

우주 비행체용 자이로 개발 현황

글 / 박영웅 ywpark@kari.re.kr, 박근주, 주광혁, 이훈희

한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단 통해기체계팀

초 록

지상, 항공 및 우주를 이동하는 모든 물체는 반드시 자신의 자세를 결정하기 위해서 여러 가지 센서들을 장착하여 그 신호를 이용해서 자동 항법, 유도 및 제어를 수행한다. 이때, 동역학 특성이 빠른 시스템들은 반드시 각속도를 측정할 수 있어야 하는데 이를 해결하는 장비가 자이로인 것이다. 본 논문에서는 다양한 자이로를 소개하며 그 원리와 성능 그리고 적용 분야에 이르기까지 현황을 집중 분석하고 특히 세계적인 자이로 개발업체를 소개하면서 그 업체가 보유하고 있는 제품들을 일부 소개한다.

자이로는 초창기 김벌 시스템을 이용한 관성원리를 적용한 것부터 시작하여 현재는 광학 시스템을 적용한 RLG 및 FOG 자이로가 많은 분야에서 사용되고 있고, 최근 새롭게 부각되어 개발을 시작하고 있는 MEMS 자이로가 있는데 아직 우주 비행체 분야에서는 적용되지 못하고 있다. 그리고, 자이로의 큰 범주로 다루어지는 않지만 자기력을 이용해서 회전체인 로터와 고정체인 플랫폼 사이에 기계식 접촉이 전혀 없는 새로운 시스템인 ESG 자이로도 일부 상용으로 생산되고 있다.

현재까지는 기계식 자이로의 정밀도 및 안정성이 광학식 자이로보다 우수하여 많이 사용되고 있지만 최근의 개발 추세로 보면 곧 광학식 자이로의 강세가 두드러질 것으로 보인다.

주제어 : 회전식 자이로, 고정식 자이로, 광학식 자이로, 자이로 성능, 자이로 적용, 자이로 개발 업체

1. 서론

자이로는 모든 위성을 비롯하여 항공기 및 지상의 모든 움직이는 시스템에서 자세(회전각, 회전각속도)를 감지할 수 있는 매우 중요한 센서이다. 시스템 외부의 고정된 목표물을 감지하여 현재의 자세 및 위치를 결정하는 센서들(위성의 경우, 태양센서, 지구센서, 별센서, GPS 등)을 통해서도 각도 및 각속도를 시간에 대해 계산함으로써 얻을 수 있지만 이것은 연산량 및 시스템 동특성 등에 따라 사용 범위가 제한되는 단점이 있다. 그러나, 자이로의 경우 그 구조가

외부 목표물을 감지하는 것이 아니고 자신의 관성을 적용하기 때문에 보통 가속도계 센서를 포함하여 관성센서로 부른다(3장 참조).

자이로는 기계식과 광학식으로 크게 구분한다. 기계식은 감지장치가 구조물의 변화를 통해 얻게 되지만, 광학식은 빛의 위상차를 통해 얻는 차이를 갖고 있다. 다시 기계식은 회전식과 고정식으로 구분할 수 있는데, 회전식은 자이로 내부에 회전관성을 갖는 회전체를 장착하고 있고 고정식은 구조물의 진동이나 휨정도 등을 측정하여 시스템의 각속도를 결정하게 된다.

관성 시스템이 초기 기술이었으므로 자이로의 초기 모델들은 모두 회전식으로 제작되었다. 그리고, 현재 고도화된 기술을 통해 새롭게 등장하게 된 다른 자이로에 비해 그 성능이 결코 부족하지 않기 때문에 아직도 많은 시스템에 적용되고 있다. 그렇지만, 최상위 성능 제품군과 성능대비 자가 제품군에는 광학식이나 고정식 자이로가 주류를 형성하고 있다(4장, 5장 참조).

다음의 표 1에서는 현재 많이 사용되고 있는 대표적인 자이로를 앞에서 설명한 분류에 따라 정리하였다.

표 1. 자이로 분류

기계식 (감지축 개수)		광학식 (감지축 개수)
회전식	고정식	
DTG (2)	HRG (1)	FOG (1)
RIG (1)	MEMS (1)	RLG (1)
		ZLG (1)

DTG : Dynamically Tuned Gyro

RIG : Rate Integrating Gyro

HRG : Hemispheric Resonant Gyro

MEMS : Micro Electro-Mechanical Systems

FOG : Fiber Optic Gyro

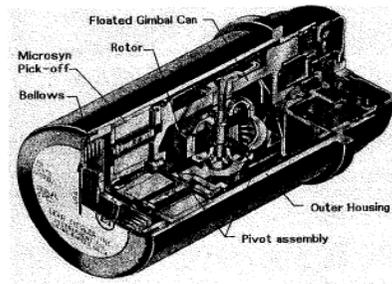
RLG : Ring Laser Gyro

ZLG : Zero-lock Laser Gyro

2. 자이로 역사

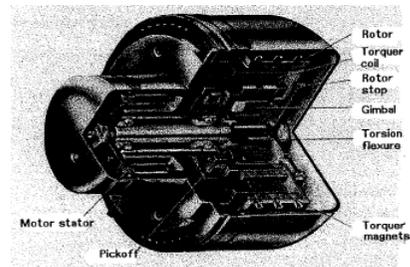
RIG 개념의 설계는 1942년 Charles Stark Draper 연구소에서 최초로 고안되었는데, 관성항법시스템을 위한 고정밀 3축 짐발 플랫폼 구현의 중대한 시발점이 되었다. 한편, 1955년에 고안된 MIT Instrument 연구소의 10-시리즈는 현재까지도 관성항법 시스템에 운용되고 있다. 최근에는 0.01 deg/hr 급의 제품에서는 이러한 RIG 대신에 RLG와 DTG 등이 플랫폼 고정방식(Strapdown) 기술과 함께 널리 사용되고 있다. 하지만 0.1~1 deg/hr 정도의 정확도에서는 아직도 RIG 기술이 사용되고 있으며 플랫폼 고정방식 기술에 응용한 Lear Siegler의 1903~1904 시리즈가 제작되었다. 예를들어 1904A 자이로의 측정 가능 각속도는 400 deg/s, 랜덤 표류오차는 0.2 deg/hr (rms)이다. 1904A의 구조는 그림 1과 같다.

소형 전략 미사일과 무인 비행기와 같은 원격조정 의 필요성이 증대되면서, 기존의 짐벌 플랫폼 방식은 비싸고, 규모가 크며, 비행전 준비시간이 오래 걸리는 단점 등이 설계상의 어려움이 되었다. 이에 따라 1940년대 중반에 도래한 플랫폼 고정방식 기술과 접목된 규모가 작고 덜 비싼 매카니즘의 연구가 진행되어서 1960년대 초에 DTG 기술이 개발되었다. 그림 2는 Teledyne사가 개발한 SDG-5 구조를 보여준다.



자료 : 참고문헌 [1]

그림 1. Lear Siegler 1904A RIG 절개도



자료 : 참고문헌 [1]

그림 2. Teledyne SDG-5 DTG 절개도

영국의 물리학자 G.H. Bryan은 공명하는 포도주 잔이 잔의 목 부분을 중심으로 회전할 때, 진동의 정상파(Standing Wave) 패턴이 공간에도, 포도주 잔의 처음위치에 대해서도 남아있지 않고, 회전각도의 미소량만큼 포도주 잔의 가장자리 주위에서 세차운동(Precession)을 한다는 사실을 발견하여 1980년 영국 왕립 수학회에 보고되면서 HRG의 개발이 시작되었다. 현재 상용으로 위성 시스템에 탑재되는 모델을 갖고 있는 곳은 미국의 Northrop Grumman(구, Litton)사로, 수명이 길고 작은 크기이며 높은 신뢰도를 가지고 있는 HRG 기술을 바탕으로 SIRU(Space

Inertial Reference Unit) 시리즈를 보유하고 있다. 그림 3은 SIRU 내부에 장착된 HRG 모형을 보여준다.



자료 : 참고문헌 [2]

그림 3. Northrop Grumman SIRU 중 HRG 모형

광학식 자이로의 원리인 빛의 Sagnac 효과를 이용한 각속도 측정 개념이 1963년에 W.M. Macek과 D.T.M. Davis에 의해 처음으로 발표되었고, 이후 여러 국가의 기술력 있는 업체들이 개발에 참여하였다. 1980년도 초에 FOG가 처음 개발되었으며 1990년대에 이르러 시제품 중의 하나로 미국의 Honeywell사가 GG1342 모델을 개발하였다. 1990년대 초에는 차량이나 유도조종에 쓰이는 100 deg/h급 자이로가 개발되었고 1990년대 말까지 1 deg/h급과 항법용인 0.1 deg/h급 자이로가 개발되었으며 2000년대에 이르러 우주선 탐사용 고정밀 자이로(약 $1e-3$ deg/h급)가 개발되었다.

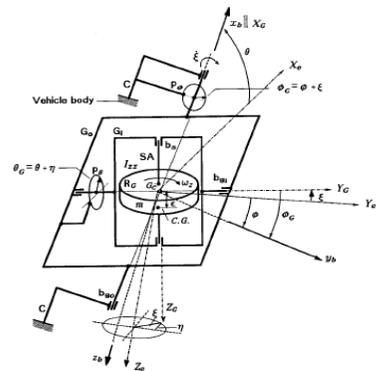
현재는 미국 및 유럽의 많은 업체가 지상 및 우주용 광학식 자이로를 보유하고 있고 더 좋고 저렴한 제품을 위해 지속적으로 개발을 하면서 점차 RLG를 대체하는 추세가 되고 있다.

3. 자이로 원리 소개

3.1 회전식 자이로

회전식 자이로는 세부적인 감지방식에 따라 김벌식과 플랫폼 고정방식이 있는데, 김벌 방식은 자이로와 그것이 장착된 시스템 사이에 자유도가 있어서 시스템이 회전을 하여도 자이로 관성축은 일정하게 유지되고, 플랫폼 고정방식은 자유도가 없어서 시스템이 회전하면 자이로 관성축도 회전하게 되지만 김벌축에서 변위가 발생하지 않도록 제어하는 구조를 갖고 있다.

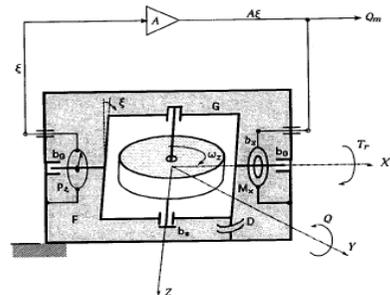
김벌방식 자이로의 개요는 그림 4와 같다. 외부 김벌과 베어링 구조로 연결된 내부 김벌 회전축 베어링 b_s 에 수직으로 매달린 로터 R_G 가 회전하는 구조이며 외부 김벌은 자이로를 장착하고 있는 시스템에 고정된 베어링에 매달려있다. 이와 같은 2축 메커니즘은 회전하는 로터를 동특성을 갖고 운동하는 시스템의 회전 운동에서 격리하는 원리로서, 김벌 베어링들이 마찰이 없는 경우와 외란이 없는 경우를 가정하면 로터의 회전축이 초기 자세를 유지하게 된다. 따라서, X와 Y축 각(P_θ, P_ϕ)이 김벌 베어링축에서 각각 측정된다.



자료 : 참고문헌 [1]

그림 4. 회전식 자이로 김벌방식 개요

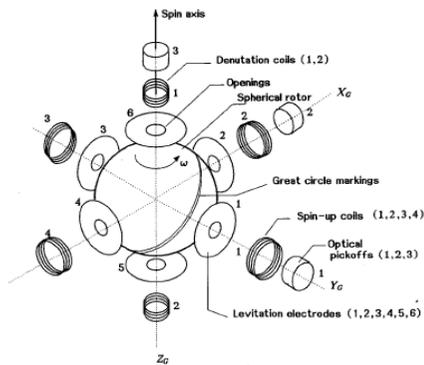
플랫폼 고정방식 자이로는 그림 5와 같이 3개의 김벌을 갖고 있지만 Y축으로는 자유도가 없이 고정되어 Y축 회전이 발생하면 자이로 관성축은 X축으로 토크를 발생하여 b_G 지점에 변위가 발생하게 되는데 그 변위를 제어하는데 요구되는 전위 값을 환산하여 Y축 회전 변위를 측정하게 된다.



자료 : 참고문헌 [1]

그림 5. 회전식 자이로 플랫폼 고정방식 개요

회전식 자이로에서 회전 로터를 플랫폼으로부터 격리하는 최첨단 기술이 ESG (Electrostatically Supported Gyroscope) 기술이다. 이상적으로 구형 로터를 주변장치를 완벽하게 격리하여, 표류오차가 없는 자유자이로에 근접한 이 기술은 1954년 Honeywell사가 개발하였는데, 그림 6에서 개요를 볼 수 있다. Honeywell사의 설계에서는 속이 빈 바릴륨 구를 로터로 사용하는데 직경이 38mm이고 구와 정상상태에서 150V가 인가되는 공중부양 전극사이의 간극은 진공상태로 0.01mm이다. 이렇게 좁은 간극과 높은 인가 전압으로 인해 충분한 정전기력이 발생하여 구를 지지할 수 있게 되는데, 인가 전압을 조정함으로써 모든 전극과 구사이의 간격을 일정하게 조정한다.



자료 : 참고문헌 [1]

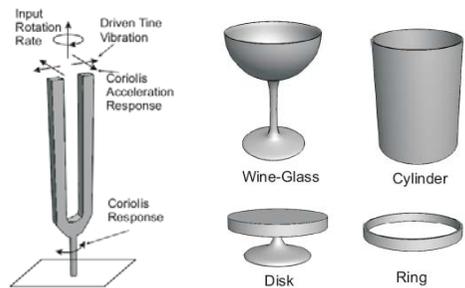
그림 6. 회전식 자이로 ESG 개요

한편, North American Rockwell사의 ESG는 속이 팍찬 1cm 직경의 바릴륨 구를 로터로 사용하는데 주축의 구분을 위해 선호하는 축에 대해 더 큰 관성능률을 가지도록 구멍을 뚫는다. 이렇게 정해진 스핀축에 스핀업 코일을 통해 로터에 회전을 부가하면 자기장이 형성이 되고, 유도된 맴돌이전류에 의해 유도모터를 최대 150,000rpm의 속도에 이르게 한다. 일단 이 속도에 다다르면 스핀업 코일에 걸린 전력을 해제하게 되는데 진공상태이고 기계적 마찰이 없기 때문에 자이로 단독으로 6개월 이상 동작하게 된다. 한편, 이러한 설계는 1e-3 deg/hr 이하의 표류오차를 가능하게 해주며, 1e-4 deg/hr의 표류오차를 가지는 ESG가 개발되어서 0.01 nmi/hr 정도의 항법 정

밀도를 제공한다. 단점으로는 온도에 민감하다는 점과 높은 가속력을 지탱할 수 없는 설계상의 한계 등이 있다.

3.2 고정식 자이로

고정식 자이로에서 HRG는 구조물의 진동 공진을 이용하며 그림 7의 좌측과 같이 코리올리스 영향이 얇은 구조물의 진동주파수와 공진될 때 그 진동을 감지하여 회전각속도를 측정하게 된다. 우측의 그림은 HRG를 구성할 수 있는 다양한 형태를 보여주며, 현재 우주 비행체용으로 개발된 HRG는 그림 3과 같이 와인잔 모양을 갖고 있다.



자료 : 참고문헌 [3]

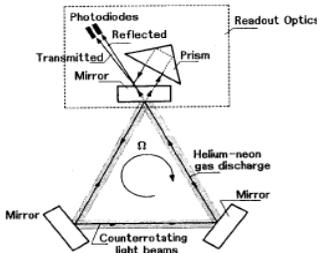
그림 7. 고정식 자이로 HRG 개요 및 구성 형태

3.3 광학식 자이로

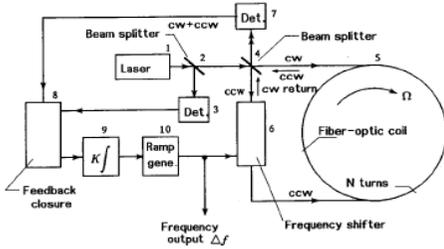
광학식으로 대표되는 자이로는 RLG와 FOG가 있는데 두 자이로의 차이는 광학경로가 된다. 즉, RLG는 빛이 통과하는 튜브가 삼각형을 형성하여 최단경로는 삼각형 둘레가 되지만 FOG는 광섬유에 빛을 투과하므로 최단경로는 광섬유가 감긴 길이가 되어 위상차를 얻기가 쉬운 구조를 갖고 있다. 그림 8과 그림 9는 각각 RLG와 FOG의 개요를 보여준다.

광학식 자이로는 기계식 자이로와 달리 근본적으로 질량 불균형, 진동교정민감도, 상대회전유도오차 (Anisoinertia), 비선형 돌출(pickoff), 비균질탄성도 (anisoeasticity), 잔류마찰토크, 오프셋 등의 오차가 존재하지 않아 복잡한 구조를 갖지 않는다. 그리고

운용면에서, 광학식 자이로는 비행 전 준비시간이 거의 필요 없는 중요한 이점을 가지고 있어서, 전원을 공급한 후 바로 사용할 수 있다. 또한, 재보정이 거의 필요 없어서 한번 보정을 하면 수천 시간 동안 운용이 가능하다.



자료 : 참고문헌 [1]
그림 8. 광학식 자이로 RLG 개요



자료 : 참고문헌 [1]
그림 9. 광학식 자이로 FOG 개요

광학식 자이로 중에서 RLG는 FOG에 비해 매우 안정된 입출력 특성을 가지는 선형 개회로 장치로서, 선형화를 위한 되먹임 혹은 대역폭 향상 등이 필요 없지만, 크기 측면에서 18x15x5cm의 체적이 요구되어 상대적으로 큰 편이고 실제로 3개 이상이 운용에 사용되므로 대형항공기에 적합하였다. 그러나, ZLG의 출현으로 크기가 상당히 줄어들면서 우주 비행체 용으로도 많이 사용되고 있다.

4. 자이로 성능 분석

우주 비행체용 자이로의 성능은 일반적으로 적용 시스템의 임무기간에 따라 분류된다. 즉, 단기 사용을 목적으로 하는 미사일 시스템과 장기 사용을 목적

으로 하는 위성 시스템이 그것이다.

미사일 시스템은 위성을 우주에 올려놓는 로켓과 우주셔틀을 포함하며, 높은 추력의 엔진을 장시간 사용하면서 몸체에 큰 진동을 발생시키고 짧은 시간에 넓은 범위의 궤도 전환이 이루어지기 때문에 자이로의 감지 범위가 넓은 반면 자이로 자체에 존재하는 시간에 따른 오차 범위는 위성 시스템에 적용되는 자이로에 비해 정밀하지 않아도 된다. 그리고, 정밀도가 중요하지 않은 것은 아니지만 미사일 시스템은 보통 재사용되지 않으므로 정밀도보다는 저가의 제품을 선별하게 된다.

반대로 위성 시스템은 개발 및 발사에 소요되는 비용이 고가이고 보수 등을 할 수 없기 때문에 장기 사용을 목적으로 하며 이것은 결과적으로 자이로의 시간에 따른 오차 성능이 중요하게 된다. 그리고, 위성의 지향정밀도가 매우 정밀해야 하므로 측정 범위는 좁더라도 자이로 감지 분해능이 좋아야 한다. 또한, 가장 중요한 것으로 장기 사용에 대한 신뢰도가 높아야 한다.

이렇듯 우주 비행체용 자이로의 성능을 주로 분석해야 하는 분야는 미사일 시스템보다는 위성 시스템 분야가 되고, 표 2는 시간에 따른 오차 성능을 위주로 성능 범주를 분류하여 정리하였다.

표 2. 자이로 성능 분류 (시간에 따른 오차 성능)

Segments	Scale Factor	Rate Flicker	Noise (ARW)	Life Time
Very High	< 20 ppm	< 0.01 °/h	<< 1e ⁻³ °/√h	Medium (≈ 5 years)
High	< 100 ppm	0.01 ~ 0.1 °/h	1e ⁻³ ~ 5e ⁻³ °/√h	Overall (2~15 years)
Medium	~ 1000 ppm	0.1 ~ 1 °/h	5e ⁻³ ~ 0.01 °/√h	Overall (1~15 years)
Low	> 1000 ppm	1 ~ 10 °/h	> 0.01 °/√h	Short (< 2 years)

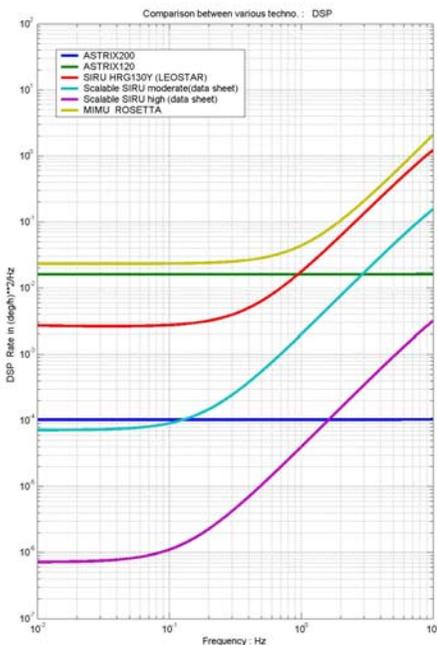
표 2에서 Scale Factor는 비선형 특성을 고려한 값인데, ppm 단위(1e-6)를 사용해서 선형 특성을 갖는 기준값에 대한 편차를 의미한다. 즉, 20 ppm의 경우 기준값에 대한 편차가 2e-3%가 됨을 의미하는 것이다.

Rate Flicker의 일반적인 다른 명칭으로는 bias

instability가 있는데, 이 요인은 랜덤하게 꺾박거리리는 광원에 대해 민감하게 반응할 수 있는 전자회로나 부품들에 의해 야기된다. 특히, 저주파대역에서 데이터의 바이어스의 흔들림이 크게 나타난다.

ARW(Angular Random Walk)는 광학적 특성으로 광원이 기준값에 해당하는 일정한 값을 제공하지 못하고 랜덤한 편차를 갖고 제공되어, 실제 측정시 노이즈처럼 분류할 수밖에 없는 오차가 발생하는 것을 의미한다. 그런데 이 값은 장시간 안정한 자세 유지를 위한 위성 시스템용 자이로에서는 매우 중요한 요소가 된다. 단위에서 볼 수 있듯이 시간에 대한 함수관계를 갖고 있다.

그림 10은 자이로의 ARW를 비교 분석한 하나의 예로 PSD(Power Spectral Density) 그래프를 보여준다. 이것은 프랑스의 EADS Astrium사가 개발한 제품인 Astrix 시리즈의 ARW 값이 매우 우수함을 보여주고 있는데, 다른 제품들은 고주파대역에서 ARW 오차요인이 크게 발생하고 있다.



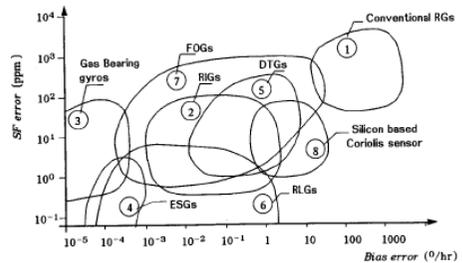
자료 : 참고문헌 (4)

그림 10. PSD vs. frequency for gyro ARW

지금까지 설명된 자이로들의 성능은 Bias 오차와 Scale Factor 오차로 특성화된다. 그림 11에서는 로

스스케일의 Scale Factor 오차와 Bias 오차측 사이의 영역으로 각 센서들의 성능 특성을 보여준다. 폐곡선으로 표현된 각 센서의 영역은 해당 상용제품들의 성능분포 영역이며 일반적으로 원점을 향해갈수록 가격이 비싸진다.

그림 11에 표기된 각종 자이로의 적용 유형에 대해서는 제5장에서 설명한다.



자료 : 참고문헌 (4)

그림 11. 자이로 성능 특성 분석 다이어그램

5. 자이로 적용 현황

앞 장에서 소개된 그림 11에 있는 각종 자이로 유형들의 적용 분야를 성능별로 분류하여 표 3에 정리하였다. 그러나, 표 3은 실제 시스템을 기준으로 정확하게 적용된 것을 보여주는 것이 아니고 각 자이로의 특성을 감안한 일반적인 분류이다. 그러므로, 실제에서는 각종 자이로가 더 다양하게 적용될 수 있고 자이로를 개발하여 판매하는 여러 업체들은 이러한 점을 고려하여 적절한 가격 및 성능을 유지할 수 있는 제품을 생산하고 지속적으로 개발을 시도하고 있다. (6장 참조)

표 3. 자이로 유형별 적용 분야 (그림 11 참조)

자이로 유형	적용 시스템
Conventional RG	자동비행, 자세결정, 비행체 댐핑
RIG	중급 성능 항법, 1 nmi/hr INS
Gas Bearing Gyro	< 0.1 nmi/hr INS (대륙간 비행 임무)
ESG	< 0.1 nmi/hr INS (ICBM)
DTG	> 1 nmi/hr (전략적 INS 및 유도)
RLG	> 0.1 nmi/hr (군용 및 상업용)
FOG	> 1 nmi/hr (중급 성능 INS 및 유도)
Silicon Coriolis Gyro	1 nmi/hr INS (미사일 시스템)

또한, 우주용 비행체의 미사일 시스템 중 발사체에 사용되는 자이로는 다음 표 4와 같이 적용되고 있다.

표 4. 발사체에 적용된 자이로 유형

김벌 방식	플랫폼 고정방식		
	DTG	RLG	FOG
Space Shuttle, Arian 2/3, Arian 4 (RLG 백업), H-1, CZ-2, SLV-3, ASLV	Delta II, Taurus, PSLV	Delta III, Titan IV, Arian 5, H-2, LLV	M-V

6. 자이로 개발 업체 현황

6.1 Honeywell

이 업체는 미국내 방산 제품 및 전세계적으로 항공 우주 항법분야의 제품 생산하는 최대 기업이다.

AHRS 시리즈와 TALIN 제품은 RLG 유형이고, GG5300 제품은 3축 각속도 감지가 가능한 MEMS 유형이며, FOG 유형의 자이로는 다양하게 확인되지 않지만 그림 12에서 볼 수 있는 제품이 생산되고 있다.



자료 : www.honeywellaes.com

그림 12. Honeywell 자이로 시리즈 (좌상 AH2100, 우상 TALIN, 좌하 GG5300, 좌우 FOG)

6.2 Northrop Grumman

이 업체는 Litton사와 LITEF사를 인수하여 자이로를 포함한 항법 전장품 분야의 최대 생산업체 중에 하나가 되었는데, 그중 HRG 유형의 모델은 SIRU(Space Inertial Reference Unit) 시리즈가 있고 FOG 유형에는 LN 200 시리즈가 있으며 ZLG 유형으로 LN 100 모델이 있다.



자료 : www.nsd.es.northropgrumman.com

그림 13. Northrop Grumman 자이로 시리즈 (좌상 LN200, 우상 LN251, 좌하 LN100G , 우하 Scalable SIRU)

LN 200 시리즈의 경우는 대부분 지상 군수장비에 탑재되거나 로켓과 같이 진동이 심한 곳에 장점을 갖고 있으며, LN 100 제품의 경우는 주로 전투기에 사용되었고 그 대표적인 것으로는 F/A-18, F-22 등이 있다. 또한, SIRU 시리즈는 대부분이 위성 시스템에 적용되고 있고 국내 위성인 무궁화위성 3호와 아리랑위성 2호에도 탑재되었다.

6.3 L3COM

이 업체는 지상 군수장비의 지향 및 유지 시스템에 높은 성능을 제공하는 제품을 생산하며 그림 14에 정리된 것과 같은 우주 비행체용 자이로 시스템도 생산하는 최대 방산업체 중에 하나이다.

RGA 시리즈와 PNU 제품은 RLG 유형의 자이로이며, SiFORS 제품은 FOG 유형의 자이로이다.



자료 : www.l3com.com

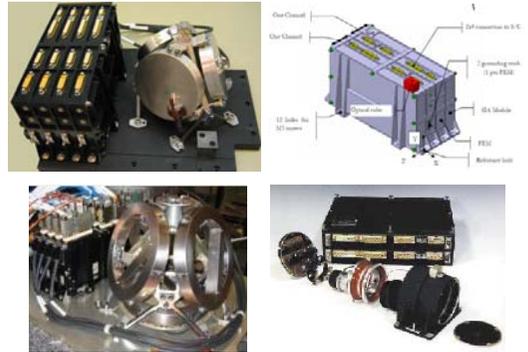
그림 14. L3COM 자이로 시리즈 (좌상 RGA14, 우상 RGA20, 좌하 PNU, 우하 SiFORS)

RGA14 제품은 Iridium 위성 프로젝트에 적용되었고, RGA20 제품은 Space Imaging, QuikScat, IceSat, FUSE, MTI 등에 탑재되었으며, SiFORS 제품은 미사일 및 군수 항법분야에 사용되며, 안테나 또는 소형위성의 안정화를 위해 사용되고 있다.

6.4 EADS Astrium

이 업체는 저궤도 및 정지궤도 위성을 제작하는 유럽 최대의 위성개발 회사이면서 자체적으로 자이로를 생산하는 업체이며 현재 국내의 기술로 확보하게 될 정지궤도위성인 통신해양기상위성의 버스시스템의 공동개발업체이다.

Astrix 시리즈는 FOG 유형이고, MAIA 제품은 DTG 유형이다. MAIA 제품은 Astrium사가 참여한 이전의 많은 위성 프로그램에 탑재되어 사용되었으며, 최근에는 Astrix 시리즈를 유럽우주기구(ESA)와 프랑스국립우주연구소(CNES)로부터 예산지원을 받아 1996년부터 개발에 착수된 후 지금은 우주인증 모델을 보유하고 있다. Astrix120 제품은 Plank 위성에 탑재되었고, Astrix200 제품은 Aeolus와 Pleiades 위성에 탑재되어 우주환경에서 검증을 마쳤다. 또한, Astrix120HR 제품은 저궤도 이상의 위성용으로 이미 우주인증된 광학계 모듈을 기반으로 Galileo 위성 및 통신해양기상위성에 탑재될 예정이다.



자료 : www.astrium.eads.net

그림 15. Astrium 자이로 시리즈 (좌상 Astrix120, 우상 Astrix120HR, 좌하 Astrix200, 우하 MAIA)

6.5 Kearfott

이 업체는 주로 DTG 유형의 제품을 생산하며 대표적인 자이로 모델은 SKIRU(Space-qualified Kearfott Inertial Reference Unit)시리즈와 TARA(Two Axis Rate Assembly) 시리즈가 있다.



자료 : www.kearfott.com

그림 16. Kearfott 자이로 시리즈 (좌상 SKIRU V, 우상 SKIRU D-II, 좌하 TARA I-T, 우하 TARA III)

SKIRU 시리즈가 적용된 위성 시스템에는 XTE, Voyager 1&2, Magellan, Galileo, Milstar, DSCS III-IABS, TDRS7, Gravity Probe-b, Chandra, Terra, Spitzer 등이 있고, TARA 시리즈가 적용된 위성 시스템에는 TOMS-EP, Lewis, Kompsat 1, ROCSAT 1, Quickbird 1&2, SWIFT 등이 있다.

7. 결론

본 논문에서는 다양한 자이로를 소개하며 그 원리와 성능 그리고 적용 분야에 이르기까지 현황을 집중 분석하였고, 특히 세계적인 자이로 개발업체를 소개하면서 그 업체가 보유하고 있는 제품들을 소개하였다.

자이로는 초창기 김벌 시스템을 이용한 관성원리를 적용한 것부터 시작하여 현재는 광학 시스템을 적용한 RLG 및 FOG 자이로가 많은 분야에서 사용되고 있고, 최근 새롭게 부각되어 개발을 시작하고 있는 MEMS 자이로가 있는데 아직 우주 비행체 분야에서는 적용되지 못하고 있다. 그리고, 자이로의 큰 범주로 다루어지지 않는 않지만 자기력을 이용해서 회전체인 로터와 고정체인 플랫폼 사이에 기계식 접촉이 전혀 없는 새로운 시스템인 ESG 자이로도 일부 상용으로 생산되고 있다.

현재의 자이로 적용분야는 4장이나 5장에서 분석한 결과처럼 정확하게 분리할 수 없을 정도로 다양하지만 그중에서도 광학식 자이로는 그 구성방식이나 원리가 단순하며 보다 높은 성능으로 향상시킬 수 있는 여지가 큰 분야이다. 그러므로, 현재까지는 기계식 자이로의 정밀도 및 안정성이 광학식 자이로보다 우수하여 많이 사용되고 있지만 최근의 개발 추세로 보면 곧 광학식 자이로의 강세가 두드러질 것으로 보인다.

참고문헌

1. Shmuel Merhav, Aerospace Sensor Systems and Applications, New York, Springer, 1996, pp.186-394
2. 최성봉 외, 정지궤도 통신위성 핵심 서브시스템 및 운용시스템 개발, 대전, 한국항공우주연구원, 1998, pp. 219-257
3. A.M. Shkel, "Type I and Type II Micromachined Vibratory Gyroscopes", IEEE, 2006, pp.586-593
4. Gyro for COMS : Market Survey, COMS.PS. 00023.DP.T. ASTR, issue 1, version 0, EADS Astrium, 2005
5. IEEE Standards Board, IEEE Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Single-Axis Interferometric Fiber Optic Gyros, IEEE Std 952-1997, 2003, pp.62-73
6. 김유단, 노용래, "발사체 유도제어 시스템", 한국항공우주학회 매거진, 제1권, 제2호, 2007, pp.40-47