

## MEMS IMU를 이용한 INS/GPS 결합 시스템 설계

박용곤<sup>1,2</sup>, 박찬국<sup>1,2,†</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 항공우주공학과

<sup>2</sup>자동화시스템공동연구소

## Design of INS/GPS Integration System Using MEMS IMU

Yong-gonjong Park<sup>1,2</sup> and Chan Gook Park<sup>1,2,†</sup>

<sup>1</sup>Aerospace Engineering, Seoul National University

<sup>2</sup>Automation and Systems Research Institute

**Abstract :** 본 논문은 MEMS IMU와 GPS 결합 시스템을 구성하고 시스템 성능을 분석하였다. IMU를 이용한 관성 항법을 수행할 경우 짧은 시간에 대해서는 정확한 항법해를 제공하지만 IMU를 구성하는 가속도계 및 자이로의 바이어스 오차에 의해 시간에 따라 발산하는 오차를 갖는다. 반면에 GPS의 경우 시간에 따라 발산하지 않고 오차가 제한되어 있지만 잡음 특성이 있다. 따라서 MEMS IMU와 GPS를 칼만 필터를 이용하여 결합함으로써 각각의 단독으로 수행하는 항법보다 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문에서는 MEMS IMU와 GPS의 실제 데이터를 수집하여 신호를 분석하고, 이를 칼만 필터의 설정 계수로 사용하였다. 그리고 후처리 시뮬레이션을 통해 결합 시스템의 성능을 검증하였다.

**Key Words :** Inertial Measurement Unit(IMU, 관성 측정 장치), Inertial Navigation System(INS, 관성 항법 장치), Global Positioning System(GPS, 위성 항법 장치), INS/GPS Integration(INS/GPS 결합)

### 1. 서 론

관성 항법(INS, Inertial Navigation System)은 관성 측정장치(IMU, Inertial Measurement Unit)에서 측정된 가속도와 각속도를 이용하여 관성 항법 장치 내부의 관성 항법 알고리즘을 통해 항체의 위치, 속도, 자세를 출력하는 장치이다[1]. INS는 외부의 다른 정보 없이 항체의 상태를 알 수 있다는 장점이 있지만, 항체의 위치를 계산하기 위해서는 IMU의 출력 신호를 두 번 적분해야 하기 때문에 IMU의 오차가 누적되어 나타난다는 단점이 있다. 이 때문에 가용 시간이 짧은 경우에만 INS 단독으로 수행하고, 그렇지 않은 경우는 다른 외부 센서를 이용하여 INS의 오차를 보정한다. 가장 대표적인 외부 센서로는 위성항법장치(GPS)가 있다. GPS는 인공위성으로부터 받은 신호를 이용하여 항체의 절대 위치를 측정한다. 이 항법 해는 관성 항법

과 달리 짧은 시간 동안에는 비교적 부정확하지만, 시간이 계속 흐르더라도 오차가 제한되어 있는 장점이 있다. INS와는 서로 상보적인 성질을 갖고 있기 때문에, INS 가장 많이 결합하는 항법 시스템이다. INS의 오차와 GPS의 오차는 확률적인 성질을 갖고 있기 때문에 칼만 필터를 이용하여 최적의 결합을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 가격이 저렴한 MEMS 등급의 IMU를 사용하여 GPS와 결합하는 INS/GPS 결합 항법 시스템을 설계하였다.

### 2. INS/GPS 결합 시스템 설계

#### 2.1 IMU 및 GPS 오차 분석

먼저 INS/GPS 결합 시스템을 설계하기 위해서는 IMU와 GPS의 각 센서의 오차 특성을 분석해야 한다. 이러한 오차 특성은 칼만 필터를 이용한 결합 과정에서 설정 파라미터로 사용된다. 일반적으로 IMU의 오차를 분석할 때는 Allan 분산을 이용하고, GPS의 오차를 분석할 때는 자기 상관(Autocorrelation)을 이용한다

†교신저자 (Corresponding Author)

E-mail: chanpark@snu.ac.kr

Copyright © The Society for Aerospace System Engineering

[2]. IMU 데이터 4시간, GPS 데이터 1시간을 수집하여 Allan 분산 및 자기 상관 분석을 수행하였다. Figure 1은 Allan 분산과 자기 상관 분석을 수행한 결과이다.

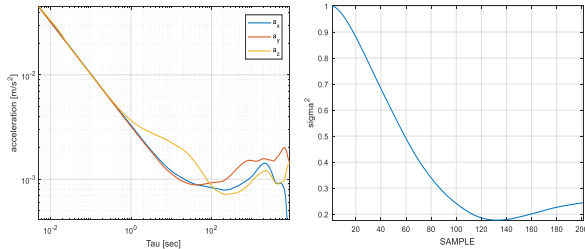


Fig. 1 Allan variance and autocorrelation results

## 2.2 INS/GPS 결합

INS와 GPS를 결합하기 위해 칼만 필터를 이용하였다. 이때 칼만 필터의 시스템 모델은 INS 오차 모델을 이용하였고 측정치 모델은 위치를 사용하였다[3]. 시스템 모델의 오차 공분산과 측정치 모델의 오차 공분산은 Fig. 1의 결과를 이용하였다. INS/GPS 결합 블록선도는 Fig. 2와 같다. 오차 분석을 수행한 데이터를 이용하여 INS/GPS 결합 후처리 결과는 Fig. 3과 같다.

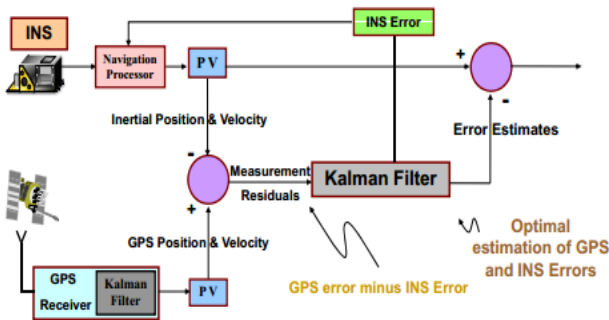


Fig. 2 INS/GPS integration block diagram

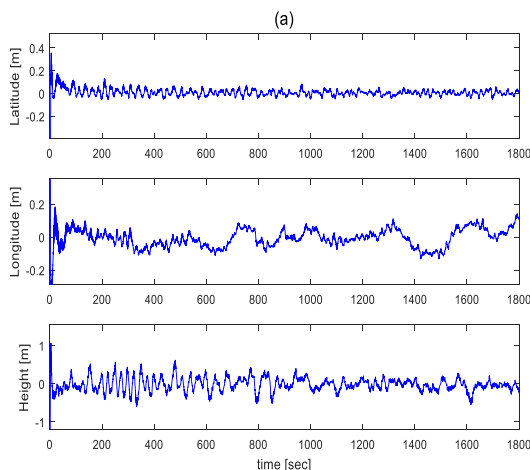


Fig. 3 INS/GPS experimental result

Figure 3의 결과는 INS/GPS 결합한 결과의 위치 추정 오차 결과이다. INS만 단독으로 사용할 경우 시간이 지남에 따라 발산해야 하지만, 오차가 일정한 범위 안에서 수렴한 것을 확인할 수 있다. 또한 본 논문에는 첨부하지 않았지만, 속도, 자세 및 IMU 오차 등을 추정할 수 있었다.

## 3. 결론

본 논문에서는 MEMS 급 IMU와 GPS를 이용한 INS/GPS 결합 시스템을 설계하였다. 먼저 IMU와 GPS의 출력 오차의 특성을 파악하기 위해 실제 수집한 데이터를 이용하여 Allan 분산과 자기 상관 분석을 수행하여 칼만 필터에 사용될 설정 변수를 얻을 수 있었다. 그리고 수집된 데이터를 이용하여 INS/GPS 결합 시스템을 구성하고 후처리 시뮬레이션 수행한 결과 발산하지 않고 정확한 위치 해를 얻을 수 있었다. 추후 위치 이외에 속도, 자세 및 IMU 오차에 대한 분석을 할 것이며, 자세 오차를 줄일 수 있는 코닝과 스컬링 알고리즘을 적용할 것이다.

## 참고문헌

- [1] D. H. Titterton and J. L. Weston, Strapdown Inertial Navigation Technology, 2nd ed., U.K.: Institution of Electrical Engineers, 2004.
- [2] S. Arimoto, "Linear controllable systems," Nature, vol. 135, pp. 18-27, July 1990.
- [3] E. S. Naser, H. Haiying and N. Xiaoji, "Analysis and Modeling of Inertial Sensors Using Allan Variance", IEEE Transactions of Instrument and Measurement, vol. 57, no. 1, Jan. 2008
- [4] M. S. Grewal, L. R. Weill and A. P. Andrews, Global Positioning System, Inertial Navigation, and Integration, New York : John Wiley & Sons, 2007.