

피에조 가속도 센서를 이용한 기울기 각도 검출

김진석^{*} · 조영진^{*} · 김영탁^{**}

The tilt angle detection using the piezoelectricity acceleration sensor Jinseok Kim, Youngjin Cho and Youngtark Kim

Key Words: Application of the piezoelectricity acceleration sensor(피에조 가속도 센서 응용), tilt angle detection(기울기 각도 검출)

Abstract

It is necessary to detect the tilt angle for control or monitoring of various systems such as ship, aircraft recreation facilities etc as well as bridge or building systems.

However the electronic liquid charge type tilt sensor which is one of typical tilt sensor has many problems. Those are remarkably slow response time and limited mounting condition because of liquid viscosity coefficient and inertia etc.

In this study we propose a tilt angle instrumentation method using piezoelectricity acceleration sensor. The method can be applied on moving mount We verified the validity of the method through experiment..

1. 서 론

기울기 각도의 계측은 선박, 우주항공, 로봇이나 완구와 같은 다양한 시스템의 감시나 제어를 위해 필요하다. 뿐만 아니라 토목 및 건축 분야에서도 기울기 감시용으로 필요하다.

그러나 기존의 기울기 센서 중 대표적인 전자식 액체충전 방식의 센서는 액체의 점성과 관성 등 액체 고유의 성질 때문에 응답속도가 매우 느리다. 또한 설치부가 진동상태에 있는 경우에는 사용이 불가능하다는 단점으로 그 응용대상이 한정되어 있다. 또한 로타리 엔코더와 같은 각도 측정 센서는 기준면이 고정되어 있어야 한다는 제한사항이 있다. 그 외에도 안정시간이 길다든가

가격이 비싸다는 등의 제약 때문에 여러 분야에 응용되기는 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 빠른 응답속도를 지니고 있으면서도 시스템이 진동하는 여건에서도 사용할 수 있는 기울기 각도 계측방법을 제안한다. 피에조 가속도 센서를 이용하는 것인데 그 원리를 설명하고 실험을 통하여 성능의 우수성을 비교 검증한다.

2. 기존 기울기 센서의 문제점

2.1 기존 기울기 센서의 특성

기울기 센서는 내부 작동원리와 고정된 기준면의 필요성에 따라 종류를 구분할 수 있다. 먼저 고정된 기준면의 필요성에 의해 구분할 경우 수평유지 센서(Horizontal upkeep sensor)와 각도 센서(Optical encoder)로 구분될 수 있다.

Table 1은 수평유지 센서와 각도 센서의 특성을 비교한 표이다. 표에 나타난 것과 같이 각도 센서의 경우 응답속도가 빠르고 진동에 의한 영향을 받지 않는다는 장점이 있지만 고정된 기준

중앙대학교 기계공학부

E-mail : nightsky108@hotmail.com

TEL : (02)820-5311 FAX : (02)812-3362

* 중앙대학교 대학원 기계공학부

** 중앙대학교 기계공학부

Table 1 Comparison of commercial sensors

	Horizontal unkeen sensor	Optical encoder
Operational standard	Gravity	need relative datum level
Resolution	High (~1/1000°)	Low (~1/100°)
Response time	Low (< 0.3 sec)	High
Mechanism	complicate	complicate
Vibration effect	High	-

면이 필요함으로서 독립구동 되는 로봇이나 지면에 부착되지 않은 시스템에서는 사용을 할 수가 없다. 반면 수평유지 센서의 경우 중력방향에 대해 작동하므로 다양한 환경에서 사용할 수 있으나 응답속도가 느리고 진동에 의한 영향이 크다는 점에서 제한된 용도로 밖에 사용할 수가 없다.

2.2 수평유지 센서와 각도 센서의 비교 실험

진동하는 물체 상에서 수평유지 센서와 각도 센서의 응답을 비교하기 위하여 약 0.15Hz로 진동하는 진자에 센서를 설치하고 응답을 100ms로 샘플링하여 측정하였다.

수평유지 센서는 DAS사의 SA1 모델로서 0.3sec의 응답속도를 지니고 detecting range가 ±60deg인 전자식 액체충전 방식의 제품을 사용하였으며, 각도 센서로는 Koyo사의 2500pulse/rev 인 TRD-SH2500V 모델로 실험하였다.

그 실험 결과를 Fig. 1에 나타내었으며 단위는 degree이다. 결과에서 알 수 있듯이 가장 큰 문제점으로 수평유지 센서가 각도 센서에 비해 큰 Delay time(여기서는 약0.4sec)을 갖게 된다는 점

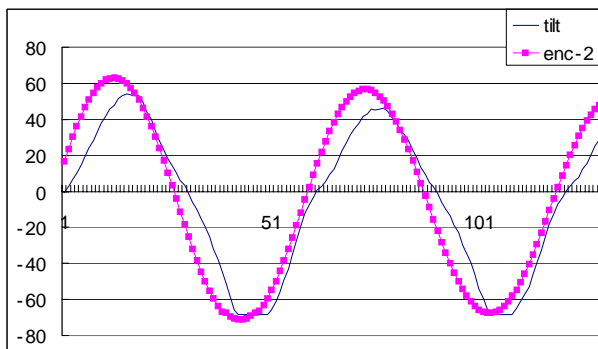


Fig 1 Response of commercial sensors

이다. 또한 가속구간에 대해 영향을 받아 데이터의 오차가 심해지는 것을 알 수 있다.

따라서 고정되어 있지 않고 움직이는 혹은 진동하는 시스템에서의 기울기 각도 측정 방식으로 본 연구에서는 피에조 가속도 센서를 이용한 방법을 제안한다.

3. 피에조 가속도 센서를 이용한 기울기 각도 계측

3.1 피에조 가속도 센서의 특성

피에조 가속도 센서(Piezoelectricity acceleration sensor)는 Piezo 효과를 이용하여 가속도를 측정하는 것으로서 최근 미세가공기술의 발달로 초소형, 초경량화 한 1축 및 다축의 센서가 많이 상품화되어 있다.

압전 세라믹을 사용한 피에조 가속도센서는 측정범위가 넓고, 미소레벨에서 큰 가속도까지 직선성이 우수하며, 견고하여 고장이 없는 등 여러 장점을 가지고 있다.

3.2 피에조 가속도 센서를 이용한 기울기 각도 센싱

3.2.1 이론적 배경

가속도 센서를 사용하여 수평면을 기준으로 기울기 각도를 측정하려 할 경우 센서의 배치는 Fig. 2와 같이 구성하면 된다. Fig. 2에서와 같이

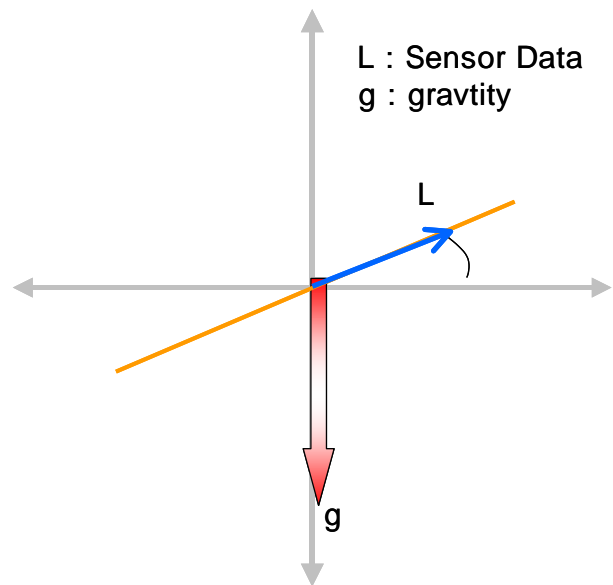


Fig 2 The tilt angle detection using the acceleration sensor

중력 가속도에 대하여 가속도센서의 출력 L 로부터 다음 식을 이용하여 기울기 각을 구할 수 있다.

$$\theta = \text{ArcSin}(L/1g) \quad (1)$$

이때 수직축이나 수평축으로 힘이 전달될 경우 출력 L 이 변함으로서 정확한 기울기 각도를 구할 수 없게 되는데 이를 보정하기 위하여 다음과 같이 2축 가속도 센서 2개를 이용한 센서 모듈을 구성한다.

Fig 3과 같이 평면상에 2축의 가속도 센서 2개를 사용 구성하여 시스템에 작용하는 가속도 센서를 통한 출력의 관계는

$$L = A \cos \theta + B \sin \theta \quad (2)$$

$$M = A \sin \theta + B \cos \theta \quad (3)$$

$$N = C \cos \theta + B \sin \theta \quad (4)$$

$$K = C \sin \theta + B \cos \theta \quad (5)$$

(2)-(4) 하면

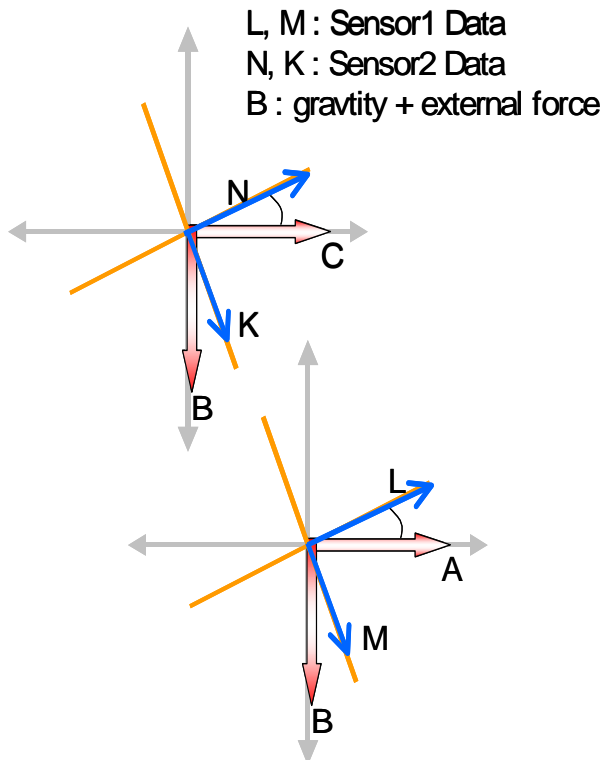


Fig 3 Composition of sensor

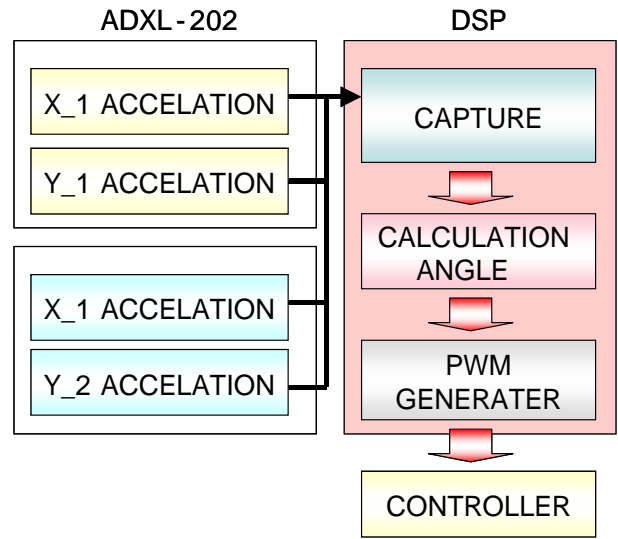


Fig 4 Detection module

$$L - N = (A - C) \cos \theta \quad (6)$$

(3)-(5) 하면

$$M - K = (A - C) \sin \theta \quad (7)$$

여기서 (7)식을 (6)식에 대입하면

$$\tan \theta = \frac{M - K}{L - N} \quad (8)$$

$$\theta = \text{ArcTan}\left(\frac{M - K}{L - N}\right) \quad (9)$$

로서 각도 θ 가 구해진다.

여기서 L, M, N, K 는 가속도 센서에서 측정된 가속도 값($g, m^2/s$)이며 A, B, C 는 시스템에 작용하는 가속도이다.

3.2.2 센서의 구성

피에조 가속도 센서를 이용한 기울기 각도 검출을 위하여 Analog Device 사의 ADXL-202 피에조 가속도 센서 2개와 Texas Instrument 사의 TMS320F2406 DSP를 사용하여 시스템을 구성하였다.

ADXL-202 가속도 센서는 $\pm 2g$ 를 측정할 수 있으며 2축으로 구성되어 PWM으로 출력을 하며 주기는 $10\text{Hz} \sim 100\text{KHz}$ 까지 조절할 수 있다.

이를 DSP에서 주기 측정하여 외부 제어기로 각도값을 출력하게 된다.

Fig 4는 센서 모듈의 구성을 나타내었다.

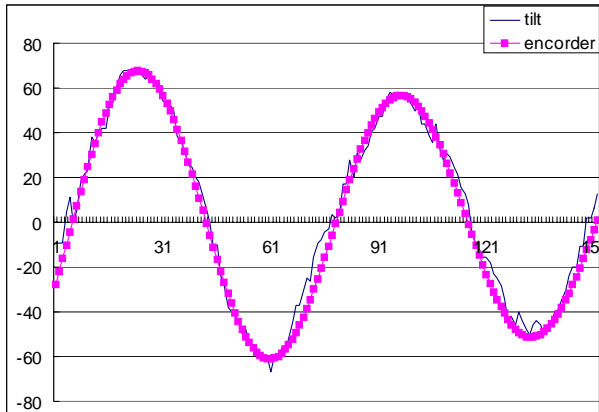


Fig 5 Test data

3.3 실험 및 고찰

진동상태의 시스템에서 기울기 측정을 위하여 로타리 엔코더에 연결된 진자를 구성하여 위에서 제시한 센서모듈을 부착 후 약 0.15Hz로 진동하는 진자의 각도를 100ms로 샘플링하여 측정을 하였다.

실험 데이터에서 보여지듯이 다소 진동에 의한 노이즈가 발생하지만 빠른 응답속도와 진동에 의한 영향이 적음을 알 수 있다.

4. 결 론

산업현장에서는 다양한 용도의 기울기 센서가 요구되어지고 있지만 응답속도가 느리거나 진동 환경에서의 사용제한, 높은 가격 등의 제약 때문에 응용의 한계가 있다.

본 연구에서는 응답속도가 빠르고 진동환경에서도 사용이 가능하며 저렴한 가격으로 구성할 수 있는 기울기 각도 계측 방법을 제안하였다.

또한 제시된 센서 모듈의 경우 기본적으로 가속도 센서를 사용함으로써 한 모듈 안에서 각도 및 가속도의 데이터를 출력할 수 있어 중력 측정 및 기울기 각도 측정, 가속도 측정 등의 다기능 센서로서 활용되어질 수 있을 것이다.

후 기

제시된 기울기 센서 모듈의 대상이 일반적인 기계 구조물이라 가정하였고, 또한 그러한 시스템에서의 실험을 하였다. 이를 보완하여 보다 빠

른 주기의 시스템을 대상으로 하여 이에 대한 실험 및 보정이 필요할 것이다.

또한 제시된 센싱 방법 및 모듈을 보완하여 2축 기울기 각도 측정 및 3축 가속도 측정을 할 수 있는 모듈 또한 개발되어 질 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) Fassnacht, J. and Mutschler, P., 2001, "Benefits and limits of using an acceleration sensor in actively damping high frequent mechanical oscillations; Industry Applications Conference," *Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE*, Volume: 4, 30, Pages:2337 - 2344 vol.4
- (2) Meydan, T., 1992, "Application of metallic glasses in automotive industry" *Automotive Sensors, IEE Colloquium on*, Pages:11/1 - 11/2
- (3) Butefisch, S. and Schoft, A. and Buttgenbach, S., 2000, "Three-axes monolithic silicon low-g accelerometer" *Microelectromechanical Systems, Journal of*, Volume: 9, Issue: 4, Pages:551 - 556
- (4) Hulsing, R., 1998, "MEMS inertial rate and acceleration sensor" *Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE*, Volume: 13, Pages:17 - 23
- (5) Analog Devices, 2003, "ADXL202 user's manual", Page:8 - 12
- (6) Husak, M., 2002, "Model of tilt sensor system, Electronics, Circuits and Systems", *2002. 9th International Conference on*, Volume: 1, 15-18, Pages:227 - 230 vol.1