

# 통신해양기상위성 통신탑재체 개발

이성팔, 유문희, 최장섭, 조진호, 이용덕  
한국전자통신연구원 위성탑재시스템팀

## 1. 개요

위성통신기술은 정보통신기술과 우주기술이 결합된 미래형 고부가가치기술로 21세기 국가 전략기술로 기대된다. 국내 위성통신기술 발전과 위성산업 진흥을 위해, 방송통신위원회 (방통위) 출연인 통신해양기상위성 (통해기) 통신시스템 개발사업을 한국전자통신연구원 (ETRI) 주관으로 개발 하고 있다. 통해기 사업은 범부처 (교육과학기술부, 방송통신위원회, 국토해양부, 기상청) 공동 주관으로 개발 중이며, 2009년 6월 발사예정이다. [1,2]

ETRI 는 Ka 통신탑재체, 관제시스템 및 시험지구국의 국산화 및 실용화를 목적으로 개발 중이며, 이중 통신탑재체는 Ka 스위칭 중계기 및 다중빔 안테나의 우주인증 기술확보를 목적으로 하고 있다. 탑재체 국산화율은 80 % (총 20종 부품중, 국산화 수 16종) 이다

통신탑재체 설계에 따른 중계기, 안테나서브시스템의 제작시험이 완료되어, 개발일정에 따라 탑재체와 위성체간 종합화 시험이 예정대로 수행 중에 있다. 또한 위성발사 후, 탑재체 우주인증을 대비하여 궤도내 시험계획을 수립중이다.

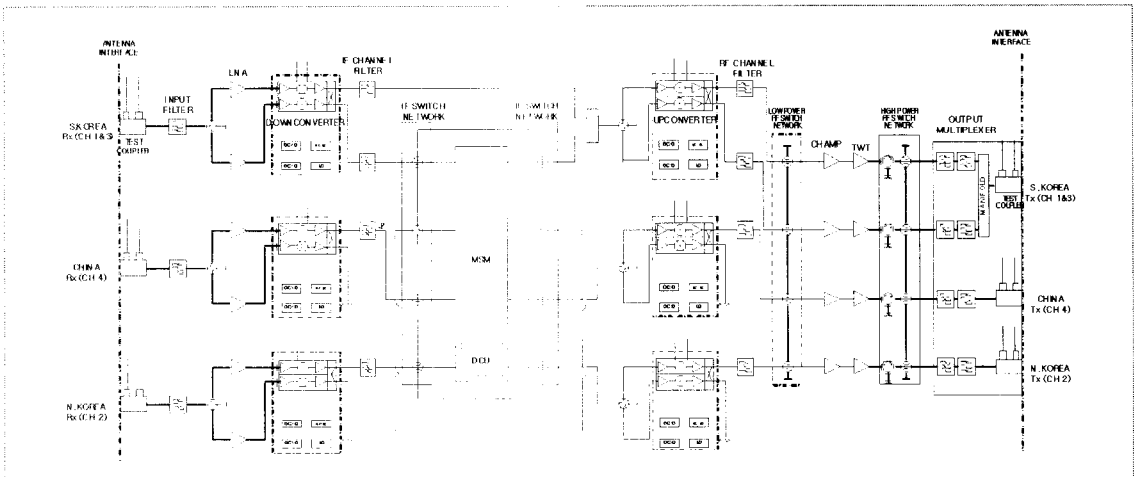
본 고에서는 통해기위성의 통신탑재체 국산화 개발을 중점으로 논하고자 한다.

## 2. 통신탑재체 설계제작시험

### 2.1 중계기 설계제작시험

#### 2.1.1 중계기 설계

Ka 중계기는 On-board 스위칭 구조로, 구성은 [그림 1]과 같다. 사용주파수는 상/하향 30 GHz/20GHz, 채널수는 4채널 (예비 1 포함), 채널당 100MHz 이며, 중계기는 4 X 4 MSM (Microwave Switching Wave) 을 통한 채널스위칭 기능과 단순신호중계기능이 있다.



[그림 1] Ka 대역 중계기 블록도

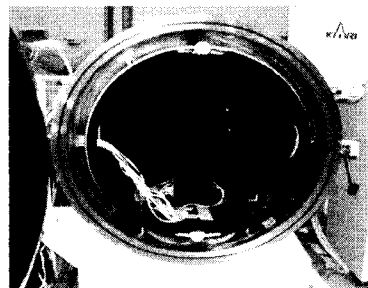
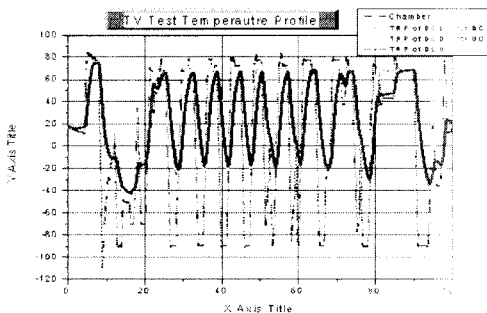
#### 2.1.2 중계기 제작

##### 2.1.2.1 중계기 부품 우주환경시험

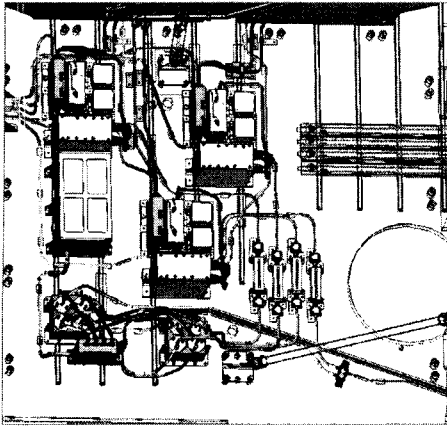
ETRI 설계하고 국내 위성부품업체(KoSPACE, MM Lynx, SaTREC-I)가 제작한 중계기 부품은

위성버스체 제작업체 (Astrium/프) 제시 다음의 우주환경 시험조건을 모두 만족하였다. [3]

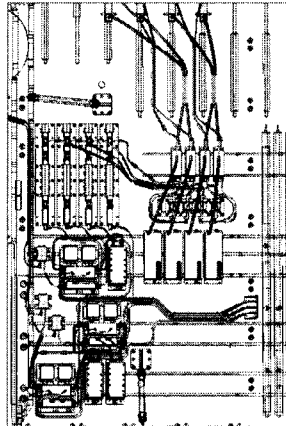
- 충격시험 : 위성발사시 또는 발사체 분리시, 충격에의 생존성 검증
- 진동시험 : 정현파 진동과 랜덤진동시험을 통



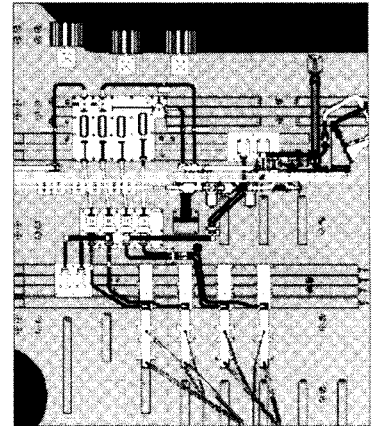
[그림 2] 열진공 시험결과와 시험장치



[그림 3] 저온영역 부품배치 (패널 상부)



[그림 4] 저온영역 부품배치 (패널 하부)



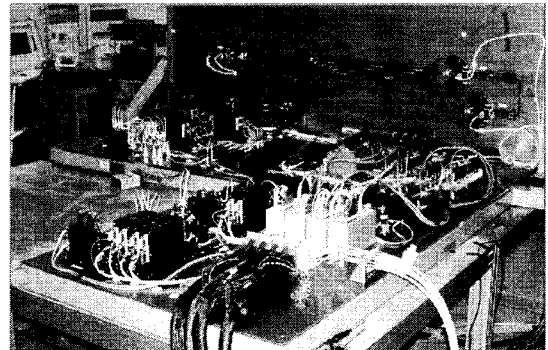
[그림5] 고온영역 부품배치 (패널 상부)

한 위성발사시 진동환경에의 생존성 검증  
 - 열진공시험: 우주 열진공 환경에서의 요구성  
 능 충족 및 작업성 검증  
 예로써, 열진공 시험결과 및 시험장치는 아래  
 그림과 같으며, 시험측정결과는 규격 대비 만  
 족함을 보여준다. [그림 2]

### 2.1.2.2 중계기 제작

통신중계기는 위성본체 남쪽패널(South Panel) 내부에 위치하며, 채널 구성은 부품들의 발열 온도량에 따라 저발열 부품(LNA, MSM 등)과 고발열 부품(TWT, OMUX 등)들의 온도조절을 쉽게 하기 위해서 그림과 같이 3개의 구역으로 구분되며, 각 구역은 특정 온도범위 이내로 유지되도록 방열판 면적등이 결정된다.

위성본체 남쪽패널에는 중계기부품 외에 버스부품(태양전지판, 구동장치, 배터리 등)이 위치하며, 중계기 부품들의 배치설계 조건은, 도파관과 케이블에 의한 RF 손실최소화, 작업 용이성 및 유지보수 편리성, 열제어 용이성에 따른 동일 발열량부품들의 그룹화, 고출력부품들의 외부 부착형 히트파이프 위에서의 위치이다. 최종 중계기조립결과물은 [그림6]과 같다.



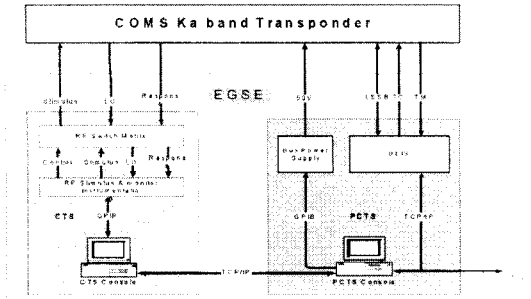
[그림 6] 통신해양기상위성 통신 중계기 조립형상도

### 2.1.2.3 중계기 성능시험

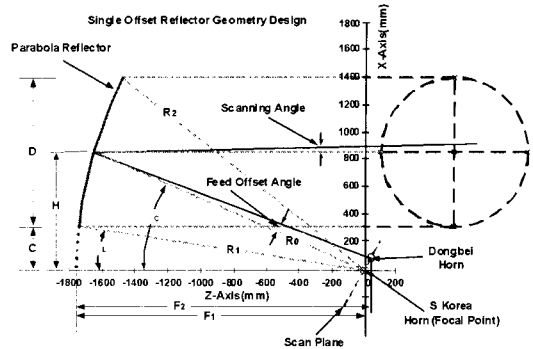
중계기시험은 지상성능시험장치(EGSE)로 수행되며, EGSE는 중계기 RF 장비로 구성된 CTS부와 중계기 TM/TC 및 전원공급을 위한 PCTS부로 구성된다. [그림 7]

EGSE를 통해, 최대 출력 등의 중계기 성능시험을 수행한다.

중계기 규격 대비 시험측정값 <표1>은 모두 규격을 만족하며, 일부 성능 파라미터 측정값은 설계분석값보다 우수함을 보여준다.



[그림 7] EGSE 구성도



[그림 8] 위성체 동쪽 패널에 위치한 안테나의 전기적 구성 (East Panel)

<표 1> 중계기 RF 설계 및 시험측정값

성능 파라미터	규격	설계값	시험측정값	
잡음지수	< 4.5dB	4.01	4.07	
출력전력	≥ 17.7dBW	18.49	19.25	
진폭 비선형성	3dB IBO	≤ -9.0dB	-10.0	-9.04
	10dB IBO	≤ -15.0dB	-15.0	-15.13
주파수 진폭 응답	±30MHz 오프셋	< 1.08dBpp	0.37	0.54
	±50MHz 오프셋	< 4.49dBpp	1.73	0.69
군지연 응답	0MHz 오프셋	< 1.4ns	0.64	0.63
	±30MHz 오프셋	< 7.95ns	1.81	2.2
	±50MHz 오프셋	< 45.5ns	21.16	12.68

## 2.2 안테나 설계제작시험

### 2.2.1 안테나 설계

안테나는 Parabolic 반사판, Feed Assembly 로 구성, 위성본체 동서패널 양쪽에 위치한다. 피드 어셈블리는 피라미드 혼, Diplexer, 송/수신 waveguide로 구성, 안테나는 동경 128.2도 정지 궤도 위치에서 방위각 -0.09 deg, 양각 5.75 deg 방향으로 지향하도록 설계되었다. [4]

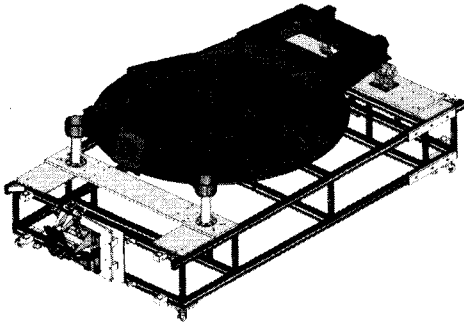
### 2.2.2 안테나 제작

#### 2.2.2.1 안테나 부품 환경시험

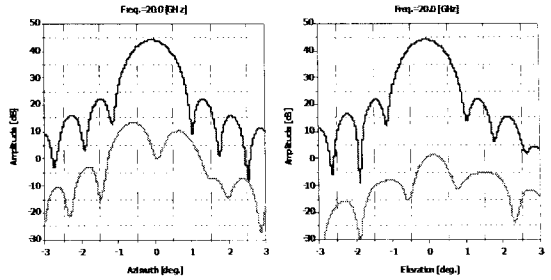
안테나 반사판과 피드어셈블리는 우주환경시험을 통해 극한환경에 견딜 수 있는지 검증한다. 진동시험은 Low-level sine survey를 통하여 반사판 고유진동수 측정 및 구조물의 파손여부 검증, 음향소음시험을 통한 발사시의 음향소음에 반사판이 견디는지를 시험, 열진공시험을 통한 우주환경의 온도변화와 열변형에의 영향여부를 시험한다. 환경시험 종료후, 안테나 최종성능시험을 통해 통해기 Ka 안테나가 우주환경에 영향 없음을 검증하였다.

#### 2.2.2.2 안테나 제작

안테나 제작은 기계적지원장비 (MGSE ; Mechanical Supporting Ground Support) 를 통해, 반사판과 피드어셈블리 구성품을 종합화 및 기계적정렬을 실시하며 [그림 9], 정렬로 안테나 빔포인팅 정확도와 안테나 빔간 상호작용(X-Pol. Isolation 등) 최적화 유지한다.



[그림 9] 안테나 종합화형상 (MGSE 에 위치한 모습)

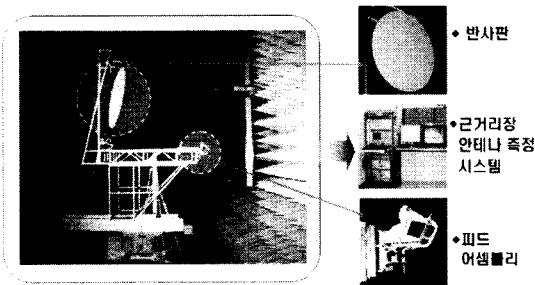


[그림 11] 송신 2D Cut Pattern (남한 빔)

### 2.2.3 안테나 시험

안테나 성능측정시험은 두단계로 나뉘어 실시하였으며, 1단계는 안테나 NFR 시험 (ETRI 시설), 2단계는 위성체 형상을 고려한 안테나 CATR 시험 (MDA/캐)이다.

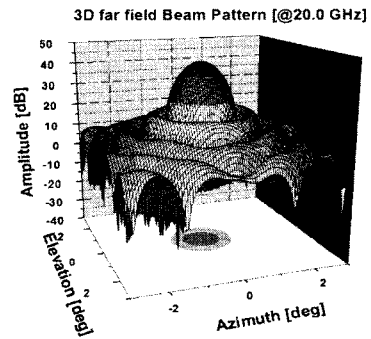
1단계 측정시, NFR 시험을 위한 안테나 근역장 시험시설이다. [그림 10]



[그림 10] 안테나 NFR 시설 및 측정장치

안테나 기계적 정렬측정결과 (3축 방향회전에서  $\pm 0.05$  이내) 안테나 규격 만족하였다.

남한 송신주파수에 대한 안테나 빔패턴 측정값 [그림 11], 근거리장 측정 후 원거리장으로 변환한 3차원 빔패턴을 나타내고 있다. [그림 12]

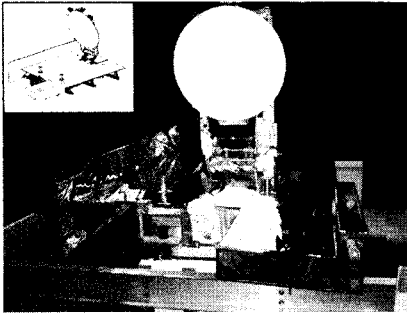


[그림 12] 송신 3D 빔패턴 (남한 빔)

2단계 측정을 위한, 콤팩트 레인지 (CATR) 시험목적은 안테나 서비스 빔커버리지 포인팅 정확도와 다중빔 안테나의 빔간 상호작용 (Cross Polarization Isolation 등) 성능검증이며, 시험은 세계 상용위성안테나 CATR 시험경험과 검증시설 보유 MDA (캐)에서 공동수행하였다. [5]

CATR 환경 구축을 위해, 통해기 위성체 구조물과 유사한 MGSE 모형을 제작하였다.

안테나 주요 규격 대비 설계값과 시험측정값은 <표 2>와 같다



[그림 13] 위성체 모형물과 시험 측정중인 East 안테나

[표 2] East Antenna 시험측정값 (South Korea)

성능 파라미터		규격	설계	시험측정값	
				NFR	CATR
EOC 이득 (dB)	송신 (20 GHz)	>40.9	42.12	42.54	42.93
	수신(29.8 GHz)	>42.8	43.03	43.12	44.25
부엽파 레벨 (dB)	송신 (20 GHz)	>20	22.52	22.02	21.34
	수신(29.8 GHz)	>20	27.24	25.87	32.62
이득 기울기 (dB/deg)	송신 (20 GHz)	<13	11.05	11.67	10.01
	수신(29.8 GHz)	<22	20.30	21.33	17.10
교차편파 분리도 (dB)	송신 (20 GHz)	>20	32.93	33.97	31.57
	수신(29.8 GHz)	>20	31.54	27.95	29.36

### 2.3 비행모델 탑재체 성능 분석

상기 절에서 설명된 중계기 시험 결과와 안테나 시험 결과를 근거로 Ka 대역 탑재체의 요구성능 대비 비행모델 예상 성능을 분석할 수 있다. 분석결과, Ka 대역 탑재체의 중요한 성능 파라미터인 G/T와 EIRP의 분석 값이 다음과 같이 요구성능을 충분히 만족하였다. [6]

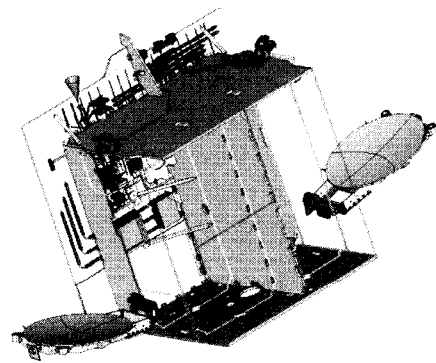
\* G/T : 15.4 dB/K (요구성능 13 dB/K 이상)

\* EIRP : 62.0 dBW (요구성능 58 dBW 이상)

## 3. 탑재체와 위성체간 종합화 시험

### 3.1 중계기 - 위성체 종합화

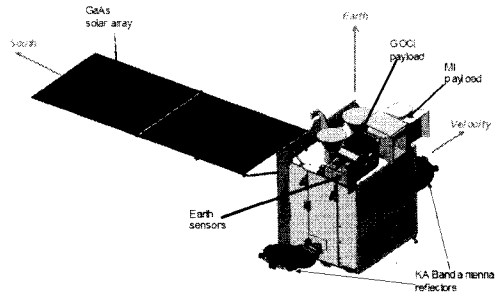
중계기는 위성의 +Y 패널과 상부패널에 다음 [그림 14]와 같이 배치되며 종합화 후 전기적 접속확인과 성능확인시험을 통하여 제 성능을 검증하게 된다.



[그림 14] 통해기 통신탑재체 종합화형상

### 3.2 안테나 - 위성체 종합화

안테나는 위성의 동서패널에 각각 부착되며 정밀한 정렬측정장비를 이용하여 지구 지향각도를



[그림 15] 통해기 위성 최종 조립 형상

엄밀히 조정하게 된다. 안테나 뒷면은 태양 및 심우주와의 복사열전달을 방지하기 위해 다층단열재(MLI)로 둘러싸게 되며, 안테나 반사판은 위성에 부착된 뒤, 우주에서 원활히 전개되는지를 사전에 지상에서 전개시험을 통하여 검증하게 된다. 최종조립된 통해기 위성 형상이다. [그림 15]

### 3.3 탑재체-위성체 시험

탑재체 조립시험 (AIT) 는 3단계로 구분되며, 단계별 주요 활동은 다음과 같다. [7]

- \* Step-1 AIT: FM 부품을 dummy 중계기 패널(+Y)과 top floor에 조립하여 초기 성능시험 수행. (ETRI-Clean room)
- \* Step-2 AIT: FM 부품을 FM 중계기 패널(+Y)에 조립하여 TM/TC 시험 수행만 수행하며 FM top floor는 조립하지 않음. (KARI-위성조립실)
- \* Step-3 AIT: +Y FM panel과 FM top floor를 spacecraft(S/C)에 조립하여 S/C 레벨에서의 각종 성능시험 수행 ((KARI-위성조립실)

탑재체-위성체 조립에 따른 통해기 성능시험시 주요 시험항목은, TM/TC check, 입/출력 VSWR., Noise figure, 입출력 신호세기, RF 채널 이득크기, 주파수 변환, Spurious output, Amplitude linearity, Phase Shift, Gain-frequency response, Gain slope, Group delay, RF leak and spray test 등이다.

## 4. 궤도내 시험 계획

### 4.1 위성 발사전 Health check 계획

위성 발사 전, 지상에서의 최종시험으로 중계기의 TM/TC가 정상동작 여부를 확인하는 시험이다. TM/TC로 확인 가능한 항목은 중계기 부품의

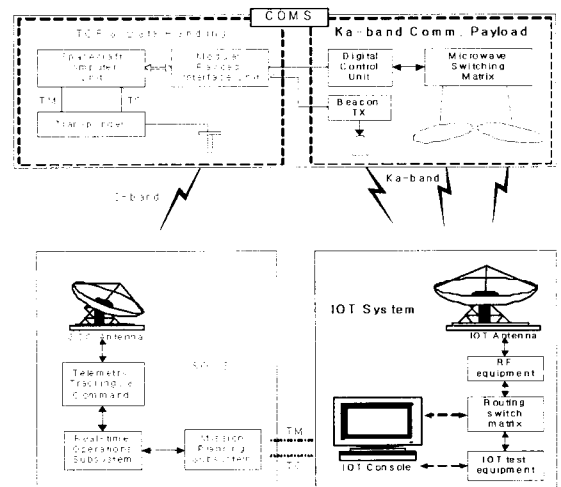
ON/OFF, 각종 RF 스위치들의 스위치 동작, 채널앰프 작동모드와 이득조절 기능, RF스위치-매트릭스 스위치접점 작동, TWTA 포함 RF 부품 전류/전압 상태 등이다.

### 4.2 IOT 계획

위성 발사 후, 궤도내시험(In-Orbit Test, IOT)은 위성의 정상운용 전에 수행하는 일련의 측정 시험으로 발사전 측정 통신탑재체 성능값이 발사 후에도 동일한지를 확인하는데 있다.

통신탑재체의 IOT 시험을 위해, 탑재체, 지상 IOT 시스템, 탑재체와 IOT 시스템간의 TM/TC를 전달해주는 위성내 TCR 시스템, 지상 관제시스템(SOCS)으로 구성된다.

측정하고자 하는 탑재체의 성능 파라미터로는 IPFD/EIRP 시험, RF Gain Curve 시험, Transition Frequency 시험, Gain Steps 시험, Level Control, Frequency Response 및 안테나 Patten Cut 등이다.



[그림 16] IOT 시험 구성도

## 5. 결론

본고에서 제시된 통해기 Ka 통신탑재체 탑재 체시스템 설계제작시험 과정 및 결과를 통해, 통신탑재체가 당초 목표대로 개발되고 있음을 알 수 있다. 특히, ETRI 설계, 국내 위성사 (SaTREC-I, KoSPACE, MM-Lynx, KAL) 제작, ETRI 와 국내위성사 공동 시험 수행을 통해, 당초의 통신 탑재체 국산화 개발목표가 성공적으로 수행되고 있음을 보여주고 있다. 개발일정에 따라, 탑재체와 위성본체간의 종합화시험이 예정대로 진행중이며, 위성발사후 탑재체 우주인증을 위한 궤도 내시험계획을 수립중이다.

통신탑재체 개발목표인 국산화 및 우주인증 기술확보 달성 이후, Ka 통신탑재체의 재난비상위 성통신망 및 공공행정통신망 등에서의 공공목적 활용계획 수립 및 이에 연계된 장비구축 계획을 수립하고 있다. 또한 국내 위성제작사를 통해, 우주 인증이 검증된 국산화 통신탑재체 시스템 및 부품기술의 해외 수출도 기대된다.

### ❖ 참고 문헌 ❖

[1] S.P. Lee, "Development of Satellite Communication System for COMS", APSCC 2004, 2004, pp. 71-96  
 [2] S.P. Lee, J.W.Eun, K.S. Choi, C.S.Sin, J.W. Park, Y.M. Lee "Conceptual Design of the Satellite Communication System for Communication, Ocean and Meteorological Satellite", KICS 2004 fall Conference, 2004, pp. 148-152.  
 [3] Y.D.Lee, J.S.Choi, J.W. Park, S.P.Lee,

"Ka-band Antenna Subsystem Pointing Variation Analysis", Joint Conference on Satellite Communications, 2006, pp. 81-86.

[4] Ka Payload System CDR Document, ETRI (2005.12.)  
 [5] Ka Payload System TRB Document, ETRI (2008.2)  
 [6] Spacecraft to Ka-Band Communication Payload ICD, Astrium(2007)  
 [7] COMS CDR Datapackage, Astrium (2007.03)

### ❖ 필자 소개 ❖

이 성 팔

- 한국전자통신연구원 팀장
- splee@etri.re.kr

유 문 희

- 한국전자통신연구원 책임연구원
- moon@etri.re.kr

최 장 섭

- 한국전자통신연구원 연구원
- chaos@etri.re.kr

조 진 호

- 한국전자통신연구원 책임연구원
- jhjo@etri.re.kr

이 용 덕

- 한국전자통신연구원 연구원
- ydlee@etri.re.kr