



## 2. 가속도 센서를 이용한 경사각 측정장치

### 1) 가속도 센서

본 논문에서 사용한 가속도 센서는 비교적 저가이며, X-Y축 가속도를 측정할 수 있는 아날로그 디바이스에서 생산한 ADXL202이다. 이 센서의 측정 범위는  $\pm 2g$  ( $19.6m/s^2$ )이며, 정적 가속도와 동적 가속도를 측정할 수 있다. 또한 출력신호는 2축이 각각 duty cycle의 변화로 나타나므로 별도의 A/D 변환 없이 마이크로컨트롤러 타이머를 이용하여 디지털 신호로 쉽게 변환할 수 있는 장점이 있다. 그림 1은 ADXL202의 블록도를 나타낸다.

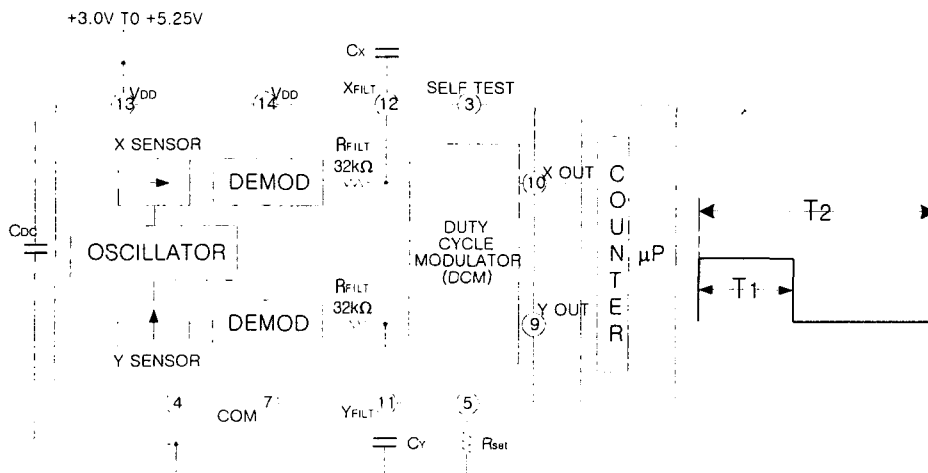


그림 1. ADXL202 블록도

#### (1) Bandwidth 설정

$C_x$ ,  $C_y$  콘덴서 값을 변화시킴으로써 출력되는 구형파의 Bandwidth를 설정할 수 있다. 3dB bandwidth는 다음식과 같다.

$$F_{3dB} = \frac{1}{2\pi(32k\Omega) \times C(x,y)}$$

( $C_x$ ,  $C_y$  값의 범위 :  $0.001\mu f \sim 0.47\mu f$ )

또한 내부저항  $R_{FILT}$  는 일반적인 경우  $32k\Omega$  으로 설계되어 있다.

#### (2) Duty cycle 설정

$R_{SET}$  저항값을 변화시킴으로써 출력되는 구형파의 duty cycle( $T1/T2$ )을 변화시킬 수 있으며 그 식은 다음과 같다.

$$T_2 = \frac{R_{SET}(\Omega)}{125M\Omega}$$

( $R_{SET}$  값의 범위 : 125 k $\Omega$  ~ 1.25 M $\Omega$ )

그림 2는 본 논문에서 구현한 가속도 센서 인터페이스 보드를 보여주고 있다.

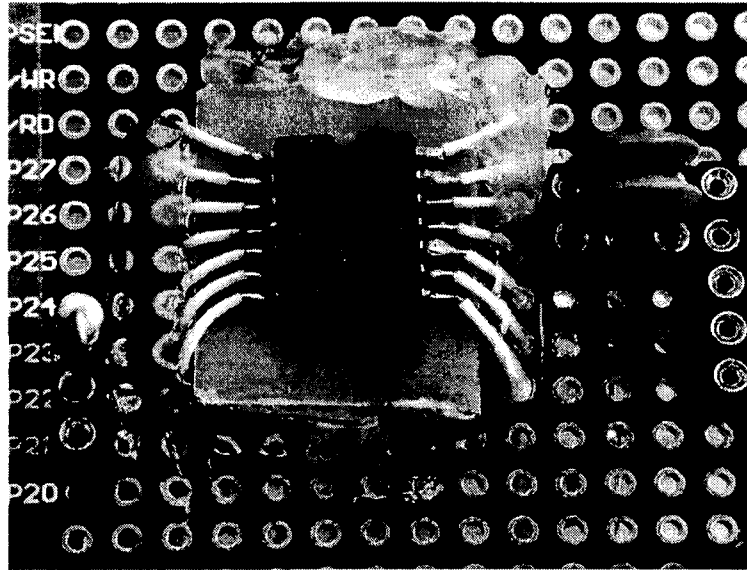


그림 2. 가속도 센서의 인터페이스 보드

## 2) 마이크로컨트롤러와 신호처리보드

가속도 센서의 출력신호를 처리하기 위해서 인텔의 89C52 마이크로컨트롤러를 사용하였다. 89C52 마이크로컨트롤러는 256byte RAM과 8Kbyte EEPROM, 3개의 8-16비트 타이머, 2개의 외부인터럽터와 1개의 RS-232C 통신을 위한 시리얼 포트를 내장하고 있다. 그림 3은 구현한 마이크로컨트롤러와 가속도센서 신호처리 보드를 보여준다.

가속도 센서의 출력단자에서는 X-Y축 모두 125Hz의 구형파 신호가 출력될 수 있도록 설계하였으며, duty cycle은 경사각에 1차 비례하는 신호가 출력된다. 출력된 구형파와 마이크로컨트롤러의 내부 타이머를 이용하여 duty cycle 동안 시스템 클럭의 수를 카운터 함으로써 경사값을 측정한다. 프로그램 개발 Tool은 KEIL사의 PK51 크로스컴파일러를 이용하여 프로그램 하였으며, 제어보드 설계를 위해서 OrCAD9.1을 이용하였다. 또한 PAL을 제작하기 위해서 PALASM을 사용하여 개발하였다.

또한 LCD 출력을 위해 RS-232C 시리얼 통신방식을 채택하였으며, 통신을 위해서 0V-5V 레벨의 TTL 출력신호를 그대로 이용한 전송방식을 택하였다. 사용전원은 승용형 농기계의 전원인 DC12V 배터리 전원을 레귤레이터를 통해서 DC5V로 낮추어 사용하였으

며, 구현한 시스템의 소모전력은 2.5W 정도이다.

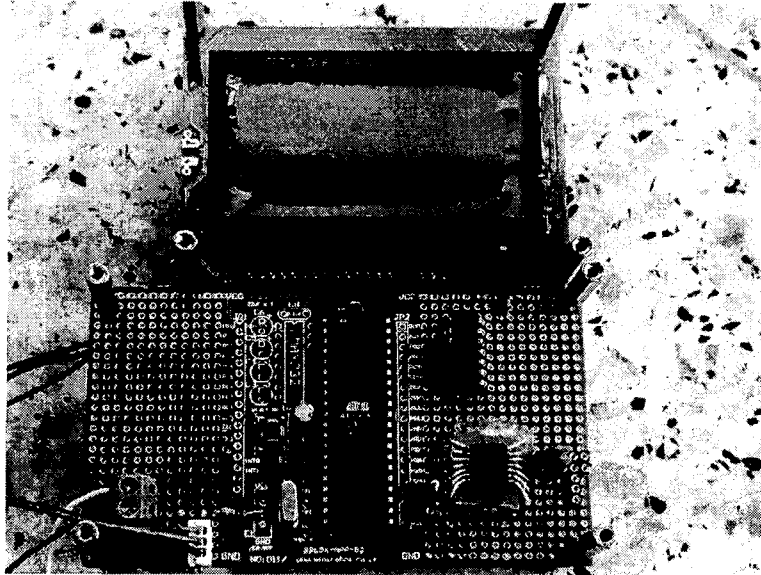


그림 3. 마이크로컨트롤러와 가속도 센서 신호처리 보드

### 3) 신호처리 알고리즘

출력된 구형파와 마이크로컨트롤러의 내부 타이머를 이용하여 duty time을 카운트 할때

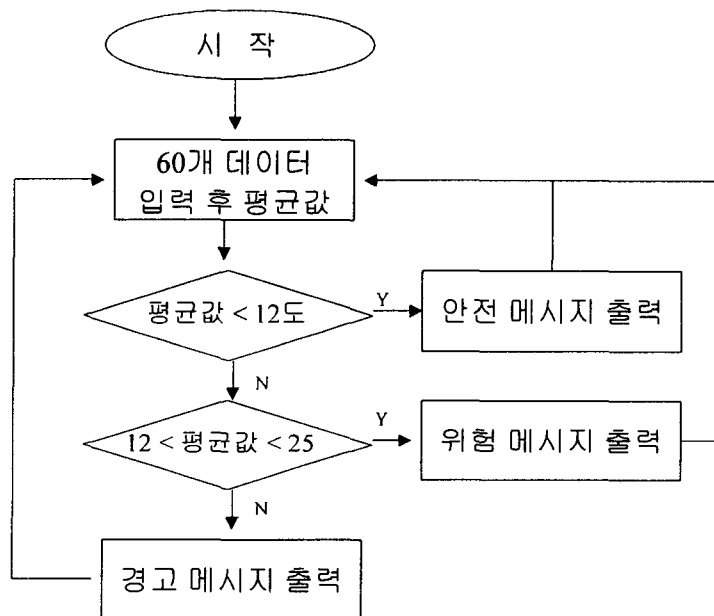


그림 4. 신호처리 프로그램 순서도

random 에러를 감소시키기 위하여 2ms 간격으로 60개의 data를 받아 평균값을 취하였다. 또 농기계가 단순히 운전 중 흔들림에 의한 경사값인지 실제 경사면에 의한 경사값인지를 판단하기 위해 Time delay에 의한 템핑을 행하였다.

그림 4는 신호처리 프로그램의 순서도를 나타낸다. 순서도에 보인 판단의 기준값은 농기계의 기종이나 모델 등에 따라 다르나 구현한 시스템은 기사의 로더가 장착된 트랙터를 기준으로 구현하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 구현한 경사각 측정 시스템의 성능을 시험하기 위해서 트랙터에 장착한 후 실험을 행하였다. 그림 5는 125Hz 구형파와 50Hz로 Bandwidth를 출력할 수 있도록 설계하였을때의 측정결과를 보여주고 있다.

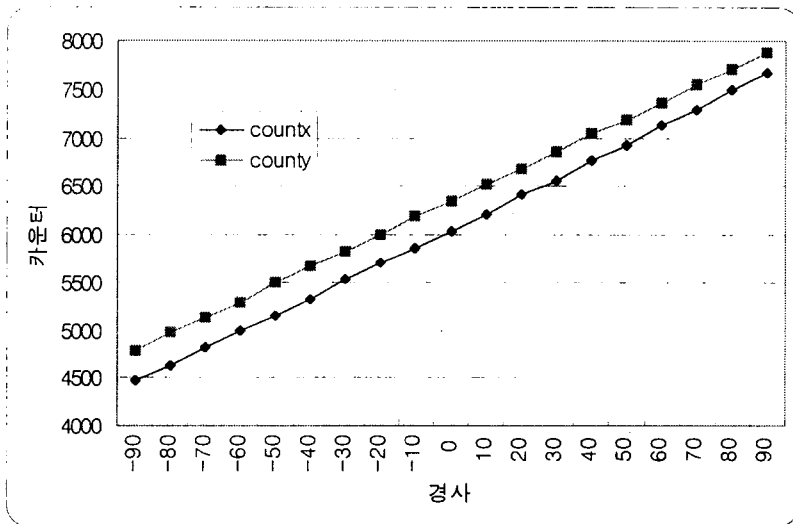


그림 5. 마이크로컨트롤러 카운터 수(125Hz, 50Hz)

결과에서 보는 바와 같이  $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$  측정범위에서 비교적 양호한 선형 특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

측정결과 ADXL202반도체 가속도 센서의 에러는 다음과 같이 나타남을 보였다.

속도 에러 = 0.589m/s per mg per min

위치 에러 = 17.66 m per mg per min<sup>2</sup>

### 4. 요약 및 결론

본 논문에서는 반도체 가속도 센서를 이용하여 농기계의 전후, 좌우 경사각 측정 시스템을 구현하였다. 구현한 시스템은 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- 1) 기계적 구조가 간단하므로 양산성이 우수

2) 내습성 내진동성을 가짐

3) 비교적 저가격

농업기계는 여타 산업기계와는 달리 이용시기가 한정되어 있고 작업대상이 다양하며, 이동하면서 작업이 이루어질 뿐 아니라 그 작업 환경도 열악하고 불균일한 특징이 있다. 또한 농작업은 혼자서 하는 작업이 많고 장시간 계속되며, 농기계를 다루는 농민들의 연령 및 기술수준의 차이가 심하다.

트랙터, 콤파인 등 승용형 농기계는 60년대 이후 그 보급이 지속적으로 증가해 왔으며, 특히 최근들어 발동사용 농기계가 보급됨에 따라 전락, 전복 등 농기계 사고 역시 꾸준히 증가되어 오고 있다.

본 연구에서 개발된 경사각 측정시스템이 승용형 농기계에 장착될 경우 혼자서 오랜작업 시간으로 인해 집중력이 떨어진 작업자를 고려할 때 미처 대처하지 못한 전락사고를 미연에 방지함은 물론 농기계의 전복으로 인한 인명사상과 고가의 농기계의 파손을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

또한 본 논문에서 이용한 반도체 가속도 센서와 random bias drift 에러를 감소 시키기 위한 칼만 필터는 앞으로 가속도 센서의 응용범위를 더욱 확대 시켜나갈 것으로 생각한다.

\* 본 연구는 경상북도와 중기청이 지원하는 동양대학교-경도대학산학연컨소시엄 연구과제 결과의 일부임.

## 5. 참고문헌

1. Hugh Liu 외 2인. 1999. Accelerometer for Mobile Robot Positioning. The University of Hong Kong.
2. 박찬식 외 2인. 1999. GPS를 이용한 자세측정 시스템의 미지수 결정 기법. 제어·자동화·시스템 공학 논문지.
3. 이수영 외 2인. 1999. 이동 로봇을 위한 실시간 충돌 회피 궤적 계획과 제어. 제어·자동화·시스템 공학 논문지.
4. 박찬식. 2001. GPS를 이용한 위치결정에서의 오차 해석. 제어·자동화·시스템 공학 논문지.
5. 이홍석 외 3인. 2001. 센서기술과 인터페이스. 남두도서.
6. 박귀태 외 1인. 1998. C로 쓰는 8051. Ohm사.
7. 정승영 외 1인. 1989. 농용 트랙터-트레일러 시스템의 횡전도 시뮬레이션. 한국농업기계학회지
8. 김경욱. 1988. 농업용 트랙터의 전도보호장치. 한국농업기계학회지
9. 박금주 외 2인. 1987. 동력경운기의 안전성 향상을 위한 주행 및 Motion에 관한 연구. 한국농업기계학회지