

지구 저궤도 고해상도 관측위성의 개발 동향

글 / 김 규 선 gskim@kari.re.kr, 정 대 원 dwchung@kari.re.kr

한국항공우주연구원 아리랑위성 3호 사업단 체계종합그룹

초 록

1990년대 중반이후 선진외국의 위성 제작사들은 상업적인 목적으로 소형 위성체에 고해상도 광학 탑재체를 탑재한 위성을 개발하기 시작하였다. 특히 미국의 Lockheed Martin사에서 IKONOS라는 상업용 고해상도 지구관측 위성을 개발한 이후 미국 및 유럽의 선진외국 사에서 유사한 위성을 개발하여 미국 내 정부의 수요 및 해외고객의 수요를 충족시켰다. 최근 다음 세대 위성의 개발이 진행되어 1-2년 내에 발사를 앞두고 있는데 미국 내의 개발 동향은 위성의 대형화를 통한 성능 및 수명 증대와 더불어 고용량 자세제어 작동기를 사용한 고 기동성능 확보로 요약할 수 있으며, 탑재체 성능의 경우에는 PAN 채널의 경우 0.5 m 이하의 해상도를 갖는 성능 증대를 보이고 있다. 본 기술동향에서는 기존의 개발 되어있는 고해상도 지구관측위성의 특성을 살펴보고 향후 지구 저궤도 고해상도 관측위성의 개발동향에 대하여 분석하였다.

주제어: 우주산업, 인공위성, 고해상도 카메라

1. 서 론

고해상도 영상의 정의는 분야별로 조금씩은 다르게 해석되고 있는데, 예를 들면 기상관측위성에서는 1Km의 해상도가 고해상도 이지만 지구위의 물체를 식별하는 위성의 경우에는 해상도가 1 m는 되어야 고해상도라 분류할 수 있다. 고해상도 지구 저궤도 관측위성의 역사는 동서냉전 시대에 미, 소간의 군사적 긴장상태로부터 필요성이 출발 되었으며, 미국의 군사 첩보위성인 CORONA의 경우에는 1960년대 초부터 개발이 진행된 것으로 알려져 있다. 군사적 목적으로 시작한 지구관측 위성의 기술이 성숙된 이후인 1990년대 후반부터 미국의 위성 제작사들은 새로운 상업적 수요에 부응하기 위하여 고해상도 지구관측용 Camera를 탑재한 위성을 개발하기 시작하였다. 가장 먼저 발사를 한 위성이 미

국, Lockheed Martin사의 IKONOS로, 1m급 해상도의 흑백 채널과 4m 급 칼라채널의 대구경 카메라를 장착한 최초의 상업용 고해상도 위성이었다. 이후 Ball Aerospace 사의 Quick Bird-2, Orbital사의 Orbview 3 & 4 등이 유사한 성능을 갖고 있는 위성이었다고, 미국을 제외한 지역에서는 이스라엘 MBT사가 제작한 Offeq-5/ EROS와 유럽의 EADS/Astrium사가 설계하고 있는 Pleiades 등이 1m급 해상도 성능을 갖춘 위성체로 평가된다. 그리고 국내에서는 한국항공우주연구원이 개발하고 있는 다목적실용위성 2호 및 3호가 앞에서 언급한 위성과 동등한 성능을 갖고 있다.

최근의 상업용 고해상도 위성의 개발동향은 미국의 상업용 영상 판매사들에서 추구하고 있는 위성체의 대형화와 고속 자세제어 기동 능력 보유, 0.5 m 이하의 해상도 등으로 요약할 수 있는 경향과 이스라엘의 IAI 사가 지속적으로 유지하고 있는 소형위성을

사용한 고해상도 탑재체 위성의 개발 경향으로 구분할 수 있다. 본 기술동향에서는 최근의 지구 저궤도 관측위성의 개발동향을 미국의 상업용 영상 판매사가 추구하고 있는 대형화된 위성체를 사용한 개발동향에 대하여 집중적으로 분석하기로 한다.

표 1. 전 세계적으로 개발된/개발 중인 관측 위성

위성 명/국가	발사년도	해상도[m] PAN/MS	관측폭 [Km]
SPOT 1/프	1986	10/20	60
SPOT 5/프	2002	5/10	60/120
JERS/일	1992	18	75
IRS-1C/인	1995	5.7/23	70/142
KOMPSAT-1/한	1999	6.6	17
IKONOS-2/미	1999	0.82/3.24	11
EROS A/이	2000	1.8	12.6
Quick Bird 2/미	2002	0.62/2.48	17
Orbview-3/미	2003	1/4	8
FORMOSAT-2	2004	2/8	24
KOMPSAT-2/한	2006	1/4	15
World View I/미	2006	0.5/2	
Orbview-5/미	2006	0.41/1.64	15
Pleiades/프	2008	0.7/2.8	20

프: 프랑스, 일: 일본, 인: 인디아,
한:한국, 미: 미국 이: 이스라엘



그림 1. IKONOS 위성

소형화된 위성설계 이외에 또 다른 특성은 민첩성 또는 기동성을 들 수 있다. 이는 위성이 비행을 하면서 영상을 획득함에 있어서 관심지역을 조금 더 빨리, 신속하게 영상을 획득하는 방법으로 위성의 고속 자세제어 기동성능을 이용하는 것이다. 이와 같은 설계특성 및 개발동향은 대부분의 초기 상업용 관측위성에 공통적으로 나타나는데, 각 위성별로 구체적인 특성을 살펴보기로 한다.

IKONOS : Lockheed Martin 사(미국)

IKONOS 위성의 설계에 대해서는 별로 알려져 있는 것이 없으나, 미국 NASA의 RSDO(Rapid Spacecraft Development Office)에 등록된 LM900 Bus 카탈로그로부터 개략적인 민첩성 관련 성능을 알 수 있다. IKONOS는 자세제어 작동기로 RWA(Reaction Wheel Assembly)를 사용하고 있는 것으로 알려져 있으며, 각 축으로 4 deg/sec, 0.2 deg/sec²의 기동성능을 가지고 있는 것으로 표시 되어있다. 이를 700Km 원형 궤도를 기준으로 보면, 지구지향 자세로부터 관측 지점을 100 Km 밖으로 이동하는데 약 2초 정도 걸리고 이 동안에 지상 거리로는 약 10 Km 정도를 지나가게 된다. 자세제어계 특성 상 위성의 자세를 바꾸고 안정화에 시간이 소요 되므로 이를 감안하더라도 수치상으로 제시하고 있는 기동성능과 관련된 성능이 3축으로 모두 적용 가능하다면, 잠재적 사용자로부터 요구되는 대부분의 성능을 만족 시킬 것으로 생각된다. 특히 자세 안정화에 소요되는 시간을 최소화하기 위해서는 위성체가 충분한 강성을 가져야 자세변경

2. 해외의 위성체 개발동향

2.1 초기 상업용 지구관측 위성

1990년대 미국에서 개발된 고해상도 영상을 만들 수 있는 상업용 위성의 특성은 기존의 군사용 위성에 비교하여 소형화를 이룩한 것이다. 이는 전자광학 기술의 발달로 광학 탑재체에 필요한 전자장비의 소형화가 주원인이기도 하지만, 상업적 목적으로 사용하기 위해서는 경제성이 가장 우선되어야 하고 이는 초기 개발 투자비의 최소화가 필요한 상황에서의 기술적 방안이 소형화된 위성개발로 결론 내려졌을 것으로 판단된다.

기동 시 흔들림을 최소화 할 수 있고 이를 위하여 [그림 1]에 보인 것과 같이 위성은 고정식 태양 전지판을 몸체에 세 개를 한 개씩 장착하고 있으며 특히 각 태양 전지판의 강성을 증대하기 위하여 지지 보를 장착하고 있는 것을 볼 수 있다. 이와 같은 설계의 단점인 태양전지 장착 면적의 부족을 극복하기 위하여 위성몸체 끝 면에도 태양 전지판을 추가로 장착한 것을 볼 수 있다. 위성의 기동성능이라는 측면과 관련하여 또 한 가지 살펴보아야 하는 점이 탑재체 자료 전송 안테나 인데, 기본적으로 Gimbal을 사용하여 안테나의 지향을 조정할 수 있도록 되어 있어서 위성체가 지구를 지향하지 않더라도 지상국으로 자료를 전송할 수 있도록 되어있다.

Quick Bird-2 : Ball Aerospace 사(미국)

미국 Ball Aerospace 사의 Quick Bird-2는 BCP-2000 본체를 사용하여 개발한 위성체로 다른 대부분의 위성이 고정식 태양 전지판을 채택하고 있는 것과 비교하여 회전식 태양 전지판을 채택하고 있는 것이 특이한 점이다. 기동성능은 10도를 20초에, 50도를 45초에 회전기동할 수 있다. Quick Bird-2는 첫 번째 위성의 발사실패 후 초기에 설계되었던 고도보다 낮은 450 Km 에 두 번째 위성을 위치시켜 당초 설계되었던 것 이상의 해상도(~0.6 m)를 얻도록 하여 미국 내의 수요자로부터 호응을 얻은 것으로 보인다.



그림 2. Quick Bird-2 위성

Orbview 4 : Orbital 사(미국)

[그림3]에 보여준 Orbview-4 위성은 Taurus 발사체의 실패로 궤도에 진입하지는 못했으나 위성체의 설계라는 측면에서는 참고를 할 점이 많은 위성이다.

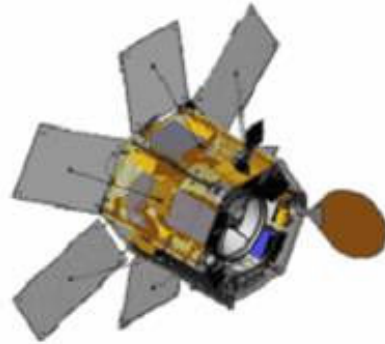


그림 3. Orbview-4 위성

Orbview-4의 위성체는 Orbital 사의Leostar-2 라는 이름으로 NASA의 RSDO에 등록 되어 있으며, 카탈로그에 표시된 기동성능은 1.25 deg/sec로 IKONOS 위성의 1/3정도의 각속도를 갖는다. 이는 IKONOS가 대용량 RWA를 사용하는 것과 비교하여 용량이 작은 자세제어 작동기로 RWA(Reaction Wheel Assembly)를 사용하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 IKONOS/LM-900 위성체(Bus) 질량이 492 Kg 인데 반하여 Orbview-4/Leostar-2의 위성체 질량이 376 Kg로 100 Kg 이상 가볍기 때문에 RWA만을 가지고도 잠재적 수요자의 요구조건을 만족시키는 민첩성을 가질 수 있는 것으로 생각했기 때문일 것이다. 특히 태양 전지판의 설계를 보면 IKONOS에서 보였던 태양전지 장착면적의 부족을 극복하기 위하여 6개의 패널을 장착하였고, 태양 전지판의 강성을 증대시키기 위하여 유사한 종류의 지지 보를 장착하고 있음을 볼 수 있다.

Offeq-5/EROS-1:IAI 사(이스라엘)

Offeq-5/EROS-1 위성은 거의 유사한 설계를 갖고 있으며 이스라엘의 특수성 때문에 자국 발사체인 Shavit의 발사용량에 맞추기 위하여 극단적인 경량화 설계를 한 경우 이다. 현재 EROS 위성의 영상률 상업적으로 판매하고 있는 Imagesat International사에서 계획하고 있는 EROS-B1의 그림을 [그림 4]

에 보여 주었으며, 설계 개념에서는 Orbview-4와 유사하며 정확한 민첩성 관련 수치는 없으나 무게가 가볍고, 자세제어 작동기로 RWA를 사용하려고 한다는 점을 고려하면 유사한 성능 즉 1.5-2 deg/sec 정도의 기동성을 가질 것으로 예상된다. 특히 2축제어가 가능한 좁은 빔폭을 갖는 안테나를 두개를 갖고 있어 앞에서 설명한 미국의 위성과 같이 위성체가 지구 방향을 지향하지 않더라도 지상국으로 자료를 전송할 수 있도록 되어있다.



그림 4. EROS 위성

Pleiades : EADS/Astrium 사

Pleiades는 프랑스의 CNES에서 Spot-4의 후속 프로그램으로 추진하고 있는 위성인데, 동종의 위성 중에서 아직 발사 되지 않은 위성으로 현재도 개발이 지속 중인 것으로 보인다. 위성의 설계는 기본적으로 IKONOS와 유사한 점이 많으며, CMG를 자세제어 작동기로 사용하고 있어 민첩성이 동급의 위성에 비하여 가장 높은 것으로 평가된다. CNES에서 주최한 세미나에 발표한 자료를 보면 롤과 피치 방향으로 60도를 이동하는데 25초정도 소요 되는 것으로 기동 성능 관련 성능이 나와 있다.

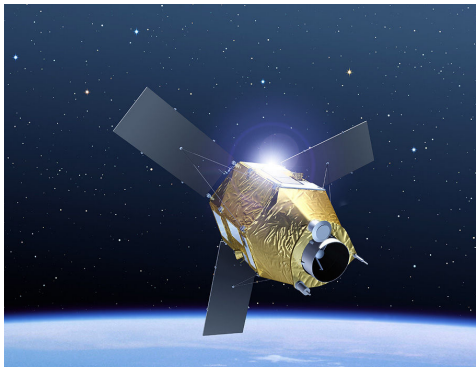


그림 5. PLEIADES 위성

[그림 5]에는 Pleiades의 개념도를 보여 주었으며, [그림 6]에는 위성의 기동성능을 이용한 자세지향 변화를 이용하여 스테레오 영상획득을 하는 개념을 설명하는 그림을 보여 주었다. 특히 Pleiades의 임무성능 요구조건에서는 전통적으로 고해상도 위성의 임무 요구조건인 디지털 지형도를 만드는 것 보다는 특수 위기 상황에서 제한된 구역, 예를 들면 100Km X 200Km 이내의 지역에 대한 집중적인 모자이크 영상 획득을 강조하고 있으며, 획득하고자 하는 영상의 판독 성능을 높이기 위하여 스테레오 영상을 획득하는 점을 강조하고 있다.

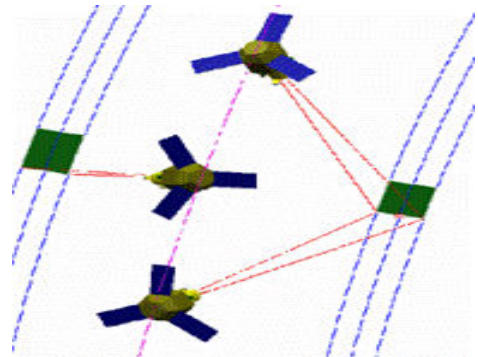


그림 6. 위성의 입체영상 획득 방법

2.2 최근의 상업용 지구관측 위성 개발

최기 사업용 관측위성의 개발 이후 미국의 개발동향은 위성체의 대형화로 요약할 수 있다. 1차 및 2차 걸프전쟁 및 아프가니스탄 전쟁을 통하여 상업용 지구관측위성의 유용성을 확인한 미국의 NGA(National Geospatial-intelligence Agency)에서는 Next View 계약을 통하여 향상된 해상도(~0.5m 급)의 영상을 확보하기 위한 노력을 진행 중이며, Ball Aerospace사의 World View와 Orbimage사의 Orbview-5 위성이 새로운 수요에 부응하기 위해 개발되고 있다.

World View : Ball Aerospace 사

Ball Aerospace사의 World view 위성 개발은 Quick Bird-2 이후 수요자의 높아진 기대에 부응하기 위한 노력의 일환이라 볼 수 있다. World view는 I 과 II 두 개의 위성을 개발하는데, 첫 번째 위성은

미국 내의 수요를 고려한 것이고, 두 번째 위성은 미국 내 및 전 세계 수요를 고려하여 개발을 추진하고 있는 위성이다. 기본적인 설계는 같으나, 궤도 운영에 있어 약간의 차이를 갖고 있으며 구체적인 항목별 성능 규격은 [표 2]에 적어 놓았다.

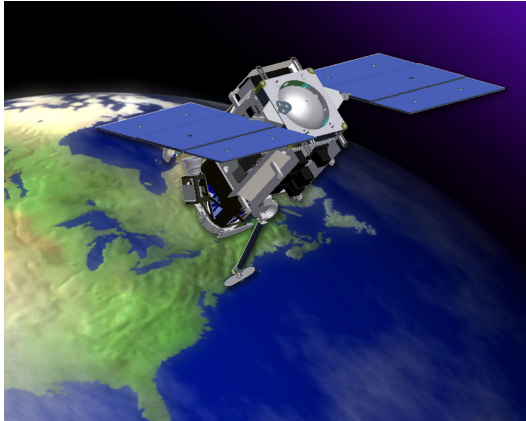


그림 7. World View I 위성

표 2. World View 위성의 성능

규격 항목	WV I	WV II	비 고
해상도(PAN/MS)	0.4/1.6	0.46/1.8	
관측폭(Km)	16	16	
궤도(Km)	450	770	태양동기
발사 질량(Kg)	2,500	2,800	
전력(KW)/EOL	3.2	3.2	
자세제어 작동기	CMG	CMG	
회전 기동성능	4.5도/초	3.5도/초	

Orbview-5 : Orbital 사

Orbimage 사는 미국의 국가기관인 NGA로부터 두 번째 Nextview 영상 공급 계약 업체로 선정되어, General Dynamics (Spectrum Astro 사)의 본체와 KODAK 사의 전자광학 카메라를 결합하여 Orbview-5 위성을 개발하는 계획을 진행하고 있다. Orbimage 사의 이전 위성들 Orbview-3 & 4는 여타의 위성에 비하여 크기 면에서 소형이었으나, Orbview-5의 경우에는 Digital Globe 사에서 개발하는 World view 위성의 개발동향과 비슷하게 대형화되고 고 기동성능을 갖는 위성 개발을 추구하고게 되었다.

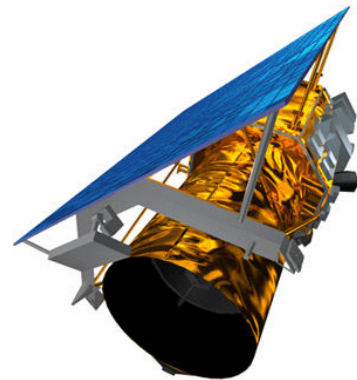


그림 8. ORBVIEW-5 위성

표 3. ORBVIEW-5 위성의 성능

규격 항목	성 능	비 고
해상도(PAN/MS)	0.41/1.6	
관측 폭(Km)	15.2	
궤 도(Km)	684	태양동기
발사 질량(Kg)	~2,000	
전력(KW)/EOL	~3	
자세제어 작동기	RWA	

3. 국내의 위성체 개발동향

3.1 다목적실용위성 2호

2000년 개발 사업을 시작하여 2006년 7월 발사 예정인 다목적실용위성 2호는 초기 상업용 고해상도 위성과 유사한 성능을 갖는 탑재체를 갖추고 있는 위성으로 대한민국의 한국항공우주연구원이 주도를 하여 개발을 하고 있는 위성이다. [그림 9]에는 비행 상상도를 보여 주었다.



그림 9. 다목적실용위성 2호

3.2 다목적실용위성 3호

2004년 개발 사업을 시작하여 2009년 9월 발사 예정인 다목적실용위성 3호는 2호 위성과 비교하여 증대된 해상도와 자세 기동성능을 갖고 있으며 [그림 10]에 비행 상상도를 보여주었다.

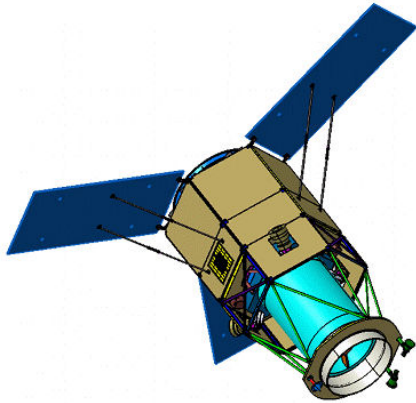


그림 10. 다목적실용위성 3호

참고문헌

1. 김규선 외“소형 고해상도 지구 관측위성의 민첩성에 대한 연구”, 한국항공우주학회 추계 학술대회, 2004
2. 참고자료를 수집한 Website
 - <http://www.spaceimaging.com>
 - <http://www.orbimage.com>
 - <http://www.digitalglobe.com>
 - <http://www.spaceimaging.com>
 - <http://rsdo.gsfc.nasa.gov/>
 - <http://smc.cnes.fr/PLEIADES/>
 - <http://www.imagesatintl.com/>