

# 운항 중 정렬 시 차량 진동에 따른 성능 분석

## Performance Analysis of In-flight Alignment for Vehicle Vibration

강우용† · 김대관\*  
**Wooyong Kang, Daekwan Kim**

### 1. 서 론

운항 중 정렬(In-flight Alignment)이란 항체가 이동하는 상태에서 GPS(Global Positioning System)와 같은 보조 항법 시스템을 사용하여 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 자세각 오차를 추정하는 기법이다<sup>(1)</sup>. 이러한 운항 중 정렬 알고리즘은 초기 정렬에서 수행된 자세각 오차 추정이 정상적으로 이루어지지 않았을 경우와 항체의 운항 도중 자세 오차가 발생하였을 경우에 효과적으로 사용할 수 있다. 특히 GPS와 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)형 IMU(Inertial Measurement Unit)로 구성되어 있는 차량 항법 장치에서는 정지 상태에서의 초기 정렬을 수행하지 않고 운항 중 정렬을 통하여 자세각 오차를 추정한다<sup>(2)</sup>. 이러한 운항 중 정렬은 차량이 주행 중에 이루어지므로 차량의 움직임에 따라 성능이 달라진다. 특히, 차량의 주행 중 발생하는 진동으로 인하여 MEMS형 IMU의 오차가 발생한다. 그러므로 본 논문에서는 차량 진동 상황에서 운항 중 정렬의 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석한다.

### 2. 운항 중 정렬 시 차량 진동 영향 분석

#### 2.1 차량 항법에서의 운항 중 정렬 필요성

현재 차량용 항법시스템에서는 위성항법 코드 측정치를 이용하여 계산된 위치 정보와 도로 정보를 활용한 맵 매칭(Map matching) 기술을 이용하여 차량의 위치를 표시하고 있다. 일반적으로 위성항법 코드 정치를 이용하는 경우 15m 이내의

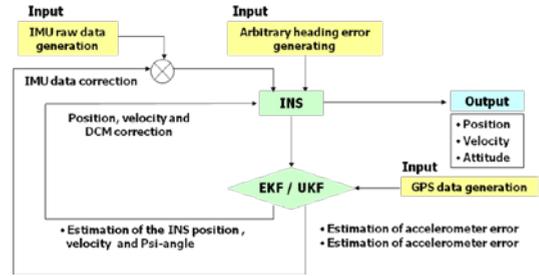


Fig 1 In-flight alignment

위치 정확도를 얻을 수 있다. 그러나 육상 교통 환경에서는 주위의 건물 또는 가로수 등으로 인하여 다중경로(multipath) 오차 및 가시성 등이 떨어지므로 위치 정확도가 감소한다. 그리고 위성항법 음영지역으로 인하여 위성항법을 이용하여 위치 측정이 불가능한 구간도 존재한다. 그러므로 차량용 항법시스템의 안정적 운영을 위하여 저가형 MEMS형 IMU를 이용하고 있다. 이러한 MEMS형 IMU에서는 항법시스템이 필요로 하는 항법 좌표계에서의 속도 및 위치를 구하기 위하여 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 상대적인 자세각을 소프트웨어로 계산한다. 그러므로 항법 수행 초기에 정렬 과정을 통하여 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 자세각 오차를 추정 후 항법을 행하여야 한다. 이러한 자세오차의 추정 없이 항법을 수행하게 되면 항법오차는 누적되어 시스템은 발산하게 된다. 그러나 차량 항법 장치에 있어서는 운행과 동시에 추가 자세각을 구해야 하므로 그림 1과 같은 운항 중 정렬을 통하여 초기 자세각을 계산한다.

#### 2.2 차량 진동 성분

차량은 주행하는 동안 노면과의 마찰, 엔진의 진동 등과 같은 성분으로 인하여 진동이 발생한다. 이러한 진동은 탑승자에게 승차감 저하 및 멀미와 같은 현상을 유발한다. 또한, 차량 진동은 MEMS형

† 교신저자; 강우용, 한국항공우주연구원 위성제어팀

E-mail : kang79@kari.re.kr

Tel : 042-860-2791, Fax : 042-860-2603

\* 한국항공우주연구원 위성제어팀

IMU에 장착되어 있는 가속도계에 오차 요인으로 작용한다. 이러한 오차로 인하여 가속도계는 식(1)과 같이 진동주파수를 가지는 오차가 더해진다. 일반적으로 정속 주행시 시트레일에서 측정한 가속도는 1Hz 주파수에서 진동 성분이 크게 검출된다<sup>(3)</sup>. 그러므로 본 논문에서는 1Hz 주기의 진동성분을 이용하여 운항 중 정렬 성능 분석을 수행한다.

$$\dot{f}_x(t) = f_x(t) + A \times \sin(2\pi ft) \quad \text{식(1)}$$

여기서,  $f_x(t)$ 는 시간  $t$ 에서의  $x$  축 가속도계 출력,  $A$ 는 진동의 크기,  $f$ 는 진동 주파수를 의미한다.

### 3. 시뮬레이션 결과

차량 오차에 따른 운항 중 정렬 성능 분석을 위하여 표 1과 같은 센서 오차를 가지는 IMU와 GPS를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 차량 진동은 0/0.3/0.6  $m/s^2$ 로 하여 진동의 크기에 따른 기수각(차량의 진행 방향각) 오차의 추정 성능을 분석하였다. 일반적으로 차량은 도로상에서 운행하므로 롤과 피치 오차는 크지 않다. 그러나 차량의 진행 방향을 나타내는 기수각은 0~360 deg 상에 위치한다. 그러므로 기수각의 오차 값이 45도의 표준 편차를 가지도록 시뮬레이션을 수행하였다.

이때 결과 비교를 위하여 보정된 항법 출력에서 나오는 기수각과 참 값의 차이를 자세각 오차로 정의한 후 아래 식(2)와 같이 각 시뮬레이션의 같은 시간대별 오차를 제공하여 RMS(Root Mean Square) 오차를 계산한다.

$$e_k^{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (e_k^j)^2} \quad \text{식(2)}$$

여기서,  $e_k^{RMS}$ 는 시간  $t_k$ 에서의 항법 변수의 RMS 추정 오차,  $N$ : 시뮬레이션 총 횟수,  $e_k^j$ :  $j$ 번째 시뮬레이션의 시간  $t_k$ 에서의 오차를 의미한다.

시뮬레이션 결과 진동오차에 상관없이 기수각이 수렴함을 알 수 있다. 그러나 진동의 영향으로 진동의 크기가 증가할수록 기수각 오차가 증가함을 확인할 수 있으며 0.3  $m/s^2$ 의 진동이 생길수록 2 deg의 기수각 추정 성능이 저하됨을 확인할 수 있다.

Table 1 Characteristic of sensor error

센서	바이어스( $1\sigma$ )	백색잡음( $1\sigma$ )
자이로	1 deg/hr	0.3 deg/ $\sqrt{hr}$
가속도계	1 mg	50 $\mu g$
GPS		수평면: 10m, 고도:15m

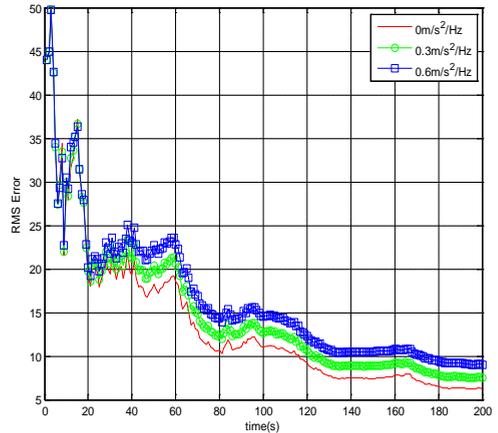


Fig 2 Simulation result of vehicle vibration

### 4. 결 론

운항 중 정렬은 차량이 주행 중에 이루어지므로 차량의 움직임에 따라 성능이 달라진다. 차량 진동에 따른 시뮬레이션 결과 차량 진동이 증가할수록 기수각의 오차가 더 커짐을 확인할 수 있다. 이러한 기수각 오차는 차량의 위치를 계산하는 과정에서 오차의 요인이 된다. 그러므로 IMU 장착 시 진동의 영향을 최소화 시킬 수 있는 구조물이 필요하다.

### 참고 문헌

- (1) DH Titterton, G.L.,1997, Weston, Strapdown inertial navigation technology, Peter Peregrinus Ltd., London.
- (2) Kang, W. Y., Kim, K. J., Park, C .G., 2006, Performance Analysis of In-Flight Alignment Using UKF, Journal of Control, Automation, and Systems Engineering. Vol. 12, No.11, pp 1124~1128.
- (3) H. K. Kim, 2003, Human Vibration in Vehicle Development, Transactions of KSAE, Vol. 23, No. 2, pp. 72~78.