

무인잠수정을 위한 초기정렬 및 확장칼만필터를 이용한 자세 추정

김호성[†]·최형식¹·윤종수².

Study on AHRS and initial alignment for Unmanned Underwater Vehicle

Hyeung-sik, Choi[†]·Ho-sung, Kim¹·Jong-su, Yoon²

1. 서론

항법좌표계와 동체좌표계 사이에서 동체의 자세를 구하는 AHRS에서 초기정렬이란, 항법모드 진입 전에 동체의 자세를 나타내는 방향 코사인 행렬을 구하는 것이다. 본 논문에서 제안하는 초기정렬은 3축 가속도와 3축 지자기 센서 출력만을 이용하여 알고리즘을 간략화하고 초기자세 추정시간을 감소시켰다. 항법모드 진입 후에는 초기정렬의 자세 값을 초기 값으로 확장 칼만 필터를 이용하여 무인잠수정의 자세를 추정하게 된다. 확장칼만필터의 측정값은 3축 각속도, 가속도, 지자기 센서의 9개 데이터로 구성하였고, 추정 값은 3축 각속도와 4개의 쿼터니언 원소로 구성하였다.

2. 센서의 초기 정렬

Roll(ϕ)과 Pitch(θ)를 구하기 위해서는 무인잠수정이 움직이지 않을 때, 중력가속도에 항법좌표계에서 동체좌표계로 변환하는 행렬을 곱하면 센서의 가속도 출력 값과 같다는 가정이 필요로 하며, 식 (1)과 같은 관계식으로 표현된다. C_n^b 는 항법좌표계에서 동체좌표계로의 변환 행렬이고 a_x, a_y, a_z 는 가속도 센서 출력 값이다. g 는 중력가속도를 나타낸다.

$$\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} = C_n^b \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_\theta C_\psi & C_\theta S_\psi & -S_\theta \\ C_\psi S_\phi S_\theta - C_\phi S_\psi C_\theta S_\psi + S_\phi S_\theta S_\psi & C_\psi S_\phi C_\theta S_\psi + C_\phi S_\psi S_\theta S_\psi - C_\psi S_\phi C_\theta C_\psi & C_\psi S_\phi C_\theta \\ C_\phi C_\psi S_\theta + S_\phi S_\psi C_\theta S_\psi & -C_\phi C_\psi C_\theta S_\psi + S_\phi S_\psi C_\theta C_\psi & C_\phi C_\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix} \quad (1)$$

식 (1)을 풀면 식 (2)와 같이 Roll, Pitch를 구할 수 있다.

3. AHRS 센서 연구

동체 고정형 센서인 IMU센서에 좌표변환 알고리즘을 구성하여 움직이는 무인잠수정의 회전각 정보를 나타내는 AHRS 센서를 구성하였다. 이를 위해 확장칼만필터를 사용하였으며 확장칼만필터의 초기 값은 초기 정렬의 데이터를 사용하였다

확장칼만필터는 외부 입력인 Measurement matrix와 최종 출력인 Estimate matrix, 시스템 모델 F matrix, H matrix로 구성되며 예측 과정과 추정 과정으로 나누어진다. 예측 과정에서는 이전 Estimate matrix와 오차 공분산을 입력으로 받아서 현재 상태의 Estimate matrix와 오차 공분산을 구하게 된다. 예측 과정에서 사용하는 Estimate matrix와 시스템 모델 F matrix를 구성하였다.

4. 실험 및 고찰

초기정렬과 AHRS 알고리즘을 실제 구동하는 무인잠수정에 적용을 위해 DSP28335 프로세서와 IMU 센서인 ADIS16405센서를 사용하여 H/W를 구성하였다. DSP28335는 150MHz로 구동 가능하며 floating point 연산이 가능하다. ADIS16405의 규격은 Table 1과 같다. 정지 상태의 성능 시험과 0° ~ 100° 를 움직이며 gimbal lock 현상이 일어나지 않고 자세를 추정하는지 시험을 통해 검증하였다. 그림 4는 정지상태의 시험 결과이다. X축은 0.22°, Y축은 0.24°, Z축은 0.21°의 오차 범위를 가짐을 알 수 있다.

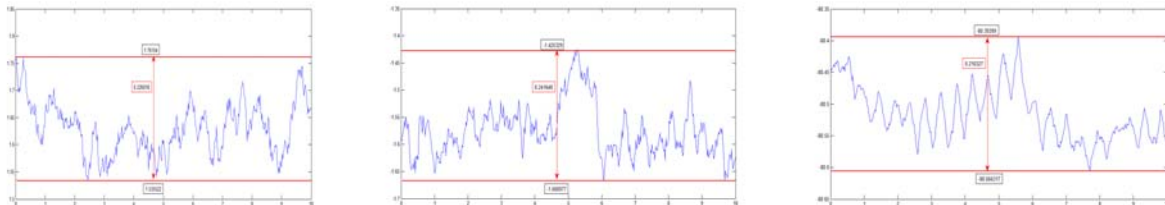


Fig 1: The result of stationary Roll test Pitch test Yaw test

5. 결론

무인잠수정의 자세 추정을 위해 IMU센서를 이용하여 초기의 무인잠수정의 자세를 추정하고 확장칼만필터를 이용하여 IMU 센서 데이터를 융합하여 AHRS 센서를 구성하였다. 실제 시험 결과 정지 상태에서 X축은 0.22°, Y축은 0.24°, Z축은 0.21°의 오차 범위를 가지는 것을 확인 하였고 회전 시험을 통해서 gimbal lock현상이 일어나지 않고 자세를 추정하는 것을 확인하였다. 본 연구를 통하여 개발된 축 매칭 알고리즘이 정확하여 무인잠수정의 자세 추정에 적합한 AHRS 센서 성능을 구비함을 확인하였다