

PSD 센서와 Laser를 이용한 데이터 전송 시스템 구현

김명환, 마근수, 이재득  
한국항공우주연구원

Implementation of Data Transmission System  
Using PSD Sensor and Laser Diode Module

Myunghwan Kim, Keunsu Ma, Jaedeuk Lee  
Korea Aerospace Research Institute

**Abstract** - The PSD(Position Sensitive Detector) is a sensor for detecting the position of incident light. Because of its various advantages, it is used for position and angle sensing, optical range finders, laser displacement sensing, and etc. In the previous study of the position finding system, the laser tracking robot is developed. Small data rate and unidirectionality is the characteristics of data communication both DSP-based pan/tilt control board and the robot. If we can transmit data to the target using PSD sensor and laser diode module, there is no need for communication devices such as the bluetooth and wireless module. For this reason, this paper presents the new method for data transmission. Transmit data using RS-232 is modulated by a VTF(Voltage To Frequency) converter. The laser diode module transmits the modulated data. And then the PSD sensor receive that data. Demodulation process is accomplished by the system which is consisted with trans-impedance amplifier, FTV(Frequency To Voltage) converter, and etc.

1. 서 론

p-n 접합 표면에 빛이 입사되면 광전위가 발생하며 이 때 발생한 광전류가 경계면에 위치한 전극을 향해 흐르는 현상을 lateral photoeffect라 한다. PSD 센서는 lateral photoeffect를 이용한 센서로 광원의 위치에 해당하는 전류값을 각 축의 전극을 통해 출력하게 된다. 현재 개발된 PSD 센서는 크게 1차원과 2차원 센서로 구별할 수 있으며 2차원 센서는 그 형태에 따라 tetralateral, duolateral, pincushion, clover형으로 구분된다. PSD 센서는 선형성과 높은 해상도, 빠른 응답속도 그리고 다른 위치 측정 센서와는 달리 연속적인 위치 정보를 출력하는 특징들을 갖고 있다. 이런 장점들로 인해 PSD센서는 입사광의 위치를 측정하여 목적 물체의 미세한 변위 및 진동을 측정하거나 삼각측량법을 이용한 거리 측정계 등에 주로 사용된다.

본 논문에서 사용된 시스템은 팬틸트(Pan/Tilt)와 레이저 그리고 PSD 센서를 이용해 공간상에 존재하는 물체의 좌표를 파악하는 장치이다. 레이저 추종 로봇은 팬틸트를 통해 정확한 위치로 유도되어지는 로봇을 말하며 팬틸트를 조정하는 DSP보드와 추종 로봇 사이의 데이터 전송은 로봇의 이동을 고려하여 무선 방식을 취한다. 시스템 구성상 전송 데이터는 추종 로봇에게 제자리 회전을 명령하는 것 외에는 통신 트래픽이 없기 때문에 고가의 무선 통신 모듈의 효율성이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 RS-232 송신측 데이터를 변조하여 레이저 모듈을 통해 PSD 센서로 전송하는 시스템을 구현하였다.

본 논문에서는 먼저 팬틸트와 PSD 센서를 이용한 위

치 파악시스템 및 레이저 추종 로봇을 간략히 소개한 후 데이터 전송을 위한 송신부 및 수신부의 구성에 대해 설명한다. 마지막으로 실험을 통한 검증과 개선점들에 대해 고찰했다.

2. 본 론

2.1 위치 파악 시스템 및 추종 로봇

공간상에 존재하는 물체의 위치를 파악하기 위한 시스템의 구성은 그림1과 같다. 물체가 존재하는 평면까지의 높이와 팬과 틸트 각도를 이용해 평면상의 위치값을 구할 수 있다. 각도값은 팬틸트에 장착된 DC 서보모터의 엔코더로부터 구할 수 있으며, 엔코더와 하모닉 기어를 통해 얻을 수 있는 분해능은 0.0009°이다.

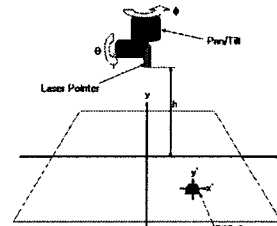


그림 1. 시스템 개념도

그림2는 앞서 설명한 시스템으로부터 위치 좌표를 구하기 위해 필요한 파라미터들을 그림으로 도식화한 것이다. 하나의 길이 성분과 두개의 각도 성분을 갖고 공간 좌표를 표현하는 구좌표계의 개념을 이용한 것으로, 평면에 존재하는 센서의 중심좌표는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$d = (h + r) \cdot \tan\theta$$

$$x = d \cdot \cos\phi + px$$

$$y = d \cdot \sin\phi + py$$

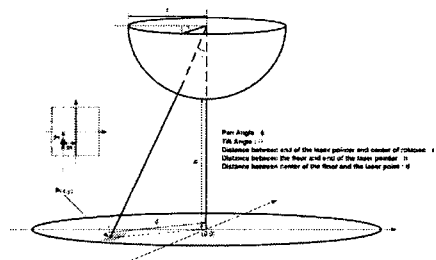


그림 2. 관련 파라미터

추종로봇은 앞서 설명한 위치 파악 시스템 내부에 존재하며 팬틸트가 레이저를 통해 유도하는 지점으로 위치를 옮기는 동작을 수행한다. bluetooth 통신 모듈을 갖추고 시스템 메인인 DSP 보드와 양방향 통신을 할 수 있지만, 특성상 송수신 데이터는 제자리 위치 회전 명령을 제외하곤 거의 없다. 따라서 시스템의 간소화와 효율적 사용을 위해 기존 구성품인 레이저와 PSD 센서를 이용한 통신을 고려하게 되었다.

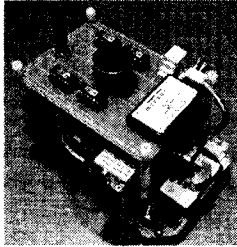


그림 3. 레이저 추종로봇

### 2.2 전송 시스템 구성

RS-232 전송측 출력 데이터는 주파수 변조 후 레이저 모듈을 통해 전송된다. 장치 구성에 대한 신속한 구현 및 이용의 간편함을 위해 VTF(Voltage To Frequency) 컨버터를 이용해 전송측을 구성하였으며 수신측은 FTV(Frequency To Voltage) 컨버터를 이용하여 원 신호를 복원하도록 설계하였다. 실험을 위한 시스템 구성은 RS-232신호가 컴퓨터 시리얼 포트의 TXD핀을 통해 출력되어 전송 시스템을 거친 후 RXD 단자로 복귀하는 loopback 구조로 되어 있다.

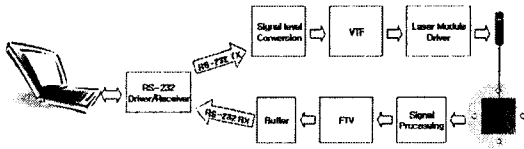


그림 4. 시스템 구성

#### 2.2.1 송신부

송신부 구성은 주파수 변조를 수행하는 VTF를 중심으로 레이저 모듈을 구동하는 드라이버 회로 그리고 시리얼 전송을 위한 입력신호를 적당한 레벨로 변환하는 회로로 구성된다. 시리얼 통신 인터페이스칩을 통해 들어온 신호는 0V와 3.3V 레벨로 구성되며 VTF에 0V를 인가하면 출력이 없기 때문에 가산기를 통해 신호레벨을 5V 상승시켰다. 5V와 8.8V 신호는 VTF를 통해 각각 20KHz와 30KHz 주파수로 변조된다. 변조된 신호는 레이저 다이오드 모듈 구동을 위한 MOSFET 드라이버의 입력신호로 사용된다. 다음은 제작된 송신부 모습을 보여준다.

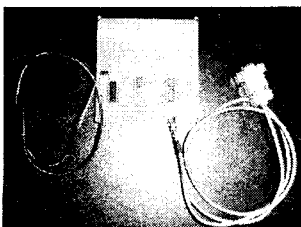


그림 5. 송신부

#### 2.2.2 수신부

레이저 빛의 형태로 PSD 센서의 표면에 입사된 데이터는 전류 형태로 전극을 통해 출력된다. 전류 신호는 트랜스 임피던스 회로를 통해 전압으로 바뀌게 되며 FTV회로에 전달된다. FTV는 송신부의 VTF와는 반대 동작을 통해 원 신호를 복원한다. 이 신호는 버퍼를 통해 TTL 레벨로 변경되어 RS-232 인터페이스 칩을 통해 컴퓨터로 전송된다. PSD 센서의 원래 목적이 입사된 빛의 좌표를 구해내는 것이기 때문에 센서 각 축에서 출력된 값을 A/D 변환하여 연산하는 부분과 전송 주파수대 외의 빛에 의한 영향(ex. 형광등)을 제거하기 위한 필터부분이 필요하지만 데이터 전송 가능성 검증이라는 본 논문의 목적상, 시스템 구성의 간략화를 위해 생략하였다. 그림6은 PSD 센서와 제작된 수신부 모습을 보여준다.

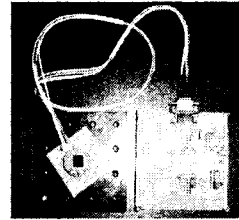


그림 6. 수신부

### 2.3 실험

실험은 위치 파악 및 추종 시스템에 직접 적용하는 방식에 앞서 전송시스템 동작의 안정성을 검토하기 위해 별개의 회로로 구성되었으며, 필터회로가 장착되지 않은 관계로 실험은 형광등 불빛이 배제된 공간에서 수행되었다. 실험 구성은 그림4의 시스템 구성과 같으며 송신부에서 변조된 데이터 파형은 그림7과 같다. 그림8은 그림7에서 전송된 문자 'f'를 확대한 형태로 High 신호일 때 30KHz, Low 신호일 때 20KHz 주파수를 출력하는 모습을 확인할 수 있다. RS-232 통신은 속도 2400bps, 짝수 패리티로 설정되었다.

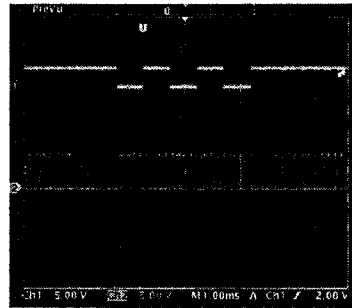


그림 7. 송신부 변조



그림 8. 송신부 변조 확대

그림9는 레이저 다이오드를 통해 PSD 센서로 들어온 신호를 보여준다. 주파수는 같지만 펄스 듀티비에 일부 왜곡이 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 센서 자체의 시상수와 상승 시간, 센서표면에서 발생한 전하의 확산 지연으로 인해 발생한 것으로 개선을 위해 부하 저항 및 전송 주파수를 낮추는 방안 등이 필요하다.

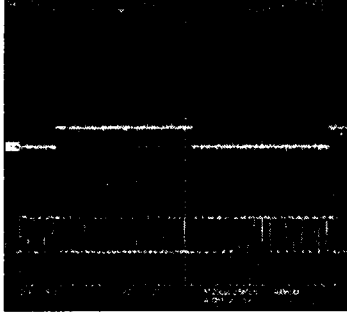


그림 9. 수신된 변조 신호

그림10은 FTV를 통해 복원한 파형이다. 데이터 중 Low 비트에 해당하는 부분에 잡음이 섞여 있음을 알 수 있다. 하지만 PC를 통해 수신된 데이터는 송신된 것과 마찬가지로 문자 'f'를 보여주었다. 이것은 RS-232통신 수신측에서 신호를 여러번 샘플링한 후 그 값을 비교하여 High와 Low를 구별하는 방식을 갖기 때문에 오류가 표면상으로는 나타나지 않은 것으로 판단된다.

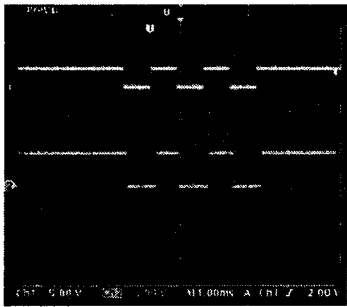


그림 10. 송수신 데이터 비교

이상의 실험을 통해 본 논문의 목적인 레이저를 통해 변조된 데이터를 전송하고 PSD 센서를 통해 데이터를 복원하는 시스템을 검증하였다. 실험 결과 수신 데이터에 일부 잡음이 섞였지만 loopback을 통해 수신된 데이터는 컴퓨터 시리얼 포트 자체의 노이즈 내성으로 인해 전송측과 동일한 데이터를 나타내었다. 현재 시스템 자체를 팬틸트 레이저 구동부와 추종로봇의 센서 신호 처리부에 적용해도 될 것으로 판단되나 시스템의 안정성을 위해 앞서 분석한 것과 같이 센서 신호처리부에 대한 개선이 필요하다.

### 3. 결 론

본 논문을 통해 PSD 센서와 레이저 모듈을 이용하여 데이터를 전송하는 시스템을 구축하고 실험을 통한 검증을 해보았다. 시스템 구축의 간편함을 위해 VTF와 FTV를 통한 변·복조 방식을 택했으며 실험 결과 단일 데이터 전송은 표면상 성공적인 모습을 보여주었다. 하지만 오실로스코프 파형상으로 검토한 결과 수신된 변조 파형에 일부 왜곡이 발견되었으며 복조된 데이터 파형에서도 노이즈 성분이 발생하였다. 실험과 같은 단일 문자 전송에 대해서는 문제점이 발생하지 않을 수 있으나 많

은 양의 데이터를 본 시스템을 통해 전송할 시에는 문제를 일으킬 여지가 많으므로 향후 연구를 통해 수정이 필요하며, 논문을 통해 지적된 센서 신호 처리부가 개선된다면 레이저 추종 로봇의 회전 및 제어에 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Roland K. Schreyer, Gregory J. Sonek, "An Optical Transmitter/Receiver System for Wireless Voice Communication", IEEE Transactions on Education, Vol. 35, No. 2, pp. 138-143, 1992
- [2] 최권희, "연산 증폭기 회로설계 및 응용", 청문각, 2004
- [3] Anssi Makynen, "Position-Sensitive Devices and Sensor Systems for Optical Tracking and Displacement Sensing Applications", OULU University Library, 2000
- [4] Chellappan Narayanan, A. Bruce Buckman, Ilene Busch-Vishniac, "Noise Analysis for Position-Sensitive Detectors", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol 48, NO. 5, pp.1137-1144, 1997
- [5] 김명환, 이승민, 이흥호, 이남호, 김승호, "팬틸트와 PSD 센서를 이용한 수중 로봇의 위치추적 시스템 구현", 정보 및 제어 학술회의 논문집, pp.536-539, 2003
- [6] 김명환, 이승민, 이남호, 김승호, 이흥호, "원자로 검침 로봇의 위치 파악 시스템 구현", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.2665-2667, 2004