

아나로그 베이스밴드 변조를 이용한 광섬유 영상신호 전송 방식

83318

정 종 래 박 한 구
연 세 대 학 고 전 자 공 학 과

Optical-Fiber Video Transmission System
Using Analog Baseband Modulation

Jong-Kai Jung Han-Kyu Park
Dept. of Electronics, Yonsei University

Abstract

In this paper, an analog optical-fiber link is evaluated for the transmission of baseband video signals over a single fiber. LED and PIN photo diode are used as the optical source and the detector. Frequency response of the system, DR, DG and SNR are measured.

1. 서 론

광섬유 영상전송 방식엔 3가지 종류: 디지털 전송, 주파수 변조와 펄스위치 변조와 같은 아나로그 펄스 변조 전송, 그리고 아나로그 베이스 밴드 강도 변조 전송이 있다. (1)

본 논문은 이 3가지 방식중 가장 단순하고 어떠한 신호처리도 TV 모니터와 시스템 사이에 요구되지 않는 3번째 방식을 이용하여 영상신호를 전송시켰다. 이 시스템의 광원과 수광 소자로는 각각 LD 와 APD 보다 선형성이 좋은 LED 와 PIN 다이오드를 사용했다. (2)(3)

본 논문에서는 송수신기를 제작하여 송신기 빛 시스템 전체의 주파수 응답곡선을 구하고 시스템의 비직선 왜곡을 고 잡하기 위해 미분이득 및 미분위상을 측정하고 수신단 및 전 시스템의 SNR 을 검토코자 한다. 이 시스템의 입력신호로는 30Hz 에서 4.2 MHz 까지 의 주파수 영역과 1 Vp-p 의 진폭을 갖는 칼라 영상 신호를 이용했다. 이렇게 구한 측정치를 검토함으로써 더 훌륭한 영상전송 시스템을 구현코자 한다.

2. 이 론

(1) 광 섬유 전송 원칙

광섬유 전송에서는 정보가 동축 케이블처럼 전압의 변화 대신 빛의 세기의 변화로서 보내진다. 그림 (1)은 이 아나로그 광섬유 시스템의 블록도이다.

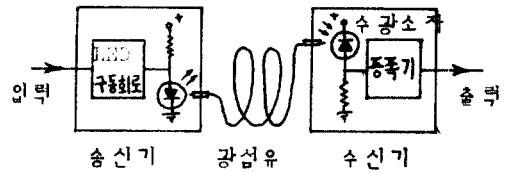


그림1. 광섬유 아나로그 영상신호 시스템 블록도
Schematic of the Optical-Fiber Analog Video Link

송신단에서는 LED 구동회로에 의해 입력 신호 전압이 전류로 변환되어 LED 를 동작케 하여 입력신호에 비례하는 LED 빛을 발하게 한다. (E/O 변환기) 이 빛은 광섬유에 주입되어 수신기의 수광소자에 전달된다. 그리고 다이오드에 의해 입사된 빛의 세기에 비례하는 전류로 변환되어 (O/E 변환기) 전치증폭기에서 다시 전압으로 바뀌어 주증폭기에서 원래 입력 신호와 같은 크기의 전압변화로 바뀐다. 이때 신호는 수광소자, 증폭기의 잡음, 송수신기회로의 비이상적인 주파수 응답에 의한 선형성 왜곡, 그리고 주로 LED 전류와 빛의 세기의 비직선적인 관계에 의한 비선형성 왜곡에 의해 약간 변형되어 전송된다.

(2) 주파수 응답

송신기와 전체시스템의 주파수 응답을 측정하여 주파수 응답의 상단차단 주파수가 송신기와 수신기 중 어느 것에 의존하는가를 결정하기 위해 주파수 응답이 측정된다.

(3) 영상 왜곡 (2) (3) (4)

여기에는 (1)에서 설명한 선형성왜곡과 비선형성왜곡이 있다. 본 논문에서는 이 두 왜곡중 비선형왜곡을 다루며 특히 DG 와 DP 를 고찰하겠다.

본 논문에서 사용된 NTSC 칼라영상신호는 후백신호와 색채신호가 중첩되어 있다. DG 와 DP 는 후백신호진폭의 함수로서 색채신호진폭 및 위상의 최대 최소값 사이의 차로 정의된다.

$$DG = \text{Max} \left[\frac{\frac{dP}{dI}|_{I_0'} - \frac{dP}{dI}|_{I_0}}{\frac{dP}{dI}|_{I_0'}} \right] \times 100 \%$$

$$DP = \text{Max} [\phi(I_0') - \phi(I_0)]$$

I_0, I_0' 는 LED 의 동작전류영역에 걸쳐 변화한다.

P : 전류 I 에서의 광전력

$\phi(I)$: 전류 I 에서의 LED 에 의한 위상지연

(4) SNR (Signal-to-Noise Ratio) (5)

수광소자의 신호와 잡음치는 제곱평균전류와 Anderson 과 McMurtry 의 형식을 이용하여 계산되는 SNR 에 의해 표시된다.

1. 강도변조 광입력에 의해 얻어지는 제곱평균 신호전류 : $\langle i_s^2 \rangle$

$$\langle i_s^2 \rangle = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\eta q}{h\nu} G m P_R \right\}^2$$

η : 양자효율

q : 전하 (C)

h : 플랑크 상수 (J-S)

ν : 광주파수 (Hz)

G : 수광소자 애벌런치증배치 (PIN : G = 1)

m : 광신호의 첨두치 강도 변조지수

P_R : 수광소자에 의해 받아들여지는 광전력

2. 주된 잡음의 원천은 shot-noise current 와 온도 잡음 전류 그리고 암전류잡음이다. 광원과 수광소자의 비선형응답으로 인한 상호

변조 잡음은 무시된다.

1) Shot-noise current의 제곱평균값 : $\langle i_q^2 \rangle$

B_N : 잡음 대역폭

2) 열잡음 전류의 제곱평균값 : $\langle i_T^2 \rangle$

$$\langle i_T^2 \rangle = \frac{4kT_N B_N}{R_L}$$

k : 볼츠만 상수 (J/K)

T_N : 수신기 잡음온도 (K)

R_L : 부하저항 (Ω)

3) 암전류 잡음의 제곱평균값 : $\langle i_D^2 \rangle$

$$\langle i_D^2 \rangle = 2qI_D B_N$$

I_D : 수광소자의 암전류

이상에서 신호와 잡음원의 전력비인 SNR 은 다음과 같다. (PIN아이오드경우)

$$\frac{S}{N} = \frac{\langle i_s^2 \rangle R_L}{\{ \langle i_q^2 \rangle + \langle i_T^2 \rangle + \langle i_D^2 \rangle \} R_L}$$

R_L : 부하저항

3. 시스템 제작

(1) 광송신기 (Optical Transmitter)

: 광송신기의 광원으로선 선형성이 좋은 AlGaAs LED ($\lambda_0 = 820\text{nm}$) 를 사용하였으며, 변조방식은 아날로그 강도변조방식으로서 입력신호를 전류로 변환시켜 LED 가 선형영역내에서 동작하여 빛을 발하게 하는 것이다. 이의 변조 원리는 다음과 같다.

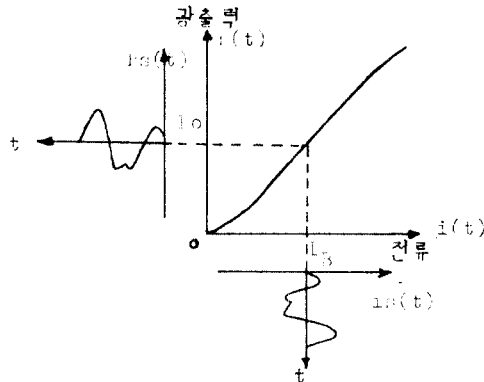


그림2. LED의 변조 원리도

Diagram of the LED modulation principle

여기서 $i_S(t)$ 는 영상신호 전류이며 I_B 는 LED 의 바이어스 전류 성분이다. 본 실험에서 는 LED 가 150 mA 이상까지 선형적으로 동작하므로 I_B 가 75 mA 가 되도록 바이어스를 걸어주고 입력 $i_S(t)$ 의 P-P 전류값은 50 mA 가 되도록 했다. 이상과 같은 동작을 하는 광송신기의 블록도는 다음과 같다.

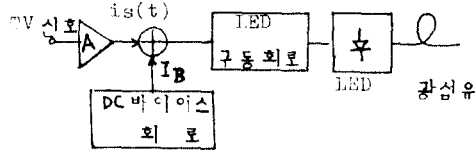


그림3. 광송신기의 블록도
Block Schematic of the Optical Transmitter

(2) 광수신기

: 수광소자로서 APD 보다 감도는 낮으나 선형성이 좋은 PIN 실리콘 Photo 다이오드를 사용했다. 수광소자는 광신호를 전기적 신호로 바꾸는 것으로서 입사된 빛에 의한 다이오드 에 흐르는 전류치는 다음과 같다.

$$I = \langle M \rangle \cdot I_P = \frac{qV}{h\nu} P \langle M \rangle$$

P : 수광소자내에 입사되는 광전력
 $\langle M \rangle$: Avalanche gain (PIN; $\langle M \rangle = 1$)

수신기의 주된 목적은 원하는 SNR 을 얻기 위해 요구되는 광전력을 최소화 시키는 데 있다. 이 광전력은 증폭기 설계에 영향을 받는다. 수신기는 수광소자, 저잡음, 고이력저항을 갖는 전치증폭기 및 주증폭기로 구성된다. 전치증폭기로는 전류귀환회로인 Trans-impedance 형 증폭기 즉 선형응답을 나타내는 증폭기를 설계했다. 이는 기본적인 전류-전압 변환회로로서 CA3130 OP-Amp 를 사용했다. 주 증폭기는 영상 증폭기인 733 를 사용했다. 최종적으로 수신기의 출력전압치가 입력 전압치와 같게끔 하기 위해서 주증폭기 뒷단에 자기 바이어스 증폭기를 부가했다.

4. 실험 및 결과 고찰

앞에서 제작된 송수신기를 광섬유를 매체로 하여 연결시켰다. 이때 접속부분은 Pigtail 대신 XYZ 미동장치를 이용했다.

(1) 주파수 응답

송신기와 주파수 응답은 10여 MHz 까지 평탄하게 나왔다. 전시스템의 주파수 응답도 역시 10여 MHz 까지 평탄하게 나왔다. 여기서 주파수 응답은 10 KHz 에서 0dB 로 표준화하여 모든 주파수에서 그 응답을 측정했다.

(2) DG 및 DP

DG 및 DP 측정 set 을 이용하여 측정했다. 측정결과 DG 가 4%, DP 가 2.5° 로 측정되었다. 여기서 전송 매체로서는 Graded Index 다중모드 광섬유를 사용했다.

5. 결론

본 연구에서는 실제 구성된 광송수신기를 이용하여 기본대역의 영상신호를 전송시킴과 동시에 시스템 주파수 응답과 비선형 왜곡 및 SNR 을 측정하여 이 시스템의 특성 고찰을 목적으로 했다. 결과로는 시스템 주파수 응답이 0에서 4.2MHz 까지 평탄함으로 영상신호를 훌륭하게 전송시킬수 있다. 그리고 LED-Graded Index Fiber- PIN 시스템의 DG

및 DP 는 각각 4%, 2.5° 로 측정되었다. 이는 NTSC 칼라신호 발생기의 조건을 만족하므로 훌륭한 전송 시스템이라 할수 있겠다. (NTSC 칼라 전송 시스템에서는 DG 및 DP 가 10%, 5° 이내의 값을 가져야 훌륭한 전송 시스템이라 할수 있다)

참 고 문 헌

- (1) Y. Takasaki, J. Nakagawa, and M. Koya, "New Fiber optic Analog Baseband Transmission Plan for Color TV Signals," IEEE Trans. on Comm., Vol. com-26, No. 6, pp. 902-907, June 1978.
- (2) K. Asatani, T. Kimura, "Analysis of LED Nonlinear Distortions," IEEE, Vol ED-25, pp. 199-207, 1978.
- (3) K. Asatani, Kimura, "Linearization of LED nonlinearity by predistortions," IEEE, vol. ED-25; pp.307-312, 1978
- (4) Howes and Morgan, "Optical Fiber Communications," John Wiley & Sons Ltd, 1980. pp. 50-55
- (5) Elmer H. Hara, "Conceptual Design of a Switched Television-Distribution System using Optical Fiber Waveguides," IEEE Trans. on CATV, vol. CATV-2, No.3, pp. 120-130, July 1977.