

가속도 및 지자기 검지 기능의 복합센서 모듈 개발

박호준*, 채경수, 조성환, 김현준, 황건
삼성전기 중앙연구소 eMD Lab.

Development of Hybrid Sensor Module for Acceleration and Geomagnetic sensing

Ho Joon Park, Kyoung Soo Chae, Sung Hwan Jo, Hyun Joon Kim and Ghun Hahm
Samsung Electro-Mechanics Co., LTD, Central R&D Institute

Abstract - 3축 가속도 센서, 2축 지자기 센서, 구동 ASIC 및 마이크로 컨트롤 유닛(MCU, Micro Control Unit)를 집적시킨 복합센서 모듈을 개발하였다. 센서 모듈의 사이즈는 8.3mm X 5.3mm X 1.5mm (0.066 cc)로서 스택(stack) 패키징 방식으로 제작하였다. 제작된 센서 모듈의 특성은 가속도 센서와 지자기 센서 모두 목표한 범위 내의 값이 얻어졌으며, 특히 까다로운 규격의 신뢰성 테스트 모두 통과함으로써 우수한 성능을 보유하고 있음을 입증할 수 있었다.

1. 서 론

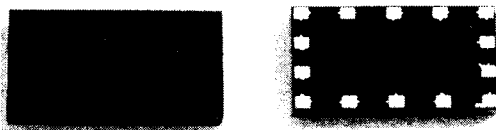
MEMS 기술이 발전함에 따라 초소형 센서 개발이 가능하게 되었다. 현재 가속도 센서와 자기장 센서는 휴대용 전자기기의 응용으로 확대되어 가면서, 낙하에 의한 충격으로 HDD가 파손되는 것을 방지하기 위하여 자유 낙하 상태를 인식하여 헤드를 안정한 상태로 위치시키는 HDD protection, 전후좌우 움직임을 인식하여 메뉴를 선택하거나 화면을 이동하는 scroll, 디지털 카메라에서 회전량에 따라 화면에 표시되는 사진의 방향을 자동적으로 전환하는 auto turn picture, 지구 자기의 세기를 인식하여 구현되는 전자나침반, 걸음에 따른 진동을 인식하여 구현하는 만보계, 숫자 형태 등의 몸동작을 인식하여 구현하는 단축키, 움직임 패턴에 따라 채널을 변경하거나 소리의 크기를 조정하는 리모콘, game을 위한 3D joystick, 사진 촬영 시 활용되는 손 떨림 감지, 디지털 펜 및 3D 마우스 등의 다양한 응용 분야로 발전하고 있다. 이러한 모든 기능은 가속도 센서와 지자기 센서를 조합함으로써 구현이 가능한데, 초소형 다기능 센서를 요구하는 사용자에게 향상된 편리성을 제공할 수 있도록, 두 종류의 센서를 한 개의 칩으로 집적한 복합센서 모듈을 개발하게 되었다[1].

본 논문에서는 초소형 사이즈로서 다양한 기능 수행이 가능하도록 정전 용량형(capacitive type) 3축 가속도 센서와 플럭스 게이트형(fluxgate type) 2축 지자기 센서, 구동 ASIC 그리고 디지털 인터페이스가 가능하고 메모리가 내장되어 있는 마이크로 컨트롤 유닛을 한 개의 기판에 모두 집적시킨 복합센서 모듈의 개발 결과에 대해 기술하였다[2].

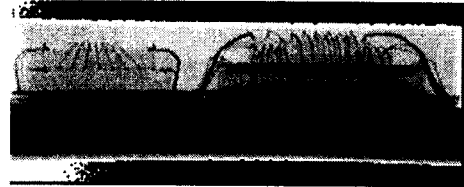
2. 본 론

2.1 복합센서 모듈의 제작

당사에 의해 개발된 센서 모듈의 사이즈는 8.3 mm X 5.3 mm X 1.5 mm (0.066 cc)로서 메모리에서 주로 사용하는 스택 패키징 방식으로 제작하였다. 그림 1 은 패키징 완료된 복합센서 모듈의 사진이고, 그림 2 는 센서 모듈 내부를 촬영한 x-ray 사진이다. 그림에 나타난 바와 같이 우측에는 다층 기판으로 제작된 지자기 센서, 마이크로 컨트롤러, 그리고 지자기 센서 ASIC을 쌓아 올려 다이 본딩(die bonding)을 하였고 좌측에는 가속도 센서와 가속도 센서 ASIC을 다이 본딩한 후 와이어 본딩(wire bonding)을 수행하고, EMC 몰딩으로 패키징을 완료하였다. 스택을 위해 사용된 각각의 다이 본딩 물질은 전기 절연이 가능한 물질을 채택하였으며, 본딩 면적의 정밀한 제어를 위해 필름 형태로 사용하였다.

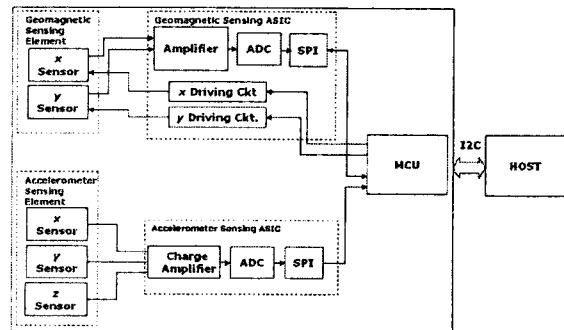


<그림 1> 제작된 복합센서 모듈



<그림 2> 복합센서 모듈 내부 X-ray 사진

그림 3 은 복합센서 모듈 구성에 대한 블록 다이어그램을 나타낸 것으로서 각 센서의 구동 ASIC과 신호를 주고받는 마이크로컨트롤러는 내장된 자체 메모리에 다양한 응용 프로그램을 저장할 수 있고, I²C 방식으로 외부 디지털(digital) 기기와 일대일 통신이 가능하도록 되어 있다.



<그림 3> 복합센서 모듈의 블록 다이어그램

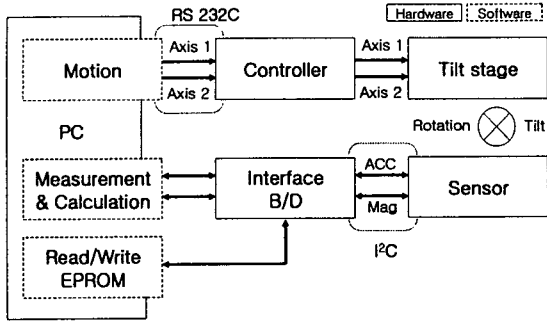
2.2 성능 측정 시스템

복합센서 모듈의 성능 측정은 양산성을 고려하여 짧은 시간 안에 가능하도록 PC와의 인터페이스를 통해 데이터를 수집하고, 센서에 원하는 가속력과 자계를 인가할 수 있도록 하며, 다양한 연산을 통해 수집된 데이터로부터 센서의 성능을 평가하는 one stop measurement 기능이 가능한 시스템을 구현하였다.

측정시스템은 -1g ~ +1g 범위의 중력 인가가 가능한 모터 구동 경사 스테이지(tilt stage), 자기 왜곡을 방지할 수 있는 자기 차폐 장치, 센서 모듈을 장착할 수 있는 인터페이스 보드, 전원 공급기, 전류 측정기 그리고 PC로 구성하였다. 테스트 보드를 포함한 각종 설비들은 PC의 직렬 포트와 GPIB 포트를 이용하여 연결되어 필요에 따라 데이터 수집 및 제어가 가능하도록 하였으며 스테이지의 구동, 인터페이스 보드로부터의 데이터 수집, 수집된 데이터의 연산, EPROM 읽기 및 쓰기는 NI Co.의 LabVIEW 7.1 기반의 소프트웨어를 활용하였다[3].

측정은 전류 측정을 통한 동작유무 판단, EPROM 정상 동작 유무 확인, 센서의 성능, 특히 감도가 목표치의 3% 이내에 도달하도록 보정하는 순서로 수행된다. 이때 각 센서의 감도의 계산은 측정된 값을 이용하는데 가속도계는 출력 값을 선형 근사(linear fitting) 방법으로, 지자기 센서는 Min.과 Max. 값의 차이 값을 이용하여 수행된다. 이렇게 계산된 값이 목표치와 다를 경우 증폭률 등을 조절할 수 도록 설정되어 있는 성능레지스터 값을 조정하여 출력 값을 변환시키며, 사용된 레지스터 값은 EPROM에 저장된다. 이 과정을 목표치에 도달할 때까지 반복하여 보정을 완료한다. 지자기 센서 특성 측정의 경우, 측정위치, 시간, 온도, 주변 장치의 동작 유무에 따라 영향을 많이 받게 되므로 외부로부터의 자기 변화를 차단하여 일정한 자계를 인가할 수 있도록 자기 차폐 장치를 고안하여 적용하였다. 이 자기 차폐 장치는 중앙에 위치한 경사 스테이지 중심을 기준으로 x, y, z 축 방향으로의 자기장의 세기를 측정 한 후 지구 자기와 동일한 환경을 만들어 주기 위하여, 주변에 감겨

있는 도선에 적절한 세기와 방향으로 전류를 인가함으로써 상쇄/보강 자기를 발생시킬 수 있도록 제작하였다. 그림 4에 측정시스템 개념도를 제시하였다.



〈그림 4〉 성능 측정시스템 개념도

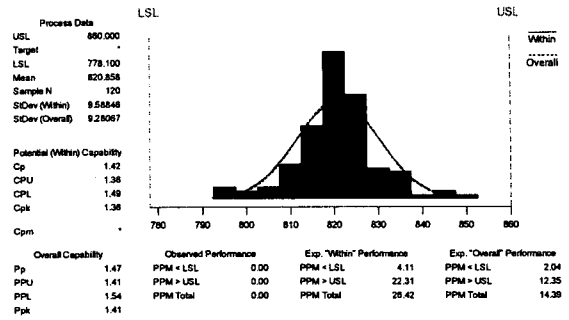
2.3 측정 결과

표 1에 복합센서 모듈의 주요 항목에 대한 특성값을 제시하였다. 개발된 복합센서 모듈은 제품에 적용되었을 때, 가속한 환경에서도 안정된 성능을 보장할 수 있어야 하므로 신뢰성 테스트를 통하여 허용범위 내 특성 유지 여부에 대한 확인이 필요하다. 이에 따라 신뢰성 테스트는 고온 보존, 저온 보존, 고온 고습 보존, 고온 동작, 저온 동작, 고온 고습 동작, 리플로우(reflow), 열충격, 중기 가압, 납땜성, 진동, 정전기 등의 12개 항목에 대해 규정에 의해 정해진 수량의 샘플을 준비하여 수행하였다. 테스트 조건은 반도체의 테스트 규격에 준하는 조건으로 시행하였으며 특히 MEMS 센서가 취약한 것으로 알려진 낙하 충격 테스트는 핸드폰의 테스트 조건을 고려하여 규정 횟수만큼 철판 바닥을 향해 시행하였다. 그림 5와 그림 6에 테스트 이후 가속도 센서의 각 축별 감지 감도와 지자기 센서 감지 정확도에 대한 측정 결과를 나타냈다. 그림에 제시한 바와 같이 각 축 방향으로 인가되는 가속에 대한 센서의 감도 성능은 819±3%로서 x축은 약 4.6g, y축은 약 5.6g, z축에 대해서는 약 4.5g 수준의 산포가 일어났고, 지자기 센서의 정확도(Accuracy) 성능은 0°기준 ±5°로서, 측정결과 5.6°의 우수한 성능을 확보하였다 따라서, 신뢰성 테스트 이전과 이후의 측정값이 모두 정해진 규격 이내에 위치함으로써 모든 신뢰성 테스트를 통과하였고 안정된 성능을 보유하고 있음을 확인하였다.

〈표 1〉 복합센서 모듈의 주요 특성

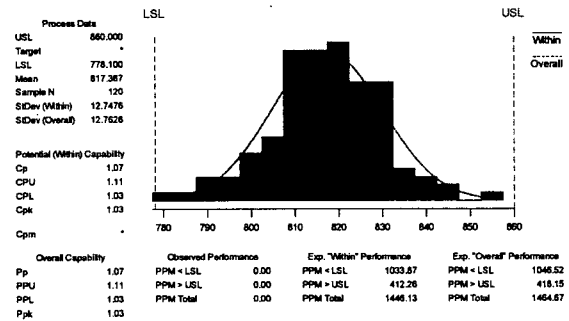
Performances	Items	Units	Values
Magnetic/Heading	Accuracy	deg.	±5
	Resolution	deg.	±1
	Linearity	% FS	1
Acceleration	Range	g	±2
	Sensitivity	count/g	819
	Linearity	%FS	±0.5
Electrical	Interface	-	I ² C
	Supply Voltage	V	2.7~3.3
	Temp. range	°C	-30~85

Process Capability Analysis for Sy



(b) 가속도 센서 y축의 감도 산포

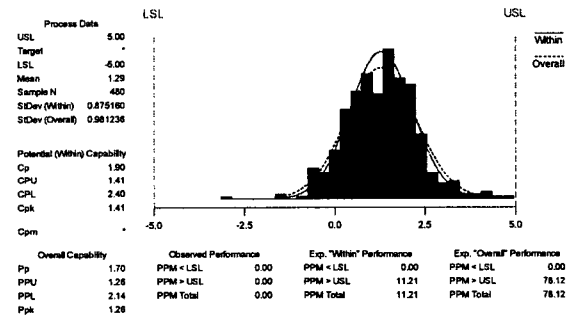
Process Capability Analysis for Sz



(c) 가속도 센서 z축의 감도 산포

〈그림 5〉 각 축 방향 인가 가속에 대한 감도 산포

Process Capability Analysis for Accuracy



〈그림 6〉 지자기 감지 정확도에 대한 산포

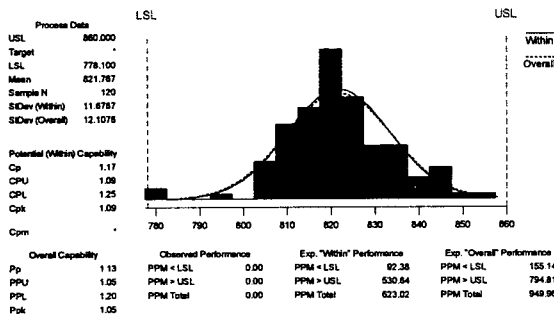
3. 결 론

개발된 복합센서 모듈은 우수한 성능을 바탕으로 위치 기반 서비스 및 움직임을 매개로 하는 여러 분야의 응용에 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 패키지 및 시스템 설계, 제작, 측정, 평가 등의 축적된 기술과 경험을 바탕으로 다른 여러 종류의 센서들을 집적하여 더욱 다양한 분야의 응용이 가능한 센서 모듈을 제공할 계획이다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] D. F. Lemmerhirt, D. A. Fick, and K. D. Wise "An Autonomous Microsystem for Environmental and Biological Data Gathering", The 13th Inter. Conf. on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems., pp. 233-238, Seoul, Korea, 2005.
- [2] 채경수, 박호준, 이현기, 조성환, 김현준, 함건, 오용수, "복합형 3차원 동작 인식센서 자동 측정 시스템", 2005년도 한국센서학회 종합학술대회 논문집, pp. 383, 대전, KAIST, 2005.
- [3] 광두영, 컴퓨터 기반의 제어와 측정 LabVIEW, Ohm 사, pp. 287-450, 2004.

Process Capability Analysis for Sx



(a) 가속도 센서 x축의 감도 산포