

플라스틱 광섬유를 이용한 무선광 차동검출기의 신호대잡음비 개선

SNR Improvement in A Wireless Optical Differential Detector Using Plastic Fibers

이 성 호

Seong-Ho Lee

요 약

본 논문에서는 플라스틱 광섬유 묶음을 이용하여 차동검출기를 구성하고 무선광 연결 수신부에서 잡음광 소거에 활용하였다. 광섬유 묶음을 이용하여 수신광을 분리해서 2개의 포토다이오드에 연결하면, 동일한 지점에서 잡음광을 검출하는 효과가 발생하므로, 잡음광의 공간분포가 심하게 변하여도 2개의 포토다이오드의 위치 차이로 인한 출력 전압의 변동이 나타나지 않아 잡음 소거 효과가 높아진다. 광 필터가 부착된 단일의 광검출기에 비하여 광섬유 묶음을 사용한 수신부에서 신호대잡음비를 약 10 dB 개선하였다.

Abstract

In this paper, optical noise is reduced by a differential detector with a plastic optical fiber bundle in a wireless optical interconnection. A plastic optical fiber bundle divides the received optical signal equally and connects it to two photodiodes. In this configuration two photodiodes effectively detect the optical signal at one point, and the output voltage variation due to the abrupt change of optical noise distribution in space disappears. The signal to noise ratio in a differential detector with a fiber bundle was improved to be 10 dB higher than in a single photodiode with an optical filter.

Key words : Plastic Optical Fiber Bundle, Optical Noise, Wireless Optical Interconnection

I. 서 론

무선광 연결은 자유공간으로 신호광을 방사하여 광검출기로 빛에너지를 직접 수신하는 광전송 방식이다. RF를 이용한 무선 주파수와 상호간섭이 적고, 구현이 간단하여 경제적이며, 신호광의 빔이 존재하는 영역에서만 검출이 가능하여 빔의 영역 밖에서의 도청을 방지하므로 높은 보안성을 유지하는 장점이 있다. 실외에서는 주로 케이블을 신설하기 곤란한 근거리 고층 건물간의 고속 무선 전송로 구축이나 긴급 복구 통신망의 설치에 많이 활용되며, 실내에

서는 컴퓨터와 주변기기간의 적외선 포트를 비롯하여 음성, 영상, 데이터 신호를 짧은 거리에서 무선전송하는 데에 많이 이용되고 있다.

무선광 연결에서는 자유공간을 통하여 신호광이 전달되므로 무선광 링크가 형성된 부근에 햇빛이 존재하거나 백열등, 형광등과 같은 조명시설이 설치되어 있으면 이러한 잡음광이 수신부에 유입되어 간섭이 발생하며, 신호광을 넓게 방사하는 방사형 링크에서 이러한 간섭현상이 더욱 심해진다. 따라서 무선광 전송구간에서 잡음광의 간섭을 줄이고 신호대 잡음비를 향상시키기 위해서는 광학적 필터를 사용

서울산업대학교 전자정보공학과(Department of Electronic & Information Engineering, Seoul National University of Technology)

· 논문 번호 : 20050214-014

· 수정완료일자 : 2005년 3월 24일

하여 수신부에 도달하는 잡음광의 세기를 줄이거나 전기적 필터를 사용하여 RF 잡음신호를 소거하는 방법, 그리고 차동 검출 방식(differential detection)이 많이 이용되고 있다^{[1][2]}.

특히 잡음광의 스펙트럼이 넓게 분포하여 신호광 파장영역에 중첩되어 광학적 필터만으로 잡음광을 소거하기 어려운 경우나 잡음광의 간섭 주파수가 신호광의 변조 주파수에 근접하여 전기적 필터로 잡음 소거가 용이하지 않는 경우에는 차동 검출 방식이 잡음 소거에 매우 효과적이다. 차동 검출 방식은 광 필터나 편광기를 사용하여 2개의 포토다이오드(PD)에서 잡음광과 신호광에 대한 응답도 차이를 발생시키고, 2개의 포토다이오드에서 검출된 잡음 전압을 동일한 크기로 만들어 차동증폭기로 소거하고 신호 전압만 출력하는 광검출방식이다^{[2][3]}.

일반적으로 잡음광의 분포는 차동검출기를 구성하는 2개의 포토다이오드의 위치에서 거의 균일하므로 두 포토다이오드 응답도의 역수 배로 이득비를 주어 차동 증폭하면 잡음 전압은 소거된다. 그러나 상용화된 포토다이오드를 사용할 경우 두 포토다이오드의 위치가 완전히 동일하지 않고 보통 수 cm의 간격이 존재하기 때문에, 포토다이오드에 근접한 잡음광원의 위치가 순간적으로 변화하거나 그림자의 이동이 발생하는 경우에는 두 PD 앞에서 잡음광의 강도 분포가 급격히 변화하여 잡음광이 소거되지 않고 출력 전압의 변동이 발생하는 경우가 있다.

이와 같이 잡음광의 공간분포가 심하게 발생하는 환경에서 잡음광을 효과적으로 소거하기 위해서는 두 PD의 잡음 전압이 항상 같아지도록 피드백 회로

를 사용하여 차동증폭기의 (+)와 (-)입력에 대한 증폭비를 변화시켜 잡음광을 소거할 수 있다^[4]. 이 경우에는 피드백 회로를 구성하는 고속 프로세서 회로가 근접되어 전원 잡음이 유입되지 않도록 수신부의 회로 설계에 주의를 기울여야 한다. 피드백 회로의 구성이 번거로운 경우에는 광학적 구조를 사용하여 두 PD에서 검출되는 잡음 전압이 항상 동일한 크기를 갖도록 만들 수 있다. 빔분할기를 이용한 차동검출기도 이와 같은 목적으로 개발된 한 예이다^[5].

본 논문에서는 광학적으로 잡음 전압의 크기가 항상 동일하도록 만들 수 있는 새로운 방법으로서 플라스틱 광섬유 묶음을 사용하여 차동검출기를 구성하고 잡음광의 소거에 활용하였다. 플라스틱 광섬유는 수 km 이내의 짧은 거리에서 통신망을 구성하는 데에 주로 많이 사용되는 광섬유이며, 코아의 직경이 약 1 mm 정도로 매우 커서 빛을 커플링하기가 쉽고, 유리광섬유와 달리 잘 부러지지 않으므로 취급하기가 매우 용이하다. 수광 면적을 늘려 공간빔을 쉽게 잘 수신하기 위하여 광섬유 입력 단에 여러 개의 심선을 한 묶음으로 만들어 빛을 수신하고, 출력 단에서 심선 묶음을 두 그룹으로 나누어 2개의 PD에 나누어 전달하면, 두 PD의 공간적 위치가 동일한 효과를 가지게 된다. 플라스틱 광섬유는 취급하기가 수월하여 묶음을 만들기가 매우 쉽고, 수신부에 렌즈와 같은 광학적 소자나 정확한 광학적 정렬이 필요하지 않아 사용하기가 매우 편리한 방법이다.

II. 플라스틱 광섬유를 이용한 차동검출기

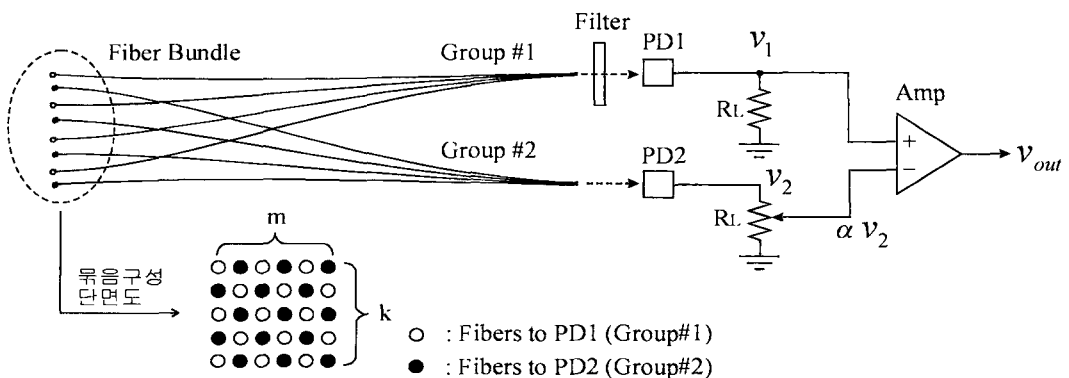


그림 1. 플라스틱 광섬유 묶음을 사용한 차동검출기
Fig. 1. A differential detector with a plastic fiber bundle.

2-1 구조 및 배경이론

플라스틱 광섬유 묶음(fiber bundle)을 사용한 차동 검출기의 구조는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 가로 m 개, 세로 k 개의 심선 배열을 이루어 도합 ($m \times k$)개의 플라스틱 광섬유 심선을 하나의 묶음으로 만들고, ($mk/2$)개씩 2그룹으로 나누어 Group #1은 PD1으로 Group #2는 PD2 쪽으로 연결한다. 빛을 받아들이는 광섬유 묶음의 입력단에서는 그림 1의 단면도와 같이 Group #1과 Group #2에 속한 심선이 서로 인접하도록 배열을 구성한다. 이 광섬유 묶음은 공간상에 분포하는 신호 광과 잡음광을 검출하여 동일한 크기로 나누어 PD1과 PD2 쪽으로 전달하는 역할을 하며, PD1과 PD2에서 검출된 전압은 각각 차동증폭기의 (+)와 (-) 입력단에 연결되어 증폭된다. PD1과 PD2의 검출 전압을 각각 v_1 과 v_2 , 차동증폭기의 출력 전압을 v_{out} 으로 나타낼 때 이들을 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$v_1 = \sum_{i=1}^{mk/2} [S_i \cdot C_{si} \cdot T_s \cdot \rho_s + N_i \cdot C_{ni} \cdot T_n \cdot \rho_n] \cdot A \cdot R_L \quad (1a)$$

$$v_2 = \sum_{j=1}^{mk/2} [S_j \cdot C_{sj} \cdot \rho_s + N_j \cdot C_{nj} \cdot \rho_n] \cdot A \cdot R_L \quad (1b)$$

$$v_{out} = (v_1 - av_2) \cdot G \quad (1c)$$

위의 식 (1a)에서 S_i 와 N_i 는 Group #1에 속한 ($mk/2$)개의 광섬유 중에서 i 번째 광섬유 입력단에서의 신호광과 잡음광의 강도(intensity)를 나타낸다. C_{si} 와 C_{ni} 는 각각 i 번째 광섬유의 입력단으로부터 PD1까지의 신호광과 잡음광의 결합효율을 나타내며, T_s 와 T_n 은 각각 PD1.앞에 설치된 광필터의 신호광과 잡음광에 대한 투과계수이다. PD1과 PD2는 동일한 특성을 가진 포토다이오드이며, ρ_s 와 ρ_n 은 각각 신호광과 잡음광에 대한 PD의 응답도(responsivity)이고, A 는 광섬유 코어의 단면적이며, R_L 은 PD에 연결된 부하저항이다.

또한 식 (1b)에서 S_j 와 N_j 는 Group #2에 속한($mk/2$)개의 심선 중에서 j 번째 광섬유 입력단에서의 신호광과 잡음광의 강도를 나타낸다. C_{sj} 와 C_{nj} 는 각각 j 번째 광섬유의 입력단으로부터 PD2까지의 신호광과 잡음광의 결합효율을 나타낸다. 식 (1c)에서 a 는 PD2의 부하 저항에서 탭 단자를 조정하여 발생

하는 전압 분배율이며, G 는 차동증폭기의 전압 이득이다. PD1 앞에는 적외선 필터를 사용하고, PD2에는 필터를 사용하지 않으므로, PD2의 검출전압 v_2 는 PD1의 검출전압 v_1 보다 더 크다. 두 PD에서의 잡음 성분을 1:1로 만들어 차동증폭기로 소거하기 위하여 PD2의 부하저항으로 가변저항을 사용하고 탭 단자를 통하여 av_2 만 차동증폭기의 (-) 입력단자에 가해진다. 차동증폭기의 출력전압(v_{out})을 다시 정리하면 식 (2a)와 같이 나타낼 수 있다.

$$v_{out} = (v_1 - av_2) \cdot G = v_s + v_n \quad (2a)$$

여기에서 v_s 와 v_n 은 각각 출력 전압 중에 포함된 신호 성분과 잡음 성분이며

$$v_s = \left[T_s \sum_{i=1}^{mk/2} S_i \cdot C_{si} - a \sum_{j=1}^{mk/2} S_j \cdot C_{sj} \right] \cdot \rho_s \cdot A \cdot R_L \cdot G \quad (2b)$$

$$v_n = \left[T_n \sum_{i=1}^{mk/2} N_i \cdot C_{ni} - a \sum_{j=1}^{mk/2} N_j \cdot C_{nj} \right] \cdot \rho_n \cdot A \cdot R_L \cdot G \quad (2c)$$

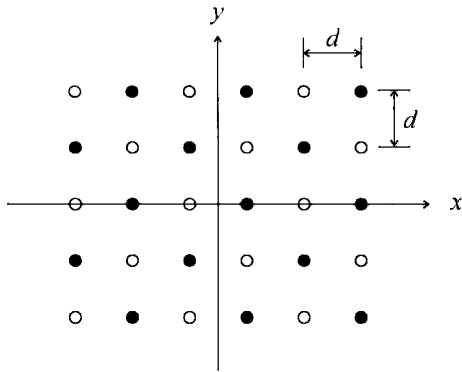
이 된다. 차동검출기를 사용하는 목적은 위의 식 (2c)에서 나타난 잡음 성분 $v_n=0$ 이 되도록 만들기 위한 장치이며, 이 값이 영이 되기 위해서는 PD2의 부하저항에서 전압 분배율 a 가

$$a = \frac{T_n \sum_{i=1}^{mk/2} N_i C_{ni}}{\sum_{j=1}^{mk/2} N_j C_{nj}} \quad (3)$$

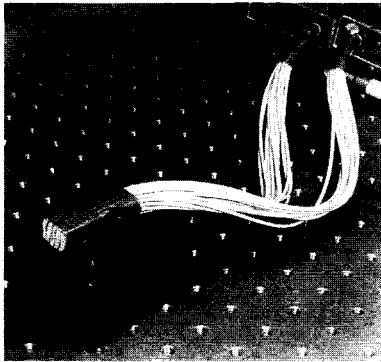
이 되면 된다. 앞의 그림 1에서 보인 광섬유 묶음 단면도와 같이 Group #1과 Group #2에 속한 심선을 한 개씩 서로 인접하여 묶음을 만들고 PD1과 PD2로 연결하여 빛을 검출하는 경우에는 식 (3)에서 $\sum_{i=1}^{mk/2} N_i C_{ni} \approx \sum_{j=1}^{mk/2} N_j C_{nj}$ 이 되어 $a \approx T_n$ 으로 상수가 되므로, PD1과 PD2가 동일한 위치에 있는 것과 같은 효과가 발생하게 된다. 이 상태에서는 식 (2b)의 신호 성분에서도 $\sum_{i=1}^{mk/2} S_i C_{si} \approx \sum_{j=1}^{mk/2} S_j C_{sj}$ 의 관계를 이루며, 여기에 $a \approx T_n$ 를 대입하면 차동증폭기의 출력 전압은

$$v_{out} = v_s \approx (T_s - T_n) \cdot \rho_s \cdot A \cdot R_L \cdot G \cdot \sum_{i=1}^{mk/2} S_i C_{si} \quad (4)$$

이 되어 잡음 성분(v_n)은 소거되고 $\sum_{i=1}^{mk/2} S_i C_{si}$ 에 비례



(a) 광섬유 묶음의 배열구성($m=6, k=5$)
 (a) The array configuration of a fiber bundle($m=6, k=5$)



(b) 제작된 광섬유 묶음
 (b) The fiber bundle fabricated

그림 2. 플라스틱 광섬유 묶음의 단면구성도
 Fig. 2. The facet configuration of a plastic fiber bundle.

한 신호성분(v_s)만 검출된다.

광섬유 묶음을 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우에 잡음 소거 능력을 비교해 보기 위하여 앞의 식 (2c)를 이용하여 잡음광의 이동에 따른 잡음 전압의 변화를 먼저 시뮬레이션 하였다. 또한 코아 직경이 1 mm인 플라스틱 광섬유를 사용하여 광섬유 묶음을 만들어 잡음 전압의 변화를 측정하였다. 그림 2(a)는 광섬유 묶음의 배열 구성도이고, 그림 2(b)는 플라스틱 광섬유 30개의 심선을 사용하여($m=6, k=5$)의 배열구조로 제작된 광섬유 묶음이다.

그림 2(a)에서 부호(●)는 Group #1에 속하고, 부호(○)는 Group #2에 속한 광섬유 심선을 나타내며, 거리 d 는 인접된 심선의 코아 중심 사이의 거리이다. 각 그룹에 속한 광섬유끼리 묶음을 만들어 두 개의 PD로 빛을 나누어 전달한다.

x-y 평면상에 가우시안 강도 분포를 가진 임의의 잡음광의 분포를 $N(r) = N_0 \exp(-2r^2/w^2)$ 로 쓸 수 있다. 여기에서 N_0 는 잡음광 중심에서의 최대강도이며, w 는 빔의 반경, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ 이다. 이 잡음광이 x-방향으로 광섬유 묶음의 입력단을 가로질러 이동하는 경우에 빔 중심의 위치 변화에 따라 식 (2c)의 잡음 전압(v_n)을 plotting하면 그림 3과 같다. 여기에서 잡음광의 빔 반경 $w=20$ cm, 광섬유 입력단으로부터 PD까지의 광결합계수 $C_{m1} = C_{m2}$, 전압 분배율 $\alpha = T_n$ 인 상태로 놓고 계산하였으며, 한 개의 PD에서 검출된 최대 전압(V_p)로 정규화 하여 plotting한 값이다.

그림 3에서 곡선 (a), (b), (c)는 심선 배열수가 x-y 평면상에($m=2, k=1$)인 상태로 2개의 광섬유 심선만 x-축 방향으로 배열된 구조를 나타내며, 이러한 구조는 광섬유 묶음을 사용하지 않고 2개의 PD가 x-축 방향으로 간격 d 를 두고 설치된 경우와 유사한 형태를 나타낸다. 여기에서 곡선 (a), (b), (c)는 각각 $d=5, 2, 0.5$ cm인 경우를 나타내며, 간격 d 가 줄어들수록 잡음 전압이 감소함을 볼 수 있다. 간격 d 가 줄어들면 PD1과 PD2가 서로 가까워져서 두 전압이 동일한 값으로 근접하게 되고, 그 결과 두 전압의 차이에 해당하는 출력 전압(v_{out})의 크기가 줄어들어 그만큼 잡음 소거 능력이 향상됨을 나타낸다.

그림 3에서 곡선 (d)와 (e)는 심선 배열수가 x-y 평면상에($m=6, k=5$)인 상태로 도합 30개의 광섬유

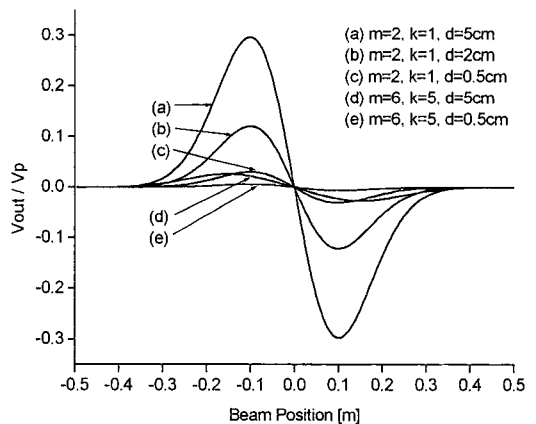


그림 3. 잡음광의 이동에 따른 검출전압의 변화
 Fig. 3. The voltage variation with a moving noise light.

심선을 하나의 묶음으로 형성한 경우를 나타낸다. 곡선 (d)와 곡선 (e)는 각각 광섬유 심선 간격이 $d=5, 0.5$ cm인 경우이다. 먼저 곡선 (a)와 곡선 (d)를 비교하면 두 경우에 모두 광섬유 심선의 간격이 $d=5$ cm인 경우에 해당하지만, 곡선 (d)와 같이 30개 정도의 여러 개의 광섬유 심선을 사용하면 곡선 (a)의 2개의 심선에 비하여 잡음 전압이 약 1/10로 줄어들어, 여러 개의 심선을 사용할수록 잡음 소거 능력이 우수함을 볼 수 있다.

또한 곡선 (d) $d=5$ cm와 곡선 (e) $d=0.5$ cm의 경우를 비교하면 같은 심선 수를 사용하여도 심선 간격이 근접될수록 잡음 전압이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 따라서 여러 개의 심선을 사용할수록 그리고 심선간의 간격이 근접할수록 잡음 소거 능력이 향상됨을 예측할 수 있다.

2-2 잡음소거효과 검증실험

광섬유 묶음의 잡음 소거 효과를 측정하기 위하여 코아 직경이 1 mm인 플라스틱 광섬유를 사용하여 앞의 그림 2에서 보는 바와 같이 심선 배열수가 ($m=6, k=5$)인 광섬유 묶음을 구성하였다. 광검출기 앞의 약 1 m 거리에 광집속 렌즈가 부착된 소형 백열등을 회전모터 위에 설치하여 잡음광으로 사용하였으며, 수평면상에서 모터를 서서히 약 10초 동안 180도 회전시키면서 빔의 중심부가 광검출기 배열의 중심을 가로질러 지나가도록 하였다. 이와 같이 잡음광의 이동이 발생하는 상태에서 광섬유 묶음을 사용하지 않은 경우와 사용한 경우에 대하여 잡음 전압의 변화를 측정하여 비교하였다.

먼저 광섬유 묶음을 사용하지 않고 2개의 PD만 서로 근접 설치된 경우에 잡음광의 이동에 따른 검출 전압의 변화를 관찰하였다. 2개의 포토다이오드 PD1과 PD2는 수평방향으로 나란히 설치되어 있고, 중심간의 거리는 약 $d=4$ cm이다. 이 상태에서 PD1과 PD2의 검출전압 v_1 과 v_2 , 그리고 이 두 전압의 차이 ($v_1 - v_2$)를 A/D 변환기와 마이크로프로세서를 사용하여 기록하였다.

측정 결과는 그림 4와 같다. 그림 4(a)는 빔이 회전함에 따라 PD1에서와 PD2에서 검출된 전압 v_1 과 v_2 를 나타낸다. 여기에서 보면 빔의 중심이 이동함

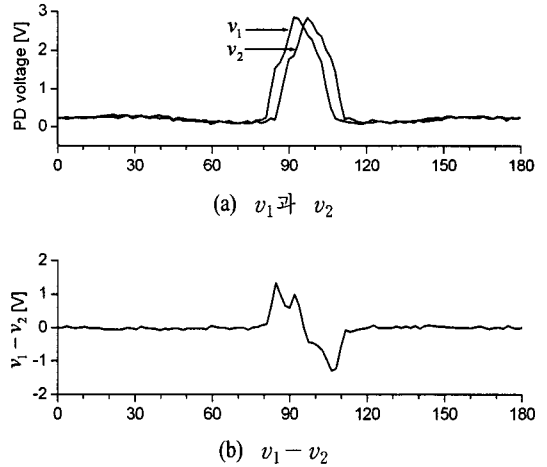


그림 4. 평행한 2개의 PD만을 사용한 경우의 검출 전압 변화
Fig. 4. The voltage variation when using 2 PD's.

에 따라 PD1과 PD2 위치의 미세한 차이로 인하여 v_1 과 v_2 의 전압이 동일하지 않게 되며, 그 결과 그림 4(b)와 같이 차동전압($v_1 - v_2$)의 변화가 발생하게 된다.

그림 5는 광섬유 묶음을 사용한 경우, 검출 전압의 변화를 측정한 결과이다. 그림 5(a)에서 보면 빔이 이동할 때 PD1과 PD2의 검출전압 v_1 과 v_2 가 거의 동일하며, 그 결과 차동전압($v_1 - v_2$)는 항상 거의 일정하게 영으로 유지되는 상태가 됨을 볼 수 있다. 이

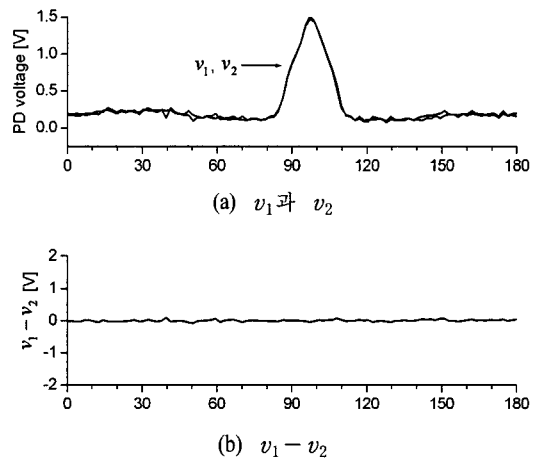


그림 5. 광섬유 묶음과 2개의 PD를 사용한 경우의 검출 전압 변화
Fig. 5. The voltage variation when using a fiber-bundle and 2 PD's.

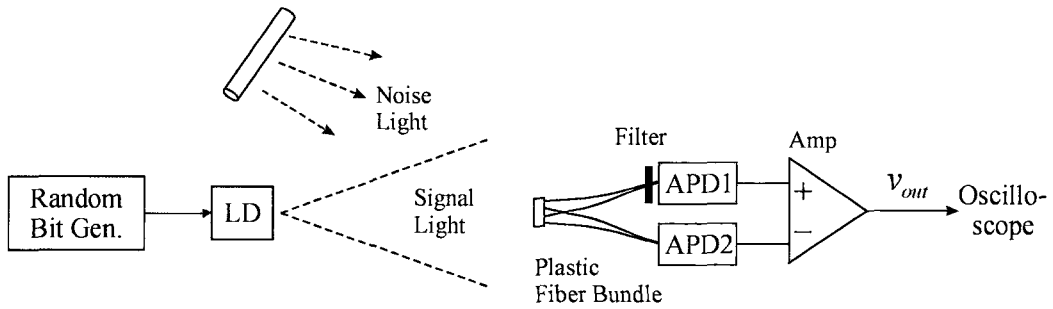


그림 6. 실험구성도
Fig. 6. Experimental setup.

와 같이 광섬유 묶음을 사용하여 차동검출기를 구성하면 잡음광의 공간적 분포가 심하게 변하는 환경에서도 잡음 소거 효과가 좋아짐을 알 수 있다.

Ⅲ. 무선광 전송구간에서 잡음광 소거 실험

플라스틱 광섬유 묶음을 이용한 차동검출기를 사용하여 무선광 전송 시스템에서 잡음 광을 소거하기 위한 실험 구성도는 그림 6과 같다.

송신부에서는 400 kbps NRZ 디지털 부호를 발생하는 랜덤 비트 발생기(random bit generator)를 사용하여 레이저 다이오드를 강도 변조하여 신호광을 발생하였다. 이 랜덤 비트 발생기는 programmable logic device에 linear feedback shift register(LFSR)를 16단으로 구성하여 sequence length가 $2^{16}=65536$ 이 되도록 제작하였다. 광원으로는 중심 파장이 850 nm이고, 광출력이 약 10 mW인 GaAs 레이저 다이오드를 사용하였으며, 신호광의 방사 패턴은 수직으로 약 30도, 수평으로 약 15도인 반치빔폭(half power beam width)을 가진다.

레이저 다이오드로부터 약 2 m의 거리에 수신부를 구성하였다. 수신부에는 제 2절의 그림 1에서 보인 바와 같이 플라스틱 광섬유 묶음과 2개의 포토다이오드, 그리고 적외선 필터를 사용하여 차동검출기를 구성하였다. 사용한 플라스틱 광섬유는 Hewlett Packard사의 HFBR-PUS100이며, 코아 직경이 1 mm인 step-index fiber 이다. 포토 다이오드는 Hamamatsu사의 S-2384를 사용하였으며, active area 직경이 3 mm이고, 전류 증배율이 60인 silicon avalanche photodiode(APD)이다. APD1 앞에는 통과 파장이 700~

1,060 nm인 적외선 광필터를 부착하였다. 이 적외선 광필터의 통과계수는 850 nm의 신호광에서 약 0.75이고, 잡음 광원인 형광등에 대해서는 약 0.14로 측정되었다.

실험에서 사용한 잡음광원은 전자안정기(electronic ballast)가 부착된 형광등으로서 일반적으로 사무실에 많이 설치된 조명시설이다. 전자 안정기가 부착된 형광등의 잡음 스펙트럼은 약 400~1,100 nm의 걸쳐 광파위가 넓게 분포하며, DC~약 300 kHz의 RF주파범위에서 간섭을 많이 일으키는 주요 잡음 광원이다^{[1][2]}. 그림 7은 수신부에서 오실로스코프를 사용하여 관측한 eye-diagram이다.

파형 (a)는 적외선 필터가 부착된 단일의 Si-APD를 사용하여 검출한 파형이다. 백열등이나 형광등과 같은 잡음광은 가시광선과 적외선에 걸쳐 넓은 파장의

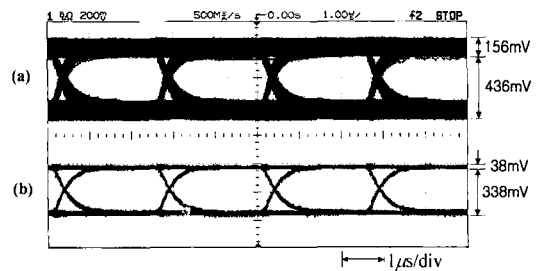


그림 7. 관측된 eye-diagrams

(a) 광필터를 사용한 단일의 APD를 사용한 경우, (b) 플라스틱 광섬유 묶음을 사용한 차동검출기의 경우

Fig. 7. The observed eye-diagrams.

(a) in a single APD with an optical filter, (b) in a differential detector with a plastic fiber bundle.

범위에 광파위가 존재한다. 따라서 잡음 광원이 수신부에 근접하여 그 강도가 높아지는 경우에는 파형 (a)에서 보는 바와 같이 적외선 필터를 사용하여도 잡음광이 완전히 소거되지 않고 잔류하는 간섭 신호가 존재하게 된다. 이 상태에서 신호 전압의 진폭이 약 436 mV이고 잡음 전압의 진폭이 약 156 mV로 측정되어 신호 대 잡음비는 $SNR_1=20 \log(436/156)=8.9$ dB이며, 잡음광의 영향이 심한 상태라고 볼 수 있다.

파형 (b)는 플라스틱 광섬유를 이용한 차동검출기를 사용하여 검출된 파형이다. 이 상태에서 신호 전압의 진폭이 약 338 mV이고 잡음 전압의 진폭이 약 38 mV이므로 신호 대 잡음비는 $SNR_{diff}=20 \log(338/38)=19$ dB이며, 광필터가 부착된 단일의 APD를 사용한 경우에 비하여 $\Delta SNR = SNR_{diff} - SNR_1 = 10.1$ dB만큼 신호 대 잡음비가 개선되었다. 이와 같이 개선된 상태는 잡음 광원이 이동하거나 잡음 광원을 가리고 지나가는 물체에 의한 그림자가 발생하여 잡음강도의 분포가 심하게 변하는 경우에도 동일한 상태를 유지하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 잡음광의 강도 분포 변화가 심하게 발생하는 환경에서 잡음광을 소거하기 위하여 차동검출기에 플라스틱 광섬유 묶음을 사용하였다. 플라스틱 광섬유 묶음을 사용하면 차동검출기를 구성하는 2개의 포토다이오드의 위치가 동일한 효과를 얻게 되므로, 잡음광의 분포가 심하게 변하여도 차동검출기의 출력 전압에서는 항상 잡음광이 소거된 상태를 이루게 된다. 이러한 효과를 확인하기 위하여 광섬유 묶음의 구조에 대하여 간단한 수식을 세워 시뮬레이션하고 실험적으로 측정하였다. 또한 무선광전송 수신부에서 광섬유 묶음을 사용한 차동검출방식을 이용하여 잡음광의 영향을 소거함으로써, 적외선 필터만 사용한 단일의 APD의 경우에 비하여

약 10 dB 정도의 신호 대 잡음비의 개선 효과를 얻었다.

광섬유 묶음을 사용하면 두 개의 포토다이오드에서 잡음광의 검출 전압을 항상 같게 만들어 주므로 차동 이득비 제어를 위한 별도의 고속 피드백회로가 필요하지 않아 수신부회로구성이 매우 간단해진다. 또한 플라스틱 광섬유는 잘 부러지지 않아 다루기가 쉽고 광섬유 묶음을 제작하는 데에도 정밀한 가공기술이 필요하지 않으며, 빛을 포토다이오드로 전달하는 과정에 렌즈를 사용하거나 정밀한 광학적 정렬작업이 필요하지 않아 사용하기에도 매우 편리하므로 무선광 수신부 개발에 활용가치가 높다.

참 고 문 헌

- [1] Joseph M. Kahn, John R. Barry, "Wireless infrared communications", *Proc. IEEE*, 85(2), pp. 265-298, 1997.
- [2] M. Street, P. N. Stavrinou, D. C. O'Brien, and D. J. Edwards, "Indoor optical wireless systems-a review", *Optical and Quantum Electronics*, vol. 29, pp. 349-378, 1997.
- [3] 이성호, "무선광연결에서 편광판을 이용한 광잡음 감소", 한국전자과학회논문지, 11(3), pp. 365-371, 2000년 4월.
- [4] 이성호, "무선광 차동검출기에서 디지털가변저항을 이용한 잡음광의 감소", 한국전자과학회논문지, 13(6), pp. 599-604, 2002년 7월.
- [5] 이성호, "빔분할기를 이용한 무선광 차동검출기", 한국전자과학회논문지, 15(1), pp. 96-102, 2004년 1월.
- [6] Seong-Ho Lee, "Reducing the effects of ambient noise light in an indoor optical wireless system using polarizers", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 40, no. 3, pp. 228-231, Feb. 2004.

이 성 호



1980년 2월: 한국항공대학교 전자
공학과 (공학사)

1989년 2월: 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 (공학석사)

1993년 2월: 한국과학기술원 전기
및 전자공학과 (공학박사)

1995년 3월~현재: 서울산업대학교

전자정보공학과 부교수

[주 관심분야] 광통신, 초고주파회로