

우리별 1호 위성

成 檀 根

韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 教授

I. 서 론

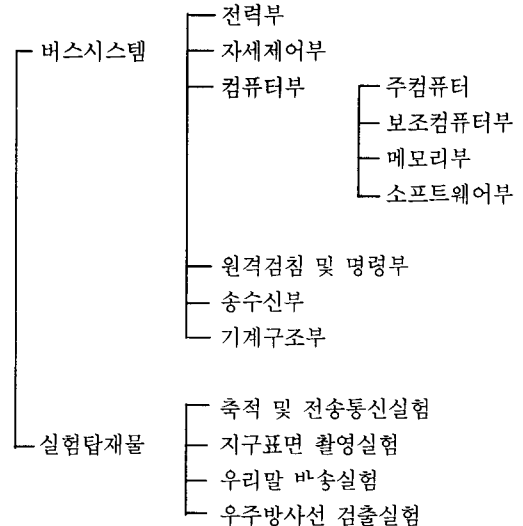
1992년 8월 11일 오전 8시 8분 한국 최초의 인공위성인 우리별 1호 위성이 남미 볼란서령 기아나에 있는 아리안 로켓 발사기로부터 발사되어 약 24분후 지구상공 약 1,300Km의 고도를 따라 적도면과 66°의 경사각을 가진 궤도상에 진입되어 현재 각종 실험들을 수행하면서 성공적으로 운용중에 있으며 세계 최초의 위성인 Sputnik의 발사후 35년후 우리나라도 이제 위성 보유국이 되면서 우주라는 새로운 영역으로 나아갈 수 있게 되었다.

본 위성 프로젝트는 체신부, 과학기술처, 과학재단, 한국통신 등의 지원을 받아 수행되었으며 1989년 써리대학과의 국제공동연구 협약을 체결로부터 시작하여 1989년 10월 유학생의 파견으로 공동 연구가 시작되었으며 1990년 8월 과학재단 지정 우수연구센터(ERC)의 하나로 지정되어 인공위성연구센터의 개소식과 함께 위성 지상국의 설치 운용이 시작되었고 위성과의 송수신 실험을 거치면서 우주의 환경, 위성체의 설계, 제작 등 전반적인 연구가 진행되었으며 특히 1991년 7월까지 영국의 UoSAT-5의 위성 제작에 유학생과 연구원이 참여하여 위성체의 설계, 제작 기술등을 습득하고 이 기술을 바탕으로 우리별 1호 위성의 임무결정, 엔지니어링 모델의 제작, 비행모델의 제작, 환경시험, 발사등의 과정을 거쳐 현재 위성의 운용에 이르고 있다.

본고에서는 우리별 1호 위성의 버스시스템의 구조와 각종 실험 탑재물의 소개, 개발 제작 과정과 위성의 관제 및 운용 등을 간략하게 소개하고 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 우리별 위성의 구성

우리별 위성의 구성은 위성체에 기본적으로 필요한 버스시스템과 각종 다양한 임무를 수행하는 탑재물로 구성되며 버스시스템은 위성이라면 공통적으로 가져야 할 필수적인 부분으로 우리별 1호 위성이 소형이지만 대형 위성과 유사한 기능을 가진 버스시스템 구조를 갖고 있으며 대형 위성 못지 않은 첨단 기술(컴퓨터부, 태양전지 등)로 설계되어 있다. 우리별 1호 위성의 주요 구성을 보면 아래와 같다.



우리별 1호의 버스시스템과 각종 탑재물에 관한 시스템 계통도가 그림 1에 나타나 있는데 여기에는 송수신

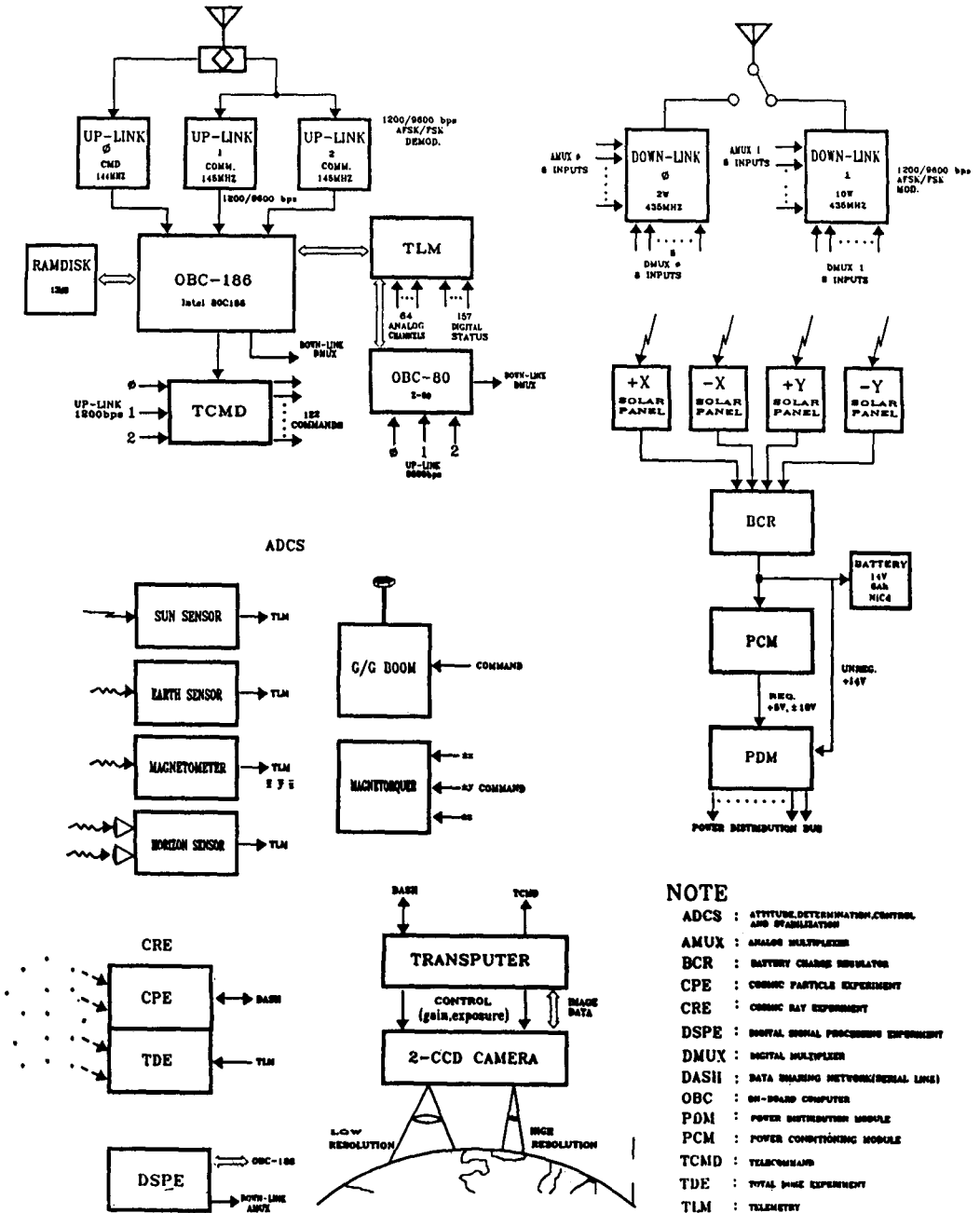


그림 1. 우리별 1호 시스템 계통도

링크, 주컴퓨터와 보조컴퓨터부, 원격검침 및 명령부, 태양에너지를 받아 필요한 전원을 만드는 전력부, 각종 자세제어용 센서에 의한 입력으로 자세제어하는 부분, 그리고 각종 실험하는 탑재물들이 있다.

1. 버스 시스템

1) 전력부

전력부는 위성체내의 각각의 서브시스템에 필요한 전원을 공급하는 것으로 위성체가 필요한 30W의 전력을

생산하는 위성체의 4면에 장착된 16%의 효율을 가진 총 672개의 갈륨 비소 태양전지판과 햇빛이 보일때 14V, 6Ah의 용량을 가진 NiCd 충전전지의 충전을 제어하는 전지 충전 조절부와 햇빛을 보지 않을 때는 배터리의 전원을 공급하고 전원 변환부에서 5V, $\pm 10V$ 의 조절된 전원으로부터 위성체의 각각의 필요한 서브시스템에 필요한 전원을 공급해 주고 조절되지 않은 14V 전원으로 송신 출력부에 공급해 주는 전원 분배부가 있다.

2) 자세제어부

자세제어부는 위성체의 몸통부분이 지구 중심을 향하도록 제어하는 것으로 지구표면 촬영실험등에 중요한 작용을 한다. 자세제어를 위하여 태양센서, 지구지평선센서, 자기센서, 지구센서가 있으며 위성의 끝부분에 작은 길량을 매달고 위성체 몸통과의 사이를 약 5.5m 길이의 붐(boom)으로 연결하며 중력의 경사를 이용한 자세 안정화 방법이 이용되고 위성 자신은 약 9분에 1회씩 자전을 하면서 자세 안정화를 도모하며 자세가 흐트러지는 경우 자기 토크에 의해 원하는 방향으로 위성체의 자세를 변경할 수 있다.

3) 컴퓨터

위성의 컴퓨터부는 위성체내에 있는 거의 모든 장치들을 관리 및 제어하며 지상과의 패킷통신을 위한 통신 프로토콜을 수행하며 우주환경에서의 신뢰성 있는 동작을 위하여 주 컴퓨터와 보조컴퓨터가 있다. 주 컴퓨터는 중앙처리장치로 16비트 프로세서인 Intel의 80C186이 내장되어 있으며 각종 수행 프로그램 및 일시적인 데이터의 저장을 위하여 512KB의 오류검출 및 정정기능이 부가된 메모리가 있다. 주컴퓨터는 위성체내에서 기능수행의 실질적인 중심적 역할을 수행하는 것으로 주요기능은 지상과의 정확한 정보의 송수신을 위한 AX.25 무선 패킷통신 프로토콜 기능을 수행하고 원격검침부로부터 수신된 검침 및 결과에 대한 정보를 가공 처리하여 지상으로 보내며 디지털 신호처리부와 음성메시지에 대한 정보도 주고 받으며 13MB의 대용량 메모리부인 램디스크를 직접 관장하여 지상국과의 교환정보, 원격검침 및 실험결과에 대한 정보, 영상정보, 디지털 음성정보등을 관리한다. 보조컴퓨터는 8비트 프로세서인 Z80이 내장되어 있으며 주 컴퓨터의 고장시 임무를 대신 수행한다. 컴퓨터 소프트웨어는 멀티타스킹 운영체제하에 지상과의 통신, 원격명령, 원격검침처리, 메시지 축적장치의 화일 관리기능 및 각종 자료의 처리기능을 수행하는 위성체 종합관리 시스템 소프트웨어이며 주요 소프트웨어로써 위성체 멀티타스킹 커널 시스템, 패킷통신 처리부, 원격검침 및 원격명령처리부, 화일관리부,

화일전송시스템, 위성체 통합관리 TASK 등이 있다.

4) 원격검침 및 명령부

원격검침부는 위성체 내부의 상태나 동작상태를 나타내는 모든 정보, 예를 들어 태양전지판의 전류, 전압, 온도, 송신기 출력, 수신신호강도, 전원부 전류, 지자기센서, 태양센서, 지구지평선센서, 지구센서등 64개의 아날로그 채널과 192개의 디지털 입력 채널을 가지고 있어 위성내 각 부분의 건강상태를 점검하는 시스템으로 내부에 2개의 중앙처리기와 아날로그-디지털 변환부가 있어 고장시 다른 하나만으로 동작이 가능하도록 구성되어 있다. 이 원격검침 정보는 초기 관제시 1200bps로 그리고 정상동작시 9600bps로 지상국으로 송신된다. 한편 원격명령부는 위성이 필요한 실험등의 임무를 수행할 수 있도록 조정하는데 이를 위해 4개의 중앙처리기인 8751 칩이 사용되어 지상에서 전송된 명령의 처리, 주컴퓨터의 명령처리, 보조컴퓨터의 명령처리, 예비용 명령처리로서 지상 혹은 위성내 다른 컴퓨터에서 오는 명령들을 처리한다. 한편 2개의 명령 수행부는 중앙처리기로부터 받은 명령을 해당 부분으로 전달해 주는 역할을 한다.

5) 송수신부

우리별 1호는 아마츄어 무선 주파수 대역인 145MHz대의 수신주파수와 435MHz대의 송신주파수를 사용하여 지상국과의 교신을 하게 되는데 수신부는 3개의 채널을 가지고 있으며, 수신안테나는 1/4 파장 모노폴 안테나로 방사 패턴이 100° 이상의 넓은 방사각을 갖고 있으며 저잡음 증폭기, 주파수 변조(FM) 수신기와 1200bps의 AFSK, 9600bps의 FSK 복조부로 구성되어 있다. 한편 송신부는 디지털 신호를 펄스 성형과 주파수 편이 변조를 통하여 FM 송신부의 변조신호를 만들게 되며 출력은 2W 또는 10W 2개의 송신 출력부를 통하여 4개의 1/4 파장 모노폴 안테나로 보내어 지상국으로 송신하게 된다.

6) 기계구조부

위성체의 구조는 직육면체의 구조물로서 크기는 352mm(가로)×356mm(세로)×670mm(높이)이며 알루미늄 합금 재질을 사용한 모듈형 상자에 각각의 서브시스템의 회로 기판이 부착되게 되며 위성체 상단과 태양전지판이 붙어 있는 내면에는 벌집모양(honeycomb)의 구조물이 사용되고 있으며 자세 안정화를 위한 붐, 외부 지자기센서등은 우주공간에서 적절한 시간에 폭약에 의해 펼쳐지고 로켓에의 위성장착을 위한 위성의 부착장치와 폭약장치 등이 하단부에 있다. 우리별 위성 구조물의 분해도와 외형도가 그림 2와 그림 3에 나타나 있다.

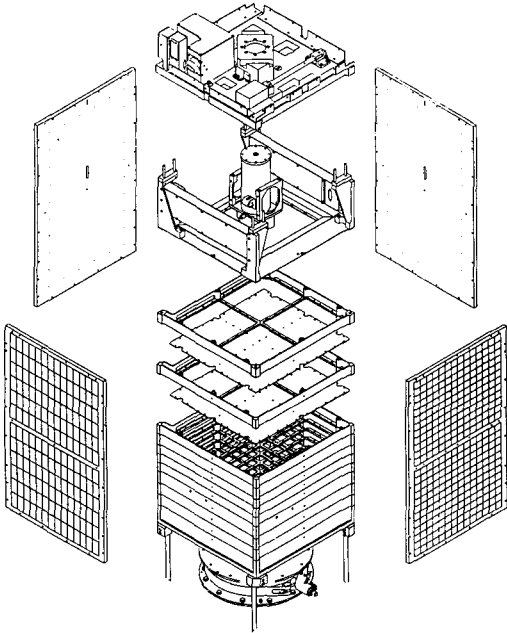


그림 2. 우리별 1호 구조물의 분해도

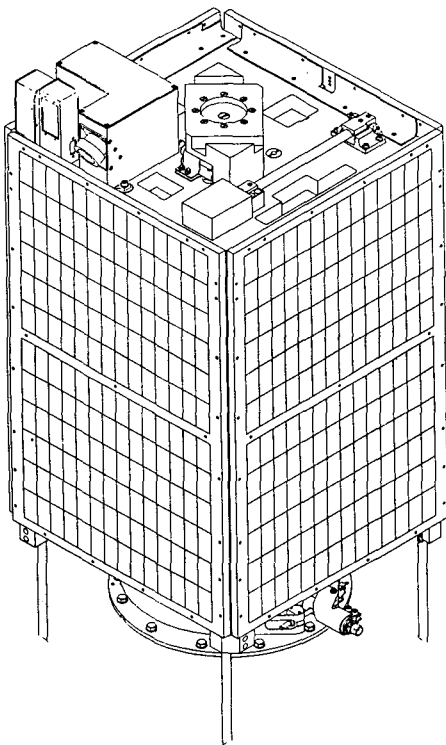


그림 3. 우리별 1호의 외형도

2. 실험탑재물

1) 축적 및 전송통신

우리별 위성에 탑재한 전자우편 시스템을 이용하여 디지털 음성정보, 데이터, 화상정보 등을 지구상의 임의의 지점과 통신이 가능한데 우리의 상공근처에 위성이 나타나는 횟수는 하루에 8회 정도이며 통신시간은 매회 10분~20분 정도이다. 이를 위해 메시지 저장용 메모리가 13MB가 있으며 송수신 장치를 갖춘 지상국에서 정해진 통신 프로토콜인 AX.25와 화일전송 프로토콜에 따라 데이터를 초당 9600 비트의 속도로 송수신할 수 있다. 이 탑재물은 적절한 송수신 장비를 갖춘 국내의 아마튜어 햄에게 개방하여 3세대의 아마튜어 통신 발전에 공헌할 것으로 기대된다.

2) 지구표면 촬영실험

지구표면 촬영을 위하여 화소당 4Km×4Km의 저해상도와 850mm(근적외선) 중심파장을 가진 카메라와 400m×400m의 고해상도와 650mm(빨간 가시광선)의 파장을 가진 카메라를 탑재하고 있어 각각 2,300Km×2,300Km와 2,300Km×230Km의 지구표면 모습을 하나의 화면에 담을 수 있다. 이 실험을 위해 32비트급 고성능 1칩 컴퓨터인 영국 INMOS 회사의 트랜스퓨트가 2개 사용되며 내부 및 외부 메모리, 우주선에 대한 메모리 내용 보호 능력이 탁월한 SOS(silicon on sapphire) 메모리 소자, 에러검출 및 정정회로, 그리고 외부의 주 컴퓨터와의 통신을 위한 모토롤라의 MC68HC11 마이크로 칩이 또한 내장되어 있다.

3) 우리말 방송실험

우리말 방송실험은 위성체 내부의 여러가지 상태정보, 예를 들어 각 부분의 온도, 전압, 전류등의 내부상태 정보를 감지하여 우리말로 편집하여 방송하는 실험과 지상에서 보낸 음성정보를 위성에 저장한 후 우리 상공에 위성이 있을 때 방송해 주는 실험을 수행하는 것으로 이를 위해 초당 1600만 명령어를 수행할 수 있는 강력한 디지털 신호처리용 마이크로 프로세서인 TMS 320C30과 초당 1250만 명령어를 수행하는 TMS 320C25, 아날로그-디지털 변환부, 프로그램 기억장치등으로 구성되며 많은 음성 데이터 정보를 저장하기 위해 주 컴퓨터의 도움을 받아 보조메모리인 램디스크가 사용된다.

4) 우주방사선 측정실험

이 탑재물은 고도 1,300Km, 적도면과의 경사각이 약 66° 우리별 위성의 궤도상에서의 우주방사선 분포상태를 분석하기 위해 방사선 총조사량 측정기와 우주입자 검출기의 측정장치를 내장하고 있다. 방사량 총조사량

측정기는 RADFET이라는 감지기를 사용하여 방사선에 의해 발생하는 전하에 의한 변화를 전기적 신호로 바꾸어 검출하는데 위성의 각 부분에 7개의 감지기를 두고 방사선 영향을 측정한다. 측정결과는 원격검침부에 의하여 연속적으로 검출되어 기억장치에 저장되었다가 지상으로 보내어진다. 한편 우주입자 검출기는 특정한 범위의 에너지 대역을 가지고 있는 입자들을 그 세기에 따라 검출하여 그 양을 정밀하게 검출해 내는 것으로 감지기는 넓이가 30mm×30mm의 특수한 다이오드가 사용된다.

Ⅲ. 위성의 개발제작

위성을 개발 제작하기 위해 위성의 임무설정이 우선에 필요하고 지상 실험용인 엔지니어링 모델(engineering model) 위성의 제작, 비행모델(flight model) 위성의 제작, 환경시험, 발사 준비 등의 과정을 거치는데 단계별 과정이 그림 4에 나타나 있다.

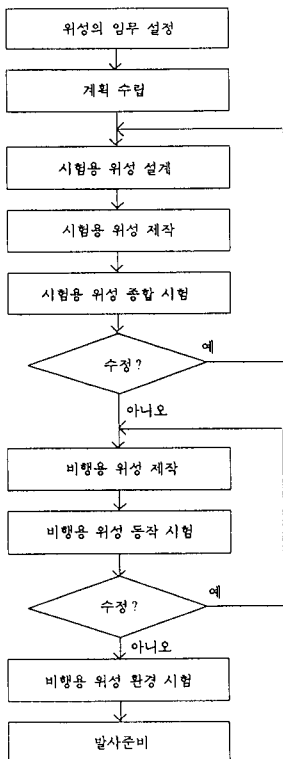


그림 4. 우리별 1호의 개발 단계

1. 엔지니어링 모델의 제작

위성체의 임무 결정후 각 부분별 설계가 이루어지며 시제품이 만들어 지는데 실제 위성과 같은 형태의 구조, 인터페이스 및 동작이 되도록 모델을 만들고 최종 조립하여 종합시험을 행하며 문제 발생시 수정 보완하며 실제 비행모델의 위성이 우주에서 문제가 발생할 때나 위성체 각 부분의 지상에서의 성능 시험등에 활용한다. 엔지니어링 모델 제작의 중요성은 조립시에 생기는 위성 각 부분 상호간의 간섭과 정합 문제를 해결하여 비행모델에서의 재설계나 조정 작업을 최소화 할 수 있다.

2. 비행모델의 제작

엔지니어링 모델 제작시 확정된 각 부분의 설계사항이 비행모델의 제작에 반영이 된다. 엔지니어링 모델과는 달리 실제로 우주에 올라가는 위성이므로 모든 부품이 우주에서 견딜 수 있는 것이 사용되어야 하며 비행모델의 조립과 시험은 청정실험실에서 수행한다. 이 과정에서 특히 정전기에 약한 집적소자들, 온도 변화에 따른 충방전 특성과 전해질 누출 등의 요구 규격에 맞는 NiCd 충전전지의 선택, 각종 재료나 화학약품에 대한 가스배출, 온도특성 등에 대한 자료에 근거로 한 사전 시험등이 충분히 고려되어야 하고, 각종 부품의 기계적 진동을 줄이고 전기적 합선을 막기 위하여 각 모듈에 고착제를 발라 처리한다.

3. 조립 및 환경 시험

각 부분별 제작된 모듈들을 전체적으로 조립하여 전기적인 성능 시험을 종합적으로 수행한 후 진공, 충격, 가속도 등의 위성의 발사시 겪는 환경과 우주에서의 진공, 극심한 온도변화, 방사선 환경 등에서 견딜 수 있는지 시험하기 위해 온도시험, 정현파와 랜덤파형에 의한 진동시험, 충격시험, 질량 특성검사, 열진공시험, 전자파 정합(EMC) 시험등이 이루어진다.

4. 발사준비

제작 및 시험이 완료된 위성은 남미 쿠루에 있는 아리안 로켓 발사장으로 발사 약 1개월 전에 운반되어 마지막 조립 및 시험을 청정실험실에 수행하는데 이때 위성의 모든 부분을 적어도 한번씩은 꼭 점검하여야 하며 종합시험이 끝난 후 로켓의 보조탑재물로 도우넛 형태의 구조체에 올려져 탑재되고 마지막 점검이 끝나면 그동안 각종 시험장비와 연결되었던 모든 연결선을 분리하게 되는데 이것은 마치 탯줄을 자르는 것과 같은 일에 해당하며 위성은 로켓 발사후 분리되는 순간 전원공

급이 자체적으로 시작하게 되어 필요한 부분에 전원이 켜지게 된다.

5. 발사 및 운동

아리안 로켓을 이용하여 발사된 위성은 고체연리통 분리, 1단 로켓 분리, 2단 로켓 분리, 3단 점화, 주위성 분리후 우리별 위성은 발사후 23분 36초후 로켓으로부터 폭약에 의하여 분리되어 우주의 새로운 위성으로 태어나게 되었다. 우리별 1호가 아리안 로켓으로 분리될 때 일정한 방향없이 랜덤하게 아주 빠른 속도로 회전을 하면서 지구를 도는 텀블링(tumbling) 상태에 놓이게 되는데 초기의 텀블링 상태에서 각종 자세제어를 위한 센서의 정보를 바탕으로 현재의 위성 자세를 관찰하고 위성체의 각축(X, Y, Z)에 감겨져 있는 코일에 흐르는 전류를 제어하는 자계토크(magnetorquer)로 코일에 흐르는 전류에 의한 자기장과 지구 자기장과의 상호작용에 의해 회전력을 발생시켜 이 원리를 이용하여 초기 텀블링 상태에서 붐을 뽑을 수 있는 안정된 상태로 도달하는데 우리별 위성의 경우 약 6일 후에 폭약에 의해 붐을 뽑으면서 붐의 끝에 있는 작은 질량(tip mass)이 약 5.5m 정도 빠져나가면서 무거운 위성체 몸통이 지구를 향하도록 자세를 안정화시켰다. 그림 5는 붐을 뽑기 전후에 지자기 센서의 출력의 데이터를 나타낸 것으로 붐을 뽑고 안정화 되어 가는 것을 알 수 있다. 자세를 안정화 시켜 가는 도중에 이미 패킷통신에 의한 위성과의 송수신이 계속되었으며 CCD 카메라에 의한 지구표면 촬영시험, 우리말을 디지털 통신링크로 위성으로 보

낸 후 우리말을 직접 위성에서 방송하는 실험, 우주방사선 측정 실험이 현재까지 성공적으로 수행되고 있다.

그림 6은 위성에서 촬영한 지구표면 사진의 한 예이다.

IV. 결 론

인류 최초의 위성인 소련의 Sputnik 위성의 발사후 35년이 지난 올해 국내 최초로 발사된 우리별 1호로 위성의 보유국으로는 23번째 정도가 되어 우리의 국력을 비교하면 위성의 발사가 다소 늦은 감이 있다. 한국과학기술원 인공위성연구센터에서는 선진국들의 우주관련 기술을 조기에 습득하기 위해 영국의 쉐리대학등 선진 외국에 22명의 유학생들을 파견하여 교육을 시키고 있으며 국내에는 KAIST를 중심으로 인력을 양성하고 있다. 한편 영국 쉐리대학에서 영국 위성의 제작에 참여하여 기술을 습득하고 이것을 바탕으로 새로운 탑재물을 추가, 최첨단 갈륨비소 태양전지판의 사용등 개량된 50Kg 급 소형 위성을 약 2년 반 정도의 짧은 시일에 만들 수 있게 되었다. 그리고 국내에서는 KAIST 교수들을 중심으로 각 부분별 기초연구를 수행하고 있으며 항공우주연구소, 시스템공학연구소, 전파연구소 등과 공동으로 연구중에 있으며 국내 대학들도 기초 연구에 참가하고 있다. 이 위성은 비록 소형이지만 시스템 주요 내부 구성은 대형 실용 위성과 유사하며 적은 연구비로 위성 전체

ATTITUDE of S/C after deploying the BOOM

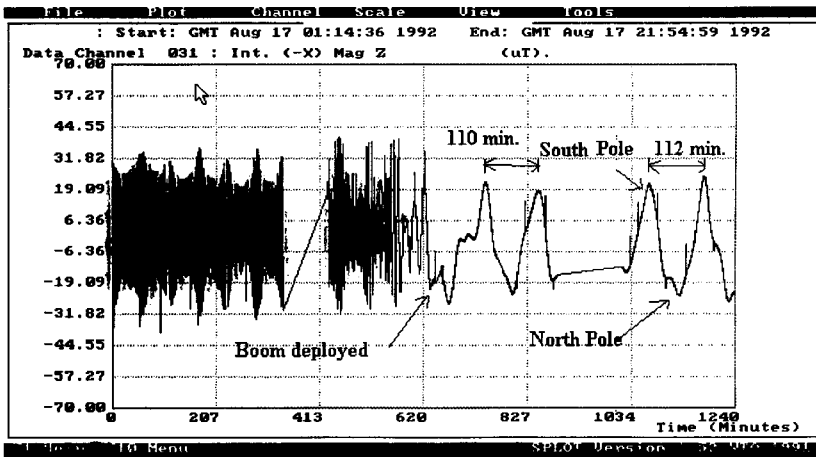


그림 5. 붐을 뽑기 전후의 지자기 센서의 출력

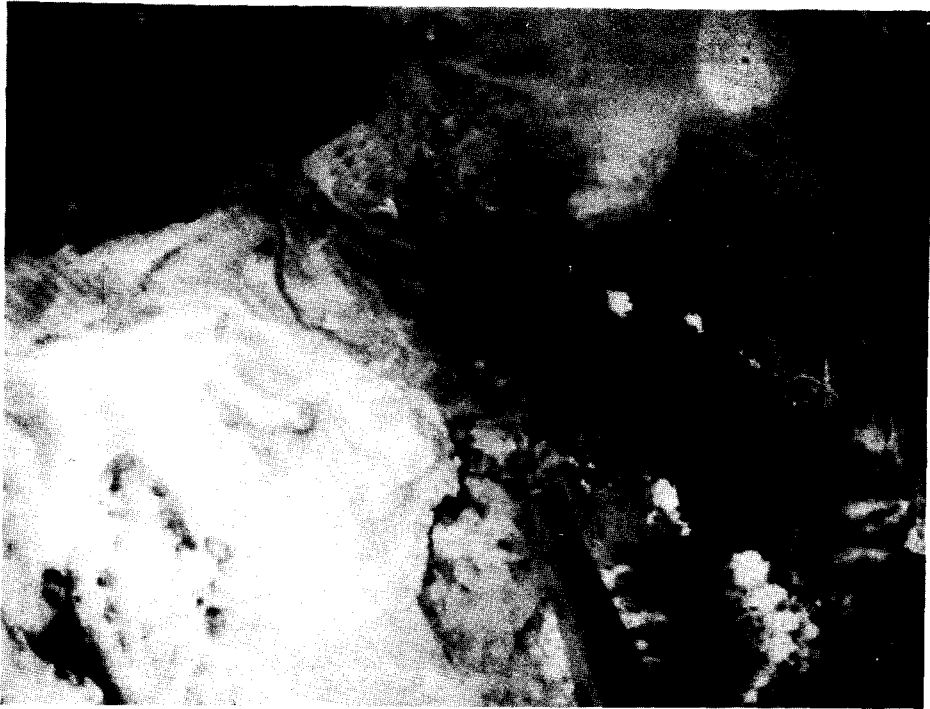



그림 6. 지구 표면 촬영 사진의 예

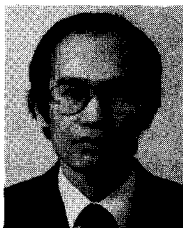
시스템의 설계 기술을 가지게 된 점과 발사 비용의 저렴함, 개발 기간의 단축등 많은 장점을 가지고 있으므로 앞으로 우주과학 실험이나 연구용, 각종 기술실험용으로 많이 활용될 수 있다. 특히 내부에는 32비트, 16비트, 8비트 고성능 컴퓨터가 13개나 들어 있으며 대용량 메모리를 가지고 있어 다기능화, 고기능화의 미래 위성 기술의 추세에 맞는 50Kg급 소형위성 중에서는 첨단급에 속한다고 볼 수 있다.

우리별 1호의 개발, 발사, 운용에 이어 국내 기술진에

의해 우리별 2호 위성이 1993년 9월 발사를 목표로 현재 개발중에 있으며 우리별 2호의 개발시에는 국내 기업의 연구원들도 참여하여 우리별 1호의 개발시 습득한 기술이 산업계에도 파급되기를 기대하며 이러한 위성사업이 일과성에 그칠 것이 아니라 꾸준히 지속될 수 있도록 정부의 지속적인 지원이 필요하다고 생각한다.

끝으로 본 연구사업을 지원해 주신 체신부, 과학기술처, 과학재단, 한국통신등에 대해 감사를 드립니다. 

筆者紹介



成 權 根

1952年 7月 19日生

1975年 2月 서울공대 전자공학과

1982年 8月 미국 텍사스 주립대학 전기 및 컴퓨터(공학석사)

1986年 5月 미국 텍사스 주립대학 전기 및 컴퓨터(공학박사)

1977年 5月 ~ 1980年 7月 한국통신기술연구소(현 ETRI 연구원)

1986年 3月 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 부교수

주관심분야: ISDN/B-ISDN 전자교환기 분야, 위성통신, 위성개발 등