

강인필터를 이용한 전달정렬 알고리즘*

Transfer Alignment Algorithm using Robust filter

양철관, 심덕선**

* 중앙대학교 전자전기공학부(Tel : 02-820-5329; Fax : 02-820-5329 ; E-mail: ckyang@jupiter.cie.cau.ac.kr)

** 중앙대학교 전자전기공학부(Tel : 02-820-5329; Fax : 02-825-1585 ; E-mail: dshim@jupiter.cie.cau.ac.kr)

Abstract: We study on the velocity matching algorithm for transfer alignment of inertial navigation system(INS) using robust H_2 filter. We suggest an uncertainty model for INS and apply the suggested discrete robust H_2 filter to the uncertainty model compared with kalman filter, the discrete robust H_2 filter is shown by simulation to have good performance of alignment time and accuracy.

Keywords: INS(Inertial Navigation System), Transfer Alignment, Velocity Matching, Robust H_2 Filter, Kalman Filter

1. 서론

전달정렬이란 기준이 되는 정밀한 주(master) INS(관성 항법 시스템)의 정보를 이용하여 상대적으로 정밀도가 떨어지는 종(slave) INS의 자세각을 정렬시키는 과정을 말한다.

본 논문에서는 초기 전달정렬 기법중 계산 매개 변수 정합 방법인 속도정합을 연구하였다. 이러한 속도정합을 수행하기 위해서는 종INS의 오차 모델이 필요한데 이러한 오차 모델은 근사화된 모델이므로 칼만필터를 사용하여 속도정합 알고리즘을 구성할 경우 칼만필터의 최적성을 보장하지 못한다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 불확실성을 고려한 INS오차 모델을 구한 후 이러한 불확실성을 보상할 수 있는 강인 H_2 필터를 적용하고자 한다. 강인 H_2 필터링 기법은 이론적으로 많은 연구가 진행되어 오고 있으나 관성항법시스템(INS)에 적용된 예는 거의 없으며 최근에 소개된 강인 H_2 필터링 기법들 중 BOLZERN[1]에서 소개된 방법이 INS에 적용하기에 가장 적합하다. 그러나 이 방법은 연속시간 강인 H_2 필터이기 때문에 INS에 적용할 경우에 계산량의 문제가 생기게 된다. 따라서 본 논문에서는 BOLZERN[1]에서 소개된 방법을 수정한 이산 강인 H_2 필터를 구성하였다. 이렇게 구성된 강인 H_2 필터에 대해서 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 속도정합에 적합한 강인 H_2 필터를 구성하고 칼만필터와 추정 성능을 비교 분석하였다. 추정 성능을 비교하기 위한 전달정렬의 성능 지수로는 정렬 후 자세 오차의 크기와 정렬에 필요한 시간으로 하였다.

본 논문에서는 주요 오차 요인으로 속도오차, 자세오차, 가속도계 및 자이로 바이어스 오차들을 모델링하여 전체 오차 시스템 모델을 구한다. 특히, 속도오차모델은 불확실성을 고려하여 구하였고 불확실성의 여러 가지 구조를 제안하였다.

본 논문에서 주INS로는 김블링관성항법시스템을 사용하고 종INS로는 저급 스트랩다운관성항법시스템(Strap-down Inertial Navigation System: SDINS)을 사용하였다.

본 논문에서 사용된 기호를 다음과 같이 정의한다.

i=관성좌표계
n=항법좌표계(North-East-Down:NED)
m=주INS(master INS)의 좌표계
b=종INS(slave INS)의 동체 좌표계
 δV =속도오차
 $\delta \theta$ =종INS의 자세 오차
 δf =가속도계 바이어스
 $\delta \omega$ =자이로 바이어스
 g =지구 중력 벡터
 w =공정 백색 잡음(system process noise)
 v =측정 백색 잡음(measurement noise)
 C_b^n =종INS의 동체 좌표계에서 항법 좌표계로의 좌표변환 행렬
 $V \times = V$ (벡터)의 왜대칭행렬(skew-symmetric matrix) 표현

2. 불확실성을 고려한 INS 오차모델

항법 오차 모델로서 가장 보편적으로 사용되는 모델은 \mathcal{W} 각 오차 모델 또는 섭동오차 모델(perturbation error model)로써 속도오차와 자세오차를 상태변수로 선정하는 것이다[2]. 센서 오차 모델은 주로 자이로와 가속도계 오차 중에서 랜덤 오차들을 랜덤 상수(random constant) 또는 백색 잡음(white noise)과 같은 랜덤 프로세스(random process)로 모델링한다[2]. 그러나 시변 시스템인 SDINS 오차 모델을 이용하여 시변 칼만필터를 구성하면 계산량은 시스템 차수의 3제곱에 비례하므로 오차 모델의 차수를 적절하게 선택해야 하는데, 일반적으로 속도오차, 자세오차, 가속도계오차 그리고 자이로오차들을 상태 변수로 하는 모델이 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 센서오차로 가속도계 및 자이로 바이어스 오차와 백색잡음만을 고려하였고 속도오차모델은 불확실성을 고려하여 오차 모델을 구하였다.

2.1 불확실성을 고려한 속도 오차 방정식

SDINS에서 속도를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\dot{V}^n = C_b^n f^b - (2\omega_{ie}^n + \omega_{en}^n) \times V^n + g^n$$

$$V^n = [V_N \ V_E \ V_D]^T \quad (1)$$

* 본 연구는 국방과학연구소 및 서울대 사동세어덕화연구소의 연구비 지원에 의한 연구 결과입니다.