

AHRS를 이용한 스튜어트 플랫폼의 평형 유지 시스템

(A balance maintain system of Stewart platform
using AHRS)

강 현 우*, 강 현**
(Hyunwoo Kang and Hyun Kang)

요약 본 논문에서는 AHRS(Attitude and Heading Reference System) 센서를 이용하여 스튜어트 플랫폼으로 구성된 평면의 평형상태를 유지시키는 시스템을 소개한다. 움직이는 선박이나 차량에서 구조물이 지면의 기울기에 상관없이 항상 평형상태를 유지하도록 하기 위하여 자세 제어를 하는 역학적 기기로 스튜어트 플랫폼을 사용하였다. 그리고 현재의 기울어진 각도를 알아내고 보정하기 위하여 AHRS 센서를 이용하였다. AHRS센서와 스튜어트 플랫폼 제어 간의 피드백 시스템을 구성하여 자동으로 스튜어트 플랫폼의 위쪽 판넬이 평형을 이루는 시스템을 제작하였다.

핵심주제어 : AHRS, 스튜어트 플랫폼, 자세제어

Abstract A balance maintain system of Stewart platform using AHRS(Attitude and Heading Reference System) sensor is introduced. The Stewart platform is used for controlling a standing plate to keep up horizontal level at any slopes. To know current leaned degrees, AHRS sensor is used. We made feed-back system that AHRS sensor sends current status and the Stewart platform revises top plate to be equilibrium state.

Key Words : AHRS, Stewart platform, position control

1. 서론

자동차 및 항공 운항의 자동화에 중요한 역할을 하는 것으로 Attitude and Heading Reference System(AHRS) 센서가 있다. 이 센서는 운항에 있어서 기초이면서 중요한 롤 각, 피치 각, 요 각을 측정해서 출력한다. 센서의 정확도를 높이고 낮은 가격으로도 충분한 구현이 가능하도록 하는 연구(Gebre-Egziabher et al., 1998)를 통해 많은 분야에서

이를 이용한 연구 및 제품 상용화가 시도되고 있다.

AHRS를 이용한 무인 항공기는 군사 목적뿐만 아니라 방송 촬영, 안전 관리 등의 용도로도 사용되고 있는데, 이 무인 항공기가 이착륙하는 공간에 대한 자동화 연구도 진행되고 있다(Mahoor et al. 2011, Kim et al. 2011).

한편 스튜어트 플랫폼(Stewart, 1965/1966)은 평면의 제어 방식에 새로운 방법을 제시하였다. 6개의 지지대를 이용하여 평면의 각도뿐만 아니라 공간상의 움직임까지 구현이 가능하도록 하여 모의항공 시뮬레이션 시스템에도 적용되고 있다.

우리는 무인 헬리콥터가 착륙하기 위한 평면이 차

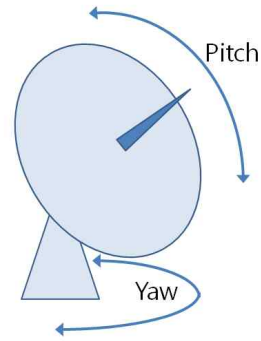
* 한국천문연구원, 제1저자

** (주)유브이코어, (hkang.uvcore@gmail.com)

량이나 선박에 배치된 경우 AHRS 센서로 현재의 기울기를 읽어 들이고 스튜어트 플랫폼을 이용해 안정된 자세를 유지할 수 있는 시스템을 보이하고자 한다.

기존의 무인기의 착륙방법은 안정된 지면으로의 착륙이나 갈고리나 강철선을 이용한 장치에 의한 방법(Brian T. McGeer et al. 2011, Kang Lee et al. 2008)을 사용했었다. 무인기 활용에 있어서 착륙에 대한 제한 조건은 작전능력의 한계를 갖게 한다.

제안된 시스템은 무인기에 추가적인 장치를 하지 않고 착륙판을 지면 또는 해수면과 연동하여 무인기의 안전한 자동착륙을 지원하는 장치이다. 다음 장에 구현원리를 설명하고 3장에 구현된 시스템을 보이며 결론을 맺었다.



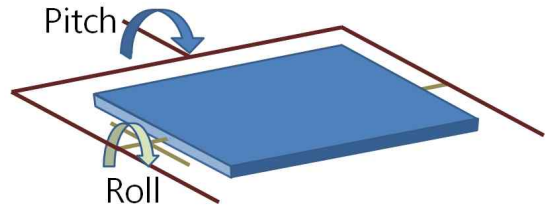
<Fig 1> 안테나 모형

(Mahoor et al., 2011)도 있으나 위의 경우와 같은 문제가 발생하게 된다. 또한 이 경우는 피치 각 방향으로 위치 제어가 불가능하게 된다.

2. 평면 제어 연구 및 센서 정보

2.1 평면 제어 관련 모형

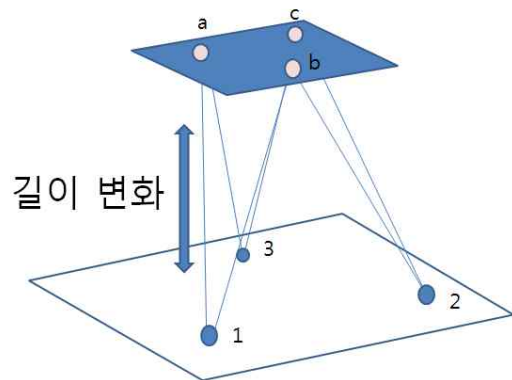
움직이지 않는 평면이 제 자리를 유지한 채 각도만 조절하는 방식은 여러 가지를 고려해볼 수 있다. 그러나 어떤 방법도 결국 3가지 각도, 즉 롤 각(Roll), 피치 각(Pitch), 요 각(Yaw)에 대한 보상을 통해 이루어진다. 하지만 실제 구현하고자 하는 평면 물체의 세 가지 각도에 대한 범위는 한계가 있기 때문에 어떤 상황에 사용하느냐에 따라 평면 제어에 대한 방식이 달라진다. 예를 들어 그림 1의 경우는 일반적인 안테나의 각도를 제어하는 경우이다. 안테나의 경우 위에서 언급한 세 각도 중에서 피치 각과 요 각만으로 구현된다. 안테나를 하나의 평면이라고 가정하였을 때 평면이 회전축의 중심으로부터 멀수록 위치 이동이 커지기 때문에 제자리에 있는 평면의 각도를 제어하기 위한 방법으로는 적당하지 않다.



<Fig 2> 평면의 자세각 제어 모형

평면의 각도 보정을 위해 회전축과 평면을 근접하게 하는 방법은 다른 단점이 발생한다. 그림 2는 평면의 각도 보정을 위해 롤 각, 피치각의 회전축을 평면의 무게 중심 방향에 둔 경우이다. 그림 2의 자세 제어는 움직이고자 하는 평면의 크기나 무게에 따라 자체 무게에 의한 요동뿐만 아니라 회전 토크를 이겨내기 위한 회전축의 지지력이 중요해진다. 또한 롤 각을 따라 일정 각도 이상 회전하면 피치 각의 회전축이 평면 위에 존재하여 장애물이 되는 경우도 발생한다. 롤 각과 평면의 중심에 요 각을 두어 제어하는 방법

이에 반해 스튜어트 플랫폼은 앞에서 언급한 단점을 극복하기 위한 좋은 방법이다. 이 스튜어트 플랫폼은 항공 시뮬레이션용 모형뿐만 아니라 각종 물체의 3차원 제어에 활용도가 높다. 스튜어트 플랫폼의 모형은 그림 3과 같다.



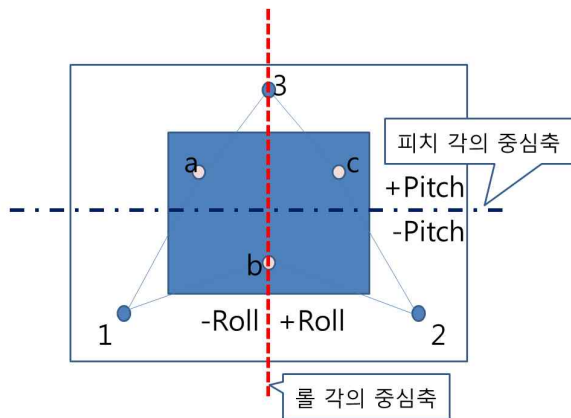
<Fig 3> 스튜어트 플랫폼의 모형

아래 면의 3 점에서 위 면의 3점으로 각각 교차하여 지지대가 연결된다. 이 지지대의 길이가 변화함에 따라 윗면의 자세가 다양하게 변하게 된다.

스튜어트 플랫폼은 롤 각, 피치 각, 요 각 뿐만 아니라 어느 정도 선에서의 X, Y, Z축 방향으로의 움직임도 구현이 가능하다. 그리고 6개의 지지대만으로 구현되어 기계적인 측면에서는 전자의 모형들에 비해 단순하고 비용이 비교적 적게 든다. 다만 6개의 지지대를 이용해서 원하는 움직임을 취하는 계산과정이 단순하지 않다. 그래서 스튜어트 플랫폼으로 구현하는 경우 실제 만들고자 하는 모형의 동작 범위, 한계 등을 고려해서 시스템을 구현하는 것이 제작과정의 시간과 비용을 단축시킬 수 있다.

2.2 스튜어트 플랫폼 제어 방식

스튜어트 플랫폼은 세 각과 3축 방향으로의 움직임이 가능하다. 이 중에서 평면의 기울기를 보정하기 위해서는 세 각중 롤 각과 피치 각이 필요하며, 우리는 스튜어트 플랫폼이 이 두 각에 대해 제어되도록 구현하였다.



<Fig 4> 스튜어트 플랫폼 제어 방법

그림 4는 그림 3의 스튜어트 플랫폼 모형을 위에서 내려다 본 모습이다. 평면의 롤 각과 피치 각 제어 방법은 다음과 같다. 우선 롤 각을 +방향으로 제어하는 경우 a를 낮추고, b를 올려야 한다. 이를 위해 1과 a, 3과 a 간에 연결된 지지대의 길이를 줄이고, 2와 c, 3과 c간에 연결된 지지대를 같은 길이만큼 늘인다. -방향의 롤 각은 위의 방법의 정반대로 구현하였다. 피치 각의 경우도 롤 각과 같은 방법으로 a와 c에 대해 b

를 반대로 제어하도록 하였다.

2.3. AHRS 센서 관련 정보

평면의 롤 각과 피치 각은 지구의 중력을 측정하는 가속도 센서와 회전각을 측정하는 자이로 센서의 결합으로 얻어낼 수 있다. 중력 센서와 자이로센서가 결합된 형태로는 IMU(Inertial Measurement Unit)가 있고, 자자기센서가 포함된 AHRS가 있다. 우리는 제어하고자 하는 평면의 현재 기울어진 각도를 알아 내기 위해 자체 내장된 알고리즘을 통해 오차가 보정된 롤 각, 피치 각, 요 각을 출력해주는 AHRS 제품을 사용하였으며 센서의 구성은 아래와 같다.

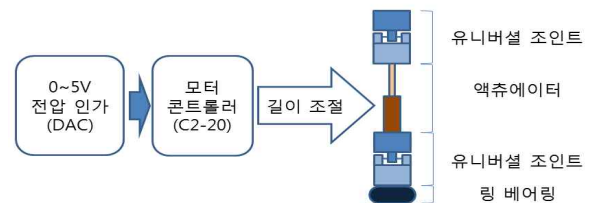
- 3축 가속도, 자이로, 자자기 센서 포함
- 16비트 ADC(Analog-to-Digital Converter)
- 1~125Hz 출력 속도
- RS-232 시리얼 인터페이스

센서는 평형 유지를 하고자 하는 평면에 올려놓고서 시리얼 인터페이스로 컴퓨터에 정보를 전송하도록 하였다.

3. 평형 유지 시스템 구현

3.1. 스튜어트 플랫폼 제어부와 센서부

실제 스튜어트 플랫폼은 지지대의 길이 변화를 통해 다양한 위치 변화가 이루어진다. 우리는 모터컨트롤러에 의해 제어가 가능한 액추에이터를 지지대의 기능을 위해 사용하였다.



<Fig 5> 액추에이터 구성도와 제어 방식

2축의 자유도를 갖는 유니버설 조인트와 1축의 자

유도를 갖는 링 베어링을 혼합하여 한 개의 지지대 당 총 5가지의 각도에 대한 자유도와 1개의 길이에 대한 자유도가 보장되도록 하였다. 한 개의 지지대를 제어하는 방식과 지지대의 구성은 그림 5와 같다.

액추에이터는 스텝모터 방식이며 스텝 모터의 펄스 제어는 모터 컨트롤러를 통해 이루어지도록 하였다. 그리고 모터 컨트롤러 제어를 위해 컴퓨터에 Digital-to-Analog Converter(DAC)카드를 설치하여 사용하였다. AHRS 센서는 RS-232 직렬 통신을 지원하기 때문에 USB-to-Serial converter를 이용하여 연결하였다. 115200 baud rate의 속도와 25Hz의 데이터 출력 주기를 갖도록 설정하였다.

3.2. 평형 유지 시스템 프로그램

평형 유지 시스템은 윈도우 7 환경에서 이루어졌다. 개발환경은 NI 사의 LabWindows™/CVI를 이용하여 구현하였다. 평형 유지 시스템은 기울어진 곳에 정지된 상태의 평면을 평형상태로 유지하는데 목적을 두었기 때문에 빠른 응답을 목표로 하지 않았다. 런타임 환경에서 기기제어를 원활히 하기 위해 비동기식 제어가 필요하다(강현우 외, 2007).



<Fig 6> 완성된 스템어트 플랫폼 모습

이를 위해 CVI 개발환경에서 제공하는 콜백 함수인 타이머를 이용하였다. 윈도우 2000/NT/XP/Me이상의 운영체제에서 타이머 함수가 기본적으로 제공하는 시간간격 단위는 10ms이다. 그리고 AHRS 센서가 25Hz

의 주기로 값을 보정하므로 40ms의 시간이 소요되므로, 타이머를 20ms 간격으로 시리얼 통신을 통해 값을 업데이트하도록 하였다.

그리고 액추에이터가 실제 움직이는 과정에서 이론을 따르지 못하고 정지나 출발과정에서 오차가 생기는 부조화(Balas et al., 1978)를 줄이기 위해 모터 컨트롤러가 가감속을 통해 제어를 하게 된다. 그러나 이 과정은 실시간 제어를 할 수가 없어서 측정치에 근접하기 위한 시간지연이 발생하며, 센서의 값을 읽는 과정에서 발생하는 시간지연과 같이 발생하게 된다.

곧, 센서가 보내는 각도가 정확한 현재의 값이 아닌 상황에서, 보정되는 액추에이터의 길이 또한 현재 요구되는 값을 충족시키지 못하기 때문에 실험을 통해서 이러한 오차를 줄이는 과정이 필요하다. 이에 대한 실험(표 1)으로 구조물의 최대각도에 가까운 경우(30도)와 작은 각도를 갖는 경우(3도)에 평형으로 복귀하는 과정에서 안정적이고 최소한의 값을 갖는 액추에이터 제어 시간 간격점을 구하였다. 실제 평형 유지 시스템이 적용되는 경우가 차량이나 선박의 경우이기 때문에 30도가 일반 상황에 적용할 수 있는 최대각도로 판단된다. 또한 3도 경사 실험은 실제 환경의 급작스러운 변화로 설치된 지면의 작은 변화가 생긴 경우를 고려하여 실험하였다.

<Table 1> 제어시간간격에 따른 특정 각도에서 평형 유지를 위해 소요되는 시간

제어시간간격 (ms)	30도 경사 (초)	3도 경사 (초)
50	무한	5.6
100	10.9	8.1
150	8.9	9.5
200	8.9	12.6

실험 결과 표 1과 같은 반응 시간으로 평형 유지 장치가 특정 각도에서 0도의 상황으로 복귀하였다. 그리고 이 시간 후 0도 유지 상황은 모두 안정적이었다. 그러나 빠른 제어시간은 평형 유지 장치의 반응속도를 높이지만 큰 각도 변화가 생긴 경우 평형점을 찾지 못하고 요동을 치는 경우가 발생한다. 반면 제어시간간격이 커지면 작은 각도 변화에 둔해져서 제대로 평형을 유지하기 힘들다. 이 결과를 토대로 100ms 간

격으로 액추에이터를 제어하도록 하였다.

4. 결 론

스튜어트 플랫폼과 AHRS를 사용하여 움직이는 차량 선박에서 지면/수면의 기울기를 보상할 수 있는 기구물을 제시하였다(그림 6). 이 기구물은 차량과 선박에 이동 및 정지 상황에서도 안정적인 평면을 제공하므로 수직이착륙기의 이착륙을 위한 헬리패드, 감시용 레이더 시스템, 관측용 망원경 등 외부간섭을 최소화해야 되는 시스템의 하부 플랫폼으로 응용될 수 있다.

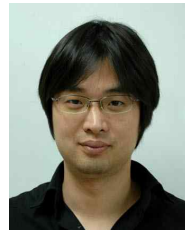
현재 구현상황으로는 차량의 정차 상황에서만 가능하나 센서 및 구동부의 응답속도 향상과 제어프로그램과 운영체제의 실시간성이 보장되면 파도가 험한 소형 함상에서도 시스템의 안정적인 하부 플랫폼을 제공할 수 있다.

References

- [1] D. Gebre-Egziabher, R. C. Hayward, and J. D. Powell, "A low-cost GPS/inertial attitude heading reference system (AHRS) for general aviation applications," Proc. 1998 IEEE Position, Location, Navigation Symp., pp.518 -525 1998
- [2] Mahoor, M. H., Godzanker, R., Dalamagkidis, K. & Valavanis, K. P., "Vision-based landing of light weight unmanned helicopters on a smart landing platform," J Inteli Robot Syst, 2011, 61, 251
- [3] Kim, H. -S., Choi, H. -S., Yoon, J. & Ro, P. I., "Study on AHRS Sensor for unmanned underwater Vehicle," International Journal of Ocean System Engineering 1, 2011, 165
- [4] Stewart, D.A., "Platform with six degrees of freedom," Proc. Inst. Mech. Engr., Vol. 180, Part I, No. 15, 1965/1966, pp. 371-386
- [5] Brian T. McGeer, Andreas H. Von Flotow, "Method and apparatus for automated launch, retrieval, and servicing of a hovering aircraft," US Patents, US2011/0024559, 2011
- [6] Kang Lee, Thomas Forrester, Thomasz Jonnson, Andrew Kostrzewski, Gajendra Savant,

"Connector for harsh environments," US Patents, US 7,335,067 B2, 2008

- [7] 강현우, 정재훈, 최지훈, 김효령, 임인성, 김현구 외, "다중빔 Back-end 구축," 2007, 한국천문연구원 기술보고서, 07-002-067
- [8] Balas, M. J., "Active control of flexible systems," Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 25, No. 3, 1978, pp.415-436



강 현 우 (Hyunwoo Kang)

- 정회원
- 서울대학교 지구환경과학부 천문학전공 석사
- 한국천문연구원 천문우주사업본부 선임연구원

• 관심분야 : 전파망원경, 천문 관측용 리얼타임 시스템



강 현 (Hyun Kang)

- 정회원
- 경북대학교 컴퓨터공학과 박사
- 한국전자통신연구원 차세대콘텐츠연구소 선임연구원
- (주)유브이코어 대표이사

• 관심분야 : 영상처리, 항공영상처리, 무인기용 영상 시스템, HCI, 가상현실, 증강현실

논문접수일 : 2013년 06월 04일
 1차수정완료일 : 2013년 07월 01일
 2차수정완료일 : 2013년 08월 12일
 게재확정일 : 2013년 08월 20일