

관성항법장치 고장검출 기법 기술동향

관성항법장치는 항공기, 유도탄 잠수함과 같이 항법을 필요로 하는 시스템에 실시간으로 항법정보를 제공한다. 그러므로 관성항법장치가 정상동작하는 가를 실시간으로 판단하는 것은 관성항법장치 적용 시스템의 운용 관점에서 매우 중요하며 이를 관성항법장치 고장검출 기법이라 한다. 본 논문에서는 관성항법장치의 고장검출 기법에 대한 기술동향을 조사하였다. 관성항법장치 고장검출 기법의 기술동향은 관성항법장치 기술동향과 매우 밀접한 관련을 가지고 있기 때문에 본 논문에서는 전 세계적으로 사용되었거나 혹은 현재 사용되고 있는 주요 관성항법장치의 기술분석을 통하여 고장검출 기법의 기술동향에 대하여 조사하였다.

■ 김천중*, 박흥원*, 유준**
 (*국방과학연구소, **충남대학교)

I. 서론

관성항법장치(Inertial Navigation System)는 기준좌표계에 대한 운반체의 각속도 및 가속도를 측정하는 관성센서인 자이로와 가속도를 이용하여 관성공간상의 뉴턴 법칙에 의한 운동량 누적 계산에 의하여 사용자에게 위치, 속도, 자세정보를 실시간으로 제공하는 항법장치로 외부의 도움이 필요 없다는 장점을 가진다[1,3,6,7].

관성항법장치는 차량, 선박, 잠수함, 유도무기, 우주선 등과 같은 항법이 요구되는 거의 모든 시스템에 적용되고 있으며 관성항법장치의 오동작은 관성항법장치를 사용하고 있는 시스템에 심각한 오동작을 유발하게 된다. 그러므로 관성항법장치의 정상동작 여부를 연속적으로 판단하는 기능은 관성항법장치 적용 시스템의 운용관점에서 매우 중요하며 이러한 기능은 관성항법장치 전원인가 초기에 혹은 관성항법장치 운용 중에 연속적으로 수행되며 이를 관성항법장치의 고장검출 기법이라 한다[8,9]. 현재 선진국에서 생산 및 운용되는 관성항법장치에는 자체 고장검출 기능을 모두 내장하고 있으며 고장검출 확률 또한 전자부 고장의 98% 이상을 검출할 수 있도록 규격을 제정하고 있다[8,9,10]. 이러한 경우 관성항법장치의 고장 여부를 판단하기 위하여 하드웨어 기반으로 관성항법장치 구성품별 주

요 신호를 획득하고 이를 이용하여 고장여부를 판단하는 방법을 많이 사용한다. 그러나 이를 위해서는 별도의 추가적인 하드웨어의 개발이 필요하며 이는 추가된 하드웨어에 대한 또 다른 고장검출 방법이 요구되므로 일반적으로 고장검출을 위한 하드웨어는 전체 구성 하드웨어의 5~20% 범위가 되도록 일반적으로 시스템을 설계한다[8].

위에서 언급한 관성항법장치의 고장검출 확률은 관성항법장치를 구성하는 개별 부품단위에서 고장을 검출하는 것이 아니라 SRU (Shop Replaceable Unit) 단위의 고장검출을 의미한다. SRU는 일반적으로 관성항법장치를 구성하는 모듈(Module) 단위의 구성품을 의미한다. 예를 들어 그림 1의 스트랩다운형 관성항법장치 구성품에서 SRU는 항법컴퓨터 모듈을 의미하며 항법컴퓨터 전자보드에 대한 고장이 검출되면 이를 즉각 다른 모듈로 교환할 수 있어야 한다[8,9]. 이러한 점을 고려하여 판단할 때 고장검출 확률을 높이기 위해서는 관성항법장치를 구성하는 SRU의 수가 적으면 비교적 손쉽게 고장검출 확률을 높일 수 있음을 의미한다.

일반적인 고장검출 절차는 관성항법장치 전원 인가 초기에 수행되는 SBIT (Start-up BIT)와 관성항법장치를 운용하는 전 구간에서 주기적으로 수행되는 PBIT (Periodic BIT) 혹은 CBIT (Continuous BIT) 그리고 관성항법장치 점검을 위하여 별도의 점검장비를 이

용하여 독립적으로 고장검출을 수행하는 IBIT (Initiated BIT)로 구분된다[11~18]. 일반적으로 관성항법장치가 전원인가 후에 초기에 고장 확률이 매우 높기 때문에 하드웨어/소프트웨어 기반의 고장검출 방법을 통하여 전체적으로 관성항법장치의 고장검출이 수행되며 관성항법장치 운용중에는 일반적으로 주요 부품에 대한 신호 점검을 통하여 PBIT가 수행되기 때문에 전체적인 시스템의 고장검출의 수행이 어렵다. 이러한 관점에서 일반적으로 고장검출 확률을 정의할 때 SBIT와 CBIT를 통하여 95% 이상의 고장검출 확률을 가지도록 관성항법장치를 설계한다. IBIT는 별도의 점검장비를 이용하여 고장검출을 수행하기 때문에 관성항법장치에 점검을 위한 별도의 신호를 인가하여 관성항법장치의 고장검출이 가능하며 98%이상의 고장검출 확률을 가지도록 관성항법장치를 설계한다[11~18].

관성항법장치의 고장검출 기법은 관성항법장치 적용 기술에 따라 달라지는 것으로 군사 규격서에서 제시된 고장검출 확률을 달성하기 위한 다양한 고장검출 방법이 적용된다[1,2,8,9,10]. 예를 들어 자이로를 각속도 적분 자이로(Floated Rate Integrated Gyroscope)를 적용한 관성항법장치의 경우 이를 운용하기 위해서는 온도제어, 스피ن모터, 토크(torquing) 신호처리 등과 같은 부

가적인 기능들에 대한 추가적인 고장검출이 이루어져야 한다 [13,14]. 그러나 링레이저 자이로(Ring Laser Gyroscope)와 같은 광학식 자이로는 회전체가 없고 온도제어가 불필요하기 때문에 이를 적용한 관성항법장치는 부가적인 기능 없이 고장검출이 가능하게 된다[3,15,16,17]. 이와 같이 고장검출 기법은 관성항법장치를 구성하는 관성센서와 밀접하게 연관되어 있기 때문에 본 논문에서는 관성항법장치 기술동향 및 관성항법장치 기술 선진국에서 적용되었거나 적용중인 관성항법장치의 기술 조사/분석을 통하여 관성항법장치 고장검출 기법에 대한 기술동향 조사 결과를 제시한다.

본 논문의 구성을 살펴보면 Ⅱ 장에서는 관성항법장치의 기술동향에 따른 고장검출 기법을 기술하고 Ⅲ 장에서는 관성항법장치 기술 선진국에서 제작된 제품의 고장검출 기법의 기술동향을 파악하고 마지막으로 Ⅳ 장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

Ⅱ . 관성항법장치 기술동향에 따른 고장검출 기법

관성항법장치는 김블형 관성항법장치(Gimballed INS)와 스트랩다운형 관성항법장치(Strapdown INS)의 두 가지 형태로 분류

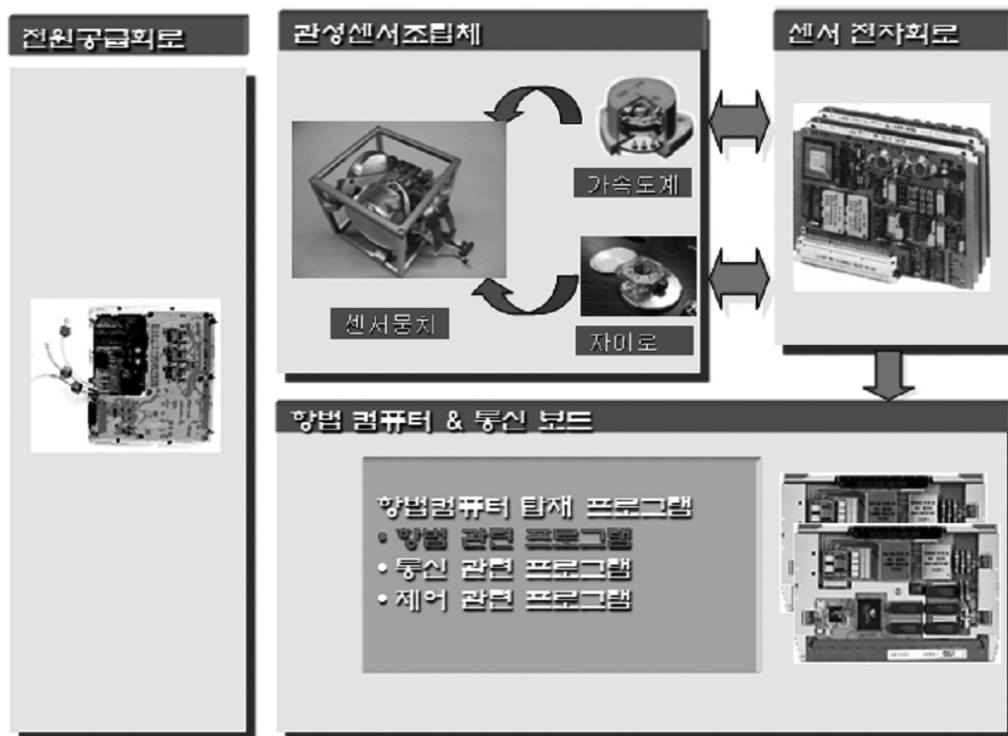


그림 1. 스트랩다운형 관성항법장치의 구성도.
Fig. 1. Diagram of Strapdown INS.

된다.

김블형 관성항법장치는 기준좌표계를 유지하기 위해 기계적인 플랫폼위에 3개의 자이로와 가속도계가 장착되어 있다. 플랫폼은 3개 또는 4개의 김블 구조로 구성되며 각각의 김블을 제어하기 위하여 모터와 싱크로가 장착되어 있다. 플랫폼 내부에 장착된 자이로에서 외부의 회전운동을 감지하여 자이로 출력이 발생되면 케환 루프를 통한 신호가 모터를 회전하여 플랫폼이 항상 일정한 자세를 유지하도록 구성되어 있다[2,13,14].

김블형 관성항법장치에 쓰이는 자이로는 측정범위가 1도 이내로 매우 작으므로 자이로의 정밀도를 높일 수 있다. 유체가 포함된 각속도 적분 자이로를 사용함으로써 일정온도를 유지해야 됨으로 온도 제어 장치가 필요하고 초기 온도 안정화 시키는데 많은 시간이 요구된다. 이와 같이 복잡한 구조의 김블형 관성항법장치는 그림 2에서 나타난 바와 같이 김블 싱크로 신호처리, 모터 제어, 온도제어 등의 아날로그 회로 등과 항법 컴퓨터, 통신 신호처리 등의 디지털 전자회로 등으로 구성된 약 20여장의 전자 보드와 기계적인 구조의 김블/플랫폼으로 구성되며 이에 대한 각각의 고장검출을 수행하는 데 많은 어려움이 있으며 소프트웨어 고장검출 보다는 하드웨어 기반의 고장검출 비율이 높다[2,13,14].

1970년대 저전력/고성능 디지털 컴퓨터의 발달과 넓은 측정범위를 가지는 관성센서 기술의 출현으로 김블형 관성항법장치의 기계적인 김블을 수학적 계산으로 대체가 가능하게 되었다. 이에 따라서 관성센서를 운반체에 직접 부착하는 스트랩다운형 관성항법장치의 개발이 가능하게 되었다. 이는 관성항법장치 구조가 단순화되어 관성항법장치의 가격 하락, 신뢰성 향상의 원인이 되었다. 특히 관성항법장치 구조의 단순화는 고장검출 대상 SRU의 감소를 의미하기 때문에 김블형 관성항법장치와 비교하여 스트랩다운형 관성항법장치가 고장검출 기법

측면에서 매우 유리하게 되었다.

1970년대와 1980년대 초반에 걸쳐서 스트랩다운형 관성항법장치 개발을 위한 자이로의 집중적 연구 결과로 링레이저 자이로가 개발되어 링레이저 자이로 기반의 중급 스트랩다운형 관성항법장치가 개발되어 김블형 관성항법장치를 대체하기 시작하였다. 1980년대에 개발된 링레이저 자이로 기반의 스트랩다운형 관성항법장치인 LN-93의 경우 13개의 SRU로 구성되었다, 9개의 전자보드 SRU, 3개의 전원공급장치 SRU, 1개의 관성센서용치 SRU로 구성되며 각각의 SRU는 독립적인 고장검출 기능이 내장되도록 설계되었다. 이는 김블형 관성항법장치가 20개가 넘는 SRU로 구성되어 있는 것에 비하여 스트랩다운형 관성항법장치의 구조가 매우 단순화 되었음을 보여주는 결과이다[11].

최근 20년에 걸쳐 김블형 관성항법장치가 새로이 개발되지는 않았지만 고정밀 관성항법장치가 요구되는 잠수함, 대륙간 탄도탄 등과 같은 체계에서는 아직도 이를 사용하고 있는 것으로 알려져 있다[1]. 그러나 이와 같은 분야의 관성항법장치 기술은 문헌상으로 공개 되지 않아 적용된 고장검출 기법 및 고장검출 확률 등을 파악하기 매우 어렵다.

중급성능의 관성항법장치는 향후 10년 내에 새로운 개념의 관성센서 출현이 어려워 혁신적인 발전을 보일 것으로 예측되지 않으나 지속적인 개선은 이루어질 것으로 판단된다. 특히 관성항법장치의 전자보드는 전자 소자의 발전으로 가격/크기/무게/소모 전력 등이 많이 개선될 것으로 판단된다. 이는 관성항법장치를 이루는 SRU의 개수가 감소함을 의미하며 이러한 경우 하드웨어 기반의 고장검출 보다는 소프트웨어적인 고장검출의 비중이 증가할 것으로 판단된다.

저급 관성항법장치 분야는 다양한 보조센서의 개발로 인하여 적용 범위가 확대될 것으로 예측된다. 특히 반도체 제조공정 기술을 근간으로 발전된 MEMS (Micro-Electro Mechanical System) 기술을 이용하여 제작된 초소형 칩(chip) 단위 관성센서의 대량생산이 가능해졌다. 이에 따라 이를 적용한 초소형 관성항법장치의 단가가 낮아져 과거 일부 특수 장비에만 적용되던 관성항법장치가 상용제품에까지 널리 보급되게 되었으며 이에 대한 성능개선이 지속적으로 진행되고 있는 상황이다. 이와 같은 MEMS 기반 초소형 관성항법장치는 관성센서용치가 독립적인 1개의 SRU를 구성하고 신호처리/항법계산을 통합한 1개의 전자보드 SRU를 합쳐 총 2개의 SRU로 관성항법장치가 구성되기 때문에 고장검출 측면에서 하드웨어 기반의 고장검출 보다는 대부분이 소프트웨어 기반의 고장검출을 수행한다[18].

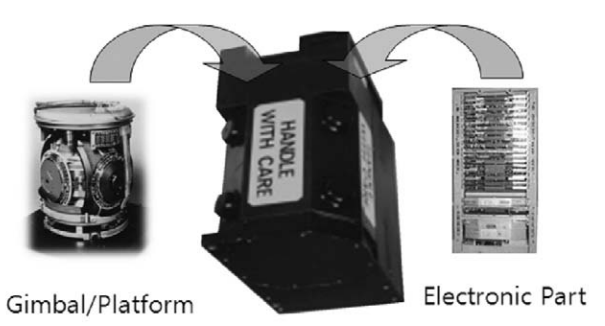


그림 2. 김블형 관성항법장치의 구성도.
Fig. 2. Diagram of Gimballed INS.

Ⅲ. 관성항법장치 고장검출 기법 기술동향

관성항법장치 기술 선진국은 크게 미국과 유럽으로 구분할 수 있다. 미국/유럽에서는 관성항법장치를 민간 기업이 군 및 정부의 수요를 충족시키기 위하여 개발하는 경우가 대부분이므로 이들 나라에서 제작된 관성항법장치 기술을 분석하고 이를 기반으로 관성항법장치 고장검출 기법의 기술동향의 파악이 가능하다. 본 장에서는 미국/유럽의 주요 관성항법장치 생산 기업의 제품을 분석하여 고장검출 기법의 기술동향을 파악한 결과를 제시한다.

먼저 1980년대에 영국의 GEC-Marconi에서 제작된 FIN1075 /FIN1110 김블형 관성항법장치는 김블형 관성항법장치의 구조가 복잡하기 때문에 각각의 전자보드 SRU의 주요 점검소자 전압을 A/D (Analog to Digital) 변환기를 통하여 항법컴퓨터로 읽어 허용범위에 있는가를 점검하여 하드웨어 기반의 고장검출을 수행하고 신호처리보드/메모리/교정데이터/항법 프로그램 등은 wraparound 및 checksum 시험과 같은 소프트웨어 기반의 방법으로 고장검출을 수행한다[13,14]. 고장검출은 SBIT/PBIT를 합하여 약 90%이상의 고장검출 확률을 가지도록 설계되었다. 그러나 김블형 관성항법장치의 경우 고장검출 대상 SRU가 매우 많기 때문에 고장검출 확률을 높이기 위해서는 추가적인 전자보드가 요구되어 고장검출 확률을 높이는데 한계가 있다.

1980년대 중반 미국의 Litton사에서 제작된 LN-93은 링레이저 자이로 기반의 항공기용 관성항법장치로 미국 공군이 요구하는 관성항법장치 요구규격인 SNU-84-1을 만족하도록 설계된 제품이다[10,12]. LN-93은 항공기 인터페이스를 위하여 디지털 및 아날로그 입출력이 가능하기 때문에 다양한 종류의 항공기에 적용되었다. 정확도는 위치 오차 0.8nmi/h, 속도 오차 2.5ft/s이며 정렬시간은 8분, 크기는 45.97cm x 20.04cm x 19.37 cm, 무게는 22.00Kg이다. LN-93 관성항법장치는 SBIT/PBIT/IBIT를 통하여 98.1%의 고장검출 확률을 가지도록 설계되었다. 특히 LN-93은 Litton사 자체 연구를 통하여 관성항법장치 전체 고장중에 65%가 전원인가 초기에 발생하는 것으로 확인되어 13개의 SRU 전체에 대한 고장진단을 하도록 SBIT 기능을 대폭 강화하였으며 항법 성능에 지장을 주지 않는 범위내에서 PBIT를 통하여 고장검출을 수행할 수 있도록 관성항법장치를 설계하였다. 특히 김블형 관성항법장치와 다르게 하드웨어 기반의 고장검출 기능을 줄이고 소프트웨어 기반의 고장검출 기능을 확대하여 관성항법장치의 가격/공간/무게/소모전력 등은 줄이고 신뢰도는 향상시키는 방향으로 관성항법장치를 설계하였다[12].

1990년대 중반 Honeywell사에서 제작된 H764 링레이저 자이로 기반의 관성항법장치는 많은 항공기에 적용되는 관성항법장치로 정확도는 위치 오차 0.8nmi/h, 속도 오차 3.28ft/s이며 정렬시간은 4분, 크기는 24.89cm x 17.78cm x 17.78 cm, 무게는 8.4Kg이다. H764는 SBIT를 통하여 98% 이상의 고장검출 확률을 가지도록 설계되었다[3,17]. 특히 H764는 그림 3에서 나타난 바와 같이 1980년대에 개발된 Litton사의 LN-93과 비교하여 4개의 SRU를 가진다. 3개의 전자보드 SRU와 1개의 관성센서모치 SRU로 구성되어 있다. 이는 고장진단 대상 SRU가 13개에서 4개로 감소한 것으로 전자기술의 발달로 인하여 1980년대 여러 개의 전자보드가 하나의 보드로 통합 및 소형화되면서 발생한

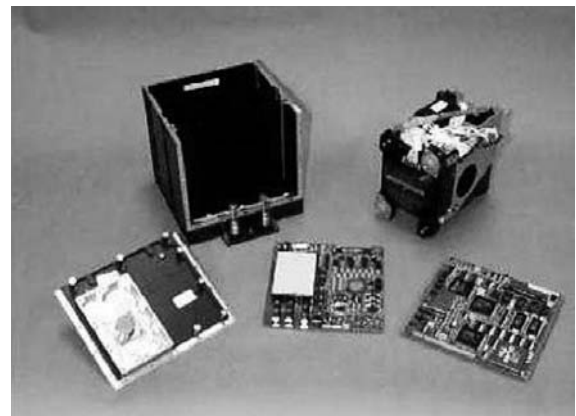


그림 3. H764 관성항법장치의 구성도.
Fig. 3. Diagram of H764 Strapdown INS.

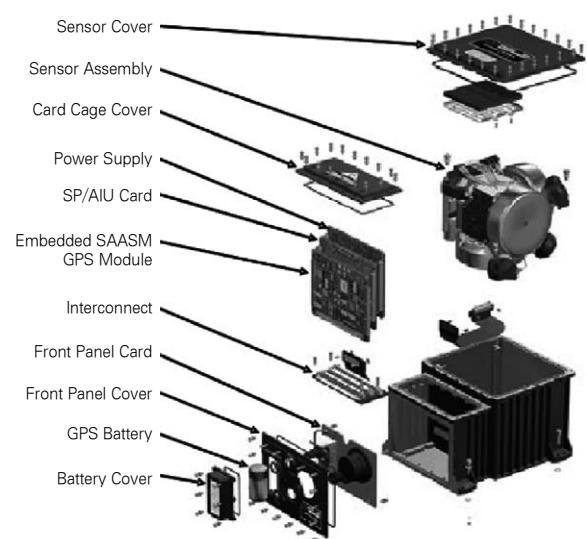


그림 4. LN250 관성항법장치의 구성도.
Fig. 4. Diagram of LN250 Strapdown INS.

현상이다. 이러한 관점에서 보면 여러 개의 전자보드를 동일한 기능을 하도록 통합 및 소형화하기 위해서는 전자보드를 ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)화 하기 때문에 이 과정에서 고장검출 기능도 ASIC에 포함되어 칩 레벨의 고장검출 신호가 생성된다[4,5]. 이러한 구조로 관성항법장치가 구성되면 항법컴퓨터 전자보드에서는 ASIC에서 전송한 고장검출 신호를 처리하여 고장검출을 수행하게 된다. 이와 같이 전자기술의 발달은 하드웨어 기반의 고장검출 기능은 축소하고 소프트웨어 기반의 고장검출 기능을 확대하여 관성항법장치의 신뢰도

향상에 결정적인 기여를 하였다. 비교적 최근인 2000년대에 개발된 광섬유 자이로(Fiber-Optic Gyroscope) 기반의 중급 성능 관성항법장치인 LN250 시리즈는 미국의 Litton사에서 개발되었으며 이 또한 전자보드의 수를 줄이고 소프트웨어적 고장검출 기법을 확대하여 SBIT/PBIT/IBIT를 통하여 약 98%의 고장검출 확률을 가지도록 설계하였다[4,11]. 그림 4는 LN250 시리즈 관성항법장치로 그림 3의 H764와 유사한 SRU 개수를 가지고 있는 것을 보여주고 있다.

저급 관성항법장치의 대표적인 제품은 1990년대에 개발 완료된 Honeywell사의 HG1700이 있다. HG1700은 그림 5에 나타난 바와 같이 링레이저 자이로 기반의 소형 관성측정장치(Inertial Measurement Unit)로 링레이저 자이로를 소형화하고 전원공급장치를 제거하고 3개의 ASIC화된 전자보드 SRU와 1개의 관성센서모치를 포함한 총 4개의 SRU로 구성되며 SBIT/PBIT 통하여 신뢰수준 93%의 고장검출 확률을 가지도록 설계되었다[5,20]. 이 제품도 대부분의 고장검출을 하드웨어보다는 소프트웨어 기반으로 고장검출을 수행한다.

2000년대에 영국의 BAE Systems사에서 개발된 MEMS 기반 초소형 관성항법장치인 SiIMU는 그림 6에서 나타난바와 같이 1개의 전자보드 SRU와 1개의 관성센서모치 SRU로 구성된 소형/경량 단순구조의 관성항법장치로 중급성능의 관성항법장치와 동일하게 SBIT/PBIT/IBIT 기능을 내장하고 있다[18,19]. 따라서 이러한 근거로 판단할 95% 수준의 고장검출 확률을 가질 것으로 판단된다.

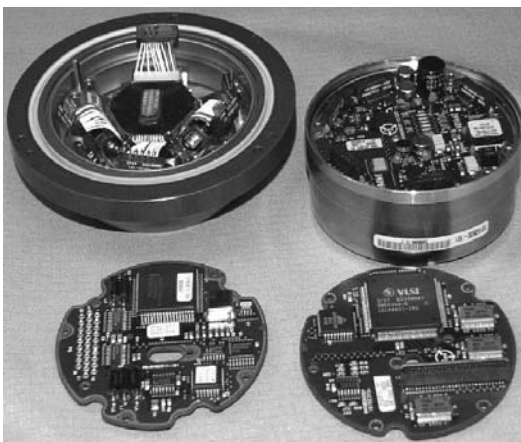


그림 5. HG1700 관성측정장치의 구성도.
Fig. 5. Diagram of HG1700 Strapdown IMU.

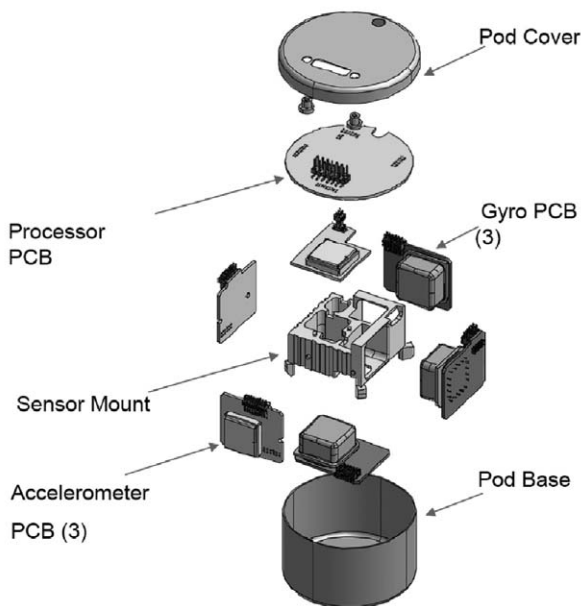


그림 6. SiIMU02 관성측정장치의 구성도.
Fig. 6. Diagram of SiIMU02 Strapdown IMU.

IV. 결론

관성항법장치의 개발시 요구되는 고장검출 확률 및 방법은 미국의 군사 규격서에 이미 제시되어 있으며 이를 달성하기 위하여 해외 선진국의 관성항법장치 개발 업체들은 다양한 방법의 하드웨어/소프트웨어 기반의 고장검출 기법을 적용하였다[8,9,10]. 관성항법장치 고장검출 기법은 관성항법장치의 기술 발전추세와 병행하여 발전하였기 때문에 본 논문에서는 관성항법장치 기술 선진국에서 개발된 관성항법장치의 고장검출 기법에 대한 기술조사를 통하여 고장검출 기법에 대한 기술동향을 제시하였다.

관성항법장치는 1970년대 저전력/고성능 프로세서 기술과 넓은 측정범위를 가지는 관성센서의 기술을 기반으로 스트랩다운형 관성항법장치가 개발되었으며 김블형 관성항법장치를 대체하기 시작하였다. 크고 복잡한 김블형 관성항법장치는 하드

웨어 기반의 고장검출 기법을 적용하기 때문에 고장검출을 위한 추가적인 하드웨어가 요구되며 고장검출 확률도 90% 정도로 비교적 낮은 편이었다. 그러나 스트랩다운형 관성항법장치는 구조가 간단하고 소형화가 가능하기 때문에 하드웨어/소프트웨어 기반의 고장검출 기법을 동시에 적용하여 약 98% 이상의 고장검출 확률을 달성하였다. 이 후 전자기술의 발달로 인하여 관성항법장치를 구성하는 구성품 즉 SRU의 개수가 점진적으로 감소하였다. 김블형 관성항법장치 시절에 20개 이상의 SRU로 관성항법장치가 구성되었으나 최근에는 2~4개의 SRU로 관성항법장치가 구성된다. 이는 하드웨어 기반의 고장검출 기법이 점차로 감소하고 소프트웨어 기반의 고장검출 기법이 확대 적용되고 있음을 의미하며 이러한 경향은 더욱 가속화 될 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] G. T. Schmidt and N. M. Barbour etc., "Advances in Navigation Sensors and Integration Technology," NATO, Report, EN-SET-064, 2003.

[2] A. D. King, "Inertial Navigation-forty years of evolution," *GEC Review*, vol. 13, No. 3, pp. 140-149, 1998.

[3] B. Willms, "Space integrated GPS/INS(SIGI) navigation system for space shuttle," *Proc. of Digital Avionics Systems Conference*, vol. 2, pp 7.A.4.1-7.A.4.8, 1999.

[4] C. Volk, J. Lincoln, and D. Tazartes, "Northrop Grumman's Family of fiber optic based inertial navigation systems," *Proc. of Digital Avionics Systems Conference*, vol. 2, pp 7.A.4-1~7.A.4-8, 1999.

[5] C. Volk, J. Lincoln, and D. Tazartes, "Characteristics of a small low cost inertial measurement unit," *Proc. of Autonomous Underwater Vehicle*, pp 75-87, 1998.

[6] D. H. Titterton and J. L. Weston, *Strapdown Inertial Navigation Technology*, Peter Peregrinus Ltd., Lavenham, 1997.

[7] G. M. Siouris, *Aerospace Avionics Systems*, Academic Press, Inc., 1993.

[8] MIL-STD-2165, "Testability Program for Electronic Systems and Equipments," 1985.

[9] MIL-HDBK-2084, "Handbook for Maintainability of Avionic and Electronic Systems & Equipment," 1995.

[10] SNU 84-1, "Specification for USAF Standard Form, Fit, and Function(F3) Medium Accuracy Inertial Navigation Unit," 1992.

[11] Litton, *LN-270 Pointing, Locating and Navigating System*, 2002

[12] Litton, *Technical Description of LN-93 Standard Ring Laser Gyro Inertial Navigation Unit*, 1988.

[13] GEC-Ferranti, *Specification for Digital Inertial Navigation Equipment Type FIN1075*, 1991.

[14] GEC-Marconi, *Technical Description for 2-Gimbal Inertial Navigation System*, 1994.

[15] GEC-Marconi, *Operators Manual for the FIN3110 Airborne Demonstrator*, 1996.

[16] Honeywell, *Technical Description of Modular Azimuth Position System*, 1986.

[17] Honeywell, *Technical Description of Tactical Advanced Land Inertial Navigator(TALIN™)*, 1995.

[18] BAE Systems, *Product Specification for the Inertial Measurement Unit-SiMU0*, 2004.

[19] S. Habibi, S. J. Cooper, J. Stauffer and B. Dutoit, "Gun Hard Inertial Measurement Unit based on MEMS capacitive accelerometer and rate sensor," *PLANS*, 2008.

[20] Honeywell, *User's Manual for the HG1700 Inertial Measurement Unit*, 1998.

● 저자 약력



김천중

- 1991년 충남대 전자공학과 졸업. 1993년 동 대학원 석사.
- 1993년~2000년 국방과학연구소 연구원.
- 2001년~2002년 한국항공우주연구원 선임 연구원.
- 2003년~현재 국방과학연구소. 선임연구원.
- 관심분야 : 관성항법, 통합항법 및 필터이론 등



박흥원

- 1979년 서울대학교 기계설계공학과 졸업.
- 1988/1995년, 서울대학교 제어계측공학과 석사/박사.
- 1979년~현재 국방과학연구소. 책임연구원.
- 관심분야 : 관성항법, 통합항법 및 필터이론 등



유준

- 1978년 서울대학교 전자공학과 졸업.
- 1980/1984년, KAIST 전자공학과 석사/박사.
- 1984년~현재 충남대학교 전자공학과 교수.
- 관심분야 : 산업공정제어, 센서 신호처리, IT 기반 로봇, 항법 시스템 등