

인공위성 시스템

한국항공우주연구소 우주사업단 장 영 근



- 제 1회: 인공위성의 원리 및 개발 역사
- 제 2회: 인공위성의 종류 및 구성요소
- 제 3회: 인공위성과 우주환경
- 제 4회: 인공위성과 우리생활
- 제 5회: 세계 위성산업 현황

바다에서 시작한 지구의 생명체는 육지로 이동하고, 그리고 그 활동영역을 하늘에까지 넓혀왔다. 진화의 선봉에 있는 인류는 과학기술이라는 매개체를 이용하여 우주로까지 그 활동범위를 넓히고 있다. 인류는 다음과 같은 의문에 대해 답을 얻기 위해 끊임없는 노력을 해 왔다. (1) 왜 우주와 태양계가 존재하는가? (2) 지구에서의 생명체는 어떻게 발생하였는가? (3) 태양계의 다른 행성에는 생명체가 존재하는가? (4) 태양계의 행성들은 어떻게 만들어졌는가? (5) 대중에 의한 우주여행은 이루어질 수 있는

정보통신 및 육상, 해상 그리고 기상과 같은 지구관측기술의 발달과 더불어 인공위성은 우주기술 중에서도 우리의 일상생활에 가장 밀접한 영향을 미치고 있다. 이러한 위성에 의한 서비스는 텔레비전 중계, 고정 및 이동통신, 기상위성에 의한 구름사진 등과 같이 우리의 안방에까지 침투하고 있으며, 특히 21세기에는 위성 및 그 응용산업이 국가의 산업발전에 지대한 영향을 미칠 것으로 예측된다. 90년대 들어 우리 나라도 무궁화 위성, 우리별 위성, 아리랑 위성 등의 사업이 본격적으로 진행되어 일부 위성은 발사하여 운용 중에 있으며, 시리즈 위성을 계속 개발 중에 있다. 인공위성에 대한 특자의 궁금증을 풀고, 이해도를 높이기 위해 앞으로 5회에 걸쳐 인공위성에 대한 연재를 심기로 한다.

가? 등등. 인간은 이러한 우주활동을 통해 얻은 지식을 우주, 지구, 그리고 삶이 무엇인가를 재조명하는데 이용한다. 이들은 또한 새로운 철학 및 문화의 발전, 그리고 지적이며 보다 성숙한 사회를 세우는데 공헌하고 있다.

이러한 우주에의 도전을 위해 인류가 개발한 기계장치들이 바로 우주비행체(인공위성)이다. 위성(satellite)이란 어떤 큰 물체 주위를 도는 작은 물체를 의미한다. 이러한 정의에 따라 달은 지구의 위성이 되고, 지구는 태양의 위성이라 할 수 있다. 그러나, 여기서 다루는 인공위성(artificial satellite)이란 어떠한 특별한 목적

을 갖고 물체 주위를 궤도에 따라 선회하는 우주에 발사된 인간이 만든 우주비행체(spacecraft)를 말한다. 이러한 우주비행체는 인간이 탑승하는가의 여부에 따라 크게 유인과 무인 우주비행체로 나눌 수 있다. 우주왕복선(Space Shuttle)은 현존하는 유일한 유인 우주비행체이며, 대부분의 인공위성은 무인 우주비행체로 분류할 수 있다. 무인 우주비행체는 인간의 일상생활에 지대한 영향을 미치는 지구궤도 실험위성과 우주개척이나 우주과학 연구를 위한 행성간 탐사위성으로 분류할 수 있다. 이번 호에서는 이러한 인공위성의 비행원리 및 개발 역사를 살펴보자.

그림 1은 인공위성이 어떻게 지구 주위의 궤도를 추가의 동력 없이 회전을 지속할 수 있는지를 보여 준다. 지구는 대기층으로 싸여 있으며, 약 160km 정도의 상공에 까지 올라가면 대기는 거의 존재하지 않는다. 이러한 공기의 저항이 없는 곳을 우주라 정의할 수 있다. 그림 1에서와 같이 아주 거대하고 높은 산(대기권 밖의 일정한 고도)을 갖는 지구를 가정한다. 산의 정상에서 대포를 수평으로 쏘면 그 물체는 지구중력의 영향으로 포물선을 그리면서 지상에 떨어지게 된

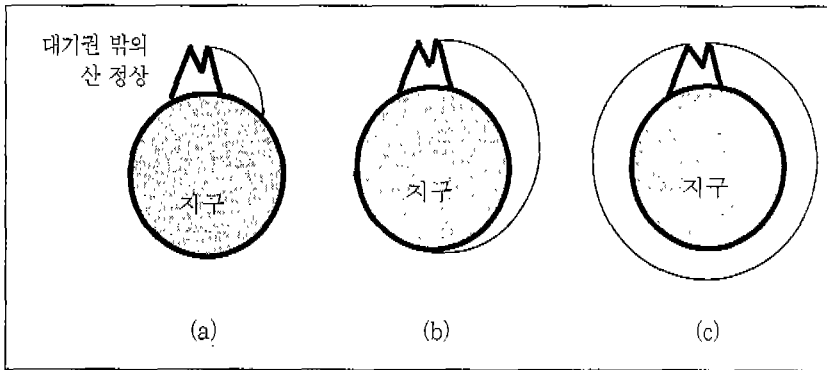
다(그림 1(a)). 만일 대포에 화약을 증가시켜 발사하면(속도 증가), 그림 1(b)에서 보여 주는 바와 같이 낙하 경로가 완만해지면서 지구의 반을 돌다가 떨어진다. 화약을 더욱더 증가시키면(속도를 더욱 증가시킴) 대포는 어디까지라도 지상에 도달하지 않고 마침내는 처음 위치로 되돌아오게 되어 지구를 회전하는 운동을 계속하게 된다(그림 1(c)). 이 때 위성은 지구가 당기는 인력(구심력)과 회전에 의한 물체의 원심력의 평형으로 추가의 동력 없이 지구 주위를 돌게 된다.

실제로 약 500km이하의 궤도에서는 공기저항으로 인하여 위성을 거의 배치하지 않으나, 공기저항을 무시할 경우에 이론적으로 지구표면에서 위성이 될 수 있는 가상적인 속도는 약 8km이다. 따라서, 초당 8km로 움직이는 물체는 지구 주위로 원을 그리며 운동할 수 있는 위성이 된다. 고도가 높아지면 중력이 감소하기 때문에 위성이 되기 위한 속도는 점차 감소하게 된다. 달이나 다른 행성으로 위성을 보낼 때는 이러한 지구 인력권을 탈출시키는 속도가 요구된다.

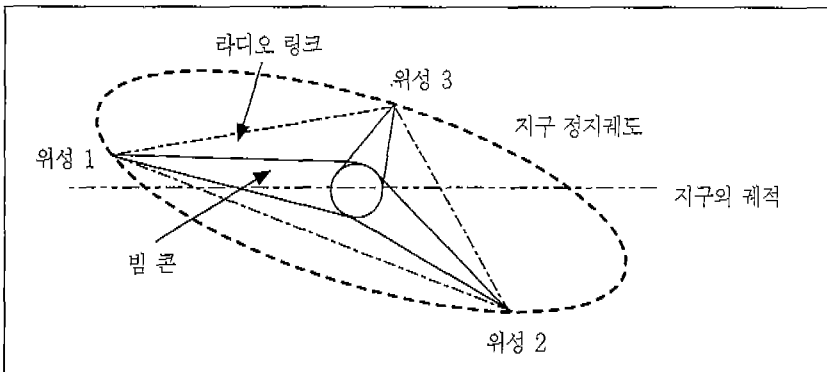
이 속도는 약 11.2km 정도로 알려져 있다.

인공위성의 개발 역사

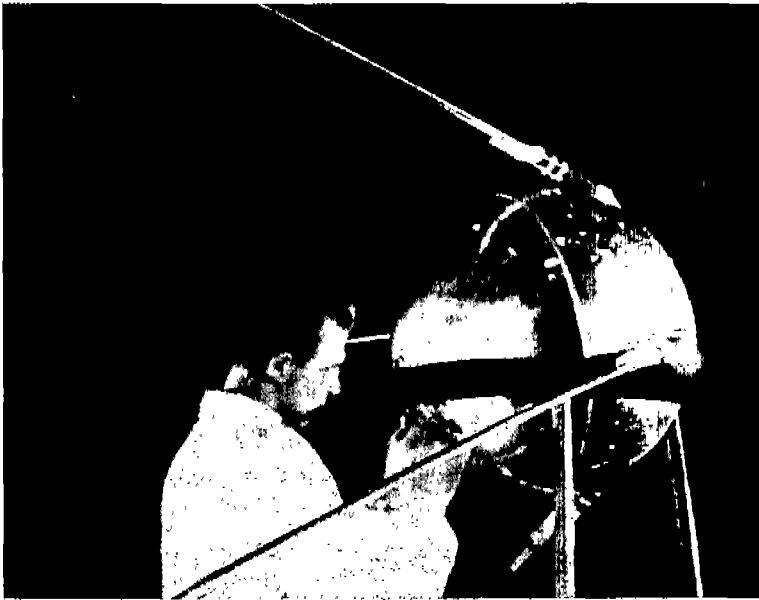
1945년 영국의 Arthur C. Clarke는 “무선 세계(Wireless World)” 잡지에 “Extra Terrestrial Relays”라는 논문을 발표하였다. 이 논문에서 텔레비전 프로그램을 중계하기 위해 24시간 주기의 궤도를 갖는 유인 위성 네트워크의 사용에 대해 언급하였다. 그림 2에서 보여 주는 바와 같이 정지궤도에서 1200씩 떨어져 있는 3기의 24시간 주기 정지궤도 위성은 지구의 전 영역을 커버하기에 충분하다는 이론을 제기하



(그림 1) 물체가 지구궤도를 돌게되는 원리



(그림 2) 3기의 정지궤도 위성에 의한 지구커버리지 형상



(그림 3) 세계 최초의 위성인 스푸트닉-1호의 형상

였다.

1957년 10월 4일 러시아(옛 소련)는 A-1발사체를 사용하여 세계 최초의 인공위성인 스푸트닉-1호(Sputnik-1)를 지구 저궤도(약 900km)에 올려놓아 세계를 깜짝 놀라게 하였다. 이 스푸트닉-1호의 발사는 우주 시대의 서막을 열었으며, 미소 두 강대국이 우주쟁탈을 위한 경쟁의 기폭제가 되었다. 이 위성은 직경이 58cm, 중량이 83.6kg의 금속(알루미늄)으로 제작된 구형위성이며(그림 3), 기본적으로 간단한 라디오 전송기라 할 수 있다.

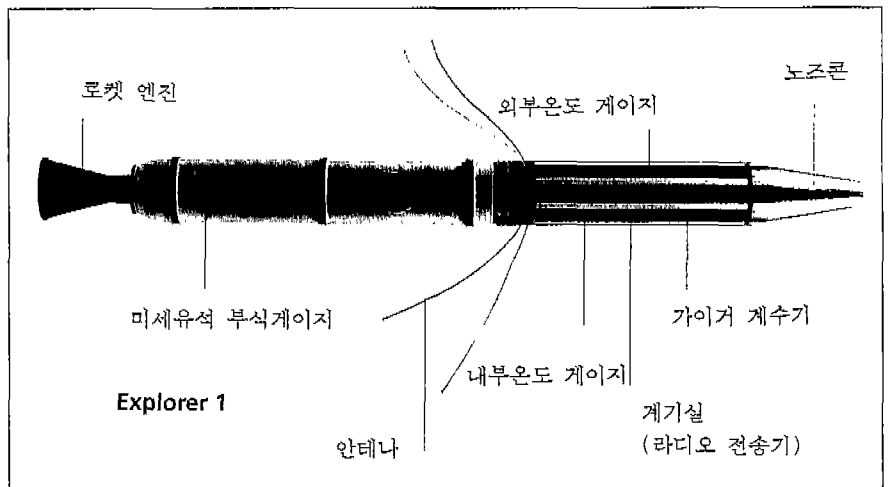
러시아는 스푸트

닉-1호 발사 후 두 달만(1957년 11월 3일)에 스푸트닉-2호 위성을 발사하였다. 2호에는 "Laika"라 불리는 개를 탑승시켜, 최초로 생물체를 지구궤도에 올려놓는 개가를 이루었다. 이 비행에서 Laika

는 생명체에 대해서 발사환경 및 미세중력에 의한 영향을 최소화함으로써 인간의 우주비행에 대한 증명 비행을 하게된 셈이었다.

미국의 첫 번째 인공위성은 스푸트닉-1호가 발사된 지 거의 4개월만(1958년 1월 31일)에 Jupiter-C에 의해 발사된 엑스플로러(Explorer-1호; 그림 4)였다. 엑스플로러-1호 위성은 길이가 203cm이고, 무게가 14kg정도인 극소형이었다. 원지점 고도는 스푸트닉-1호 위성보다 훨씬 높은 2,460km에 이르렀으며, 이 고도에서 위성은 지구 자기장 내에 강력한 복사대가 형성되어 있음을 발견하였다(반 앨런 복사대(Van Allen radiation belts)).

러시아는 1957년 스푸트닉-1호로부터 1961년 4월의 스푸트닉-10호까지 일련의 위성을 계속해서 발



(그림 4) 엑스플로러-1호 위성의 형상

사하여 우주개발의 선점을 이루었다. 한편, 미국은 1958년과 1975년 사이에 55기의 엑스플로러 위성을 발사하였으며, 1977년과 1984년 사이에 엑스프로러 계열의 위성 10기를 발사하였다. 이들은 과학임무의 특정 목적에 따라 명명되었다.

다음절에서는 위성 별로 개발 역사를 살펴보겠다.

(1) 유인 우주비행체

1961년 4월 12일 발사된 세계 최초의 유인 우주비행체인 보스톡(Vostok-1)은 약 4,540kg의 중량을 가지며, Yuri Gagarin이 승선했다. 또한, 러시아는 1967년 첫 번째 소유즈(Soyuz)를 발사한 이래 현재까지 40여기 이상의 소유즈(Soyuz) 계열의 유인 우주비행체를 발사하였다. 현재도 우주정거장 미르(Mir)와의 왕복을 위해 소유즈TM(Soyuz-TM)비행체를 사용하고 있다.

한편, 1959년 미 항공우주국에서도 유인 우주비행체의 개발을 시작하여, 머큐리(Mercury) 프로그램에서 1961년 1월부터 1963년 5월까지 전체 25(시험과 임무 비행 포함)회의 비행을 하였다. 1961년 인간을 달에 보내겠다는 약속을 수행하기 위해 처음 개발한 것이 바로 제미니(Gemini)이며, 1965년

부터 1966년 11월까지 12기의 제미니 비행체를 제작, 발사하였다. 이러한 머큐리와 제미니의 경험을 바탕으로 달을 향한 아폴로(Apollo) 프로그램이 시작되었다. 1967년부터 1972년까지 12회의 유인 아폴로와 3회의 무인 아폴로 비행이 수행되었다. 아폴로-9호와 10호의 성공적인 비행 후에 1969년 7월 21일 아폴로-11호는 대망의 달 착륙을 하게 되어 세 우주비행사가 인류 최초로 달에 도착한 우주비행체의 기록을 남겼다. 이로써 미국은 러시아와의 우주개발 경쟁에서 자존심을 회복한 계기가 되었다. 인류가 우주여행에 대한 꿈을 도식적으로 그려낸 이래, 아폴로 11호에 의한 인간의 달 착륙은 가장 큰 이정표라 할 수 있겠다. 달 정복에 대한 경쟁에서 승리한 미국은 1972년 우주정거장과 우주 왕복선 개발에 대한 국회의 승인을 얻었다. 우주왕복선은 과학실험실로서, 위성과 같은 상업용 탑재체 운송장치로, 그리고 우주에서의 위성 수리 및 정비의 수단으로 쓰이고 있으며, 1981년에 첫 비행을 한 후 '97년 9월까지 86회의 비행을 기록하고 있다.

(2) 행성 탐사위성

1960년 이후 러시아와 미국은 지구와 가장 가까운 행성인 금성 탐

사를 위해 각각 18기(Venera 16기와 Vega 2기)와 3기(Pioneer-Venus 2기와 Magellan 1기)의 탐사위성을 발사했다. “붉은 행성”이라 불리는 화성은 지구와 아주 유사한 행성으로 오래 전부터 생물체의 존재 가능성 때문에 여러 번의 탐사가 이루어졌다. 1962년 이후 러시아는 Mars시리즈와 Phobos시리즈 탐사위성으로, 미국은 1964년부터 마리너(Mariner)와 바이킹(Viking) 탐사위성을 이용하여 화성탐사를 실시했다. 1976년 바이킹-1호는 처음으로 착륙선을 화성 표면에 안착시켰다. 이 화성탐사는 7월 4일 생명체 탐사 및 화성구조 탐사를 목적으로 발사된 패스파인더(Pathfinder)와 착륙선 소저너(Sojourner)로 더욱 유명해졌다. 이의 성공에 힘입어 미 항공우주국은 화성에 우주인을 보내 샘플을 가져오려는 계획을 세우고 있으며, 발사계획은 2005년으로 잡혀 있다.

그 밖의 마리너-10호는 수성과 금성을 탐사할 목적으로 1973년에 발사하여 성공적으로 임무를 완료했다. 1972년 발사한 파이오니어-10호는 목성을 탐사한 후에 명왕성 궤도를 가로질러 태양계를 벗어난 첫 번째 위성이 되었다. 보이저 1,2호는 목성 및 토성을 탐사한 후, 2호는 천왕성과 명왕성을 탐사하였다. 그 밖에 목성 탐사를 위한 갈릴레오(Galileo) 위성이 1989년

에 발사되었다. 지난 10월 15일에는 인류의 우주탐사 사상 최대 야심작인 토성 및 그것의 최대 위성인 "타이탄"의 탐사를 위한 카시니(Cassini)위성이 발사되어 7년간의 대장정에 올랐다.

3) 지구궤도위성

통신/방송위성

인공위성은 전 지구 통신을 이루기 위해 산이나 바다와 같은 지상의 통신 장애물을 쉽게 극복할 수 있다. 전술한 바와 같이, Clarke가 통신위성 네트워크에 대한 개념을 소개한 1945년이래 통신 분야에서도 현저한 개발이 이루어져 왔다. 1960년 Echo라는 30M 직경의 알루미늄 플라스틱 풍선을 저궤도에 발사하였다. 이 위성은 1968년까지 작동되었으며, 세계 최초의 수동 통신위성이었다. 미국의 AT&T사는 세계 최초의 능동형 위성인 Telstar 1호를 1962년에 발사하였다. 1964년에 미국의 Hughes사와 항공우주국은 세계 최초의 정지궤도 통신위성인 Syncom II를 발사하여 성공하였다.

1960년대 초부터 위성통신의 상업적 이용 가능성이 커짐에 따라, 미국은 1962년에 COMSAT(Communications Satellite Corporation)사를 설립

하였다. 이 회사의 목적은 전 지구를 하나로 하는 통신위성시스템을 개발하는 것이다. 1965년에 Early Bird(Intelsat 1)라는 첫 번째 상업용 위성을 발사한 이래 현재까지 800시리즈를 발사 운용하고 있다. 대서양, 태평양, 그리고 인도양상의 Intelsat위성 네트워크는 전화, 텔레비전 등의 신호를 전송하고 있으며, 모든 국제전화의 2/3가 이를 통하여 연결되고 있다.

한편, 러시아도 텔레비전, 전화, 전신 등을 제공할 수 있는 위성시스템이 필요하였다.

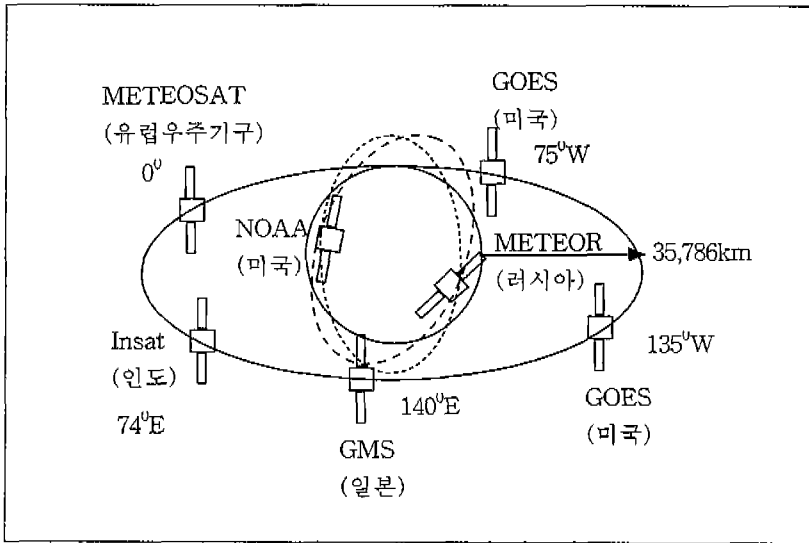
적도 정지궤도상의 위성은 극지역 근방의 지역과 통신을 제공하는 데는 어려움이 많기 때문에, 이를 위해 다른 궤도를 개발하였다. 1965년 1세대 Molniya가 발사된 이후, 3세대 위성이 운용중에 있다. 그리고, 1971년에는 서방의 Intelsat에 대응하기 위해 공산권 통신시스템인 Intersputnik을 창설하였다. 그 밖에, 1970년대 이후 여러 지역에서 위성시스템이 개발되었다. 인도네시아에서는 Palapa시리즈 위성을 발사해 섬지역의 통신을 활성화하였다.

아랍 국가 사이의 지역 및 국제 통신을 위해 Arabsat을 개발하였으며, 1985년에 첫 두 위성이 발사되었다. 1990년대에 들어서는 저궤도 및 중궤도의 위성이동통신이 활성화되고 있는 추세이다.

기상위성

기상 예측을 보다 정확히 하기 위한 방법을 시험하고 개발하기 위해 많은 수의 기상위성이 개발되어 왔다. 미국의 TIROS(Television Infrared Observation Satellite)는 이러한 기상위성의 첫 번째 시리즈였다. 1960년과 1969년 사이의 TIROS 프로그램의 첫 두 세대 동안 9기의 위성이 발사되어, 기상예보 특히 폭풍에 대한 조기 경보를 하는데 유용하게 사용되었다. 2세대 기상위성인 Nimbus는 TIROS 위성보다 크고 복잡한 위성이었다. 1964년 8월에 Nimbus-1을 발사한 이래 1978년에 Nimbus-7을 발사하여 1993년까지 운용하였다. 1970년을 시작으로 4세대 TIROS 위성이라 할 수 있는 NOAA시리즈 위성이 발사되었다. 극 저궤도 위성인 NOAAs 위성들은 하루에 두 번 전 지구를 살필 수 있으며, 기후영상과 대기의 습도, 눈, 얼음, 그리고 대기과 해상의 온도에 관한 데이터를 제공하고 있다.

기상을 계속해서 관측할 수 있는 다른 형태의 위성이 필요하게 되어 개발한 것이 정지궤도(35,786km의 고도) 기상위성이었다. NOAA에 의해 운용된 첫 번째 및 두 번째 GOES(Geostationary Operational Environmental



(그림 5) 세계 기상위성 시스템

자원의 효율적 관리에 유용하며, 실제적 수단임을 증명하기 위해 고해상도 카메라를 위성 탑재하여 사진을 찍어 지구에 송신하도록 하였다. 1973년부터 미 항공우주국은 위성 명칭을 ERTS에서 Landsat으로 고치고 여러 나라와의 협력 아래 지구를 탐사하고 그 자료를 일반에게 공개하고 있다. 1975년 1월에 Landsat 2를 발사하였으며, Landsat 1이 5년 반의 서비스 후에 고장이나 1978년 3월 대체 위성인 Landsat

Satellites)는 1974년 5월과 1975년 2월에 각각 발사되었다. GOES-5호(미국 동부 해안 상공에 위치)와 GOES-6호(태평양 상공에 위치)는 1980년 초에 발사되었으며, 각 위성은 지구표면의 1/3을 커버하고 있다. 1994년에는 열파 습도를 측정하고 기후패턴을 영상화할 수 있는 진보된 탑재체기술을 실은 GOES-9호가 발사되어 현재 운용 중에 있으며, 최근(1997년)에 GOES-10호를 발사하였다.

1977년부터 일본은 GMS(Geostationary Meteorological Satellite)시리즈 그리고 유럽우주기구는 Meteosat 시리즈 기상위성을 발사하여 구름 형성을 관측하고, 대기의 이동을 측정하고 있다. 현재는 일본, 미국 그리고 유럽국가연합의 협조 하에

세계기상기구(World Meteorological Organization)의 WWW 프로그램의 일환으로 전지구기상위성 시스템을 확립하려는 국제적인 노력이 진행 중에 있다. 이러한 계획이 실현되면, 그림 5에서 보는 바와 같이 정지궤도 기상위성과 극저궤도 기상위성이 하나의 시스템으로 운용될 것이다.

지구관측위성

지구관측은 크게 지표면과 해양 및 대기관측으로 나눌 수 있다. 따라서, 기상위성을 지구관측위성으로 구분하는 경우도 있다. 본격적인 지구탐사의 효시는 1972년에 미국이 발사한 인공위성 ERTS-1(Landsat-1)이다. ERTS계획은 우주에서 행하는 원격탐사가 지구

3호를 발사하였다. 다음 세대의 위성인 Landsat 4호를 1982년 7월에 발사하였으나, 운용1년 후에 전력손실에 따른 성능저하가 나타나기 시작하였다. 그 후 1984년 3월에 대체 위성인 5호를 발사하여 운용하였다. 1993년에 발사한 Landast 6호는 추진시스템의 고장으로 발사 실패하였으며, 현재 대체 위성을 1998년 중반 중에 발사할 예정으로 추진 중에 있다. Landsat 위성은 약 700km의 태양동기 저궤도에서 운용되고 있다. 1985년에 NOAA는 Landsat프로그램의 운용권을 사기업인 EOSAT사에 넘겼다.

Landsat 프로그램은 다른 나라의 지구관측위성 프로그램 개발에 영향을 미쳐, 프랑스의 SPOT, 인도의 IRS와 일본의 MOS 그리고

JERS 프로그램을 시작하게 하였다. 1986년 2월 프랑스는 원격탐사위성인 SPOT 1을 성공적으로 발사했다. 현재 SPOT 2(90년 발사)는 소비자의 요구에 따라 제한적으로 운용 중에 있으며, 3호(93년 발사)는 운용중 실패하여 사용

하지 못하고 있다. SPOT 4는 1998-1999년 사이에 발사될 예정이다. 인도에서는 1988년부터 자원관리응용을 위해 IRS 시리즈 위성을 발사하여 상업화하고 있다. 1995년에는 IRS C위성을 발사했으며, IRS D는 1997년 10월초에

발사하여 운용 중에 있다. 일본은 지구자원의 탐사 및 보존을 위한 관측 데이터를 얻기 위해 JERS(Japan Earth resources Satellite)-1호를 1992년에 발사하여 활용하고 있다.

새로나온 책

인공 위성시스템

인공위성시스템의 기초상식에서 상세설계까지를 다루고 있는 「인공위성 시스템」이라는 책이 출간되었다. 1980년대까지만 해도 우주사업은 부유한 선진국이나 손을 대는 우리와는 무관한 사업쯤으로 여긴 것이 일반적이다. 그러나 최근에 정보통신의 발달과 더불어 인공위성은 우주기술 중에서도 우리의 일상생활에 가장 밀접하게 영향을 미치고 있다.

최근에 우리나라도 95년 8월과 96년 1월의 무궁화위성 1,2호의 발사 93년과 94년 우리별위성의 발사와 함께 인공위성 분야에 대한 연구 및 사업활동이 본격적으로 진행되고 있다. 현재는 다목적 실용위성, 무궁화위성 3호, 우리별3호 등이 개발중이며, 여러 기업에서 범세계 위성이동통신사업에 참여하고 있다.

저자는 인공위성 연구사업에 종사하면서 국내에 이렇다 할 위성관련 전문서적이 없다는 점에 착안하여 이 책을 쓰게 되었다고 한다. 총 11장

으로 구성된 이 책은 제1장에서는 위성의 역할, 기능, 종류 및 시스템의 구성에 대하여 살펴보고, 제2장에서는 발사체의 특성 3장부터 9장까지는 위성체 버스를 구성하는 각 서브시스템의 요구조건, 특성, 설계특성 및 구성부품의 특성 등을 다루고 있다. 제10장에서는 위성체 조립 및 시험의 특성을 분석하고 있다. 끝으로 11장에서는 제품 보증의 목적, 신뢰도, 실패, 품질인증, 안전성, 형상제어, 부품, 자제 및 공정 관리까지 전 부분을 다루고 있다.



인공위성 관련 산업체 및 연구소에서 연구업무를 수행하는 연구원, 관리자 및 엔지니어를 위한 위성시스템 엔지니어링 입문서뿐만 아니라 인공위성에 관심이 있는 일반독자를 위해서도 위성의 기본사항에서 상세사항까지 두루 살필 수 있는 기회를 제공할 것이다.

장영근 · 이동호 공저
경문사 간행