

PSD센서와 마이크로스테핑 모터를 사용한 저가형 적외선 스캐너

*김영민¹, 송재복²

¹ 고려대학교 메카트로닉스 협동과정, ² 고려대학교 기계공학과

Low-Cost IR Scanner based on PSD Sensor and Microstepping Motor

*Y. M. Kim¹, J. B. Song²

¹ Dept. of Mechatronics, Korea Univ., ² Dept. of Mech. Eng., Korea Univ.

Key words : IR Scanner, PSD sensor, Microstepping, Step motor, Triangulation probe

1. 서론

로봇의 용도가 산업현장의 공장자동화에 국한되던 과거와 달리 가정용 로봇, 서비스 로봇 등으로 그 용도가 다양화되고 있다. 특히, 가정용 청소로봇은 대기업과 벤처기업에서 다양하게 생산되어 가정에 보급되고 있다. 청소로봇과 같은 이동로봇은 여러 센서를 사용하여 물체를 인식하거나 위치를 추정하는 일을 수행한다. 외부환경에 대한 정보를 획득하는 센서 중 거리측정 센서는 이동로봇에 필수적인 요소이다.

지금까지 외부환경의 정보를 수집하는 장치에 대한 연구가 많이 수행되어 왔다[1][2]. Borenstein은 2개의 초음파센서를 이용하여 이동로봇의 주행 중 장애물 회피 알고리즘을 구현하였다[3]. 초음파센서는 개발비용이 저렴하여 이동로봇에서 환경의 정보를 얻는 센서로 많이 사용된다. 하지만 물체 표면의 상태에 따라 초음파의 난반사가 발생하고, 넓은 범위의 거리측정을 위해서 다수의 센서를 사용하기 때문에 센서가 차지하는 부피가 커진다. Bernet은 적외선센서와 광다이오드(photodiode)를 전방향에 배치하여 거리를 측정하였다[4]. 적외선센서는 측정거리가 짧고, 광다이오드의 증폭이득(gain)으로 측정하기 때문에, 정확하게 거리를 측정하기가 어렵다. 이 외에도 레이저센서는 측정거리의 정확도가 매우 우수하고, 빠른 응답특성을 갖지만, 센서 제작 비용이 고가이기 때문에 가정용 이동로봇에 사용하기 어렵다.

본 연구에서는 소수의 거리측정 센서를 사용하여, 넓은 범위의 거리를 측정할 수 있는 적외선 스캐너를 개발하였다. 또한, 저가의 적외선센서와 스텝모터를 사용하여 적외선스캐너(IR scanner)의 개발 비용을 줄였다. 본 논문에서는 PSD (Position Sensitive Detector) 센서를 이용한 거리측정 센서모듈을 사용하였다. 또한, 저가형 PM방식의 스텝모터의 마이크로스테핑을 적용하여 저진동, 저소음, 고분해능 제어를 수행하였다. 위와 같은 구성으로 적외선 스캐너를 설계하고, 거리측정 실험을 통하여 검증하였다.

2. 적외선 스캐너

적외선 스캐너는 크게 거리를 측정하는 측정부와 센서를 회전시키는 구동부로 나누어진다. 2.1에서 PSD센서를 이용하여 거리를 측정하는 방법에 대해 기술하고, 2.2 마이크로스테핑에 대해 설명하겠다.

2.1 거리측정 원리

본 연구에서 개발하는 적외선스캐너는 PSD센서 모듈을 사용하여 거리를 측정한다. PSD센서는 빛에 반응하는 반도체로서 빛을 받게 되면 PSD센서의 출력전류는 수광점의 위치에 따라 변한다. 이러한 특성을 이용하여 각종기기에서 위치를 감지하는 검출소자로 사용된다. PSD센서 표면에 집속광이 입력되면, 광이 입력되는 센서의 표면 위치에 따라 PDE(Position Detection Error)가 발생하며, 2개의 출력단자

에서 전류가 출력된다.

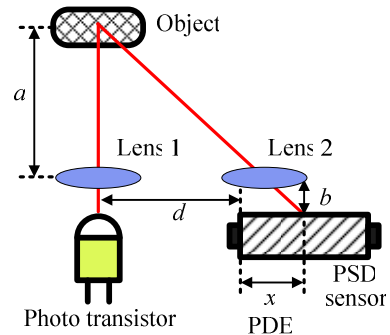


Fig. 1 Design principles of the triangulation probe

PSD센서는 삼각측량법을 이용하여 거리를 측정한다. Fig. 1와 같이 포토 트랜지스터에서 출력된 광은 먼저 렌즈 1을 통과하면서 집속된다. 광은 물체에 반사되어 렌즈 2를 통하여 다시 한번 집속되고, 그 광은 마지막으로 PSD 센서의 표면에 입사되는데, 이 때 PDE 출력은 수광점의 위치에 해당한다. 포토 트랜지스터에서 외부 물체까지의 거리는 PSD센서와 렌즈 사이의 거리와 PSD센서에 입사된 광의 위치와 비례식에 의해 구할 수 있다. 따라서 포토 트랜지스터에서 외부 물체까지의 거리는 다음과 같다.

$$a = \frac{bd}{x} \quad (1)$$

여기서, a 는 렌즈 1과 물체 사이의 거리이고, b 는 PSD 센서와 렌즈 2 사이의 거리이다. d 는 렌즈 1과 PSD센서 사이의 거리이고, x 는 PDE이다. PSD센서의 아날로그 출력은 증폭기에 의한 증폭과, 신호처리를 통하여 외부 물체와의 거리를 측정한다.

2.2 스텝모터와 마이크로스테핑 제어

개발한 적외선 스캐너의 구동부는 스텝모터를 사용하였다. 스텝모터는 HB(hybrid), VR(variable reluctance), PM(permanent magnet) 방식으로 분류된다. HB방식의 스텝모터는 펄스당 스텝각이 1.8°정도이고, 출력토크가 높지만, 가격이 비싸다. PM방식의 스텝모터는 펄스당 스텝각이 15°, 7.5°이고, HB방식의 스텝모터에 비하여 출력토크가 낮지만, 저렴한 편이다. 설계한 적외선 스캐너는 비교적 저렴한 PM방식의 스텝모터를 사용하고, 큰 스텝각을 보완하기 위하여 마이크로스테핑(microstepping) 제어를 적용하였다.

마이크로스테핑은 모터제어 기법 중 하나이다. 스텝모터 고정자의 권선에 인가하는 전류값을 세밀하게 제어하여, 일반적인 구동 시 발생하는 기본각보다 더 작은 각으로 분할하여 제어한다. 마이크로스테핑으로 구동하여 스텝모터의 펄스당 스텝각의 분해능을 높일 수 있고, 스텝모터의 구동시에 발생하는 진동, 소음 특성이 향상된다.

스텝모터 구동부는 마이크로스텝 드라이버(A3955S)를 사용하여 구성하였다. 내부에 하나의 H-Bridge를 내장하고 있는 소자 2개를 사용하여, 2상 스텝모터를 제어할 수 있는 회로를 설계하였다. 적외선 스캐너에 사용하는 PM스텝모터는 펄스당 스텝각이 7.5°, 3.6°인데, 마이크로스텝 제어를 바탕으로 펄스당 스텝각을 2° 이하로 분해한다. 마이크로스텝 제어는 1/1, 1/2, 1/4 스텝 모드로 제어가 가능하며, 센서의 응답과 이동로봇 주변의 환경 변화에 따라 모드 변환이 가능하다. 마이크로프로세서 내부 타이머에서 스텝모터를 제어하는 펄스를 생성하며, 마이크로스텝 모드에 따라 각각 모드에 알맞은 신호를 생성해서 모터 구동부에 입력한다.

3. 적외선 스캐너 제작 및 실험

3.1 적외선 스캐너의 제작

PSD센서 모듈, 광단속기(photointerrupter), 스텝모터를 포함한 적외선 스캐너를 제작하였다. 적외선 스캐너의 크기는 60mm x 70mm x 60mm이다. 2개의 PSD센서 모듈을 서로 수직이 되도록 배치하였으며, 이들을 PM방식의 스텝모터로 회전시킨다. 스텝모터의 회전량을 검출하기 위하여 광단속기를 연결하였다. PSD센서 모듈이 회전하면서 센서 케이스에서 돌출된 부분이 광단속기의 검출부를 지나가면서 PSD센서가 90° 회전할 때마다 검출한다.

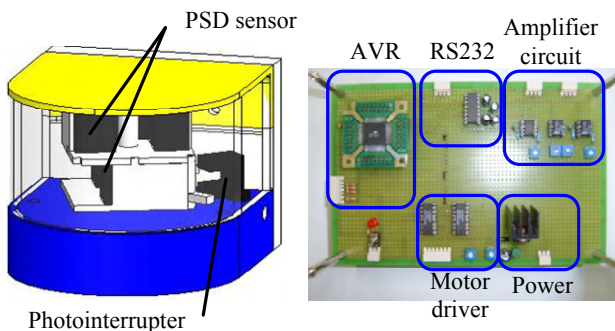


Fig. 2 IR scanner; (a) construction and (b) controller.

적외선 스캐너 제어기의 전체 구성은 Fig. 2와 같다. 8bit 마이크로프로세서(ATmega128)를 기반으로 2개의 PSD센서와 마이크로스텝 제어부, 광단속기, 시리얼 통신모듈로 구성되었다. 2개의 PSD센서 모듈은 스텝모터에 의해 회전하면서 외부 환경의 거리정보를 획득한다.

센서 모듈에서 측정된 거리는 아날로그 신호로 출력되는데, 비반전 회로와 비교기 회로로 구성된 증폭회로로 입력된다. 그러나 센서에서 출력되는 아날로그 신호는 측정거리가 150cm 이상부터 신호변화가 미미하고, 수 mA 이내로 변화하면서 서로 다른 거리의 측정 시에도 A/D변환기에서 변환한 측정 거리 정보가 동일한 경우가 발생하였다. 이런 문제를 해결하기 위하여 비교기 회로와 비반전 증폭회로를 사용하였다. 비교기는 측정거리 150cm의 아날로그 전압을 임계전압(threshold voltage)으로 설정한다. 150cm 이내의 거리 측정에서는, 증폭과정 없이 센서의 출력신호가 마이크로프로세서로 입력된다. 그리고 150cm 이상의 거리 측정에서는 비교기가 반응하여, 센서에서 출력하는 미세한 전압을 증폭하여 마이크로프로세서로 입력한다. 마지막으로 0° ~ 180° 도의 거리 측정이 끝나면, 시리얼 통신을 사용하여 컴퓨터로 전송한다.

3.2 거리 측정 실험

적외선 스캐너의 거리 측정 실험을 수행하였다. 거리가 변하는 환경에 대한 측정을 하기 위하여 90° ~ 180° 구간에 벽을 생성하여 실험을 수행하였다. 실제거리는 벽이 존재하는 90°부터 증가하며, 135°부터 감소한다. 적외선 스캐너는 0° ~ 180°에 대하여 1.8°마다 10ms로 거리 측정을 수행하였다. Fig. 3(b)의 거리측정 실험 결과에서 알 수 있듯이, 적외선 스캐너와 벽 사이의 거리 변화에 따라 측정 데이터의 추세가 변화함을 알 수 있다.

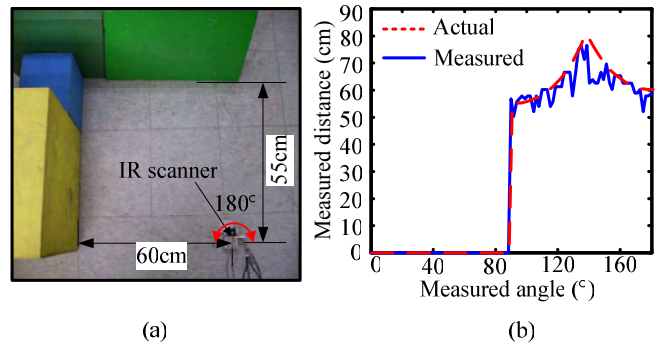


Fig. 3 Distance measurement; (a) experimental setup for distance measurement, (b) actual and measured distances.

후 기

이 연구(논문)는 산업자원부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 연구개발사업(인간기능 생활지원 지능로봇 기술개발사업)의 일환으로 수행되었습니다.

4. 결론

본 연구에서는 2개의 PSD센서 모듈과 PM스텝 모터의 마이크로스텝 제어를 이용하여 저가형 적외선 스캐너를 개발하였다. 제안된 적외선 스캐너는 직각으로 배치된 2개의 PSD센서로 넓은 범위를 측정할 수 있고, 마이크로스텝 모드에 따라 측정각의 조절이 가능하기 때문에 이동로봇 주변 환경의 상황에 따라서 측정각을 유연하게 조절할 수 있다. 개발한 적외선 스캐너는 가정용 이동로봇의 거리 측정 센서로 활용될 수 있으며, 각종 산업현장에서 거리를 측정하는 센서로 활용할 수 있다. 현재, 신호처리 알고리즘에 의해서 측정오차를 감소시키는 연구를 수행하고 있다.

참고문헌

1. M. Alwan, M.B. Wagner, G. Wasson, P. Sheth "Characterization of Infrared Range-Finder PBS-03JN for 2-D Mapping", robotics and Automation, 3936 - 3941, 2005
2. S. Shinohara, H. Yoshida, H. Ikeda, K. Nishide, M. Sumi "Compact and high-precision range finder with wide dynamic range and its application", Instrumentation and Measurement, 41, 40 - 44, 1992
3. J. Borenstein, Y. koren, "Obstacle avoidance with ultrasonic sensors", Robotics and Automation, 14, 213 - 218, 1988
4. G. Benet, F. Blanes, J. E. Simo, and P. Perez, "Using infrared sensors for distance measurement in mobile robot", Int. Journal of Robotics and Autonomous Systems, 40, 255 - 266, 2002