

기동중인 EOTS의 시선안정화

손상준, 박승규*, 안호균*, 최중경**, 박승엽**, 김준연***, 이보영***,

*창원대학교 전기공학과 **창원대학교 전자공학과 ***대우중공업 방산 연구소

Stabilization of EOTS in Moving Condition

S. J. Son, S.K. Park*, H.K. Ahn*, J.K. Choi**, S.Y. Park**, J.Y. Kim***, B.Y. Lee***,

*Dept. of Electrical Eng., Changwon National University

**Dept. of Electronic Eng., Changwon National University

***The Institute of Defence Industry in Dae Woo Heavy Industry

Abstract

A stabilizing system of EOTS is constructed. This system has two major parts. One of them is for detecting the moving motion of a vehicle with electronic gyroscope. The other is for driving of two axes of the platform where the sensor is attached. The controller used in this paper is DSP(TMS320C31) and two BLDC DD motor are used.

1. 서론

EOTS(electronic optical tracking system)를 이용한 물체의 포착 및 추적을 위한 시스템은 산업분야와 항공기추적, 미사일 요격, 대전차전에서의 적 헬기 요격등 다양한 군사적 목적으로 사용되어 오고 있다. 이러한 시스템은 기동중에도 이동물체의 포착 및 추적이 가능해야 하는 경우가 대부분이다.

본 연구에서는 기동중에도 이동물체의 포착 및 추적이 가능하도록 센서의 안정화 구동기술을 개발하는 데 그 목적이 있다. 본 연구의 범위는 목표물을 포착하였을 경우 추적자 자신의 순간적인 진동등의 움직임으로 인하여 목표물이 시선에서 사라지는 것을 방지하고자 하는 것이다. 이것을 센서의 시선 안정화라고 한다.

시선 안정화는 센서가 부착된 플랫폼이 차체의 움직임에도 불구하고 차체의 움직임 이전의 방향을 유지하도록 하는 것으로 카메라에 포착되는 2차원의 움직임을 보상하게 된다. 2축의 자이로에 의해서 차체의 순간적인 움직임을 파악할 수 있고 2축의 적절한 구동으로 그 움직임을 보상할 수 있다. 자이로의 정보를 이용하여 제어를 할 때 추적성능에 영향을 미치는 요소는 자이로 성능과 구동부의 구동 능력등이다. 본 연구에서는 채택한 자이로는 전자 자이로로서 1축자이로 2개를 사용하였다. 구동부는 직접구동 모터를 사용하였으며, 이 모터는 브러시리스(Brushless)형태이며 기어가 없으므로 백래쉬(backlash)가 없다. 저속에서 고투크의 출력 특성을 보이는 고성능 모터이다.

본 연구는 이러한 시선안정화에 대한 분석 및 연구용 모형(prototype)을 실제로 제작하는데 그목적이 있다.

2. 본론

본 연구에서의 시스템은 다음과 같다. 자이로의 출력은

A/D 변환 및 인터페이스 회로를 거친 후 주제어기(Digital Signal Processor)에 전달된다. 제어기 내부에서는 적절한 알고리즘에 의해 안정화 구동 입력을 만들어낸다. 이 제어 신호는 EOTS를 실질적으로 구동하는 서보액츄에이터(Servo Actuator) 드라이버에 전달되어 EOTS의 시선안정화를 추구한다. 제어기로는 TMS320C31을 사용하며 EOTS가 설치된 플랫폼의 각 축별 회전각 변위 검출 센서로 전자 Gyro를 이용한다. 서보액츄에이터로 DD(Direct Drive) 모터를 사용하였다. 전체시스템의 구성도는 다음과 같다.

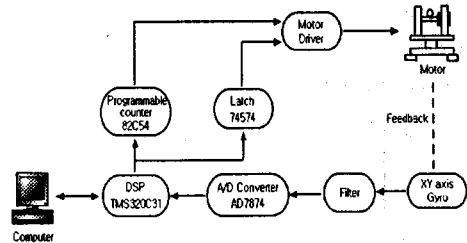


그림 1. 시선 안정화 시스템 구성도

2.1 자이로에 의한 위치보상치 검출

본 연구에서 사용되는 자이로는 전자자이로로서 회전속도에 비례하는 전압을 출력한다. X축, Y축 두방향의 회전각도를 측정하기 위해서는 1축자이로 두개가 필요하며 안정화시키고자 하는 플랫폼의 평면에 두 개의 자이로가 수직되는 방향으로 배열을 한다. 두 개의 자이로에서부터의 출력은 속도에 비례하는 전압값이며 샘플링 주기와 샘플링된 속도정보를 이용하여 움직인 각도를 계산할 수 있다. 움직인 각도로부터 보상해 주어야 하는 모터의 각도를 계산할 수 있으나 실제적으로 사용되는 것은 실제적인 움직인 거리가 필요한 것이 아니라 그것에 비례하는 값이다. 자이로가 보상 움직임에 대해서도 회전각도를 측정하기 때문에 이 데이터 값이 0이 되는 방향으로 모터를 회전시키면 된다. 그러므로 DSP의 역할은 모터의 회전 방향의 결정과 특정한 속도의 회전명령을 계산하여 외부로 출력하여 주는 것이다. 이 과정을 요약하면 다음과 같다.

- 속도자이로에서의 x-y축 속도의 측정
- 속도에 비례하는 전류의 A/D변환
- 속도 데이터로부터 위치 환산
- 위치회복을 위한 모터 입력 데이터 계산
- DSP의 데이터 출력

2.2 자이로 출력의 획득

자이로에서 출력되는 신호는 자이로 순방향, 역방향회전 속도에 비례하는 0-5V범위의 전압이다. 정지된 자이로의 출력직후의 전압 파형을 살펴보면 다음과 같다.

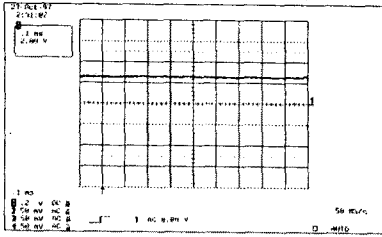


그림 2 정지시 자이로스코프의 파형

그러나 자이로와 제어부간의 거리차가 존재하게 되며 자이로에의 출력단에서 A/D변환기에 이르는 도선에 미치는 노이즈의 영향으로 인하여 A/D변환기 직전의 자이로 신호는 다음과 같이 변형된다.

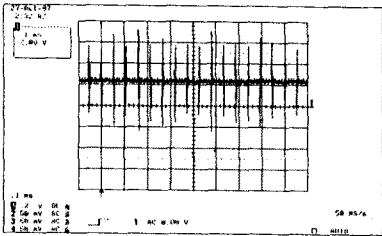


그림 3 자이로 출력신호에 미치는 노이즈의 영향

위의 노이즈의 영향을 제거하기 위하여 본연구에서는 다음과 같은 아날로그 필터를 사용하였다. 차단주파수는 8kHz이다.

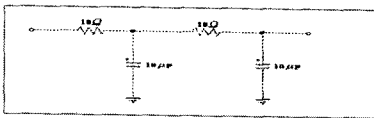


그림 4 Lowpass Filter회로

아날로그 필터를 통과한 A/D변환기 직전의 자이로 신호는 다음과 같다.

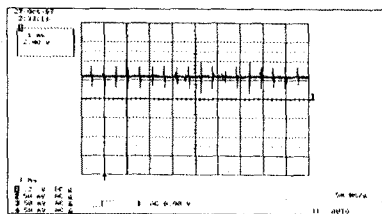


그림 5 Lowpass filter를 거친 자이로스코프 파형

2축으로부터의 자이로신호의 A/D변환은 4 channel AD 변환기인 AD7874를 사용하였다. 변환시간은 1/29000초이며 프로그램 작성시 이 변환시간은 보장해 주어야 하고 전체적인 샘플링 시간의 결정에 가장 큰 영향을 미치는 것이 바로 이 변환시간이다.

2.3 X-Y축 모터의 구동회로

본 연구에서 사용되는 모터들은 BLDC 모터이나 구동기들이 펄스 형태의 입력을 받아 미세스텝(360°/655,360)으로 위치 변위를 일으키도록 설계되어 있다. 모터의 속도와 s 위치제어를 위해서는 원하는 주파수 및 개수의 펄스를 발생하는 알고리즘이 필연적이다. 제어기에서 소프트웨어적으로 원하는 주파수의 펄스를 만들어낼 수도 있지만 1개의 DSP 제어기 자체가 2축의 모터를 구동하기 위한 펄스를 만들어 내야 하기 때문에 부담이 많아진다. 본 연구에서는 이러한 부담을 제거하기 위해 인텔의 8254 LSI 펄스 발생기를 사용하였다. 이 발생기는 내부에 제어레지스터와 3개의 카운터 레지스터를 갖고 있어 제어레지스터에 3개의 출력 채널을 통해 출력되는 펄스의 모양과 주파수 등을 지정해 줄 수 있다. 본 연구에서는 구형파의 듀티 50의 펄스(H 논리 시간과 L 논리시간의 간격이 같은 펄스)를 두 8254 출력핀에 내보내 2축의 모터를 구동한다. 이를 위해 8254 제어 레지스터에 채널 0의 출력펄스와 채널1의 출력펄스를 제어하는 적당한 데이터를 먼저 써주고 각 채널의 카운터 레지스터에 원하는 주파수에 해당하는 16비트값(이 값과 각 채널의 기본 펄스가 인가되는 CLK0과 CLK1으로 유입되는 펄스의 주기를 곱하면 출력 펄스의 주기를 알 수 있다.)을 써주면 곧바로 펄스가 발생한다. 그러므로 제어기에서는 이 펄스 발생기의 2개 채널 카운터값을 바꾸어 주는 디지털값을 인가하여 다양한 주파수의 펄스 열을 2가지 만들고 동시에 구동드라이버에 모터 회전 방향을 지시하는 신호를 주면 모터는 구동된다.

2.4 모터 구동 프로그램

모터구동 프로그램의 플로우 차트는 다음과 같다.

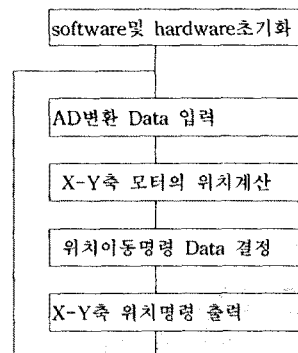


그림6 프로그램의 Flow Chart

Gyro의 출력은 0-5V이므로 움직이지 않는 경우의 자이로 출력을 0으로 하고 시계방향 반시계 방향으로에 대한 데이터를 양의 값과 음의 값으로 결정해 주기 위하여 움직이지 않을 때의 자이로 출력전압을 측정된 출력으로부터

배준다. 움직임이 없을 때의 자이로 출력 전압을 offset 전압이라고 한다. 자이로의 특성에 있어서 시계방향과 반시계 방향의 출력전압이 대칭이 되지 않으므로 대칭이 되도록 하기 위하여 실제 출력 전압을 살펴 본 후에 최대 출력에 반비례하는 이득을 곱하여 준다. 자이로의 분해능을 고려하여 데이터 값의 소숫점 3째자리 이하를 생략하였으며 Data의 평균을 취해 Noise에 의한 일시적인 값의 변화를 최소화하였다.

위치는 속도의 적분값이므로 적분값의 계산은 샘플링 순간마다의 데이터에 샘플링 주기를 곱을 합하면 구할 수 있다.

2.5 안정화 입력

위치 이동알고리즘은 지지체의 움직임이 있기전의 위치를 기준위치로 하고 움직임이 발생하여 센서가 부착되어 있는 플랫폼이 다른 위치로 이동하였을 때 기준위치로 돌려주는 알고리즘으로 위치정보는 자이로에서부터 얻는다. 자이로가 출력하는 신호는 지지체의 움직임의 속도와 샘플링 시간동안에 지속적으로 보상을 해주는 플랫폼의 X-Y축의 속도와의 차이이며 이것의 적분은 위치오차이다. 외형적으로 피드백 루우프는 없지만 실제적으로는 자이로에 의한 피드백 루우프가 형성되어 자이로 출력의 적분에 비례하는 입력을 모터에 인가하면 비례(P) 제어가 이루어지는 것이고 속도까지 이용하면 위치제어에 대해서 비례미분(PD)제어가 되는 것이다. 본연구에서는 위치보상 속도는 빠를수록 좋기 때문에 bang-bang제어 개념의 제어기와 함께 기준위치근처에서 모터의 관성으로 인하여 진동이 발생하는 문제를 해결하기 위하여 비례제어 방식을 병행하였다. X-Y축 모터에 가해지는 입력의 형태는 다음과 같다.

$$u(k) = \begin{cases} P_1 \text{sgn}(e(k)) & \text{for } |e(k)| \geq c \\ P_2 e(k) & \text{for } |e(k)| < c \end{cases}$$

여기서 P_1, P_2, Q, c 는 상수이다.

2.6 실험결과 및 고찰

본 연구의 실험 결과는 플랫폼위에 장착된 카메라에 포착되는 목표물이 아래 지지기반이 흔들리는 경우에도 목표물의 포착이 유지되고 있는가를 확인할 수 있어야 한다. 그러나 본 연구에서는 영상처리 기법을 사용하는 연구가 아니므로 이에 대한 정량적인 평가를 내릴 수가 없었다. 따라서 실험의 결과는 지지대의 흔들림 이후에 화면상에 나타나는 목표물의 위치를 직접 눈으로 확인하는 수밖에 없다. 다음 그림은 지지대의 흔들림 이후에 그 지지대에 달려 있는 플랫폼에 장착된 카메라에 의한 모니터에 나타난 목표물의 위치를 나타낸 것이다. 이 그림으로부터 지지대가 움직였음에도 목표물을 포착하고 있음을 알 수 있다.

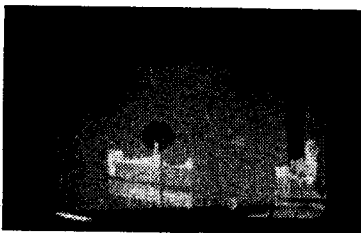


그림8 플랫폼의 변화에 대한 보상후의 화면

위의 그림은 최종적인 보상결과를 나타내 주지만 보상의 과도응답 특성을 알 수 없다. 그러나 자이로에서 출력되는 속도의 적분은 기준 위치와의 오차를 나타내주기 때문에 이것의 시간에 따른 변화를 살펴보면 위치보상의 과도응답을 살펴볼 수 있다. 지지대의 움직임이 발생하였을 때 일단은 플랫폼이 같이 움직이고 그것을 보상하려고 X-Y축을 회전시키면 보상되는 움직임에 대해서 역시 자이로가 응답할 것이다. 결국 차이로 출력의 적분값(위치값)이 0이 되면 제어는 끝나게 된다. 움직임이 발생된 후에 보상이 이루어져서 위치값이 빨리 0으로 갈수록 좋은 성능을 갖게 되는 것이며 지지대가 많이 움직일지라도 그에 따른 위치값이 적으면 적응수록 성능이 좋은 것이다.

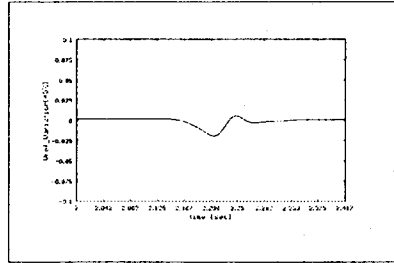


그림9 안정화된 플랫폼 위의 자이로 신호의 적분값

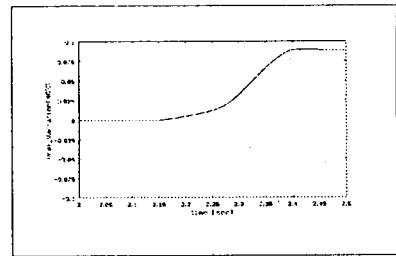


그림10 안정화되지 않은 플랫폼 위의 자이로 신호의 적분값 이러한 고찰은 자이로가 정확한 경우에 대해서 성립한다. 자이로가 부정확하여 생기는 오차는 무시하고 고찰한 결과이다. 본연구의 범위에서의 정량적인 결과고찰은 이것에 의존할 수밖에 없다. 그림에서 보면 보상이 되지 않을 때의 적분값에 비교하여 볼 때 아주 작은 위치값과 빠르게 0으로 수렴하는 상황으로 보아 본 연구가 바람직한 결과를 얻었음을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서 자이로를 이용하여 차체의 순간적인 움직임으로 인하여 포착한 목표물을 잃을 수 있는 가능성을 배제하기 위하여 센서가 부착되어 있는 플랫폼을 안정화 시킴으로써 시선 안정화를 도모하였다. 제어기로는 DSP TMS320c31을 이용하였고 X-Y축 구동 모터로는 직결 구동형 BLDC모터를 사용한 연구 분석용 시스템을 제작한 후 bang-bang제어와 비례제어기를 혼합한 형태의 제어알고리즘을 적용한 결과 만족할 만한 시선 안정화 결과를 얻을 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] C.F. Lin, Modern navigation, guidance, and control processing, Prentice-Hall, 1991
- [2] 박귀태, 이상락, C-언어로 쉽게 쓰는 TMS320c31, 대영사, 1995