

자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법시스템

구문석*, 지현민*, 오상현**, 황동환*
 충남대학교 전자공학과*, (주)한양네비콤**

GPS/MEMS IMU Integrated Navigation System of Car Black Box

Moon Suk Koo*, Hyun-min Ji*, Sang Heon Oh** and Dong-Hwan Hwang*
 Department of Electronics Engineering, Chungnam National University*, Hanyang Navicom Co. Ltd.**

Abstract - 자동차 블랙박스는 자동차의 사고 전/후의 주행상태를 저장하여 사고의 원인을 규명하는데 사용된다. 사고 발생 시의 자동차의 주행상태를 정확히 기록하기 위해서는 자동차의 위치와 속도에 대한 정보도 필요하므로 자동차 블랙박스에서는 위치/속도 정보를 제공하기 위한 항법 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 GPS 수신기와 MEMS 기반의 IMU를 사용하는 자동차 블랙박스용 항법 시스템을 설계하고 그에 대한 성능평가 결과를 제시하고자 한다.

센서는 자동차의 충돌을 감지하여 사고를 판단하는 데 사용된다. 항법 시스템은 자동차의 실시간 위치/속도를 측정하는 용도로 사용된다. 비디오 레코더는 사고 발생 전/후의 영상을 촬영하는 용도로 사용되며 30만 화소 이상의 CCD(Charge-Coupled Device) 카메라가 사용된다. 사용자 디스플레이 유닛은 사용자에게 블랙박스의 동작 상태를 표시하는 용도로 사용되며 LCD나 LED가 주로 사용된다[6].

1. 서 론

블랙박스는 항공기의 사고 발생 시 사고 상황의 재현을 위해 항공기의 고도 및 속도, 동작상태, 관제탑과의 교신내용 등을 기록하고 기록한 데이터는 사고의 원인을 규명하기 위한 단서를 찾는 데 사용된다. 최근에는 이러한 블랙박스를 자동차에 적용하려는 시도가 계속되고 있다[1].

초기의 자동차 블랙박스는 사고 발생 전/후의 영상만을 기록하는데 머물렀으나 최근에는 자동차의 전반적인 주행상태를 기록하는 형태로 발전하고 있다[2]. 이러한 자동차 블랙박스의 발전에 따라 여러 나라에서 자동차 블랙박스의 표준 규격을 마련하기 위한 논의가 활발히 진행되고 있으며 자동차 블랙박스의 의무 장착에 대한 법률도 제정되고 있다[2][3].

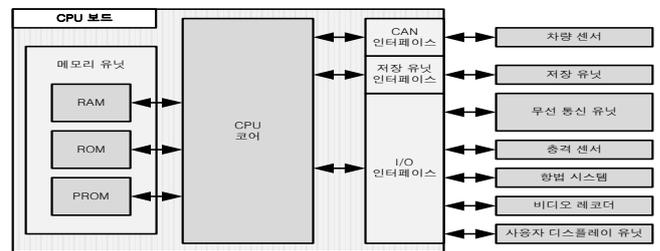
자동차 블랙박스에 사용되는 항법 시스템은 사고 발생 시의 자동차의 위치와 속도를 파악하기 위한 용도로 사용되며 GPS 수신기가 널리 사용되어 왔다[4][5]. 그런데 GPS 수신기는 터널이나 지하 주차장과 같이 위성 신호를 수신할 수 없는 곳에서는 자동차의 위치/속도 정보를 제공하지 못하는 문제점을 가지고 있으며 이를 보완하기 위하여 GPS 수신기의 출력과 관성센서인 IMU의 가속도/각속도 정보를 칼만필터를 이용해 통합하는 통합항법 시스템을 자동차 블랙박스에 이용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 자동차 블랙박스용 항법시스템으로 MEMS IMU의 가속도/각속도 정보로 계산한 자동차의 위치/속도와 GPS 수신기의 출력인 위치/속도를 칼만필터를 이용하여 통합하여 GPS 수신기 단독으로 구성한 항법시스템에 비해 오차가 적고 위성신호를 수신할 수 없는 지역에서도 연속적인 항법결과를 제공할 수 있는 GPS/MEMS IMU 통합항법시스템을 설계하였다.

본 논문의 구성은 2절에서 자동차 블랙박스의 구조와 기능을 서술하고 3절에서 자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법 시스템의 하드웨어 구조와 알고리즘의 구성을 제시하고 알고리즘을 구현하는데 있어 고려해야 할 사항을 제시한다. 4절에서는 MEMS 기반의 IMU와 RBA/RLG 기반의 IMU의 성능 차이를 확인하고 5절에서 결론과 추후 계획을 제시한다.

2. 자동차 블랙박스의 구조

자동차 블랙박스의 구조는 그림 1에 나타난 바와 같이 자동차 사고 발생 시에 자동차에 부착된 각종 센서의 데이터를 입력받아 사고 상황을 기록하고 사고 발생여부를 외부에 알리는 기능을 수행한다. 그림 1에서 CPU 코어는 각종 센서들의 데이터를 수집하고 사고를 판단하는 연산을 수행한다. 메모리 유닛은 RAM과 ROM으로 구성되며 CPU 코어를 구동하고 사고 정보를 임시 저장하는 용도로 사용된다. 차량 센서는 자동차 내부에 설치한 센서들로 자동차의 주행속도, 브레이크 동작, 엔진의 RPM, 에어백의 동작, 안전벨트 착용 등 자동차의 전반적인 상태를 측정하는 용도로 사용되며 자동차의 ECU(Electronic Control Unit)가 CAN 인터페이스를 통해 CPU 코어로 전송된다. 저장 유닛은 사고 발생 시 사고 전/후의 데이터를 저장하는 용도로 사용되며 저장장치로는 반복적인 읽기/쓰기에 강한 HDD(Hard Disk Drive)나 SSD(Solid State Drive)가 주로 사용된다. 무선 통신 유닛은 사고 발생 시 이를 관제소에 전송하는데 사용되며 CDMA 혹은 WCDMA 방식으로 동작한다. 충격



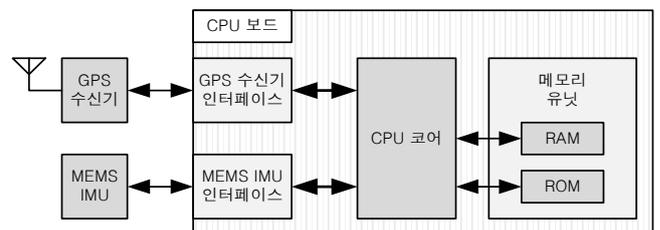
<그림 1> 자동차 블랙박스의 구조

3. 자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법시스템

본 절에서는 자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법시스템의 하드웨어 구성과 통합항법알고리즘에 대해 제시하고 MEMS IMU를 사용하는 항법 알고리즘을 구현할 때 고려사항을 서술한다.

3.1 하드웨어 구성

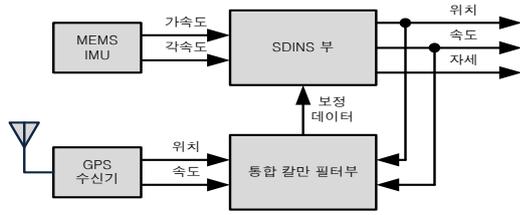
자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법시스템은 GPS 수신기가 위치/속도 정보를 제공하지 못하는 경우에도 연속적인 위치/속도 정보를 제공하기 위한 항법시스템으로 자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법시스템의 하드웨어 구성은 그림 2와 같다. GPS 수신기와 MEMS IMU는 항법 알고리즘을 구동하는 CPU 보드에 센서측 정보를 제공한다. CPU 코어는 전송된 GPS 수신기와 MEMS IMU의 데이터를 이용해 자동차의 위치와 속도를 계산하는 기능을 수행한다.



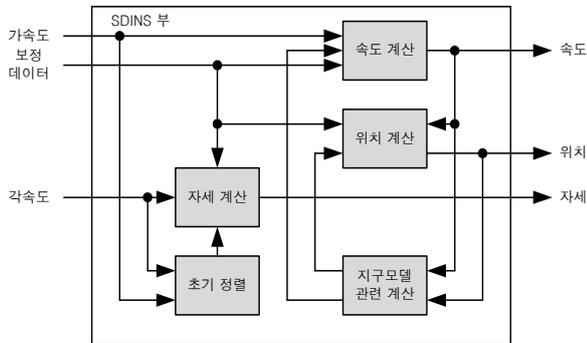
<그림 2> 자동차 블랙박스용 GPS/MEMS IMU 통합항법 하드웨어

3.2 알고리즘 구성

자동차 블랙박스용 항법 알고리즘은 그림 1의 자동차 블랙박스의 구조에서 자동차의 위치를 제공하는 것으로 그림 3과 같이 구성할 수 있다. IMU 데이터 입력부는 MEMS IMU의 출력인 자동차의 가속도/각속도 정보를 받아들이며 GPS 데이터 입력부는 GPS 수신기의 출력을 받아들인다. SDINS부는 IMU 데이터 입력부의 출력인 가속도와/각속도 정보를 이용해 자동차의 위치/속도/자세를 계산하며 그림 4와 같은 구조를 가진다[7]. 통합칼만필터부는 SDINS부에서 계산한 자동차의 위치/속도 정보와 GPS 수신기의 위치/속도 정보를 이용해 SDINS부의 오차를 추정한다[8].



〈그림 3〉 자동차 블랙박스에 GPS/MEMS IMU 통합항법 알고리즘



〈그림 4〉 SDINS부 알고리즘

3.3 MEMS IMU를 사용하는 항법 알고리즘 구현 시 고려사항

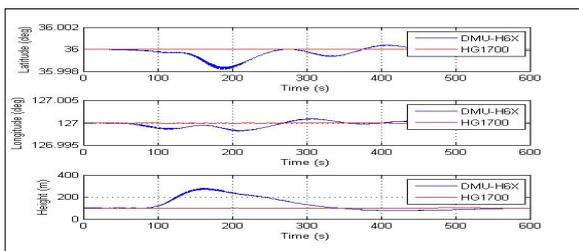
MEMS 기반의 가속도계와 자이로는 공진형 가속도계나 링 레이저 자이로 등에 비해 크기가 작고 전력소모가 적은 장점이 있지만 상대적으로 성능이 낮은 단점이 있다. 일반적으로 SDINS부의 오차모델은 3축의 위치/속도/자세와 3축의 가속도계 바이어스/자이로 바이어스를 오차요소로 하는 15차의 모델을 사용한다. 하지만 MEMS 기반의 IMU를 사용하는 경우에는 기존의 15차 모델에 3축의 가속도계와 자이로의 Scale factor error와, Turn on Bias를 고려한 SDINS부의 오차 모델을 도출할 필요가 있다[9][10].

4. MEMS IMU의 성능 평가

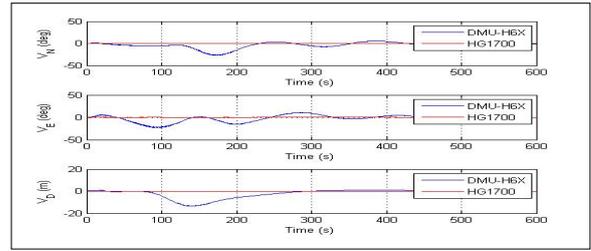
표 1은 MEMS 기반의 가속도계와 자이로로 구성된 Crossbow사의 DMU-H6X와 공진형 가속도계와 링 레이저 자이로로 구성된 Honeywell사의 IMU인 HG1700의 성능을 비교한 것이다. 두 종류의 IMU의 성능차이를 확인하기 위해 동일한 알고리즘을 사용하여 정지 상태에서의 위치/속도/자세를 계산하였으며 계산결과는 그림 5~7과 같다. 그림 5~7을 통해 알 수 있듯이 상대적으로 성능이 낮은 MEMS 기반의 센서를 이용하여 통합항법시스템을 구성하는 경우에는 정확한 항법 결과를 얻기 위해 MEMS 기반의 IMU의 특성을 고려한 오차모델을 유도하여 통합칼만필터를 구성할 필요가 있음을 알 수 있다.

〈표 1〉 Crossbow DMU-H6X/Honeywell HG1700 성능 비교

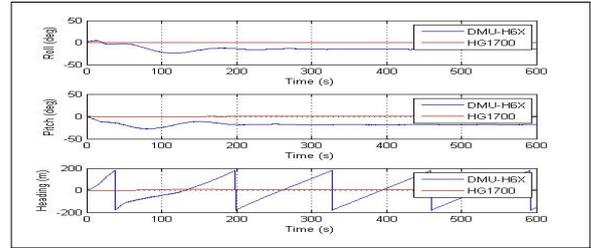
	Crossbow DMU-H6X	Honeywell HG1700
센서의 종류	MEMS	RBA/RLG
가속도계 바이어스	30mg	1mg
가속도계 랜덤워크	0.15m/s/√h	0.02 m/s/√h
자이로 바이어스	2°/s	1°/h
자이로 랜덤워크	2.25°/√h	0.125°/√h
소비전력	3W	8W



〈그림 5〉 DMU-H6X/HG1700 위치계산 결과



〈그림 6〉 DMU-H6X/HG1700 속도계산 결과



〈그림 7〉 DMU-H6X/HG1700 자세계산 결과

5. 결 론

본 논문에서는 자동차의 사고 전/후의 주행상태를 기록하는 자동차 블랙박스에 자동차의 위치/속도정보를 제공하기 위한 항법시스템으로 GPS 수신기와 MEMS IMU를 사용한 항법시스템을 설계하였다. 또한 MEMS IMU를 사용하는 통합항법시스템에서 항법 알고리즘을 구현할 때 고려해야 할 사항에 대해 서술하고 MEMS 기반의 IMU와 RLG/RBA 기반의 IMU의 항법결과를 통해 MEMS 기반의 IMU의 성능을 확인하고 MEMS IMU의 특성을 고려한 항법시스템의 필요성을 확인하였다. 추후에는 MEMS IMU의 특성을 고려한 SDINS부의 오차모델을 도출하고 GPS 수신기와 MEMS IMU를 이용한 통합항법 시스템을 구현할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이원희, 한인환, "충돌사고 재구성 해석을 위한 차량 블랙박스의 개발", 한국자동차공학회논문집 제12권 제2호, pp.205-214, 2004년 3월.
- [2] 윤경주, "자동차 블랙박스 세계 동향", 전기전자재료 제22권 제9호, pp.30-41, 2009년 9월.
- [3] 김윤규, 김범한, 이동훈, "차량용 블랙박스 시스템을 위한 실시간 무결성 보장기법", 정보보호학회논문지 제19권 제6호, pp.49-61, 2009년 12월.
- [4] Jun Seock Oh, Dong Sin Kim, Hyun Hye You, Myoung Seob Lim, "System on chip design of vehicle drive recorder management system", 대한전자공학회 SoC 학술대회 2009, pp.483-493, 2009년 5월 15일-16일.
- [5] 윤장혁, 김진일, "스마트폰을 이용한 자동차 영상블랙박스 시스템 구현", 한국정보기술학회 논문지, pp.135-142, 2010년 10월.
- [6] 정세명, "WinCE O/S 및 SoC 플랫폼 기반 자동차 블랙 박스 시스템의 구현 방법에 대한 연구", 전북대학교 대학원 전자정보공학부 석사학위 논문, 2009년.
- [7] D.H. Titterton, J. L. Weston, Strapdown Inertial Navigation Technology, Perter Peregrinus, United Kingdom, 1997.
- [8] Paul D. Groves, Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems, Artech House, 2008.
- [9] Godha, S., M.E. Cannon, "Integration of DGPS with a Low Cost MEMS - Based Inertial Measurement Unit (IMU) for Land Vehicle Navigation Application", Proceedings of the 18th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2005), pp.333-345, September 13-16, 2005.
- [10] Godha, S., "Performance Evaluation of Low Cost MEMS-Based IMU Integrated With GPS for Land Vehicle Navigation Application", MSc Thesis, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, 2006.