

세계가 인정한 kt 세계적 권위의 IT분야 어워드 연속수상

2012년 글로벌 모바일 어워드 최고기술상 수상, GSMA
2011년 다우존스(DJSI) 통신분야 글로벌 수퍼섹터리더 수상, 다우존스 & SAM
2011년 IP&TV산업대상 1위, ITM



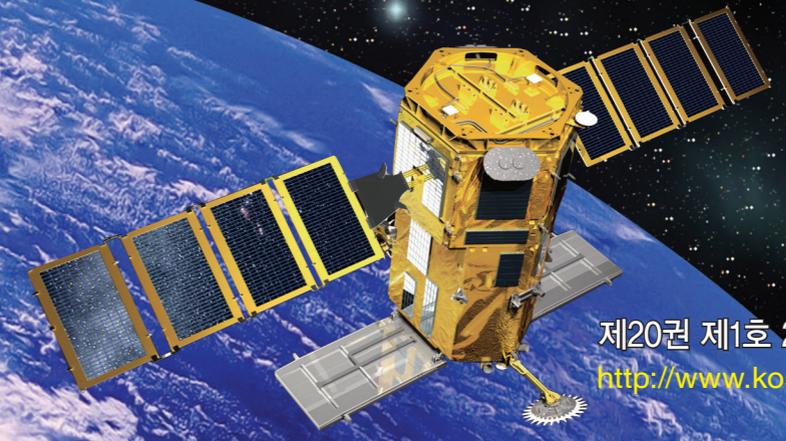
글로벌 모바일 어워드는 GSMA 주관의 세계적인 IT 시상식으로, kt는 2012년 <프리미엄 와이파이 솔루션>으로 국내 통신사 유일 <모바일 브로드밴드 기술> 부문 최고기술상 수상



다우존스 지속가능 경영지수는 다우존스와 투자평가사 SAM이 전세계 글로벌 기업의 지속 가능성을 측정하는 평가지수로, kt는 2011년 국내 통신사 최초 <유무선통합 통신분야>의 <글로벌수퍼섹터리더> 수상



IP&TV산업대상은 ITM이 주관하는 세계적 권위의 산업대상으로, kt는 2011년 olleh tv로 <베스트 IP 케이블, 하이브리드방송 및 커넥티드 TV 서비스> 분야 1위 수상



제20권 제1호 2013. 12
<http://www.kosst.or.kr>

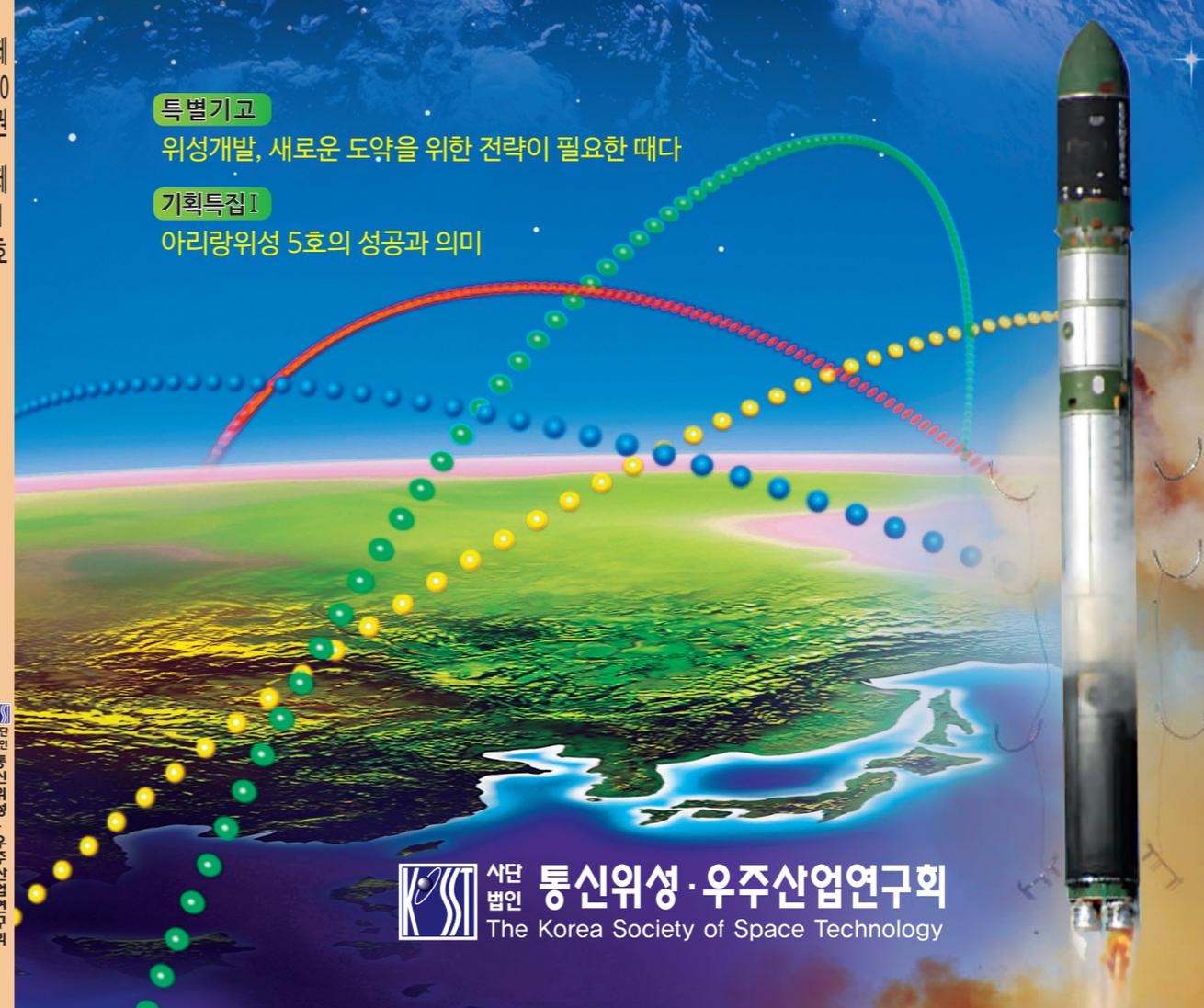
위성통신과 우주산업 Satellite Communications and Space Industry

특별기고

위성개발, 새로운 도약을 위한 전략이 필요한 때다

기획특집 I

아리랑위성 5호의 성공과 의미



사단법인 **통신위성·우주산업연구회**
The Korea Society of Space Technology

SMART & GREEN
TECHNOLOGY INNOVATOR



우리의 기술은 수천 가지이지만
희망은 단 하나뿐입니다

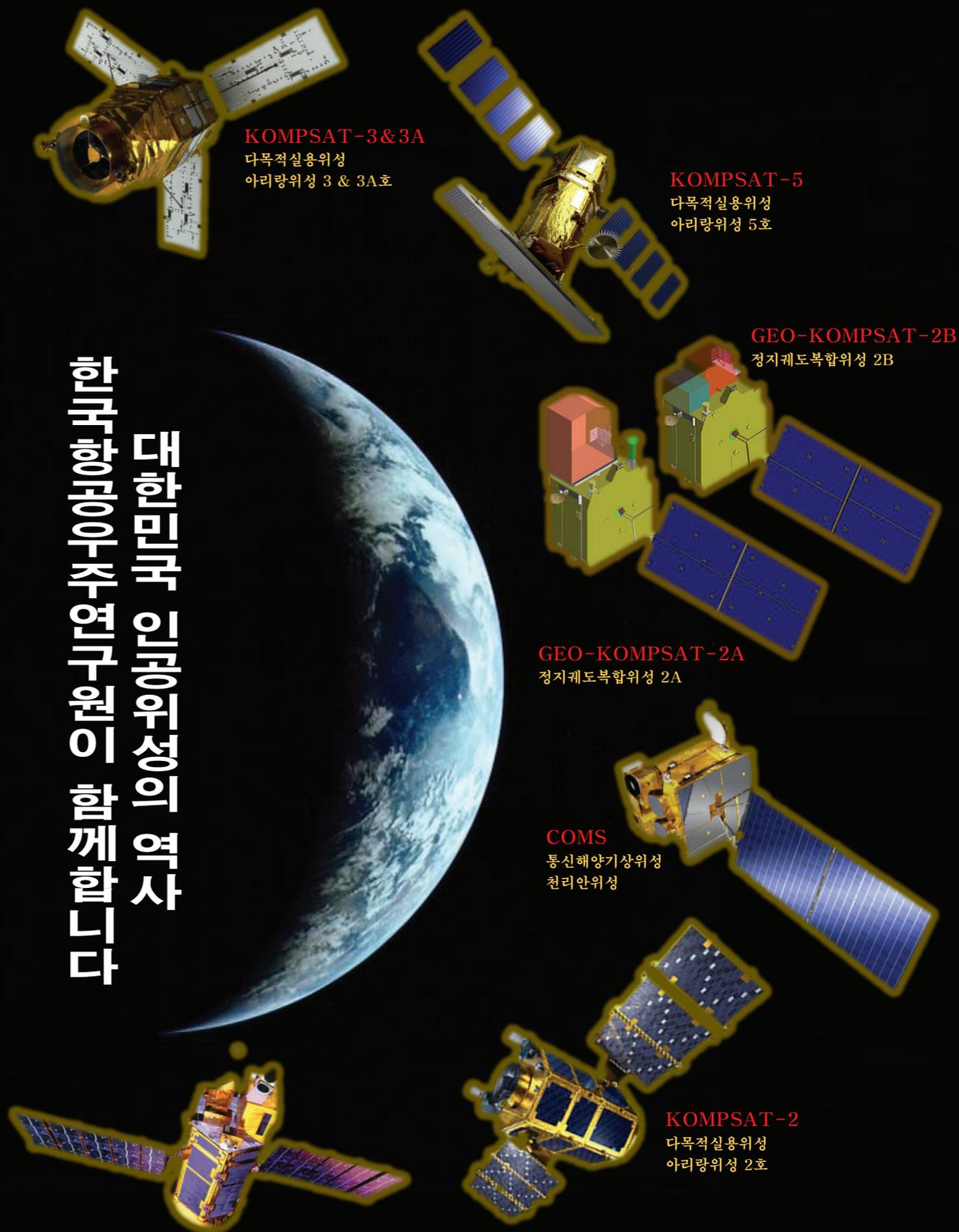
진보한 기술을 탄생시켜
당신을 세상을
미래를
웃게 만드는 것

그래서 ETRI는 늘 희망을 연구합니다



ETRI

ETRI
한국전자통신연구원
Electronics and Telecommunications Research Institute



KOMPSAT-3&3A
다목적실용위성
아리랑위성 3 & 3A호

KOMPSAT-5
다목적실용위성
아리랑위성 5호

GEO-KOMPSAT-2B
정지궤도복합위성 2B

GEO-KOMPSAT-2A
정지궤도복합위성 2A

COMS
통신해양기상위성
천리안위성

KOMPSAT-2
다목적실용위성
아리랑위성 2호

KOMPSAT-1
다목적실용위성
아리랑위성 1호

대한민국 인공위성의 역사
한국항공우주연구원이 함께합니다

전자 · 통신 분야의 축적된 기술과 경험으로
우주항공분야 핵심기술 개발!

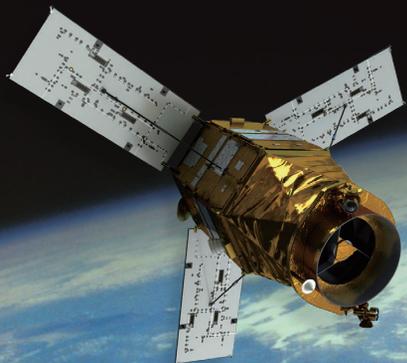


선진기술의 국산화와 끊임없는 기술혁신으로
AP우주항공이 새로운
글로벌 우주항공 시대를 열어갑니다



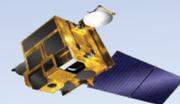
사업분야

- 위성본체 체계 설계 · 우주용 고속자료 처리장치
- 표준형 위성탑재 컴퓨터 · 지상시험 지원 장비
- 위성 AIT 서비스 · ADS-B 시스템
- 스마트 MFD



우주시대를 선도하는 최고 수준의 천문우주연구기관

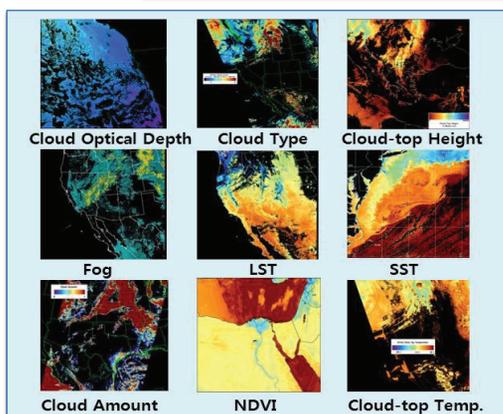
※ 한국천문연구원
인공위성 레이저 추적(SLR) 시스템



Leading Company of The aerospace Industry On Basis of Technology and Innovation



SOLETOP PRODUCT & SOLUTION



Technology Transfer
GOES-9
(2003)

GlobeShot™
1.0
(2004~)

- GOES-9
- MTSAT-1R
- FY-2C

GlobeShot™
2.0
(2006~)

- MTSAT-2
- FY-2D

GlobeShot™
3.0
(2010~)

- COMS
- Digital Receiver(Soletop)
- TTA Certification
- GS Certification

GlobeShot 4.0
(2012~)

- Generate L2 product
- Receiver Development for polar orbit satellite
- Additional Tracking Ant. Control function
- Extend Satellites
 - GEO: GOES, MSG(Meteosat)
 - Polar: Aqua, Terra, NOAA, etc
 - Next Generation: NPP, GOES-R, FY-3

첨단통신의 세계를 건설하는 — 하이게인 안테나

70년 설립이래 무선통신 안테나의 연구개발에
전념해온 하이게인 안테나는 방송통신, 위성통신, 이동통신,
장거리통신에서 첨단통신에 이르기까지 오직 통신의 미래를 위해
외길을 걸어온 한국의 단 하나뿐인 회사입니다.



사업영역

- 이동통신 기지국, 중계기 안테나 및 장비
- 방송통신용 안테나 SYSTEM(AM, FM, VHF, UHF 안테나)
- 위성통신용 안테나 SYSTEM(위성을 매개체로 이용한 안테나)
- MICROWAVE 통신용 안테나
(장거리 중계 통신을 위한 지상 LINK용 POINT TO POINT ANT)
- 군 통신 및 특수안테나(단파, 광대역 안테나 및 군수용 레이더 안테나)
- 시설공사(안테나 설치 및 통신시설공사)
- 전문기술 용역업(통신업, 설계용역)



(주)하이게인 안테나
(부설)전파통신연구소

경기도 안산시 단원구 원시동 772

Tel. 031)490-6600 / 031)490-6700 Fax. 031)491-3679

Homepage. <http://www.highgain.co.kr> E-mail. webadmin@highgain.co.kr



CONTENTS

연구회 상임 임원

회 장	은종원	교수/남서울대학교
감 사	윤용중	사장/㈜선보통신
감 사	권영모	전 KT 위성사업단장
부회장(총무)	조황희	부원장/STEPI
부회장(기획)	안도섭	부장/ETRI
부회장(재무)	류장수	회장/AP시스템(주)
부회장(학술편집)	최승원	교수/한양대학교
부회장(국제사업)	김영택	상무/KT
부회장(산학협업)	이상률	소장/KARI
총 무 이 사	*이동진	상무/하이게인안테나
	이재현	교수/충남대학교
	김병수	박사/KISTEP
기 획 이 사	*박장현	센터장/천문연구원
	김진영	교수/광운대학교
	이윤수	교수/동서울대
재 무 이 사	곽신웅	상무/AP시스템(주)
	염인복	팀장/ETRI
	*김재훈	팀장/ETRI
학 술 이 사	전태현	교수/서울과학기술대
	홍인기	교수/경희대
	*이상운	교수/남서울대학교
편집이사(논문)	정인철	교수/성공회대
	신대윤	박사/기상위성센터
	*차재상	교수/서울과학기술대
편집이사(회지)	이우경	교수/한국항공대학교
	박광영	이사/하이트론시스템
	*황도순	실장/KARI
사 업 이 사	최근경	선임부장/LIG넥스원
	정기현	상무/삼성탈레스
	*이상욱	팀장/ETRI
국 제 이 사	유광선	교수/SATREC
	김재현	교수/아주대학교
	*구본양	부장/KT
산 학 이 사	백중호	교수/서울여대
	이경학	교수/남서울대
	*박우철	팀장/KTR
회 원 이 사	손 원	교수/경희대
	임승욱	센터장/전자부품연

06	인사말씀	2013년 통우연 역사의 벽돌 하나가 더 쌓여갑니다.	은종원
08	특별기고	위성개발, 새로운 도약을 위한 전략이 필요한 때다	이상률

기획특집 I / 아리랑위성 5호의 성공과 의미

12	• 아리랑 5호의 발사성공과 그 의미	이상률 외
18	• 영상레이더 정보의 처리 및 활용	윤재철 외
28	• 국내 위성용 고 신뢰성 전장품 및 부품 개발 현황	조영준 외
42	• 인공위성 총조립 및 시험 기술현황	문귀원 외
53	• 인공위성 종합설계 소프트웨어 개발	진익민 외
67	• 위성 수출방안 수립을 위한 위성분야 신흥국의 수요분석	김선원 외

73	연구회 소식	
----	--------	--

2013년 통우연 역사의 벽돌 하나가



통신위성·우주산업연구회(이하, 통우연) 회원 여러분 안녕하십니까?

먼저 회원 여러분의 하시는 모든 일이 행통하기를 기원합니다. 2013년 힘차게 출발한 연구회의 학회지 “통신위성과 우주산업” 제20권 1호의 발간을 진심으로 축하드립니다.

이제 계사년도 다 지나 한 해의 마지막 달인 12월에 접어들었습니다. 어느 해와 마찬가지로 2013년의 통우연은 많은 일들이 있었습니다. 격월로 개최되는 이사회 외에 4월의 임원 워크샵, 6월의 우주산업세미나, 8월 연구회 논문지 한국연구재단 학술등재지 심사, 10월의 JC-SAT

2013이 일본 후쿠오카에서 개최되었습니다.

세계는 바하흐로 우주전쟁 시대입니다. 러시아에선 내년에 개최되는 소치올림픽 성화봉을 실은 우주선 '소유즈'가 지구 밖 국제우주정거장과 도킹하여, 우주공간에서 유명하며 성화봉송하는 이벤트를 펼친 후 다시 지구로 성화봉을 가져와서, 그 성화봉으로 소치올림픽 경기장의 불을 붙이는데 사용된다고 합니다. 또한 얼마 전엔 인도우주연구기구(ISRO)가 미국, 유럽, 러시아 다음으로 세계에서 네 번째로 화성 탐사선 '망갈리안' 발사에 성공했습니다. 화성 착륙 이후 망갈리안은 화성 표면 탐사와 대기 연구 등을 진행하며 생명체가 살 수 있는 환경 여부를 확인할 계획이라고 합니다. 인도는 지난 1963년 처음으로 우주선 발사에 성공했으며 1975년 첫 위성을 쏘아 올렸습니다. 또 지난 2009년 8월에는 무인 달 탐사선 발사도 성공적으로 마쳤습니다. 지금까지 우주개발은 주로 미국, 유럽, 러시아의 각축장이었는데 이제 중국이 인도 등 아시아 국가의 우주 개발 경쟁이 격화되고 있습니다.

그동안 우리나라의 우주개발 프로그램도 많은 발전을 이루었습니다. 비록 아직은 외국과의 기술 협력으로 추진하고 있지만 점차 그 자립기반을 다져나가면서 머지않아 우리만의 기술로 위성을 발사할 수 있다고 확신합니다. 가까운 일본과 중국은 지금 인류 최후의 개척지라고 하는 우주를 개발하기 위해 정부와 민간이 손잡고 각자의 특징과 장점을 살려 범국가적으로 추진하고 있습니다. 우리도 시시각각 변하는 우주개발 환경에서 세계와 함께 가기 위해서는 정부와 산학연이 한 몸처럼 유기적으로 움직일 필요가 있습니다.

또한 올해는 주파수 배분으로 인해 통신업체 뿐만 아니라 모든 국민의 시선이 한 곳으로 모인 해였습니다. 광대역 주파수의 배분은 전에도 있었지만 이번만큼 복잡하고 과학적인 경매기법을 동원한 주파수경매는 처음입니다. 미래창조과학부는 8월 30일 종료된 주파수 경매 결과를 발표하며 올해 이동통신업계의 가장 큰 이슈였던 주파수 경매를 마무리 지었습니다. 이동통신3사는 저마다 큰 출혈 없이 적정가격에 원하는 주파수 대역을 얻었다는 분위기입니다.

미래창조과학부는 지난 19일부터 진행된 주파수 경매 결과, KT 인접대역이 포함된 밴드플랜2가 최종 낙찰됐으며 합계 금액은 2조4천289억원이라고 밝혔습니다. 구체적으로는 KT와 SK텔레콤이 1.8GHz 대역을, LG유플러스가 2.6GHz 대역을 확보했습니다. 금액은 KT가 D2블록을 9천1억원에, SK텔레콤이 C2블록을 1조500억원에, LG유플러스가 B2블록을 4천788억원에 낙찰 받았습니다.

더 쌓여갑니다.

또한 최근에는 주파수 미래 주파수 부족에 대비하여 700MHz 대역을 놓고 방송과 통신이 맞붙었습니다. 저마다 LTE 트래픽 폭주 대비, UHD 방송을 위해서는 해당 대역을 포기할 수 없다는 입장입니다. 700MHz 대역을 확보하기 위한 각 진영의 논리 싸움이 대단합니다.

현재 미래창조과학부와 방송통신위원회는 700MHz 대역의 용도 결정을 위해 연구반을 운영 중입니다. 통신진영이 가장 우려하는 것은 모바일 트래픽 폭증입니다. 트래픽 폭발에 따른 주파수 부족 현상이 발생할 경우 서비스 품질 저하로 인한 피해는 결국 고스란히 이용자인 국민들에게 돌아갈 수밖에 없습니다. 국내 모바일 트래픽은 지난 2009년 12월 400TB에서 올해 8월 7만8천684TB로 197배 증가했습니다. 주파수 할당은 한국경제에도 큰 영향을 미치고 있습니다. 우리나라의 경우 700MHz 대역의 통신용 할당을 통해 2014년부터 2020년까지 6년 동안 683억달러(한화 약 73조원)의 GDP 향상 효과가 있을 것이라 기대합니다. 일자리 창출 효과 역시 3만7천800개로 추정이 됩니다.

우리 연구회는 2013년부터 논문지를 년 4회 분기별 발간으로 개편하여 현재 3월 8권 1호, 6월 8권 2호, 9월 8권 3호 발간을 마치고 12월이면 8권 4호 발간도 마무리 될 것입니다. 논문지는 학술단체의 매우 중요한 존재이유입니다. 우수한 논문지를 발간함으로써 연구회의 위상을 높이고 학계의 훌륭한 학자들이 많이 참여하는 학회로 발전시킬 수 있습니다. 앞으로 통우연의 논문지를 학술지에 등재하여 명실공이 통신위성우주산업계를 대표하는 논문지로 만들어어나가는 것에 우리 연구회 회원 모두의 관심과 노력으로 이루어낼 것으로 확신합니다.

우리 연구회가 앞으로 발전하기 위해서는 학계를 선도하는 양질의 콘텐츠를 기반으로 워크샵과 세미나 등 공개학술활동이 활발히 진행되어야 합니다. 위성분야는 우리나라가 선진국으로 나아가는 데 있어 과학기술의 발전을 앞당길 수 있는 분야로 범국가 차원에서 반드시 발전시켜야합니다. 따라서 6월 27일에 있는 '국가재난대비 우주산업 기술 및 정책 세미나'는 통우연에 매우 뜻 깊은 행사였습니다. 우리나라 IT산업의 최고 정부출연연구원인 ETRI, 우주산업의 총아인 항우연, 세계적인 위성통신 업체인 AP 위성통신, 대한민국 위성통신의 중심 KTsat, 위성관제시스템 업체인 ㈜솔탑, 수신처리시스템 벤처기업 Inspace 등이 후원한 '국가재난에 대비한 통신체계 현황 및 개선방안'이라는 주제의 우주산업세미나는 통신위성·우주산업연구회가 자타공인 대한민국의 통신위성과 우주산업을 이끌어가는 학회로 발돋움할 수 있는 계기가 되었다고 생각합니다. 이 자리를 빌어서 다시 한번 행사의 성공을 위해 힘써주신 회원 여러분들께 감사말씀 드립니다.

통신위성·우주산업연구회 회원 여러분!

이제 통우연은 통신위성우주산업계에서 새로운 패러다임을 준비해야 합니다. 급변하는 과학계 환경에 능동적으로 대처하고 과학계에 바라는 국민들의 요구를 받아들여 새로운 연구회의 모습을 정립할 때가 되었습니다. 그 어느 때보다 회원 여러분들의 관심과 참여가 절실할 때입니다. 앞으로도 회원 여러분의 적극적인 참여를 부탁드립니다.

회원 여러분의 행운과 건승을 기원합니다.

2013년 12월

(사단법인)통신위성·우주산업연구회 회장 은 중 원

위성개발, 새로운 도약을 위한 전략이 필요한 때다

이상률

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성사업단장

◆ 현대사회에서 인공위성의 역할

인간이 어떤 특수한 목적을 위해 만들어 지구주위를 일정한 주기를 갖고 돌게 하는 위성을 인공위성이라고 한다. 1957년 인류최초의 인공위성이 발사된 이후 인공위성 기술은 엄청난 발전을 거듭하였다. 인공위성은 좁은 의미에서 지구주위를 도는 지구 인공위성을 의미하지만 기술적으로는 달이나 행성탐사선도 포함하는 것이 적절하다. 임무의 차이는 있을 수 있으나 우주탐사선이나 지구 인공위성의 핵심기술과 개발방식이 거의 유사하기 때문이다. 사실 현대사회에서 인공위성의 역할은 지대하며 이미 우리의 실생활에 깊숙이 자리 잡고 있다. 텔레비전의 기상예보에서 볼 수 있는 위성에서 찍은 구름사진, 대부분의 차량에 탑재된 차량 항법장치(카 내비게이션), 국제전화를 걸고 월드컵 경기나 올림픽 경기를 실시간으로 볼 수 있는 것들 모두가 인공위성을 활용한 기술 덕분이다. 지구 전역을 정밀하게 관측하는 관측위성을 이용하여 국방·안보 분야 뿐 아니라 각종 재난 재해에 효과적으로 대처하고 있으며 상업적 활용도 증가하고 있다. 기후 변화와 환경문제의 심각성으로 인해 기상위성과 환경감시 위성도 늘어나고 있다. 또한 우주과학 임무도 인공위성을 이용한 후 이전에는 이루지 못한 각종 새로운 발견이나 성과를 거두고 있다. 1977년 미국이 발사한 보이저1호는 태양계를 벗어나는 대기록을 세웠다. 최근에는 과거 미국과 소련, 유럽 등 일부 국가에 의해 주도되던 우주 및 위성개발은 현재 일본, 중국, 인도를 중심으로 한 아시아 국가 등 여러 나라로 확대되

면서 달탐사, 화성탐사 등이 새롭게 부상되고 있다.

◆ 우리나라 인공위성 개발 현황

우리나라의 인공위성개발은 우주선진국에 비해 3~40년 늦은 1990년 초에 시작되었다. 우리나라가 개발하고 있는 인공위성은 크게 두 가지 범주로 나눌 수 있다.

첫째는 상대적으로 저비용 저신뢰도의 위성유형이다. 우리나라의 최초의 인공위성으로 기록된 무게 50kg급의 소형 마이크로위성 우리별 1호를 비롯하여 우리별2호, 3호 및 과학기술위성1호, 2호, 3호, 나로과학위성 등을 들 수 있다. 최근에는 인공위성 개발 저변을 확대하기 위한 교육목적의 초소형위성(큐브위성)도 진행 중이다. 이러한 위성들은 제한된 예산으로 비교적 빠른 기간 내에 일정 수준의 임무는 달성할 수 있다는 장점을 지닌다. 그리고 비교적 저비용의 상업적인 소형위성 시장을 형성하고 있으며 우리나라 중소기업이 위성수출을 한 사례도 있다. 그러나 아직까지 이러한 위성유형은 국가적으로 중요한 현업 임무에 활용하기에는 어려운 본질적인 한계를 지니고 있다.

두 번째는 고비용 고신뢰도의 위성유형이다. 특히 상업서비스를 위한 위성은 신뢰성 및 서비스의 연속이 필수적인 요소라고 할 수 있다. 1995년 발사된 우리나라 최초의 정지궤도 위성인 무궁화위성 1호는 해외에서 구매한 통신·방송 목적의 상업용 위성이며 이후 서비스의 연속을 위해 무궁화2호, 3호, 5호, 올레1호 등도 구매되었다. 이외에 해외와 합자로 획득한 한별위성 등도 이러한 범주에 속한다. 우리별위성 이후 보다 높은 성능 및 고신뢰성의 실용급 위성 기술을 확보하기 위해 1994년부터 다목적실용위성1호 개발이 착수되었다. 당시에는 하나의 실용급 위성본체기술을 확보한 후 저궤도통신, 과학, 관측 및 심지어 소형정지궤도위성으

로 활용하기 위해 다양한 탑재체를 고려하여 다목적실용위성으로 명명되었으나 실제로는 국가수요를 반영하면서 1호 이후의 다목적실용위성(아리랑위성)은 고해상도 지구관측위성 시리즈로 특화되었다. 흑백 1m, 컬러 4m 해상도의 다목적실용위성2호; 흑백 0.7m, 컬러 2.8m 해상도에 기동성을 추가한 다목적실용위성3호; 흑백 0.55m, 컬러 2.2m, 적외선 5.5m 해상도의 다목적실용위성3A호; 고해상도 1m, 표준해상도 3m, 광역모드 20m의 영상레이더(SAR)를 탑재한 다목적실용위성5호 등이 대표적이다. 현재 다목적실용위성2호, 3호 및 5호가 궤도상에서 운영 중이며 다목적실용위성6호 개발도 이미 착수되었다.

1996년 수립된 국가우주개발중장기계획에 정지궤도위성의 개발 계획은 언급되지 않았으나 2003년부터 통신해양기상위성인 천리안위성을 해외와 공동 개발함으로써 정지궤도위성개발의 길이 열렸다. 천리안위성은 2010년 성공적으로 발사된 이후 현재 궤도상에서 운영 중이다. 후속위성으로 정지궤도복합위성 2기를 동시에 개발하고 있으며 1기는 기상 및 우주기상 관측위성, 다른 1기는 환경 및 해양관측 목적으로 활용될 예정이다.

◆ 향후 우리나라 인공위성 개발 방향 및 계획

앞에서 소개한 바와 같이 우리나라의 인공위성은 과학실험용 위성과 실용급 위성으로 구분할 수 있었다. 그러나 향후에는 이러한 경계도 무너질 수 있을 것으로 보인다. 우주개발사업 세부실천로드맵(2007.11)에 한국형 달탐사가 처음으로 언급된 이후 2008년부터 우리나라 달탐사에 대한 본격적인 논의가 시작되었다. 현재 개발 중인 한국형발사체의 활용을 최대화하고 발사를 포함한 우리나라 자력의 달탐사를 제한조건으로 뒀으로써 무게 550kg급의 달탐사선이 제안되었다. 하지만 당시 계획수립 당시 550kg급 달탐사선 개발착수 시기는 약 10년 이

후로 너무 큰 시간간격이 있었다. 2009년부터 위성의 수출·상용화가 본격적으로 논의되기 시작하면서 그동안 투자되지 않았던 실용위성급의 핵심 구성품에 대한 자체개발 문제가 대두되었으며 위성개발사업과는 별도로 우주핵심기술 품목에 대한 개발이 결정되었다. 당초 우주핵심기술은 위성의 모든 구성품을 국산화 개발하는 것이 아니라 개발 후 경제적 이득이 있는 고부가가치품목과 수출통제 등의 위험이 있는 전략품목을 대상으로 하였다. 그리고 우주개발사업 세부실천로드맵(2007.11)에 따르면 과학기술위성3호 사업은 예산이나 위성 무게면에서 보다 작은 규모의 마이크로소형위성 및 초소형 위성을 연구·개발하는 것으로 기술되어 있었다. 우주핵심기술품목 개발 후 우주검증의 필요성이 제기되면서 기술검증을 목적으로 한 효율성이 높은 소형위성이 거론되면서 과학기술위성의 뒤를 이을 수 있는 가능성이 제시되었다. 한편, 다목적실용위성이 당초의 개념과 달리 고해상도 지구관측위성으로 특화되면서 매년 성능증가를 위한 개발에 따른 예산증가와 개발기간의 지연문제가 대두되었다. 이러한 문제점을 극복하고자 한국항공우주연구원에서 제안되었던 것이 차세대소형위성(CAS: Compact Advanced Satellite)이었다. 초기 개념에서는 우주핵심기술품목을 검증하는 목적으로 100kg급 위성을 CAS100으로 하며, 시스템, 본체, 핵심부품 및 탑재체의 국내독자개발을 통해 위성 기술의 완전 자립화를 도모하는 500kg급 위성을 CAS500으로 명명하여 차세대소형위성(CAS)은 100kg급과 500kg급의 위성을 포괄하며 연계성을 높이는 것으로 계획하였다. 그러나 현재 CAS100은 차세대소형위성사업으로 별도 개발이 진행되고 있으며 우주핵심기술 검증, 우주과학 연구 및 인력양성을 위해 표준화된 위성본체를 고려하고 있다. 또한 CAS500은 현재 차세대중형위성으로 명칭이 바뀌어 개발을 검토 중이다. 특히 차세대중형위성은 중형급 위성 표준 플랫폼으로 개발비용 및 기간을 획기적으로 단축하여 국내의 다양한 공공 위성수요를 만족시

키며 또한 당시로서는 너무 큰 시간 간격을 지녔던 550kg급 한국형 달탐사선의 징검다리 역할을 하도록 고려된 것이다. 현재 달탐사선 개발계획을 앞당기게 되면서 차세대중형위성을 통한 순차적 개발이 아닌 달탐사선과 차세대중형위성의 동시 개발이 진행되는 만큼 최적화된 성과를 도출할 수 있도록 개발전략의 수정이 필요할 것으로 보인다. 현재 검토 중인 차세대중형위성 개발의 목적은 중·저해상도 광역관측, 기상·해양·환경관측 등 공공분야 관측 수요에 적기대응하고 해외시장 개척을 위한 것으로 요약할 수 있다. 다목적실용위성시리즈는 공공안전, 국토·자원 관리 등 국가 전략적 수요에 따라 초정밀 관측위성 목적으로 지속 개발이 예상된다. 그러나 차세대중형위성이 개발되면 다목적실용위성의 개발주기를 재검토하여 조절할 필요가 있으며 차세대중형위성과 다목적실용위성을 동시 활용하여 예산절감과 효율성을 높이는 보다 다양한 조합이 가능하게 될 것이다.

현재 국내주도로 기상관측 및 해양·환경 감시를 위한 정지궤도복합위성 개발 사업이 진행 중이다. 정지궤도복합위성개발을 통해 정지궤도위성본체기술을 확보하게 되면 향후에는 공공 통신방송 서비스를 위한 통신방송위성 개발, 국가안전 확립을 위한 조기경보위성 및 전파탐지위성, 안정적인 위치정보 제공을 위한 항법위성 개발 등 다양한 중궤도 및 정지궤도위성에 대한 고려가 가능할 것이다.

◆ 위성개발, 새로운 도약을 위하여

우리나라는 지난 20여 년간 위성개발을 통해 위성개발 수준을 한 단계 높였다. 특히, 다목적실용위성의 기술수준은 획기적으로 향상되었고 광학, 적외선, 영상레이더를 망라하는 고해상도 지구관측 위성으로 중요한 자리 매김을 함으로써 해외로부터도 주목받고 있다. 현재 우리나라가 고려중인 위성개발계획을 보면 향후 위성수요에 기인한 위성의

숫자는 기하급수적인 증가가 예상된다. 우리가 그동안의 위성개발성과에도 불구하고 무언가 아쉬움이 남는 것은 탑재체 기술을 포함한 핵심품목에 대한 기술자립이 부족하고 여전히 우주선진국에 대비한 경쟁력이 떨어지기 때문일 것이다. 물론 우리나라의 위성개발에 대한 투자가 다른 우주선진국에 비해 기간이 짧고 투자액수가 적기 때문이라고 예들러 말할 수도 있겠으나 앞으로 더욱 확대되는 위성개발 계획을 고려하면 이러한 점을 신중히 검토 후 추진해야 앞으로 다시 새로운 도약이 가능할 것이다. 전반적으로 성공적인 평가를 받고 있는 다목적실용위성개발사업도 만약 초기에 20년간 지속을 고려하고 개발에 임했다면 탑재체기술 및 핵심부품기술 등을 보다 체계적으로 확보할 수 있었을지도 모르는 일이다.

현재 상황은 여러 가지 측면에서 과거와는 차이가 있다. 그동안의 위성개발 성과는 주어진 프로젝트에 집중하면서 Fast Follower로서 이룩한 것이다. 개발 시에 숲을 보느냐 나무를 보느냐를 거론하지만, 일단 숲속에 들어간 사람이 숲을 보기는 쉽지 않은 법이다. 과거의 성공이 미래를 담보할 수 없다는 진리를 고려하면 향후 위성개발에 있어서는 단순한 다양화보다는 전략적인 방향수립이 우선되어야 한다. 개발프로그램이나 프로젝트 수행자의 입장에서는 일단 위성개발이 착수되면 성공적인 완수를 위해 사업외적인 추가적인 고려를 하기는 어렵기 때문이다. 따라서 실제 사업이 착수되기 전에 객관적으로 검토하고 대비하는 것이 보다 현실적인 방안이다.

자국발사체의 존재 여부는 국가위성개발에 있어서 지대한 영향을 미친다. 지금까지 우리나라의 우주개발은 발사체 개발, 위성개발이 별도 프로그램으로 진행되었고 계획 단계부터 이를 함께 고려하는 기회도 거의 없었으며 개발 중의 논의도 거의 제한적이었다. 또한 위성 프로그램도 개발주체에 따

라 독립적으로 수행되었으며 개발주체 상호간에 공식적인 협의나 한 단계 높은 상위 수준의 조정·개선 등에 대해서는 부족한 면이 있었다. 우주개발은 기본적으로 기술력에 기인한 파급효과나 국가위상제고와 같은 효과는 있을지라도 아직까지는 경제적 이익을 창출하기에는 한계가 있는 것이 사실이다. 그러나 향후 우주개발 수준을 선진국 수준 또는 이상으로 도약시키고 우주산업체가 경쟁력을 확보할 수 있는 방향으로 개발이 되어야 한다. 즉, 한 단계 높은 수준의 기술개발을 통해 단순한 기술 확보나 위성의 다양화가 아닌 우주선진국 대비 경쟁력을 높이는 방향으로 계획이 수립되어야 하며 이를 위해서는 국내에서 위성개발과 관련된 기관내외에서 가용한 인적·물적 자원을 제도적이나 물리적으로 통합하여 국가수준에서 전문성을 높여야 할 것이다. 또한 장기간에 걸쳐 계획을 지속하기 위해서는 위성개발 정책과 개발을 일관성 있게 추진할 수 있도록 제도적인 정비가 필요하다. 이러한 점을 고려한 전략수립과 성공적인 개발이 전제되어야 우리나라 위성개발의 새로운 도약이 가능할 것이다. 

아리랑 5호의 발사성공과 그 의미

이상률, 김진희
한국항공우주연구원

지구를 하늘 혹은 우주에서 관측하기 위한 인류의 노력은 오래전부터 시도되었다. 이런 시도는 기술이 발전해감에 따라 우주를 향한 인류의 근본적인 열망과 결합하여 점차 현실화되어 갔다.

현재 인류는 지금까지 경험하지 못한 다양한 문제에 직면해 있으며, 인류가 지금까지 축적한 과학적 지식이 이런 문제의 해결에 많은 기여를 하고 있다. 특히 우주를 통한 지구관측은 원하는 지역을 관측할 수 있고 다양한 정보를 얻는 등 많은 장점을 가지고 있다. 우리나라도 1990년 이후 위성을 포함한 우주 분야 개발에 착수하여 현재 관측위성기술부분에 있어서는 세계 6~7위권으로 평가받고 있다.

이런 노력의 일환으로 금년 8월 22일 러시아 야스니 발사장에서 발사된 다목적실용위성 아리랑 5호는 다목적실용위성 시리즈의 4번째 위성이다. 1999년 발사된 아리랑 1호를 시작으로 2006년 아리랑 2호, 2012년 아리랑 3호가 성공적으로 발사된 바 있다.



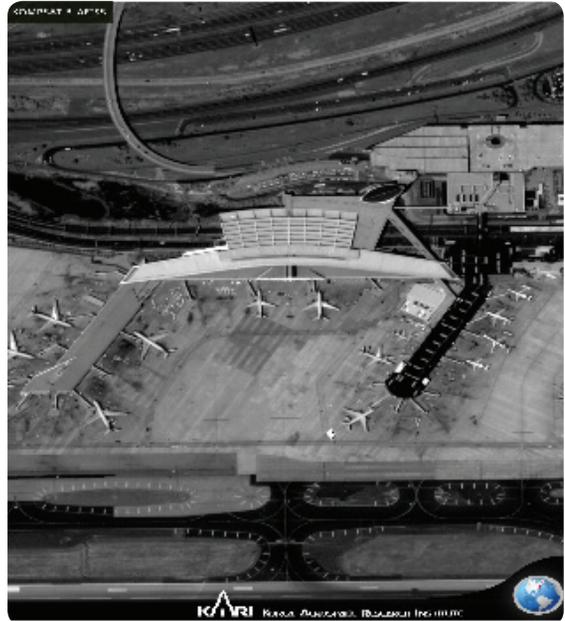
[그림 1] 아리랑 5호 발사장면

아리랑 1호위성은 해외공동개발 방식으로 개발되어 6.6m 흑백 해상도의 전자광학카메라를 탑재하여 정보를 제공하였으며, 이의 후속으로 국내주도(탑재체는 해외공동개발)로 개발된 아리랑 2호 위성은 1호 대비 40배정도로 정밀한 1m급 해상도를 가지게 되었다.

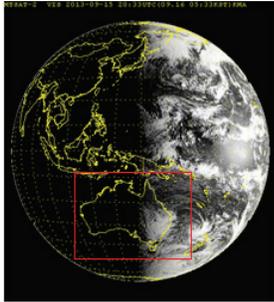
작년 발사된 아리랑 3호 위성은 70cm 급의 해상도를 자랑하며 이는 상용으로는 최고의 성능을 갖는 위성 중의 하나로 볼 수 있다.

기존의 아리랑 1호, 2호, 3호위성은 가시광선대역의 광학탑재체를 장착한 반면 아리랑 5호는 전천후 영상레이더(SAR)를 탑재한 것이 가장 큰 차이점이라고 할 수 있다. 영상레이더의 특징은 태양빛에 의해 반사되는 수동적인 정보를 얻는 방식이 아니

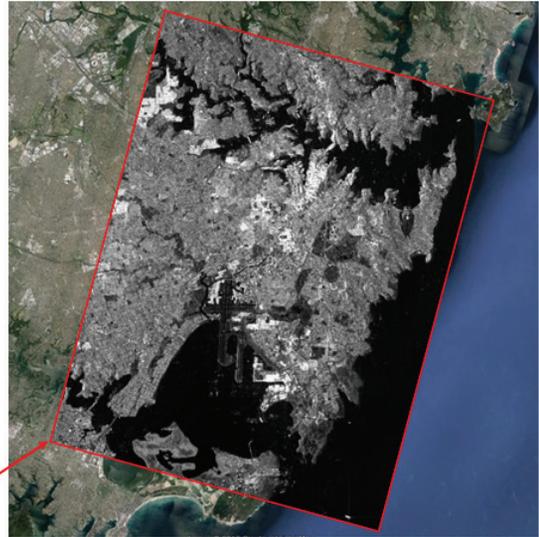
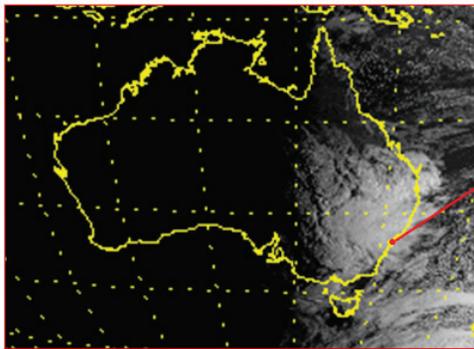
라 안테나로부터 방사되는 마이크로 파 대역의 전파 신호를 관측 대상에 투사하고 대상물로부터 되돌아오는 반사 신호를 수신하여 영상 데이터를 만든다. 이러한 특징으로 인하여 영상레이더 위성은 기상환경에 영향을 받지 않고 전천후로 관측을 수행할 수 있다. 광학관측 위성은 태양광이 없는 야간이나 구름이 끼거나 악천후 기상상황에서는 원하는 영상정보의 획득이 불가능하나, 영상레이더 위성은 마이크로파가 다양한 물체에 반사되어 특정 정보를 전달하는 특징으로 인해 광학관측의 한계를 극복하고, 광학관측보다 더 많은 숨은 정보를 얻을 수 있다. 아래 [그림 2]는 아리랑 5호가 첫 번째로 촬영한 호주 시드니 표준해상도 영상을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 이날 호주에는 강우 상태였으나, 기상에 상관없이 아리랑 5호가 촬영이 가능함을 보여주고 있다.



[그림 2] '미국 필라델피아 공항'에 대한 아리랑 2호(좌)와 3호(우) 영상 비교



기상위성(MTSAT-2) 가시영상
@ 9/16 06:34 호주시간 [2013/9/15 20:33 UTC]



표준해상도 영상(ST-mode)
@ 시드니(호주) 2013.09.16 AM06:34 호주시간
기상상황: 강우 상태

아리랑 5호 표준해상도 시험영상 - 호주 시드니 지역)

또한, 아리랑 5호는 기존 광학위성과 같이 단일 해상도와 단일 관측폭이 아니라 3가지 다중 운영 모드를 지원하므로 다양한 분야의 활용이 가능하다. 즉 임무에 따라 운영모드를 적절히 활용할 수 있는 장점이 있으며, 예로 광범위한 영역에서 발생하는 재난재해의 경우 광역관측모드를 활용하여 관측이 가능하다.

〈표 1〉 아리랑 5호 운영모드 별 해상도/관측폭

운영모드	해상도(m)	관측폭(km)
표준해상도모드	3	30
고해상도모드	1	5
광역관측모드	20	100

아리랑 5호는 2005년 6월 사업이 착수된 이후 약 8년간 개발이 수행되었으며, 한국항공우주연

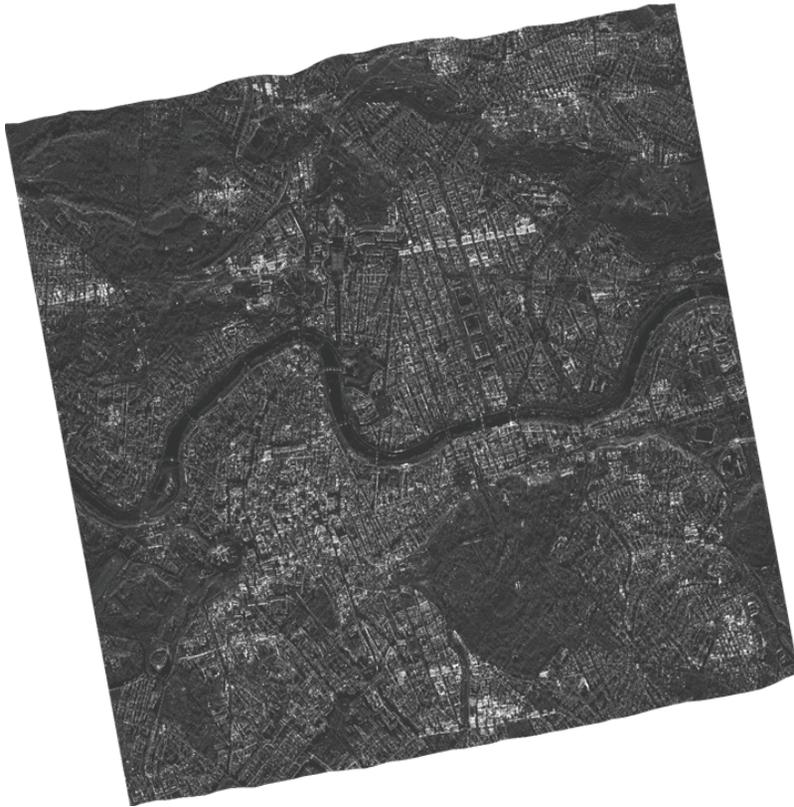
구원의 주관 하에 한국항공우주산업(주), (주)대한항공, 두원중공업(주), (주)한화 등 다수의 국내기업이 참여하여 개발하였다. 개발에 참여한 국내기업은 아리랑 1호부터 참여한 바 있으며, 3호 및 5호의 개발성공으로 그 한층 더 발전된 기술력을 입증하였다.

아리랑 5호의 활용분야는 다양하며 점차 그 분야가 확대될 전망이다. 아리랑 위성 5호의 고해상도 레이더 영상정보는 홍수 및 가뭄, 산불, 지진 및 지반침하, 해양 기름 유출 등의 국가 재난 재해 상황에서 신속하고 정확한 정보를 제공함으로써 재산 및 인명피해 경감을 통한 사회·경제적 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 레이더 위성영상정보는 지표면의 반사 강도뿐만 아니라 위성과 지표면 사이의 거리에 대한 정보를 포함하므로 3차원적 지형

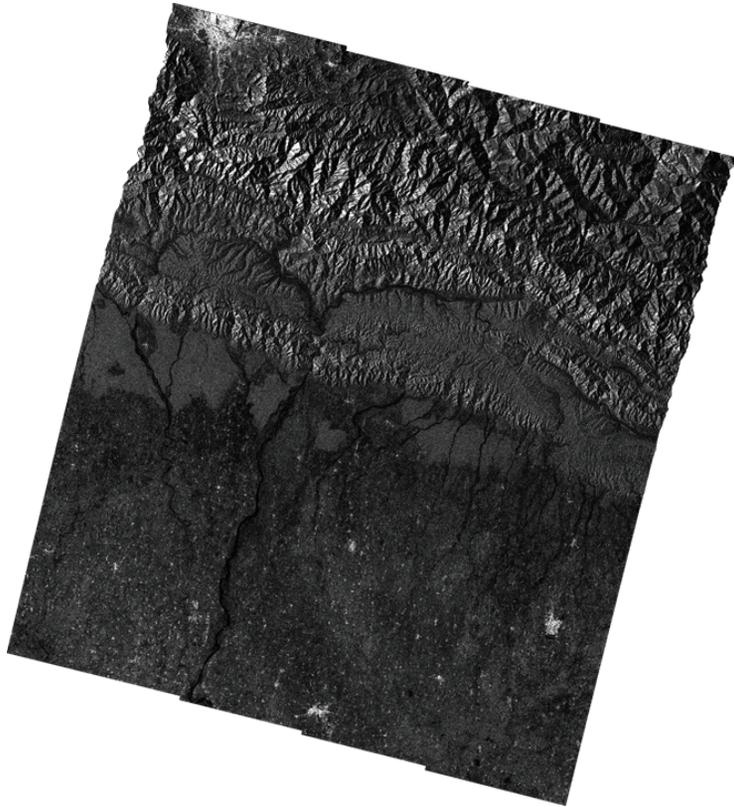
정보 및 지형변화에 대한 정보를 함께 획득할 수 있다. 따라서 거리 정보를 이용한 재해 재난 감시 및 지도 제작 등의 활용이 매우 활발히 이루어지고 있다.

아리랑 5호가 발사됨에 따라 우리나라는 영상레이더 위성과 기존의 고정밀 광학관측 위성의 동시 운영이 가능함으로써, 정보획득의 양과 질을 획기적으로 향상시킬 수 있으며, 고해상도 영상의 세계 상용화 시장에서 지속적인 경쟁력 유지가 가능하게 되었다.

아리랑 5호는 현재 발사이후 초기운영·검보정 중이며 이의 완료이후 정상운영이 착수되면, 운용 중인 아리랑 2호, 3호 등 광학관측위성 영상과 융·복합을 통해 다양한 분야에 고부가가치 영상을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 내년 발사될 다목적실용위성 아리랑위성 3A호가 발사되면 고정밀 광학뿐만 아니라 적외선영상분야의 결합을 통해 더 다양한 분야에 융·복합을 통한 활용이 기대된다. 



아리랑 5호 고해상도 시험영상 - 로마



아리랑 5호 광역해상도 시험영상 - 히말라야 산맥

❖ 참고 문헌 ❖

- [1] '다목적실용위성 아리랑 3호, 시험영상 공개', 보도자료 2012.6.13
- [2] '다목적실용위성 5호 성공리에 발사', 보도자료 2013.8.23

영상레이더 정보의 처리 및 활용

윤재철, 신재민, 김정훈
한국항공우주연구원

I. 영상 레이더

지구관측위성의 목적은 “무엇(대상)이 어떻게(상태) 있나?”를 명확히 분석하고 판단하여 유용하고 중요한 정보를 획득하는 것이다. 영상레이더(SAR; Synthetic Aperture Radar)는 전자광학(EO; Electro-Optical)센서나 적외선(IR) 센서와는 달리 전자파를 이용함으로써 비, 구름 등의 기상조건이나 주야에 관계없이 영상 수집이 가능하다. 또한 하나의 해상도로 고정되어 있는 광학(Electro Optical) 센서와는 달리 운용 모드가 다양하기 때문에 관측시에 사용자의 용도에 따라서 여러 종류의 해상도와 다양한 크기로 영상 자료를 수집할 수 있다. 다양한 전자파대역(X, L, C-band, ...)에 따라 물체가 반응하는 특성이 다르므로 대상물 분류 및 분석에 이점이 있으며, 특히 전자파를 잘 반사하는 철 구조물의 경우 강한 전자파 반사 특성을 보유하고 있으므로, 광학영상보다 대상물 식별에도 장점을 가지고 있다.

〈표 1〉 능동형 및 수동형 영상레이더 안테나 [1]

능동형(Array Type)		수동형(Reflector Type)	
			
			
이탈리아	독일	독일	이스라엘
Alenia Spazio	EADS Astrium	OHB-System GmbH	MBT Space Division of IAI

영상레이더 위성은 〈표 1〉에서와 같이 크게 수동형 안테나를 탑재한 수동형 영상레이더위성 (Passive SAR)과 능동형 안테나를 탑재한 능동형 영상레이더위성(Active SAR)으로 크게 구분할 수 있다.

수동형 영상레이더 위성은 주로 반사경 (reflector) 안테나와 고풍력 증폭관(TWTA)등을 사용하는 방식이다. 따라서 수동형 영상레이더 위성은 빔조향 가변 능력, 장시간 영상획득 능력 면에서 단점이 있지만 단순한 구조의 소형 경량, 적은 개발비용 등의 장점이 있다.[1]

능동형 영상레이더 위성은 주로 패치(patch) 안테나와 분산형 반도체 송신관(T/R 모듈) 등을 사용하는 방식이다. 따라서 신속한 빔조향 가변 능력, 다중 편파 영상획득 능력 면에서 장점이 있지만 수동형에 비해 상대적으로 복잡한 안테나 구조로 인해 위성체 중량이 많이 나가고, 개발비용이 많이 소요 되는 단점이 있다.[1]

II. 다목적실용위성 5호 정보처리 및 구성

다목적실용위성 5호는 3가지 종류의 운영모드 (표준해상모드; ST-Mode, 고해상모드; HR-Mode, 광역영상모드; WS-Mode)를 이용한 임무운영을 통해서 레이더 신호를 지상국(KGS, KARI Ground Segment)으로 송신하게 된다. 수신된 레이더 신호는 IRPE(Image Reception & Processing Element)에 전달되어 SARP(SAR Processor)의 입력형식인 LOF로 전달된다. SARP에 입력으로 전달된 LOF는 시각적으로 인지가 불가능한 신호정보이므로, SARP 내부의 Level-0, Level-1A Processor를 통해서 인지 가능한 레이더 영상으로 재구성되며, 추가적으로 Level-1B, Level-1C, & Level-1D Processor를 통해 각각의 레벨에 대응되는 레이더 영상으로 생성된다.

SARP는 크게 PM(Processor Manager)와 PLs(Level Processor)의 2가지 부분으로 구성된다. PM은 IRPE의 서브시스템인 PMS와 외부인터

페이스(EI, External Interface)를 담당하고, 또한 SARP 운영자가 SAR Processing을 수행하기 위한 명령을 PLs로 전달하는 역할을 담당한다.

SAR Processor은 SAR Image의 형식에 따라 5가지의 Level Processor로 다음과 같이 구성된다.

▶ Level-0 Processor (PL-0)

기초적인 SAR Image를 생성하거나 그 이상의 추가적인 정보를 사용하여 다른 레벨의 SAR Image를 생성하기 위해 필요한 모든 보조 자료들을 포함하고 있는 Level-0의 SAR Data Product를 생성하는 프로세서이다. Level-0 프로세서는 SARP의 처리 중에서 제일 처음에 수행되는 단계이며, Input Data(LOF), Calibration Data, Auxiliary Data의 3가지 정보가 입력으로 제공된다.[2]

▶ Level-1A Processor (PL-1A)

In- & Quadratic Phase 형태의 Focused SAR Data를 구성하는 프로세서로 경사거리 및 방위(Range & Azimuth) 방향으로의 자료처리가 수행된다. Level-1A 프로세서는 SARP의 처리 중에서 두번째로 수행되는 단계이며, 이 Level 프로세서의 Focusing을 통해서 SAR 위성의 경사거리영상(Slant Range Image)으로 시각적 인지가 가능하게 된다.[2]

▶ Level-1B Processor (PL-1B)

Amplitude SAR Image로 구성된 영상제품을 생성하는 프로세서로 영상 내의 모든 각 화소들이 WGS84 지구좌표계에 따라 표시된다. Level-1B Processor는 SARP의 처리 중에서 세번째로 수행되는 단계이며, 수행된 후 자동적으로 3가지 출력물이 동시에 생성된다. 그 결과물 중 2개는 Level-1C 및 Level-1D의 입력이고, 나머지는 Level-1B의 최종 결과물인 Detected, Ground projected, Multilooked 영상이다.[2]

▶ Level-1C Processor (PL-1C)

Amplitude SAR Image를 북쪽방향으로 정렬시키며 자료를 Map Projection하는 기능을 가진다. Level-1C Processor는 SARP의 처리 중에서 네번째로 수행되는 단계이며, Geocoded Ellipsoid Corrected 영상으로 UTM/UPS Cartographic reference system에 맞게 재구성된 결과물이다. [2]

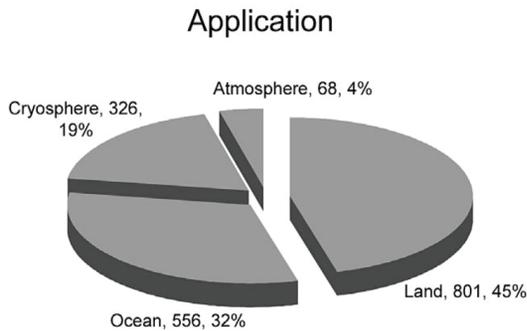
▶ Level-1D Processor (PL-1D)

정사보정(Ortho-rectified)을 통해 SAR Image를 GCP(Ground Control Point) 및 기준지형고도(DEM; Digital Elevation Model) 프로파일 에 투영시켜 제품을 생성한다. GCP 정보를 이용하여 PL-1D의 입력인 GRP(Ground Reference Point file)를 생성하기 위해서 GCP MMI(Man Machine Interface)로 Tie-Pointing을 수행해야 하나, KOMPSAT-5 개발 개념상 GCP 및 GRP는 부가적인 정보이므로 반드시 제공하여야 하는 것은 아니다.[2]

III. 영상 레이다 정보활용

다목적실용위성 5호의 임무는 GOLDEN으로 GIS, Ocean, Land, Disaster, Environment 로 구성되며, 이는 일반적으로 연구 대상물을 기준으로 고려할 때 육지(Land), 해양(Ocean), 극지(Cryosphere) 및 대기(Atmosphere)로도 분류할 수 있다. [그림 1]은 영상레이더의 활용영역을 분석한 것이다.

육지는 세부 응용분야에 따라 토양/농업(Soil/Agriculture), 산림(Forestry), 도시/인공구조(Urban/Manmade), 지형고도/지도(Topography



[그림 1] 영상레이더 활용영역

/Cartography), 지질(Geology), 지진(Seismology), 고고학/지하구조(Archeology/Subsurface), 화산(Volcanology) 등으로 활용가능하다.

해양은 기름유출(Oil Spill), 풍속(Wind), 표면해파(Surface Wave), 내부파(Internal Wave), 선박감시(Ship Monitoring), 해안특성(Intertial/Coastal), 조수(Current), 수심측량(Bathymetry) 등이 가능하다.

극지는 해빙감시(Sea-Ice Monitoring), 빙하(Glacier), 빙상/빙붕(Ice Sheet/Ice Shelf) 등이 있다.

영상레이더의 대표적 특징이자 장점으로 여겨지는 것 중 하나는 대기 중 수증기나 구름의 영향을 받지 않고 지상의 영상을 얻을 수 있다는 것이다. 역으로 말하자면 영상레이더를 통하여 대기를 연구하는 경우는 매우 드물다는 것을 의미할 수도 있으나, 전자기파 대역에 따른 수분산란 및 통과 특성이 다르므로 이를 활용한 대기 연구분야와 폭풍우, 비, 바람, 기상 전선, 대기의 lee wave, 해수와 대기의 경계부에 대한 연구, vortex, soliton, 대기에서의 gravity wave 등 다양한 분야에서도 활용연구가 이루어지고 있다.

국외에서는 위와 같이 다양한 분야에서 폭넓게 이용되고 활용연구가 이루어지고 있으나, 국내에서 참고할 수 있는 활용기술에 대한 부분은 산업계와 연구/정부기관 분야에서 예측되는 수요이며, 이는 크게 세 분야로 구분될 수 있다.

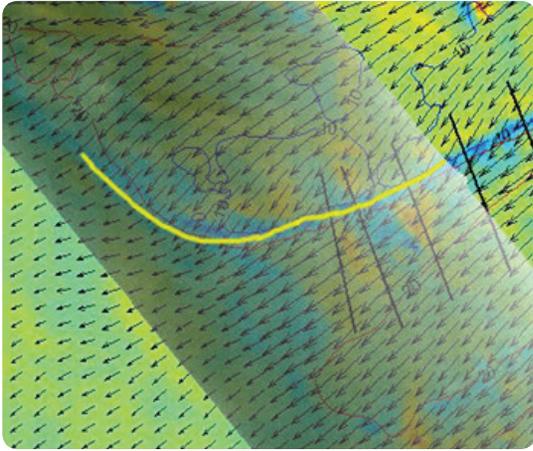
- ① 지형정보 : regional & local
- ② 재해/환경감시 : 홍수, 산사태, 지반침하, 지진, 화산 등
- ③ 자원분석 : 수자원, 자원조사, 농/임업자원, 해양관측

상기의 예측되는 수요를 고려할 때, 다목적실용위성 5호의 GOLDEN 임무를 통해 활용 될 예정인 분야 및 기술은 다음과 같다. GIS의 경우는 각 활용분야들의 정보 및 추가적인 정보들이 복합적으로 구성되어 이루어진다.

1. 해양 분야 (Ocean)

가. 연안 환경 정보 추출

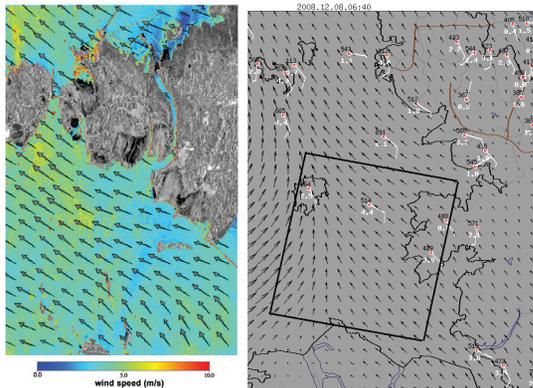
SAR 영상은 전천후/주야간으로 획득이 가능하고 광범위의 연안 해역에 대한 동시 관측이 용이하기 때문에, 연안 환경을 모니터링 하는데 있어 매우 유리하다. 특히 조간대의 정밀 DEM 작성을 위하여 X-밴드 SAR 영상을 이용하여 waterline을 추출할 수 있으며, X-밴드 SAR 영상에 나타나는 연안 해양 물리 현상을 관측하고 분석하여 [그림 2]와 같이 조류수로와 같은 해저 지형에 대한 정보를 획득할 수 있다.[3]



[그림 2] 조류수로 수렴 강도 분석

나. 해상풍 정보 추출

한반도와 같이 해안선이 복잡하고 섬이 많은 지형의 경우 연안 해상풍을 측정하기 어렵다. 고해상도 SAR 영상은 바람에 의해 발생하는 표면장력파의 세기를 측정할 수 있기 때문에 방사 보정된 후방 산란계수를 이용하여 연안에 대한 해상풍 자료를 추출할 수 있다. [그림 3]과 같은 해상풍 자료는 기상예보 정확도 향상에 도움이 될 것이다.[3]

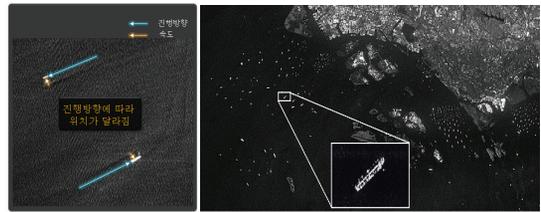


[그림 3] CMOD4 GMF 및 기상청 AWS의 해상풍 비교

※ 한반도 서해안(대부도 일대)을 촬영한 RADARSAT-2 자료로부터 CMOD4 GMF를 이용하여 추출한 해상풍(왼쪽)과 기상청 AWS에서 관측된 해상풍(오른쪽)과의 비교

다. 선박 모니터링

SAR 영상을 이용하여 [그림 4] 처럼 바다 위를 항해하는 선박을 식별하고 움직이는 방향에 대한 확인을 할 수 있다. 또한 향후 SAR 위성의 기술발전에 따라서 그 선박의 상세한 이동 방향 및 속도 정보까지도 획득할 수 있다. 이는 점점 증가하는 대외교역에 의한 선박출입량의 증가로 선박사고 및 관리를 위해 적극 활용될 수 있다.[3]



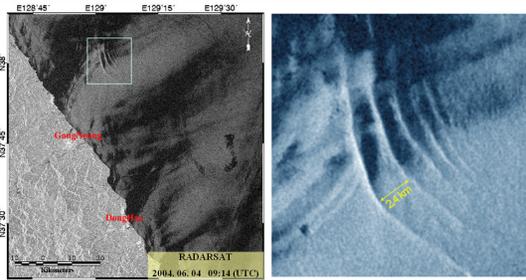
[그림 4] SAR 영상을 이용한 선박 감시[1]

라. 해양 파랑 정보 추출

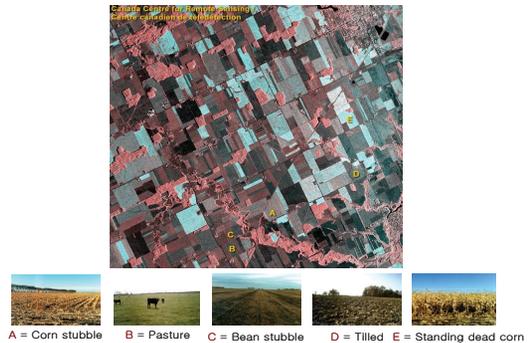
고해상도 SAR영상은 해양표면의 파랑에 대한 모습을 잘 탐지한다. 주기적으로 움직이는 파랑이 SAR위성에서 보낸 전자기파와 상호작용하는 메커니즘을 이해하여 고해상도 SAR 영상으로부터 해양에 존재하는 2차원 파랑에 대한 정보를 추출할 수도 있다. 해양의 파랑은 선박의 항해 및 어업활동 등과 관련하여 가장 중요하며 기상청을 통해 예보되고 있다.[3]

마. 내부파 정보 추출

[그림 5]처럼 내부파는 해양의 물속에 존재하지만 SAR 영상에서 잘 관측이 된다. 내부파는 가라앉은 영양분의 혼합을 야기하여 좋은 어장 형성에도 도움이 된다. 영상레이더에 관측된 내부파의 후방산란계수 값의 변화와 폭 등으로부터 내부파의 발생수심, 진폭, 진행속도 등을 추출할 수 있다.[3]



[그림 5] 우리나라 동해에서 관측된 내부파



[그림 6] 편파 특성에 따른 경작지 분류

2. 육지 분야(Land)

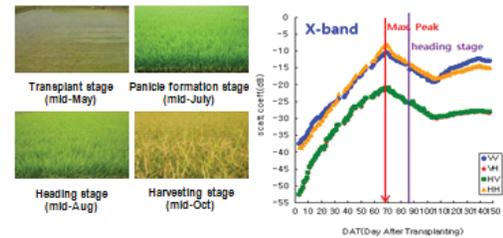
가. 토지 이용

인간 삶의 기본적 터전인 토지(Land)의 이용 상황을 파악하여 효율적 자원 관리를 목적으로 다양한 위성영상을 이용한 접근방식이 많이 활용되고 있다. 세부적인 접근방식으로는 분광적(Spectral Pattern), 공간적(Spatial Pattern), 시간적(Temporal Pattern) 특성 등을 이용하는 방법으로 구분 가능하다. 그러나 이런 접근 방식들에서 기상 조건이 변하여 영상을 획득 할 수 없는 기존의 광학센서로는 다양한 자료를 수집할 수 없었다.

영상레이더를 이용한 위성영상은 기상조건에 영향을 받지 않고 원하는 시간과 장소에 대해서 자유롭게 여러 분광특성에 대한 자료를 얻을 수 있으며 [그림 6]처럼 추가적으로 수직·수평 편파에 의한 자원의 특성적인 분류가 가능하기 때문에 국토 자원 관리를 효율적으로 수행할 수 있게 한다.[3]

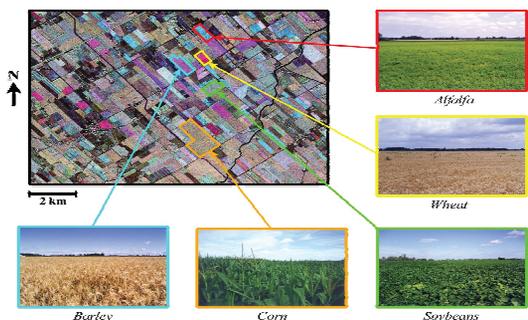
나. 농작물 작황 예측 및 분류

영상레이더의 대상물에 대한 반사특성을 활용하여 [그림 7]처럼 작물생육을 추정하고 모형을 개발하여 작물 모니터링 함으로써 작물의 안정적 수량 확보와 더 나아가 재난피해 방지에 기여할 수도 있



[그림 7] SAR 영상을 이용한 계절별 쌀 성장 상태분석

다. 이는 X-band 주파수에서 작물들의 산란계수를 측정하고 작물들의 지표면 정보(높이, 길이, 넓이, 밀도, 수분함유량 등)를 측정하여 이론 모델과 비교함으로써 편파 산란 특성을 분석하고 SAR 위성 영상에 적용하여 [그림 8]처럼 SAR 영상에서 작물의 다양한 정보를 예측 가능하다. 또한 산란계수를 이용하여 토양에 대한 수분함유량 추출하는 연구를 통해 맨땅이나 작물이 있는 지표면의 토양 수

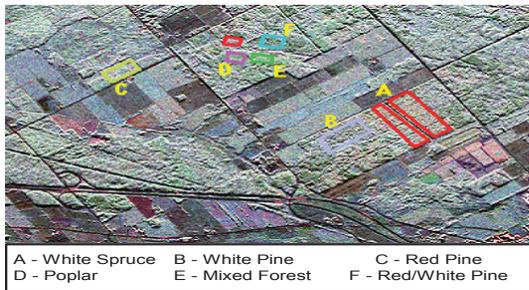


[그림 8] SAR 영상에 의한 농작물 분류[1]

분함유량을 추출할 수도 있다. 특히 위성의 장점인 단시간 넓은 지역의 분석의 기회에 분석특성을 객관적이고 과학적으로 적용하여 경지면적 및 작물생산량 자료를 생산 가능할 수 있다.[3]

다. 삼림 이용

SAR 위성의 다중 편파를 이용하면 농작물의 종류를 분류하고 또 경작지의 상태를 분석하는 것처럼 [그림 9]와 같이 삼림의 벌목 상황을 지속적으로 관찰하여 환경 피해를 줄일 수 있는 대책을 마련할 수 있다. 지역적인 기후 특성에 따라 수종의 분포가 다르게 나타나기 때문에 지속적인 수종의 번식 상태를 파악함으로써 삼림을 보호하고 육성하도록 하는 기반 자료로 활용될 수 있다. 이런 식생의 분포 자료는 넓게는 지구의 환경의 변화 상태를 관리할 수 있기 때문에 국제적 환경 자료로서의 가치가 충분히 있다.[3]

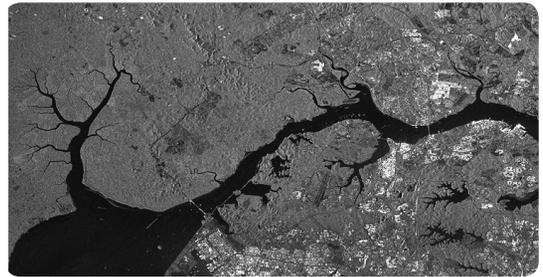


[그림 9] 삼림의 유지 관리를 위한 수종 분석

라. 하천 및 해안선 관리

하천이나 해안선의 변화는 매우 장시간 작은 변화를 가지고 나타나므로 지속적인 자료의 축적이 필요하다. 하천의 경우 수자원의 관리를 위해 꾸준한 대책이 필요하고 해안선의 경우 형태가 달라짐에 따라 바닷물의 흐름의 변화가 생기게 되어 항구가 역할을 하지 못하는 경우도 발생할 수 있다.

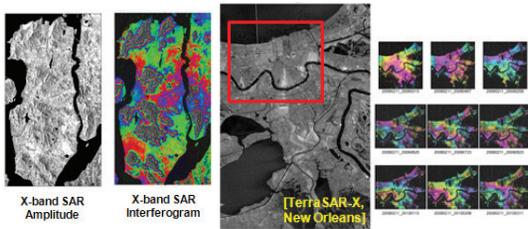
이런 하천 및 해안선의 관리는 실제적으로 홍수나 조수의 변화에 의한 해양 생태계의 파괴로 이어질 수 있기 때문에 [그림 10]처럼 기상 변화와 상관없이 지속적인 관찰을 할 수 있는 SAR 위성의 활용이 더욱 필요하다.[3]



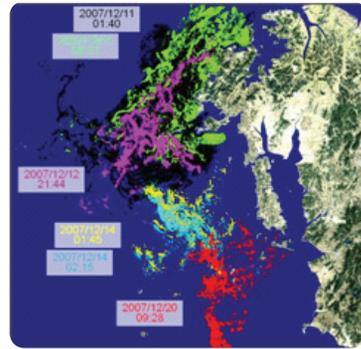
[그림 10] SAR 위성을 통한 얻은 하천 및 해안선의 분포[1]

마. 지표변위 모니터링

SAR 위성의 또 다른 큰 장점 중 하나는 Interferometry 기술을 이용하는 것이며, 지형의 변위정보를 매우 정밀하게 획득할 수 있다는 의미이다. 가장 이상적인 개념은 TerraSAR-X Tandem과 같이 2개의 위성을 짧은 기선간격으로 유지하며 동일 지역을 2개의 위성이 관측하는 것이지만, 다목적실용위성 5호와 같이 하나의 위성으로도 이상궤적을 일정시간이후 정밀하게 반복되도록 궤도를 유지한다면, 도심지역과 같이 환경에 의해 급격한 변화가 잘 일어나지 않는 지역에 한해서 지형정보를 추출할 있다. [그림 11]처럼 SAR를 이용한 지표 변위 분야에 대한 활용은 재난/재해의 분석 및 예방에 큰 도움이 되며, 도시개발 과정에서 발생하는 도심의 침하 정도까지도 정밀하게 분석 및 예측할 수 있다.[3]



[그림 11] SAR 간섭계를 이용 DEM 추출 및 뉴올리언즈 지역의 지표 변위 분석

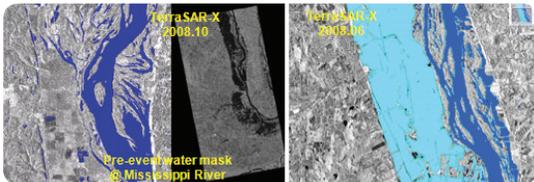


[그림 13] SAR 영상을 이용한 기름유출 모니터링

3. 재난/재해 분야 (Disaster)

가. 홍수 피해 지역 분석 및 예측

SAR 위성은 주야간 전천후 관측이 가능하고, 수분 함량에 따라 토양의 반사도가 다르기 때문에 [그림 12]처럼 홍수로 인한 피해 지역을 빠른 시간내에 분석하는데 있어 SAR 영상은 매우 큰 강점을 가지고 있다.[3]



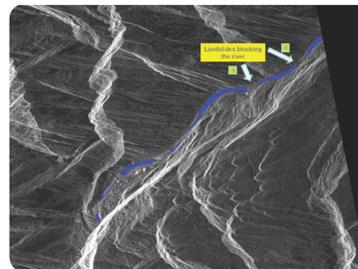
[그림 12] SAR 영상을 이용한 홍수 피해지도 (미시시피강)

나. 해양 기름 유출 감시 및 피해 예측

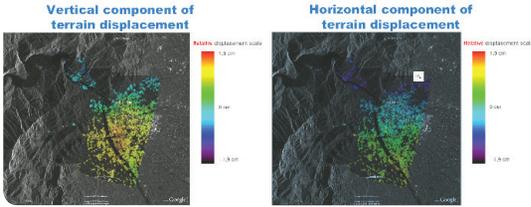
[그림 13]에서 보듯이 2007년 12월 서해에서 발생했던 허베이-스피릿호의 기름 유출사고 당시 SAR 위성이 광학위성에 비해 아주 효율적으로 피해지역에 대한 정보를 제공했던 사실에서도 알 수 있듯이, 주야간 전천후 관측이 가능한 SAR 영상은 바다와 기름의 반사도 차이를 명확히 식별하여 주기 때문에, 기름으로 인한 피해 면적 및 기름의 이동경로까지 정밀하게 분석할 수 있도록 지원해 준다.[3]

다. 지진 피해 지역 분석 및 예측

2008년 5월 12일 06시 28분 (UTC), 중국 쉬찬성에서 발생한 대지진은 참혹한 대재앙으로 역사에 기록되었다. 이 당시 2기를 운영 중인 이태리 COSMO-SKYMED SAR 위성은 중국의 요청을 즉각 받아들여, 5월 13일부터 6월 14일까지 총 247개의 영상을 촬영하였고, 단시간 내에 쉬찬성 전체에 대한 지도화를 완료하였다. [그림 14], [그림 15]와 같이 SAR 영상은 피해지역의 파악 및 구조 작업에 상당한 시일이 소요될 수 있는 지진 피해지역에 대해 신속한 정보를 제공해 줄 수 있는 유일한 대안으로 인식되고 있다.[3]



[그림 14] 중국 쉬찬성 산사태 위치 및 규모 분석 (2008.5.12 대지진)

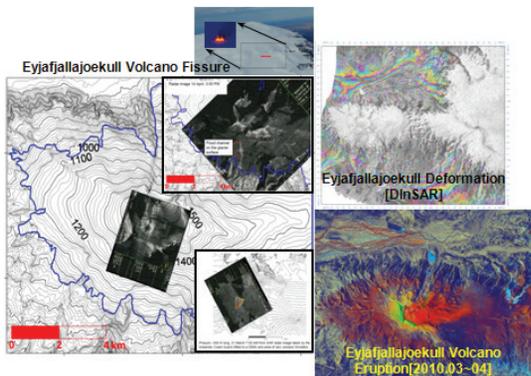


[그림 15] 지진이후 지표변위 분석.

(2008년 5월 12일 중국 쉬찬성 대지진)

라. 화산 지역 변화 감시

화산은 분출하기 오래전부터 지속적인 감시가 필요하며, 특히 SAR의 DInSAR 기법을 이용하여 지반 침하 및 변이 정도를 계속적으로 분석하는 것이 갑작스런 화산의 분출로 인한 피해를 최소화 시킬 수 있는 방법이다. 그리고 [그림 16]처럼 최근의 아일랜드 화산 폭발에서도 알 수 있듯이 화산 폭발이후 오랫동안 화산재로 인해 그 영향권 내의 가시성이 아주 나쁘기 때문에, 일반적인 광학 관측은 불가능하다. SAR 영상은 백두산과 같은 화산분출의 가능성이 있는 곳의 상시 관측을 통해 화산 폭발 예측 신빙성을 높일 수 있으며, 화산 폭발 순간 및 이후에도 지속적인 영상획득이 가능하다.[3]

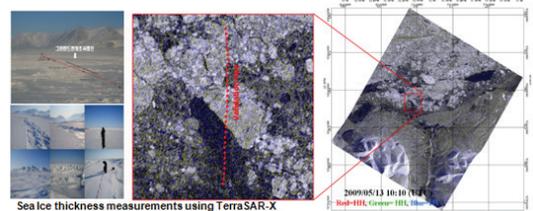


[그림 16] 화산지역의 변화 탐지 사례

4. 환경 분야 (Environment)

가. 빙하 및 유빙 감시

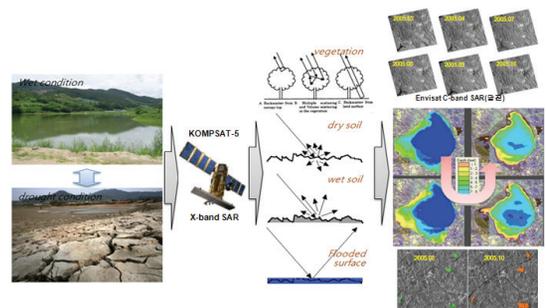
기후변화에 직접적인 영향을 끼치거나 또는 기후변화의 결과를 직접적으로 파악하기위해 [그림 17] 럽 극지방 빙하 및 해빙의 변화를 모니터링 해야 한다. SAR영상은 눈으로 뒤덮인 극지방에서 눈을 투과하여 그 아래에 존재하는 해빙 및 빙하의 모습을 탐지할 수 있다. 또한 SAR자료를 통해 해빙의 면적 변화 감시, 해빙의 이동속도, 빙하의 녹아내리는 속도 빙산의 이동경로 등을 추적할 수 있다.[3]



[그림 17] 해빙의 종류탐지 및 빙하의 유실 분석

나. 가뭄 감시

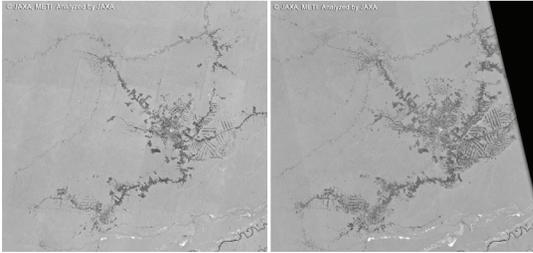
SAR 영상을 이용하여 [그림 18]처럼 저수지의 저수량을 추정하여 가뭄과의 상관관계를 분석하는 것도 가능하다.[3]



[그림 18] 시간에 따른 가뭄 상태 분석

다. 산림 황폐화 모니터링

SAR 영상은 식생에 의한 다중산란과 식생이 존재하지 않은 지역에 대한 표면산란 또는 이중산란에 대한 구분을 잘 할 수 있어, [그림 19]처럼 벌목으로 인해 산림면적 변화나 불법 벌채를 모니터링할 수 있다.[3]



[그림 19] 아마존 서 로도니아 지역의 산림벌채로 인한 변화

(11년 동안의 산림벌채로 인한 변화)

IV. 결론

다목적실용위성 5호는 국내 최초의 상용 영상레이더 위성으로 전천후 영상획득이 가능하며 레이더 영상의 특성을 이용한 폭넓은 부가가치물의 생산 및 활용이 가능하다. 이 때문에 기존의 광학영상과 융합하여 사용하면 시너지 효과로 인해 더 많은 고부가가치를 창출할 수 있어 원격탐사, 정밀관측 등 급증하는 국내·외 위성영상 정보시장 참여에 보다 경쟁력을 가질 수 있다. 물론 고부가가치를 창출하고, 광학영상과의 시너지효과를 위해서는 우선 여러 분야에서 다양한 영상레이더 정보의 활용을 고민해 보아야 한다.

SAR 영상은 광학영상과 달리 사람의 눈으로 목표물의 특성을 인지하기에 어려움이 있다. 따라서 지상의 표준 목표물 또는 다양한 지질의 토양 및 지

역들에 대한 레이더 산란 특성이 어떻게 나타나는지에 대한 데이터베이스 구축도 필요하다. 이러한 데이터베이스 역시도 지상모델링 및 실험을 통하던지, 기존 SAR 위성영상을 활용하여 구축할 수도 있다. 이렇게 구축된 데이터베이스를 활용하면 관측 지역 및 목표물의 특성 및 정보들을 더 정확하게 추출할 수 있게 된다. 외국에서는 영상레이더 정보의 추가적 확장을 위해 다중모드(Multi-Mode), 다편광(Multi-Polarization), 다파장(Multi-Band) 등을 고려하여 거기에 적합한 진보된 차세대 영상레이더 위서시스템 기술들을 개발하고 있는 것이 현실이다. 또한 영상레이더 정보의 활용을 위한 저변 확대를 위해서도 많은 노력을 경주하고 있다.

결국은 어떤 정보의 활용이란 그 정보 자체만을 사용하는 것이 아니라 다양한 정보들과의 상호관계와 그 특성들을 이해하여, 적절히 적용함으로써 나타나는 시너지 효과를 잘 이용하는 것이다. 이와 같은 상황에서 현재 우리는 영상레이더 정보를 사용하기 위한 첫 발을 내딛었으며, 앞으로 영상레이더 자료의 활용을 증대시키기 위한 다양한 노력과 연구가 지속적으로 필요하다 할 것이다. [3]

◆ 참고 문헌 ◆

- [1] 2005. 특정 연구개발사업-다목적실용위성 5호 개발을 위한 기획연구
- [2] 2008. 다목적실용위성 5호 시스템 종합개발(III), 한국항공우주연구원, pp. 158~181.
- [3] 2011. 다목적실용위성 개발사업-다목적실용위성 6호 개발을 위한 기획연구

국내 위성용 고 신뢰성 전장품 및 부품 개발 현황

조영준, 이상곤
한국항공우주연구원

I. 서론

국내의 위성개발은 실험용 위성인 우리별 1호를 시작으로 상용급 저궤도 위성인 다목적실용위성시리즈를 거치면서 주요 위성 전장품의 국내 개발이 이루어졌고 기술을 축적해 왔다. 근래 발사 후 정상 운영 중인 천리안 위성의 개발로 중 대형 정지궤도위성 개발 기술을 확보할 수 있는 계기가 마련되어 국내 위성 및 관련 전장품 개발 기술 수준을 한 단계 더 끌어 올리는 기회를 맞이하였다.

위성에 탑재되는 전기전자 유닛, 즉 전장품은 지상 환경과 다른 우주의 극한 환경에서 운영되므로 우주의 극심한 온도변화와 우주방사선의 노출환경에 견딜 수 있는 강인한 설계가 필요하다. 또한 지상과 달리 우주환경에서는 수리가 불가능하므로 높은 신뢰도의 시스템 설계가 필수적이다. 따라서 위성시스템의 설계는 전장품 내에 실장 되는 부품수준부터 통제되어 전체 시스템 설계 수준까지 높은 신뢰도와 우주의 극한환경을 견디기 위한 다양한 기법들이 적용되고 있다.

위성 전장품에 장착되는 우주급 부품은 높은 신뢰도와 넓은 동작온도를 가지고 우주방사선특성이 임무 요건을 만족하여야 한다. 이를 위해 여러 검증시험 단계를 거치면서 통제되고 방사선 특성이 고려되어야 하므로 상용 부품에 비해 매우 고가이며 선정 폭도 제한적이다. 부품의 내방사선 특성은 크게 단기적 영향인 SEE(Single Event Effects)와 장기적 영향인 TID(Total Ionizing Dose), DD(Displacement Damage)로 분류되고 부품타입별로 발생하는 다양한 파괴효과와 비파괴효과들로 세분화 된다. 따라서 임무기간동안 우주환경에서의 성공적인 성능요건을 만족하기 위해서는 부품의 선정단계부터 검증이 필요하고 우주방사선 완화설계가 필요하다.

본 논문에서는 고 신뢰도가 요구되는 위성용 전장품의 개발에 대한 소개를 하고 차기 위성에 탑재하기 위해 국내에서 연구개발 중인 위성용 전기전자부품과 주요 전장품의 개발현황을 살펴보고 록 한다.

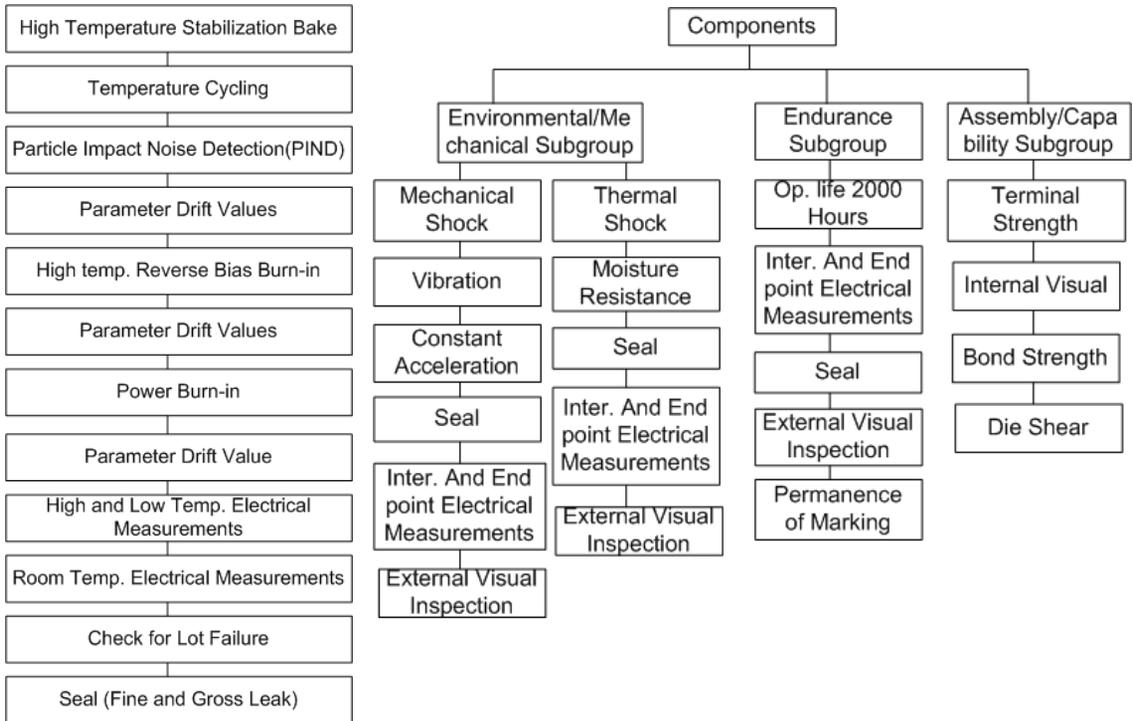
II. 우주급 부품 통제 및 고 신뢰도 전장품 설계

1. 위성용 우주급 부품 통제

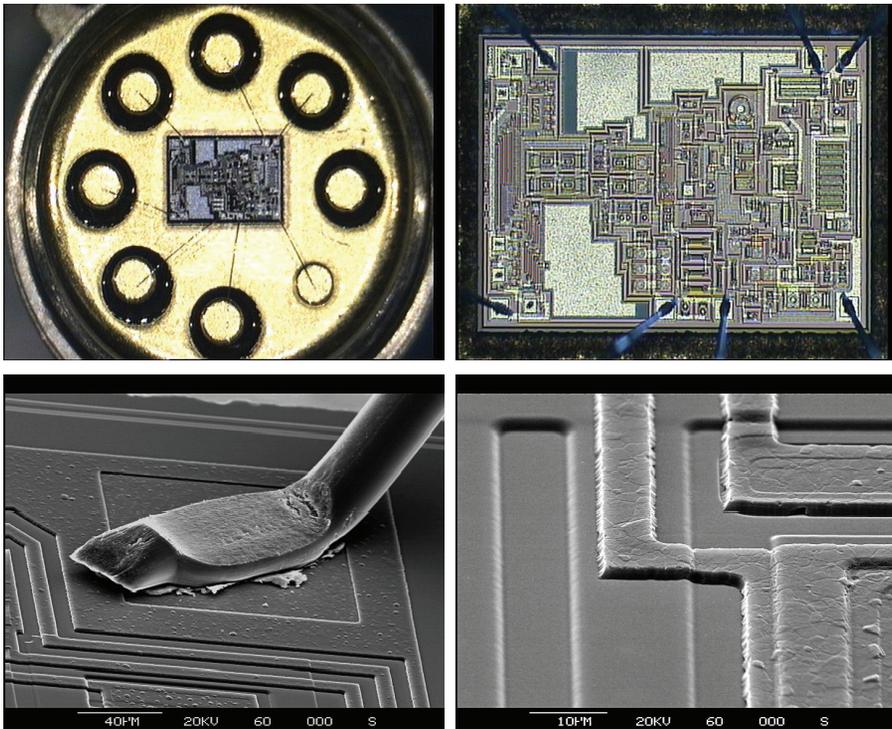
위성에 사용되는 우주급 전기전자부품은 고 신뢰도와 우주환경에 대한 내성이 요구되어 상용 또는 산업용 부품과는 달리 까다로운 통제요구된다. 우주급 전기전자부품은 부품 타입별로 발생 가능한 여러 고장모드들을 걸러낼 수 있도록 구성된 여러 단계의 검증시험들을 거치면서 낮은 고장률 즉, 높은 신뢰도를 갖게 된다. 검증시험은 크게 전수시험과 샘플시험으로 나뉘는데 부품의 초기 고장률을 최대한 낮추기 위한 Screening

시험은 전수검사를 수행함으로써 초기에 발생 가능한 고장들을 걸러낸다. 부품의 노화로 인해 발생 가능한 고장은 가속수명시험 및 환경시험을 통해 검증하게 되는데 샘플시험으로 수행된다. 부품의 장기적인 신뢰성은 최초에 적합성을 판별하는 Qualification 시험과 이후 주기적으로 수행되는 LAT(Lot Acceptance Test) 및 QCI(Quality Conformance Inspection) 시험을 통해 검증이 이뤄진다. [그림 1]은 모놀리식 집적회로 소자에 대한 Screening과 Qualification 시험 절차를 보여준다. 이외에 부품의 workmanship 오류를 검증하기 위한 DPA(Destructive Physical Analysis) 시험과 우주방사선 특성을 검증하기 위한 RVT(Radiation Verification Test) 가 수행된다. 여러 검증단계와 통제요건을 거친 위성용 우주급 부품은 낮은 고장률로 인해 전체 시스템의 신뢰도를 올리는데 기여한다.

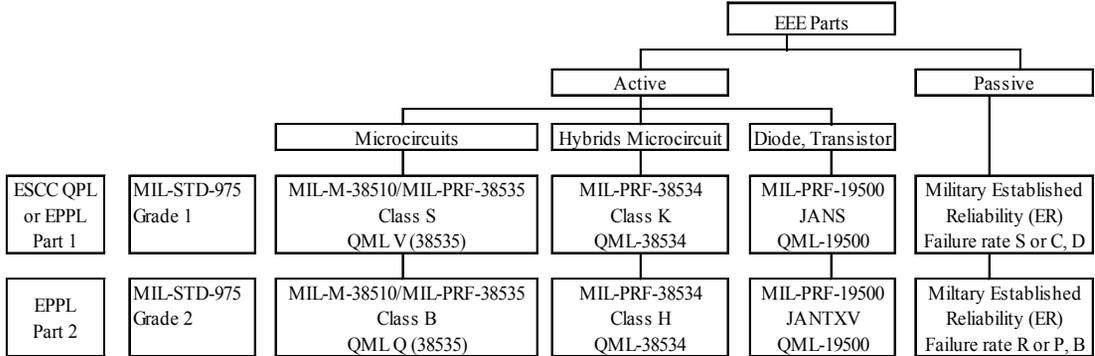
일반적으로 Military 규격서를 기본으로 통제되는 미국의 부품 검증시스템과 ESCC(European Space Components Coordination) 규격서가 적용되는 유럽의 시스템은 세부 검증항목에서는 차이가 있으나 전반적인 검증 절차의 개념은 같으며 부품의 품질 등급에서도 상호 인정하고 사용되고 있다. [그림 3]은 부품타입별 품질등급의 분류를 보여준다. 국내의 상용급 위성에 적용되는 부품의 경우 미국과 유럽의 검증시스템이 함께 적용되고 있다. 전기전자 부품의 경우 대부분이 해외의 검증된 제작사의 제품이 사용되고 있으며 상용부품과는 다른 검증시험절차가 적용되기 때문에 가격이 매우 높고 수급에 필요한 기간이 매우 길다. 미국의 경우 우주방사선 특성이 좋은 Radiation Hardened 부품과 주요 우주급 전략 부품에 대해 Export Licence 및 ITAR 품목으로 규정하여 수출을 통제하고 있어 국내에서 적용하는데 까다로운 제약사항들이 많다.



[그림 1] 모노리식 집적회로소자의 Screening 및 Qualification 검증시험절차



[그림 2] 우주급 부품의 DPA 시험



[그림 3] NASA/Military 및 ESA의 부품별 등급

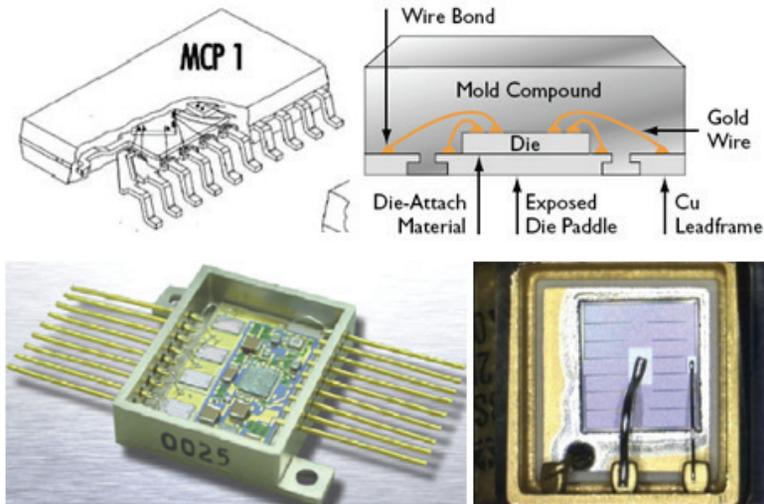
패키징 타입은 상용부품과 다른 점 중의 하나로 우주급 부품의 패키징은 내부를 불활성기체로 채운 Hermetic 타입의 패키지 구조를 가져 반도체 다이를 외부환경과 차단시키므로써 높은 신뢰성을 가지고 보다 넓은 동작온도 특성을 가진다.

2. 고신뢰도 전장품 설계

가. Derating 설계

위성 전장품의 회로 설계는 부품이 가지는 정격

대비 안전한 마진을 가지는 Derating 설계가 요구된다. 부품타입별로 전기적, 열적 스트레스에 민감한 파라미터들과 이에 대한 Derating 마진 요건들이 할당되어 있어 회로 설계 및 부품 선정에 반영된다. 이는 부품의 고장 확률을 줄이고 설계의 신뢰성을 보장하기 위한 요건이다. Derating의 주요 파라미터로는 부품의 공급전압, 입력전압, 출력전류, 전력, 그리고 접합온도가 있으며 모든 능동 및 수동소자들에 대해 해석을 통한 검증이 수행된다. Derating을 통해 SEDR, SEB, SEGR과 같은 우주 방사선효과와의 발생확률을 크게 저감시킬 수 있다.



[그림 4] 상용부품(상)과 우주급 부품(하)의 패키징

접합온도를 검증하기 위해서는 전장품의 보드수준 열 해석이 선행되며 진공인 우주환경특성상 열대류 요소는 제외시키고 부품의 케이스온도를 기준으로 분석이 수행된다. Derating 분석 결과는 전장품의 신뢰도를 분석하는데 Part Stress 방법을 적용할 수 있는 정보를 제공한다. Derating 기준은 ESA, NASA, Military 및 KARI 요건문서가 발행되어 있어 전장품 개발에 적용되고 있다.

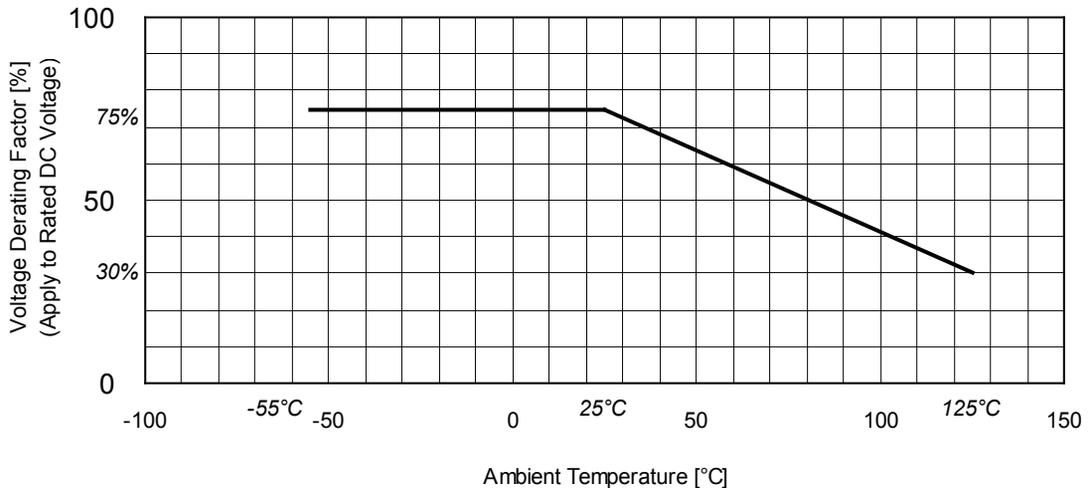
나. 우주방사선 저감 설계

우주방사선 환경은 위성의 임무 궤도 및 임무기간에 따라 달라진다. 따라서 위성의 임무가 정해지

면 임무방사선환경이 도출되고 전장품의 성능을 보장하기위한 내 방사선 설계가 적용된다. 내 방사선 설계는 우주방사선의 영향에 따라 부품수준의 통제와 유닛수준의 저감설계를 통해 이뤄진다. 우주방사선은 능동소자에 직접적으로 영향을 주어 전기적 성능을 크게 저하시키는데 발생하는 메커니즘 및 효과에 따라 다양하게 분류된다. 고에너지 양성자 및 중이온에 의해 단기적으로 발생하는 SEE는 <표 2>와 같은 파괴효과와 비파괴 효과로 나타난다. 각 효과에 따라 부품 및 설계 측면에서 저감방안이 적용되어야 한다.

<표 1> MOSFET 부품의 derating 요건

파라미터	Derating 요건
Junction Temperature	125°C or 25°C below their manufacturer's rating, whichever is lower
Vdg	75%
Vds	75%
Vgs	60%
Current	75%
Power Dissipation	50%



[그림 5] 커패시터(CDR 타입) Derating 요건

〈표 2〉 영향에 따른 SEE의 분류

파괴효과 SEE	비 파괴효과 SEE
SEL (Single Event Latch-up)	SEU (Single Event Upset)
SEB (Single Event Burn-out)	MBU (Multiple Bit Upset)
SEGR (Single Event Gate Rupture)	SET (Single Event Transient)
SEDR (Single Event Dielectric Rupture)	SEFI (Single Event Functional Interrupt)
SESB (Single Event Snap Back)	
SEHE (Single Event Hard Error)	

특히 메모리 소자에서 발생하는 SEU는 부품수준에서의 발생률을 예측하고 응용부분의 영향성에 따라 에러데이터를 검출하는 로직이나 정정까지 수행하는 로직을 필요로 한다. 한 데이터워드에서 보통 단일비트에러가 발생하는 SRAM 계열의 메모리소자는 해밍코드와 같은 SECDED(Single Error Correcting Double Error Detecting) 코드를 사용하고, 다중비트에러의 발생가능성이 높은 DRAM 계열의 메모리소자는 Read Solomon 코드를 적용하여 부품의 방사선 특성에 따라 적합한 보호 코드가 사용된다.

저궤도 상용위성인 다목적실용위성에 적용된 전장품의 SEE 저감설계의 경우 프로세서가 직접 참조하는 주요 메모리는 EDAC(Error Detection and

Correction) 로직이 적용되었고 장시간의 데이터가 저장되는 대용량 메모리는 Scrubbing 로직을 EDAC과 함께 적용하여 주기적으로 오류데이터가 누적되는 것을 방지하도록 설계되었다. 주요 기능로직을 담당하는 FPGA는 내부의 Flip-flop들에 대해 TMR(Triple Modular Redundancy) 이 적용된 우주급 부품으로 설계 되었고 입력전압 Derating 설계를 통해 FPGA의 SEDR에 대비 하였다. SET에 민감한 아날로그 소자들에 대해서는 출력단 필터링과 회로 영향성이 고려되었다. 치명적인 파괴효과인 SEB와 SEGR이 야기될 수 있는 Power MOSFET 소자가 적용된 회로에 대해서는 부품의 방사선 특성데이터를 고려하여 각 노드의 입력전압을 Derating 함으로써 해당 영향에 대한 완화설계가 적용되었다.

〈표 3〉 우주방사선의 영향 및 저감방안

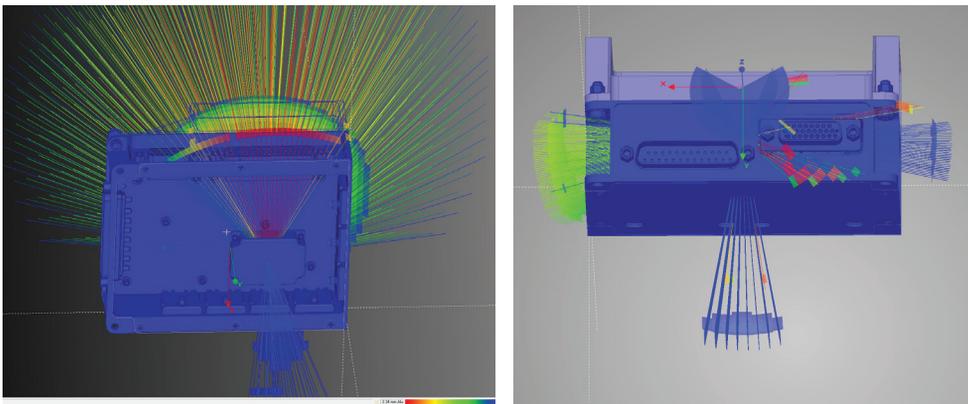
우주방사선효과	부품 타입	방사선영향	저감방안
SEE	CMOS, Bipolar, Power MOS, BiCMOS, SOI, Opto-coupler	Memory cells upset, Multiple upsets, Latch-up current, Burn-out, Gate rupture, Transients output, etc.	EDAC, Power cycling, Current limiting, Output filtering, TMR, Redundancy, Part change, etc.
TID	CMOS, Bipolar, Power MOS, BiCMOS, SOI, Opto-coupler	Threshold voltage shift, Leakage current increase, hfe gain decrease, etc.	Local shielding, Shielding design, Part change, etc.
DD	Solar Cell, CCD, LED, Opto-coupler, Photodiodes	CCD transfer efficiency, Optocoupler transfer ratio decrease, Solar cell efficiency reduction, etc.	

태양방사선 및 지구 방사선벨트에 갇힌 입자들이 누적되면서 장기적으로 나타나는 TID와 DD 효과는 능동부품의 전기적 파라미터를 변화시켜 점진적으로 성능저하를 야기한다. 때문에 TID와 DD 영향은 전장품의 임무수명을 제한시키는 요인이 된다. 이 영향을 저감시키기 위해 전장품의 차폐분석과 설계가 수행된다. 차폐분석은 TID 및 DD에 민감한 부품수준에서 받는 dose 량을 계산함으로써 부품의 방사선특성 적합성을 확인하고 부품 또는 회로 해석상의 파라미터 마진이 부족할 시 지역차

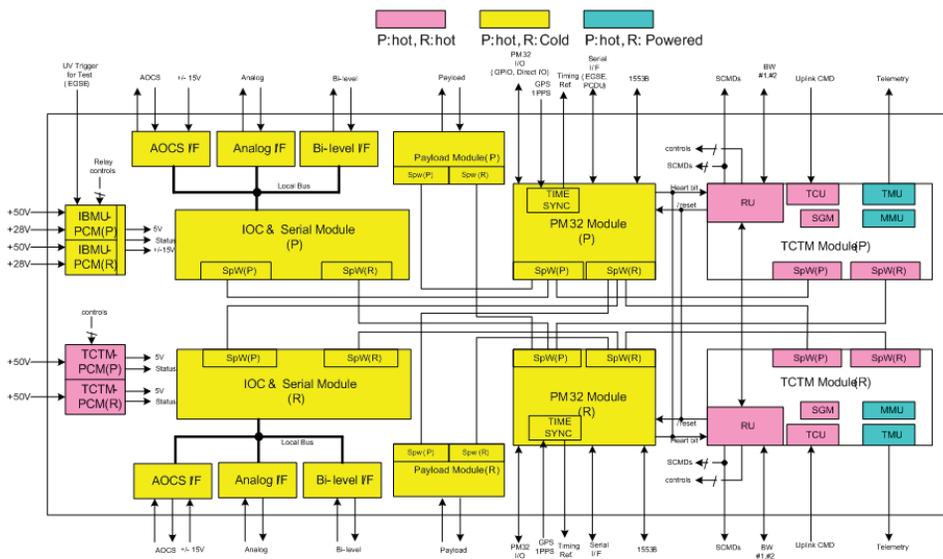
폐, 부품교체 등의 저감방안을 적용한다. 위성의 경우 무게에 대한 제약사항이 크기 때문에 무게와 방사선 차폐레벨을 고려하여 차폐설계를 최적화시키는 것이 요구된다.

다. 설계 신뢰성 분석

위성은 수리가 불가능한 응용분야이기 때문에 임무기간동안에 발생할 수 있는 전장품의 고장 또는 이상 현상이 전체 시스템의 기능에 영향을 주지



[그림 6] 전장품의 차폐 및 Dose 량 분석



[그림 7] 탑재컴퓨터의 잉여 구조 설계

〈표 4〉 최악조건분석을 위한 부품별 고려요소

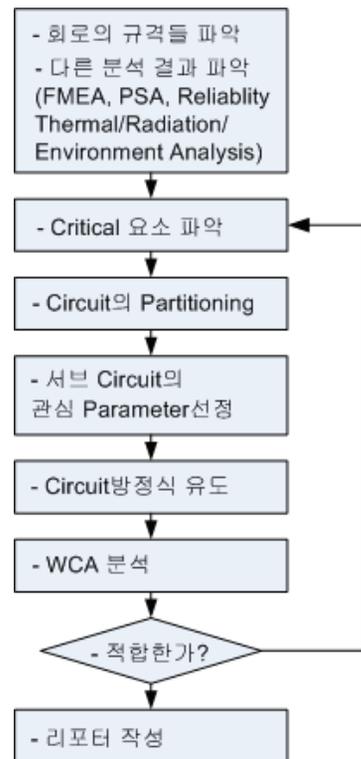
고려 요소	관련 소자	변화 형태	원인 요소	참조문서	대비 방법
초기 변화	수동/능동	불규칙적	소자특성	부품 스펙	Alignment
노화(에이징)	수동/능동	biased (일부 경우 불규칙적)	온도/시간	WCA데이터 /WCA관련 규격	-
온도 변화	수동/능동	biased (일부 경우 불규칙적)	온도	부품 스펙	온도 보상 회로
우주방사선	능동	biased	입사총량	부품 스펙 /방사능 시험 결과	-
EMC /전기 신호 변화	수동/능동	biased (일부 경우 불규칙적)	설계형태	EMC 시험 결과 /전기 신호 규격	-

않아야 한다. 따라서 위성 전장품은 임의의 단일 고장현상의 영향을 극복할 수 있도록 잉여 설계가 적용되고 고장영향이 전파되지 않도록 고립시키는 설계가 고려된다. 잉여 설계는 구조에 따라 시스템의 신뢰도가 달라지며 각 전장품의 기능 및 운영개념에 맞게 잉여설계가 적용된다. [그림 7]은 저궤도 상용위성 탑재컴퓨터의 잉여 설계 구조를 보여준다.

위성 전장품은 부품의 전기적 파라미터 변량에 대해 임무기간의 마지막까지 기능적 성능을 보장하도록 설계되어야 한다. 전기적 파라미터의 변화 요인으로는 〈표 4〉와 같이 부품의 초기허용오차, 온도 변화, 에이징효과, 우주방사선의 영향이 있으며 부품별로 각 요인에 의한 변화량의 최악조건에 대해 회로분석이 수행된다. 일반적으로 부품의 초기허용오차를 제외하고는 경향성을 가지는 변화특성을 보이지만 일부 부품의 파라미터는 불규칙적인 변화특성을 가지므로 총 변화량의 계산 시에 고려되어야 한다. 최악조건해석을 통해 회로의 설계마진을 확보함으로써 위성의 임무기간까지 내외부적으로 발생하는 환경변화에 견딜 수 있는 설계를 가지게 된다.

최악조건의 해석 방법에는 극한값 분석, 2차원 확률분석, 몬테카를로 분석의 3가지 기법이 있으며 극한값 분석이 가장 최악조건의 해석이 되고 나머지는 확률적으로 접근하는 방법이 된다. 적용 절

차는 [그림 8]과 같다. 아날로그 회로의 경우 각 부품별 전기적 성능 파라미터의 변화량이 고려되는데 특히 능동부품의 이득인자들은 우주방사선 영향에 의해 감소되는 인자로 고려된다. 디지털 회로의 경우 타이밍 분석이 주요하게 수행되며 타이밍 문제를 최소화하기 위해 동기식 설계를 기본으로 한다.



[그림 8] 최악조건해석(WCA) 적용 절차

Ⅲ. 차세대 위성개발을 위한 전장품 및 부품 국내개발현황

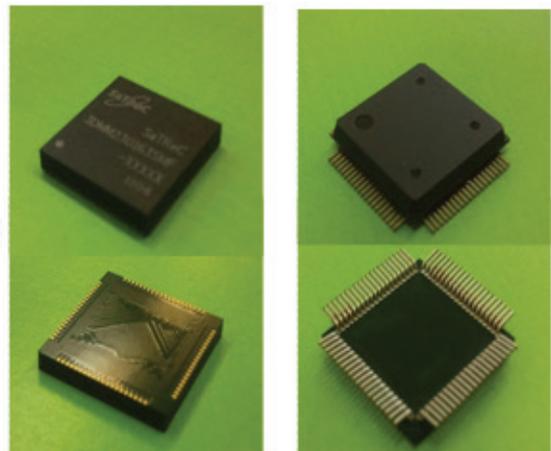
국내 상용급 실용위성의 탑재컴퓨터 및 전력계등의 주요 버스 전장품들이 국내에서 개발되고 있으나 아직 해외에서 수입되고 있는 전장품의 국내 독자개발을 위한 연구가 계속되고 있다. 또한 고가의 수입 부품을 대체하기 위한 핵심 전기전자 부품의 개발도 진행되었다. 이중 우주핵심기술개발사업의 일환으로 검증모델의 개발이 끝나고 검증용 소형위성에 탑재하기 위해 준비 중인 몇 가지 아이템을 소개한다. 부품수준에서는 활용도가 높고 고가의 해외부품을 대체할 수 있는 하이브리드 타입의 DC-DC 컨버터 부품과 국내의 수준 높은 메모리기술을 이용한 대용량 메모리모듈 부품의 검증모델 개발이 진행되었고 전장품수준에서는 고속 자료처리 장치와 S대역 디지털 송수신기의 시험모델이 개발되어 진행되고 있다. 이러한 연구를 통해 위성개발에 필요한 핵심기술들의 경쟁력을 확보하고 차기 국가 위성개발 사업에 활용할 수 있는 전장품의 국산화율을 높여가고 있다.

1. 3차원 적층형 대용량 메모리모듈 부품

저궤도 지구관측 위성의 경우 지구주위를 돌면서 발생하는 데이터를 저장하기위한 대용량의 메모리가 필요하다. 일반적인 단일 칩의 패키징 소자를 사용할 경우 전장품 보드의 면적이 많이 필요하고 그만큼 무게 또한 증가하게 된다. 다목적실용위성의 경우 공간효율을 높이기 위해 여러 개의 메모리 소자가 적층되어 제작된 3D plus사의 검증된 메모리 부품을 적용하였다. 국내의 경우 삼성, 하이닉스와 같은 기업들이 우수한 메모리칩을 개발하고 있기 때문에 이를 활용한 적층형 대용량 메모리 부품의 개발이 진행되었다. 개발된 메모리 부품의 타입은 DDR2 SDRAM으로 용량은 4Gbits 이고, 크기는 (20×14×2.71) mm³ 정도, 무게는 우주 방사선 차폐를 고려하지 않은 경우 6g 이하이다. 이와 같이 작은 크기와 무게는 반도체 후 공정인 패키징 기술을 이용하여 하나의 패키지에 여러 개의 베어 칩을 직접 적층한 설계를 함으로써 가능하였다. 기존에 사용된 3D Plus사의 우주용 SDRAM 모듈이 2Gbits이고, 크기와 무게가 각각



우리별 3호 소형 대용량 메모리 유닛



적층형 메모리부품 개발모델 (LGA 타입 및 QFP 타입 검증 모델)

[그림 9] 대용량 메모리 개발

(25.6×11.0×11.1) mm³, 6.95g 인 점을 감안할 때 경쟁력 있는 사양으로 개발되었다.



[그림 10] LGA 타입 검증 모델 vs. 3D Plus SDRAM 모델

대용량 메모리 개발모델은 중이온 및 감마선을 이용한 방사선 시험을 통해 80MeVcm²/mg의 SEL

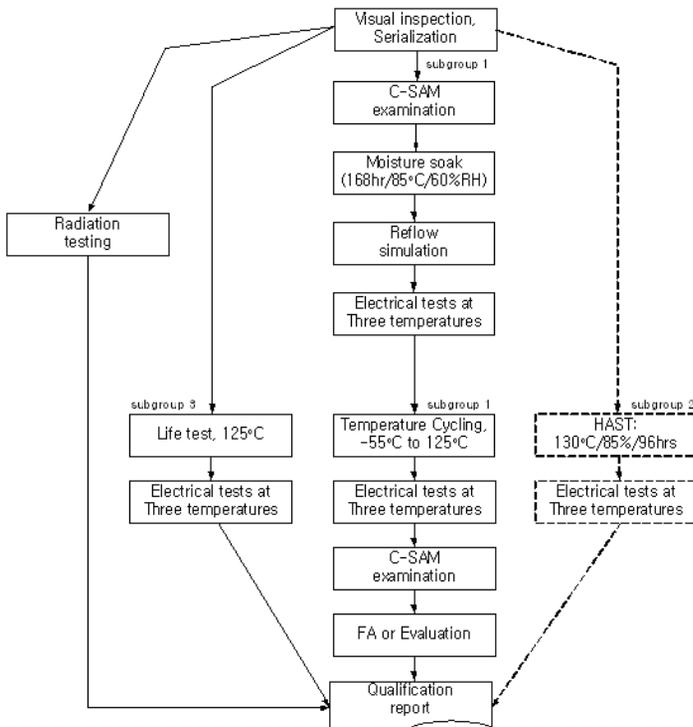
와 50Krad까지의 TID 특성이 검증되었고 NASA의 PEM(Plastic Encapsulated Microcircuit) 타입 부품에 대한 검증 규격인 PEM-INST-001의 신뢰성 시험이 수행되었다. 개발된 모델은 [그림 11]과 같은 검증시험 절차가 적용되었다.

2. 하이브리드 DC-DC 컨버터

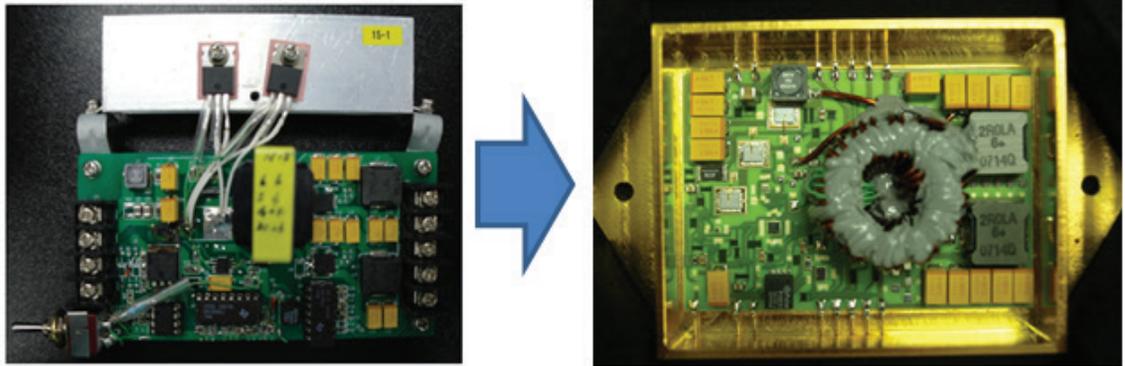
DC-DC 컨버터는 시스템에 필요한 전력을 공급하는 필수 모듈로 전장품에 필요한 기본 기능을 제공하기 때문에 높은 활용도를 가진다. 기존에는 주로 모듈형으로 설계되었던 기능이 미국의 부품 제작사를 중심으로 하이브리드타입의 부품으로 개발되어 시장이 확장되고 있는 추세이다. 하이브리드 타입의 부품은 능동부품과 수동부품으로 이뤄진 회로를 하나의 패키징된 부품으로 제작하여 규격화한 부품의 형태이다. 능동부품은 베어칩을 사용하여 와이어 본딩공정을 적용하기 때문에 크기 및 무게가 작고 부품과 같이 정해진 사양에 맞춰 다양하게 활용될 수 있다. 국내에서는 하이브리드타입의 DC-DC 컨버터는 처음 개발이 시도 되었다.

하이브리드 DC-DC 컨버터 부품은 18V~60V의 넓은 입력전압범위와 ±15V의 출력전압을 가지는 75W급의 사양으로 개발 되었다. 세라믹 기판을 적용하여 단면 PCB로 제작되고 능동 소자의 베어칩을 와이어 본딩으로 조립하여 Hermetic 패키징이 적용되는 구조이다.

설계검증을 위해 신뢰성 해석, 부품응력해석, 최악조건해석, FMECA (Failure Modes Effects and Criticality Analysis), 열 및 구조해석이 수행되었고 검증시험으로는 MIL-PRF-38534



[그림 11] 메모리모듈부품 개발모델 검증절차



[그림 12] 하이브리드타입 DC-DC 컨버터 개발

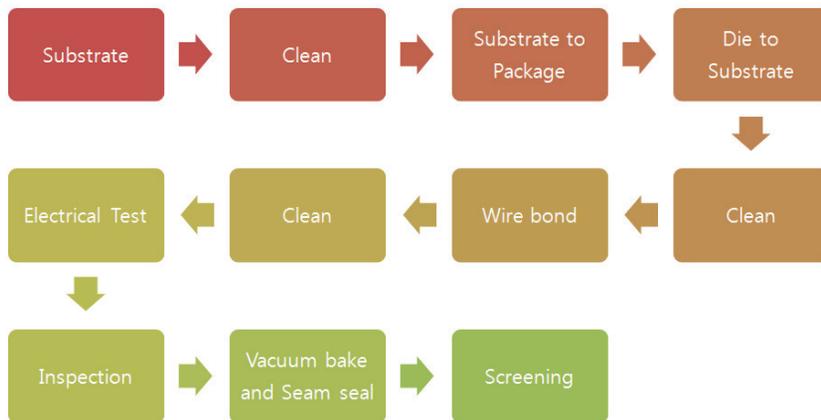
의 하이브리드 소자검증 규격이 적용되어 단위 능동 및 수동 소자들의 검증이 이뤄졌다. 단위소자에 대한 방사선시험으로 국내에서 감마선을 이용한 TID 시험이 수행되었고 중이온 가속기를 이용한 SEE 시험이 TAMU(Texas A&M University)에서 수행되었다.

해외 위성전문업체의 동종 제품과 비교할 때 사양을 업그레이드 하여 10Gbps급 입출력 데이터의 실시간처리가 가능한 시험모델과 함께 기능시험장치를 개발하여 환경시험이 수행되었다. 고열 대응을 위한 PCB 핵심 기술과 최신 부품의 사용을 위한 우주급 검증방안이 함께 연구되었다.

3. 차세대 우주용 고속 자료처리 장치 개발

고속자료처리장치는 지구관측위성의 관측센서로부터 수신한 대용량 고속자료를 처리하는 핵심 전자장치로 관측센서와 X-band RF 전송장치의 중간에 위치하여 관측센서로부터 수신된 데이터를 압축/저장/암호화/전송포맷변환 기능을 수행한다.

일반적인 지구관측위성용 고속자료처리장치는 [그림 14]와 같은 기능으로 구성된다. 각 기능별 특징으로 데이터 입력부는 다양한 탑재체로부터 관측 자료를 수신하기 위하여 안정된 고속통신 프로토콜을 사용한다. 고속데이터를 송수신하기 위한 고속 데이터 인터페이스는 Hot-link, Giga-link, SpaceWire, Channel link, SerDes



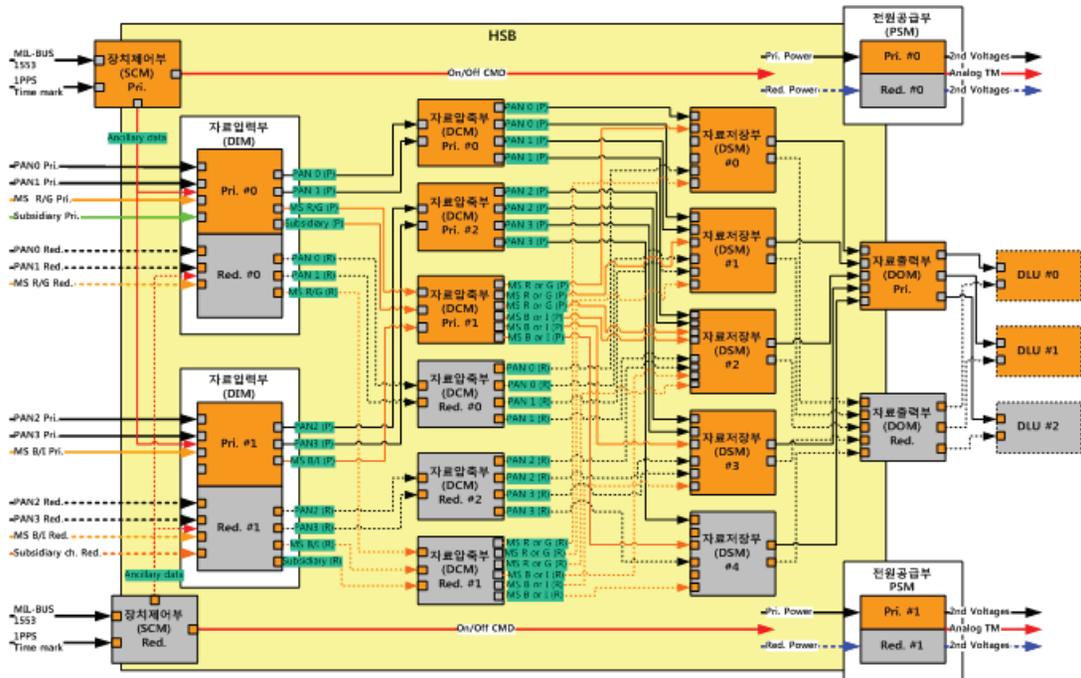
[그림 13] 하이브리드 DC-DC 컨버터 제작 절차

(Serialization/De-serialization), Parallel LVDS 버스 등 여러 가지가 있으나 본 장치에서는 FPGA에 내장된 SerDes 인터페이스 여러 채널을 동시에 사용하여 10Gbps급의 입출력 인터페이스를 구성하였다. 데이터 압축부는 입력된 데이터의 양이 실시간 무선전송이 가능한 것보다 큰 경우, 압축 알고리즘을 이용하여 데이터를 압축한다. 위성에 적용하기 위해 ASIC 또는 FPGA와 같은 하드웨어로 구현하기 용이한 알고리즘으로 CCSDS(Consultative Committee for Space Data System) 압축방식이 적용되었다. 데이터 저장부는 관측 자료를 임시로 저장하여 처리해야할 자료의 양에 따라 수백 Giga bit에서부터 수 Tera bit까지 저장용량이 구현된다. 적용되는 SSR(Solid State Recorder)은 기

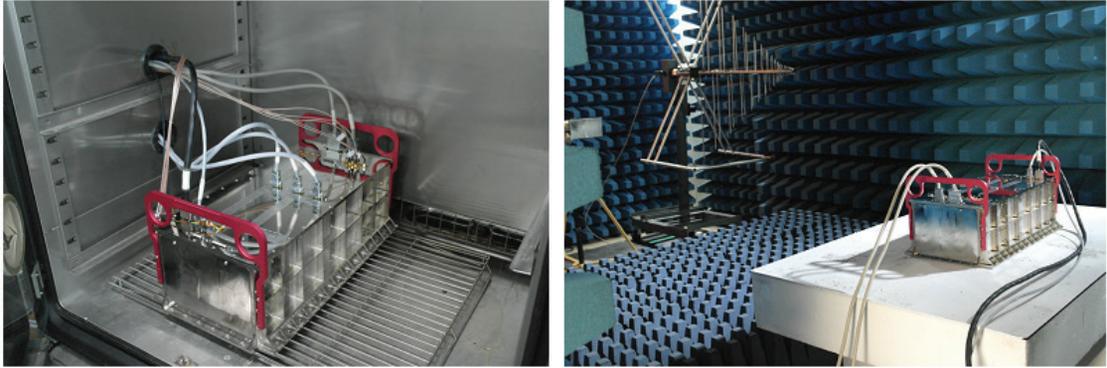
존의 우주급으로 검증된 SDRAM에서 DDR(Dual Data Rate) 시리즈의 메모리가 적용되었고 아직 우주급 검증 이력이 부족한 플래쉬타입은 용량이나 전기적 특성이 우수함에도 제외되었다. 데이터 암호화 및 출력부는 관측 자료를 패킷으로 변환시키는 기능을 수행하며, 사용자의 요구에 따라 관측 자료를 암호화하거나 전송과정의 오류를 검출하여 복구하기 위한 오류정정부호를 생성하기도 한다. 이처럼 고속자료처리장치는 다양한 기능을 수행하며, 대부분의 기능은 원시적으로 생성된 관측 자료를 능동적으로 변환하는 기능을 수행한다. [그림 15]는 전체 기능 블록도를 나타내며 각 모듈은 SPF(Single Fault Failure)를 막고 신뢰성을 높이기 위한 잉여구조를 가지고 있다.



[그림 14] 고속자료처리장치의 기능 구성



[그림 15] 고속자료처리장치의 기능블록 및 잉여구조



[그림 16] 고속자료처리장치 시험모델의 환경시험

4. S 대역 디지털 송수신기

위성의 임무 요구사항에 따라 설계 변경을 최소화하고, 다양한 운용모드를 지원하기 위하여 송수신 주파수, 변복조 방식, Data Rate, RF 출력 전력 등의 기능요소들을 지상에서 또는 궤도상에서 소프트웨어적으로 재구성이 가능한 디지털 기반의 위성용 S대역 TCTM(Tele-command Telemetry) 송수신기의 인증모델 개발이 진행되었다. 기존의 아날로그 TCTM 송수신기는 많은 아날로그 부품을 이용하여 설계 및 제작되며, 생산 단계에서 단종 부품 및 설계 변경 요소가 발생할 경우 대체 부품 수급

및 대체 설계 등에서 많은 문제점이 유발되었다. 그리고 아날로그 회로 특성상 제작 및 튜닝에 많은 시간이 소요되며, 숙련된 기술을 요구함에 따라 제작 비용이 증가하는 단점이 있었다. 또한 Data Rate, Loop Bandwidth, Modulation Index 등의 간단한 설계 변경을 하기위해서도 복잡한 재설계 과정과 제작 과정이 요구되어 소프트웨어적으로 재구성이 가능한 디지털 기반의 송수신기가 개발되고 있는 추세이다.

설계 검증을 위한 최악조건해석, 부품응력해석, 신뢰성해석, 내방사성해석, 구조 및 열해석, 고정유



[그림 17] 디지털 송수신기 개발

형영향해석 등의 상세 해석이 이뤄지고 우주 및 발사환경에서 안정적으로 동작을 검증하기 위한 시험모델이 개발되었다.

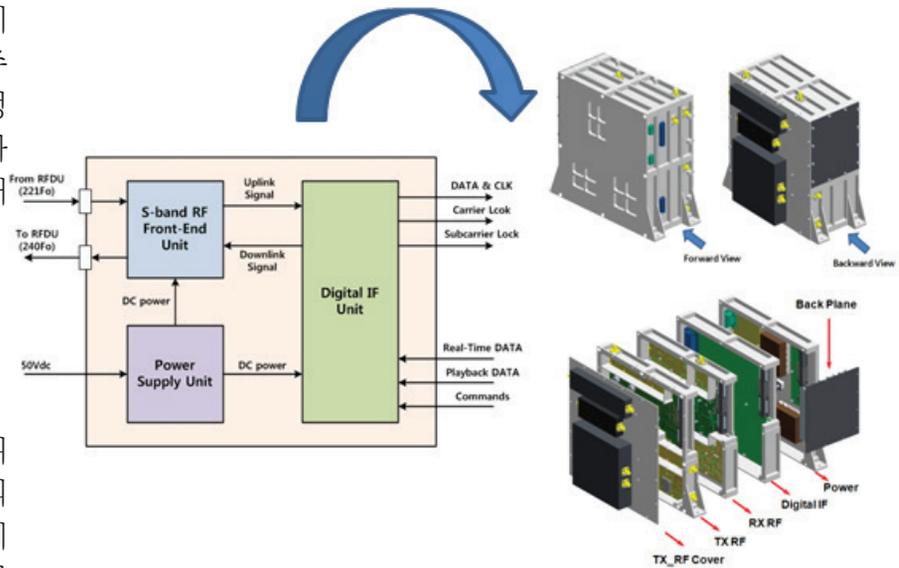
IV. 결론

위성에 탑재하기 위한 전장품은 고 신뢰도를 갖기 위한 설계 및 부품선정단계부터의 다양한 분석과 검증시험이 이뤄진다. 따라서 신뢰도가 높은 우주급 전장품은 고가이면서 기술이 공개되지 않는다. 국내의 경우 저궤도의 다목적실용위성 시리즈를 개발하면서 고 신뢰도의 위성 전장품 개발기술을 축적해 왔고 정지궤도 위성인 천리안의 개발을 통해 진일보 된 기술력을 확보하게 되었다.

본 논문에서는 높은 신뢰성을 갖기 위해 위성용 전장품의 개발에 적용되고 있는 설계사항들과 차세대 위성개발에 활용하기 위해 수행된 부품 및 전장품의 개발내용에 대해 살펴보았다. 현재 위성에 탑재되는 주요 전장품들은 국내 독자 개발이 가능하고 기존에 수입해오던 일부 자세제어와 탑재체의 센서 및 구동장치등에 대해서도 머지않아 국내 개발품으로 대체될 것으로 예상된다. ❖

❖ 참고 문헌 ❖

[1] ESCC Generic Specification No.9000, "Integrated Circuits, Monolithic, Hermetically Sealed"



[그림 18] 디지털송수신기 블록도 및 형상

[2] Young-jun Cho, "KOMPSAT-5 EEE parts Derating Requirements", K5-D0-830-002
 [3] ECSS-Q-30-01, "Worst Case Circuit Performance Analysis"
 [4] Young-jun Cho, Sang-kon Lee, "Analysis of TID Level Effects according to the Unit Structure Design and Design Optimization of Shielding Structure for GEO Satellite Application", KSAS 2013 fall conference, P-5
 [5] Ki-ho Kwon, Yun-ki Lee, "KOMPSAT-3 Equipment Specification of Integrated Bus Management Unit", K3-SP-480-002
 [6] 우주핵심기술개발사업보고서, 2011-0029898, "3차원 적층형 대용량 메모리 모듈 개발"
 [7] 우주핵심기술개발사업보고서, 2011-0029894, "Hybrid Type의 DC-DC Converter 개발"
 [8] 우주핵심기술개발사업보고서, 2011-0029887, "차세대 우주용 고속 자료 처리 장치 개발"
 [9] 우주핵심기술개발사업보고서, 2011-0029901, "위성용 S대역 TCTM 디지털 송수신기 개발"

인공위성 총조립 및 시험 기술현황

문귀원, 서희준, 이상훈, 임종민, 은희광, 김태윤, 조혁진, 장재웅, 유명종
한국항공우주연구원

요약

한국항공우주연구원 위성시험동은 인공위성과 발사체와 같은 고신뢰성이 요구되는 시스템의 총조립/정렬 및 구조/동특성, 열/진공특성, 전자파특성 등에 대한 분석과 시험을 수행하기 위하여 1996년 국내 최초로 건립된 첨단시험시설이며, 2004년부터 국제공인시험기관(KT-236)으로 운영되고 있다. 위성시험동은 궤도환경시험실, 발사환경시험실, 전자파환경시험실, 음향챔버, 광학탑재체 시험실, 정밀정렬 및 조립실 등의 대형 시험실과 오염측정실 등의 소형 시험실로 구성되어 있으며, 위성시험동의 조립 및 시험실 내부는 청정도 10,000 이하로 유지하고 있다. 이를 기반으로 다목적실용위성 시리즈, 통신해양기상위성, 과학위성 시리즈, 과학로켓 및 발사체 시리즈 등과 같은 우주 개발 프로그램을 성공적으로 수행하였으며, 축적된 경험을 바탕으로 한국 우주개발 프로그램의 중추적 역할을 수행하고 있다. 본 논문에서는 한국항공우주연구원에서 개발된 위성의 조립 및 시험 과정을 통하여 인공위성의 조립 및 시험기술을 소개하고자 한다.

Key Words : Satellite Integration(인공위성 조립), Orbit Environment Test(궤도환경시험), Launch Environment Test(발사환경시험), EMI/EMC Test(전자파환경시험), Satellite Alignment(인공위성 정밀정렬)

I. 개요

위성시험동은 다목적실용위성을 비롯한 국내에서 개발되는 위성체에 대한 조립 및 시험의 수행을 위한 국내 유일의 시설인 위성시험동은 1994년 2월에 기공하여 1998년 5월에 500kg급 위성체에 대한 조립 및 시험장비를 갖추었다. 위성의 국산화 개발을 위해 단일 건물 내에서 모든 조립과 시험 수행이 가능해져 위성개발에 있어서의 효율성을 극대화하였다[1].

다목적실용위성1호, 2호 조립과 시험을 통해 중형급 위성체에 대한 기반 기술을 확보하였으며, 우주개발 수요 충족을 위해 2005년에 대형 위성체 및 발사체 시스템의 음향환경 모사를 위한 음향챔버 및 시험 기술 확보하였다. 2006년에 천리안과 같은 대형 위성체의 궤도환경을 모사할 수 있는 대형열진공 챔버의 국산화 구축을 완료 하였고, 2008년에는 2,500kg급 위성체 조립, 탑재체 조립 및 시험이 가능한 대형정밀 위성시험동의 구축이 완료되었다. [그림 1]은 위성시험동의 전경을 나타낸 것으로 위성시험동의 실내 공기는 청정도 10,000 이하로 유지되며 다목적실용위성 1호, 2호, 3호, 통신해양기상위성의 비행모델 조립/환경시험 및 국산화 부품의 환경시험 등을 수행하였다. 본 논문에서는 한국항공우주연구원에서 개발된 위성의 조립 및 시험



[그림 1] Satellite Integration and Test Center

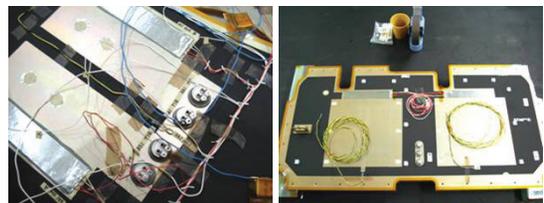
과정을 통하여 인공위성의 조립 및 시험기술 현황을 소개하고자 한다.

II. 인공위성 조립 및 시험 기술

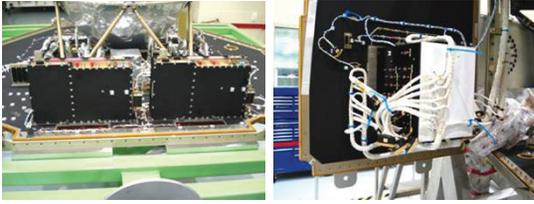
1. 위성 조립 및 정렬 기술

아리랑 인공위성 비행모델의 조립은 구성품들의 서로 다른 입고시기 때문에 Phase I, II, III로 구분하여 수행을 한다. Phase I은 위성 본체에 대한 조립으로, 열제어 관련 H/W 및 대부분의전장품 박스들의 장착과 하니스 장착업무를 수행한다. Phase II에서는 탑재체 관련 구성품설치가 수행되며, Phase III 단계는 조립의 최종 단계로 탑재체와 본체를 최종적으로 조립이 수행된다. 인공위성의 기계조립이 완료되고 나면 시스템 레벨에서의 환경시험(궤도, 발사, 전자파) 및 환경시험 전 후로 시스템 정밀정렬을 수행하게 된다.

Phase I 기계조립에서는 Thermal H/W의 장착, Tie-base의 장착, Thermal Harness routing, Main Harness routing, 전장품 박스 조립, Equipment module과 Propulsion module과의 결합이 이루어진다. Thermal H/W 및 전장품에 대한 routing을 실시하고 이 작업이 끝나면 전장품 박스에 대한 조립을 수행한다. [그림 2]는 Thermal H/W를 장착하는 과정을 나타낸 것이며, [그림 3]은 전장품 및 전장품 장착을 위한 브라켓 등을 장착한

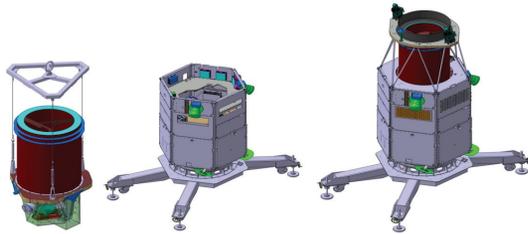


[그림 2] Bonding preparation of heater and installed thermal H/W



[그림 3] Component and bracket installation

형상을 나타낸 것이다. Phase I 기계조립의 마지막은 Equipment module과 Propulsion module과의 결합으로 마무리 된다. Phase II에서는 탑재체 관련 구성품설치가 수행되며, Phase III의 기계조립은 [그림 4]과 같이 탑재체 비행모델의 위성본체 장착 및 STA Optical head, inter harness, Cooling unit 장착을 포함한다. 또한 기계조립의 마지막 단계로 MLI 장착 작업을 수행한다.



[그림 4] Mate equipment with propulsion module

인공위성의 정밀정렬은 부분품과 시스템 정밀정렬로 크게 나누어진다. 각각의 부분품들은 시스템에서 요구되는 정밀정렬 요구조건들에 부합하도록 각 파트별로 먼저 정렬을 수행하게 된다. 이후 BUS 모듈에 조립을 하면서 위성축에 맞추어 시스템레벨의 정렬을 수행을 하는 것이다. 또한 환경시험 전 후로 변화가 생기는지 알아보기 위해 환경시험 전 후로 시스템 정밀 정렬을 수행을 한다.

인공위성 조립과정에서 정밀정렬이 필요한 부분에는 광학카메라가 장착되는 LPP면에 대한 편평도

측정, S/A Match drilling 시 위치측정 등이 있다. 광학 카메라가 장착되는 면에 대한 편평도 측정은 사진측정기법을 이용하여 LPP면에 대한 여러 점들의 좌표를 측정하고 측정된 좌표를 분석하여, 편평도를 구하고, 요구조건을 만족하는지 확인을 수행한다[2]. 인공위성의 기계조립이 끝나면 위성 기준축에 대하여 정확한 방향으로 설치가 요구되는 센서들에 대하여 시스템 정밀정렬을 수행하게 된다. 시스템정밀정렬이 필요한 센서에는 X-band 안테나, 별추적기, 자이로, 리액션휠, 및 추력기 등이 있다. 시스템 정밀정렬은 큐브나 미러를 붙여서 환경시험 전에 데오드라이트를 이용하여 방향벡터를 측정하고, 위성 기준 축에 대하여 방향이 제대로 설치되었는지 확인을 한다.

또한, 환경시험 이후에 재측정을 하여 환경시험에 의한 변화가 생겼는지 확인을 수행하며, 최종 결과를 위성의 자세제어에 반영을 한다. [그림 5]는 기계조립이 완료된 위성에 대하여 시스템 레벨의 정밀정렬을 수행하는 모습을 나타낸 것이다.



[그림 5] System alignment measurement of satellite

2. 우주궤도환경시험 기술

우주궤도환경은 인공위성 또는 우주비행체가 우주궤도에서 겪는 환경으로써, 압력 및 온도, 전자

파, 산소 원자 및 우주 파편의 충돌 등 다양한 요인들로 구성된다. 이 중 일반적으로 우주궤도의 압력 및 온도에 의한 영향성을 검증하는 시험을 궤도환경 시험이라 하며, 해당 압력 및 열을 모사하여 지상에서 구현하는 기술을 우주궤도환경 시험 기술이라 한다. 여기에는 10^{-3} Pa이하의 고진공 및 -180°C 이하의 궤도환경 모사기술, 위성체가 우주에서 겪게 되는 열환경 모사기술, 위성체 형상에 따라 국소 부위 열환경 모사기술, 40K이하의 극저온 환경 모사기술, 오염측정 및 분석기술이 포함된다.

가. 열진공/열평형 시험 기술

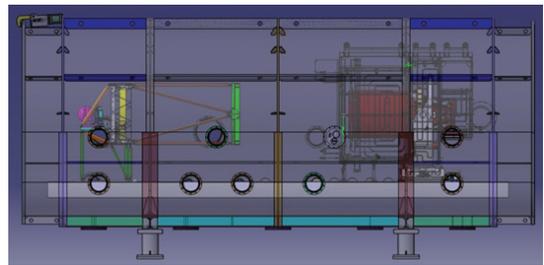
위성체의 열진공시험은 설계여유분을 포함, 비행 상태에서 예측되는 극한 온도 및 진공에서 인공위성이 설계요구조건을 만족하는지 검증하기 위해 수행되며, 열평형시험은 위성의 열설계를 검증하고 열 해석 모델과 시험의 보정을 위한 열적 데이터를 얻기 위해 수행된다[3, 4].

시스템 열진공/열평형 시험은 유효직경 8미터, 유효길이 10미터의 대형열진공챔버에서 수행되며, [그림 6]은 우리나라 최초의 정지궤도위성인 통신해양 기상위성(COMS)의 열진공/열평형 시험 준비 모습



[그림 6] Preparation of COMS thermal vacuum test

을 보여주고 있다. 위성체 시스템뿐만 아니라, 고해상도 카메라의 국산화 개발 시 궤도환경에서의 성능 검증이 필수적이다. [그림 7]은 전용 챔버에서 수행된 고해상도 카메라의 열진공시험 형상을 보여주고 있다. 위성용 고해상도카메라의 열진공시험을 위해 특수 제작된 광학열진공챔버는 고진공 및 저온의 궤도환경 모사가 가능하며, 챔버 내부와 외부의 진동을 차단할 수 있는 진동 절연시스템이 가장 큰 특징이라 할 수 있다. 또한, 고해상도카메라가 겪는 열환경 모사를 위해 6채널의 열환경 모사장치가 구축되어 있으며, 이는 경통부, 전자부 등 카메라 부위 별로 각각 다른 열환경을 모사할 수 있다.

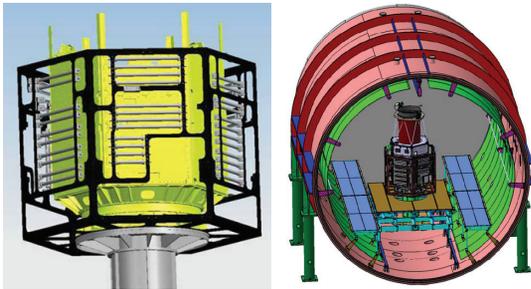


[그림 7] Test configuration for Satellite Optical Payload

나. 비접촉 가열 시스템 기술

우주궤도에서 위성 표면이 받는 복사에너지는 태양 및 지구로부터의 열복사와 지구 표면에서의 알베도에 의한 반사에너지로 구성된다. 다목적실용위성 3호에 대한 열진공시험시 위성 방열판에서 일정 거리 떨어진 위치에 금속 튜브 형태의 히터 그룹을 설치하여 운용함으로써 위성이 받는 복사에너지 모사를 성공적으로 구현하였다. 본 기술은 위성 표면에 히터를 직접 부착하는 방법의 단점인 위성 표면 손상과 히터 접촉부위 열집중 현상을 방지할 수 있는 장점을 갖는다. 시험전 위성 표면에 부과되어야 할 복사에너지량과 분포를 고려하여 히터의 용량과 길이, 배열을 결정하고, 위성 표면에서 일정 거리 떨

어진 위치에 위성을 둘러싼 형태로 시스템을 제작하여 설치한다. [그림 8]은 비접촉 가열 시스템의 개념도를 보여준다.

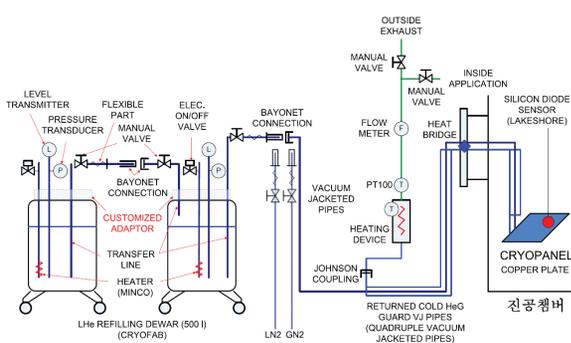


[그림 8] Schematic of indirect heating system

다. 극저온 패널 구현 기술

위성의 탑재체 중 적외선 검출기는 배경 온도의 형성과 열적 노이즈 제거를 위해 60 K ~ 80 K의 극저온 온도 유지가 필수적이다. 2009년 수행된 천리안 위성의 열진공 시험시, 기상탑재체의 검출기 냉각을 위해 극저온 패널 구현 기술이 개발되었다.

[그림 9]는 극저온 패널 냉각 시스템의 개략도를 나타낸 것으로 500 리터 용량의 액체헬륨 Dewar 2개와 새로 개발된 4중 진공 단열 배관, 헬륨 이송용 파이프, 압력 및 레벨 센서, 히터, 밸브를 이용하여 상온에서 4 K까지 냉각이 가능한 개회로 냉각



[그림 9] Schematic of cooling system for cryogenic panel

시스템을 개발하였으며, 천리안 위성 시험시 성공적으로 운용하였다. 가로 약 700 mm, 세로 약 800 mm, 두께 약 7 mm의 극저온 패널을 20 W 열부하 조건에서 40 K이하의 일정 온도로 냉각, 유지시키고, 극저온 패널 전 표면에 대하여 1 K 이내의 균일한 온도 분포를 구현하였다[5].

라. 진공오염측정 및 분석 기술

위성체가 작동하는 우주환경은 10-10 Pa 이하의 고진공이며 태양광에 의한 복사열전달로 인해 위성체 표면은 가열과 냉각이 반복된다. 이러한 고진공의 우주열환경 하에서는 표면에 달라붙어 있던 미세한 오염물질들이 외부로 떨어져 나오게 되며 이 중 일부는 위성체의 주요 부품에 다시 달라붙게 되어 원활한 기능수행에 저해요인이 된다. 특히 이차면경 및 광학렌즈 등을 오염시킴으로써 위성체 본연의 임무수행 실패라는 결과를 초래할 수도 있다[6]. 따라서 사전에 사용될 소자들이 진공에 적합한지 여부를 CVCM (Collected Volatile Condensable Material) 및 TML(Total Mass Loss)을 통해 확인하고, 위성 부품의 제작 후 지상에서 고온과 고진공의 상태를 모사하여 오염물질의 방출 및 근원을 검출할 수 있는 베이क्र아웃시험을 수행한다. TML 1.0% 이상, CVCM 0.1% 이상이면 위성체 부품으로는 적당하지 않다[7].

3. 발사환경 시험 기술

발사 과정 중에 발사체 엔진 연소에 의해서 매우 높은 가속도와 진동이 발생하므로 위성체는 이러한 환경에 대한 검증이 필수적이다. 발사시 단계 별 발생하는 환경은 <표 1>과 같으며 이에 대한 검증시험을 수행하고 있다[8].

각 하중은 주파수 특성에 따라서 구분할 수 있다. 정적하중은 로켓 추진에 의한 관성력으로 발생하며, 질량이 최소가 되는 연소 최종 단계에서 최

〈표 1〉 Sources of launch environment

Source \ Env.	Acoustics	Random Vibration	Sine Vibration	Shock
Lift-off	●	●		
Motor burn		●	●	
Aerodynamics	●	●		
Separation, Deployment				●

대가 된다. 진행 방향에 대한 가속도는 4~10 g 수준이다. 동적하중은 5~100 Hz의 정현파 진동과 20~2,000 Hz의 랜덤진동으로 구분할 수 있다.

정현파 진동은 엔진 연소 중에 발생하는 진동과 발사체의 구조적인 모드 특성에 의해서 발생하는 진동으로 1 g 수준이다. 랜덤 진동은 연소 중에 발생하는 음향 하중이 페어링 등의 경계를 통해 전달 되는 진동으로, 위성체의 경우에는 135 dB ~142

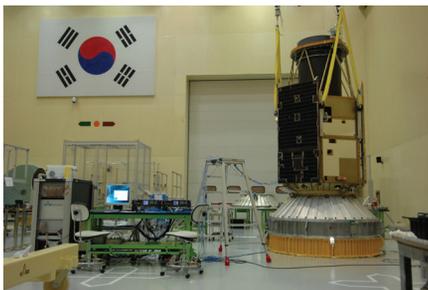
dB 가량의 음향 환경으로 모사되고 각 소형 부품의 경우에는 7.3 grms 수준의 랜덤 진동으로 모사된다. 음향 하중은 20~10,000 Hz의 넓은 주파수에 분포하며 발사 순간과 음속을 통과하는 단계에서 최대가 된다. 충격 하중은 시간 영역과 주파수 영역의 충격응답함수(Shock Response Spectrum)를 이용하여 평가하게 된다. [그림 10]은 위성에 대하여 수행하는 발사환경 시험을 나타낸 것이다.



(a) Vibration test



(b) Acoustic test



(c) Separation shock



(d) S/A deployment

[그림 10] Launch environmental test for satellite

가. 진동환경시험 기술

발사단계에서 작용하는 정적하중 및 동적하중에 대한 검증을 위해 [그림 11]과 같은 가진기 시스템을 운용하고 있다. 가진기 시스템의 경우 부품레벨에서 대형위성의 진동환경 시험이 가능하도록 다양한 가진 시설이 구축되어 있으며 향후 발사체 개발을 위한 시설 구축이 진행되고 있다.

나. 음향환경시험 기술

발사체 연소 소음에 의한 고 에너지 음향환경을 모사하여 위성체 구조물의 음향진동 특성 검증을 위해 음향챔버를 구축하여 운용 중에 있다. 또한 160dB이상의 고에너지 음향환경에 의한 구조물의 피로/진동에 의한 영향을 평가하기 위해 음향튜브를 구축하여 운용 중이다.

다. 분리충격시험 기술

위성에 사용되는 전자박스는 발사체와 분리될 때 작용하는 충격 하중의 환경을 견딜 수 있도록 설계 및 검증이 수행되어야 한다. 소형 위성 및 부품 레벨의 Pyro-Shock 시험 수행을 위해, 공압을 이용한 hammer 가진 방식을 적용한 장비를 개발하여 적용 중이다[9]. [그림 12]는 파이로 충격시험장비를 나타낸 것이다.

라. 질량특성측정시험 기술

위성체는 우주궤도에서 자세제어 및 발사체로부터의 안정적인 분리를 위해 관성모멘트(Moment of inertia) 및 무게중심(Center of gravity)의 계측이 수행된다. [그림 13]은 질량특성계측장비를 나타낸 것이다.



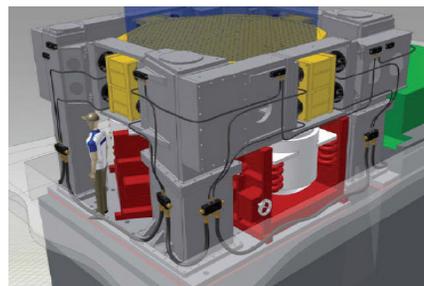
(a) Medium shaker



(b) Large shaker



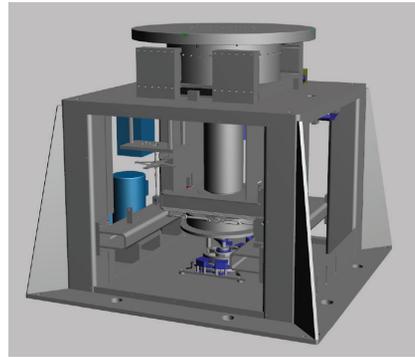
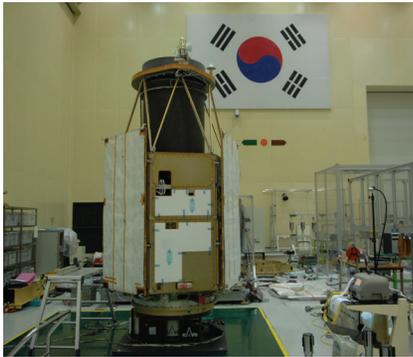
(c) Triple vertical shaker system



[그림 11] Vibration shaker system



[그림 12] Pyro-shock test machine



[그림 13] Mass property measurement machine

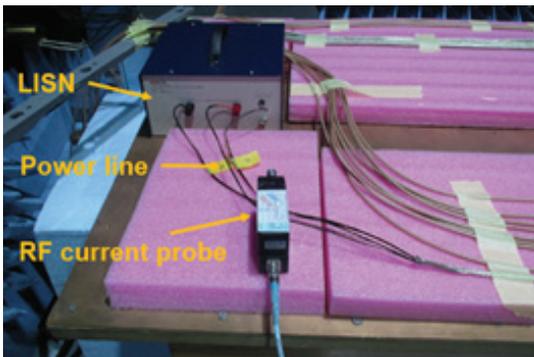
4. 전자파환경 시험기술

위성시스템은 소형화, 경량화, 광대역화된 고효율 고집적 전자 부품 등을 이용한 전기·전자장비들로 구성된다. 이들 전자장비들은 위성체 내부의 제한된 공간에 밀집되어 구성되며 상호 유기적으로 연결된 다양한 전자장비의 전도성 특성과 복사성 특성이 전자파 노이즈 형태로 나타날 수 있으며, 이러한 전자기 간섭은 다양한 신호간의 전자기 간섭은 위성의 오동작을 유발시켜 위성시스템의 기능 수행에 지장을 초래할 수 있다. 이에 따라 위성시스템은 개발 단계에서부터 전자기 환경 속에서 위성의 성능을 검증할 수 있는 전자파환경시험을 수행하며, 전자파 적합성 규격을 충족시킬 수 있도록 해야 한다.

위성 시스템에서 검증하여야 하는 전자파환경시험은 위성으로부터 방출되는 전도성/복사성 노이즈 레벨측정과 이러한 노이즈 환경에서 위성의 정상운용을 검증하는 감응성 시험, 그리고 안테나 복사환경에서 내부에 탑재된 각각의 부품이 원활히 작동하는지 여부를 시험하는 RF 적합성시험으로 구분된다[10]. 전자파 환경시험을 수행할 때는 위성시스템이 실제 동작하는 상태로 시뮬레이션되어 수행되어야 한다. 일반적으로 전자파환경시험은 외부의 전자기적인 영향을 배제할 수 있는 무반사실(Anechoic chamber)에서 시험하여야 하며, 시험환경은 접지저항 등 주변환경이 시험할 수 있는 요구조건을 모두 만족할 수 있도록 설치되어야 한다.

가. 전도성 방출 시험

전도성 방출시험은 위성부품 및 위성시스템이 정상적인 상태로 동작하는 동안에 전원선에서 발생하는 전류, 전압리플을 시간 영역에서 측정하고, 전원선에서 발생하는 노이즈 파형을 주파수 영역에서 측정하게 된다. 시간 영역에서의 측정은 전원선의 측정점에 Differential Voltage Probe와 Current Probe를 연결하고 각 프로브를 오실로스코프에 연결해서 전압리플과 전류리플 파형을 측정한다. 주파수 영역에서의 측정은 30 Hz~50 MHz의 주파수 범위에서 전원선을 타고 방출되는 노이즈 특성을 RF 전류 프로브를 통해 EMI 리시버로 스캐닝한다. [그림 14]는 전원선에 대한 주파수 영역에서의 전도성 방출시험을 위한 셋업을 나타낸다.



[그림 14] 전도성방출 시험 셋업

나. 전도성 감응 시험

전도성 감응시험은 위성 운용환경에 대한 6 dB 이상의 안전성 마진을 갖는 전도성 노이즈 환경에서 위성부품 및 위성시스템의 성능저하 또는 오동작 여부를 시험하게 된다. 전도성 노이즈는 대부분 전원선을 타고 들어가므로 시험장치의 전원선에 연속파형 전압(CW) 또는 과도특성 전압을 인가하여 정상적인 기능을 수행하는지를 모니터링 한다. CW

노이즈에 대한 감응시험은 30 Hz~50 MHz 주파수 영역에서 전류 프로브를 통해 하드웨어의 전도성 방출량보다 6dB 이상의 사인파형 노이즈를 전원선에 인가하는데 이때 원하는 노이즈를 발생하기 위해 오디오 증폭기와 전력증폭기를 이용하며, 입력 전원선에 사인파형 노이즈를 인가하고 인가점에서 5cm 떨어진 곳에서 CM 및 DM 전류를 측정한다. [그림 15]는 전도성 감응시험을 위한 측정 셋업을 보여준다.



[그림 15] 전도성감응 시험 셋업

다. 복사성 방출 시험

복사성 방출시험은 위성에 장착되어 각기 운용되는 하드웨어들이 발생하는 전자파가 인접 하드웨어에 영향을 주어 위성의 성능을 저하시키는 것을 규제하고자 수행하는 시험으로, 측정주파수 대역에 적합한 안테나를 사용하여 정상상태의 하드웨어가 방출하는 전자파를 측정한다.

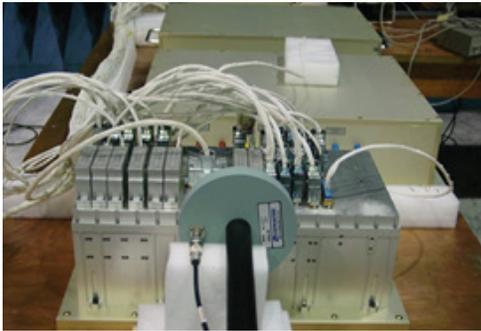
자기장에 대한 복사성 방출시험은 시험 장치로부터 7cm 떨어진 지점에 루프 안테나를 설치하여 30 Hz~100 kHz 주파수 영역에서 EMI 리시버로 하드웨어가 방출하는 자기장 세기를 x, y, z축 방향에서 측정한다. [그림 16] (a)는 자기장에 대한 복사성 방

출시험을 위한 측정 셋업을 나타내고 있다.

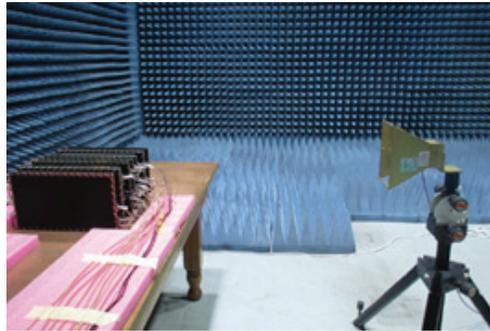
전기장에 대한 복사성 방출시험은 하드웨어로부터 1 m 떨어진 지점에 안테나를 설치하여 위성의 수신주파수 밴드를 제외한 10 kHz~18 GHz 주파수 영역에서 리시버를 통해 하드웨어에서 방출되는 전기장세기를 측정하는데, 하드웨어가 정상 상태일 때와 전원이 인가되지 않은 EGSE만 구동되어 있는 상태일 때로 구분하여 수행된다. 이는 하드웨어를 구동하기 위한 지원장비(ESGE)의 영향을 배제한 순수 하드웨어에 의해 방출되는 전기장세기를 측정하기 위한 것이다. [그림 16] (b)는 전기장에 대한 복사성 방출시험을 위한 측정 셋업이다.

라. 복사성 감응 시험

복사성 감응시험은 복사성 방출시험과 반대로 하드웨어에 의도된 전자파를 인가하였을 때 성능저하 또는 오동작 여부를 시험하는 것이다. 자기장에 대한 복사성 감응시험은 [그림 17] (a)와 같이 하드웨어로부터 7 cm 떨어진 곳에서 Radiating Loop를 이용해 형성된 자기장을 x, y, z 축 방향으로 인가한다. 이때 자기장은 하드웨어의 복사성 노이즈 환경보다 6 dB 이상의 안전성 마진을 갖는 크기로 인가한다. [그림 17] (a)는 자기장에 대한 복사성 감응시험을 위한 측정 셋업이다.

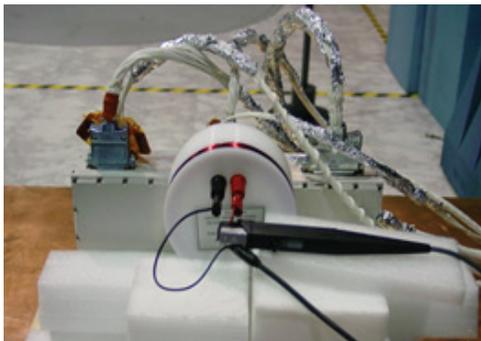


(a) 자기장 방출 시험

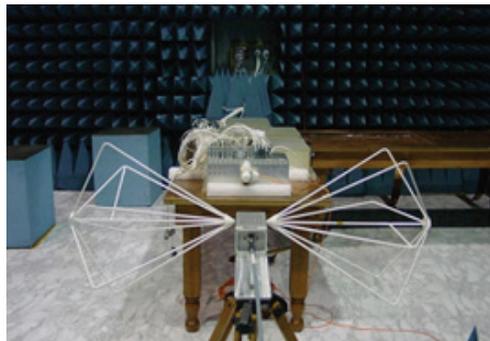


(b) 전기장 방출 시험

[그림 16] 복사성 방출 시험 셋업



(a) 자기장 감응 시험



(b) 전기장 감응 시험

[그림 17] 복사성 감응 시험 셋업

전기장에 대한 복사성 감응시험은 하드웨어로부터 1 m 떨어진 곳에서 안테나를 통해 전기장을 인가하는데, 원하는 크기의 전기장 형성을 위해 고전력 증폭기가 필요하다. 시험은 [그림 17] (b)의 중앙에 보이는 것과 같이 하드웨어 근처에 전기장 센서를 놓고 이 센서를 통해 안테나로부터 복사되는 전기장세기를 관찰하면서 인가되는 전기장 레벨을 조절한다. [그림 17] (b)는 전기장에 대한 복사성 감응 시험 측정 셋업을 보여준다.

III. 결론

한국항공우주연구원 위성시험실에서는 이상과 같이 과학위성과 같은 저궤도 소형위성, 다목적실용위성과 같은 중형급 저궤도 위성, 고해상도 카메라, 천리안과 같은 대형 정지궤도 위성의 조립 및 시험을 수행하는 동안 구축 및 확충한 시험시설과 더불어 기술 확보를 이루었다. 이러한 시설 및 기술력을 바탕으로 향후 계획된 차세대 인공위성의 조립 및 시험의 성공적인 수행 뿐만 아니라 해외 기술 수출까지도 수행함으로써 국가 기술력 향상에 이바지하고 있다. 

❖ 참고 문헌 ❖

- [1] G.W. Moom, H.J. Seo, S.H. Lee, J.M. Im, H.K. Eun, T.Y. Kim, H.J. Cho, J.W. Jang, K.T. Hwang, M.J. Yu, "The Status of satellite Integration and Test Technology", *Proceeding of the KSAS 2012 Fall Annual Meeting*, pp. 877~883.
- [2] Kwon-Tae Hwang, Chang-Lae Cho, Dong-Woo Lee, Guee-Won Moon and Sang-Won Lee, 2012, "Flatness Measurement of the Lower Payload Platform for Flight Model of the Low Earth Orbit High-Resolution Infrared Earth Observation Satellite," *Proceeding of the KSAS 2012 Spring Annual Meeting*, pp. 1113~1137.
- [3] David G. Gilmore, "Spacecraft Thermal Control Handbook", Vol. 1. 2nd Edition, 2002, p. 746
- [4] Peter Fortescue, John Stark, Graham Swinerd, "Spacecraft System Engineering", 3rd Edition, 2002, p. 386
- [5] Hyok-jin Cho, Guee-Won Moon, Hee-Jun Seo, Sang-Hoon Lee, Seok-Jong Hong and Seok-Weon Choi, 2012, "Development and Validation of Cryopanel Cooling System using Liquid Helium for Satellite Test," *Transactions of the KSME B*, Vol. 34-2, pp. 213~218.
- [6] Sang-Hoon. Lee, Hee-Jun Seo, Guee -Won Moon and Seok-Won Choi, 2002, "A Study on the Contamination Measurement of Spacecraft Components under High Vacuum Environment," *J. Korean Vacuum Soc.*, Vol. 11 pp. 87~96.
- [7] ASTM Designation, 1993, "Standard Test Method for total Mass Loss and Collected Volatile Condensable Materials from Outgassing in a vacuum Environment," E595 - 93
- [8] Jong-Min Im, Hee-Kwang Eun, Guee -Won Moon, 2010, "Verification of Vibration Test System for Geostationary Satellite," *Aerospace Engineering and Technology*, Vol 8 pp.143 ~ 152.
- [9] Sang-Mu Moon, Jong-Min Im, Hee- Kwang Eun, 2007, "Development of shock testing machine and verification by testing satellite," *Proceeding of the KSAS 2007 Autumn Annual Meeting*, pp. 917~920.
- [10] Electromagnetic Interface Characteristic, Requirements for Equipment Doc.-No. MIL-STD-461E

인공위성 종합설계 소프트웨어 개발

진익민, 황도순, 전형열, 김정훈, 현범석, 이장준, 김민기, 조영준,
이창호, 박근주, 장진백, 구자춘, 임원규, 유상범
한국항공우주연구원

2000년대에 들어서면서 위성 활용 범위의 확대와 경제 상황의 호전에 힘입어 세계 위성수요는 가파르게 증가하고 있다. 우리나라는 다수의 저궤도 실용위성 및 정지궤도위성 개발을 통하여 기술 자립화를 상당부분 달성하였다. 다양한 위성 수요에 적극적으로 대응하기 위해서는 기존에 개발한 위성모델 외에도 수요자의 요구에 맞는 새로운 성능의 위성모델의 신속한 설계가 필요하다. 이를 위해서는 탑재체와 본체의 다양한 조합을 이용한 다수의 위성모델에 대한 설계안을 확보하거나 수요가 발생했을 때 신속히 설계 및 해석 등을 수행할 수 있는 통합 소프트웨어의 확보가 필요하게 되었다.

국내에서 위성 개발은 여러 위성 서브시스템의 설계 및 해석 자료가 정적으로 결합되는 방식으로 수행되었기 때문에 여러 위성 설계 요소를 동시에 고려하기 어려웠고 해석 결과를 얻는데 많은 시간이 소요되어 초기 수요자 요구에 따른 위성의 설계 및 해석에 빠른 대처가 곤란하였다.

한국항공우주연구원에서는 수요자 요구에 따라 설계된 위성의 3차원 형상을 이용하여 보다 쉽게 해석모델을 생성하고, 위성 서브시스템의 여러 가지 주요한 해석을 통합적이고 유기적으로 수행할 수 있는 통합 소프트웨어의 개발을 추진하여 “인공위성 종합설계 소프트웨어(KSDS : KARI Satellite Design System)”를 개발하였다. 세부 개발 내용은 다음과 같다.

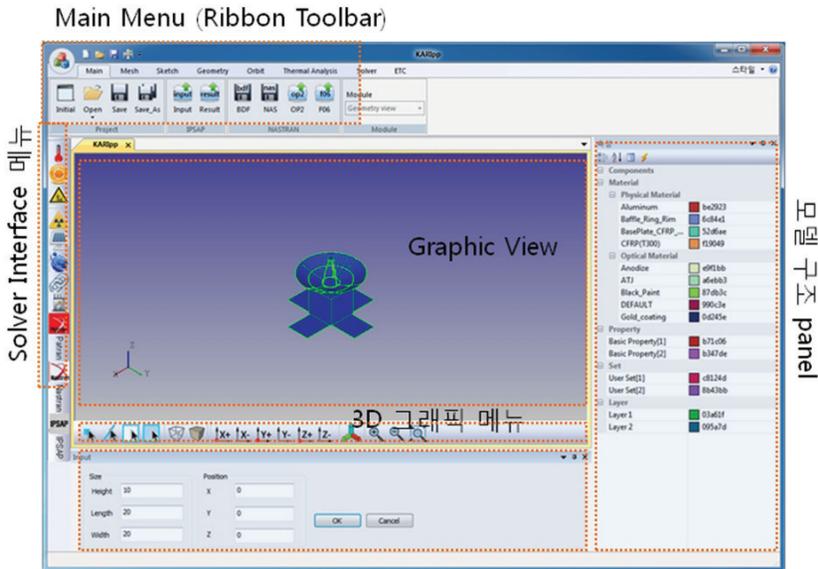
I. 인공위성 종합설계 소프트웨어 프레임워크

인공위성이라는 시스템 차원의 개발을 위해서는 구성요소인 구조, 열, 자세제어, 전력 등의 부분체 개발이 바탕이 되어야 한다. 각 부분체 별로 설계/해석이 수행되며, 이 과정에서 부분체 간에 수많은 데이터 교환이 발생하게 된다. 기존 국내 개발 환경에서는 자동화/통합화되지 않았기에 비효율성이

발생할 수밖에 없었다. 이러한 이유로, 인공위성의 효율적인 개발을 위해서는 부분체 간에 통합화된 설계/해석 환경이 요구된다.

KSDS 프레임워크는 유한요소법을 적용한 인공위성 열/구조 및 다양한 설계/해석 분야에 대한 전/후처리 프로그램이다. 개발 목적은 약하게 연결 (Weak Link)된 인공위성 부분체 설계/해석을 통합적으로 수행할 플랫폼을 구축하기 위함이며, 그래픽 유저 환경(GUI: Graphical User Interface)에서 구동된다.

프레임워크는 CAD 모델러, 전/후처리, 위성계도 생성, 물성치 데이터베이스로 구성되어 있으며, 기본 입력환경은 [그림 1]과 같다. CAD 모델러는 STEP 파일을 불러들일 수 있으며, GUI 상에서 직접 메쉬 생성 등이 가능하다. 또한, 열/구조 해석용 기본 형상의 생성이 가능하고 불리안(Boolean) 연산을 통해서 복잡한 형상까지 생성할 수 있도록 개

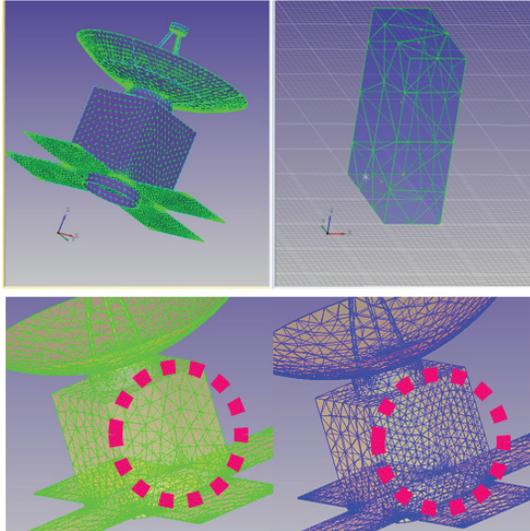


설정 값 입력 panel

[그림 1] KSDS Framework GUI

발되었다. [그림 2]에서는 자동메쉬 생성기능을 나타내고 있다.

KSDS 프레임워크에서는 열/구조 해석을 비롯하여, 복사열 전달, 오염 해석, 우주 방사선, 태양전지

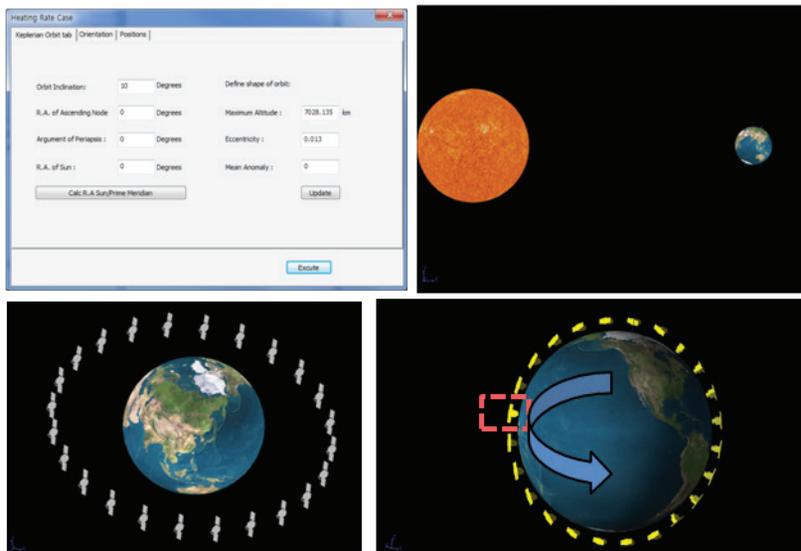


[그림 2] Automatic Mesh Generation

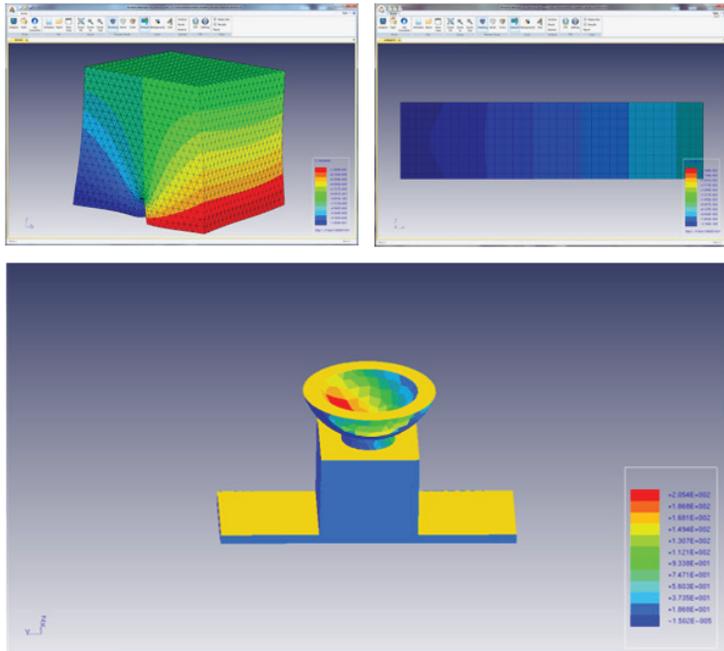
성능저하, 자세제어계 라이브러리, 링크, 전력 해석 인터페이스를 제공한다. 즉, 프레임워크 상에서 각 해석 모듈을 구동하고 그 결과를 가시화할 수 있다.

위성 궤도 생성모듈에서는 인공위성의 임무 궤도에 따른 궤도 생성과 위성 자세제어 등이 가능하며, 이를 가시화 할 수 있다[그림 3].

후처리에서는 2차원 가시화 뿐 아니라, 3차원 결과 및 동영상 저장까지 가능하다. [그림 4]에서는 몇 가지 예제에 대한 후처리 결과를 예시하였다. 인공위성 부분체 개발 업무는 설계/해석 분야에서는 상호 간에 데이터를 교환해야 하나, 기존의 방식으로는 효율성이 낮은 편이었다. 이번에 개발된 KSDS 프레임워크를 활용하면, 설계/해석 분야에 있어서 통합적인 접근이 가능하여 효율성을 상당히 높일 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 국내 수요에 따른 위성 개발뿐만 아니라 향후 수출시에도 경쟁력 향상에 도움이 될 것으로 판단된다.



[그림 3] Satellite Orbit Generation

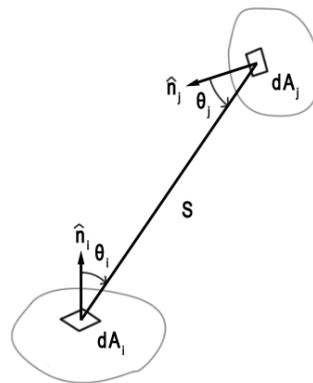


[그림 4] Example of Post-processing

II. 복사열전달 및 외부열유입 계산 프로그램

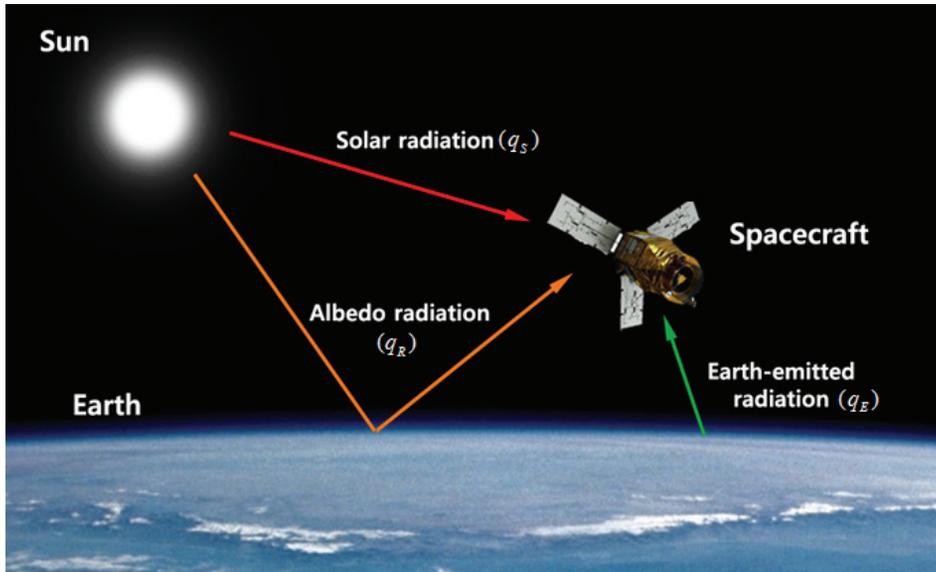
인공위성의 열해석을 수행 시에는 복사 형상 계수와 외부 복사열원에 대한 데이터가 필요하며, 본 연구에서는 복사 형상 계수를 정확하고 짧은 시간에 계산하는 방법에 대한 연구와 지구, 태양의 복사 및 반사 열원을 구하기 위한 세부 연구가 수행되었다. 복사 형상 계수 계산 과정은 먼저 모델링의 기하학 정보 파악하여 정확한 해의 산출을 위해 격자 세분화를 수행한다. 계산 정확도를 우선으로 하는 격자 세분화에 대한 최적 기준을 설정하고 미소 요소 면적 방법을 이용한 복사 형상 계수 계산을 수행하게 되며, 지배 방정식은 식 (1)과 같고 그 개념도는 [그림 5]와 같다.

$$F_{A_i-A_j} = \frac{1}{A_i} \int_{A_i} \int_{A_j} \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{\pi r_{ij}^2} dA_j dA_i \quad (1)$$



[그림 5] Shape Factor Concept

지구, 태양에 대한 복사 및 반사에 의한 외부열원 계산은 [그림 6]과 같이 위성의 위치와 자세에 따른 외부 열원을 계산할 수 있도록 연구가 수행되었다. 외부 복사 열원에 대한 계산은 위성 자세에 따른 태양복사 에너지와 지구 복사 에너지, 지구-위성체간 형상계수 및 일식에 따른 영향 등을 고려하여 수행하게 된다. 본 연구의 결과물들은 인공위성 온도계산의 입력 값으로 사용된다.

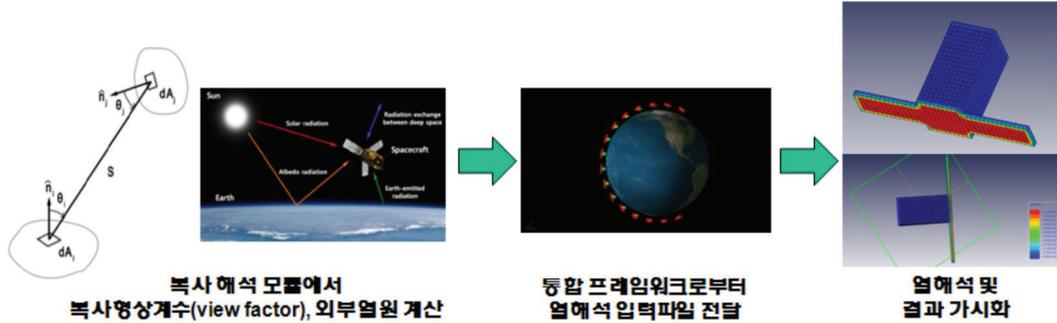


[그림 6] Spacecraft External Heat Fluxes

Ⅲ. 전도열전달 및 온도계산 프로그램

전도열전달 및 온도계산 프로그램은 인공위성 등의 우주 구조물의 전도 및 복사 열전달 해석을 위한 소프트웨어이다. 일반적으로 우주 구조물은 극단적인 온도 변화와 태양과 지구로부터의 복사열에 노출되어 있으며 궤도 운용상 그 변화의 폭은 수십에서 수백 도에 이르기까지 정밀하고 효율적인 열 해석은 인공위성 설계에 있어 필수적이다. 따라서 독자적인 인공위성 설계 기술을 확보하기 위해서는 정밀하고 계산 효율성이 높은 열해석 소프트웨어의 개발은 필수적이라고 할 수 있다. 기존 상용 열해석 소프트웨어는 모두 외국에서 개발된 데에다가 소스코드가 공개되어 있지 않아 필요한 용도에 맞게 개발하는 것이 어렵다. 게다가 기존 해석 코드들은 전통적인 이론에 기초하여 개발되었기에 최신의 계산 이론과 알고리즘이 적용되어 있지 않아서 많은 계산 시간이 소요되므로 그 효율성이 낮다. 보통 복사를 포함한 비정상 시간영역 비선형 열해석은 많은 계산을 필요로 하므로 낮은 계산 성능은 곧 개발 시간과 비용의 증가로 이어진다.

이 프로그램은 유한요소법에 기반을 두어 열전도 방정식을 이산화한 알고리즘을 바탕으로 개발되었으며 정상/비정상 상태의 복사를 포함한 인공위성의 열전도 해석이 가능하다. 1/2/3차원의 연속체 온도장을 해석하기 위한 2절점 빔(Beam)/3,4절점 셸(Shell)/4,8절점 고체 요소 등과 함께 요소 간 접촉 열전달을 위한 요소가 갖추어져 있다. 또한 인공위성 등의 우주 구조물에 필요한 자동온도조절기(Thermostat) 열제어 기능도 있다. 온도조절기는 히터/센서로 구성되어 센서의 온도가 일정 온도 이하일 때 정해진 열이 히터를 통해 가해지고, 다른 입력된 일정 온도 이상일 때 히터가 꺼지게 됨으로서 위성의 온도를 설계한 범위 내에 유지시키도록 하는 기능이다. 비선형 해석을 위해 Newton-Raphson 법을 적용하였고, 시간영역 적분은 열해석 방정식 등에 널리 사용되는 사다리꼴 적분법(Trapezoidal rule)이 적용된 Crank-Nicolson 법을 채택하였다. 전술하다시피 복사 열해석에는 많은 계산이 소요되므로, 병렬 컴퓨팅을 포함하여 그래픽 프로세서(GPU) 활용 계산 기능까지 구현하여 해석 효율성을 극대화하였다.



[그림 7] Thermal Analysis Process and Interface

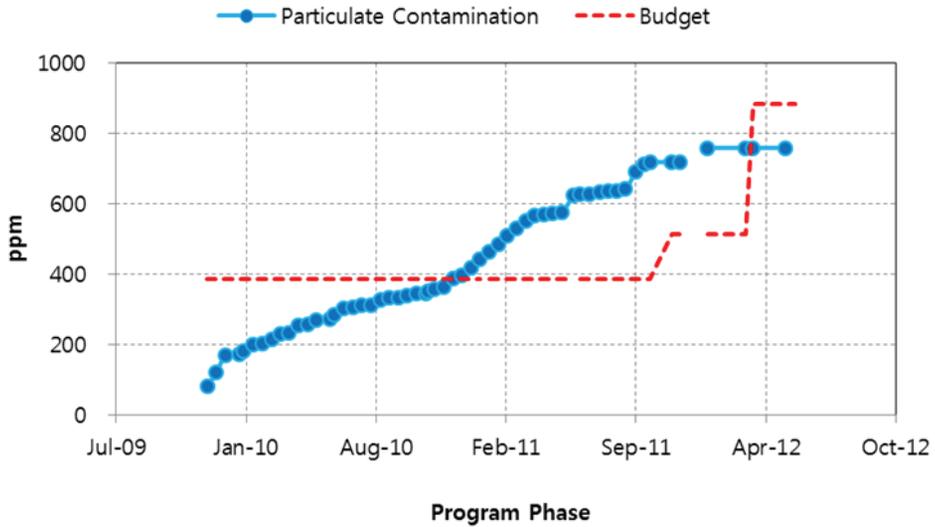
인공위성의 열해석을 위해 각 시간 별 궤도와 자세에 대한 정보를 통합 해석 프레임워크로부터 계산 후, 이 정보를 바탕으로 우주 공간 복사 및 요소 간 복사 해석을 위해 복사해석 모듈에 넘겨준다. 복사해석 모듈은 이로부터 복사형상계수 및 태양과 지구에서 발산하는 열유속 하중을 계산하여 통합 해석 소프트웨어에 전해준다. 통합 해석 소프트웨어는 복사형상 계수 및 열하중을 열해석 모델에 맞게 입력 파일을 생성 후, 열해석 모듈을 호출하여 해석 수행 후 결과를 가시화한다. 가시화 대상은 온도 분포/열유속/온도 구배/히터 작동 여부이다. [그림 7]은 복사해석 모듈, 통합해석 프레임워크와 열해석 모듈과의 정보 교환 및 인터페이스를 나타낸 그림이다.

IV. 오염해석 프로그램

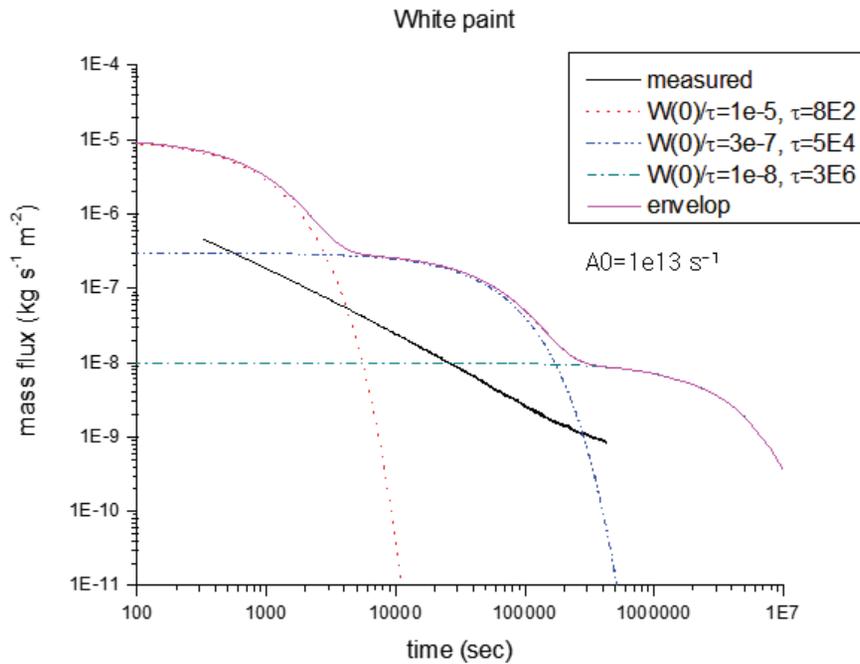
진공 환경에서 가스분출(Outgassing)에 의해 방출된 분자는 직진 또는 다른 분자와 충돌한 후 위성 표면에 재 흡착하여 얇은 층을 형성하는데, 이 분자층은 에너지를 흡수하여 투과율을 저하시키거나 태양흡수율(Solar Absorbance)을 증가시킨다. 따라서 오염에 의한 성능 저하를 방지하기 위해서는 최대 오염 허용량을 설정한 후 지상 및 궤도 운용 중 누적되는 오염량을 예측하여, 성능 저하 요인

이 있는 경우 설계 또는 운용 형태를 개선하도록 하여야 한다.

분자 오염은 단위 면적에 누적된 분자의 질량으로 표시하는데, 분자 오염에 의한 투과율 저하량은 Lambert-beer 관계식 등을 이용하여 평가될 수 있다. 이러한 오염 영향 평가를 통하여 허용 가능한 분자 오염 수준이 설정되면, 지상 조립 시험 기간 및 궤도 운용 중의 누적 오염량을 예측하고 필요한 대응 방안을 마련하게 된다. 지상에서 누적되는 분자 오염량은 입자 오염과 유사하게 NVR(Non-volatile Residue) 표본 시편을 이용하여 표본의 분자 오염량을 실제로 측정하는 방법을 사용하여 평가한다. [그림 8]에서 볼 수 있듯이 위성의 조립 시험 기간 초기부터 NVR에 의한 측정값을 누적하였으며, 발사 시점까지 누적된 양이 관리 요건인 10-6 g/cm2 이내임을 확인하였다. 반면, 궤도 운용중에 누적되는 분자 오염량은 고분자 재료의 가스분출 거동 및 분자 이동을 모사하여 예측한다. 분자 오염에 영향을 주는 가스분출은 주로 재료내의 확산(Diffusion)에 의해 발생하는데, 재료의 표면으로부터 방출되는 분자 유출량은 몇 가지의 탈착 모델을 중첩하여 모사할 수 있다. 예로서, 위성에 사용된 열방호 도료의 하나인 SG121FD에 대한 가스분출은 [그림 9]에 나타낸 바와 같이 3개의 탈착 모델을 중첩하여 모사되었다.



[그림 8] Accumulated Contamination during Satellite Integration and Test Period



[그림 9] Outgassing Model to SG121FD

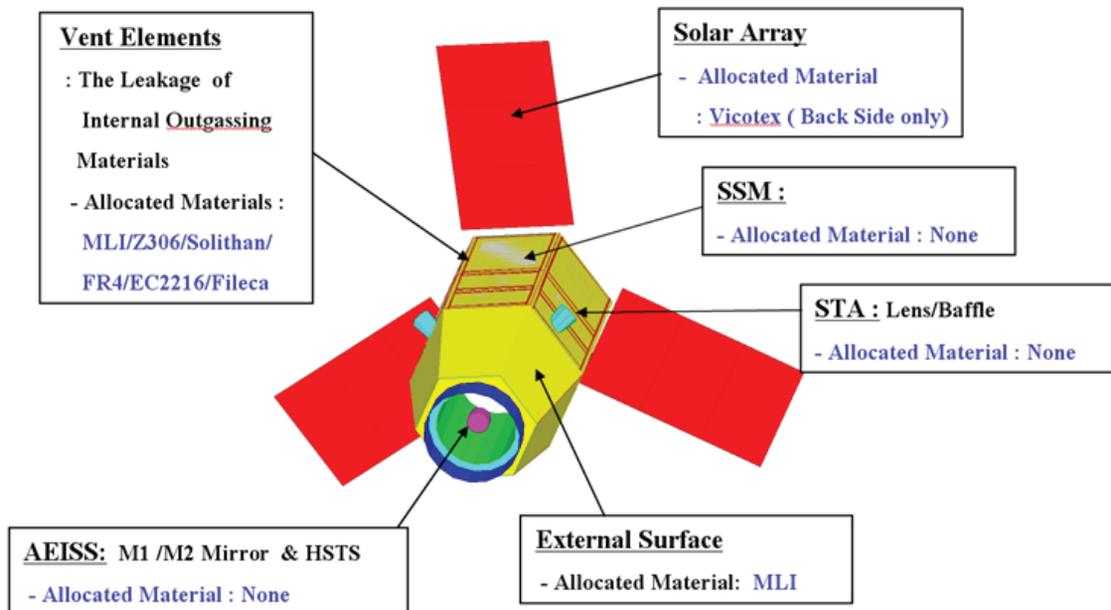
분자의 이동을 모사하는 방법으로는 진공 중에서의 분자의 직진 특성을 고려한 형상계수(View Factor) 법과 분자의 충돌에 의한 산란을 모사한 몬테카를로(Monte Carlo) 법으로 구분할 수 있다. 형상계수법은 계산이 간단하나, 방출된 분자의 충돌에 의한 산란을 모사할 수 없다는 단점이 있으며, 몬테카를로법은 분자의 충돌 효과를 모사할 수 있다는 장점이 있으나, 계산량이 많아 실제로는 분자가 최대 1회만 충돌한다고 제한을 두기도 한다. 항공우주연구원과 포항공과대학교는 기존의 형상계수법과 몬테카를로법의 장단점을 보완해 수정형상계수(Modified View Factor) 법을 개발하였다. 수정형상계수법은 가스분출 분자의 평균 자유 이동 거리(Mean Free Path)가 대략 105 m 수준으로서 위성의 크기에 비해 매우 크고, 위성의 이동 속도가 우주 공간에 존재하는 분자의 평균 속도보다 대략 20배 정도로서 위성에서 방출되어 한번 충돌한 분자는 대부분 위성체쪽으로 움직인다는 점에 착안하여, 위성체 표면간의 분자 이동은 형상계수법을 이용해 모사하고, 우주 공간으로부터 역류하는 분자는 위성체의 진행 방향에 가상의 반사판을 설정하여 모사하는 방식을 사용한다. [그림 10]은 저궤도 관측 위성의 분자 오염량 예측을 위해 구상한 해석 모델이다.

돌한 분자는 대부분 위성체쪽으로 움직인다는 점에 착안하여, 위성체 표면간의 분자 이동은 형상계수법을 이용해 모사하고, 우주 공간으로부터 역류하는 분자는 위성체의 진행 방향에 가상의 반사판을 설정하여 모사하는 방식을 사용한다. [그림 10]은 저궤도 관측 위성의 분자 오염량 예측을 위해 구상한 해석 모델이다.

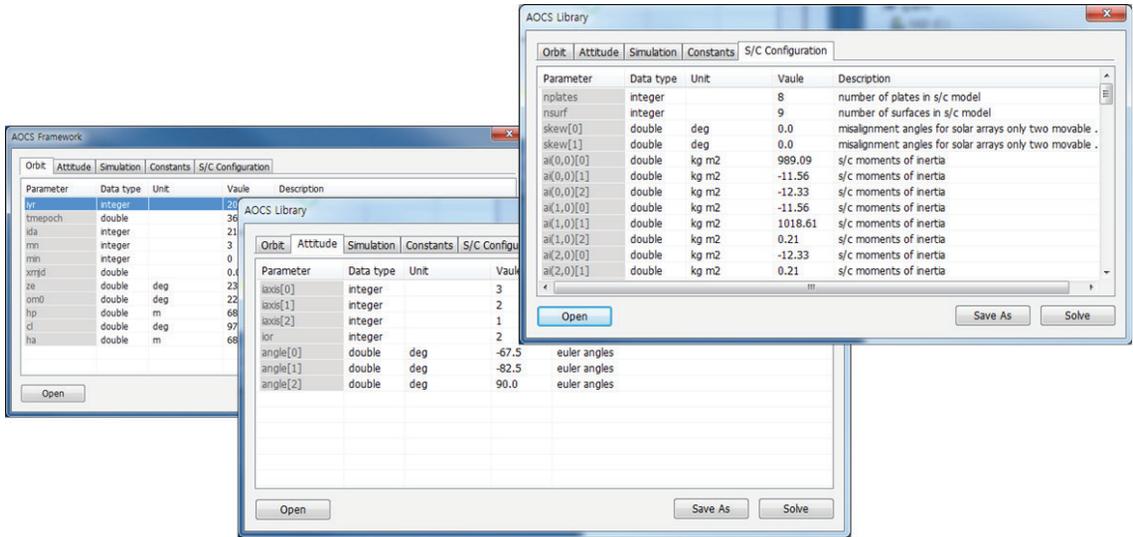
V. 자세제어계 라이브러리

KSDS 통합 프레임워크에서 획득된 인공위성 형상 및 물성치를 이용하여 자세제어계 해석을 수행할 수 있는 AOCS 라이브러리를 개발하고 검증시험을 수행하였다.

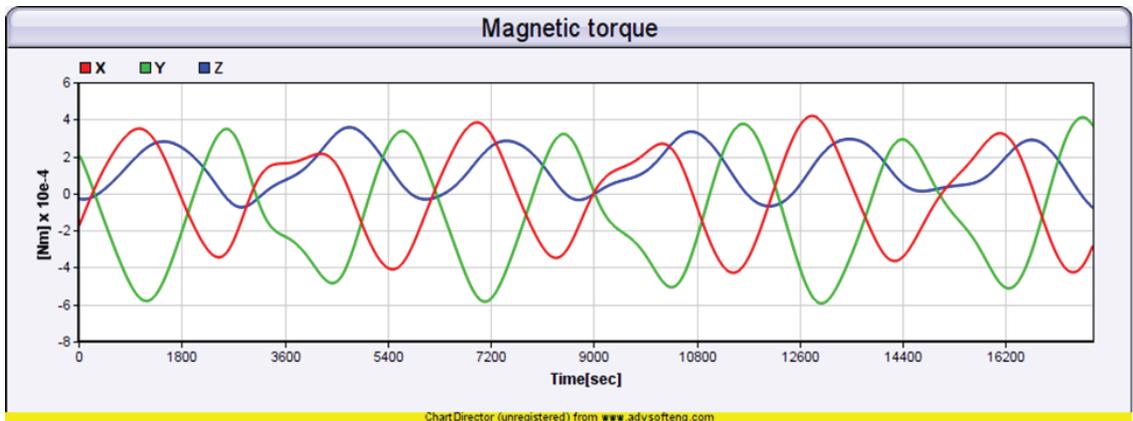
AOCS 라이브러리는 실제로 다목적실용위성 개



[그림 10] Satellite Model for Molecular Contamination



[그림 11] Input GUI of AOCS Library



[그림 12] Output GUI of AOCS Library

발과정에서 자세제어계 상세해석에 사용되었던 외란 해석 프로그램을 기반으로 하며 통합 프레임워크와 연동되도록 라이브러리화하였다. 또한 입력 파일을 수정할 수 있는 GUI 환경과 해석결과의 출력 GUI 환경을 제공하도록 접속 설계를 하였다.

AOCS 라이브러리는 KSDS 통합 프레임워크를 통해 설계된 인공위성 형상, 물성치 및 궤도 정보를 이용하여 임의의 지향 자세, 태양지향 자세 혹은 지

구중심 지향 자세에 대한 자세제어계 외란해석 결과를 생성한다. 생성된 결과는 자세제어계 작동기의 요구사항 결정 및 작동기의 최적 운용을 위한 임무설계에 활용할 수 있다.

VI. 전력해석 프로그램

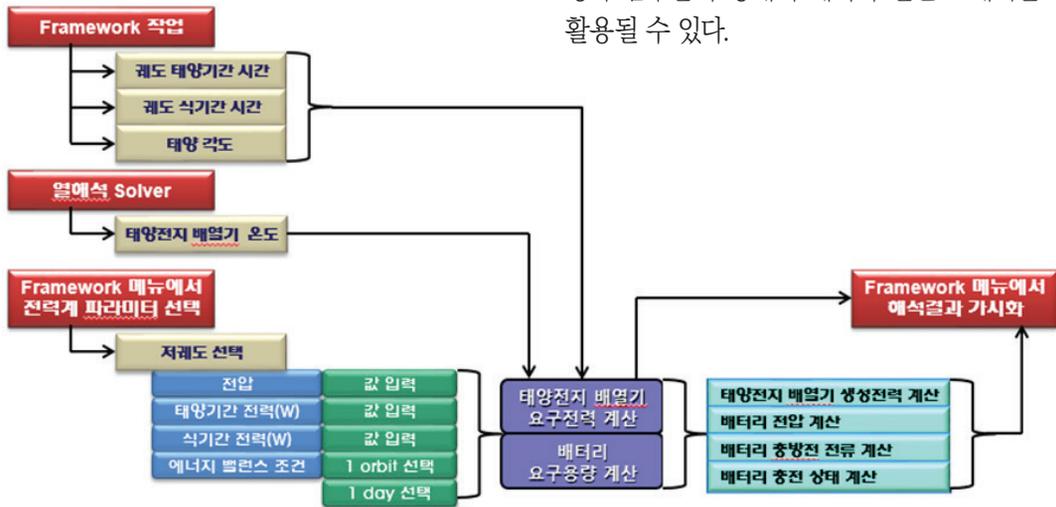
전력해석 프로그램은 과거의 개별적으로 계산된

입력 파라미터 값을 받아 분석하는 방식에서 통합된 위성 시스템 개발 툴에서 자체적으로 생성된 입력 파라미터 값을 받아 분석하는 저궤도 및 정지궤도용 전력 버짓 및 에너지 밸런스 해석을 수행하는 코드 개발을 목적으로 하고 있다. 개발내용과 기능은 아래와 같이 정리할 수 있다.

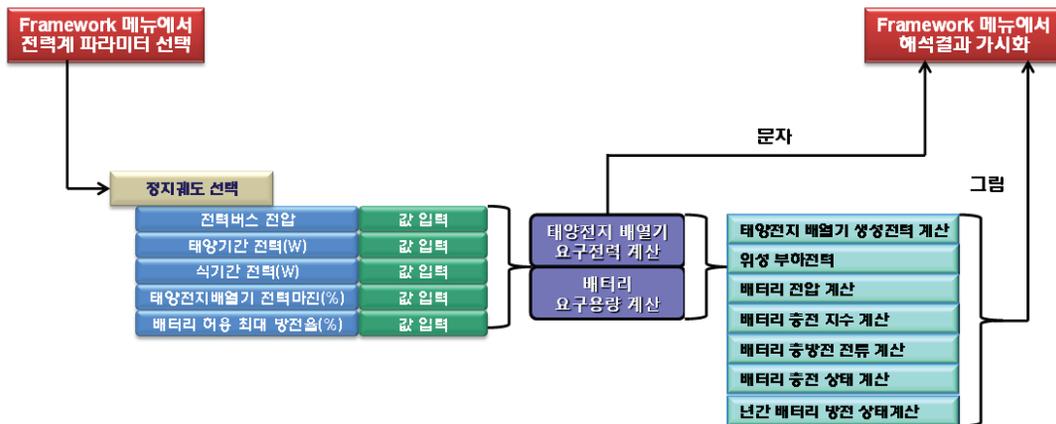
- 저궤도/정지궤도 전력해석 솔버에 대해 입출력 통합 GUI 구현

- 입력 변수 : 전력버스 전압, 태양기간 전력, 식기간 전력, 태양전지배열기 전력마진, 배터리 허용 최대 방전율, 태양전지배열기 온도, 태양각도
- 전력 버짓 계산 결과출력 : 배터리 구성 및 용량, 태양전지배열기 요구 전력
- 에너지 밸런스 해석결과 플로팅 : 임무말기 최악조건에서 배터리 셀 정상/바이패스 상태의 에너지 밸런스 해석 및 연간 배터리 방전상태 해석

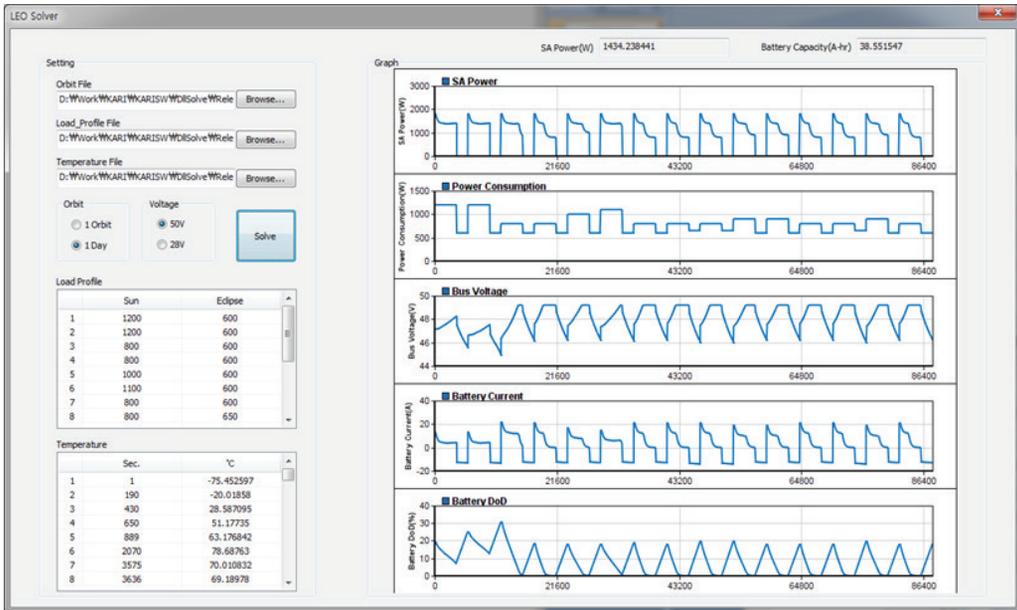
개발된 전력해석 프로그램은 위성 설계 초기에 배터리 구성 및 용량, 태양전지배열기 요구 전력 산정과 임무말기 상태의 에너지 밸런스 해석을 위해 활용될 수 있다.



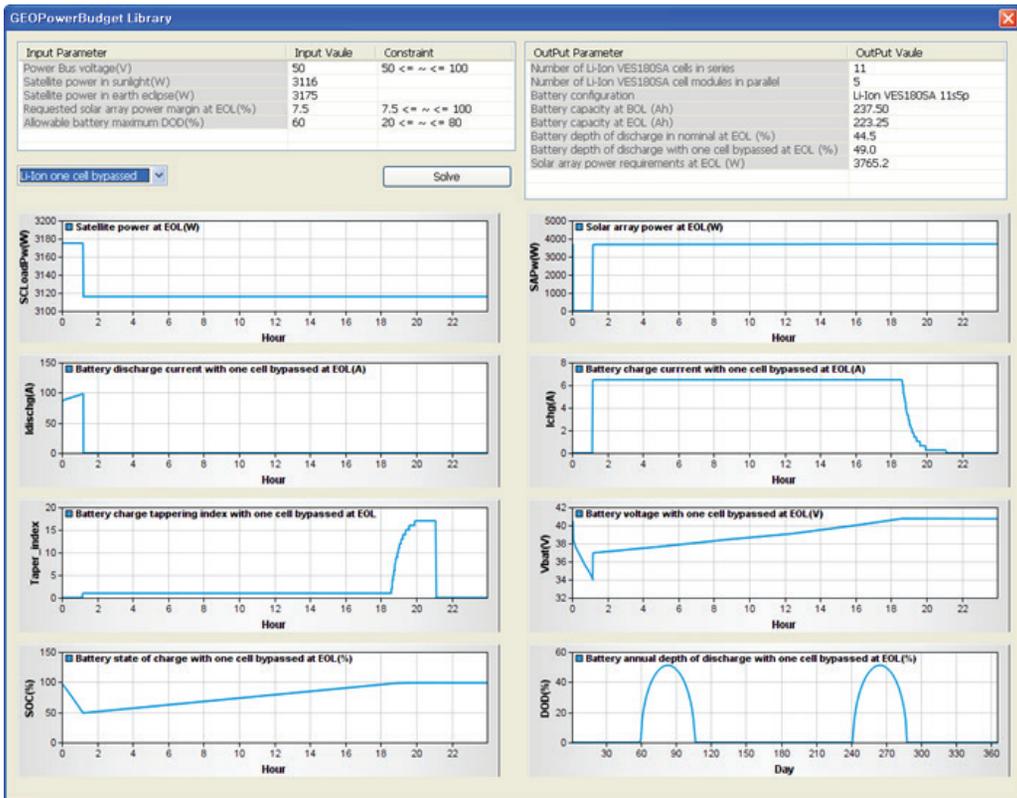
[그림 13] Block Diagram of LEO Satellite Power Analysis Solver



[그림 14] Block Diagram of GEO Satellite Power Analysis Solver



[그림 15] Energy Balance Analysis Results of LEO Satellite



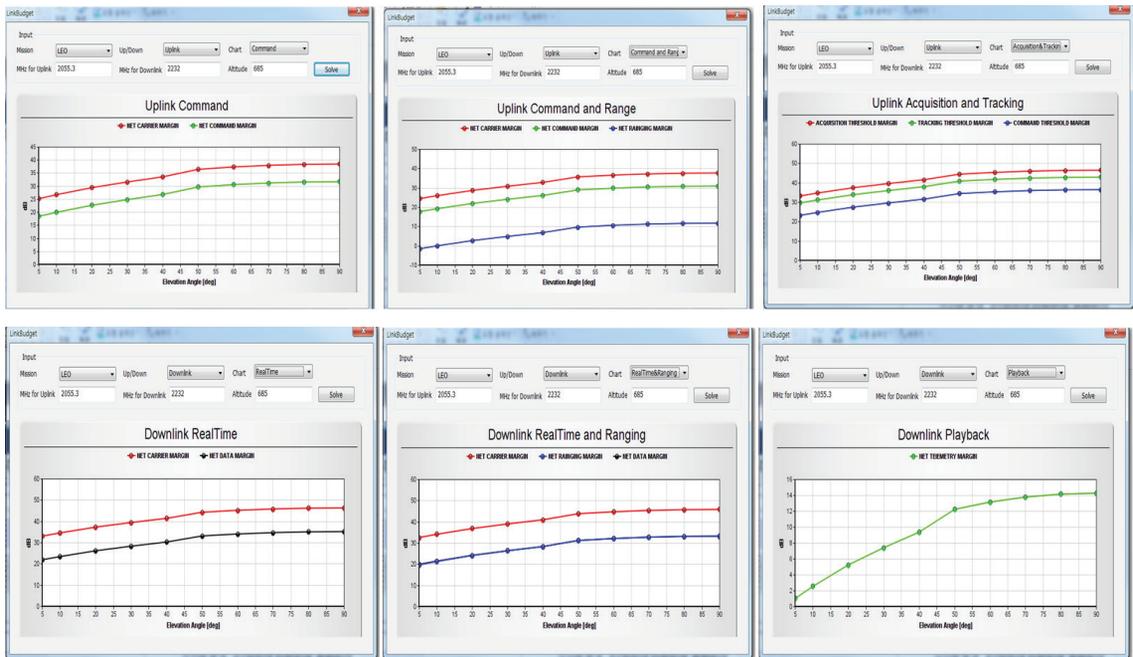
[그림 16] Energy Balance Analysis Results of GEO Satellite

VII. S 대역 통신링크해석 프로그램

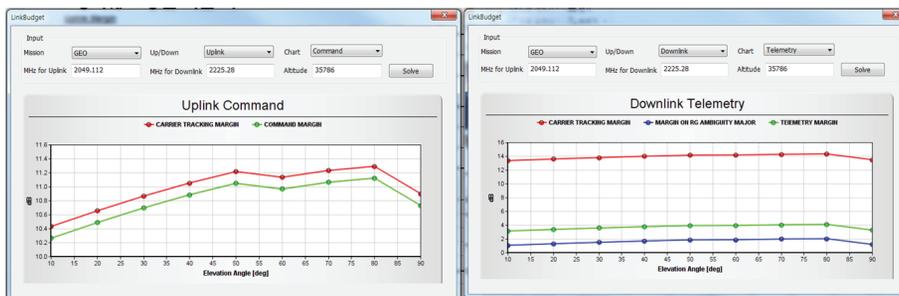
S 대역은 지상국으로부터 위성에 대한 명령을 전송하고 위성의 상태를 지상국에 전달하기 위한 통신 채널로 사용된다. 위성 초기 설계 시 지상국과 위성간의 무선 통신 특성을 파악하는 것은 필수적인 요소이며, 이를 통해 지상국 및 위성 요구 사항을 최종적으로 도출하게 된다. 본 프로그램은 기존에 독립적으로 수행했던 S 대역 통신 링크 해석을

통합 위성 설계용 소프트웨어 환경에서 동작하도록 개발되었다.

프로그램의 예로 저궤도 및 정지궤도에 대한 S 대역 통신 해석을 수행하였다. 먼저 저궤도에 대해 상향 통신의 Command Mode, Command & Ranging Mode, Acquisition & Tracking Mode 에 대한 해석을 수행하였다. 또한 하향 통신에 대해서는 Low Rate TM Mode, Low Rate &



[그림 17] Results of LEO S-band Communication Link Analysis



[그림 18] Results of GEO S-band Communication Link Analysis

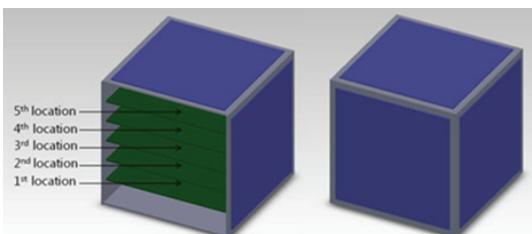
Ranging Mode, High Rate TM Mode 에 대한 해석을 수행하였다. [그림 17]에 통합 위성 설계용 소프트웨어 환경에서 개발된 결과를 제시하였다.

정지궤도의 상향 통신에 대해 Command Mode 해석을 수행하였으며, 하향에 대해 Low Rate TM & RNG Mode 에 대한 해석을 수행하였다. [그림 18]은 통합 위성 설계용 소프트웨어 환경에서 개발된 결과를 보여주고 있다.

개발 결과물은 기존 해석 결과물과 비교 수행하였으며 모두 정상적인 해석이 수행됨을 확인하였다. 이 결과물은 사용자 중심으로 개발되어 있어서 향후 활용도가 높을 것으로 예상된다.

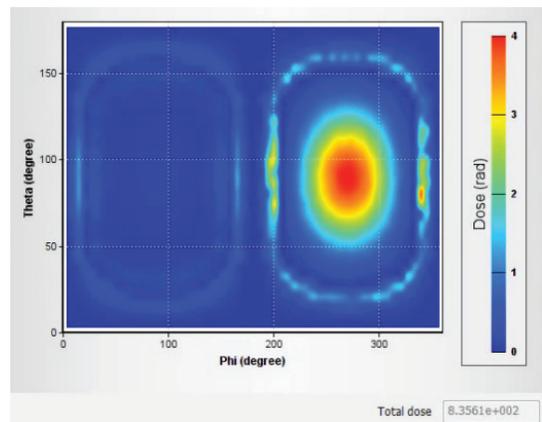
VIII. 우주방사선량 차폐 및 총조사량 계산 프로그램

위성에 사용되는 전기전자 부품은 우주방사선 환경에 노출되어 영향을 받는다. 특히 TID(Total Ionizing Dose)에 의한 영향은 능동부품의 전기적 파라미터 특성을 점진적으로 변화시켜 전장품의 전기적 기능을 상실하게 한다. 때문에 위성의 임무 기간동안 누적되는 도즈(Dose) 량을 예측하여 부품 및 전장품 설계의 적절성을 분석함으로써 임무 기간동안의 전장품의 전기적 성능을 보장해야 한다



[그림 19] Cube Satellite Structure Model

다. 특히 정지궤도 임무의 위성의 경우 장기간의 임무로 높은 도즈량이 쌓이게 되므로 부품수준에서 받는 도즈량을 예측하여 통제하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 실제 차폐구조를 고려한 분석이 수행되어야 하는데 기존에 방사선 검출기 모의실험을 위해 개발되어 검증된 Geant4 코드를 이용하여 임의 구조물의 관심지점에서의 차폐해석을 수행하고 이 결과를 이용하여 도즈량을 계산하는 프로그램을 개발하였다. 계산을 수행하는 절차는 상용 CAD 툴로 만들어진 구조물의 STEP파일을 Geant4가 입력받을 수 있는 XML 형식의 GDML 파일로 변환하여 입력으로 주고 도즈량을 해석하고자 하는 임의 위치의 좌표정보를 주면 Geantino라는 가상입자의 경로를 이용하여 차폐분포를 해석한다. 이 분석 결과와 위성의 임무 궤도에서의 도즈 환경을 나타내는 도즈깊이(Dose-depth) 정보를 이용하여 최종적으로 임의 관심지점에서의 도즈량을 계산하게 된다. [그림 19]와 [그림 20]은 큐브위성의 구조모델에 대해 도즈량을 특정 좌표점에서 누적되는 도즈량을 계산한 결과이다. [그림 20]에서 볼 수 있듯이 관심지점에서 계산된 도즈량과 이 지점을 기준으로 Phi와 Theta 방향에 따른 도즈량과 차폐 정보를 시각화하여 보여준다.

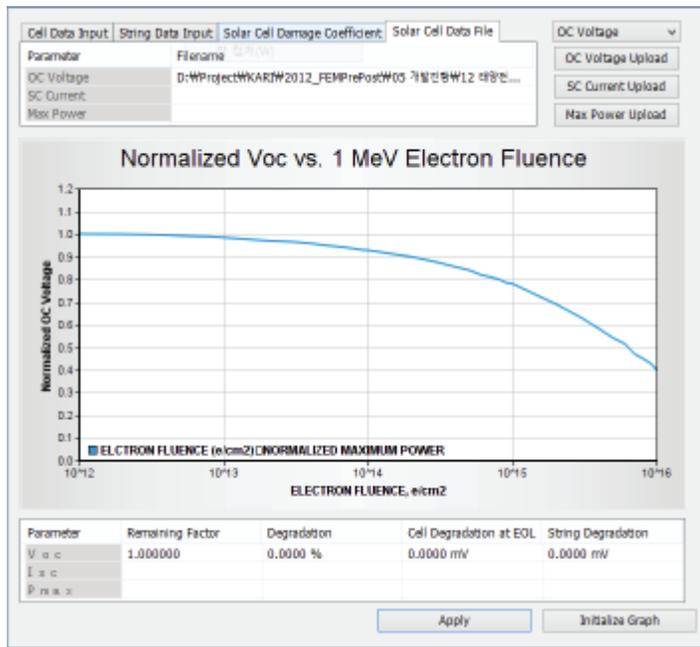


[그림 20] TID Level Results

IX. 태양전지 성능저하 예측 프로그램

위성에 사용되는 태양전지는 우주궤도에서 전력을 생산하기 위해 필수적인 부품이다. 태양광이 입사되어야 하기 때문에 태양전지는 위성의 가장 외곽에 장착된다. 때문에 우주방사선에 가장 심하게 노출되는 능동소자이다. 특히 DD(Displacement Damage) 영향을 받아 태양전지의 전기에너지 변환 효율이 점진적으로 떨어지게 된다. 본 프로그램

은 태양전지 셀의 방사선 시험데이터를 이용하여 DD 영향에 의한 셀의 성능 저하량을 보여주는 프로그램으로 태양전지 셀 부품의 방사선 시험데이터와 셀의 성능사양 정보를 이용하여 임무 궤도에서의 셀의 손상계수에 따라 셀의 전기적인 파라미터인 전압, 전류, 전력이 저감되는 량을 계산하여 보여주는 기능을 한다. 셀의 연결 형상에 따라 스트링에 대한 결과도 보여준다. [5]



[그림 21] Electric Parameter Degradation of Solar Cells

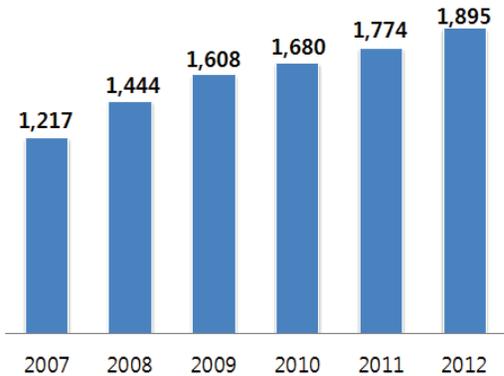
위성 수출방안 수립을 위한 위성분야 신흥국의 수요분석

김선원, 황도순, 진익민
한국항공우주연구원

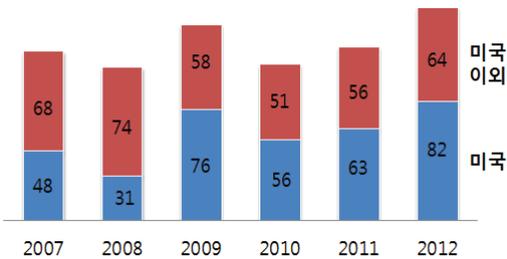
I. 서론

2013년 6월에 발간된 SIA(Satellite Industry Association)의 보고서[1]에 따르면 2012년도 세계 위성시장 매출규모는 전년대비 7% 증가한 1,895억 달러에 달하고 이중에서 위성체 개발분야는 전년대비 23% 증가한 146억 달러에 해당하였다. 2012년도에 발사된 위성의 수는 전년대비 10% 감소하였으나 고가의 정지궤도 위성 및 정부수요 위성 개발이 증가함으로써 매출규모의 성장이 이루어졌다. 이러한 성장세는 세계 위성개발 시장매출의 56%를 차지하는 미국의 위성시장의 31% 급성장으로부터 기인한 것으로 분석된다. 2012년도에 발사된 위성수를 기준으로 한 세계시장 점유율은 미국이 32%, 중국 23%, 유럽 22%, 러시아 16%, 일본 2% 순으로 조사되었다. 또한, 같은해에 신규로 주문된 정지궤도 위성은 전체 18기로서 미국은 역대 최대 점유율인 67%에 해당하는 12기를 수주하였고 유럽은 3기, 중국은 2기, 이스라엘은 1기를 수주하였다. 기술적으로는 고효율을 위한 고속처리 기술적용과 처음으로 상업용 정지궤도 위성의 전

체 추력시스템에 전기추력기의 적용이 이루어졌다.



[그림 1] 연도별 세계 위성산업 매출액 규모
(단위, 억 달러) [1] 6 1.bmp



[그림 2] 연도별 세계 위성개발 분야 매출규모
(단위, 억 달러) [1]

이러한 시장 환경 하에 최근 들어서 중국과 일본의 위성산업의 성장 및 세계 위성시장 진출이 두드러지게 나타나고 있다. 중국정부는 2011년도에 과거 10년 전보다 3배 증가한 30억 달러 규모의 예산을 우주개발 프로그램에 지속적으로 투자하여 산업을 육성하였으며 이를 통하여 축적된 기술을 바탕으로 최근 들어서는 해외에 위성의 수출하고 있는 상황이다[2]. 또한, 일본은 2011년도 기준으로 35억 달러 규모의 예산을 유인우주비행, 발사체, 지구관측, 항법 및 국방 분야 등의 다양한 우주개발 분야에 투입하였다. 또한, 우주활동의 상업화 및 산

업화 촉진, 우주의 평화적 이용에 대한 해석을 완화하여 군사목적의 우주개발이 가능하도록 하고 정부조직의 개편 등의 우주개발 전략을 재정립하였다. 이러한 전략의 재정립에 따라 다음의 다섯 가지의 활동을 최우선적으로 실행하게 되었다. 기술보다는 활용에 초점을 맞춘 우주개발활동, 우주산업의 지원 강화, 아시아 국가를 대상으로 한 정치적 관계 수립에 우주분야의 활용, 국방 분야의 강화, 상업화에 초점을 맞춘 특정 기술의 개발이 이에 해당한다. 이러한 활동의 결과로서 미쓰비시전기는 약 6,000억원 규모의 두 기의 터키정부의 위성을 수주하였고, NEC는 두 기의 X-밴드 레이더 위성을 베트남에 공적원조자금을 활용하여 제공하는 계약을 체결하였다. 2013년도에는 일본정부와 민간기업인 NEC가 공동으로 약 100억엔을 투자하여 연간 8기의 위성을 조립 및 시험할 수 있는 시설을 건설중에 있다. NEC에서는 500kg급의 차세대 표준 위성플랫폼인 NEXTAR Bus를 활용하여 약 60억엔에서 80억엔 수준의 저비용 고성능 위성을 개발할 계획을 수립하였다[3].

이렇듯이 우리의 주변국들은 세계 위성시장을 선점하고 있는 미국, 유럽, 러시아의 견제를 뚫고 세계 위성시장에 진출하기 위하여 박차를 가하고 있는 상황이다. 이를 위하여 상당한 수준의 정부 예산을 투입하고 정부·연구계·산업계의 긴밀한 협력 체계하에 철저한 시장분석을 통하여 신흥국가를 중심으로 위성 수출을 하여 자국의 위성시장의 산업 활성화 및 상업화를 진행하고 있는 상황이다. 이러한 국가들의 행보는 우리나라에 시사하는 바가 크다. 더 늦기 전에 우리나라도 현재까지 정부수요 위성을 개발하면서 축적된 위성개발 기술을 활용하여 세계 시장으로의 진출이 필요한 상황이다. 이를 위한 첫 단계로서 위성의 개발 및 운용에 관심이 있는 국가정부의 위성 수요에 대한 분석을 통하여 우리나라의 위성수출 대상을 선정하는 것이 필요하다. 본 자료에서는 상업위성을 제외한 각국의 정

부수요 위성에 대해 현재 개발 중이거나 개발 계획된 위성수요 분석을 통하여 우리나라가 상대적으로 용이하게 진출하기에 적합한 시장을 선정하고자 한다. 수요조사 기준은 2011년도 이후의 발사를 기준으로 한다.

II. 위성 수요국의 위성개발 동향 개요

1. 위성개발 능력에 따른 위성수요 대응

미국, 러시아, 중국, 일본, 유럽 등의 위성개발 능력을 확보하고 위성산업이 활성화된 국가들의 정부에서는 위성을 수입하지 않고 자체적으로 개발하여 수요에 대응하므로 우리나라에서 시장진입이 어려울 것으로 예상된다. 이 중에서 유럽지역에는 2011년도 기준으로 약 4백만 달러의 예산규모를 가진 폴란드로부터 약 32억 달러의 예산을 지출하는 프랑스에 이르기까지 다양한 수준의 국가들이 포함되어 있으나 유럽 이외의 국가로부터 위성의 구매는 거의 이루어지지 않는 상황이다. 대부분 유럽연합과 연계하여 위성을 수입함으로써 타 지역 국가들의 산업체에서는 유럽시장을 대상으로 매출을 확보하기 어려운 한계를 가지고 있다.

한편으로 우리나라, 브라질, 아르헨티나, 이스라엘, 이란 등과 같이 제한적으로 위성개발 기술을 가지고 있고 세계 20위권 안팎의 우주분야 예산을 지출하는 국가에서는 공동개발 방식을 통하여 위성을 개발하는 추세이다. 대표적으로 브라질의 경우에는 자국의 우주개발기관인 INPE(Brazilian Space Research Institute)에서 자체 개발을 하거나 중국의 CAST, 독일 DLR, 미국 JPL, 아르헨티나 INVAP와의 공동개발을 통하여 지구관측위성 수요에 대응한다.

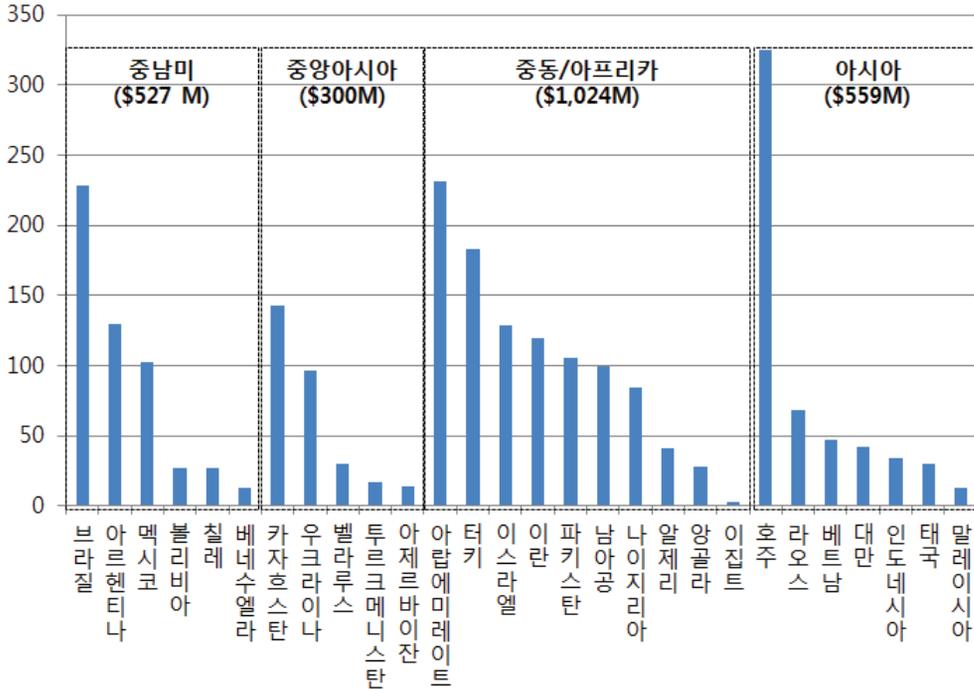
이 외의 자국 내 위성개발 능력이 낮은 국가들은 실용급 위성의 경우 통신위성을 중심으로 해외로부터 구매하며, 이와 병행하여 자국의 개발 역량강화를 위하여 초소형의 위성을 해외업체와의 공동 개발하여 기초 기술을 확보한 후 소형지구관측 위성의 자체 개발을 통하여 기술향상을 도모하는 방식을 주로 채택하는 상황이다.

2. 각국의 예산지출 규모

우리나라 정부의 우주개발 분야 예산은 2011년도 기준으로 약 2천억 달러로서 전 세계 국가 중에서는 17위에 해당한다[2]. 우리나라보다 우주개발 예산이 많은 국가들의 대부분은 자체적으로 위성을 개발할 수 있는 능력을 확보한 상황으로써 해외로부터 위성을 구매하는 경우는 극히 드문 상황이다. 예외적으로 호주와 아랍에미레이트는 예산규모는 각각 세계13위 및 15위에 해당하나 자체적인 위성개발 능력은 상대적으로 낮아 이들 국가는 해외로부터 수입을 하는 실정이다. 호주는 대부분에 해당하는 84%의 예산이 군사목적으로 지출되었고 특히, 군통신위성 구매에 대하여 지출되고 있으며 미국의 산업체로부터 수입하는 상황이다. 2009년에는 우주산업 활성화를 위하여 우주정책기구(Space Policy Unit)를 설립하기도 하였다. 아랍에미레이트는 우리나라의 쉐트랙아이로부터 지구관측위성을 수입하여 기술지도를 받았고 이후에는 자국의 과학기술기관인 EIAST(Emirates Institution for Advanced Science and Technology)를 중심으로 자체 개발을 도모하고 있는 상황이다. 타 국가와 달리 유인우주비행 프로그램에 지출이 상당히 높게 나타났다.

[그림 3]은 2011년도 기준으로 세계 각국 정부의 우주개발 분야 예산 지출이 15위 이하 국가의 예산 투입 규모를 보여준다. 유럽 지역 내 국가와 17위에 해당하는 우리나라는 제외하였다. 평균적인

(단위, 백만달러)



[그림 3] 정부 우주개발 분야 예산 순위 15위 이하 국가(2011년도 기준)[2]

로 7,960만 달러에 해당하고 중동 및 아프리카 지역 내 국가들의 비중이 가장 높은 것으로 나타났다.

III. 우주 신흥국가의 위성 수요 분석

1. 중남미 지역 국가 위성수요

상당부분의 위성기술을 확보한 브라질과 아르헨티나를 제외한 중남미 국가들은 자체개발 및 공동개발 사례가 찾아보기 힘든 상황이다. 예산규모가 1억 달러 수준인 멕시코는 미국의 보잉과 OSC로부터 민군겸용 통신위성을 각 1기를 구매하였고 2천만 달러 내외의 예산을 지출하는 볼리비아는 중국 CGWIC로부터 통신위성 구매하였다. 칠레, 베네수엘라는 각각 지구관측위성 1기를 아스트리움

과 중국의 CAST로부터 구매하였다. 중남미 시장에는 국가 간의 정치적 이해관계가 맞물려 위성수요 및 공급이 이루어지는 경향이다. 따라서, 중남미 시장으로의 진출을 위해서는 우리나라 산업계 뿐만 아니라 우리나라 정부의 지원이 필요할 것으로 사료된다.

2. 중앙아시아 지역 국가 위성수요

제한적으로 위성개발 능력을 보유한 우크라이나는 MDA로부터 구매하는 통신위성을 제외한 지구관측 및 과학탐사 위성은 자체개발 혹은 공동개발 방식으로 채택하였다. 우크라이나를 제외한 중앙아시아 국가들은 모두 해외구매를 통하여 위성수요에 대응하고 있다. 상대적으로 예산규모가 높은 약 1억4천만 달러에 이르는 카자흐스탄은 러시아 ISS

Rechetnev로부터 통신위성 1기를 구매하고 아스트리움으로부터 1m급/7m급의 고해상도/중해상도 광학위성을 각각 1기 구매한다. 2011년도에 발사된 통신위성인 Kazsat-2를 대체할 위성수요가 존재하는 상황이다. 벨라루스는 통신위성 1기를 중국의 CGWIC로부터 구매하였고 러시아 NPO VNIIEM에서 개발하여 2011년에 발사된 광학위성인 Belka-2 위성을 보완하기 위하여 레이더위성인 Belka-2R을 2016년경에 발사할 계획으로 위성수요가 존재하는 상황이다. 투르크메니스탄은 TAS로부터 1기의 통신위성을 구매하였다. 아제르바이잔은 1기의 통신위성을 OSC로부터 구매하였고 민간 겸용의 광학위성 1기의 구매 검토를 진행중이며 통신위성 1기를 구매할 계획이다. 중앙아시아 국가들은 자체 개발보다는 해외구매 방식을 통하여 통신위성과 광학위성 수요에 대응하는 전략을 구사하고 있으므로 광학위성 개발능력이 확보된 우리나라의 경우에 시장진출 가능성이 낮지 않다고 판단되나 러시아와의 경쟁은 불가피 할 것으로 예측된다.

3. 중동 및 아프리카 지역 국가 위성수요

중동 및 아프리카 지역의 국가 우주분야 예산은 자체적으로 위성개발이 가능한 이스라엘과 이란을 제외하더라도 평균적으로 타 지역보다 높은 편에 속한다. 기후적인 영향으로 인하여 구름이 발생하는 기간이 짧아 타 지역대비 광학위성에 대한 수요가 높은 편이다. 이는 구름이 자주 끼는 동남아시아 국가들의 레이더위성 수요와 대비되는 점이다. 이러한 점은 중앙아시아 지역과 마찬가지로 우리나라의 강점인 광학위성 개발기술을 적극 활용할 수 있도록 할 것이다. 아랍에미리트, 터키, 이스라엘, 이란 등의 중동 지역의 국가들은 자체 위성 기술 확보 및 산업화를 위한 노력을 기울이고 있다. 이로 인하여 과거와는 달리 단순구매 방식보다는 해외업체와의 공동개발 또는 자체개발에 집중하고 있어 이를 고려한 위성 수출전략의 구축이 필요할 전망이다.

또한, 아프리카 지역 국가들은 이전에 SSTL로부터 위성을 구매하고 기술습득을 한 이력이 있어 상호 우호적인 관계를 유지하고 있는 것으로 예측할 수 있다. 이에 우리나라가 이 지역 시장 진출을 위해서는 300kg급 이하에 강점을 가진 SSTL과는 차별화된 시장을 노리는 전략도 유효할 것이라 판단된다. 예를 들어 1톤급 고성능 위성의 수요는 크지 않을 것으로 예상되므로 500kg급의 저비용/고성능 위성은 이 지역 수요 대응에 유효할 것으로 판단된다.

4. 아시아 지역 국가 위성수요

호주를 제외하고 한 아시아지역 국가들의 우주개발 예산은 3천9백만 달러에 해당한다. 라오스는 최초의 자국 통신위성인 Laosat-1의 개발이 진행됨에 따라 예산의 점진적인 증가가 예상되나 그 외의 위성개발 또는 구매에는 크게 관심을 보이지 않고 있다. 베트남은 최근 들어 가장 활발하게 위성분야 관심을 가지는 국가에 해당한다. 2020년까지 계획된 국가 우주개발 및 활용전략에 따라 자국 내 위성개발 역량을 확보하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 일본의 ODA와 연계하여 위성을 확보하고 관련 기술습득을 할 예정이다. NEC로부터는 500kg이하의 2기의 레이더 위성을 구매하고 록히드마틴으로부터 통신위성을 구매하였다. 대만은 아스트리움과 공동개발된 2m급 해상도의 광학위성인 FORMOSAT-2의 후속위성인 FORMOSAT-5을 자체개발을 진행하고 있으며 초소형 위성을 활용한 기상 및 기술검증 위성의 개발을 수행하고 있다. 인도네시아는 국가항공우주연구기관인 LAPAN(National Institute of Aeronautics & Space)의 주도하에 초소형위성의 개발을 꾸준히 진행해오고 있다. 태국은 위성개발보다는 위성영상의 활용에 좀 더 적극적이고 우주개발분야에 대한 예산이 점차적으로 줄어드는 추세에 있다. 아스트리움에 의해 제작된 2m급 해상도의 광학위성인 THEOS-1 위성 이후의 후속위성 개발이 연속

적으로 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 그러나 통신위성은 구매를 통하여 지속적인 운용 유지를 하고 있으며 최근들어서는 OSC와 SS/L로부터 각각 1기의 통신위성을 구매하였다. 이에 우리로써는 각국의 상황에 맞는 위성수출전략을 구사해야 하고 세일즈 외교를 통한 정부의 지원이 필요할 것으로 판단된다.

IV. 결론

조사결과에 따르면 우리나라의 위성수출 추진 시 진입장벽이 상대적으로 낮은 자체적으로 위성개발 능력을 보유하지 못한 신흥국가들은 군용위성과 같은 고가의 고성능 위성의 구매 및 운용이 현실적으로 어려울 것으로 보여진다. 이러한 국가를 대상으로는 국토 및 자원관리, 산림 및 농작물 관리, 재해 및 재난감시 등의 공공민간 수요에 적합한 중소형급의 저비용 위성의 수출전략을 구축하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한, [그림 3]에서 언급된 국가들은 지구관측 위성보다는 통신위성의 수요가

더 높은 것으로 조사되었다. 따라서, 통신위성 개발을 통한 관련 기술의 확보를 통하여 이러한 수요에 대응하는 것이 현실적으로 위성수출 가능성을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 주변국에서는 이러한 상황을 인지하고 자국 역량강화를 통하여 기반 기술을 확보한 후 통신위성 시장을 진입하거나 중소형의 고성능 저가 위성개발을 통하여 신흥국으로의 시장 진입을 꾀하고 있는 상황이다. 따라서, 우리나라도 세계시장 진출을 위해서는 지금부터라도 정부·연구계·산업계가 협력하여 위성기술의 상용화에 박차를 가해야 할 것이다. [3]

◆ 참고 문헌 ◆

1. Futron Corporation SIA, State of the Satellite Industry Report, June 2013
2. Euroconsult, Profiles of Government Space Programs 2012 Edition, 2012
3. NEC, http://www.nec.com/en/press/201301/global_20130107_02.html, 7th of Jan., 2013

통우연에서 알립니다~

항상 '통신위성·우주산업연구회' 를 아껴주시고 사랑해 주시는 회원 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.
 년회비를 납부하지 않으신 회원께서는 아래 계좌로 입금해 주시면 더욱 감사하겠습니다.

- 년회비 -

구분	금액	구분	금액
정회원	50,000원	학생회원	30,000원
종신회원	300,000원	특별회원/1구좌	2,000,000원

- 입금계좌 -

우리은행 : 122-036471-13-501 (예금주) : 사)통신위성우주산업연구회

※ 문의사항이 있거나, 주소 혹은 연락처가 변경되신 분은 kosst2@kornet.net,
 Tel : 02-597-7396~8, FAX : 02-597-7399 로 연락해 주시기 바랍니다.

여러분의 정보를 소중히 다루겠습니다.



연구회 소식

연구회논문지 증편 발행(2013년도 4회)

우리 연구회 논문지 '통신위성우주산업연구회논문지'는 2013년도부터 년4회를 발간함으로써 명실상부한 통신위성우주산업계의 발전을 선도하는 연구회가 되었다. 그동안 회원 여러분의 다양한 연구 활동을 통하여 발현된 연구논문들을 수록하여 발표하였으며, 발표한 논문들은 우리 연구회와 관련된 영역의 학술 및 기술 이론을 발전시키는 중요한 요소가 되었다. 2013년 3월에 발간된 제8권 1호는 15편, 6월에 발간된 제8권 2호는 16편, 9월에 발간된 제8권 3호는 10편의 논문을 게재하였으며 12월

에 발간될 제8권 4호에서도 약 15편의 논문지가 게재될 예정이다. 특히 위성통신 및 우주산업 분야의 논문 작성이 숨지 않은 현실에서 회원 여러분의 적극적인 연구 활동 덕분에 우리 연구회 논문지가 관련분야의 학술 및 기술 이론 발전을 이끌어왔으며 앞으로도 많은 회원들의 논문 투고를 기대한다. 논문지 증편발행으로 논문 투고를 해주신 회원 여러분과 논문지 심사와 편집으로 아낌없는 봉사해 주신 논문지 편집위원회 위원 여러분께 경의와 깊은 감사를 드린다.

우주좌담회 개최



△ 발표



△ 전시회

연구회는 지난 6월 27일 ‘국가재난에 대비한 통신체계 현황 및 개선방안’이라는 주제로 서울 여의도 중소기업회관에서 ‘2013 국가재난대비 우주산업 기술 및 정책 세미나’를 개최하였다. 본 세미나는 우리나라 재난대비 통신체계의 정책적, 기술적 현황을 고찰하고 더욱 진전된 단계로 도약하기 위한 구체적이고 실질적인 방안을 발표하고 토의하는 뜻깊은 자리였다. 이번 세미나는 (사)한국ICT이용자보호원, 전자신문과 공동으로 주최하는 행사로서 이동진 총무이사의 사회로 은종원 회장의 개회사, 윤동승 한국ICT이용자보호원 회장께서 축사로 자리를 빛내주었으며 황진하 국회의원과 변재일 국회의원께서는 세미나를 축하해주는 말씀을 보내주었다. 본 행사엔 ‘국가재난안전통신망 구축현황과 비전’이라는 주제로 김남 충북대 교수께서 기조연설을 하였고, 제1부 주제발표에서 위금숙 위기관리연구소 소장, 박성균 공주대 교수, 안도섭 한국전자통

신연구원 부장, 최성호 KT-SAT 실장께서 발표를 맡아주었다. 제2부에선 패널토의로 은종원 회장의 사회로 김재명 인하대 교수, 류장수 (주)AP위성통신 회장, 이주진 항공우주연구원 전원장, 정선종 한국전자통신연구원 전원장, 조항희 과학기술정책연구원 부원장께서 ‘국가재난에 대비한 통신체계 개선 어떻게 할 것인가?’라는 주제로 열린 토론이 있었다. 또한 본 행사는 동시에 통신위성, 우주산업에 대한 전시회도 개최하였으며 (주)인스페이스, 솔탑(주), AP 위성통신, KT-SAT 4개사가 참여하여 다양한 물품과 각종 영상 및 시스템을 소개하였다. 금번 행사는 통신위성 우주산업 분야의 높은 호응 속에 진행되었으며 전자신문에 게재되어 관련 학계와 산업계에 국가재난대비 통신체계에 대한 논의를 확산시키는 중요한 계기가 되었다. 본 연구회는 앞으로도 계속해서 통신위성과 우주산업에 대한 세미나를 지속적으로 개최를 하기로 하였다.

상반기 정기이사회 개최

지난 6월27일 서울 여의도 중소기업회관 근처 ‘한방대가’에서 2013년도 상반기 정기이사회를 개최했다. 이날 회의는 같은 날 개최한 ‘2013 국가재난대비 우주산업 기술 및 정책 세미나’를 마치고 진행하였으며 회의에서는 • 일반 업무현황보고 • 분과별 현황 및 추진업무계획 보고회를 가졌다. 분과

별 업무보고에서 총무분과 사항으로 임원연수회 결과보고, 학술분과 사항으로 과제진행 현황보고를 하였으며, 하반기 업무추진 현황으로 JC-SAT 2013 추진계획, 통우연 명칭변경, 정관변경을 위한 경위 보고 및 논의가 있었다. 은종원 회장은 연구회 발전을 위한 전임원진의 적극 참여를 권고하였다.



논문지 논문 모집안내

사단법인 통신위성·우주산업연구회는 위성통신, 전파·방송 및 우주 산업 기술 분야의 학문적 발전에 기여함과 아울러 관련 산업기술 발전을 도모하기 위하여 논문을 발간하고 있습니다. 동 분야 여러분의 적극적인 학술 활동을 권장하며 아래와 같이 다양한 분야에서의 논문을 모집합니다. 본 논문지는 한국연구재단에 등재후보지로 정식 등록되었으며, 모든 게재논문은 등재지 논문으로 인정됩니다.

■ 모집분야-위성분야

- Satellite communications and broadcasting
- Mobile and personal satellite communications
- Satellite and terrestrial network integration for Ubiquitous society
- Earth station and onboard equipment technologies
- New services and applications using satellites
- Efficient usage of satellite spectrum and orbit resources
- Market analysis and business issues in satellite and space technologies
- GPS, Remote Sensing technology • Mission analysis and design / Orbit mechanics

■ 모집분야-전파분야

- Communication Modem and Networks • Wave Theory and Antenna Technology
- RF and Microwave Technology • Space channel model and Radio Propagation
- Spectrum sharing Technology (UWB, Cognitive Radio)
- Digital Broadcasting and Image processing • Signal processing and Security
- Mobile Communications and applications • Wireless component design and H/W
- Green IT Technology and Policy

※ 상기 분야이외에도 위성통신 및 전파분야와 관련된 논문의 투고를 환영합니다.

■ 응모기한 : 수 시

■ 참고사항

- 작성요령 : <http://www.kosst.or.kr> 논문투고요령 및 논문양식 참조
- 논문선정 : 연구회 규정의 소정 심사를 거쳐 선정하며, 필요시 논문의 수정보완을 요구할 수 있음.

■ 보낼 곳 : (137-070) 서울시 서초구 서초동 1599-11 리더스빌딩 1405호

통신위성·우주산업연구회사무국 (전화 : 02-597-7396/8)

E-mail: kosst2@komet.net <http://www.kosst.or.kr>

- 기 타 : 기타 의문사항은 홈페이지(www.kosst.or.kr)참고하거나, 사무국에 문의 바랍니다.

통신위성우주산업연구회 논문지 편집위원회



입 회 안 내

통신위성·우주산업연구회는 우리나라 위성통신·전파·방송 및 우주 분야 산업과 기술 발전을 도모하기 위하여 1991년 결성된 전문가 단체입니다. 이에 뜻을 같이하는 전문가 여러분의 참여를 환영합니다.

1. 회원의 구분 및 자격

- (1) 정 회원 : 당 연구회의 목적사업에 참여하고자 하는 자
- (2) 학생회원 : 당 연구회의 목적사업에 참여하고자 하는 대학 및 대학원 재학생
- (3) 명예회원 : 우주과학 기술발전과 위성통신 방송산업 발전에 크게 공헌하고 학식과 덕망이 높은 자
- (4) 특별회원 : 당 연구회의 발전 및 운영에 크게 이바지하는 단체(회사)

2. 입회금 및 회비

- (1) 입회비: 20,000원 (재외국민 \$20.00)
- (2) 년회비
 - (가) 정 회원: 50,000원 (재외국민 \$50.00)
 - (나) 학생회원: 30,000원
 - (다) 명예회원: 없음
 - (라) 특별회원: 상장기업 및 대기업 2,000,000원/1구좌
중소기업 및 기관·단체 1,000,000 ~ 2,000,000원
- (3) 종신회비: 300,000원

3. 입회절차

본회의 취지에 찬동하는 분(또는 단체)으로서 입회신청서(소정양식)를 제출하고 입회비 및 입회년도 년회비를 납부하여 이사회의 승인을 득함으로써 회원의 자격을 얻는다.

4. 입회신청서 제출 및 입회비·년회비 납부처

- (1) 입회신청서 제출(홈페이지 www.kosst.co.kr 에서 양식 다운받아 작성)
서울시 서초구 서초동 1599-11 리더스빌딩 1405호 (137-070)
(사)통신위성·우주산업연구회
전화: (02)597-7396/8 팩스: (02)597-7399, E-mail: kosst2@komet.net
- (2) 입회금 및 년회비 납부
 - 납입은행: 우리은행
 - 계좌번호: 122-036471-13-501
 - 예금주: 사)통신위성우주산업연구회

사단법인 **통신위성 · 우주산업연구회**

입 회 원 서

단체(회사)명:

상기 단체(회사)는 귀 연구회의 취지에 찬동하여 귀 연구회의 특별회원(단체)으로
입회하고자 입회원서를 제출합니다.

년 월 일

(신청인) 주 소
상 호
대표자 (인)

단법인 통신위성·우주산업연구회 회장 귀하

단 체 (회 사) 소 개

상 호	한 글		한 자					
	영 자							
대 표 자	성 명		한 자		영 자			
주 소				설립년도				
사 업 자 등록번호		업 종		종 업 원		名		
간 사	성 명		직 위		전화번호		FAX	
	성 명		직 위		전화번호		FAX	
	E-Mail							
주요사업 실적 및 특기사항								

위성통신과 우주산업

Satellite Communications and Space Industry

제20권 제1호 통권 35호 2013년 12월 31일

편집위원장 차재상 (서울과기대 교수)
부 위 원 장 이상운 (남서울대 교수)
편 집 위 원 김윤길 (AP시스템(주) 부장)
백명진 (KARI 책임)
신천식 (ETRI 책임)
이상현 (Satrec 박사)
이 한 (Skylife 팀장)
이호형 (KARI 책임)
이항재 (전파연 연구관)
정문규 (SKT 과장)
전태현 (서울과기대 교수)
정인철 (성공회대 교수)
최경수 (ETRI 책임)
최성호 (KT 부장)
홍인기 (경희대 교수)
황도순 (KARI 실장)

발행인 은종원
편집인 차재상
발행처 통신위성·우주산업연구회
(우) 137-070 서울시 서초구 서초동
1599-11 리더스빌딩 1405호
전화 : 02-597-7396~8
팩스 : 02-597-7399
E-mail : kosst2@kornet.net
http://www.kosst.or.kr

발행일 2012년 12월 31일
인쇄처 미래미디어 TEL.02-815-0407

투 고 요 령

1. 투고는 논문, 기술 및 정책논단, 기술동향 참관기, 특별기고를 대상으로 하며 원고는 MS-Word 및 Hwp로 작성하여 전자 우편으로 제출한다.
원고의 분량은 논문, 기술 및 정책논단, 기술동향은 A4 10매 이내, 참관기 및 특별기고는 A4 5매 이내로 작성하다.
(E-mail : kosst2@kornet.net)
2. 그림은 인쇄할 수 있도록 깨끗이 그려야 하며, 그림화일도 함께 제출한다.
3. 그림, 표는 [그림 1], [그림 2], <표 1>, <표 2>, ... 등으로 표시하고 간단한 설명을 붙여야 하며, 그림의 설명문은 그림 밑에, 표의 설명문은 표 위에 기입한다.
4. 논문은 본문, 부록, 참고문헌의 순으로 한다.
5. 원고중 장에 해당하는 번호는 로마자(I, II...)로, 절에 해당되는 번호는 아라비아자(1, 2, 3, ...)로 표기한다.
6. 원고중 장, 절의 제목에 해당하는 영문은 단어 첫자마다 대문자로 표기하고 나머지는 소문자로 표기한다. 본문 중에서도 문장에 처음 시작하는 첫자만 대문자로 표기하고 나머지는 소문자로 표기한다.
7. 원고의 참고문헌은 반드시 본문에 인용한 것만을 기재하되 기재 방법은 아래 예와 같이 표기한다.
가. 논문지 : 저자명, 제목, 잡지명, 권, 호, 페이지, 월, 년도
나. 회 지 : 저자명, 도서명, 출판사명, 페이지, 년도
8. 저자의 사진, 약력, 주소, 관심분야, 전화, 팩스번호, E-mail을 첨부한다.