 가장 중요한 문제는 정렬 하고자 하는 광소자간 각 채널별 정렬이 얼마만큼 이루어 졌는가를 측정하는 것이다. 기존의 다채널 광소자 정렬 시스템에서 사용되는 측정 방식은 정렬 하고자 하는 광소자의 채널 중에서 최 외곽 채널 양쪽 끝에만 각각 검출기를 설치하고 광원을 광소자에 조사 한 후 검출기가 설치되어 있는 광소자 양쪽 끝의 광량만을 측정하여 그 광량의 값이 최대인 순간을 최적의 정렬 위치로 결정하는 방식을 사용하고 있다 [2][4]. 이러한 방식은 사용되는 검출기의 사양의 차이에 따른 오차 발생과 정렬하고자 하는 광소자의 채널의 수가 증가함에 따라 광소자 양쪽 끝의 채널을 제외한 모든 채널의 정렬 여부를 판단 할 수 없는 단점이 있다.

그림 4는 기존의 다채널 광소자 정렬 시스템의 광 측정 방식을 나타내고 있다.

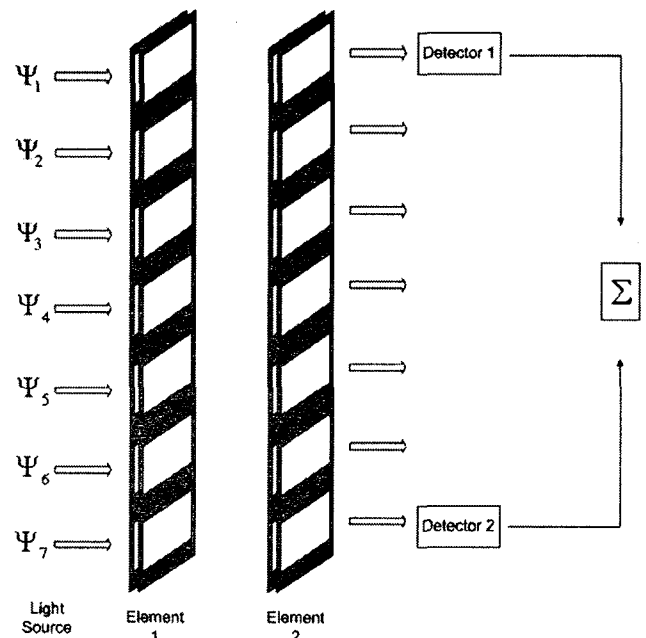


그림 4. 기존의 다채널 광소자 정렬 시스템의 광 측정 방식
Fig. 4. Measurement method of traditional multiple channel alignment system

정렬 하고자 하는 광소자 전 채널의 정렬 여부를 확인하기 위해서는 광소자 채널과 같은 개수의 검출기를 이용하여 각 채널별 광량을 측정하는 방법이 있으나 이는 경제적이지 못하며 검출기의 특성으로 인해 발생하는 오차로 정렬 정확도를 유지할 수 없는 단점이 있다. 또한, 한 개의 검출기를 이용하여 다채널 광소자 각각의 채널을 순차적으로 측정하는 방법이 있지만 이는 채널의 수가 많아질수록 측정시간이 길어진다는 단점이 있다.

3.2 하다마드 변환을 이용한 다채널 광소자 정렬 시스템의 광 측정 방식

기존의 다채널 광소자 정렬 시스템의 광 측정 방식이 갖

는 문제점을 해결하기 위해 하다마드 변환을 이용한 광 측정 방식을 제안한다.

본 논문에서 제안하는 다채널 광소자 정렬용 광과워미터는 하다마드 변환을 이용한 광 측정 기술을 적용하여 정렬하고자 하는 광소자의 채널의 개수와 관계없이 한 개의 검출기를 사용하여 모든 채널을 통해 출력되는 채널별 광량의 동시 측정이 가능하다.

광 측정에 있어 검출기의 영향으로 존재하는 잡음의 영향을 최소로 하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있는데, 잡음의 원인이 되는 검출기에 되도록 많은 양의 빛이 조사될 수 있도록 하는 측정의 다중화기법(multiplexing)이 널리 알려져 있다. 다중화기법의 목적은 신호 대 잡음비를 최대로 높이기 위하여 검출기에 조사되는 광량을 최대로 증가시켜 측정의 정확도를 높이는데 있다. 다중화기법의 하나로 빛을 차단 혹은 투과시키는 기능을 하는 마스크를 사용하고 그 마스크의 구동을 최적화시킬 수 있는 하다마드 변환을 이용한 광학 시스템을 하다마드 변환 광학이라 한다[8].

하다마드 변환을 이용한 광 측정 장치는 기본적으로 광분류기, 마스크, 검출기와 신호처리를 위한 프로세서로 구성되어 있다.

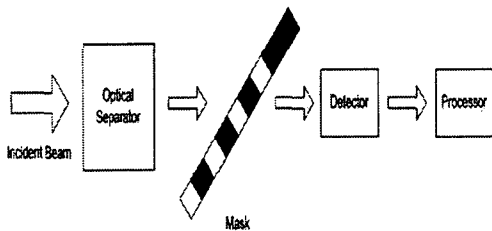


그림 5. 하다마드 변환 광학의 기본 구성도
Fig. 5. The basic Hadamard transform multiplexing system

그림 5는 하다마드 변환 광학의 기본적인 구성을 나타낸다.

광원과 검출기 사이에 존재하는 마스크가 열릴 때 검출기에 빛이 조사되고 반대로 마스크가 닫힐 때 검출기로 조사되는 빛을 차단시킨다. 이러한 마스크의 동작 특성은 하다마드 행렬을 통하여 결정된다. 하다마드 행렬은 프랑스의 수학자인 Jaques Salomon Hadamard에 의해 고안된 행렬로서 최적의 자기상관관계를 제시하며 식 (1)과 같이 정의되는 행렬이다.

$$H_N = \begin{bmatrix} \frac{H_N}{2} & \frac{H_N}{2} \\ \frac{H_N}{2} & -\frac{H_N}{2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 N 은 2의 거듭제곱수이고 $H_1 = 1$ 이다. 하다마드 행렬은 단지 1과 -1로 구성되며 각각의 행은 직교 집합을 이루고 있다. 식 (2)는 행과 열이 8개씩 있는 8×8 하다마드 행렬의 한 예이다. 여기에서 -는 -1을 나타내고 1은 +1을 의미한다.

단순행렬(Simplex matrix: S -matrix)은 하다마드 행렬을

변형하여 얻을 수 있다. 식 (2)의 8×8 하다마드 행렬을 단순행렬로 바꾸기 위해서는 첫 번째 행과 첫 번째 열을 제거하고 -1을 +1로 바꾸고 1을 0으로 바꾸면 되는데, 이렇게 하여 얻어진 단순행렬은 식 (3)과 같다.

$$H_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & - & - & - & 1 & - & 1 & 1 \\ 1 & - & - & 1 & - & 1 & 1 & - \\ 1 & - & 1 & - & 1 & 1 & - & - \\ 1 & 1 & - & 1 & 1 & - & - & - \\ 1 & - & 1 & 1 & - & - & - & 1 \\ 1 & 1 & 1 & - & - & - & 1 & - \\ 1 & 1 & - & - & - & 1 & - & - \end{bmatrix} \quad (2)$$

얻어진 S -행렬의 각 열을 S -행렬 부호라 하며 제안하는 시스템의 마스크 제어 신호의 패턴으로 사용되어 진다. 길이가 M 인 하다마드 행렬을 사용할 경우 S -행렬의 크기는, 행의 개수는 $M-1 = N$ 이 되며 열의 개수 역시 $M-1 = N$ 이 된다.

$$S_7 = \begin{bmatrix} 11110100 \\ 11010011 \\ 10100111 \\ 01001111 \\ 10011110 \\ 00111101 \\ 01111010 \end{bmatrix} \quad (3)$$

S -행렬을 얻는 여러 가지 방법 중의 하나로서 Cyclic S -행렬을 이용하는 방법이 있다. Cyclic S -행렬은 첫 번째 행만 알면 다른 행들은 left-shift register를 사용하여 쉽게 얻을 수 있다. 가장 왼쪽의 수는 맨 오른쪽으로 이동하고 나머지 숫자는 한 칸씩 왼쪽으로 이동하면 된다. 여기서 1은 마스크의 투명한 셀을 의미하고, 0은 불투명한 상태를 의미한다. 이 S -행렬의 i 번째 행은 i 번째 측정을 위한 마스크 배열을 나타내고 j 번째 열은 j 번째 입력 광 성분을 나타내고 있다. 식 (3)과 같은 7×7 S -행렬의 경우, 얻을 수 있는 코드의 개수 $N=7$ 이고 7개의 서로 다른 마스크 패턴이 정해진다. 각각의 마스크 배열에서는 $\frac{N+1}{2}$ 개의 광 성분이 마스크를 통과하고 나머지 $\frac{N-1}{2}$ 개의 광 성분은 통과하지 못한다.

그림 6은 하나의 S -행렬을 적용하여 빛의 통과 여부를 결정하는 7개 슬릿의 마스크 상태를 보여준다. S -행렬에서 얻어지는 7개의 코드로부터 각각의 마스크 슬릿의 개폐여부를 결정하여 7개의 다른 마스크 배열을 얻을 수 있으며 측정 때마다 항상 4개의 투명한 셀과 3개의 불투명한 셀을 가지게 된다.

이러한 다중화 기법을 이용함으로써 측정 시 평균자승오

차를 줄일 수 있다. 위의 예는 싱글슬릿 배열에서 보다 약 56% 줄어든 평균자승오차를 얻을 수 있으며, 이상적인 마스크에 사용된 신호의 복원은 식 (4)과 같다[9].

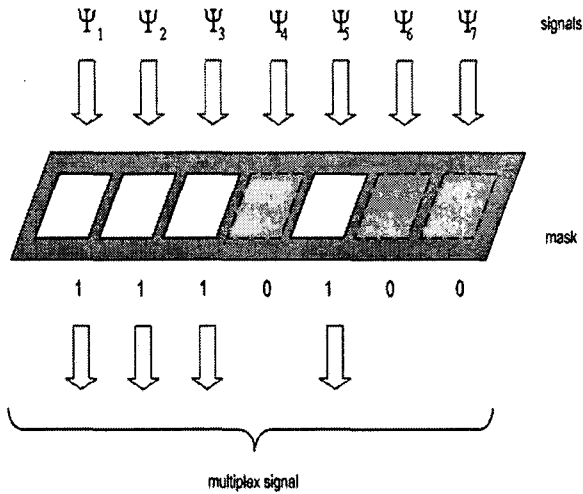


그림 6. 하다마드 변환에 대한 마스크 작동의 예
Fig. 6. Shutter principle of the Hadamard transform

$$\tilde{\Psi} = S^{-1}\eta \quad (4)$$

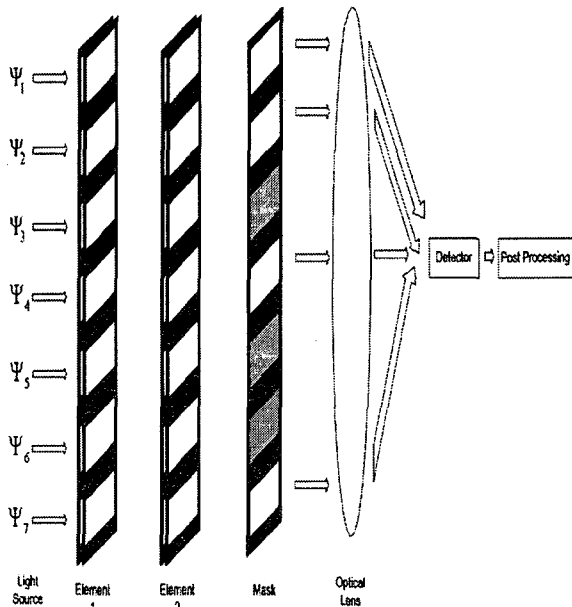


그림 7. 하다마드 변환을 적용한 다채널 광소자 정렬용 광파워미터

Fig. 7. Optical power meter for multiple channel alignment using Hadamard transform

여기서 η 는 측정값을 의미하며 본 논문에서는 마스크의 비이상적인 특성을 고려한 복원 알고리즘을 적용하였다 [10][11].

그림 7은 하다마드 변환을 적용한 다채널 광소자 정렬용 광파워미터의 구성을 나타낸다.

하다마드 변환을 적용한 다채널 광소자 정렬용 광파워미터는 기본적인 하다마드 변환 광학의 구성과 유사하며 광원과 마스크 사이에 정렬하고자 하는 다채널 광소자가 위치하게 된다. 광원으로부터 정렬하고자 하는 두 개의 다채널 광소자들 사이를 투과한 광량을 마스크와 광학 렌즈를 이용하여 한 개의 검출기에 집광시킨 후 채널별 광량 복원 연산을 통하여 소자의 채널별 광량을 측정 할 수 있다.

4. 실험환경 및 측정결과

4.1 실험환경

4.1.1 광원

초기의 Wavelength Division Multiplexing(WDM)은 1.3 μ m 와 1.5 μ m파장 2개의 채널을 사용하였으나, 최근에는 64채널 이상 128채널 까지 그 채널의 수가 증가하고 있고, 각 채널 간의 파장간격이 좁아지면서 부품 성능에 대한 요구사항이 매우 엄격해지고 있다. 파장간격이 좁은 광부품의 측정을 위해서 Tunable Laser Source(TLS)와 광 대역 파장 영역을 갖는 백색광을 광원으로 사용하였다.

표 1은 실험에 사용한 광원의 사양을 나타내고 있다.

광원으로부터 출력되는 광 신호는 채널별 어댑터를 거쳐, 조준기(collimator)를 통해 PDLC 마스크 각 셀로 입력 될 수 있도록 구성하였다. 그림 8은 사용된 조준기를 나타낸다.

표 1. 광원 사양

Table 1. Specification for optical source

항목	value
Wavelength changeable width	1520nm to 1620nm
Wavelength resolution	0.001nm
absolute wavelength accuracy	<0.01nm
Optical output	+7dBm(max)
Optical output stability	<+ ₋ 0.01dB (for five Minutes) 0.05dB (for one hour) 0.3 dB (for eight hours)
Optical output repeatability	+ ₋ 0.04dB
Optical connector	FC/PC

4.1.2 마스크와 마스크 제어부

본 실험에서는 전기 신호로 마스크의 각각의 셀이 열리고 닫히는 동작을 하는 PDLC 마스크가 사용되었으며 마스크의 구동을 위한 제어기를 제작 하였다.

그림 9. (a)는 제작된 16채널 PDLC 마스크를 보여주며 (b)와 (c)는 각각 전기적인 신호의 변화에 따른 마스크 셀이 열린 상태와 닫힌 상태를 나타낸다.

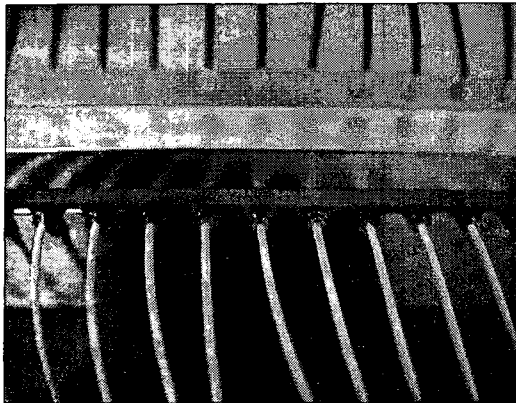
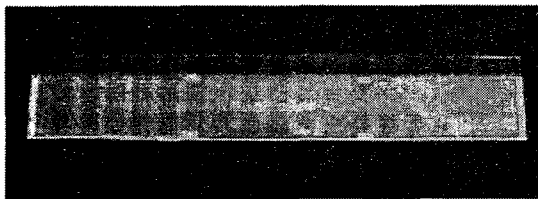


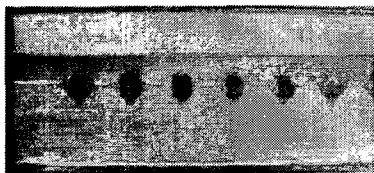
그림 8. V 블록에 고정된 조준기의 사진
Fig. 8. Fixed collimator on V block

제작된 마스크 제어기는 그림 10과 같으며 8Bit Micro Processor를 이용하여 마스크 각각의 셀의 이동 패턴을 발생시킨다. 검출기와의 동기화를 위해 RS-232 통신방식을 이용하여 PC에서 순차적으로 패턴 발생 명령을 받는다. 패턴 발생 명령을 받은 마스크 제어기는 마스크를 패턴에 따라 구동시키고 검출기도 동기화 하여 광량을 측정하고 복원 알고리즘을 통해 최종적으로 각각의 채널별 광량을 얻는다.

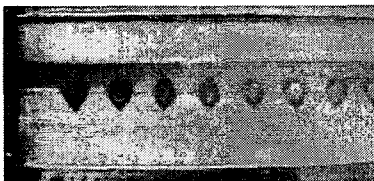
또한, 마스크의 작동 상태 및 제어 명령 등을 사용자가 간편하고 쉽게 접근할 수 있도록 윈도우 환경 하에서 조작 가능하게 하고 복원된 채널별 광량을 확인 할 수 있는 소프트웨어를 LabVIEW (ver 6.1)을 이용하여 개발하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 9. PDLC 마스크
Fig. 9. The PDLC mask

그림11과 그림 12는 각각 측정 광학계와 소프트웨어 사용 환경을 보여준다.

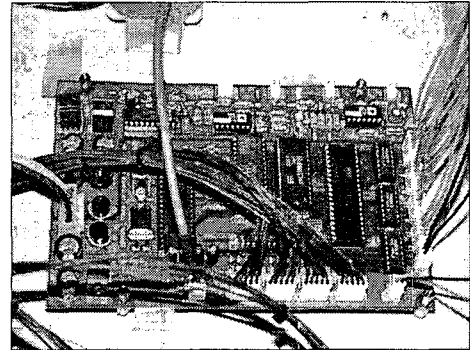


그림 10. 16채널 마스크 제어부
Fig. 10. Controller for the 16 channel mask

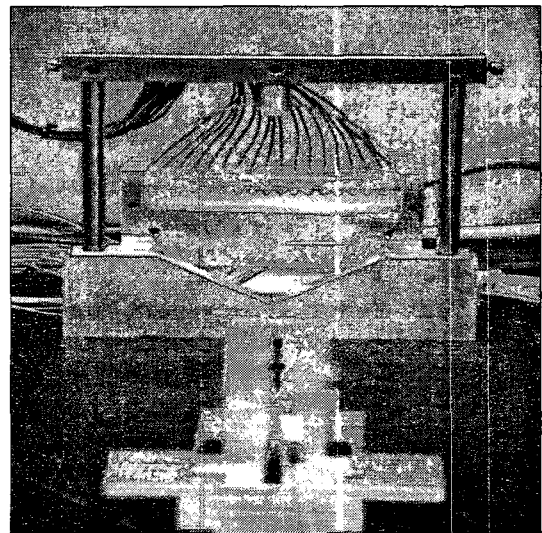


그림 11. 측정 광학계
Fig. 11. The optics system

4.2 측정 결과

4.2.1 상용의 Optical Spectrum Analyzer(OSA)를 이용한 측정

측정의 기준값 설정을 위해서 상용화된 OSA를 이용하여 1×16 분할기에 출력되는 각 채널별 광량을 순차적으로 측정하였다.

광원으로는 Tunable Laser Source를 이용하여(설정파장: 1550nm, 파워: 3.180mW(5.02dBm)) 분할기의 각 채널별 광량을 측정한 결과가 표 2와 그림 13에 나타나있다.

채널별 광량의 차이는 실험에 사용된 분할기의 채널별 손실이 서로 다르기 때문으로 해석 될 수 있다.

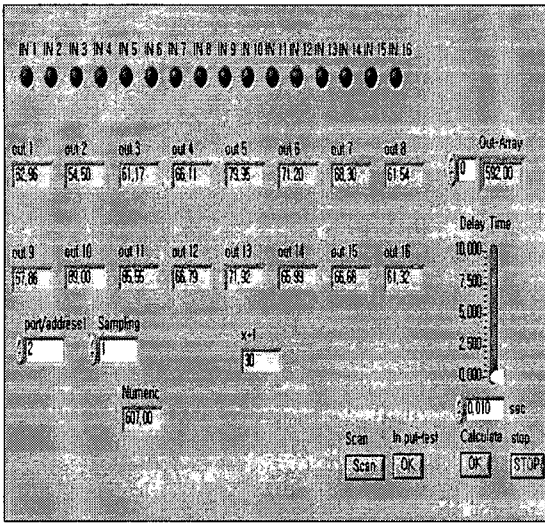


그림 12. 소프트웨어 사용자환경
 Fig. 12. Screen shot of graphical user interface

표 2. OSA 측정값
 Table 2. Result for using OSA

	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CH 7	CH 8	CH 9	CH 10	CH 11	CH 12	CH 13	CH 14	CH 15	CH 16
μW	149.21	153.62	136.43	156.84	136.94	150.61	139.93	142.33	143.12	136.22	151.81	148.23	130.64	137.04	140.24	146.31
dBm	-8.26	-8.14	-8.65	-8.12	-8.64	-8.22	-8.54	-8.47	-8.44	-8.66	-8.19	-8.29	-8.84	-8.63	-8.53	-8.35

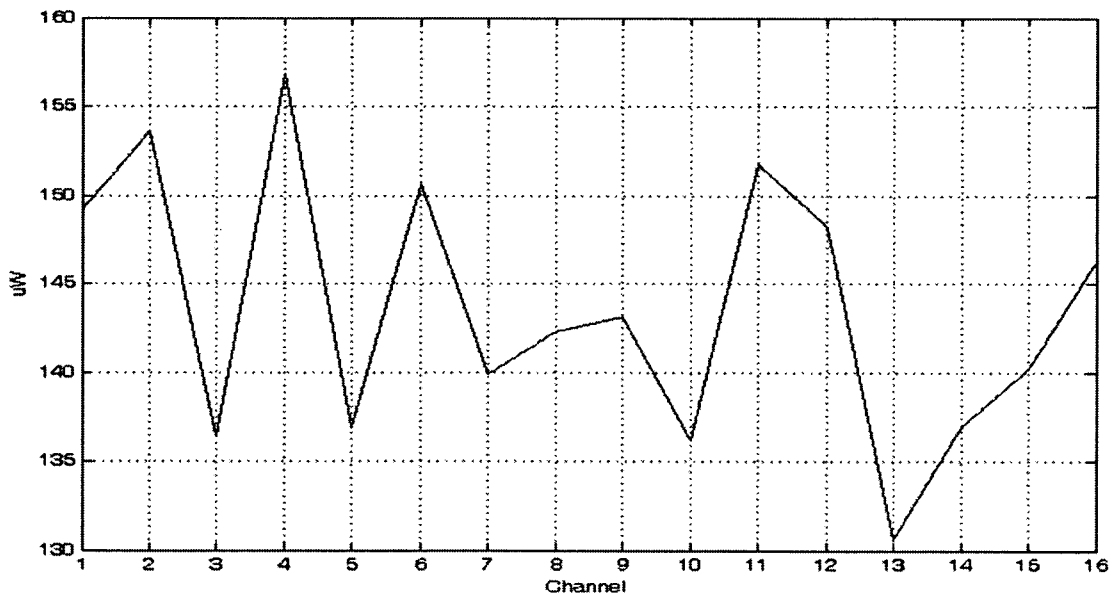


그림 13. OSA 측정 후 채널별 결과 그래프
 Fig. 13. Result graph per each channel for using OSA

4.2.2 다채널 광파워미터를 이용한 측정

제작한 광파워미터를 이용하여 1×16 분할기를 사용해서 9회 측정하였다.

마스크의 구동에 필요한 시간과 광량 복원을 통해 측정 시작 명령으로부터 1×16 분할기의 16개의 채널별 광량의 결과가 나오는데 걸리는 시간은 약 30초 정도 소요되었다.

한 개의 검출기로 측정된 광량으로부터 역 하다마드 변환을 이용하여 얻어진 각 채널별 광량의 추정 결과를 아래 표 3과 그림 14에 나타내었다.

측정 결과를 볼 때 매회 측정시마다 측정의 재현성은 있으나 측정의 기준이 되는 상용의 OSA를 이용한 측정의 결과와는 차이를 보이고 있다. 그 이유는 제작된 다채널 광파워미터와 달리 상용의 OSA를 이용한 실험에서는 조준기, 마스크, 광학렌즈에서 발생하는 광 손실이 없었기 때문이다.

조준기와 마스크 및 광학렌즈 등의 광학계를 거쳐 검출기까지 도달하는 과정에서 발생하는 각 채널별 손실이 다르기 때문에 각 채널별 손실을 고려한 후 보정 작업을 하였다.

채널별 손실을 고려하여 보정작업을 거친 후 제작된 광파

위미터를 이용한 측정 결과가 표 4와 그림 15에 나타나 있다.

그림 16은 위의 결과를 평균한 것으로서 제작한 다채널

광파위미터의 마스크와 광학계의 손실을 보정한 후 측정된 결과를 보면 상용화된 OSA를 이용하여 측정된 채널별 결과와 유사함을 알 수 있다.

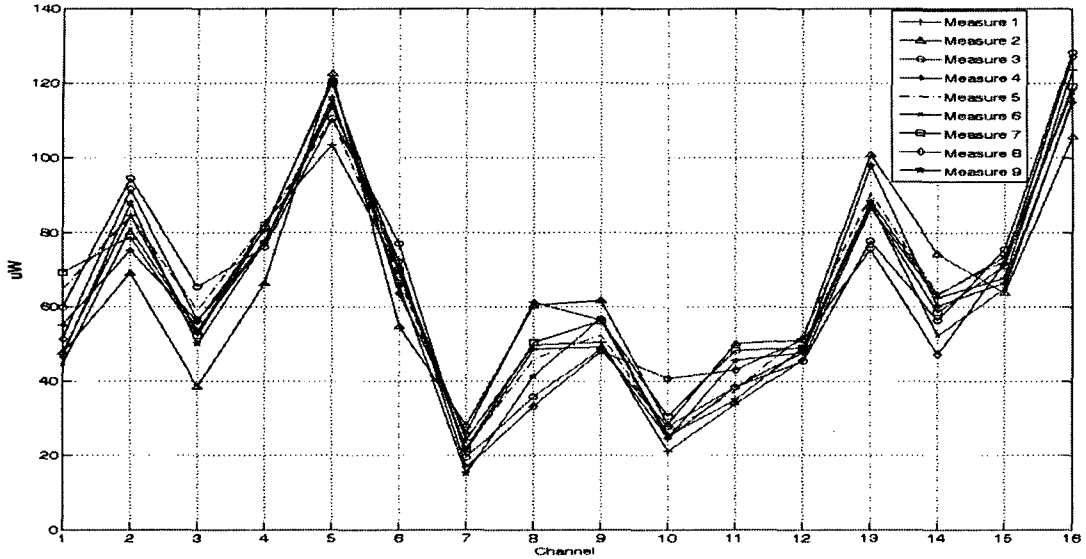


그림 14. 다채널 광파위미터 채널별 결과 그래프 (보정 전)

Fig. 14. Result graph per each channel using multiple channel optical power meter (before compensation)

표 3. 다채널 광파위미터의 각 채널별 추정값 (보정 전)

Table 3. Result for using multiple channel optical power meter (before compensation) 단위:[μW]

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
CH1	47.62	47.6	59.77	55.02	64.73	44.45	69.27	51.42	46.81
CH2	84.59	68.99	94.58	75.12	84.31	80.94	78.83	91.62	87.82
CH3	52.88	38.45	65.43	56.02	59.03	53.85	52.23	56.36	49.99
CH4	82.78	66.39	76.11	80.73	82.43	77.61	81.29	77.22	77.32
CH5	103.48	122.61	110.61	121.13	110.75	114.39	119.91	113.90	115.95
CH6	69.91	54.78	76.95	63.53	67.87	69.37	69.99	72.28	65.71
CH7	24.04	28.02	19.51	25.96	22.06	21.07	21.68	16.60	15.09
CH8	49.72	60.37	35.74	61.41	45.84	48.55	50.50	33.18	41.14
CH9	50.5	61.71	48.42	56.44	52.56	49.16	56.21	47.95	56.92
CH10	21.21	28.31	27.81	24.67	25.93	24.65	30.56	40.59	25.33
CH11	33.69	50.12	38.26	45.43	37.37	38.19	48.25	42.82	34.70
CH12	45.73	51.2	45.27	47.62	52.52	47.59	48.97	51.15	48.88
CH13	86.67	100.94	77.73	97.96	90.52	87.81	86.74	75.55	88.34
CH14	62.39	74.22	56.38	60.32	63.63	52.35	58.49	47.18	63.17
CH15	67.87	63.73	75.52	66.54	72.38	64.91	71.19	71.80	73.53
CH16	123.61	105.84	128.34	115.03	126.97	115.76	119.25	127.18	117.69

표 4. 다채널 광파워미터의 각 채널별 추정값 (보정 후)

Table 4. Result for using multiple channel optical power meter (after compensation) 단위: [μW]

	1회	2회	3회	4회	5회
CH1	159.86	139.57	164.39	146.55	141.94
CH2	154.93	151.56	149.45	162.24	158.44
CH3	141.63	136.45	134.83	138.96	132.59
CH4	161.25	156.42	160.11	156.03	156.14
CH5	132.90	136.54	142.06	136.05	138.11
CH6	150.65	152.15	152.77	155.06	148.49
CH7	140.40	139.42	140.02	134.94	133.43
CH8	140.75	143.46	145.42	128.10	136.05
CH9	142.34	138.94	145.99	137.73	146.71
CH10	134.43	133.19	139.09	149.12	133.83
CH11	148.19	149.00	159.07	153.64	145.52
CH12	151.95	147.02	148.40	150.59	148.31
CH13	133.09	130.38	129.32	118.12	130.91
CH14	140.84	129.56	135.70	124.39	140.38
CH15	142.86	135.39	141.67	142.28	144.01
CH16	153.31	142.09	145.59	153.51	144.03

3. 결 론

본 논문에서는 기존의 다채널 광소자 광량 측정의 단점을 개선하고자 하다마드 변환 광학을 적용한 다채널 광파워미터를 제작하여 실제 실험을 통해 제안한 시스템이 다채널 광소자 정렬 시스템의 광 측정 기법으로 적용 가능함을 보였다.

제안한 다채널 광파워미터를 이용하여 정렬 하고자 하는 다채널 광소자의 채널별 광량을 측정하는데 있어 소자의 채널의 개수와 상관없이 단일 검출기를 사용하기 때문에 매우 경제적 이다. 또한, 한 번의 측정으로 다채널 소자의 채널별 광량을 측정 할 수 있기 때문에 기존의 다채널 광소자 측정의 문제점을 해결 하였으며, 최적의 다중화 기법인 하다마드 변환을 적용하여 다채널 소자의 채널의 수가 증가 할 수록 측정 시 잡음 감소의 효과가 더욱 커지는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서 사용한 다채널 광파워미터 기술과 PDLC 마스크 관련 기술은 광통신소자 측정을 위한 다채널 광 파워 측정 장치뿐만 아니라 각 응용 분야별로 세밀한 연구개발이 진행된다면 광 계측 관련하여 분광분석계, 광 스위치 소자 측정 등 다양한 분야에 보급되어 관련 기술 수준을 향상시킬 수 있고, 새로운 응용분야에 활용될 수 있을 것이다.

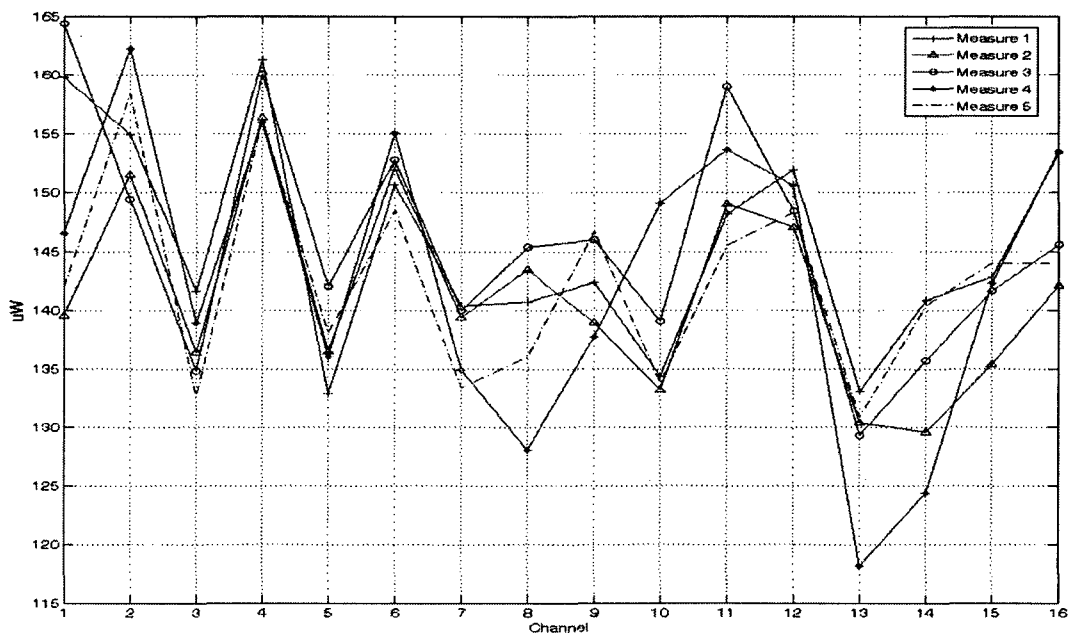


그림 15. 다채널 광파워미터 채널 별 측정 결과 그래프 (보정 후)

Fig. 15. Result graph per each channel using multiple channel optical power meter (after compensation)

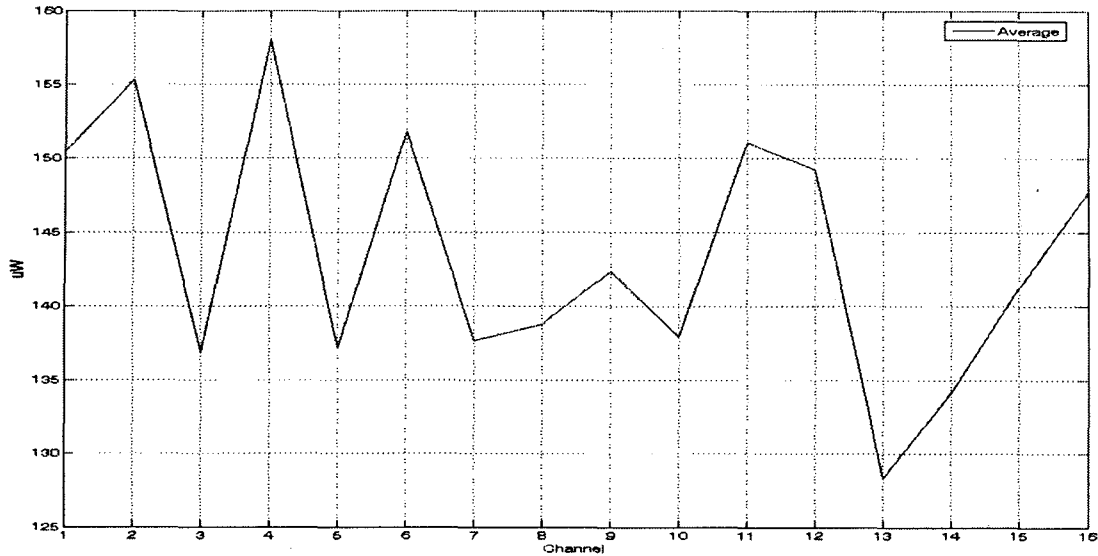


그림 16. 다채널 광파워미터 채널 별 측정 평균 그래프
 Fig. 16. Average graph per each channel using multiple channel optical power meter

참 고 문 헌

[1] 한국광산업진흥회, “광통신 산업 시장 동향 조사”, 2002. 9.

[2] http://www.moritex.co.jp/english/e_products/frame_main_opt.html: (Automated optical alignment).

[3] Hayes, J., “Fiber Optics Technician’s Manual 2nd Edition”, Delmar Publishers, 2001.

[4] http://www.surugag.co.jp/jp/suruga/ost/wb/wb_home.html: (Auto alignment system).

[5] Y.A. Peter, H.P Herzig, and S. Bottinelli “Optical fiber switching device with active alignment”, SPIE, 1999. 3.

[6] R. Boudreau, “Passive Optical Alignment Methods”, IEEE Trans. Advanced Packing Materials, pp.180-181, 1997. 3.

[7] S. A. Hall, R. Lane, H. C. Whang, and A. Gareri, “Assembly of Laser-Fiber Arrays”, IEEE Trans. Lightwave Technology, Vol. 12, No. 10, Oct. 1994.

[8] M. Harwit and N. J. A. Sloane, Hadamard Transform Optics, New york: Academic Press, 1979.

[9] B. K. Harms, R .A Dyer, S. A. Dyer, T. W. Johnson, and J. B. Park, “An Introduction to Hadamard Spectrometry and the Multiplex Advantage,” IMTC/89 Conference Record

[10] J. B. Park, “Performance Enhancement and Evaluation of Various Spectrum-Recovery Methods In Hadamard Transform Spectrometry”, p.31, 1990.

[11] R. A. Dyer, S. A. Dyer, B. K. Harms, T. W. Johnson, and J. B. Park, “Implementation Problems in Hadamard Spectrometry”, IEEE Trans. Instrumentation and Measurement. vol. IM-39, pp.163-167, 1990.

저 자 소 개



곽기석 (郭基錫)
 1973년 1월 23일생. 2000년 경기대학교 전자공학과 졸업. 2002년 연세대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기전자공학과 박사과정
 Tel : 82+2123+2773
 Fax : 82+362+0413
 E-mail : kwakks@yonsei.ac.kr



조남원 (趙南元)
 1975년 3월 30일생. 2002년 광운대학교 전기공학과 졸업. 2004년 연세대학교 대학원 전기전자공학과 졸업(석사), 현재 LG전자 근무
 Tel : 82+2+2123+2773
 Fax: 82+2+362+4539
 E-mail : eleczone@dreamwiz.com



윤 태 성 (尹 泰 星)

1956년 6월 22일생. 1978년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1994년 3월 - 1995년 2월 미국 Vanderbilt 대학교 전기공학과 객원교수. 1989년 - 현재 창원대학교 전기공학과 교수

Tel : 82+55+279+7513

Fax : 82+55+263+9956

E-mail : tsyoon@sarim.changwon.ac.kr



박 진 배 (朴 珍 培)

1954년 8월 7일생. 1977년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 - 1990년 Kansas State University 공대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업(공학박사). 1990 - 1991년 Kansas State University 공대 전기 및 컴퓨터 공학과 조교수. 현재 연세대 공대 전기전자공학과 교수

Tel : 82+2+2123+2773

Fax : 82+2+362+4539

E-mail : jbpark@yonsei.ac.kr