

플라스틱 광섬유의 손실 특성을 이용한 무선잡음광의 영향 감소

Reducing the Effects of Wireless Optical Noise Using the Loss Characteristics of Plastic Fibers

이 성 호

Seong-Ho Lee

요 약

본 논문에서는 무선광 연결에서 신호광과 잡음광에 대한 플라스틱 광섬유의 손실차를 이용하여 잡음광의 영향을 감소하였다. 플라스틱 광섬유에서 신호광과 잡음광에 대한 손실계수가 달라서 차동검출기를 구성하는 2개의 포토다이오드로 연결되는 광섬유의 길이를 다르게 하면 신호광과 잡음광에 대한 감소 비율이 달라져 변별소자의 역할을 한다. 따라서 별도의 광필터를 설치하지 않아도 잡음광의 간섭을 소거하고 신호성분을 검출할 수 있다. 광섬유를 사용하지 않는 단일의 포토다이오드를 사용할 때에 비하여 광섬유를 사용할 때 약 9.7 dB 신호대 잡음비를 개선하였다.

Abstract

In this paper, optical noise effect is reduced by using the loss characteristics of plastic fibers in an optical wireless system. The attenuation coefficient of a plastic fiber for the signal is different from that for the noise light, and the length difference between two fibers to the 2PD's behaves like a discriminative element. It is possible to eliminate the optical noise effect and detect only the signal without optical filters. The signal to noise ratio in a differential detector using fibers was 9.7 dB higher than in a single photodiode without optical fiber.

Key words : Optical Noise, Optical Wireless System, Differential Detector, Plastic Fiber

I. 서 론

무선광 연결은 자유 공간을 전송 매체로 사용하여 신호광을 전송하는 무선 통신 방식으로서 기존의 RF 무선 통신 주파수와 상호 간섭이 적고, 신호광의 영역 밖에서는 수신이 되지 않아 도청을 방지하며, 송수신부의 구성이 비교적 간단하여 저렴한 비용으로 시스템을 구성할 수 있는 장점이 있다. 주로 가지거리의 단거리의 직진 구간에서 그 사용이 증가하고 있으며, 실외에서는 케이블을 신설하기 곤란한 근거리 고층 건물간이나 임시 복구 통신망에 많이 사용되고, 실내에서는 컴퓨터와 주변 장치에 설치된 적

외선 포트를 비롯하여 오디오 및 비디오 시스템에서 음성 및 영상 신호의 단거리 무선 전송 방식으로 자주 이용되고 있다.

무선광 연결에서는 자유 공간을 통하여 신호광을 전송하므로 전송 구간에 존재하는 조명 시설에서 발생한 빛도 수신부에 유입되는 경우가 많으며, 이러한 경우에는 조명 시설로부터 발생하는 잡음광에 의한 간섭때문에 신호대 잡음비가 감소할 수 있다. 이러한 간섭 현상은 수신 영역을 넓히기 위하여 신호광의 방사각을 크게 할수록 수신부에서 신호광의 강도(intensity)가 상대적으로 약해지므로 주변의 잡음광에 의한 간섭현상은 증가한다. 따라서 이와 같이 잡

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

· 논문 번호 : 20050531-060

· 수정완료일자 : 2005년 6월 30일

음광의 간섭이 심한 환경에서는 그 영향을 감소시키는 수신 구조가 필요하며, 수신부에 광학적 필터나 전기적 필터를 사용하는 방법이 일반적으로 많이 이용되고 있다^{[1],[2]}. 잡음광과 신호광의 스펙트럼이 중첩되어 광필터로 구분하기가 어렵거나 잡음광의 간섭신호가 신호광의 변조 주파수에 근접하여 전기적 필터를 사용하기 어려운 경우에는 차동검출기(differential detector)를 사용하면 매우 효과적이다^{[2],[3],[5]}.

차동 검출기는 동일한 특성을 가진 2개의 포토다이오드와 1개의 차동 증폭기, 그리고 신호광과 잡음광에 대한 응답도에 차이를 발생하기 위한 변별소자로 구성된다. 변별소자로써는 주로 광필터나 편광기가 많이 사용된다. 변별소자의 역할은 2개의 포토다이오드에서 신호광과 잡음광에 대한 검출 전압의 비율을 다르게 만들어줌으로써, 2개의 잡음 전압을 같은 크기로 만들어 소거할 때 신호 전압만 검출되도록 만들어준다. 잡음광의 공간 분포가 거의 균일한 환경에서는 2개의 포토다이오드를 간단히 공간상에 평행하게 근접 배열하여 사용하면 되지만, 잡음 광원의 이동이나 그림자의 이동에 의하여 잡음광의 강도 분포가 심하게 발생하는 환경에서는 2개의 포토다이오드의 위치 차이로 인한 잡음 전압이 발생할 수 있으므로, 이를 방지하기 위하여 수신부에 빔 분할기나 광섬유 커플러를 사용하면 더욱 효과적이다^{[4],[6]}.

본 논문에서는 광섬유 커플러를 채택한 차동 검출기에서 잡음광의 간섭을 소거하기 위한 변별소자로써 플라스틱 광섬유의 손실 차를 이용한 차동 검출기를 새로이 소개한다. 동일한 지점에서 검출된 광신호를 1×2 광섬유 커플러를 사용하여 2개로 분기하고, 커플러로부터 2개의 포토다이오드까지 신호를 전달하는 플라스틱 광섬유의 길이를 서로 다르게 만들어주면 플라스틱 광섬유에서 신호광과 잡음광에 대한 손실계수의 차이 때문에 2개의 포토다이오드에서 신호광과 잡음광에 대한 검출 전압의 비율이 달라지므로 광필터를 따로 설치하지 않고도 잡음광의 간섭을 소거할 수 있다. 이 구조에서는 광필터와 같은 별도의 변별소자를 설치하지 않아도 되고, 잡음광 소거에 필요한 플라스틱 광섬유의 길이 차는 불과 1~2 m 정도의 짧은 거리이며, 수신부의 제작 과정이 간단하여 잡음광 소거 능력을 가진 무선광

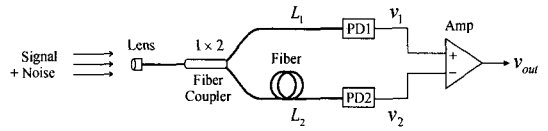


그림 1. 플라스틱 광섬유 손실을 이용한 차동검출기
Fig. 1. A differential detector using plastic fiber loss.

수신부 개발에 활용가치가 있다.

II. 플라스틱 광섬유 손실을 이용한 차동검출기의 구조

플라스틱 광섬유의 손실을 이용한 차동 검출기의 구조는 그림 1과 같다.

이 구조에서는 2개의 포토다이오드의 위치 차이로 인한 잡음 전압의 발생을 방지하기 위하여 하나의 지점에서 검출한 광신호를 1×2 광섬유 커플러를 사용하여 1:1로 분기하고, 분기된 2개의 광신호는 각각 길이가 L_1 과 L_2 인 광섬유를 통과하여 2개의 포토다이오드 PD1과 PD2로 입력된다. PD1과 PD2의 검출 전압은 각각 차동 증폭기의 (+)와 (-) 입력단에 연결되며 이 검출 과정을 수식으로 나타내면 다음의 식 (1)과 같다.

$$v_1 = i_1 R_L = (i_{s,1} + i_{n,1} + i_{nst,1}) R_L \quad (1a)$$

$$v_2 = i_2 R_L = (i_{s,2} + i_{n,2} + i_{nst,2}) R_L \quad (1b)$$

$$\begin{aligned} v_{out} &= G_1 v_1 - G_2 v_2 = (G_1 i_1 - G_2 i_2) R_L \\ &= (G_1 i_{s,1} - G_2 i_{s,2}) R_L + (G_1 i_{n,1} - G_2 i_{n,2}) R_L \\ &\quad + (G_1 i_{nst,1} + G_2 i_{nst,2}) R_L \end{aligned} \quad (1c)$$

여기에서 v_1, v_2 는 각각 PD1과 PD2의 검출 전압, i_1, i_2 는 각각 PD1과 PD2의 전류이며, v_{out} 은 차동 증폭기의 출력 전압이다. PD1과 PD2의 부하 저항은 R_L 로 동일하고 G_1 과 G_2 는 각각 차동 증폭기의 (+)와 (-)의 입력에 대한 전압 증폭률이다. $i_{s,i}(i=1, 2)$ 는 각 포토다이오드에서 신호광에 의하여 생성된 신호 전류, $i_{n,i}(i=1, 2)$ 는 잡음광에 의한 잡음 전류이다. $i_{nst,i}(i=1, 2)$ 는 각 포토다이오드에서 발생한 산탄 잡음(shot noise)과 열 잡음(thermal noise)의 합으로서 잡음광의 간섭과는 별도로 포토다이오드에서 발생하는 고유 잡음이다. 산탄 잡음과 열 잡음의 생성은 랜덤 과정이므로 차동 증폭할 경우 식 (1c)에

서와 같이 더해지게 된다. 식 (1)에 표기된 이들 전류 성분들은 각각 다음 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$i_{s,i} = 0.5 P_s e^{-\alpha_s L_i} \rho_s M \quad ; i = 1, 2 \quad (2a)$$

$$i_{n,i} = 0.5 P_n e^{-\alpha_n L_i} \rho_n M \quad ; i = 1, 2 \quad (2b)$$

$$i_{nst,i} = \sqrt{M^m 2e(i_{s,i} + i_{n,i} + I_D)\Delta f + 4kT\Delta f/R_L} \quad ; i = 1, 2 \quad (2c)$$

식 (2a)와 식 (2b)에서 P_s 와 P_n 은 각각 커플러의 입력측 광섬유의 코아에 진입한 신호광과 잡음광의 파워이며, ρ_s 와 ρ_n 은 각각 신호광과 잡음광에 대한 포토다이오드의 응답도이다. α_s 와 α_n 은 각각 신호광과 잡음광에 대한 플라스틱 광섬유의 손실계수이며 L_i ($i=1, 2$)는 각각 광섬유 커플러로부터 PD1과 PD2까지 연결된 플라스틱 광섬유의 길이를 나타낸다. PD1과 PD2로서 에벌란치포토다이오드(APD)를 사용하는 경우에는 M 은 전류 증배율을 나타내며, PIN을 사용하는 경우에는 $M=1$ 이다. 식 (2c)에서 $e=1.6 \times 10^{-19}$ [C]는 1개의 전자의 전하량, I_D 는 PD의 암전류(dark current), Δf 는 PD의 수신대역폭, $k=1.38 \times 10^{-23}$ (J/K)는 볼츠만 상수, T 는 절대온도이며, M^m 은 APD를 사용할 경우에 excess noise factor이다.

차동 증폭기의 출력 전압을 나타내는 식 (1c)의 우변에서 잡음광(P_n)에 의한 잡음 전류($i_{n,i}$)를 포함하는 2번째 항이 $(G_1 i_{n,1} - G_2 i_{n,2})R_L=0$ 이 되도록 차동 증폭기의 전압 이득비(G_2/G_1)를 정해주면 잡음광 P_n 에 의한 간섭이 사라진다. 즉 $G_1 e^{-\alpha_n L_1} - G_2 e^{-\alpha_n L_2}=0$ 이 되도록 전압 이득비를 $G_2/G_1 = e^{\alpha_n(L_2-L_1)}$ 로 만들어주면 식 (1c)의 출력 전압 v_{out} 은

$$\begin{aligned} v_{out} &= (G_1 i_{s,1} - G_2 i_{s,2})R_L + (G_1 i_{nst,1} + G_2 i_{nst,2})R_L \\ &= 0.5 P_s \rho_s M R_L G_1 e^{-\alpha_s L_1} [1 - e^{(\alpha_n - \alpha_s) \Delta L}] \\ &\quad + R_L G_1 [i_{nst,1} + i_{nst,2} e^{\alpha_n \Delta L}] \end{aligned} \quad (3a)$$

이 된다. 여기에서 ΔL 은 2개의 광섬유 길이의 차이로서 $\Delta L=L_2-L_1$ 이다. 식 (3a)의 출력 전압에서 신호성분($v_{s,out}$)과 잡음성분($v_{n,out}$)은 각각

$$v_{s,out} = 0.5 P_s \rho_s M R_L G_1 e^{-\alpha_s L_1} [1 - e^{(\alpha_n - \alpha_s) \Delta L}] \quad (3b)$$

$$v_{n,out} = R_L G_1 [i_{nst,1} + i_{nst,2} e^{\alpha_n \Delta L}] \quad (3c)$$

이다. 식 (3b)에서 보면 신호광과 잡음광의 손실계수 α_s 와 α_n 이 서로 다를 경우, 1×2 커플러의 출력부에 연결된 두개의 광섬유의 길이 L_1 과 L_2 를 다르게 하여 $\Delta L \neq 0$ 이 되도록 만들어 주면, 신호광 P_s 에 비례한 출력전압을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 식 (1)~(3)를 이용하여 ΔL 에 따라 출력전압 v_{out} 에서 개선되는 신호대 잡음비(SNR)를 계산하였다. 광섬유를 사용하지 않고 단일의 포토다이오드를 사용하여 신호를 검출할 경우에는 식 (1a)와 식 (2)에서 $L_1=0$ 인 경우이며, 이 상태에서 SNR은

$$\begin{aligned} SNR_1 &= 20 \log \left(\frac{i_{s,1}}{i_{n,1} + i_{nst,1}} \right) \\ &= 20 \log \left(\frac{0.5 P_s \rho_s M}{0.5 P_n \rho_n M + i_{nst,1}} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

이며, 커플러와 광섬유를 사용하여 차동 검출하는 경우에 SNR은 식 (3)으로부터

$$\begin{aligned} SNR_{diff} &= 20 \log \left(\frac{v_{s,out}}{v_{n,out}} \right) \\ &= 20 \log \left(\frac{0.5 P_s \rho_s M e^{-\alpha_s L_1} [1 - e^{(\alpha_n - \alpha_s) \Delta L}]}{i_{nst,1} + i_{nst,2} e^{\alpha_n \Delta L}} \right) \end{aligned} \quad (5)$$

이 된다.

식 (4)와 식 (5)의 차이 값이 광섬유를 사용하여 개선되는 신호대 잡음비의 크기(ΔSNR)이며

$$\begin{aligned} \Delta SNR &= SNR_{diff} - SNR_1 \\ &= 20 \log \left(\frac{e^{-\alpha_s L_1} [1 - e^{(\alpha_n - \alpha_s) \Delta L}] (0.5 P_n \rho_n M + i_{nst,1})}{i_{nst,1} + i_{nst,2} e^{\alpha_n \Delta L}} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

이다. 광섬유 길이의 차이(ΔL)에 따라 식 (3b)와 식 (3c)의 신호 전압($v_{s,out}$)과 잡음 전압($v_{n,out}$)의 변화, 그리고 식 (4)~(6)의 SNR_1 , SNR_{diff} , ΔSNR 을 plotting하면 그림 2와 같다. 여기에서 사용한 파라미터는 $P_s=0.4 \mu W$, $P_n=0.2 \mu W$, $\rho_s=0.5 A/W$, $\rho_n=0.5 A/W$, $L_1=30$ cm이며, 포토다이오드의 특성은 실험에 사용한 Hamamatsu사의 Silicon APD S-2384에 해당하는 값으로서 내부 전류 이득 $M=60$, excess noise factor $60^{0.3}=3.4$, 암전류 $I_D=1$ nA를 사용하였다. 850 nm의 신호광에 대한 플라스틱 광섬유의 손실계수는 $\alpha_s=1.15$ / m, 전자안정기식 형광등 빛에 대한 손실계수는 $\alpha_n=0.8$ / m로 하였으며, 이

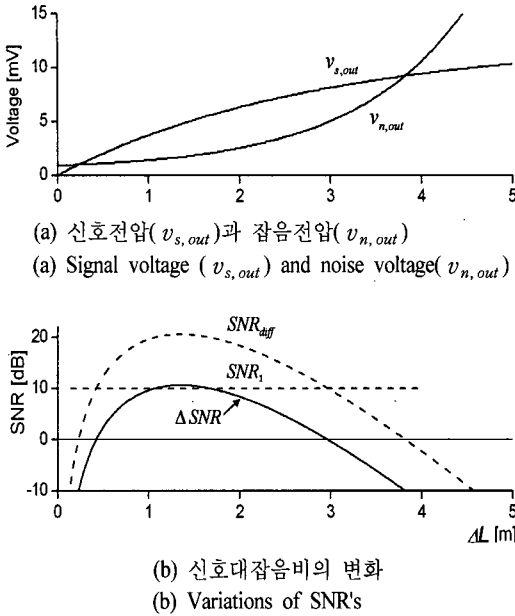


그림 2. 광섬유 길이차에 따른 검출전압과 SNR의 변화
Fig. 2. Voltage and SNR variations with fiber length difference(ΔL).

값들은 모두 실험과정에서 측정하여 사용한 값이다. 그림 2(a)에서 보면 두 광섬유의 길이차(ΔL)가 0에 근접하는 경우에는 잡음광의 간섭을 소거할 때 신호성분($v_{s,out}$)도 함께 소거되고, 산탄잡음과 열잡음의 합인 고유잡음($v_{n,out}$)은 존재한다. 따라서 이 때에는 $v_{s,out} < v_{n,out}$ 이 되어 그림 2(b)에서 보는 바와 같이 $SNR_{diff} < SNR_1$ 의 관계가 되어 $\Delta SNR < 0$ 이 되므로 광섬유를 사용하지 않을 때보다 오히려 신호대 잡음비가 감소한다.

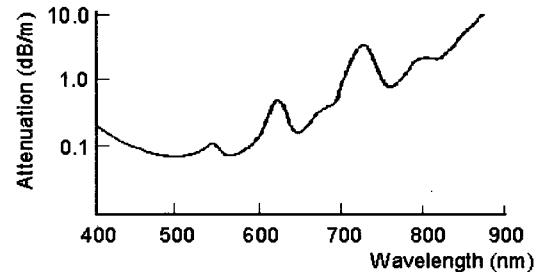
ΔL 이 증가함에 따라 신호광과 잡음광에 대한 플라스틱 광섬유의 손실계수에 차이에 의하여 $v_{s,out} > v_{n,out}$ 의 상태로 바뀌게 되며, 약 0.5 m~3 m 정도의 범위에서는 $\Delta SNR > 0$ 이 되어 광섬유를 사용하지 않을 때에 비하여 신호대 잡음비가 개선되는 영역을 나타낸다.

ΔL 을 계속 증가시키면 광섬유의 손실로 인하여 PD2에 도달하는 신호광과 잡음광의 세기는 매우 약해져서 고유잡음의 크기에 근접하게 되며, PD1의 잡음광을 소거하기 위하여 전압 이득비 G_2/G_1 를 증가시키면 고유 잡음도 함께 증폭되어 ΔSNR 은 다시 감소하게 된다. 따라서 잡음광을 소거하여 신호대 잡음비를 개선할 수 있는 광섬유 길이 차(ΔL)에 적절한 범위가 존재함을 알 수 있다. 그림 2에서 $\Delta L = 1 \sim 2$ m 부근에서 ΔSNR 이 최대가 되므로 실험에서는 $\Delta L = 2$ m로 하여 실험을 수행하였다.

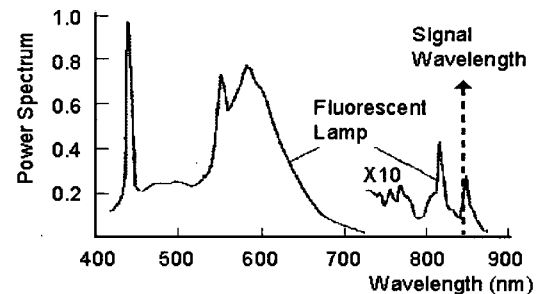
이와 같이 두 개의 포토다이오드에 연결되는 플라스틱 광섬유의 길이에 적절한 차이를 두면 광섬유 자체가 신호광과 잡음광에 대한 변별소자의 역할을 하게 되고 별도의 광필터를 설치하지 않고도 잡음광을 소거하여 신호대 잡음비가 개선될 수 있음을 알 수 있다. 그림 3은 step-index 플라스틱 광섬유의 손실 특성^[7]과 전자식 형광등의 잡음광 스펙트럼^[1]을 나타낸다.

그림 3에서 보는 바와 같이 플라스틱 광섬유는 유리광 섬유에 비하여 손실계수가 현저히 크며 일반적으로 가시광선인 약 600 nm에서 최소값을 가지고 파장이 증가하거나 감소함에 따라 손실계수는 증가하는 경향을 가지고 있다. 잡음광의 대부분의 파워

Attenuation (dB/m) vs Wavelength (nm) graph showing a noisy curve with a minimum around 600 nm and an overall increasing trend towards 900 nm.



(a) 플라스틱 광섬유의 손실
(a) Attenuation of a plastic fiber



(b) 형광등의 파워스펙트럼
(b) Power spectrum of a fluorescent lamp

그림 3. 플라스틱 광섬유의 손실 특성과 잡음광 스펙트럼

Fig. 3. Attenuation characteristics of a plastic fiber and noise spectrum.

는 가시광선의 영역에 많이 분포하는 반면 적외선의 파장을 가진 신호광의 손실계수는 상대적으로 더 크므로 이 차이를 이용하면 짧은 길이 차(ΔL)로도 신호광과 잡음광에 대한 응답도를 다르게 만들어 잡음광을 소거할 수 있다는 원리를 이용한 것이다.

III. 무선광 전송 구간에서 잡음광 소거 실험

무선광 전송 구간에서 광섬유의 손실 특성을 이용하여 잡음광을 소거하기 위한 실험구성은 그림 4와 같다.

송신부에서는 중심파장이 850 nm이고, 광출력이 약 10 mW인 GaAs 레이저 다이오드를 강도 변조(intensity modulation)함으로써 신호광을 생성하였으며, 광원으로부터 약 2 m의 거리에 플라스틱 광섬유를 이용한 차동 검출기를 설치하여 신호광을 수신하였다. 잡음 광원으로는 60 W의 전자 안정기식 형광등을 레이저다이오드의 부근에 설치하여 사용하였다. 수신부의 입력단에서는 렌즈를 사용하여 빛을 수신하고 1×2 coupler를 사용하여 1:1로 분기한 후 PD1과 PD2까지 플라스틱 광섬유로 연결되어 있다. 실험에 사용한 1×2 플라스틱 광섬유 커플러는 Industrial fiber optics사의 IF-562이며 1:1의 splitting ratio를 가진다. PD1과 PD2로 연결되는 구간에 사용한 광섬유는 Hewlett Packard사의 HFBR-PUS100이며, 코어 직경이 1 mm인 step-index plastic fiber이다. 2개의 포토다이오드는 동일하며 active area의 직경이 3 mm이고, 전류 증배율 $M=60$, 암전류 $I_D=1nA$, excess noise factor $60^{0.3}=3.4$ 인 Hamamatsu사의 Silicon APD S-2384를 사용하였다. PD1의 검출 전압은 차동 증폭기의 (+)단자에 PD2의 검출 전압은 (-)단자에 연결하였으며, 각각의 입력에 대한 전압 증폭률은 1~20까지 조절이 가능하다.

먼저 차동 검출기에서 변별소자로 사용된 플라스

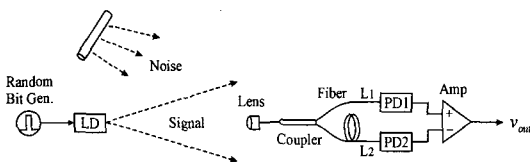


그림 4. 실험구성도
Fig. 4. Experimental setup.

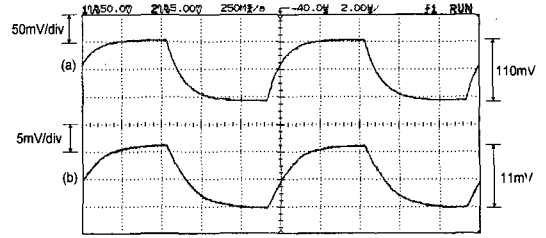


그림 5. 포토다이오드에서 검출된 신호전압
(a) 플라스틱광 섬유 길이 $L_1=0.3$ cm일 때 신호전압(v_1)
(b) 플라스틱광 섬유 길이 $L_2=0.3$ cm일 때 신호전압(v_2)

Fig. 5. Signal voltages detected in photodiodes.
(a) With the plastic fiber length $L_1=0.3$ cm (v_1)
(b) With the plastic fiber length $L_2=0.3$ cm (v_2)

틱 광섬유의 신호광과 잡음광에 대한 손실계수를 측정하였다. PD1과 PD2에 연결되는 두개의 광섬유의 길이를 각각 $L_1=30$ cm, $L_2=230$ cm로 하여 두 길이의 차이가 $\Delta L=L_2-L_1=2$ m이 되도록 설치하고, 신호광과 잡음광에 대한 손실계수 α_s 와 α_n 을 측정하였다.

그림 5는 잡음광이 없는 상태에서 100 kbps의 구형파로 변조된 신호광만 수신하는 경우에 광섬유 L_1 과 L_2 를 통과한 후 PD1과 PD2에서 검출된 신호전압을 나타낸다. 파형 5(a)는 PD1에서 검출된 전압(v_1)이고 파형 5(b)는 PD2에서 검출된 전압(v_2)이다. 파형 5(a)에서는 수직눈금이 50 mV/div이며, 파형 5(b)에서는 5 mV/div이다. $v_1 \approx 110$ mV일 때 $v_2 \approx 11$ mV이므로 두 신호의 진폭의 비를 계산하면 $v_2/v_1 = e^{-\alpha_s \times 2} = 0.1$ 이 되어 신호광에 대한 손실계수는 $\alpha_s \approx 1.15/m$ 가 된다.

그림 6은 신호광이 없는 상태에서 전자 안정기식 형광등으로부터의 잡음광만 입사하는 경우에 광섬유 L_1 과 L_2 를 통과한 후 PD1과 PD2에서 검출된 잡음 전압을 나타낸다. 파형 6(a)는 PD1에서 검출된 전압 v_1 이고 파형 6(b)는 PD2에서 검출된 전압 v_2 이다. 파형 6(a)에서는 수직 눈금이 10 mV/div이며, 파형 6(b)에서는 2 mV/div이다. $v_1 \approx 25$ mV일 때 $v_2 \approx 5$ mV이므로 $v_2/v_1 = e^{-\alpha_n \times 2} = 0.2$ 이고 잡음광에 대한

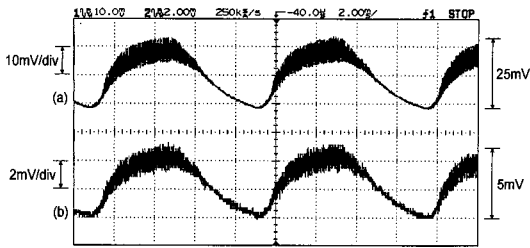


그림 6. 포토다이오드에서 검출된 잡음전압
 (a) 플라스틱 광섬유 길이 $L_1=0.3$ cm일 때 잡음전압(v_1)
 (b) 플라스틱 광섬유 길이 $L_1=2.3$ cm일 때 잡음전압(v_2)

Fig. 6. Noise voltages detected in photodiodes.
 (a) With the plastic fiber length $L_1=0.3$ cm (v_1)
 (b) With the plastic fiber length $L_1=2.3$ cm (v_2)

손실계수는 $\alpha_n \approx 0.8/\text{m}$ 로 측정되었다. 여기에서 측정된 α_s 와 α_n 은 앞의 그림 2를 plotting하는 데에 사용하였다.

플라스틱 광섬유를 이용한 차동검출기에서 신호대 잡음비가 개선되는 효과를 확인하기 위하여 랜덤 비트 발생기를 사용하여 광원을 강도 변조하고 오실로스코프를 사용하여 eye-diagram을 관측하였다. 실험에 사용한 랜덤 비트 발생기는 100 kbps NRZ의 디지털 부호를 생성하며, sequence length는 $2^{16}=65536$ 이다. 그림 7은 잡음광이 존재하는 상태에서 단일의

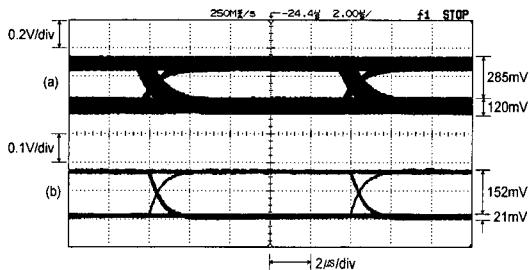


그림 7. 관측된 eye-diagrams
 (a) 단일의 포토다이오드를 사용한 경우
 (b) 플라스틱 광섬유를 이용한 차동검출기의 경우

Fig. 7. Observed eye-diagrams.
 (a) In a single photodiode
 (b) In a differential detector with plastic fibers

PD를 사용한 경우와 플라스틱 광섬유를 이용한 차동 검출기를 사용한 경우에 관측된 eye-diagrams이다.

파형 7(a)는 단일의 PD를 사용한 경우로서 신호전압의 진폭이 약 285 mV일 때 잡음의 진폭은 약 120 mV이며, 이 상태에서는 신호대 잡음비가 $SNR_1=20\log(285/120)=7.5$ (dB)가 된다. 파형 7(b)는 광섬유의 손실차를 이용한 차동 검출기를 사용하여 검출한 경우이며 신호 전압의 진폭이 약 152 mV일 때 잡음 전압의 진폭은 약 21 mV로 측정되었다. 이 상태에서의 신호대 잡음비는 $SNR_{diff}=20\log(152/21)=17.2$ (dB)이므로 단일의 PD를 사용한 경우에 비하여 약 9.7 dB 신호대 잡음비가 개선되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 신호광과 잡음광에 대한 플라스틱 광섬유의 손실차를 이용하여 잡음광의 영향을 감소하였다. 수신광을 광섬유 커플러를 사용하여 1:1로 분기하고 2개의 포토다이오드까지의 광섬유 길이를 다르게 구성한 차동 검출기에 대하여 간단한 수식을 세우고 광섬유의 길이 차에 대한 신호 전압과 잡음 전압의 변화, 그리고 신호대 잡음비의 변화를 계산하였다. 계산 결과를 바탕으로 실험을 실시함으로써 광섬유를 사용하지 않는 단일의 포토다이오드에 비하여 광섬유를 사용한 차동검출기에서 신호대 잡음비를 약 9.7 dB 개선하였다. 이 구조에서는 플라스틱 광섬유의 손실값이 커서 수 m의 짧은 거리에서도 파장에 따른 손실값의 차이가 비교적 크다는 특징을 이용한 것이다.

이와 같이 수신부에 광 커플러를 사용하는 차동 검출기에서 광섬유의 길이에 적절한 차이를 두게 되면 광 필터나 편광기와 같은 별도의 변별소자를 사용하지 않고도 잡음광의 영향을 감소할 수 있다. 잡음광을 소거하는 수신부의 구성과정이 매우 간단하고, 플라스틱 광섬유가 잘 부러지지 않아 취급하기도 수월하며, 소모되는 플라스틱 광섬유의 길이는 1~2 m 정도로 매우 짧아서 좁은 공간에 패키징이 가능하므로 compact한 수신부를 제작하는 데에 도움이 된다. 이와 같은 점에 비추어볼 때 플라스틱 광섬유는 무선광의 수신부에서 잡음광을 감소하기 위한 변별소자로서 그 활용할 가치가 높다.

참 고 문 헌

- [1] Joseph M. Kahn, John R. Barry, "Wireless infrared communications", *Proc. IEEE*, vol. 85, no. 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 Electron.*, vol. 29, pp. 349-378, 1997.
- [3] 이성호, "무선광연결에서 편광관을 이용한 광잡음 감소", *한국전자과학회논문지*, 11(3), pp. 365-371, 2000년 4월.
- [4] 이성호, "빔분할기를 이용한 무선광 차동검출기", *한국전자과학회논문지*, 15(1), pp. 96-102, 2004년 1월.
- [5] 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.
- [6] 이성호, "플라스틱 광섬유를 이용한 무선광 차동검출기의 신호대잡음비 개선", *한국전자과학회논문지*, 16(4), pp. 410-417, 2005년 4월.
- [7] Jeff Hecht, *Understanding Fiber Optics*, 4th ed., Prentice-Hall, 2002.

이 성 호



1980년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (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