

# 저가형 MEMS 가속도센서 드리프트 오차 최소화를 위한 Enhanced HSR에 관한 연구

김주원, 이상선\*(교신저자)

한양대학교, \*한양대학교

nansil2117@hanyang.ac.kr, \*ssnlee@hanyang.ac.kr

## A Study on the Enhanced HSR for Minimizing Drift Error of Low-cost MEMS Accelerator

Kim Ju Won, Lee Sang Sun\*

Hanyang Univ., \*Hanyang Univ.

### 요약

본 논문은 도심지에서 보다 정확한 차량 위치 추정을 위해 요구되는 Longitudinal velocity와 Course angle을 산출하기 위한 가속도데이터 보정 알고리즘을 제안한다. 본 알고리즘은 저가형 Mysen-M MEMS[Micro Electro Mechanical System] 관성센서를 이용하였고 Static bias, 온도 bias, 중력성분에 관한 미세 Scale Factor 조절을 통해 적분 시 드리프트 현상을 최소화하였다. 그리고 이는 실내 정지 상태, 도심지 환경의 주행 중 차량에서의 실차테스트를 통해 Enhanced HSR의 성능을 비교 평가하였다.

### I. 서론

MEMS[Micro Electro Mechanical System] 관성센서는 차량, 로봇, 항공기의 자세 측정 및 위치 추정을 위해 많이 연구되고 사용되고 있다. 특히 차량의 위치, 종방향 속도, Course angle를 추정하기 위해 관성센서가 주요하게 이용되고 있다. 관성 센서는 주로 가속도 센서와 자이로센서로 구분하는데 자이로는 deg/sec단위로 3개 축의 각속도를 측정하며 가속도 센서는 g단위로 동체의 이동상태에 대한 시간을 나타내는 3개 축의 가속도를 측정한다.[1] 이들은 융합되어 동체의 자세 및 위치추정에 사용된다. 이 중 가속도 센서는 센서 자체가 지니고 있는 Bias, 온도에 따른 오차, 중력성분에 따라 오차가 발생한다.[2] 이는 최종적으로 속도 및 위치 추정 시 적분을 해야 되는데 이 때 미세오차의 적분에 의한 드리프트현상이 발생한다. 이러한 오차 성분을 보정하기 위해 현재까지 HSR[Heuristic Scale Regulation]과 같은 다양한 연구가 진행이 되었다.[3][4]

본 논문에서는 사용된 센서를 간략히 소개하고 차량추위를 위한 저가형 MEMS 가속도센서의 오차특성을 분석한다. 그리고 Bias 및 오차를 최소화하는 기존의 HSR보다 향상된 Enhanced HSR알고리즘에 대해 설명하고 최종적으로 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하여 결론을 도출한다.

### II. 본론

#### 1. MEMS 가속도센서

Classification	Specification
Digital Interface	Serial UART
Operating Voltage	DC 5V
Operating Temp	-10°C ~ 60°C
Power Consumption	1W (nominal)
Dimension	55 * 55 * 10 (mm)
Weight	100g

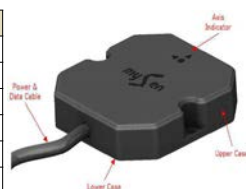


그림1. Mysen-M 스펙 및 형상

본 연구에서 사용된 관성센서는 그림1과 같은 가속도, 지자기, 자이로센서, 온도센서로 구성된 인텔레인(주)사의 Mysen-M 제품이다.

#### 2. 오차보정 알고리즘

차량위치추정을 위해 속도를 구하기 위해서는 가속도 센서에 의한 적분이 필요한데 여기에는 Bias, 온도, 하드웨어 상의 잡음, 그리고 미세 Scale Factor변화로 불균등한 중력성분에 의한 오차가 결과에 많은 영향을 준다. 이를 위한 해결하기 위한 Enhanced HSR 알고리즘 구성은 아래 그림 2와 같다.

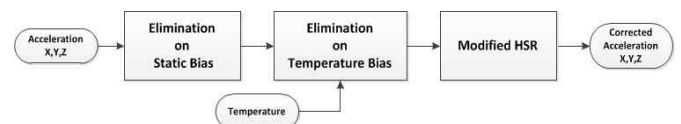


그림2. Enhanced HSR 블록 다이어그램

우선적으로 MEMS 센서의 정지상태에서의 Bias를 제거한다. 이는 귀납식 방법이 아닌 Allan variance method를 통한 오버랩되는 샘플링을 최소화하여 센서 데이터 특성을 최대한 파악할 수 있도록 그림3과 같이  $\tau$  [Averaging Time] 시간동안의 Bias를 측정 후 제거한다. 식1을 통해  $\tau$ 를 구할 수 있으며 N은 총 샘플링 개수,  $\tau_0$ 는 샘플링 주기이다.

$$m < (N-1)/2$$

$$\tau = m\tau_0 \quad (1)$$

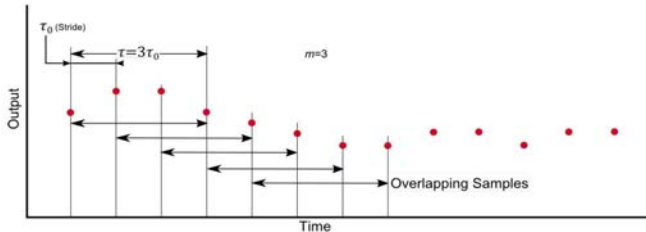


그림3. Averaging Time & Overlapping Samples

Static Bias 제거 후 온도에 따른 Bias변화량을 제거하기 위해 4차 방정식을 이용한다. 정지 상태에서 센서 온도가 15℃, 25℃, 35℃, 45℃, 55℃일 때의 가속도 데이터를 수집하여 Bias를 식1을 통해 추정한다. 이상적인 이론상으로 정지 상태에서의 데이터는 0에 근접하기에 식1을 수행하여 추정된 Bias를 가속도데이터에서 제거한다.

$$Bias = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E \quad (2)$$

가속도 크기에 따른 미세한 Scale Factor오차 성분을 점차적으로 제거하기 위해 아래 식3과 같은 Enhanced HSR알고리즘을 적용한다. 여기서  $s$ 는 제어변수 설정으로 갱신되는 Scale Factor이고  $i_c$ 는 오차가 누적되는 가속도데이터를 상쇄하기 위한 미소변수로 본 논문에서는 1보다 미소하게 큰 1.0007을 사용하였다.

$$\begin{aligned} |\tilde{a}| &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \\ s &= \begin{cases} 1 & \text{When } |\tilde{a}| \geq 1 \\ s/i_c & \text{When } |\tilde{a}| < 1 \end{cases} \\ s &= sa \end{aligned} \quad (3)$$

### III.결론

본 논문에서는 차량위치추정의 과정인 정확한 Longitudinal velocity 및 Course angle 추정을 위해 가속도 센서의 오차를 최소화하는 Enhanced HSR알고리즘을 제안하였다. Enhanced HSR은 온도보상, Static bias보상, Modified HSR로 구성이 되며 실험은 실내에서의 정지 상태, 도심지환경에서 시행하였다. 그림4는 정지상태에서의 가속도 센서 Raw데이터와 Enhanced HSR을 적용한 결과이다. 빨간색 데이터가 알고리즘이 적용된 데이터고 파란색은 Raw데이터이며 위에서부터 가속도 X, Y, Z 이다.

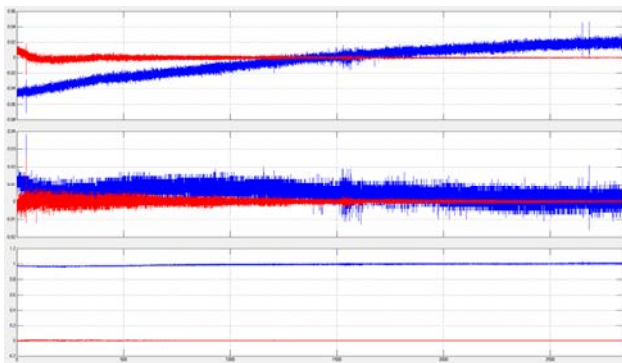


그림4. 정지상태의 Raw데이터 vs Enhanced HSR가 적용된 데이터

그림5는 도심지환경[서울 압구정]에서 주행 중인 차량에서 측정된 가속도데이터이다. 이는 파란색의 기존 HSR알고리즘과 본 논문에서 제안한 빨간색의 Enhanced HSR알고리즘의 결과를 비교한 것이다. 또한 그림6에서는 파란색의 Raw데이터와 빨간색의 Enhanced HSR이 적용된 데이터를 비교했다.

터를 비교했다.

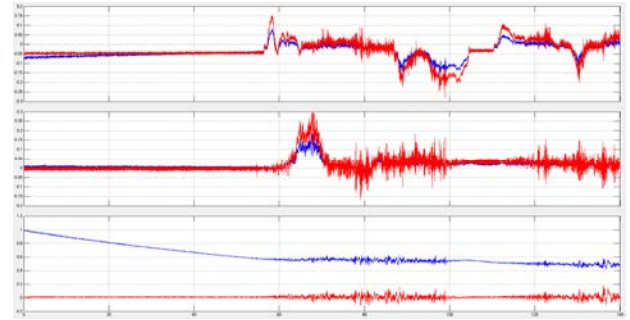


그림5. 주행차량에서의 기존 HSR vs Enhanced HSR

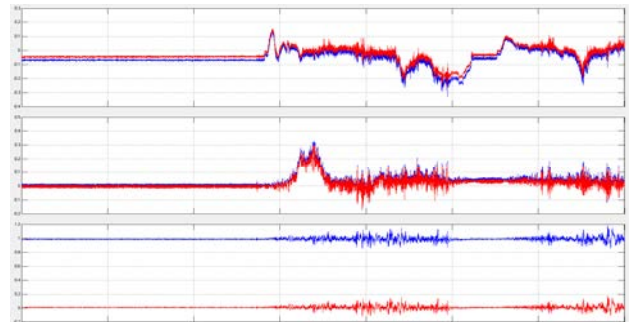


그림6. 주행차량에서의 Raw데이터 vs Enhanced HSR 적용 데이터

그림4와 같이 Enhanced HSR은 시간이 지남에 따라 온도가 상승하고 이에 따라 가속도 데이터가 변하도록 하는 Bias를 제거함에 따라 0에 근접한 데이터 결과를 확인할 수 있다. 또한 Enhanced HSR은 초기부터 Bias를 기존의 HSR보다 빠르게 보정하고 Scale Factor의 영향으로 인해 True데이터의 값이 축소되는 현상을 줄이는 결과를 확인할 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2015년도 BK21 플러스 사업에 의하여 지원되었음. (No. 201400000000399)

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2014-2015년도 산학연협력 기술개발사업(C0200278)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Li Kang, Lingyun Ye, "Attitude Heading Reference System Using MEMS Inertial Sensors with Dual-Axis Rotation", Sensors 2014, pp. 18075-18095.
- [2] Yesim GÜ NHAN, Derya Ü NSAL, "Polynomial Degree Determination for Temperature Dependent Error Compensation of Inertial Sensor," 2014 IEEE, pp. 1209-1212.
- [3] Eun Soo Lee "실시간 동적 GPS를 이용한 IMU 센서의 오차특성 분석," 한국지적정보학회지 제16권 제1호, pp. 49-59, April. 2014.
- [4] Johann Borenstein, Lauro Ojeda, "Heuristic reduction of gyro drift in vehicle tracking applications", Int. J. of Vehicle Information and Communication Systems Vol2. No.1/2, pp. 79-98, 2009.