

무선광 연결에서 솔라 셀을 이용한 잡음광 소거

Optical Noise Reduction using a Solar Cell in a Wireless Optical Interconnection

이 성 호

Seong-Ho Lee

요 약

본 논문에서는 잡음광의 영향이 심한 환경에서 솔라 셀을 이용하여 잡음광에 의한 저주파 간섭을 소거하는 동시에 강한 잡음광을 수신부의 전원으로 활용할 수 있는 차동검출기를 새로이 소개한다. 솔라 셀에서 검출되는 DC전압을 수신부의 전원으로 사용하고, AC전압을 이용하여 차동검출방식으로 포토다이오드의 잡음전압을 소거함으로써 신호대잡음비가 약 20 dB 개선되었다.

Abstract

In this paper, a new differential detector is introduced, in which a solar cell is used to reduce the low frequency interference from environmental optical noise. The solar cell also supplies electrical power to the detector circuit using the optical noise power. The DC voltage from the solar cell is used as a power supply to the detector, and the AC voltage is used to reduce the optical noise in a photodiode with the differential detection method. The signal to noise ratio was improved by about 20 dB.

Key words : 무선광연결, 잡음광소거, 솔라 셀, 차동검출기

I. 서 론

무선광연결은 기존의 무선통신주파수와 간섭이 적고, 신호빔이 존재하는 공간으로 수신영역이 제한되므로 높은 보안성을 가지며, 송수신부의 구성이 비교적 간단하고 저렴하여 이에 대한 활용이 증가하고 있다. 무선광연결의 대표적인 활용분야로는 건물간의 고속 전송시스템 구축, 긴급 복구통신망 설치, 컴퓨터와 주변장치간에 데이터 및 영상신호의 전송, 실내 방송시스템에서의 음성신호의 전송 등 근거리 무선통신에 많이 이용되고 있으며, 최근에는 가입자 고속 통신선로에서 높은 서지전압을 방지하

는 가입자 전화선로 격리기(Telephone line isolator) 등 안전소자의 개발에도 많이 활용되고 있다.

근거리에서 자유공간을 통하여 무선광연결을 구성하는 경우에는 백열등, 형광등과 같은 주변의 조명시설이나, 햇빛과 같은 잡음광의 영향을 받기 쉽다. 잡음광의 영향을 줄이기 위하여 광학적 필터 또는 전기적 필터가 일반적으로 많이 사용되고 있으며^{[1]~[5]}, 잡음광의 스펙트럼분포가 넓어 신호광의 파장영역과 중첩되는 경우나 잡음광의 파장이 신호광의 파장에 근접하여 광학적 필터만으로 잡음광의 소거가 어려운 경우에는 차동검출기(Differential detector)를 사용하여 잡음광을 소거할 수 있다^{[4]~[9]}.

「이 논문은 서울산업대학교 교내 학술연구비에 의하여 연구되었음.」

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

· 논문 번호 : 20021104-146

· 수정완료일자 : 2002년 12월 18일

차동검출기는 동일한 특성을 가진 2개의 포토다이오드에서 광결합계수 차이를 이용하여 잡음광을 소거하는 방식이다.

본 논문에서는 솔라 셀을 이용하여 저주파 잡음광을 소거하는 차동검출기를 새로이 소개한다. 이 구조는 차동검출기를 구성하는 2개의 포토다이오드 중 한 개를 솔라 셀로 대체한 것이다. 솔라 셀의 목적은 본래 자연에 존재하는 빛에너지를 전기적 에너지로 바꾸어 전원으로 사용하기 위한 소자이다. 그러나 솔라 셀도 포토다이오드와 그 기본 구조가 유사한 반도체 접합이다. 포토다이오드는 Photoconductive Region에서 동작하며 수평면적이 수 mm² 이하로 매우 좁고 응답속도가 빠른 반면, 솔라 셀은 Photovoltaic Region에서 동작하며 표면적이 수 cm² 이상으로 넓고 응답속도가 느리다. 솔라 셀의 응답속도가 보통 수 kHz 이하로 매우 낮아 그보다 높은 주파수로 변조된 신호광의 변화를 검출할 수 없지만, 60 Hz의 AC 전원으로 직접 구동되는 조명시설에 의한 120 Hz의 저주파 잡음광은 솔라 셀에서 검출된다. 백열등과 같은 잡음광 근처에 솔라 셀을 설치하는 경우에 솔라 셀에 검출되는 전압은 잡음광의 세기에 비례한 수 V 이상의 DC전압과 수백 mV 정도의 미약한 AC 전압이 혼합된 맥류전압이다. DC 전압은 수신부의 전원으로 사용하고, AC 전압은 포토다이오드에서 검출되는 잡음전압을 소거하는 데에 이용할 수 있도록 본 논문에서는 포토다이오드와 솔라 셀로 구성된 차동검출기를 개발하였다. 이와 같은 구조의 차동검출기는 저주파 잡음광을 소거하는 동시에 잡음광을 수신부의 전원으로 활용할 수 있는 장점이 있어 무선광연결에서 그 이용 가치가 높다.

II. 솔라 셀을 이용한 차동검출기의 구조

2개의 포토다이오드로 구성된 기존의 차동검출기^{[4]~[9]}와 달리, 본 논문에서의 차동검출기는 그림 1과 같이 각각 1개의 포토다이오드, 솔라 셀, 마이크로컨트롤러, 디지털 가변저항, 그리고 차동증폭기로 구성되어 있다.

그림 1에서는 포토다이오드(PD)가 점선으로 표시된 솔라 셀 표면의 중심부에 설치되어 있으며, 레

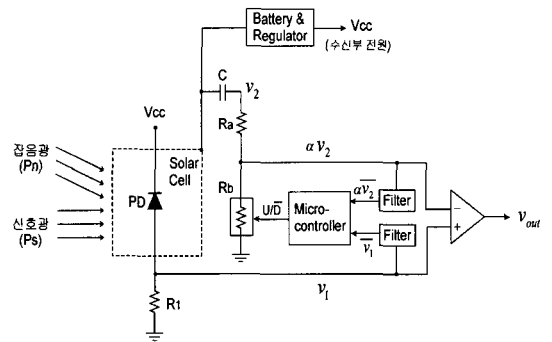


그림 1. 솔라 셀을 이용한 차동검출기
Fig. 1. A differential detector using a solar cell.

이저다이오드로부터 수신된 신호광과 백열등에 의하여 발생한 잡음광이 PD와 솔라 셀로 동시에 입사하는 경우를 나타낸다. 여기에서 솔라 셀은 수신회로에 전원을 공급하는 동시에 잡음광을 소거하기 위한 저주파 광검출기의 역할을 담당한다. 백열등으로부터 빛을 받아 솔라 셀에서 검출되는 전압은 보통 수 V의 DC전압과 수백 mV 이하의 AC전압이 혼합된 맥류형태이다. 솔라 셀에서 검출된 DC전압은 충전용 배터리와 레귤레이터를 거친 후에 포토다이오드, 증폭기, 마이크로컨트롤러를 포함하여 수신부 전체를 구동하는 전원으로 사용한다. PD의 부하저항 R1에서 검출된 전압(v1)을 차동증폭기의 (+) 입력단에 가하고, 솔라 셀에 연결된 커패시터 C를 통하여 검출된 AC전압(v2)을 Ra와 Rb로 이루어진 전압분배기를 통하여 av2 크기의 전압을 차동증폭기의 (-) 입력단에 가한다. 여기에서 a는 전압분배율로서 $a=R_b/(R_a+R_b)$ 이며, Ra는 고정저항이고, Rb는 마이크로컨트롤러에 의하여 크기가 제어되는 디지털가변저항이다.

PD에서는 신호광과 잡음광이 혼합되어 검출되지만, 솔라 셀에서는 수신대역폭이 낮아 수 kHz 이상의 높은 주파수로 변조된 신호광은 차단되고 120 Hz의 백열등 잡음광은 검출된다. 따라서 PD의 잡음전압과 솔라 셀의 잡음전압을 동일한 크기로 만들어주면 차동증폭기의 출력전압 Vout에는 잡음전압이 소거되고 PD에서 검출된 신호성분만 출력된다. 이와 같이 2개의 잡음전압의 진폭이 같도록 만들어 주는 역할은 v1과 av2에 연결된 필터회로와 마이크로컨트롤러, 그리고 디지털가변저항 Rb에서 수행된다.

필터회로는 잡음광의 주파수인 120 Hz를 중심주파수로 갖는 대역통과필터와 Envelope-Detector, 그리고 저역통과필터로 이루어져 있으며, PD와 솔라 셀에서 검출된 잡음전압의 진폭에 비례한 DC전압을 생성한다. v_1 과 av_2 가 필터회로를 통과한 후 마이크로콘트롤러의 A/D변환단자에 입력되는 전압을 각각 $\overline{v_1}$, $\overline{av_2}$ 라고 할 때, 이 값은 각각 PD와 솔라 셀에서 검출된 잡음전압의 진폭에 비례한 값이다.

마이크로콘트롤러에서는 이 두 전압의 크기를 비교하여 $\overline{v_1} < \overline{av_2}$ 이면 디지털가변저항 R_b 를 감소시키고, $\overline{v_1} > \overline{av_2}$ 이면 디지털가변저항 R_b 를 증가시켜, 항상 $\overline{v_1} = \overline{av_2}$ 가 되도록 유지되도록 함으로써 v_1 과 v_2 에 포함된 잡음전압을 상쇄한다.

그림 1에서 포토다이오드와 솔라 셀에서의 검출 전압을 각각 v_1 , v_2 , 차동증폭기의 출력전압을 v_{out} 이라고 할 때 이들을 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$v_1 = (\rho_{s1}C_{s1}P_s + \rho_{m1}C_{m1}P_n)R_1 \quad (1a)$$

$$v_2 = (\rho_{s2}C_{s2}P_s + \rho_{m2}C_{m2}P_n)R_2 \quad (1b)$$

$$v_{out} = (v_1 - av_2) \cdot G \\ = \left[\rho_{s1}C_{s1}R_1 \left(1 - \frac{\alpha\rho_{s2}C_{s2}R_2}{\rho_{s1}C_{s1}R_1} \right) P_s + \rho_{m1}C_{m1}R_1 \cdot \left(1 - \frac{\alpha\rho_{m2}C_{m2}R_2}{\rho_{m1}C_{m1}R_1} \right) P_n \right] \cdot G \quad (1c)$$

여기에서 ρ_{s1} 과 ρ_{m1} 은 각각 신호광과 잡음광에 대한 PD의 응답도이며, ρ_{s2} 와 ρ_{m2} 는 각각 신호광과 잡음광에 대한 솔라 셀의 응답도이다. C_{s1} 과 C_{m1} 은 각각 신호광과 잡음광으로부터 PD로의 광결합계수이며, C_{s2} 과 C_{m2} 은 각각 신호광과 잡음광으로부터 솔라 셀로의 광결합계수이다. P_s 와 P_n 은 각각 신호광과 잡음광의 강도(Intensity)이며, G 는 차동증폭기의 전압증폭율이다. R_1 은 포토다이오드의 부하저항이며, R_2 는 솔라 셀에 연결된 총 저항으로서 그림 1에서 $R_2 = R_a + R_b$ 이다. a 는 솔라 셀에서 검출된 AC전압이 R_a 와 R_b 로 이루어지는 전압분배기를 통하여 차동증폭기의 (-)입력단에 전달되는 비율로서 $a = R_b / (R_a + R_b)$ 이다. 여기에서 R_b 는 디지털 가변저항이며 마이크로콘트롤러에서 그 크기를 조절한다.

그림 1에서 필터회로를 통과하여 마이크로콘트롤러에 입력되는 두 개의 DC전압의 비율 $\overline{av_2} / \overline{v_1}$ 이차

동증폭기의 입력단자에 가해지는 잡음전압의 비율이며, 이것은 식 1(c)에서 잡음광 P_n 에 포함된 잡음 전압의 비율과 같다. 따라서 $\frac{\overline{av_2}}{\overline{v_1}} = \frac{\alpha\rho_{s2}C_{s2}R_2}{\rho_{m1}C_{m1}R_1}$ 이다.

마이크로콘트롤러에서는 $\overline{v_1}$ 와 $\overline{av_2}$ 를 비교하여 두 값이 항상 같아지도록 R_b 를 증가 혹은 감소시켜 α 를 조정한다. 즉, $\overline{av_2} / \overline{v_1} = 1$ 이 되도록 R_b 의 크기를 제어하면 식 (1c)에서 잡음광 P_n 항이 소거되고 신호광 P_s 성분만 남게 된다. 이 때 식 1(c)의 출력 전압은

$$v_{out} = \rho_{s1} C_{s1} R_1 G (1 - \Delta) P_s \quad (2)$$

$$\Delta = \frac{\rho_{m1}}{\rho_{s1}} \times \frac{\rho_{s2}}{\rho_{m2}} \times \frac{C_{s2}}{C_{s1}} \times \frac{C_{m1}}{C_{m2}}$$

이 되어 신호광 P_s 에 비례한 신호전압만이 검출된다. 여기에서 응답도비와 광결합계수의 비로 이루어진 Δ 의 크기를 살펴본다.

먼저 Δ 에 포함된 잡음광과 신호광에 대한 PD의 응답도 비(ρ_{m1} / ρ_{s1})와 솔라 셀의 응답도 비(ρ_{s2} / ρ_{m2})에 대하여 알아본다. 제Ⅲ장 실험의 그림 3을 미리 참고하면, PD에서는 잡음주파수 $f_n = 120$ Hz에 대한 응답도(ρ_{m1})과 신호주파수 $f_s = 9.6$ kHz에 대한 응답도(ρ_{s1})가 거의 동일하여 $\rho_{m1} / \rho_{s1} \approx 1$ 이다. 그러나 솔라 셀에서는 잡음주파수에 대한 응답도(ρ_{m2})에 비하여 신호주파수에 대한 응답도(ρ_{s2})가 크게 감소하여 $\rho_{s2} / \rho_{m2} \approx 0.4$ 이다.

Δ 에 포함된 C_{s2} / C_{s1} (솔라 셀과 PD에서 신호광 결합계수의 비)에 대하여 계산한다. 레이저다이오드부터 방사되는 신호광 빔의 단면 강도분포는 일반적으로 가우시안에 가까우며, 강도분포를 $P_s = P_{s0} \exp(-2r^2/w^2)$ 로 표현할 수 있다^[10]. 여기에서 w 는 빔의 스폿반경이며, r 은 빔의 진행방향과 수직인 방사형의 거리이고, P_{s0} 는 빔의 중심에서의 강도이다. 신호광이 솔라 셀과 PD로 입사하는 경우 광결합계수의 비 C_{s2} / C_{s1} 는 솔라 셀과 PD의 수광면적(Active area)에 도달하는 총 파워의 비이고, 이 값은 신호광의 강도분포를 각각의 수광면적에 대하여 적분하여 구할 수 있다. PD가 솔라 셀 표면의 가운데에 위치하고 신호광의 중심이 PD를 향하며, 신호광이 집속되어 빔스폿의 크기가 솔라 셀의 표면적보다 작은 경우 솔라 셀과 PD로 신호광 결합계수의 비 C_{s2} / C_{s1} 는

$$\begin{aligned} \frac{C_{\mathcal{Q}}}{C_{s1}} &= \frac{\int_{\mathcal{A}} P_s dS}{\int_{PD} P_s dS} \\ &= \frac{\int_{r=0}^{\infty} \int_{\phi=0}^{2\pi} P_{s0} \exp(-2r^2/w^2) r dr d\phi}{P_{s0} \times S_{pd}} \\ &= \frac{\pi w^2}{2} \frac{1}{S_{pd}} \end{aligned} \quad (3)$$

이다. 여기에서 S_{pd} 는 PD의 수광면적이다. 솔라 셀의 한 변의 길이는 보통 10 cm 정도의 크기인데 비하여 PD의 수광면적의 한 변의 길이는 약 1 mm 정도로 매우 작다. 따라서 신호광의 스폿반경(w)이 수 cm일 때 S_{pd} 내에서 신호광의 강도는 P_{s0} 로 균일하다고 간주하여 식 (3)의 분모에서 $P_{s0} \times S_{pd}$ 로 계산한 것이다. 신호광의 빔스폿의 크기가 솔라 셀 표면에 비하여 매우 큰 경우에는 신호광이 솔라 셀의 표면에서도 거의 균일하게 분포한다고 볼 수 있으며, 이 때에는 C_{s2}/C_{s1} 가 간단히 솔라 셀과 PD의 수광면적의 비율이 된다.

Δ 에 포함된 C_{n1}/C_{n2} (PD와 솔라 셀에서 잡음광 결합계수의 비)에 대하여 계산한다. 백열등과 같은 주변 조명의 조명시설에 의한 잡음광의 경우에는 빛의 세기가 어느 특정 방향으로 집중되어 있지 않으므로, 강도분포가 PD와 솔라 셀 단면에 걸쳐 거의 균일하며, 잡음광의 결합계수비는 PD의 수광면적(S_{pd})와 솔라 셀의 표면적(S_{solar})의 비율로 볼 수 있다. 즉,

$$\frac{C_{n1}}{C_{n2}} = \frac{S_{pd}}{S_{solar}} = \frac{S_{pd}}{d^2} \quad (4)$$

이다. 여기에서 d 는 솔라 셀 표면의 한변의 길이이다. 식 (3)과 (4)를 식 (2)에 있는 Δ 에 대입하면

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{\rho_{n1}}{\rho_{s1}} \times \frac{\rho_{\mathcal{Q}}}{\rho_{n2}} \times \frac{C_{\mathcal{Q}}}{C_{s1}} \times \frac{C_{n1}}{C_{n2}} \\ &= 1 \times 0.4 \times \frac{\pi w^2}{2 S_{pd}} \times \frac{S_{pd}}{d^2} \\ &= 0.2 \pi \times \left(\frac{w}{d}\right)^2 \end{aligned} \quad (5)$$

가 된다. 예를 들어 신호빔의 직경($2w$)이 솔라 셀 표면의 한변의 길이(d)와 같은 경우 이 값은 약 $\Delta=0.16$ 이 되어 1에 비하여 매우 작다. 무선광연결에서 Directed link인 경우에는 신호광을 특정방향으로 집중하여 방사하며, 이 때에는 빔의 직경이 작다. 식

(5)에서 신호빔의 직경이 작아질수록 Δ 값은 감소한다. 신호빔의 직경이 아주 작아 PD에만 신호광이 입사하고 솔라 셀에는 도달하지 않으면 $\Delta=0$ 이 된다.

반대로 Non-directed link로 구성하는 경우에는 신호광을 넓게 퍼뜨려 방사하므로 빔의 직경이 매우 크다. 신호빔의 직경이 솔라 셀보다 매우 커지면 신호광 결합계수나 잡음광결합계수가 모두 솔라 셀과 PD의 수광면적에 선형적으로 비례하여 식 (5)에서 (C_{s2}/C_{s1})와 (C_{n1}/C_{n2})의 곱이 1이 되고 $\Delta=0.4$ 가 된다. 따라서 Δ 의 크기는 빔의 직경에 따라 0~0.4 사이에 존재하는 값이다. 식 (2)에서 $(1-\Delta)>0$ 이므로, 잡음광 P_n 이 소거될 때 차동증폭기의 출력전압 v_{out} 에서는 신호광 P_s 의 검출전압이 반전되지 않고 신호광에 비례한 검출전압이 된다.

III. 실험

솔라 셀을 이용하여 잡음광을 소거하기 위한 실험구성도는 그림 2와 같다.

2개의 마이크로콘트롤러간에 UART 단자를 통하여 9.6 kbps의 전송속도로 문자를 전송하기 위한 무선광연결을 구성하였다. 송신부로 사용한 마이크로콘트롤러의 UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)로부터 출력되는 신호를 사용하여 레이저다이오드를 강도변조하였다. 신호광을 발생시키는 광원은 800 nm의 파장을 가지며 바이어스 전류 70 mA에서 약 10 mW의 광출력을 가지는 GaAs 레이저다이오드이다. 광원으로부터 약 2 m 되는 지점에 앞 절의 그림 1에 소개한 차동검출기를 설치하여 신호광을 검출하고 수신부 마이크로콘트롤러의 UART단자에 연결하였다. 먼저 차동검출기

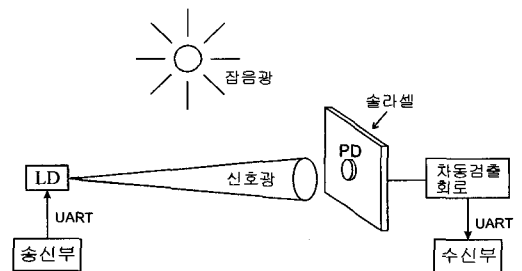


그림 2. 실험구성도
Fig. 2. Experimental setup.

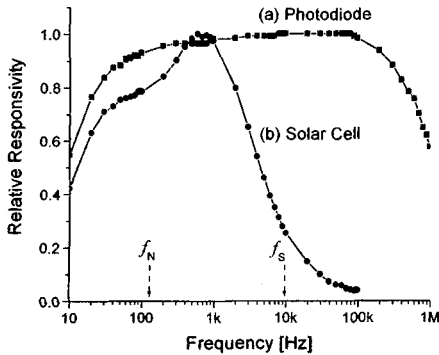


그림 3. 주파수에 따른 PD와 솔라 셀의 응답도의 변화
Fig. 3. Responsivity variations of a PD and a solar cell with the modulation frequency.

를 구성하는 PD와 솔라 셀의 응답도가 주파수에 따라 변화하는 특성을 측정하였으며, 그 결과는 그림 3과 같다.

실험에 사용한 PD는 Kodenshi 사의 Si-PIN 포토 다이오드 HPI-1K1이며 수광면적은 $0.94 \text{ mm} \times 0.94 \text{ mm} = 0.88 \text{ mm}^2$ 이다. 솔라 셀은 United Solar System 사의 Si 솔라 셀 US-3이며, 개방전압이 12 V, 단락전류 400 mA이고 표면적은 $12 \text{ cm} \times 14 \text{ cm} = 168 \text{ cm}^2$ 이다. 주파수에 따른 응답도 변화를 측정하기 위하여 $0.8 \mu\text{m}$ 파장을 가진 레이저다이오드를 광원으로 사용하여 강도변조하였으며, 변조주파수를 높여가면서 PD와 솔라 셀에서 검출된 전압을 각각의 최대 검출전압으로 정규화하여 곡선 (a)와 (b)를 얻었다.

곡선 (a)는 PD에 부하저항 1 k Ω 을 연결하였을 때 부하저항 양단에서 검출된 전압의 진폭변화를 측정한 것이며, 곡선 (b)는 솔라 셀에 충전용 배터리가 연결된 상태에서 전원단자간에 나타나는 AC 전압의 진폭변화를 측정한 결과이다. 그림 3에서 점선으로 표기한 f_N 은 백열등에서 출력되는 120 Hz의 잡음광주파수에 해당하고, f_s 로 표기된 주파수는 9.6 kHz 신호광 주파수에 해당한다. 그림 3에서 보는 바와 같이 PD에서는 신호광 주파수와 잡음광 주파수에서 응답도의 변화가 거의 없어 $\rho_{n1}/\rho_{s1} \approx 1$ 이지만, 솔라 셀에서는 신호광에 대한 응답도가 현저히 감소하여 신호광과 잡음광에 대한 응답도 비는 약 $\rho_{s2}/\rho_{n2} \approx 0.4$ 이다.

이와 같이 주파수에 따른 응답도의 차이를 가진 PD와 솔라 셀을 사용하여 제II절의 그림 1에서 보

인 차동검출기를 구성하고 잡음광을 소거하는 실험을 실시하였다. PD는 솔라 셀 표면의 중심부에 설치하고 PD로부터 약 1 m 전방에 100 W의 백열등을 설치하여 잡음광으로 사용하였다. 이 상태에서 솔라 셀의 출력전압은 약 12 V 정도의 DC 전압과 진폭이 약 0.1 V이고 주파수가 120 Hz인 AC 전압이 혼합된 맥류전압이다. 솔라 셀에서 검출된 DC 전압은 $\pm 5\text{V}$ 의 레귤레이터를 통과한 후에 포토다이오드, 마이크로컨트롤러, 디지털 가변저항, 그리고 차동증폭기를 포함한 수신부 전체에 전원으로 사용하였으며, AC전압은 PD에 유입된 잡음광을 소거하기 위하여 사용하였다.

PD의 부하저항 R_1 에서 검출된 전압은 차동증폭기의 (+)단자에 연결하고, 솔라 셀의 검출전압을 R_a 와 R_b 로 이루어진 전압분배기를 통하여 차동증폭기의 (-)입력단자에 연결하였다. 여기에서 $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_a = 50 \text{ k}\Omega$, R_b 는 디지털 가변저항을 사용하였다. 디지털 가변저항 R_b 는 Analog Devices사의 AD5220-B100이며, 칩선택신호(CS)와 클럭신호(CLK), 그리고 증가/감소를 지정하는 (U/\bar{D})신호를 입력신호로 하고, 100 k Ω 의 저항값을 128단계로 나누어 한 개의 클럭펄스당 약 780 Ω 씩 전기적으로 증가하거나 감소시킬 수 있는 IC형 가변저항이다.

PD와 솔라 셀로부터 검출되는 잡음전압의 크기가 항상 같도록 만들기 위하여, PD의 검출전압과 솔라 셀의 검출전압을 각각 필터회로를 통과한 후 마이크로컨트롤러의 A/D변환 입력단자에 연결하였다. 필터회로는 PD와 솔라 셀로부터 검출된 120 Hz의 잡음전압의 진폭에 비례한 DC 전압을 생성하기 위하여 사용하며, 대역통과필터와 Envelope-Detector, 그리고 저역통과필터의 순서로 연결하여 제작하였다. 마이크로컨트롤러는 10bit A/D 변환기가 내장된 Atmel사의 AT90S8535이다. 마이크로컨트롤러의 A/D 변환단자에 입력되는 2개의 신호 \bar{v}_1 과 \bar{av}_2 는 각각 PD전압(v_1)과 솔라 셀전압(av_2)에 포함된 잡음성분에 비례한 DC 전압이다.

마이크로컨트롤러에서는 \bar{v}_1 과 \bar{av}_2 의 크기를 비교하여 항상 $\bar{v}_1 = \bar{av}_2$ 의 관계가 유지되도록 클럭펄스와 U/\bar{D} 신호를 생성하여 디지털가변저항 R_b 에 보내며, 이 신호에 따라 R_b 의 저항값이 증가 혹은

감소되고, 그 결과 전압분배율 $\alpha=R_b/(R_a+R_b)$ 가 제어된다. $\overline{v_1}=\alpha\overline{v_2}$ 이 유지되면 PD전압(v_1)과 솔라 셀전압(av_2)에 포함된 두 개의 잡음전압의 크기가 동일하여 차동증폭기를 통과하면서 소거된다.

디지털오실로스코프를 사용하여 관측한 실험결과는 그림 4와 같다. 그림 4(a)에서 상부파형은 포토다이오드 전압 v_1 이고, 하부파형은 솔라 셀의 전압 v_2 를 나타낸다. PD전압 v_1 에는 문자 "F"자(부호 110011001)를 나타내는 약 50 mV 진폭의 디지털 신호성분과 백열등에 의한 피크간 진폭이 약 50 mV인 120 Hz의 사인파 형태의 잡음성분이 섞여 있다.

반면에 솔라 셀의 전압 v_2 에는 120 Hz의 잡음성분의 진폭이 약 100 mV이고 신호성분의 크기는 약 25 mV로서 신호성분이 잡음성분에 비하여 상대적으로 약하게 검출되고 있다.

그림 4(b)에서 상부파형은 그림 4(a)와 동일한 PD 전압 v_1 이고, 하부파형은 차동증폭기의 출력전압 v_{out} 을 나타낸다. v_{out} 에는 PD와 솔라 셀에서 검출된 잡음

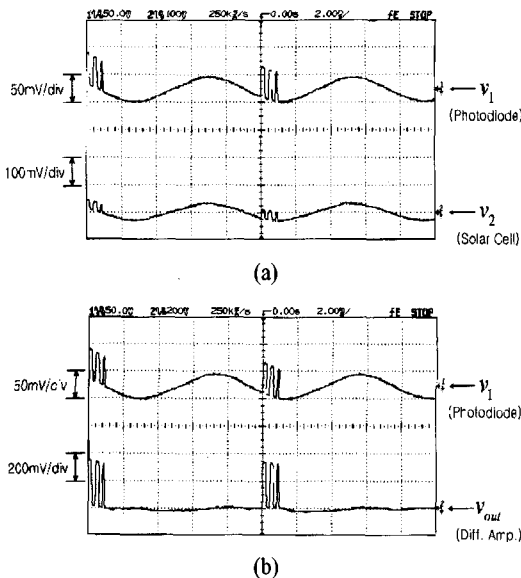


그림 4. 실험결과
 (a) 포토다이오드 전압(v_1)과 솔라 셀 전압(v_2)
 (b) 포토다이오드 전압(v_1)와 차동증폭기의 출력전압(v_{out})

Fig. 4. Experimental results.
 (a) Voltages of a PD(v_1) and a solar cell (v_2)
 (b) Voltages of a PD(v_1) and a differential amplifier(v_{out})

음전압이 서로 상쇄되어 거의 사라지고 신호성분만 남아 있다. 신호전압이 약 350 mV의 진폭을 가지는 반면에 잡음전압의 진폭은 약 35 mV로 감소되었다.

솔라 셀을 사용하여 잡음광의 간섭을 소거하기 전과 후의 신호대잡음비(SNR)를 비교하면, 1개의 PD에서 검출한 v_1 에서는 잡음의 영향이 매우 심하고 신호와 잡음의 진폭이 거의 동일하여 SNR이 약 50 mV/50 mV=1(0 dB)이지만, 솔라 셀을 사용하여 잡음을 소거한 후에는 차동증폭기의 출력전압 v_{out} 에서 신호에 비하여 잡음이 현저히 감소하여 SNR이 350 mV/35 mV=10(20 dB)로 측정되었다. 이와 같이 솔라 셀을 이용하여 잡음광의 간섭을 줄임으로써 약 20 dB의 SNR 개선효과가 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 포토다이오드와 솔라 셀을 이용하여 차동검출기를 구성하는 원리를 소개하고 잡음광의 소거효과를 실험으로 확인하였다. 주변 잡음광의 세기가 강하여 간섭이 심한 환경에서는 솔라 셀에서 검출되는 DC전압을 사용하여 높은 잡음광 에너지를 광검출기의 전원으로 활용하는 동시에, 솔라 셀에서 검출되는 미약한 AC 잡음전압을 이용하여 포토다이오드와 차동검출함으로써 포토다이오드에 유입되어 들어오는 잡음광을 소거할 수 있음을 보였다.

단일의 포토다이오드를 사용하는 경우에 비하여 솔라 셀을 사용함으로써 약 20 dB의 신호대잡음비의 개선효과가 있었다. 이와 같이 솔라 셀을 이용한 차동검출기는 잡음광을 전원으로 활용하는 동시에 잡음광에 의한 간섭신호를 소거할 수 있어 무선광 연결을 구성할 때 매우 유용하다.

참고 문헌

[1] Fritz R. Gfeller, Urs Bapst, "Wireless in-house data communication via diffuse infrared radiation", *Proceedings of the IEEE*, vol. 67, no 11, pp. 1474-1486, 1979.
 [2] T. S. Chu, M. J. Gans, "High speed infrared local wireless communication", *IEEE Communications*

Magazine, vol. 25, no. 8, pp. 4-10, 1987.

[3] John R. Barry, Joseph M. Kahn, Edward A. Lee and David G. Messerschmitt, "High-speed nondirective optical communication for wireless network", *IEEE Network Magazine*, pp. 44-54, Nov. 1991.

[4] Joseph M. Kahn, John R. Barry, "Wireless infrared communications", *Proc. IEEE*, vol. 85, no. 2, pp. 265-298, 1997.

[5] 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.

[6] 이성호, "무선광연결에서 근사적 평균잡음검출

을 이용한 광잡음 감소", 한국전자과학회논문지, 11(2), pp. 228-233, 2000년 2월.

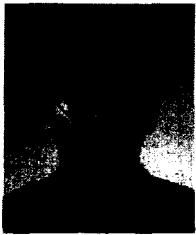
[7] 이성호, "무선광연결에서 편광판을 이용한 광잡음 감소", 한국전자과학회논문지, 11(3), pp. 365-371, 2000년 4월.

[8] 이성호, "무선광연결에서 신호광에 자동정렬하는 차동검출기", 한국전자과학회논문지, 11(5), pp. 822-829, 2000년 8월.

[9] 이성호, "무선광 차동검출기에서 디지털가변저항을 이용한 잡음광의 감소", 한국전자과학회논문지, 13(6), pp. 599-604, 2002년 7월.

[10] Joseph C. Palais, *Fiber optic communications*, Prentice Hall, pp. 47, 1998.

이 성 호



1957년 8월 12일생
 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