

원자로 검침 로봇의 위치 파악 시스템 구현

김명현, 이승민, 이남호, 김승호, 이흥호
 충남대학교 전기공학과, 한국 원자력 연구소

Development of a Position Finding System for a Reactor Inspection Robot

Myung-Hwan Kim, Seung-Min Lee, Nam-Ho Lee, Seung-Ho Kim, Heung-Ho Lee
 Dept. of Electrical Engineering, Chung-nam Nat'l Univ. Korea Atomic Energy Research Institute

Abstract - This paper presents a study of a position finding system for a reactor inspection robot. The position of PSD(Position Sensitive Detector) sensor is calculated by the degree of pan-tilt and the difference in height between pan-tilt and PSD. For that, the DSP which control pan-tilt is used for precise operation and the PIC microcontroller process PSD sensor data that indicate light incident position. A user using computer can acquire the conditions of pan-tilt and PSD.

1. 서 론

원자로 내부를 부유해서 다니며 이상 유무를 검사하는 로봇은 원자로 압력 용기 내를 점검함으로써 용기의 건전성을 유지하는데 일조를 하게 된다. 하지만 잠수정 로봇을 조종하는데 있어 문제점은 로봇의 정확한 위치를 알지 못해 원하는 지점으로 정확히 이동하는데 어려움이 있다는 것이다. 또한, 자칫 잘못하면 로봇이 원자로 압력 용기와 충돌하는 사태가 일어나게 되어 건전성 확보란 목적에 오히려 반하는 역할을 할 수 있다. 원자로 압력 용기 내 잠수정 로봇의 정확한 위치를 파악하고 로봇을 원하는 위치에 이동시키기 위해 본 연구에서는 센서 내에 입사된 빛의 위치를 파악할 수 있는 PSD(Position Sensitive Detector)센서와 레이저를 장착한 팬틸트(Pan/Tilt)를 사용하였다. 본 논문에서는 초기 시스템의 하드웨어적, 소프트웨어적 개선과 함께 PC환경에서 사용자가 현재 상태를 파악할 수 있도록 환경을 구축하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

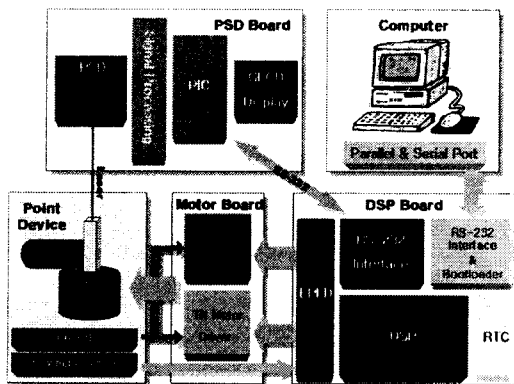


그림 1. 전체 시스템 블록도

팬틸트 구동, PSD 센서 데이터 취득 및 통신을 위한

하드웨어 구성은 그림 1과 같다. 컴퓨터는 종합적인 상황을 사용자에게 알려주게 되고, DSP 보드는 팬틸트에 사용된 DC 서보 모터를 제어함과 동시에 PSD 보드로부터 들어온 좌표값을 처리하여 그 값에 따른 동작을 취하게 된다. PSD 보드는 센서 내에 입사된 빛의 좌표를 계산하는 역할을 한다.

2.1.1 모터 구동 및 데이터 처리부

팬틸트에 사용된 DC 서보 모터를 제어하고 각 장치들의 중심에서 시리얼 통신을 처리하는 DSP 보드는 메인 프로세서로 TI사의 TMS320C32를 사용하였다. C32는 일반 마이크로 컨트롤러에 비해 고속의 데이터 처리가 가능하고 컴퓨터에서 컴파일한 파일을 자체 내장한 부트 로더를 이용해 손쉽게 다운로드 받을 수 있는 장점들을 가지고 있다. DSP 보드는 C32를 중심으로 외부 메모리(램, 플래쉬 메모리) 및 각종 장치(RTC, 모터 컨트롤러, LED 등)들로 구성되어 있고, 각각의 장치들을 액세스하기 위하여 로직 신호를 적절히 분배해주는 EPLD가 어드레스 디코더로서의 역할을 한다. RS-232통신을 위해 16C550이 2개 사용되었으며, 각각은 PC와 PSD 보드와의 시리얼 통신을 담당한다. 모터 컨트롤 및 드라이브는 제어의 용이성 및 정밀성을 위해 National사의 LM629 정밀 모션 컨트롤러와 LMD18200 H-Bridge 모터 드라이버를 사용하였다. 그림2는 모터 컨트롤러 보드를 장착한 DSP 보드(우측)와 팬틸트와의 인터페이스를 위해 사용된 보드(우측)를 보여주고 있다. 인터페이스 보드는 팬틸트에 사용된 근접센서 출력전압이 +24V이기 때문에, 이를 TTL레벨로 낮추주는 역할을 함과 동시에 커넥터를 사용하여 팬틸트와 DSP 보드와의 연결을 손쉽게 할 수 있도록 하였다.

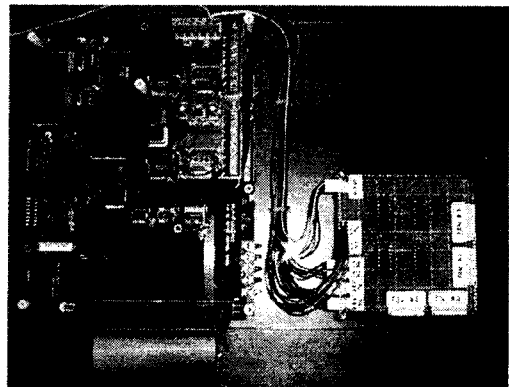


그림 2. DSP 및 팬틸트 인터페이스 보드

2.1.2 PSD 센서 처리부

CCD센서와는 달리 단일 소자로 구성되어 있어 포토 다이오드의 표면 저항에 의해 만들어지는 연속적인 위치

데이터를 통해 입사하는 빛의 위치를 파악할 수 있는 PSD 센서는 그림 3에 있다. 우측의 사진이 실험에 사용된 것으로 센서 활성영역의 영역에서 빛이 산란 및 반사되어 센서값에 오류를 주기 때문에 마스크를 씌운 것이다.

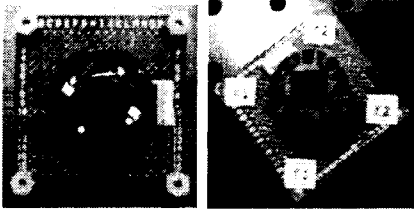


그림 3. PSD 센서

PSD 센서와 연결되어 센서값을 취득 및 처리하여 DSP 보드에 전송하는 역할을 하는 PSD 보드의 사진이 그림 4에 있다. 보드의 구성에는 전류 신호를 전압으로 변환하는 부분, 레이저 신호에 최적화 할 수 있도록 한 필터 부분, PSD 센서의 4개 축으로부터 입력된 신호를 PIC의 A/D 컨버터 핀에 선택적으로 전달하는 아날로그 MUX 부분, A/D 변환된 데이터를 처리하여 좌표값을 계산하고 시리얼로 전송하는 역할을 하는 마이크로컨트롤러부 등이 있다. 컨트롤러에는 10bit A/D컨버터가 내장된 PIC16F873이 사용되었으며 LCD를 통해 좌표값 및 센서 각 축의 전압값을 확인할 수 있다.

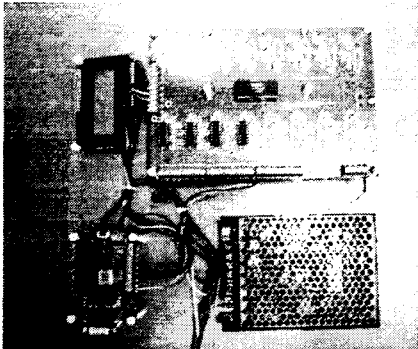


그림 4. PSD 보드

2.1.3 팬틸트부



그림 5. 팬틸트(Pan/Tilt)

PSD 센서를 장착한 로봇의 위치 정확도는 레이저가 가리키는 지점의 정확도에 달려있기 때문에 팬틸트의 정

밀도는 매우 중요하다. 팬틸트 구동을 위한 DC 서보 모터는 360°/1000의 분해능을 가지는 엔코더를 가지고 있으며, 보다 높은 정확도를 위해 100:1의 기어비를 가지는 하모닉 기어를 사용하였다. 하모닉 기어는 다른 여타 기어와 달리 백래쉬가 작은 장점을 가지고 있으며, 모터의 토크를 개선하는 효과도 있다. 엔코더와 기어를 통해 최대로 낼 수 있는 분해각은 0.0036°이며, 최소 분해능으로 이동하였을 경우 PSD 센서의 활성영역보다 약간 작은 1cm가 되는 지점은 이론적으로 159m가 된다. 원자로의 깊이를 고려하였을 경우 팬틸트가 충분한 정밀도를 가지고 있음을 알 수 있다. 이밖에도 팬과 틸트부분 각각에 90°의 위상차를 두고 근접센서를 배치하여 위치 보정에 사용할 수 있도록 하였다. 그림 5는 팬틸트의 외관이다.

2.2 소프트웨어 동작

PC와 DSP 보드 및 PSD 보드와의 통신은 RS-232를 사용하며, PC용 프로그램은 사용자 명령 입력 및 상황 디스플레이를 목적으로 하고 DSP는 모터 제어 및 각 종 연산 그리고 통신 중재자 역할을 한다. 마지막으로 PSD에 사용된 프로그램은 센서값을 처리하여 전달한다.

2.2.1 DSP 보드

DSP 보드의 구동은 PC로부터 명령을 받아 해당 동작을 수행하는 구조로 되어 있다. 명령은 시리얼 통신으로 전달받게 되며, DSP는 RS-232 인터페이스 칩인 16C550이 외부 인터럽트를 발생하면 처리과정에서 시리얼로 전송된 명령을 전달받게 된다. 그림 6은 DSP 프로그램의 순서도를 보여주고 있다. 전원이 인가되면 초기화 과정을 실행한 후 메시지를 기다리게 됨을 알 수 있다. 타이머와 시리얼과 같은 내·외부 인터럽트들이 메시지를 발생하는 주요 소스가 되고, 메시지가 발생하면 메시지 처리루틴에서 해당 기능을 수행하게 된다. 기능으로는 모터 구동, 각종 제어값 설정, 센서 위치값 전송, PC가 원하는 데이터 전송 등이 있으며 그 외에 각종 연산을 수행하게 된다.

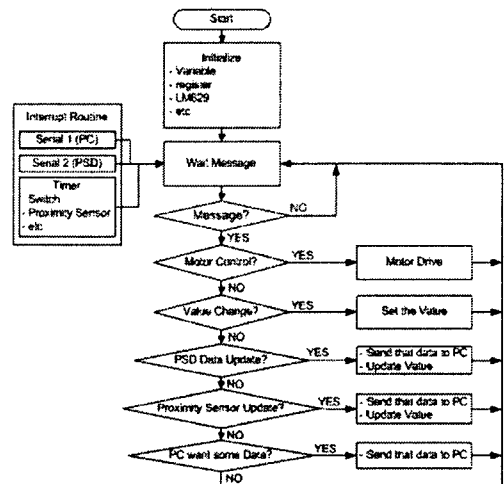


그림 6. DSP 프로그램 순서도

2.2.2 PSD 보드

PIC16F873 프로그램은 아날로그 MUX를 통해 들어온 PSD 센서 신호를 분석하여 빛이 들어온 좌표를 계산하는 동작을 수행한다. 그림 7은 전체 순서도를 보여주고 있다. 먼저 변수값들을 초기화하고 사용되는 포트들의 입·출력 및 시리얼 통신관련 설정을 한다. 설정이 끝나면 PSD 각 축의 전류값을 측정하게 되며 A/D 데이터값을 읽을 때 5번 측정된 값의 평균을 사용하게 된다. 그

이유는 값이 너무 빈번하게 변하여 DSP에 잦은 인터럽트를 걸게 되면 DSP 동작이 느려지는 현상이 발생할 수 있기 때문이며 또한 측정 시기에 따른 오차를 보정하기 위함이다. 평균값으로 결정된 위치값은 시리얼을 통해 전송되기 전에 기존의 위치값과 비교되게 되는데, 값이 변하지 않았을 경우에는 데이터를 전송하지 않도록 하여 시리얼 통신에 부하를 줄이도록 하였다.

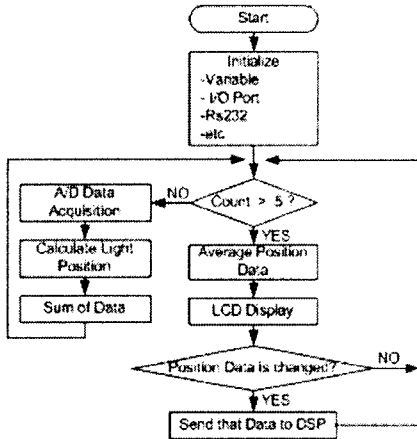


그림 7. PSD 센서 측정 순서도

2.2.3 윈도우 프로그램

윈도우 프로그램은 그림 8과 같다. 그림에서 검은색으로 보이는 세 부분은 각각 팬틸트의 현재 각도, 그 각도와 높이차를 이용해 계산한 PSD 센서의 공간상 위치 그리고 PSD에 입사한 빛이 센서의 어느 영역에 있는지 보여주는 기능들을 한다. 화면에 보이는 조이스틱을 이용하여 사용자가 팬틸트를 직접 제어할 수 있으며, DC 서보 모터를 제어하기 위한 PID 계수값 설정, 속도 및 가속도 설정 부분들이 있다. 이 밖에 팬틸트의 초기위치 설정을 위한 버튼과 PSD 센서 찾기 시작 버튼 그리고 갑작스런 사태가 발생했을 경우 팬틸트를 정지시키거나 전원을 끄는 기능들을 하는 버튼도 있다. 윈도우 프로그램 제작은 Win32 API를 사용하였다.

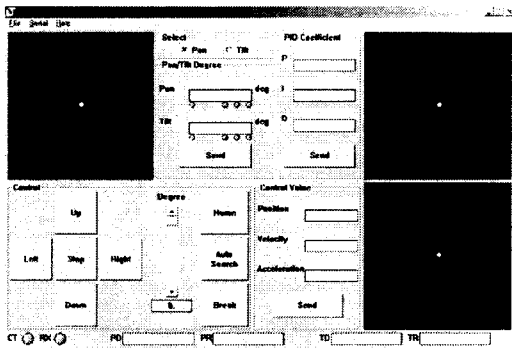


그림 8. 윈도우 프로그램 화면

2.3 실험 환경 구성

원자로 환경에서 실험을 하기 전에, 팬틸트와 PSD 센서 그리고 DSP보드의 전반적인 동작 상태를 점검하고 알고리즘을 연구하기 위하여 캐비닛 내부에 실험 환경을 구축하였다. 그림 9는 캐비닛의 전면 사진이다. 그림을 보면 크게 4부분으로 나눌 수 있는데, 제일 상층부에는 그림 2에 나와 있는 보드가 놓이게 된다. DSP 보드와 팬틸트 연결 보드가 아크릴판에 고정되어 캐비닛 상층부

에 있음을 확인할 수 있다. 그 다음 층에 파워서플라이가 놓여, 보드와 팬틸트에 전원을 공급하게 된다. 실험단 개이기 때문에 전류값을 확인해야 할 필요가 있어 SMPS 대신 파워서플라이를 사용하였다. 파워서플라이 아래층에 팬틸트가 원자로에 설치되는 것과 같은 방향으로 즉, 천장을 밑면으로 해서 부착되어 있으며 바닥면 PSD 센서를 장착되어 있다. 밑면 바닥은 약한 자성을 가지도록 처리되어 있어 PSD 센서가 움직이지 않고 고정될 수 있도록 하였다. 하단층에는 PSD 센서 신호를 처리하여 DSP보드에 전송하는 그림 4의 PSD 보드가 놓이게 된다.

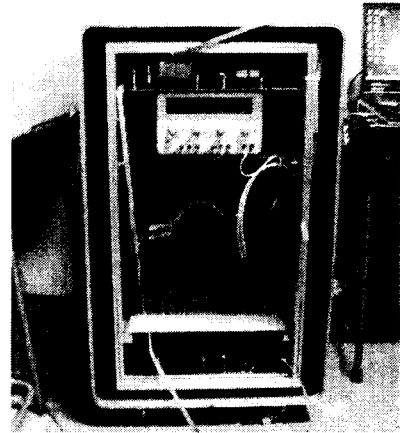


그림 9. 캐비닛 전면

3. 결 론

본 연구는 원자로 내부 검사용 로봇이 벽면과 충돌하지 않고 임무를 수행할 수 있도록 로봇의 위치를 파악하고 추종 제어하기 위한 시스템 개발의 기초 연구로 수행되었다. 현재 실험이 아직 진행중이고 시스템을 계속 개선되고 있기 때문에 알고리즘적 연구가 아직 미숙한 단계이지만, 구상 단계에서 벗어나 하드웨어적으로 실제 환경을 구성해 보고 소프트웨어적으로 점차 연구의 내용을 개선해 나가는 것을 보여준 것에 본 논문의 의의가 있다. 아직 미흡한 점이 많기 때문에 관련 자료 검색과 분석 및 연구 그리고 실험을 통해 계속적인 개선이 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김명환, 이승민, 이홍호, 이남호, 김승호, "팬틸트와 PSD 센서를 이용한 수중 로봇의 위치추적 시스템 구현", 정보 및 제어 학술회의 논문집, p.536~539, 2003
- [2] 김재희, 엄홍섭 외, "원자로 자동 탐상 시스템 개발", 과학 기술부, 2002
- [3] 김재희, 엄홍섭 외, "원전 지능형 제어 및 자동화기술 연구", 한국원자력연구소, 1996
- [4] 윤덕용, "TMS320C32 마스터", Ohm사, 1999
- [5] 이은옥, 김도우, "DSP(TMS320C32)의 이해와 활용", KAIST MRDEC 강의자료, 2003
- [6] 김상형, "Windows API 정복", 가남사, 2001