

저급 관성센서의 오차 분석 및 성능 향상에 관한 연구

A Study on the Error Analysis and Performance Improvement of Low-Cost Inertial Sensors

박 문 수, 원 종 훈**, 홍 석 교***, 이 자 성****

* 아주대학교 대학원 전자공학과(Tel: 82-31-219-2489; Fax: 82-31-212-9531; E-mail:pmshark@madang.ajou.ac.kr)
 ** 아주대학교 대학원 전자공학과(Tel: 82-31-219-2487; Fax: 82-31-212-9531; E-mail:jhwon@madang.ajou.ac.kr)
 *** 아주대학교 전자공학부(Tel: 82-31-219-2489; Fax: 82-31-212-9531 ; E-mail:skhong@madang.ajou.ac.kr)
 **** 아주대학교 전자공학부(Tel: 82-31-219-2487; Fax: 82-31-212-9531 ; E-mail:jsung@madang.ajou.ac.kr)

Abstract : Low-cost solid-state inertial sensors of three rate Gyroscopes and a triaxial Accelerometer are evaluated in static and dynamic environments. As a interim result, error models of each inertial sensors are generated. Model parameters with respect to temperature are acquired in static environment. These error models are included in an Extended Kalman Filter(EKF) to compensate bias error due to temperature variation. Experimental results in dynamic environment are included to show the validity of the each error model and the performance improvement of a compensated low cost inertial sensors for a navigational application

Keywords : inertial sensor, gyroscope, accelerometer

1. 서론

관성항법시스템은 자이로스코프 및 가속도계와 같은 관성센서를 이용하여 자유공간에서 움직이는 항체의 각 변화율 및 선형 속도 변화율과 같은 동력학적 정보를 외부장치의 도움 없이 직접 제공할 뿐만 아니라, 측정치의 적분을 통해 위치, 속도 및 자세를 결정할 수 있다. 그러나 관성센서의 특성상, 비록 측정된 변화율에 대한 정보가 장시간 믿음만하다 할지라도, 측정된 변화율에 대한 작은 오차로 인해 적분된 위치 및 자세에서의 오차는 발산하게 된다. 따라서, 관성항법시스템의 성능은 시간에 따라 증가하는 위치와 자세오차로부터 평가될 수 있다. 일반적으로 군수산업이나 항공우주산업 등에서 사용되는 정밀한 관성항법시스템은 매우 고가이므로 그 사용분야가 제한되어 왔다. 또한, 대부분의 관성항법시스템은 항체의 위치 및 자세에 대한 정확한 정보를 제공하기 위해 절대위치 및 절대자세 측정센서와 결합하여 사용된다[1-5]. 최근에는 반도체기술의 발달로 인한 저급 반도체형 관성센서들이 많이 개발되고 있다. 그러나 현재 개발되고 있는 저급 관성센서는 항공우주분야에서 사용되는 것보다 훨씬 부정확한 위치 및 자세 정보를 제공한다. 따라서 저급 관성센서를 효과적으로 사용하기 위해서는, 절대정보 측정장치와 결합하기 이전에 센서의 오차특성을 자세히 이해해야 하고 이를 보상하여야 한다. 일반적으로 저급 관성센서는 온도에 따라 지수함수형태로 증가하는 바이어스 오차가 가장 큰 오차로 알려져 있고, 환산계수 오차도 온도에 민감한 것으로 알려져 있다[6].

본 논문에서는 저급 관성센서의 성능을 향상시키기 위해 온도에 따른 센서의 오차특성을 정량적으로 분석하고, 그로부터 오차 모델을 구현함으로써 저급 관성센서의 온도에 따른 오차를 보상하고자 한다. 실험을 통해 3개의 자이로스코프와 3축 가속도계의 정적환경에서의 온도에 따른 응답특성을 분석하고, 이로부터 각 센서의 비선형 파라미터 오차모델을 구현한다. 또한, 온도변화에 따라 변화하는 모델 파라미터를 정적상태에서 실험을 통해 측정한다. 구현된 오차 모델을 포함한 EKF를 설계하여 위치 및 각도를 추상하고

그 성능을 분석한다. 끝으로 다양한 회전 속도에 대한 응답을 오차 모델을 이용하여 보상함으로써 동적 환경에서의 관성센서의 성능을 평가한다.

2. 저급 관성센서

2.1 관성센서

본 논문에서 사용한 관성센서는 sumitomo사에서 개발한 자이로스코프 SGN1-100-20과 3축 가속도계 C3A-02-03이다. SGN1-100-20은 0.025 deg/sec의 분해능을 갖는 저급 진동형 자이로스코프로서 회전 속도에 비례하는 DC전압을 출력한다. 최대 측정값은 ±100 deg/sec로, 만약 측정값이 측정한계를 넘어가면 각도 및 각속도 정보는 오차를 갖게되어 리셋을 해야한다. C3A-02-03은 용량형 가속도계로 직교하는 세 좌표축 X, Y 및 Z에 대한 선형 가속도를 측정하는데 선형 가속도에 대한 전하량의 변화를 가속도에 비례하는 DC전압으로 변환하여 제공한다. 단, 가속도계가 중력방향에 대해 수직으로 위치했을 때 Z축의 출력값은 중력가속도 1g를 보정한 값을 출력하도록 설계되어있다. 제조사에서 제공하는 관성센서의 특성은 표 1, 2와 같다.

표 1. 자이로스코프 특성

특성	범위	특성	범위
Rate Range	+ 100 deg/sec	Bias Drift	0.3 deg/sec
Output Scale Factor	20mV/(deg sec)	Bandwidth	10 Hz
Bias Offset	+ 1 deg/sec	Quiescent Noise	0.2 deg/sec
Bias var. over Temp.	± 3 deg/sec	Noise under vib.	0.1 (deg sec) G