

일반공산비 기법을 이용한 INS/GPS 통합시스템의 고장 검출 및 격리

Fault Detection and Isolation of Integrated Inertial/Satellite Navigation Systems Using the Generalized Likelihood Ratio Test

°신정훈°, 임유철°, 유 준°

* 충남대학교 전자공학과(Tel : 81-042-823-3533; E-mail : shinmind@hanbat.cnu.ac.kr)

** 충남대학교 전자공학과(Tel : 81-042-823-3533; E-mail : s_hangel@cnu.ac.kr)

*** 충남대학교 전자공학과(Tel : 81-042-821-5669; E-mail: jlyou@cuvic.cnu.ac.kr)

Abstract : This paper presents a fault detection and isolation(FDI) method based on Generalized Likelihood Ratio(GLR) test for the tightly coupled INS/GPS. State and measurement GLR tests detect INS or GPS fault. Once the fault is detected, Multi-hypothesized GLR scheme performs the fault isolation between INS and GPS and find which satellite malfunctions. Simulation results show that the GLR method is effective enough to detect and isolate a fault of the integrated navigation system.

Key words : INS/GPS, FDI, GLR

1. 서 론

항법을 수행하기 위해서는 정확한 항법해가 필수적이다. 현재 항법에서 사용되는 방법은 크게 관성항법장치(Inertial Navigation Systems)와 전파항법장치(Radio Navigation Systems)에 의한 것으로 나눌 수 있다. 항법해를 구하는데 있어 관성항법장치와 전파항법장치는 서로 일장일단을 가지고 있다. INS는 외부장치의 도움 없이 비교적 정확한 위치 정보를 제공하지만 오랜 시간 경과 후 오차가 증가하는 단점이 있다. 반면에 전파항법장치 중의 하나인 GPS(Global Positioning Systems)는 오차의 누적이나 증가 없이 장시간 동안 안정도를 가진다는 장점이 있으나, 환경이나 전파 방해등에 의해 영향을 받는 단점이 있다[4]. 그러므로 GPS와 INS를 결합하는 통합항법시스템으로 서로의 단점을 보완해서 더욱더 정확한 항법해를 얻을 수 있다. 강결합 방식의 되먹임 형태로 구성된 통합시스템은 다른 통합 시스템 방식보다 더 정확한 항법해를 제공하는 반면 복잡성이 증가되어 전체 시스템의 신뢰도를 감소시키고, 고장 발생시 대처할 수 있는 능력이 부족한 단점이 있다[6]. 즉, INS에서 고장이 발생된 경우 고장이 있는 센서로부터의 데이터를 이용하여 칼만 필터로 상태 변수를 추정하고, 이 추정된 값으로 보정을 하게 되면 칼만 필터의 잔여치는 정상적인 오차범위에서 서서히 벗어나게 된다. 그리고, GPS에서 고장이 발생할 경우는 칼만 필터의 측정치에 직접적으로 영향을 주어 칼만 필터의 잔여치가 정상적인 오차 범위에서 벗어나게 되고 칼만 필터에 의해 잘못 추정된 상태변수로 인해 INS의 각 센서도 고장의 영향을 받게 되어 전체 시스템의 신뢰도를 감소시키게 된다. 그래서 강결합 방식의 되먹임 형태로 구성된 통합 시스템의 신뢰성 향상에 관한 연구가 최근에 많이 진행되어 왔으며 고장 검출 및 격리(FDI : Fault Detection and Isolation)는 경제적 손실과 안전 사고를 막기 위해 통합 시스템에서 필연적으로 다루어져야 할 문제이다. 통합 시스템의 고장 검출에 대한 최근의 연구 동향을 살펴 보면, 검출 알고리즘을 사용하여 통합 시스템에서 GPS나 INS 중 어느 한 시스템은 정상이라는 가정하에

나머지 시스템에 대한 고장 검출만을 수행하였다. 그러나 실제 시스템에서는 어느 시스템에서 고장이 발생할지 모르므로 이러한 가정은 현실적이지 못하다. 이에 본 연구에서는 특정한 가정에 의존하지 않고 칼만 필터의 잔여치를 이용한 일반공산비 (Generalized Likelihood Ratio, GLR) 개념을 이용하여 고장검출 및 격리 문제에 접근하였다. 이 방법은 고장의 크기와 발생 시간을 추정하고, 이를 바탕으로 일반공산비를 구한 후, 관정한계값(threshold)과 비교하여 고장을 검출하며 검출 시점에서의 각각 고장 요인에 대한 일반 공산비들을 구하여 비교함으로써 우선 고장의 영향이 GPS 인지 INS 인지 판별할 수 있고, GPS의 경우 오동작 위성을 찾아 낼 수 있다. 그러나 INS 고장의 경우 가속도 고장인지 자이로 고장인지를 판별하기 어려움을 확인할 수 있었다. 이는 상태 변수 간의 결합 특성과 시스템의 가관측성 문제 때문인 것으로 생각된다. 2 장에서는 통합 시스템을 간단히 설명하고, 3 장에서는 고장 검출 및 격리를 위한 일반 공산비의 개념에 대해 기술하며, 4 장에서 모의 실험 결과를 보이고, 마지막 5 장에서는 결론을 맺고 후후 과제에 대해 언급한다.

2. INS/GPS 통합시스템의 오차 방정식 및 구성

본 논문은 강결합 방식의 되먹임 형태로 구성된 통합시스템을 대상으로 하였다. 통합 시스템의 칼만 필터 구성을 위한 오차모델과 두 시스템의 정보를 통합하는 구조는 다음과 같다.

2.1 INS 오차모델

컴퓨터 좌표계와 플랫폼 좌표계간의 오차각을 이용한 \mathcal{W} 오차 모델을 사용하여 항법 오차로 위치오차, 속도오차, 자세오차를 사용하고, 센서 오차로는 자이로와 가속도계의 바이어스 오차