

9 축 관성센서를 이용한 ARS(Attitude Reference System)에 관한 연구

하길수, 조위덕*
아주대학교

sinamuna@ajou.ac.kr, chowd@ajou.ac.kr

A study of ARS using Inertial Measurement Unit

Ha Gil Su, Cho We Duke
Ajou Univ.

요 약

본 논문은 가속도 센서(Accelerometer)와 자이로 센서(Gyro)를 이용하여 동체의 자세를 측정할 수 있는 ARS(Attitude Reference System)을 제안한다. 본 연구에 사용한 9 축 자유도를 가진 IMU(Inertial Measurement Unit)에 내장된 가속도 센서의 중력 가속도 성분을 제거하기 위해 HDR(Heuristic Drift Reduction) 알고리즘과 자이로 센서에는 적분으로 인한 오차를 제거하기 위해 HSR(Heuristic Scale Regulation) 알고리즘을 사용하였다. 두 센서의 오차를 보정한 후 Kalman Filter를 이용하여 ARS(Attitude Reference System)을 완성하였다.

I. 서론

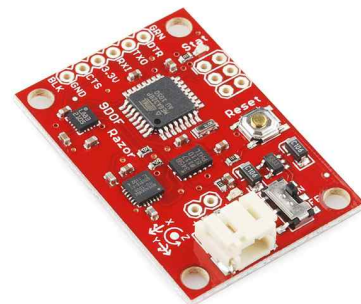
관성 센서(Inertial Sensor)를 이용하여 로봇이나 차량, 또는 항공기 등의 동체의 자세를 측정하는 장치를 ARS(Attitude Reference System)라고 한다.[1] 이 관성 센서를 이용한 자세, 위치 및 궤적의 추정에는 항공기, 가상현실, 게임, 모바일 로봇 등 넓은 분야에서 사용되고 있다. 이처럼 관성 센서를 이용한 제어 시스템은 우리가 인식하지 못하는 사이에 생활 속에서 광범위 하게 사용되고 있다.[2] 대부분의 ARS 는 가속도 센서(Accelerometer)와 자이로 센서(Gyro)를 이용하여 자세를 계산한다. 가속도 센서는 동체의 이동상태에 대한 시간을 나타내는 가속도와 중력에 대한 기울기를 측정할 수 있는 센서이고 자이로 센서는 동체의 각속도를 측정할 수 있는 센서이다. 그러나 두 센서를 이용하여 ARS 를 구성하기 위해서는 자이로 센서의 각속도를 적분하는 과정에서 발생하는 누적오차와 가속도 센서에서의 중력 가속도 성분을 제거해야 한다.[4][5] 본 논문에서는 가속도 센서의 중력가속도 제거를 위해 HDR(Heuristic Drift Reduction) 알고리즘과 자이로 센서에는 적분으로 인한 누적오차를 제거하기 위해 HSR(Heuristic Scale Regulation) 알고리즘을 사용한 ARS 을 제안한다.

II. 본론

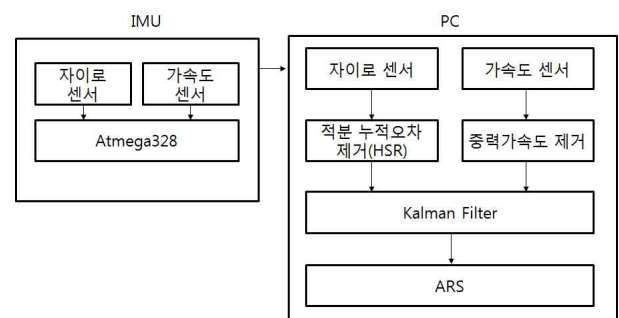
본 논문 구성은 시스템 구성과 실험 과정을 기술하고 오차 제거 알고리즘 제안한다.

1. IMU(Inertial Measurement Unit)

본 연구에서 사용한 IMU 는 <Figure 1>과 같이 sparkfun 社의 SEN- 10736 으로 9 축 자유도를 가지는 IMU 이다. 가속도 센서는 Analog 社의 13bit 분해능을 가진 디지털 가속도 센서 ADXL345 이고 자이로 센서는 Honeywell 社의 12bit 분해능을 가진 ITG-3200 디지털 자이로 센서이다.



<Figure 1. SEN-10736>



<Figure 2. 시스템 구성도>

2. 실험

IMU 의 가속도 센서와 자이로 센서의 데이터값을 획득하기 위해 각각 0°, 90°, 180° 270°씩 동서남북 방향으로 기우려 3 번씩 테스트를 위해 만든 각도 테스트기에서 실험하였다.

3. HDR(Heuristic Drift Reduction)

가속도 센서는 가속도를 출력하는데 있어 중력 가속도가 포함되어 있기 때문에 중력 가속도를 제거한 후 적분하

여 속도와 위치를 계산 해야 한다. 이때 미소한 scale factor 의 변화로 인해 중력 가속도 성분이 제대로 제거되지 않고 적분으로 누적되면 결국 큰 오차가 발생한다. 이러한 scale factor 를 조절하기 위한 HSR(Heuristic Scale Regulation) 알고리즘을 사용한다. 먼저, scale factor s 를 1 로 설정하고 가속도 센서의 측정값 a 를 계산한다.

$$s = 1$$

$$\|a\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

가속도 센서 측정값 a 를 계산한 후 다음 조건에 따라 s 를 업데이트 한다.

$$s = \begin{cases} s \cdot i_c & \text{if } \|a\| > 1, \\ \frac{s}{i_c} & \text{if } \|a\| < 1. \end{cases}$$

업데이트가 끝난 후 scale 이 조정된 가속도 a 를 계산한다.

$$a = s \tilde{a}$$

새로운 측정값이 들어오면 이 과정을 2 번하여 가속도 센서 값에서 중력 가속도 값을 제거한다.

4. HDR(Heuristic Drift Reduction)

자이로 센서는 가속도를 출력한다. 보통 이 가속도를 적분하여 회전각을 계산하는데 이때 미소한 bias drift 도 적분으로 누적되면 결국 큰 오차가 발생한다. 이 bias drift 를 최소화 하기 위해 HDR(Heuristic Drift Reduction) 알고리즘을 사용한다.

$$\omega = w_{true} + w_b + w_d$$

각속도 ω 에는 오차가 포함되지 않은 이상적인 값 w_{true} 과 자이로 센서의 오차값 w_b 와 w_d 가 포함되어 있다. w_b 는 자이로 센서가 움직이지 않는 일정한 기간의 측정값을 평균하여 계산한 초기 바이어스 값이고 w_d 는 시간에 따라 미소하게 변하는 바이어스 값으로 제거하고자 하는 오차 값이다.

$$SIGN(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

SIGN(x) 함수를 이용하여 오차 w_b 와 w_d 를 제거한다.

5. ARS(Attitude Reference System)

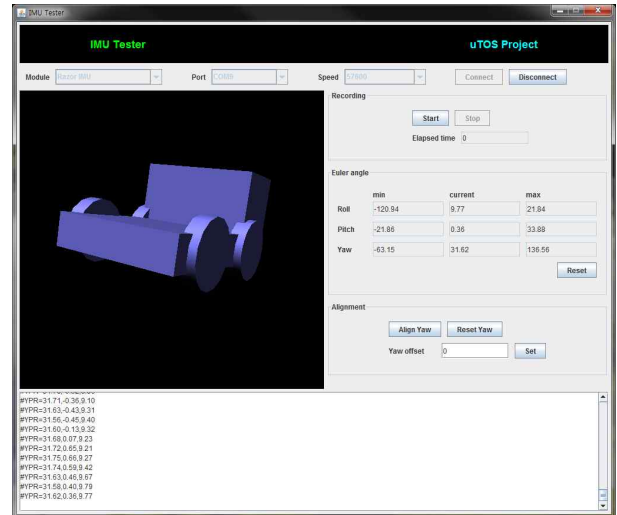
가속도 센서와 자이로 센서와 측정되는 가속도로부터 오일러 각을 측정하여 적분 오차를 보정 할 수 있고 쉽게 센서들을 융합할 수 있는 Kalman Filter 를 사용하였다. Kalman Filter 는 최소자승오차를 최소화하는 방법을 사용하여 반복적으로 다음 상태를 예측하는 필터로 알고리즘이 단순하고 수렴속도가 빨라서 실시간 처리가 용이하다.

III. 결론

본 논문에서는 ARS 를 개발하기 위해 9 축 자유도를 가진 IMU 에 내장된 3 축 가속도 센서와 2 축 자이로 센서

를 이용하여 완성하였다.

일반적으로 가속도 센서는 중력 가속도 생기는 오차로 인해 자세제어 시스템에서 각도 측정에 적합하지 않고 자이로 센서는 각속도를 적분으로 인한 누적된 오차 때문에 적합하지가 않았다. 하지만 두 센서의 융합을 통해 두 센서의 단점을 상호보완하고 자세제어 시스템 ARS 를 구현할 수 가 있었다.



<Figure 3. ARS 구현>

추후에는 지자기 센서를 추가하여 GPS 음영지역에서 GPS 수신이 정상적으로 되지 않을 때 절대적인 위치를 기반으로 상대적 위치를 구하여 GPS 의 위성항법 보완 방법으로 관성항법 시스템으로 사용할 수 있어 실외 위치 추적이나 동체의 자세 측정에서 신뢰성을 높일 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 강철우, 유영민, 박찬국 “ 변형된 오일러각 기반의 칼만필터를 이용한 자세 추정 성능 향상”, 제어·로봇·시스템학회 논문지, Vol.14 No.9, 2008
- [2] K. Yokoi, M. Niituma, and H. Hashimoto, “ Localization of human Hand by using inertial sensor,” Proc. Of SICE Annual Conference 2008, pp. 1818-1822, 2008.
- [3] L. Cheng and S. Hailes, “ On-Body wireless inertial foot Control application,” Proc. Of IEEE 19th International Symposium, pp. 1-5, 2008
- [4] 부장훈, 울산대학교, 2011, 관성센서를 이용한 움직임 추적 시스템(Motion Tracking System using Inertial Sensors)
- [5] 이동진, 김준성, 홍종균, 이상선, “ 가속도 센서 기반추위를 위한 이동 거리 측정 정확도 향상에 관한 연구” 한국통신학회 종합 학술 발표회 논문집(동계), 2013.1, 820-821