

위성 관측 기술

梁 英 奎, 朴 景 允

韓國科學技術研究院 시스템工學研究所

I. 서 론

1990년 8월 이라크군에 점령당한 쿠웨이트를 탈환하기 위하여 1991년 1월에 시작된 40여일간의 걸프전쟁은 미국을 비롯한 다국적군이 승리함으로써 예상보다 빨리 그 막을 내리게 되었다. 이번 전쟁에서는 다국적군의 첨단 병기에 맞서 비교적 잘 훈련된 이라크의 정예부대가 얼마나 버틸 수 있는지 그 결과에 대하여 많은 사람이 관심을 가졌으나 제공권을 장악당한 이라크의 일방적인 패배로 끝이 났다.

이러한 다국적군의 승리에는 여러가지 원인이 있었으나 전쟁이 시작되기 오래전부터 각종의 군사 관측 위성을 작전에 투입하여 효율적으로 활용한 점이 적중한 것으로 평가되고 있다. 미국은 이라크가 쿠웨이트를 침공한 이래 동원할 수 있는 모든 위성을 활용하여 걸프 지역 내에서의 이라크군의 이동 및 배치상황, 방어진지 구축현황 등을 감시하는 한편 전자도청 위성을 이용하여 이라크군의 통신을 감청하여 왔다. 또한 기상위성을 이용하여 걸프 지역에 대한 기상 정보를 수집, 작전에 활용하는 한편 자원 위성 자료를 이용하여 작전 지역의 최신 지도를 제작, 현지 파견 부대에 공급하였다.

위성 관측 기술이 효율적인 군사 작전에 필수적인 요소이기는 하나 이의 개발에는 고도의 첨단 복합 기술과 막대한 투자가 소요되므로 미국, 소련을 비롯한 군사 강국들만 보유하고 있다. 군사적으로 아직 불안정한 상태에 있는 우리나라가 이번 걸프 전쟁에서 얻은 교훈은 매우 크다. 이러한 배경에서 현재 각국에서 군사작전에 활용되고 있는 관측 위성의 개발 및 활용 현황을 살펴보고자 한다. 자료의 제약 때문에 미국을 비롯한 서방 진영의 기술이 주로 언급되었다.

II. 위성 관측 기술의 역사

정찰 비행기와 위성을 활용하는 공중 관측기술은 제 1차 세계 대전에서 아군의 포, 공격의 정확성을 높이고 적진의 포격 피해상황을 정확히 파악하기 위하여 기구를 띄우고 그 기구에 정찰병이 탑승하여 지상으로 관측 정보를 전달한데서 기원한다(그림1). 2차 세계 대전 때에는 항공기의 발달로 주로 항공기에 카메라를 탑재하여 적진의 현황을 사진을 찍어 분석하였다.

그러나 1950년대 초의 서 베르린 사태와 한국 동란으로 인하여 미국과 소련을 중심으로한 동서 양진영의 냉전시대가 개막되고 이에 따라 상호 군비 확장 경쟁이 시작되면서 서로 상대방 보다 군사적으로 우위에 서기 위하여 미사일 기지, 원자폭탄 실험기지 등 상대의 군비 현황을 파악할 필요성이 증대되었다.

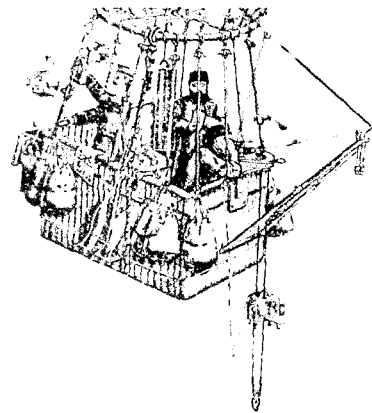


그림 1. 공중정찰의 효시-기구위에서의 공중정찰

이에 따라 미국은 항공기에 비해 안전하고 보다 장기적으로 공중에 체류할 수 있는 첩보위성의 개발을 시작하여 1950년대 말에 최초의 첩보 위성을 궤도에 진입시키는데 성공하였다.

초기의 첩보 위성들은 필름 탑재형의 위성으로서 필름을 캡슐 가득이 싣고 발사하여 목표물을 촬영한 후 필름이 모두 촬영되면 낙하산으로 필름 캡슐을 지상으로 낙하시키고 중간에 군용 수송기가 갈고리로 회수하는 방법을 채택하였다. 필름 탑재형 첩보 위성은 고정밀의 필름을 이용하는 관계로 지상 해상력의 뛰어난 장점이 있지만 필름이 소진되면 위성의 수명도 끝나며 또한 필름이 모두 촬영되어 지상에 낙하될 때까지 정보 분석을 하지 못하고 기다려야 한다는 단점이 있다. 1970년대 후반에 이러한 단점을 보완한 전자영상 첩보 위성이 개발되었다. 이 전자 영상 첩보 위성은 필름 대신 electro-optical 센서를 탑재하고 있으며 목표 지역의 상공을 지나가면서 영상을 취득하고 이를 실시간으로 지상에 송신할 수 있는 능력을 가지고 있다. 최근에는 일기에 관계없

이 목표물을 관측할 수 있도록 SAR(synthetic aperture radar)를 탑재한 제 3세대 첩보위성이 개발되었다.

Ⅲ. 첩보 위성

군사 첩보 위성의 성능 및 제원은 비밀 사항으로서 잘 밝혀지지 않고 있다. 최근에 공표된 자료를 보면 필름을 이용하는 미공군의 고정밀 필름 정찰 위성(high resolution film recon. satellite)과 KH-11 전략 정찰 위성(strategic recon. satellite), 미해군의 해양 정찰 위성(ocean surveillance)등이 주요 군사 첩보 위성으로 이용되고 있다(표 1). 고정밀 필름 정찰 위성은 타원형인 80×215 마일의 궤도를 선회하는 필름 회수용 위성이며 기존에 제작된 것을 다 사용하면 생산이 중단될 것으로 알려지고 있다. KH-11 전략 정찰 위성은 역시 타원형인 275×185마일의 궤도를 선회하며 multi-spectrum의 영상을 취득하여 실시간으로 지상에 송신할 수 있는 능력을 가지고 있으며 현재 미국 첩보 위성의 주류를 이루고 있다고

표 1. 미국의 군용 관측 위성 현황

(1990년 3월 현재)

종 류	위성 이름	Contractor/ User	무게(파운드)	발사체	최초발사일자	비고(목적)
첩보 및 정찰 위성	KH-11 전략 정찰 위성 (Strategic Recon)	미공군/CIA	25,000		'76. 12. 19	광역의 디지털 영상 전용용 위성, 궤도 275×185 마일
	고정밀 필름 정찰 위성 (High Resolution Film Recon)	미공군				초정밀 필름 회수용 위성, 궤도 80×215 마일
	해양 정찰 위성 (Ocean Surveillance)	미해군		Atlas F	'76. 3. 11	전천후 해양 정찰용
	Defense Support Program/ Advanced 버전	TRW/미공군	2,000		'71. 5. 5 '86	적외선(IR)센서를 이용하여 ICBM 이나, SLBM 등의 발사를 탐지
항해 및 위치측정 위성	Navy Navigational Satellite System (Transit)	GE/해군	301	Scout	'70	600mile의 극궤도에 상에 위치
	Nova	GE/해군		Scout	'81. 5. 14	Navigation
	Global Positioning System (NAVSTAR)	RocReil/ 국방성	1,157(Block1) 2,000(Block2)	Atlas E/F Delta 2	'85 '89	'91년 2월 현재 6개의 Block 1 위성과 8개의 Block 2 위성이 궤도에 상에 있음
기상예보 위성	Defense Meteorological Satellite Program	GE/국방성	1,131~3770	Atlas-Titan	'82. 12. 19	지구의 기상변화 모니터링용

(자료 : AW&ST Mar. 19, 1990)

알려져 있다. 해양 정찰 위성은 미 해군에서 전천후로 해양을 정찰하는데 이용된다. 한편 대륙간 탄도탄(ICBM)발사 시험이나 대기권에서의 핵폭발 시험을 탐지하기 위하여 적외선 센서(infrared sensor)를 탑재한 미 공군의 defense support program 위성이 활용되고 있다.

미국은 이라크가 쿠웨이트를 침공하자 첩보위성 4대를 궤도에 진입시켜 위성들이 각각 최소 하루 한 번씩 분쟁지역을 통과하며 이라크군의 배치 상황, 이동현황, 방어시설 구축 현황등을 파악하도록 하였다. 이 위성의 해상력은 극비로서 공개되지 않고 있지만 지상에 정착중인 자동차의 번호판을 인식할 수 있을 정도인 것으로 알려지고 있다.

소련도 이라크의 쿠웨이트 침공이 발생한 지 48시간 이내에 코스모스 2089 첩보위성을 발사하여 하루에 한번씩 분쟁 지역의 정보를 계속 수집하였다. 소련은 1967년 아랍과 이스라엘간의 6일 전쟁때도 첩보위성을 즉시 발사하는 기민성을 보였고 영국과 아르헨티나간의 포크랜드 전쟁시에도 20개가 넘는 위성을 발사하는 등 강대국으로서의 면모를 과시하였다. 소련은 미국에 비하여 더 많은 양의 첩보위성을 보유하고 있으며 미국이 미리 정해진 스케줄에 따라 위성을 발사하는 반면에 소련은 필요할 때마다 수시로 발사하는 신속성 있는 운영을 하는 것이 특징이다.

프랑스는 이태리, 스페인과 공동 개발한 Helios 군사 정찰 위성을 1993년 말에 아리안부스터를 이용하여 발사하려고 준비중에 있다. Helios 위성은 무게가 2,500Kg이며 고도의 정밀한 영상을 취득할 수 있는 센서를 탑재할 예정이며 Sun-synchronous 궤도에 올려질 계획이다.

IV. 자원 탐사 위성

자원 탐사 위성은 원래 민간에서 이용하도록 개발되었으나 군사 작전에 필요한 지도를 제작하거나 군사 시설의 이동 및 변화 탐지에 널리 이용되고 있다. 자원 탐사 위성의 개발 및 발사에는 수억 달러의 비용이 소요되고 그것을 운영하는 데도 상당한 시설투자가 필요하므로 이 재원을 뒷받침할 수 있는 미국, 일본, 프랑스, 소련등만이 자국의 탐사 위성을 보유하고 있다. 자원탐사 위성에는 미국의 Landsat 4, 5호와 프랑스 SPOT, 일본의 MOS-1, 소련의 COS-MOS 등이 있다.

미국의 Landsat 위성은 1972년 7월에 1호가 발사된 이래 1984년 7월까지 다섯개의 위성이 발사되어 자원탐사, 국토계획, 수자원 조사, 농작물 수확량 예측등에 널리 활용되고 있다(표 2). Landsat 위성은 지구의 남극과 북극 부근을 통과하는 근극궤도(near-polar orbit)를 고도 700Km로 선회하며 16일마다 같은 지점을 통과한다. Landsat 위성의 지상 해상력은 30m×30m 이고 한꺼번에 185Km×185Km의 영상을 촬영할 수 있다.

프랑스의 SPOT 위성은 1986년 2월에 발사되었으며 고도 830Km, 지상 해상력 10m×10m로서 자원 위성으로는 상당히 정밀한 영상을 촬영할 수 있다. 즉 지상의 주택의 형태나 시설물의 크기 및 종류, 대형 항공기등을 식별할 수 있다. SPOT 위성은 지도 제작, 농작물 작황 예보등 민간 부문에 많이 활용되었을 뿐만 아니라 군사정찰 및 정보 수집용으로도 많이 활용되어 왔다. 일례로 지난 수년 동안 사우디아라비아에 배치되어 있는 중국제 미사일, 군축 합의 사항에 위배되는 소련의 대 탄도탄 미사일 레이다 기지, 소련의 체르노빌 원자력 발전소 사고현장, 소련의 Kola 반도에 위치한 Gremikha 비밀 원자력 잠수함 기지, 소련의 레이저 무기 실험 기지등이 탐지되어 출판물에 의하여 공개되었다.

또한 SPOT 위성은 한 지점의 stereo 영상을 취득한 후 이를 이용하여 등고선 자료를 제작할 수 있으므로 지도가 만들어져 있지 않거나 부정확한 지역의 지형을 파악하는데 널리 이용되고 있다. 이번에도 미군이 걸프지역에 배치된 지 두달만에 미국 공병대는 Landsat 및 SPOT 위성을 이용하여 약 5천장의 지도를 만들어 현지 주둔 부대에 배부하였다.

탐사 위성 자료를 수신하기 위하여는 안테나와 컴퓨터를 구비한 지상 수신소의 설치가 필요하며 위성이 지상 수신소 상공을 통과할 때만 위성으로부터 직접 영상을 수신할 수 있다. 일례로 Landsat 수신소는 위성이 지평선에서 5도 정도 상공으로 올라올 때 부터 수신이 가능한 데 하나의 수신소에서 수신 가능한 지역의 면적은 약 28×10^6 평방 킬로미터이다. 현재 전 세계적으로 16개소의 지상 수신소가 설치되어 운영중에 있고 건설중인 것이 한 곳이 있다(그림 2).

지상 수신소에서 멀리 떨어진 다른 수신소에서 수신한 자료를 활용할 경우어나 또는 자료처리 시설이 수신소와 멀리 떨어져 있는 경우에는 위성 자료를 목적지까지 운송해야 하는데 이에 많은 시간이 소요

표 2. 국내에서 수신 가능한 자원 및 기상위성 현황

구분	국 가	위 성	센 서	지상해상력	스펙트럼채널(μm)	응 용 분 야
자 원 위 성	미 국	LANDSAT-5 고도 : 700Km 궤도 : 근극 (near polar)	MSS	80m×80m	0.5~0.6 0.6~0.7 0.7~0.8 0.8~1.1	1 : 250,000 축적 토지 이용도 작성, 자원탐사, 광역 지질도 작성
			TM	30m×30m	0.45~0.52 0.52~0.60 0.63~0.69 0.76~0.90 1.55~1.75 10.40~12.50 2.08~2.35	1 : 50,000 축적 토지 이용도 작성, 자원탐사, 농작물 재배 현황 조사, 임상도 작성, 지도 수정, 광화대 조사
	프랑스	SPOT 고도 : 830Km	HRV	10m×10m 20m×20m	0.51~0.73 0.50~0.59 0.61~0.68 0.79~0.89	1 : 25,000 축적 토지 이용도 작성, 지도 제작, 등고선 제작, 자원 탐사, 농작물 수확량 예측
기 상 위 성	미 국	TIROS-N/ NOAA 고도 : 850Km 궤도 : 근극 (near polar)	AVHRR	1Km×1Km	0.55~0.68 0.725~1.10 3.55~3.93 10.5~11.5 CHN 4 와 동일	풍향·풍속 측정, 구름 분포 조사, 구름 온도 측정, 눈/얼음 분포 조사, 해수온도 측정
			TOVS	HIRS/2 SSU MSU	N/A	대기의 수직온도 분포 측정, 대기중 수분 함량 측정, 대기중 오존함량 측정
	일 본	GMS-3 고도 : 36,000Km 궤도 : E140° 적도상에 정지	VISSR	HR-FAX		구름 사진 작성, 풍향·풍속 측정

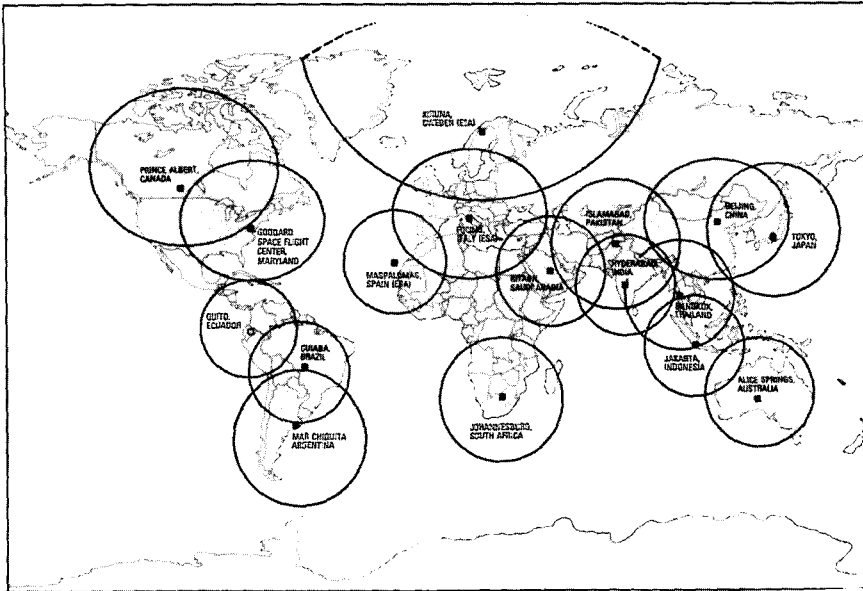
* AVHRR : Advanced Very High Resolution Radiometer
HIRS/2 : High Resolution Infrared Radiation Sounder
HR-FAX : High Resolution Facsimile
HRV : High Resolution Visible Imaging System
MSS : Multispectral Scanner
MSU : Microwave Sounding Unit

P : Panchromatic
SSU : Stratosphere Sounding Unit
TM : Thematic Mapper
TOVS : Tiros Operational Vertical Sounder
VISSR : Visible/Infrared Spin Scan Radiometer

되게 된다. 이러한 이유로 위성영상의 원거리 전송을 위하여 통신위성이 많이 이용되고 있다. 미국에서는 인근의 캐나다 수신소와 미국내의 3개 수신소에서 수신하는 위성영상 자료를 DOMSAT 통신위성을 이용하여 컴퓨터 영상처리 시설이 설치되어 있는 메릴랜드 주의 미항공우주국의 Goddard Space Flight Center(NASA/GSFC)로 실시간(real time)으로 신속하게 전송하여 처리하고 있다. 또한 두개의 tracking and data relay satellite system(TDRSS)통신위성을 이용하여 지구를 선회하고 있는 Landsat 위성

으로 부터 직접 위성 영상을 수신한 후 DOMSAT 통신위성을 이용하여 NASA/GSFC로 송신하여 처리할 수 있다(그림 3). TDRS-1은 서경 41도상에 위치하고 TDRS-2는 서경 171도 상에 위치하고 있어 소련 일부와 중국 서부 일부를 제외하고는 전세계의 어느 곳이든지 Landsat 위성 자료의 수신이 가능하다. 위성영상은 먼저 TDRSS를 통하여 미국 White Sands 중계소로 보내진 후 다시 DOMSAT을 통하여 NASA/GSFC로 전송된다.

(1990년 12월 현재)



■ : 운전중, □ : 건설중 또는 계획중

그림 2. Landsat 4/5 호 수신소 현황

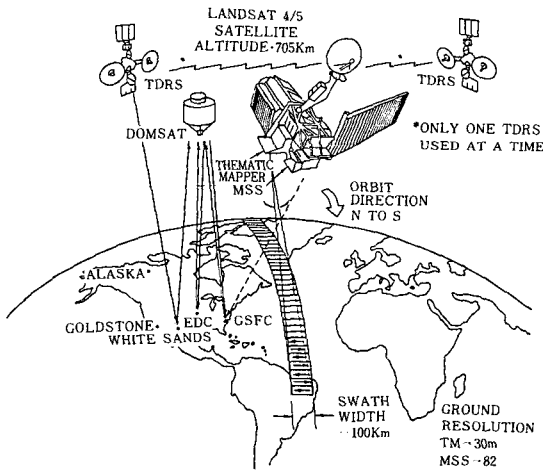


그림 3. 미국 Landsat 탐사위성과 TDRSS 통신위성

관측 위성이다. 왜냐하면 군사 작전을 성공적으로 수행하기 위하여는 작전 지역의 일기 현황을 정확히 파악하는 것이 중요하기 때문이다. 미 국방성은 작전지역의 일기 현황을 정확히 파악하기 위하여 항상 두대의 국방 기상위성 (defense meteorological satellite program)을 궤도에 보유하고 있으며 최소 한대의 기상 위성을 언제라도 발사할 수 있도록 준비태세를 갖추고 있다.

미국은 1989년 12월 파나마 침공 작전시에 군사 기상 위성을 이용하여 침공군의 발진 기지인 Fort Bragg 비행장과 침공 예정지인 파나마 비행장의 기상을 계속 모니터링 하면서 작전을 성공리에 수행하였다. 이번 걸프전쟁에서도 초기의 대량 공습작전을 수행할 때 발진 기지 및 공격 목표에 대한 정확한 기상 정보를 제공하여 완벽한 작전 수행에 기여하였다.

이러한 국방 기상 위성을 보완하기 위하여 민간용 기상 위성도 많이 활용되고 있다. 민간용 기상 위성은 36,000 킬로미터의 적도 상공에 정지하여 매 시간

V. 군사 기상 위성

군사 기상 위성도 효율적인 군사 작전에 필수적인

구름 사진등의 기상 자료를 보내오는 정지 기상위성과 850 킬로미터의 근극 궤도(near polar orbit)를 선회하며 하루에 두번씩 같은 지점의 상공을 통과하는 극궤도 기상위성의 두가지가 있다. 전자에는 일본의 GMS(geostationary meteorological satellite)와 ESA(European Space Agency)의 METEOSAT등, 5개의 위성이 지구 전체를 관측하고 있고 후자에는 미국의 TIROS-N/NOAA 시리즈 및 소련의 METEOR 시리즈 위성들을 들 수 있다(그림 4). 이들 위성들은 구름 사진, 풍향, 풍속, 지상의 온도, 해류의 이동등에 관한 유용한 정보를 제공하여 준다(표2).

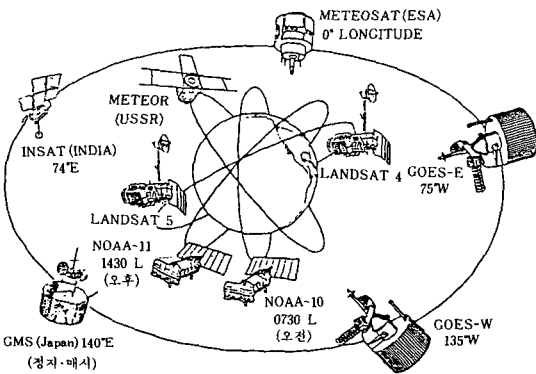


그림 4. 현재 운행중인 지구 관측위성(민간)

VI. Global Positioning Satellites(GPS)

또 하나의 중요한 군사위성으로 미공군의 navstar global positioning system(GPS)이 있다. GPS는 현재 6개의 시험 위성과 8개의 실용 위성등 14개의 위성 군단으로 구성되어 있는데 지구궤도를 선회하며 고도의 정밀한 항해 정보(navigation information)를 계속하여 방송해 주고 있다. GPS 위성에서 보내오는 신호를 받아 정확한 위치를 측정하기 위해서는 수신기가 필요하다. 이 수신기는 복수의 Navstar GPS 위성에서 보내오는 신호를 수신하여 수신자의 위치(위도, 경도, 고도), 이동 또는 비행 속도, 현재의 시간 등을 정확히 파악하게 해 준다. 위치측정의 오차는 16 미터 이내이며 매초 새로운 위치와 속도가 표시되게 된다.

초기의 GPS 수신기는 크기가 크고 무거워서 차량이나 선박, 항공기등에서만 활용 되었으나 최근 미

국의 Texas Instrument사를 비롯한 수개의 기업체에서 휴대가 가능한 개인용 수신기를 개발하였다. 이 수신기는 무게가 4.5Kg으로 공수부대원, 소형 차량, 헬리콥터, 상륙용 수륙 양용정 등에서 널리 이용되고 있다. 이 기구는 작고 가벼워서 공수부대가 낙하하면서 정확한 낙하 지점을 찾을 때 또는 포병들이 목표물의 좌표를 정확히 측정할 때 특히 유용하다. 이 휴대용 수신기는 또한 지도가 없거나 또는 지도를 판독할 수 있는 표식물이 거의 없는 사막에서 유용하다. 미 육군은 미군이 걸프지역에 배치된 지 두 달만에 이미 수천개의 휴대용 GPS 수신 시스템을 지급하였다.

수년전 이란 이라크 전쟁때는 GPS 위성 자료가 미해군 함정이 이란이 기뢰를 매설한 걸프수역에서 자국의 유조선을 안전하게 호위하는데 이용되었다. 즉, 기뢰가 발견되면 GPS 위성 자료를 이용하여 기뢰의 위치를 정확히 측정하여 기록하고 다음에 이곳을 지나갈 때 GPS를 이용하여 안전한 항로를 측정, 항해함으로써 안전한 석유수송을 도모하였으며 또한 이번 걸프전쟁에서는 B-52의 정확한 폭격위치를 찾아내는 데도 상당히 기여하였다.

GPS 위성은 앞으로 60일 간격으로 하나씩 발사되어 1993년에는 총 21개의 실용 모델 위성과 3개의 예비위성을 보유할 예정으로 있다.

VII. 결 론

이번 걸프 전쟁으로 첩보 위성, 기상 위성등 군사 관측 위성의 중요성이 다시 한번 입증되었다. 또한 미국 워싱턴의 지휘 본부, 다국적군 현지 사령부, 걸프만에 배치되어 있는 함정들 간의 직접 교신을 가능케 한 통신 위성과 이라크군의 무선 통신을 모두 감청하여 상대방의 작전을 미리 파악할 수 있게 해 준 한 전자 도청 위성의 역할도 매우 컸다. 앞으로의 전쟁에서는 이러한 위성들의 역할이 점점 더 중요해 질 것으로 전망되며 따라서 군사관측 및 통신 기술의 우열이 전쟁의 승패를 가름하는 중요한 요소가 될 것으로 보인다.

이러한 이유로 미국, 소련을 비롯한 군사 강대국들은 첩보 및 군사 위성 개발에 많은 자원을 투자하고 있다. 아직도 북한과 군사적으로 대치상태에 있으며 미군의 점진적인 철수가 계획되고 있는 이 시점에서 우리나라도 자주국방 태세를 확립하고 국가 안보를 확고히 하기 위해서는 위성관측 기술의 개발

및 활용 기술 연구에 투자를 아끼지 말아야 할 것으로 보인다.

参 考 文 献

[1] Aviation Weeks & Space Technology, vol. 132, no. 12, March 19, 1990.

[2] Hyatt, Edward, *Remote Sensing*, Mansell Publishing Limited, London, 1988.

[3] Klass, Philip J., *Secret Sentries in Space*, Random House, New York, 1871.

[4] Earth System Science-A Closer View, Report of the Earth System Sciences Committee NASA Advisory Council, NASA, Washington D.C., 1988.

[5] 1990 Reference Handbook on Earth Observing System, NASA/GSFC, 1990.

[6] Saltzman, *Satellite Ocean Remote Sensing*, Academic Press, Inc., Orlando, Florida, 1985.

[7] Smith, Constance B., *Air Spy*, American Society for Photogrammetry Foundation, Falls Church, Virginia, 1985.

[8] Space News, vol. 1, no. 29, July 30-August 5, 1990.

[9] Space News, vol. 1, no. 30, August 6-12, 1990.

[10] Space News, vol. 1, no. 31, August 13-19, 1990.

[11] Szekiolda, Karl-Heinz, *Satellite Monitoring of the Earth*, John Wiley, 1988. 🌐

筆 者 紹 介



梁 英 奎
 1947年 7月 7日生
 1972年 서울대 학사(농공학)
 1974年 서울대 석사(도시계획학)
 1985年 미국 Texas A&M대 Ph. D.
 (리모트센싱/영상처리)

1973년~1979년 KIST 전산실 선임연구원
 1979년~1984년 미 Texas A&M 및 Nebraska 대
 리모트센싱 센터 연구원
 1985년~현재 KIST 시스템공학연구소, 책임연구원



朴 景 允
 1938年 8月 25日生
 1963年 서울대 학사(천문기상학)
 1976年 미 콜로라도 주립대학
 석사(토목공학/유체역학)
 1979年 미 콜로라도 주립대학
 Ph. D.(토목공학/원격탐사)

1979년~1984년 미 국립우주항공국(NASA) 및
 Systems & Applied Science사 책임연구원
 1984년~1987년 한국건설기술연구원 연구위원
 1987년~현재 KIST 시스템공학연구소, 책임연구원