

KOMPSAT 2년을 돌아보며 ...

항공우주연구소 위성본체연구 그룹장 김진철



다목적 실용위성 사업은 한국의 자주적인 우주개발 기술을 목표로 과학 기술처, 통상산업부, 정보통신부의 범부처적인 국책사업으로 '94년 11월 착수되었다.

본 사업의 착수는 2년여의 사전 예비설계 (Feasibility Study)를 수행한 결과를 반영하였으며 위성의 궤도, 무게, 크기, 용도 등의 주요 제원과 규격이 사전 예비설계에서 설정되었다.

다목적 실용위성은 크게 3가지의 기본 요구조건이 제시되었는데,

첫번째, 실용위성으로서의 기능으로 유용한 지구관측 정보를 획득하여야 한다는 기본 요구사항에 따라 당시의 상용급 국제위성으로 활용되고있는 프랑스의 SPOT 위성의 해상도 (20m) 보다 더 유용한 해상도 (10m)를 가져도록 설계되었으며,

두번째의 요구조건으로 국내기업 참여를 통한 위성기술 획득과 국산화 (60%) 요구조건을 만족하여야 하였다.

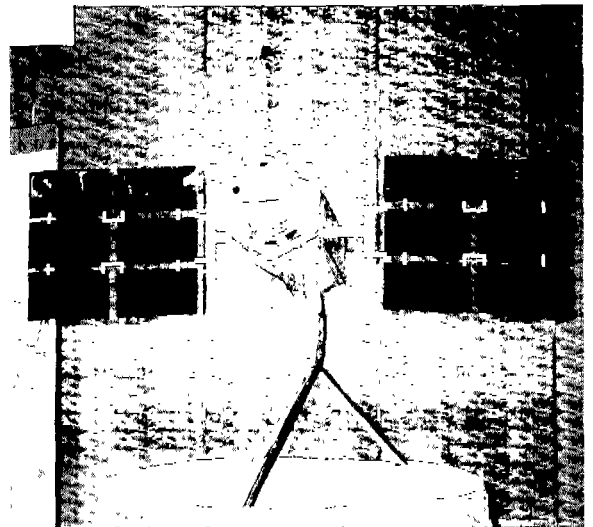
세번째 요구조건으로 위성본체를 표준화하여 향후의 시리즈 위성에 탑재체만 변경하여 활용될 수 있도록 한다는 것이다. 이러한 요구조건을 검토한 결과 다목적위성은 저궤도 (600km ~ 800km) 위성으로 중량 350kg ~ 500kg 급의 모듈 (Modular) 형태의 위성으로 3축자세제어에 의한 0.1°의 제어정밀도를 갖도록 설계되었다.

사업착수

사업착수시 첫 과제는 다목적 실용 위성 개발사업에 공동으로 참여할 국내 기업체 선정과 해외 공동 개발업체 선정이었다. 참여할 국내기업체의 참여부분이 중복되어 임무조정이 어려웠으나 당시 항공우주진흥협회가 창설되어 의견 수렴을 거쳐 지금의 참여기업 구도가 확정되었다. 이

에따라 구조 및 열제어계는 대한항공과 두원중공업, 자세제어계는 대우중공업, 전력계는 현대우주항공, 원격측정명령계는 삼성항공, 추진계는 한라중공업, 환화가 공동으로 수행토록 결정되었다.

해외공동 개발기관의 선정은 본 사업의 RFP (Request For Proposal, 제안서 요청)에 의거 해외업체의 제안서를 검토한 바 미국의 TRW사와 Lockheed 사, 프랑스의 MMS사가 경합을 벌였으나 TRW사의 제안서가 성능 및 가격과 기술이전 등에서 좋은 평가를 받아 선정되었다. 특히 TRW사의 제안 중 국내 연구원과 TRW 연구원의 공동설계작업 계획이 우수하였으며, 타



(그림1) TRW사로 부터 제안된 다목적 실용위성 모형

사의 제안서에 비해 성능과 가격도 양호하였다. <그림 1>

TRW사가 1위 후보로 선정되어 세부협상에 들어갔으며, 3개월여의 협상기간을 거쳐 계약문건이 작성되었으며, 한국어 우선과, 공동작업을 위한 한국 참여연구원의 증가, 기술제공의 범위확장 등을 추가로 양보를 받아내었다. 특히 기술이전을 꺼리는 위성용 소프트웨어의 Source Code 획득은 위성개발의 핵심기술로 매우 의의가 크다 하겠다.

사업추진

본격적인 사업추진을 위한 TRW와의 계약체결에 이어 '95년 5월에 다목적 실용위성 사업착수식 <그림 2>을 가졌다. 이어서 TRW사에서 기술자가 한국에 파견되어 위성설계가 시작되었으며, 8월부터는 한국의 연구원들이 TRW사에 파견되어 본격설계에 들어

가게 되었다. 한국에서 파견된 한국연구원과 TRW사 연구원이 같은 Section에서 작업하도록 TRW사 내에 공동설계 사무실을 설치하였으며, 기술습득과 작업이 공동으로 이루어지도록 하였다.

다목적 실용위성 사업은 크게 3부분으로 나누어 시스템설계분야와 위성본체분야, 시험 및 조립분야로 나뉘어 사업이 추진되며, 국내기업체가 담당하는 부분은 위성본체의 세부 부분체분야로 5개분야에 7개 기업체가 참여하게 되며, 총 사업비는 1,650억원 규모에서 1,728억 규모로 증액되었다. 이중

통상산업부는 552억, 과학기술처 933억, 민간투자분 243억으로 구성되었다.

<표 1>

**시스템설계 완료
(SDR: System Design Review)**

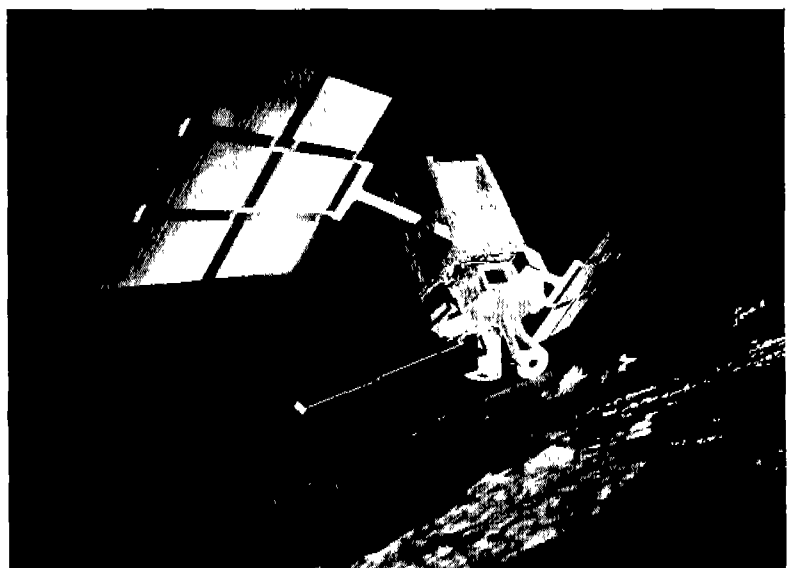
다목적 실용위성의 시스템설계가 '95년 12월에 완료되어 위성의 기본규격과 형상이 결정되었다. <그림 3> 시스템 설계 과정에서 위성의 임무조건을 만족하기 위한 위성체 스펙(Specification)이 작성되었으며, 설계검토가 이루어지면서 설계변경이 부분적으로 보완되었다. 중요한 설계 변경

<표1> 다목적 실용위성 개발사업 예산

		년 도 별					계
		'94	'95	'96	'97	'98	
통상산업부	위성본체	55	80	162.7	179.8	75	552.5
과학기술처	시스템설계	30	63.5	115.72	218.66	141.44	569.32
	탑재체	-	5	5	5	5	20
	조립/시험	31	50.5	121.28	104.5	36.4	343.68
	소계	61	119	242	328.16	182.84	933
정부소계		116	199	404.7	507.96	257.84	1,485.5
민 간		27	34	87	51	43.5	242.5
총 계		143	233	491.7	558.96	301.34	1,728



<그림2>다목적 실용위성 사업착수식



<그림3> 시스템 설계 완료된 위성형상

사항으로 위성체를 제어하는 탑재컴퓨터 (OBC: On-Board Computer)가 3개의 독립된 부분으로 나뉘어지고, 주컴퓨터에서 종합 조정하는 체계로 설계되었으며, 3개의 독립된 컴퓨터 기능은 자세제어 분야, 전력계 분야, 원격측정명령계 분야로 나누어 수행하면서 원격측정명령계 분야의 주컴퓨터와 표준화된 1553B를 사용하여 서로 보완되도록 하였다.

한국의 연구원들은 공동설계 작업을 하는 과정에서 문화적 차이와 의사소통의 문제로 초기에는 어려움을 겪었다. 한국의 연구원과 TRW사 연구원간의 의사소통의 문제가 처음에는 크게 우려되었으나, 오히려 시간이 지남에 따라서 우려된 바와는 달리 큰 문제가 야기되지 않은 반면, 문화적 차이에 의한 상호 이해의 차이는 생각보다 쉽게 적응되지 않는 듯 하였다. 이때, TRW사의 특별 프로그램으로 문화차이 해소를 위한 교육 프로그램을 TRW사 연구원과 한국 연구원이 공동으로 받고 토론하는 기회를 제공하는 등 TRW사의 배려는 인상 깊었다.

기본설계 완료

(PDR: Preliminary Design Review)

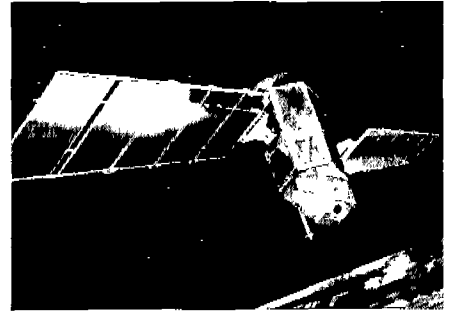
설계가 끝난 후 부분체별로 기본설계가 시작되어 세부적인 규격과 도면이 작성되었다. 기본설계과정에서 위성본체에 탑재할 지구관측 장비의 사양이 확정되지 않아 진행에 어려움이

있었으나, 지구관측 장비의 최종 사양이 '96년 2월에 결정되어 진행이 순조롭게 이루어지고 4월에 기본설계를 마칠 수 있었다. 기본설계에 따른 다목적 실용위성의 형상에 큰 변경이 있었는데 탑재장비의 사양이 변경됨에 따라 태양전지판의 요구조건이 달라지고, 태양전지판의 전개방법이 처음에는 두 방향으로 전개되는 방법에 기술적 문제점이 제기되어 한 방향으로 전개되는 방식에 전력을 증강하는 방법으로 설계가 변경되었다. 이에 따라 다목적 실용위성의 최종모델은 <그림 4>에서 보는 바와 같은 형상으로 확정되었다.

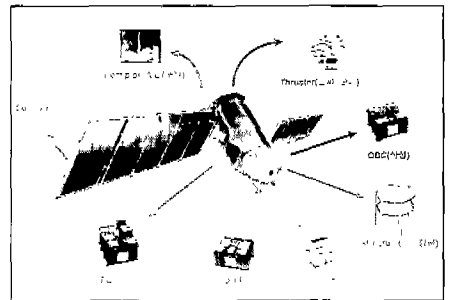
향후추진계획

기본설계가 끝난 후 지금은 상세설계 (CDR: Critical Design Review)가 진행되고 있으며, 국내기업체의 제작준비도 갖춰가고 있다. 다목적위성사업에서 국산화 개발 품목은 48개 품목으로 위성의 구조물과 탑재컴퓨터, 전력조절기, 추력기, 원격구동장치 (RDU: Remote Drive Unit), 열제어 히트파이프, 추진계 파이프 등 위성의 주요 핵심 부품으로 향후 우리나라의 우주개발을 위한 기반이 조성되고 있다 하겠다. <그림 5>

국내 기업체의 제작준비를 위해서 제작준비점검회의(MRR: Manufacturing Readiness Review)를 1차로 담당분



<그림4> 설계 확정된 다목적 실용위성



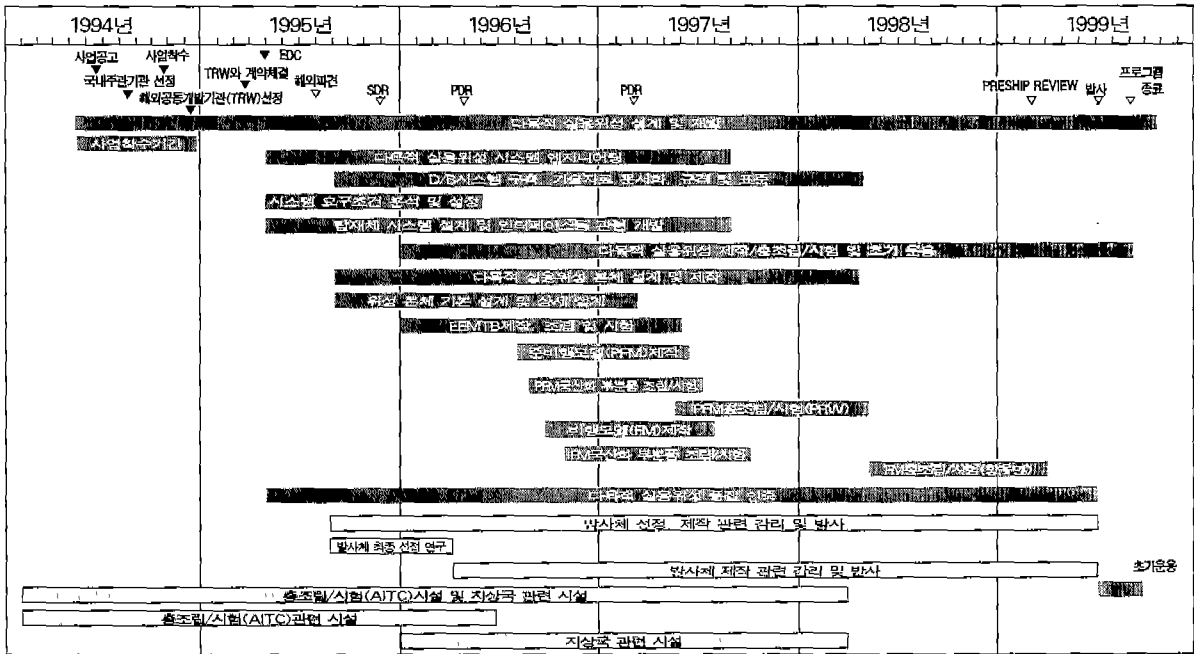
<그림5> 다목적 실용위성 부분체별 국산화 품목

야별 국내기업체를 대상으로 5월에 TRW사에서 가졌으며 2차와 3차에 걸쳐 완벽한 준비를 해 나갈 계획이다.

국내 제작준비와 아울러 상세 도면이 작성되고 있으며, 상세설계가 위성본체 분야는 금년 11월에 위성전체는 내년 4월에 확정되며, 총 사업개발 계획은 <그림 6>에서 보여 주고 있다.

위성본체 설계와 병행하여 설계를 검증하기 위한 Testbed 개발이 TRW사에서 이루어지고 있으며, 개발된 Testbed는 사용 후 한국으로 이송되어 한국에서 비행모델 (FM: Flight Model)을 조립시 사전 점검을 위해 사용된다.

위성본체는 2기를 제작하게 되는데 1기는 준비행모델 (PFM: Proto Flight Model)로서 미국 TRW사에서 조립·시험 (AIT: Assembly, Integration and



(그림6) 총 사업개발 계획표

Test)되고, 실제 비행모델은 한국에서 조립·시험되며, 발사체가 선정 되는 대로 '99년 7월경 발사 될 예정이다.

다음으로 다목적 실용위성의 부분 체 분야별로 살펴 보고자한다.

고해상도 전자광학 카메라 (EOC: Electro-Optical Camera)

다목적실용위성에 탑재될 전자광학 카메라는 위성고도 685km 에서 1 : 25,000 한반도 표준 지도제작을 위한 영상정보 획득의 임무 수행을 위하여 개발되고 있다. 전자광학 카메라는 대구경 초정밀 광학과 미세 CCD Array 전자공학, 특수소재 및 통신공학 등의 첨단기술의 집합체로 기술을 선점하고 있는 축으로부터 기술이전이 매우 어려운 분야이다. 현재 개발중인 전자

광학 카메라는 반사망원경 형태의 광학계와 그 초점 면에 위치한 미세 CCD Array, 전자 신호 처리부로 구성 되어 있고, 별도의 영상자료 처리 (포매팅 및 압축)와 송신을 수행하는 탑재장비 데이터전송 서브시스템 (PDTS: Payload Data Transmission Sub-system)으로 구성된다.

'95년 12월부터 TRW에서 전자광학 카메라 개발이 시작되었고, '96년 2월 TRW에서 델타-시스템체계 (δ-SDR) 회의를 열어 한국의 항우(연)과 미국의 TRW 쌍방이 전자광학 카메라의 기본설계 검토를 거쳤으며, 항우(연)과 TRW 사가 전자광학 카메라에 대한 정식 추가계약을 체결, '96년 5월 8일부로 발효되어 사업이 진행되고 있다.

저해상도 카메라 (LRC: Low Resolution Camera)

전세계의 해양자원 및 해양환경 관측을 목적으로 하는 저해상도 카메라는 800km 의 영상획득 폭과 1km 이하의 해상도를 가지며, 가시광선 영역에서 칼라 해양영상을 얻어 생물학적 해양지도 작성, 해수색관측, 수질조사, 식물군 분석을 통한 삼림상태 관찰, 해양 생태계조사, 유기물관측에 따른 해양오염 관찰, 황사현상 관찰 등의 다양한 활용분야를 갖고있다.

현재 TRW 사에서 항우(연) 및 관련 국내업체가 공동설계중인 저해상도 카메라는 수집된 영상이 렌즈 슬릿, 그리고 Grating을 통과하면서 파장별로 분광되어 CCD Array면에 상의 공간 및 파장 (색갈)별 분포가 맺히는

구조로서현재 광학부, 전자제어부, 구조부가 설계중이며, 설계가 끝나는 8월경부터 일부 부품을 제외한 렌즈, 스캔미러, 전자제어부, 열제어및 구조 등의 4개 주요부분이 국내 제작사인 삼성항공에서 제작, 국산화됨으로써 위성 탑재기구, 특히 원격 탐사기구 개발의 경험이 전무한 우리 나라로서는 기술획득의 귀중한 기회를 마련할 것으로 생각된다.

과학탑재체 (SPS : Space Physics Sensor)

우주환경의 이해 및 독자적인 우주 데이터의 수집을 목적으로 하는 과학탑재체는 이온층의 전자밀도 및 전자 온도를 측정하는 이온측정기 (IMS: Ionosphere Measurement Sensor)와 우주 공간의 방사선 입자의 정보를 얻고 우주환경에 의해 반도체 부품이 받는 영향을 측정하는 고에너지 입자검출기 (HEPD: High Energy Particle Detector)로 구성되어 있다.

과학탑재체는 순수 국내기술로 개발되며, 주관기관으로는 과학원의 인공위성연구센터로 되어 있다. '95년 중순부터 개발에 착수하여 현재까지 이온측정기는 기본설계 및 세부설계를 마치고 회로부 및 센서부의 특성분석을 하고 있으며, 고에너지 입자검출기는 네가지 센서들로 구성되는데, 이에 대한 설계를 완성하고 준비행 모델의 전기적 특성분석을 시험 중에 있다.

구조계

다목적 실용위성의 구조계 역할은 위성체 요구조건과 발사체의 제한조건을 충족시키면서 다른 부분체 및 탑재체를 기계적으로 지지하는 것이다. 구조계의 기본구조는 미국 TRW사의 오존측정 위성인 TOMS-EP를 다목적 실용위성의 탑재체 요구조건을 수용할 수 있도록 개조한 형태로서 육각기 등형태의 본체와 탑재체, 추진체, 태양전지판, 발사체 어댑터로 구성되어 있다. 육각기등 형태의 본체 구조물은 탑재체 요구조건 수용에 따른 설계변경이 쉬운 모듈방식으로 탑재모듈, 전자모듈, 추진모듈, 태양전지판 지지구조대로 구성되어있다. '95년 3월 미국의 TRW사와 공동계약을 시작으로, 8월 TRW의 위성설계 기술을 습득하기 위하여 항우(연)에서 연구원 1명, 대한항공에서 2명의 엔지니어를 파견하였다. 초기에는 대한항공의 내부사정으로 엔지니어의 파견이 지연되어 TRW와 어려움이 있었으나, 시스템설계 완료 (SDR)와 기본설계 완료 (PDR)를 거치면서 기본 구조물인 플랫폼과 태양전지판 등의 설계 및 해석, 그리고 위성체에 대한 모델링 및 동특성 해석을 수행하였다.

'95년 6월 추진모듈, 7월 태양전지판, 9월 구조물에 대한 상세설계 검토 (CDA: Critical Design Audit)가 각각 있으며, 9월 이후 최종도면이 나오면 계획된 국산화 일정이 본격적으로 시작되어 제작, 총조립 및 시험들이 수

행될 예정으로 있다.

대한항공(구조분야 담당)

'94년 여름 대한항공 항공기술연구원 위성팀에서는 다목적 실용위성 개발사업에 대한 타당성 조사와 자체 해석/설계/제작기술을 검토하고, 사업계획서를 작성하느라 에어콘이 꺼진 늦은 시간까지 무더운 더위와 싸우며 분주한 시간을 보냈다. 그 결과, 무궁화위성의 본체 및 태양전지판을 성공적으로 제작 납품한 경험이 있는 동사가 다목적 실용위성 구조계 제작의 주관기관으로 선정되었고, 총 사업기간의 5차년도중 1차년도 사업 (~'95년 8월)이 '94년 11월에 시작되었다.

구조계의 최종목표는 준비행모델, 비행모델, 구조개발모델 각 1세트와 지상지원장비인 MGSE (Mechanical Ground Support Equipment, 20개 항목) 제작이다. 최종 목표를 달성하기 위한 첫번째 단계인 1차년도 사업의 주 내용은 시스템설계 및 기본설계로, 시스템설계 완료 (SDR)를 수행했다.

구조계 국산화 품목과 1, 2차년도 ('95년 9월 ~ '96년 6월)에 걸쳐 진행되었던 사업추진 실적을 요약하면 <표 2> 와 같다.

항후 추진일정으로 3차년도 ('96년 7월 ~ '97년 4월)에는 상세설계 완료 (CDR) 수행과 최종목표인 준비행모델, 비행모델, 구조개발모델 및 MGSE를 제작하고, 4차년도 ('97년 5월 ~ '98년 4월)에는 구조개발모델 시험, 준비

<표2> 대한항공의 1,2차년도 사업추진 실적

모듈	세부품목	기능	진척도(%)	
			해석*	설계
탐재모듈	탐재플랫폼	전자광학카메라, 저해상도 카메라 등을 탑재	70	90
전자모듈 /패널들	네이더플랫폼	전자장비, 밧데리 등의 장착 및 지지	50	95
	중앙플랫폼			
	측면플랫폼			
	론저론			
	네이더레일			
추진모듈	추진플랫폼	연료탱크, 이종추력기모 들지지 및 장착	70	95
	스트러트			
	기계가공한 링			
	Lower 레일			
어댑터	어댑터 링	발사체와 위성체 연결	60	90
태양전지판 지지대	요오크 / 브래킷	태양전지판 지지	60	90

*상세해석 기준, 기본해석은 완료 상태임

행모델/비행모델 조립 및 시험, 준비행모델 총조립과 시험이고, 마지막 5차년도에는 준비행모델/비행모델 의 총조립 및 시험을 끝으로 구조계 사업은 종결된다.

열제어계

우주환경에 노출된 위성체는 지상에서는 경험할 수 없는 특이한 상태에 처하게 된다.

위성체가 임무를 수행하는 우주공간은 무중력 또는 미세중력에 기인하여 절대진공에 가깝다. 이와같은 진공 상태에서는 대류 열전달이 존재하지 않으며, 심층우주 (약 -270 °C)나 태양과의 열교환은 복사 열전달로서만 가능하다. 이와같은 조건에서 위성체가 지구 그림자 속에 들어가게 되면 위성체는 심하게 냉각되며, 지구 그림자를 벗어나게 되면 태양면을 바라보는 쪽은 심하게 가열되게 된다. 다목적실용

위성을 이와같은 열환경으로부터 보호하여 위성체의 각 부품들을 설계된 작동온도 영역 내에서 유지토록 하여야한다.

열제어계의 목적은 우주환경에서 각종 콤포넌트들이 작동 허용온도내에서 동작하도록 하는데 있으며, 이를 정확히 예측하기 위해서는 열해석과 이를 바탕으로한 위성체에 대한 열설계가 필요하다. 이와같은 열설계 및 해석을 위하여 NASA에서 개발한 궤도 열해석 프로그램인 TRASYS와 범용 열해석 프로그램인 SINDA가 주로 사용된다.

지금까지 다목적위성의 열제어계 설계에서 수행된 내용은 본체 열제어 예비설계 및 해석, 상세모델에 의한 태양전지판의 궤도상 온도분포 예측, 저해상도 카메라 예비 열설계, 히터 및 히트 파이프 등과 같은 열제어 부품의 작동논리 및 배열 연구, 열적 요구 조건의 문서화이다.

차후에 열제어계는 상세설계 완료(CDR)를 통해 미확정된 상세설계를 확정하게 되며, 제작완료후 제작된 위성체의 열설계는 우주환경을 모사한 열진공챔버를 이용한 실험을 통해 검증을 하게 된다.

두원중공업 (열 제어분야 담당)

두원중공업은 방위산업계통의 경험을 많이 가지고 있고, 과학로켓트 제작에도 참여한 경험이 있지만, 위성사업에는 처음인 위성사업 초년병 기업으로서 열심히 열제어계 국산화 성공이라는 목표를 향해 뛰고 있다. 동사의 국산화품목으로는 히트파이프와 다층박막단열재 (MLI: Multi Layer Insulator)가 있으며 이외에도 히터, 패인트, 2차표면 거울등 위성체에 관계되는 다른 열제어계 관련부품들을 구매/개발 하게 되어있다.

현재까지 히트파이프의 성능시험 및 시험장비설치, 제조 설비/장비 도입등이 수행되었고, TRW 및 항우(연)로부터 입수된 제조스펙에 대한 검토를 수행하여 필요한 제조공정작성을 하고 있으며, 이를 토대로 국내에서 시제품제작 및 시험 등을 수행하고 있다. 이와 관련하여 현재 국내에서 진행되는 제작관련 사항을 TRW의 제작지원팀과 연결하여 상호 확인작업도 진행중에 있다. 또한 서울대학교와 경상대학교에 다목적위성의 열제어계에 관련된 위탁과제를 수행중에 있으며, 이를 통해서 미비한 기초연구

등을 보충하는등 모범적인 산·학·연의 협조공동체제를 구축하고 있다. 향후 3차년도에는 미비된 히트파이프 제작 및 시험 장비/설비 등을 도입하고 다중박막단열계의 장비/설비의 사양검토 및 일부를 도입할 것이다. 그리고 압출, 제작, 시험의 전단계에 걸쳐서 히트파이프의 시작품 및 준비행 모델을 제작할 것이며, 궁극적으로 우리손으로 만드는 첫번째 실용위성의 열제어계 국산화 성공이라는 목표를 달성하고자 한다.

동사가 1, 2차년도에 진행했던 사업 추진 실적을 요약하면 <표 3> 과 같다.

자세제어계

자세제어계는 인공위성을 제어하여 필요한 방향으로 구동 및 지향시키고 위성의 운행·운용에 있어서의 제반 안정성을 보장해 주는 핵심적인 부분체이다. 다목적 실용위성의 자세제어계는 3축안정화 제로 모멘텀 바이어스 방식을 채택하고 있다. 이는 모멘텀 바이어스 방식에 비하여 기동력 및 기능의 폭이 커 다용도 위성인 다목적 실용위성의 임무수행에 적합하며, 또한 핵심성능 지표인 지향정밀도의 측면에서 볼 때 차후 고성능의 자세센서나 구동장치를 사용하고 최신의 프로

세서를 사용하는 개량된 자세제어계를 설계·제작한다고 할경우 그 성능향상의 폭이 모멘텀 바이어스 방식에 비하여 상대적으로 크다는 중요한 의미를 함축하고 있다.

다목적실용위성의 자세제어계 설계 및 개발에서는 1차년도에 성능요구조건 및 규격설정과 시스템 레벨의 기초설계가 수행되었고, 2차년도에는 그 내용을 토대로하여 세부예비설계가 진행되었다. 설계된 제어기는 Matlab/Simulink를 이용한 시뮬레이션에 의하여 그 성능이 분석되었다. 분석된 제반 성능지표들은 기본설계 완료 (PDR)를 통하여 검토·보완되었고, 이의 내용들을 반영한 보완 검증을 위하여 현재 C-언어에 의한 비선형 시뮬레이션 코드의 프로그래밍이 진행중에 있다.

앞으로 다목적 실용위성의 자세제어계 3차년도 사업기간 중에는 세부예비설계검토에서 도출된 내용들이 설계에 반영·보완되어 세부확정설계가 수행될 것이며 이들에 대하여 Matlab/Simulink 및 비선형 시뮬레이션 코드를 사용한 최종 성능 평가·검증이 완료될 것이다. 또한 자세제어계 구성 하드웨어에 관하여는 국산화 품목과 구매 품목들이 제작·시험에 착수되고, ETB (Electrical Test Bed)를 통

한 시스템 레벨의 성능검증이 시작되어 4차년도에 있을 시스템 종합 및 시험에 대비한 면밀한 준비작업이 수행될 것이다.

대우중공업(자세제어분야 담당)

대우중공업에서 담당하고 있는 서브시스템은 자세제어계로서 인공위성의 중추신경에 해당한다. 국산화 개발 품목은 원격구동장치 (자세제어논리가 탑재되는 프로세서)와 추력기 밸브 구동장치 (VDE: Valve Drive Electronics), 그리고 2종의 태양센서 (고정밀태양센서(FSSA: Fine Sun Sensor Assembly), 저정밀태양센서(CSSA: Coarse Sun Sensor Assembly))이다.

1차년도에는 국산화 품목제작을 위한 연구원들의 전문 위성기술 습득과 개발 품목 시험을 위한 시험장비 준비를 하였으며, 2차년도에는 미국의 TRW와 GULTON에 연구원을 파견하여 공동으로 국산화 품목의 설계를 진행하고 있으며, 국내에서는 제작준비성 검토 (MRR)를 통하여 국산화 일정에 차질이 없도록 만전을 기하고 있다. 현재 동사는 다목적 실용위성 자세제어계 국산화를 위해 미국 TRW에 5명, GULTON에 2명, 그리고 항우(연)에 2명의 연구원들을 파견하여 설계 및 제작에 참여하고 있으며 대전 우주항공연구소와 창원 생산공장, 그리고 항우(연)과 긴밀한 협조하에 제작준비를 위한 우수한 연구인력을 확보하여

<표3> 두원중공업의 1,2차년도 사업추진 실적

분 야	품 목	기 능	진척도(%)
열제어계	히트파이프 발열관	위성체에 탑재된 탑재장비에서 발생하는 과다한 열 방출	50
	다중박막 단열재	태양의 복사열 차단	40
	이차변경	위성체에 유해한 UV 및 복사열 차단	40
	히터	위성체 주요부분의 온도유지	40
	도료	적절한 열방출 및 흡수	40

운용하고 있다.

동사는 다목적 실용위성의 성공적인 발사를 위해 국내 위성관련 기술을 보유한 기업체와 유기적인 협력 체계를 준비하고 있을 뿐만 아니라 한국과학기술원, 인하대학교, 부산대학교, 그리고 연세대학교 등과 산·학·연 공동연구 체계를 통하여 다목적 실용위성 공동개발 사업의 성공을 위해 매진하고 있다. 대우중공업의 1, 2차년도 사업추진 실적은 <표 4>와 같다.

전력계

위성체 시스템에 있어서 전력계 시스템은 임무기간 (3년) 동안 위성체 부하에 연속적으로 전력을 공급하여야 하며, 위성체의 다른 서브시스템과 탑재체의 요구에 맞도록 전력원과 전력 저장장치를 제어하고 전력을 분배하여야 한다. 따라서 상기의 요구조건을 만족시키기 위해 다목적 실용위성의 전력계의 주요 부분체 구성은 낮기 간동안 전력을 생성하는 태양전지판과 일식기간 동안 요구전력을 공급하기 위한 에너지 저장장치인 배터리, 태양전지판에서 생성된 전력을 적절한 전력으로 변환시켜 부하와 배터리

로 전달하는 태양전지 배열조절기 (SAR: Solar Array Regulator), 타 서브시스템과 탑재체에 필요한 전력을 분배하기 위한 전력제어장치 (PCU: Power Control Unit), 태양전지판을 전개하기 위한 전개장치 (DDC: Deployment Device Controller), 태양전지판이 항상 태양을 바라보도록 하는 태양전지판 구동장치 (SADA: Solar Array Drive Assembly)와 태양전지판 구동전자유닛 (SADE: Solar Array Drive Electronics), 지상국에서 전력계의 상태를 모니터하고 제어할수 있는 원격측정 및 명령을 갖도록 설계된 전력계 제어장치 등의 전장품으로 구성되어 있으며 이들중 태양전지판, 태양전지 배열조절기, 태양전지판 전개장치, 그리고 전력 제어가 국산화 제작품목으로 되어 있다.

현재 전력계 시스템 분석 및 설계를 위해 항우(연)의 연구원 1명 및 현대인원 6명이 파견되어 TRW 연구진과 밤낮없이 연구에 몰두하고 있으며 (농담반 진담반으로 파견인원들의 말에 의하면 지옥을 피해 도망왔더니 더한 지옥이 여기더라는 말도 나옴), 국내에 상주하는 인원들 (일명 그림자 (Shadow)팀)은 이들 파견인원의 지원

및 자체적으로 위성의 전력계 설계 제작을 위한 기술들을 확보하기 위해 노력하고 있으며, 기본설계 완료 (PDR)가 종료된 현재 본시스템의 분석 및 기본설계가 완료되었고, 추후 3차년도 부터는 이들 시스템의 설계를 확정하고 상기의 품목들의 국산화 제작, 총조립 및 시험들이 수행될 예정으로 있다.

현대우주항공(주)(전력계분야 담당)

다목적 실용위성 사업에서 현대우주항공(주)는 '94년 11월부터 '99년 4월까지 5차년도에 걸쳐 다목적 실용위성의 본체분야 중 전력계 개발 사업의 주관기업체로서 전력계 각 구성품에 대해 ETB, 준비행모델, 비행모델 각 1세트를 제작하게 되는데 구성품중 전력제어장치, 태양전지 배열조절기, 태양전지판 전개장치, 태양전지판, DC 하니스 및 힌지는 국산화 품목으로 되어 있다.

동사의 전력계 개발 사업의 진행에 있어 1차년도 사업 목표는 전력계 설계 관련 주요 기초기술 연구에 초점을 두고 국내에서 진행되었으며 주요실적으로는 연구원들의 위성에 대한 기초지식의 습득을 위해 학계의 위성전문가를 초청, 교육 및 세미나를 실시 연구원들의 연구능력을 향상시켰다. 또한 2차년도의 원활한 사업의 진행을 위한 준비 방안으로 동사 연구소 자체의 연구능력으로 실제 위성에서 운용되는 전력제어부 연구용 시제를 성공

<표4> 대우중공업의 1,2차년도 사업추진 실적

분 야	품 목	기 능	진척도(%)
자세제어계	원격구동장치	자세제어계의 센서로부터 받은 데이터 처리 자세제어계의 구동기로 명령을 제공 원격측정명령계로 데이터 전달	95
	추력기 밸브 구동장치	추력기 밸브에 개별 명령 제공	100
	고정밀태양센서 저정밀태양센서	태양 각의 오차 신호 획득 피치축과 요축에 대한 정보 획득	100
	비행소프트웨어	위성의 자세 결정 및 제어 로직 프로그램으로 센서와 두동기의 데이터를 처리하여 원격구동장치에 탑재	95

적으로 제작하였다. 그리고 진행중인 2차년도 사업은 국내와 국외에서 이루어지고 있는데, 현재 위성의 초기설계를 마치고 상세설계의 마무리 단계를 진행중에 있다.

이를 위해 국내에서는 동사의 연구소 및 공장 그리고 해외 파견팀의 그림자 역할을 담당하는 항우(연) 파견팀에 의해 진행되고, 국외에서는 TRW와의 공동 설계 업무를 위해 동사 및 항우(연) 연구원으로 구성된 TRW 파견팀이 '95년 8월부터 TRW사에 설계기술팀으로 파견되어 전력계 시스템 및 주요 기능품 설계에 참여하고 있으며, '96년 3월에는 전장품 전문 업체인 GULTON사에 설계 기술자를 파견 전장품 설계기술을 습득 및 ETB 품목의 제작시험에 참관하고 있다. 당사의 2차년도 사업목표는 TRW와의 공동설계에 있어 실제 위성설계 기술의 완전한 습득과 기술의 국산화에 주력하고 있다.

이에 동사가 수행한 2차년도의 사업 내용을 살펴보면 1553B 데이터 버스 프로토콜에 대한 시제제작 및 태양전지판 EM (Engineering Model)의 완성을 들 수 있는데 당사는 이런 제작공정을 통해 국내와 해외 기술력의 차이점 및 독자개발 능력의 검증 기회로 삼고 있어 이에대한 설계제작 기술확보가 효율적으로 이루어지도록 추진하고 있다. 또한 이외에 수행 내용으로는 3차년도의 준비행모델/비행모델 제작에 사용할 각종 장비 및 설비의 구축을 들 수 있다.

3차년도에는 주로 전력계 구성품의 준비행모델 및 비행모델을 제작, 시험하게되며, 또한 전장품의 전용 시험장비의 자체 개발에 착수할 예정이며, 4차년도와 5차년도에 걸쳐서는 준비행 모델 및 비행모델의 최종 조립을 할 예정이다.

원격측정명령계

원격측정명령계는 위성의 정상동작 유무를 확인하기 위한 위성상태 감시 기능, 지상국과 위성간의 통신기능, 그리고 지상으로부터의 명령전달 및 실행기능을 수행하는 것으로 완전한 잉여성을 갖고 있으며, 주어진 기능을 수행할 수 있도록 프로그램된 탑재컴퓨터와 지상과의 통신을 위한 트랜스폰더, 안테나 등으로 구성되어 있다.

탑재컴퓨터는 핵심소자로서 최초 80C86 마이크로프로세서를 고려하였으나 좀더 나은 성능을 갖는 80C186으로 변경하였으며, 512K 바이트의 SRAM과 386K 바이트의 EEPROM을 갖도록 설계하고 있다. 타서브시스템을 관리하고, 상태데이터와 과학탑재체의 관측 데이터를 수집하기 위해 MIL-STD-1553B 데이터 버스제어기를 내장하고 있으며, 수집된 데이터를 저장하기 위해 1 Gbits의 메모

리를 보유하고 있다.

지상과의 통신은 S-대역을 사용하고 있으며, CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) 표준의 데이터 규격을 사용함으로써 추후 소프트웨어의 변경만으로 하드웨어를 재사용할 수 있도록 설계하고 있다. 위성이 지상과 통신 가능한 시점은 지상국 고각 10도부터 10분 미만의 여유시간을 갖는다. 그러므로 저장된 데이터와 상태 데이터를 가능한 빨리 지상으로 전송하기 위해 Playback 모드를 제공하며, 약 10 dB 정도의 링크마진을 제공하도록 5 Watt의 트랜스폰더 출력을 갖도록 설계하였다.

위성에 대한 설계 경험이 아직까지는 부족하여 무조건 크면 좋은 것으로 알았던 트랜스폰더의 출력 신호세기가 ITU (International Telecommunication Union) 에서 규정한 허용치를 초과하는 것을 알고는 그에 대한 대응책을 현재 마련 중이며, 이로서 위성의 설계가 얼마나 어려운 것인가를 세삼 깨닫고 있으며, 앞으로 우리가 더 배워



〈그림7〉 삼성항공이 제작한 다목적 실용위성 EGSE

<표5> 삼성항공의 1,2차년도 사업추진 실적 및 향후계획

분야	품목	기능	실적 및 향후추진계획
원격 측정 명령 계	탐재 컴퓨터 트랜스폰더 비행소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> · 트랜스폰더: 트랜스폰더는 위성체와 지상 시스템 사이에 Command와 Telemetry를 송·수신하는 기능을 수행하며 위성체의 SOH 데이터와 과학 장비 데이터를 S-밴드 주파수로 지상국에 송신하며, 지상국에서 위성체를 제어 하기위해 보내온 신호를 수신하여 탐재 컴퓨터 및 탐재체로 전송하는 기능을 한다. · 탐재 컴퓨터: Real time Absolute timeed, Relative Timeed 명령의 Reception, Distribution, Execution 기능을 수행하며, Special Command의 실행을 수행한다. · 비행소프트웨어: 위성체의 각종 유틸리티를 제공하는 운용 소프트웨어와 원격측정명령 소프트웨어, 자세제어 소프트웨어, 전력제어 소프트웨어 등으로 구성되며 위성체의 각 서브시스템 탐재체의 제어 및 관리를 수행한다. 	1.실적: <ul style="list-style-type: none"> - S-밴드 트랜스폰더 개발설계, 기본설계수행 - 탐재컴퓨터 개발설계, 기본설계 수행 - 비행 소프트웨어 개발설계, 기본설계수행 - MIL-STD-1553B BC시제품제작 - 트랜스폰더 시제품 설계 - 국산화품목(탐재컴퓨터, 트랜스폰더) 제작환경 구축 2.계획: <ul style="list-style-type: none"> - 국산화품목 준비행모델, 비행모델 제작 / 시험
EGSE	지상용 전기 / 전자 시험장비(EGSE)	위성체 조립후 시스템 레벨에서의 하드웨어 및 소프트웨어 기능시험	1.실적: EGSE 제작 2.계획: 총조립 소프트웨어 장착 Troubleshooting 유지보수

야 할 것이 아주 많음을 피부로 절실히 느끼고 있다.

삼성항공 (주)
(원격측정명령분야 담당)

삼성항공이 담당하고 있는 원격측정명령계에 대한 1, 2차년도 사업추진 실적 및 향후계획 <표 5>은 아래같으며, <그림 7>은 동사에서 성공리 제작된 EGSE (Electrical Ground Support Equipment) 이다.

추진계

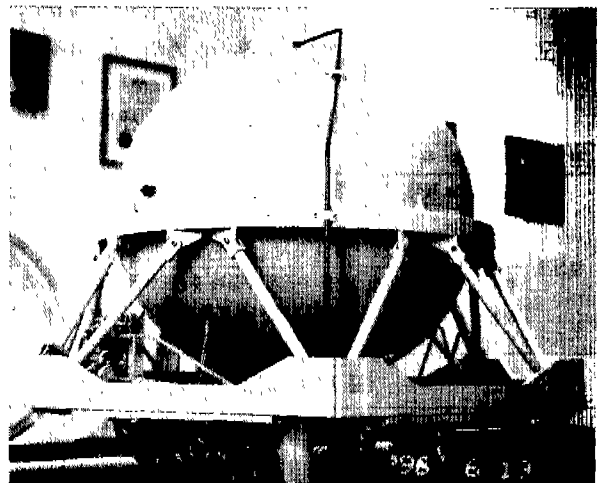
인공위성에 있어서 추진시스템은 일반적으로 위성이 발사체에서 분리

된 이후부터 최종 임무궤도에 도달하기까지 궤도전이에 필요한 추력과 궤도전이 및 임무궤도에서의 위성체 자세제어에 필요한 추력을 제공한다. 소형, 저궤도위성으로 분류되는 다목적 실용위성은 하이드라진 (Hydrazine: N2H4) 단일 추진제 추력기를 사용하고, Blowdown 방식으로 작동되는 추진제 탱크 및 추진제 공급시스템을 사용하는 단일 추진시스템을 채택하였다.

다목적 실용위

성의 추진계는 연료탱크, 이중추력기 모듈 (DTM: Dual Thruster Module), Fill/Drain 밸브, 압력변환기, 필터, 래칭 밸브, 그리고 배관으로 구성된다. 추진제 탱크는 2214 인치의 직경을 갖는 구형탱크이며 하이드라진 추진제 (최대 적재량: 160파운드 = 72.7kg)와 질소가스 가압제를 격막의 양쪽에 저장하여 밀어내기 방식으로 작동된다. 탱크의 재질은 타이타늄합금의 일종인 Ti 6Al-4V이며, 격막의 소재는 탄성중합소재인 AF-E-332이다. 이중추력기 모듈은 TRW사의 1파운드 (445N)급 추력기인 MRE-1 모델을 사용하여 주 추력기 1개와 잉여추력기 1개로 쌍을 이루어 다목적 실용위성에는 모두 4쌍의 이중추력기모듈이 사용될 예정이다. 이중추력기모듈과 더불어 국산화되는 배관은 0.25 인치의 외경을 갖는 스테인레스스틸 (304L)로 제작되며, 접속부분은 모두 용접 가공된다.

다목적 실용위성 개발사업 1차년도에는 추진계 시스템에 대한 기본설계



<그림8> 한라에서 제작한 1:10비율의 추진제 탱크 Mock-up모델

가 수행되었으며, 2차년도에는 추진계 시스템 및 추진계 부품에 대한 세부설계와 도면설계, 추진계와 관련되는 타부분체와의 접속 설계, 추진계 버짓계산, 추진계 성능해석, 그리고 이중추력기모듈 열해석 등이 수행되어, 향후 제작될 준비행모델 및 비행모델에 대한 준비가 일정에 맞추어 진행되고 있다.

한라중공업(주) (추진분야 담당)

한라중공업은 다목적 실용위성의 추진계 국산화를 담당하고 있다. 동사의 부품국산화 분야는 추진모듈내의 모든 배관라인을 3차원 밴딩가공에 의해 20여 피스의 독립된 단품으로 제작하는 것이 주이며, 다목적 실용위성 2호기에 탑재하는 것을 목표로 추진계 탱크를 개발 중에 있다. <그림8>

추진계 배관 라인 제작을 위한 신규 투자 장비인 튜브 밴딩머신이 금년 7월말에 설치 예정이며, 8월부터 시험 제작에 착수하여 요구되는 품질수준에 부합되도록 철저한 교육훈련을 시행하고 초도품 품질인증을 획득한 후

12월 부터는 준비행모델 및 비행모델용 Feed Line 제작 착수가 가능할 것이다.

추진모듈의 조립/시험은 다단계의 전문교육 훈련이 요구되며, TRW 현지에서 세부공정별로 나누어 실습위주의 교육에 참가하고 ('96년 11월 착수), Mock-Up위에서 전체적인 조립교육을 시행한 후 ('96년 12월), 준비행모델 위성의 추진모듈 조립시험시 현장입회를 통한 OJT (On-the-Job-Training, '97년 1월~5월)에 참가하여 조립/시험 기술을 확보할 것이다. 비행모델 위성의 조립/시험은 '97년 10월 착수하는 것으로 계획되어있으나, 크린룸 설비 및 조립/시험 장비의 설치는 '97년 7월까지 완료할 예정이다.

한라중공업이 1, 2차년도에 진행했던 사업추진 실적을 요약하면 <표 6>과 같다.

(주)한화 (추진분야 담당)

한화가 개발하고 있는 부품은 추진계의 이중추력기모듈이다. 추력기는

위성의 궤도유지나 자세제어에 사용되며, 추진계 탱크에서 공급되는 연료를 추진력으로 바꾸어주는 장치이다. 이번에 동사가 개발하는 추력기는 단일 액체 추력기관으로써 1 lbf의 추력을 낼 수 있으며, 다목적 실용위성에는 이중추력기 모듈 4세트 즉 8개의 추력기가 장착된다.

기본계약으로 추진되는 이중 추력기 모듈은 준비행모델 4세트, 비행모델 4세트로 '96년 10월부터 조립/시험에 들어가 '97년 3월에 완성. 납품될 예정이다. 추가계약으로 추진되고 있는 추력기 개발은 '96년 12월에 부품가공을 시작으로 '97년 7월까지 조립한 후, 8월 연소시험 수행, 9월부터 12월에 걸쳐 개발 추력기에 대한 이중추력기모듈 4세트 조립/시험의 일정으로 추진될 예정이다.

현재 국산화를 위해 TRW사에 4명, 항공우주연구소에 1명의 엔지니어가 기본설계 및 개발을 담당하고 있으며, 실제 부품가공에 참여할 기능공 2명이 TRW 작업 현장 OJT에 참여하였다. 또한 조립/시험에 참여할 기능공 2명이 현장 기술연수에 참여하기 위해 7월중 출국하는등 선진 기술 습득에 총력을 다하고 있다. 국내에서는 개발팀의 5개의 지원부서에 의해 국산화 관련 시설 장비준비와 품질관리 체계 수립이 한창 진행되고 있다. 현재 추력기의 국내제작을 위해 부품 세척시설, 조립/시험 시설에 소요되는 청정실 공사가 진행중에 있으며, 소요장비의 대부분이 발주가 완료되어 대전에 위치

<표6> 한라중공업의 1,2차년도 사업추진 실적

분야	품목	기능	진척도
추진계	Feed Line 제작	추진계에서 연료나 가압제를 충전하거나 필요할 경우 배출할 수 있는 배관 라인과, 충전된 연료를 추력기에 공급할 수 있는 배관 등 추진계의 모든 배관 라인을 포함	31%
	추진모듈 체계조립 및 시험	모든 추진계 부품과 추진모듈을 구성하는 구조체 부품, 열제어계 부품, 전력계 부품 등을 조립하여 위성체 추진모듈을 완성하고 기계적, 전기적 기술 시험을 수행	10%

<표 7> 한화의 1,2차년도 사업추진 실적

분야	품목	기능	진척도(%)
추진계	이중추력기 모듈 추력기 헴머 어셈블리	위성궤도유지 및 자세제어용 추력 제공	60%
		연료 분주입 및 연소반응	50%

한 청정실이 완공되는 대로 설치될 예정이다. 또한 동사의 1, 2차년도 사업 추진 실적은 <표 7>에 보여지며, <그림 9>는 다목적 실용위성관련 추력기개발 회의 모습이다.

국산화에 따른 제품보증

1. 인공위성의 제품보증활동

인공위성의 품질은 보다 엄밀하게 요구되고 있으며 이와같은 조건에서의 인공위성 등의 품질보증 (Quality Assurance)을 특히 제품보증 (Product Assurance)이라고 하여 구분하여 사용하고 있다. 즉 제품보증은 인공위성이 임무수명 동안 원하는 기능을 가질수 있도록 보증하는 활동으로서 기존의 품질보증활동에 인공위성의 특성인 신뢰성 (Reliability)등을 추가하여 설계 생산자가 실시하는 활동이다. 즉 품질보증의 주체는 생산자로서, 생산활동이 설계내용에 적합하게 이루어지는지의 확인을 품질보증활동을 통하여 이루어진다. 통상 인공위성의 소유자는 품질보증이 확실하게 이루어지는지를 감독 감시하는 입장에서 참여한다.

미국의 경우 우주발사활동 (Space Launch Activities)에 대해서는 "Commercial Space Launch Act of 1984", "CFR Title 14 Part 400-415"에 의하여 Safety Review, Mission Review, Environmental Impact 등을 검토 (Supervision)하여 발사허가(Authori-

zation)를 하고 있으나, 상업용 인공위성개발 생산에 대한 제품보증활동에 정부가 직접 관여하지는 않는다.

2. 제품보증의 요구사항

인공위성의 제품보증에는

일반적인 품질보증활동에 추가하여 신뢰성, 형상관리, 부품관리, 자재 및 공정관리, 오염관리, 시스템 안정성, 소프트웨어 품질보증 등이 요구된다.

신뢰성에서는 적절한 신뢰성 계획을 수립하여 그 계획에 따라 조달부품의 Critical item 을 관리하고, 손상 (Failure) 관리체계에 따른 MRB (Material Review Board)/FRB (Failure Review Board)를 운용하고, 생산에 필요한 MSO (Manufacturing Shop Order), 공정승인 및 작업자 자격, 제조 설비와 제조규격의 준비상태 등에 대한 전반적인 생산준비상태를 점검하는 MRR을 관리하도록 요구하고 있다.

품질보증 활동으로는 품질보증체계 수립, 시험 검사 및 평가를 실시하기 위한 계획 절차의 수립, 자료검토, 검사결과와 기록, 시정조치활동, 수입자재 관리 및 생산관리를 위한 제조공정과 시험규격의 점검, 제조공정검사, 공정승인, 작업자 승인, 시험기기에 대한 검교정, MRB 위원회의 운용, 추적성, 자재 보관·포장·운송 등에 관한 품질보증체계의 관리를 요구하고 있다.

형상관리 (Configuration Control)로는



<그림9> 한화의 다목적 실용위성 추력기 개발 회의모습

공급부품에 대한 내용, 확인표시, 일련번호의 사용, 도면목록의 유지, 형상기준의 작성 및 형상관리체계에 대한 감사활동을 요구하고 있다.

부품, 자재 및 공정관리로는 관리계획을 세우고, 자재 공정의 요구사항에 따라 관리되어야 한다. 공급물품에 대한 오염방지 절차를 수립하고, 필요한 경우 소프트웨어 품질보증절차를 만들어 운용하고, 시스템 안정성에 대한 요구사항에 따를 것을 요구하고 있다.

결론

다목적실용위성은 명실공히 산·학·연 공동으로 수행하는 범 부처적 국책사업으로 한국의 우주개발에 중요한 시금석으로 평가되고 있으며, 본 사업의 성공을 위해서 밤낮으로 임무에 매진하는 참여 연구원들에게 격려와 성원을 부탁드립니다. 다가오는 21세기의 정보화 시대에 선도적 역할을 할 우주산업 발전에 일익을 담당할 것을 바라마지 않는다.