

## 엔지니어링 모델 Ka 대역 위성통신 탑재체 구현 및 시험

박종홍, 신동환<sup>u</sup>, 정병현, 이재현, 이성팔  
한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 위성통신시스템연구부  
전화 : 042-860-5513, Fax : 042-860-6949

### Engineering Model Ka-band Satellite Communications Payload Implementation and Test

J. H. Park, D. H. Shin, B. H. Chung, J. H. Lee, S. P. Lee  
Satellite Communications System Department, ETRI-Radio & Broadcasting Tech. Lab.  
E-mail : jpark@etri.re.kr

#### Abstract

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) developed the Ka-band satellite communications payload. This system is able to provide a high data rate communication service with a bandwidth of 200 MHz, a wideband digital trunking services up to 155 Mbps and asymmetrical internet multimedia service. The system employs the common receive/transmit antenna and the 2-for-1 redundant scheme for the LNA-Downconverters. The different types of high power amplification, TWTA for one chain and SSPA for the other chain, are used for the variety of experimental options. For the reliable test of the payload, EGSE was also developed. The parametric RF tests were carried out in order to measure the performance of Ka-band communication subsystem, in most case the results of RF performance test complied the payload requirement.

#### I. 서론

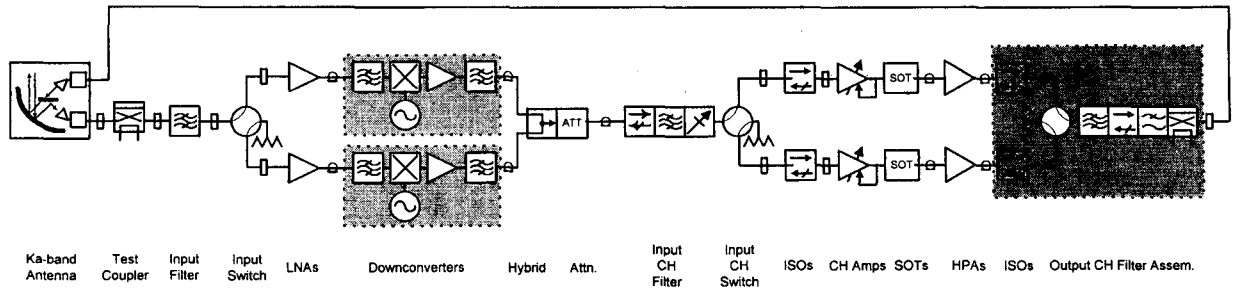
전세계적으로 통신 및 방송 위성망 구축이 매우 활발해짐에 따라 위성통신 가용 주파수 및 궤도 자원이

고갈되어 가고 있다. 특히 아태지역을 중심으로 지금 까지 주로 이용해 온 C 대역과 Ku 대역의 주파수 및 궤도 자원이 거의 고갈되어 가고 있는 관계로 국내 통신방송 위성망 구축을 위해 새로운 위성 주파수 자원인 Ka 대역 위성통신 중계기술이 요구되고 있다[1].

신규 위성통신 서비스는 기존의 음성 또는 저속 데이터 등에서 벗어나 멀티미디어화가 요구될 것이며, 이의 실현을 위해서도 광대역의 주파수 자원을 가지고 있는 Ka 대역 활용의 필요성이 제기되고 있다.

이에 따라 21세기초부터 Ka 대역 위성통신 중계기의 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되어 선진국을 중심으로 Ka 대역 위성통신 기술 및 시스템 개발이 매우 활발하게 진행되고 있다.

한국전자통신연구원은 Ka 대역 위성 중계기 시스템 및 RF 성능 분석 시스템의 기본적인 설계, 조립, 종합화, 시험기술을 바탕으로 Ka 대역 위성통신 탑재체를 개발하였다. 이 탑재체는 상향 주파수 30.085 ~ 30.885 GHz, 하향 주파수 20.355 ~ 21.155 GHz에서 동작하도록 제작되었으며, 한반도를 서비스 영역으로 포함하고 있다. 이 탑재체는 전형적인 Bent-pipe형이며, 고용량의 통신 서비스를 위한 200 MHz의 대역폭을 가지고 있고, 입력 여파기(Input Filter), 저잡음증폭기(LNA), 하향주파수변환기(Downconverter), 입력 채널 여파기(Input Channel Filter), 채널증폭기(Channel Amplifier), 고전력증폭기(HPA), 출력 채널 여파기(Output Channel Filter), 고조파 제거 여파기(Harmonic Rejection Filter) 등으로 구성되어 있다. 개



(그림 1) Ka 대역 통신 탑재체의 블록 다이어그램

발된 Ka 대역 위성통신 탑재체를 이용해 155 Mbps급 국간 중계 서비스, 비대칭 인터넷 멀티미디어 서비스 등의 광대역 멀티미디어 서비스가 가능하다.

## II. Ka 대역 탑재체의 구조와 기능

Ka 대역 통신 탑재체는 안테나와 증계기로 구성되어 있다. 안테나는 주반사판, 주파수 선택형 반사기(Frequency Selective Surface; FSS), 송·수신 급전 혼, 그리고 편파기로 구성되어 있다. 송·수신 급전 혼은 수평, 수직면에 대칭 구조이며 각각의 송·수신 주파수 대역에서 최적의 동작을 하도록 설계되었다. Ka 대역 증계기는 입력 여파기, 2:1 예비기 구조의 LNA-하향 주파수 변환기, 입력 채널 여파기, 채널증폭기, 고출력 증폭기, 출력 채널 여파기, 고조파 제거 여파기 등으로 구성되어 있다. 또한 이 시스템은 TWTA(Traveling Wave Tube Amplifier) 와 SSPA(Solid State Power Amplifier) 2종의 고출력 증폭기를 장착하고 있다. (그림 1)에 Ka 대역 통신 탑재체의 블록 다이어그램을 나타냈다.

### 2.1 안테나 부시스템

Ka 대역 안테나는 상향 링크 30.085 ~ 30.885 GHz 와 하향 링크 20.355 ~ 21.155 GHz에서 동작한다. 안테나의 설계는 요구사항에서 제시된 빔 형태와 EIRP, G/T를 만족하도록 최적화 되었다. <표 1>에 안테나 부시스템의 성능을 나타냈다.

반사판은 단일 오프셋 구조로, 지구쪽 패널에 장착되며 지름은 0.82m이다. 주파수 선택형 반사기는 일종의 여파기와 같은 역할을 하며, 안테나 부시스템의 무게와 부피를 줄이는데 효과적이다. 수신 신호는 주파수

선택형 반사기에서 반사되며, 송신 신호는 주파수 선택형 반사기를 통과하게 된다.

따라서 송신 급전 혼은 포물면형 반사판의 원래 초점에 위치하며, 수신 급전 혼은 주파수 선택형 반사기에 의해 새롭게 생성된 초점에 위치한다. 급전 혼은 높은 효율과 낮은 교차 편파 레벨을 제공하기 위해 원형 코러게이트 혼으로 제작되었으며 혼의 개구면 지름은 수신용 5.4cm, 송신용 6.2 cm 이다[2].

<표 1>Ka 대역 안테나의 주요 파라미터

Parameter	Receive	Transmit
Frequency[GHz]	30.085 ~ 30.885	20.355 ~ 21.155
EOC Gain[dBc]	39.5	39.5
Polarization	RHCP	LHCP
Return Loss[dB]	21	23.2
Gain Variation[dBp-p]	0.18	0.21
Gain Slope[dB/MHz]	0.004	0.001
Axial Ratio[dB]	2	2
Sidelobe Level[dBc]	-26	-37

### 2.2 Ka 대역 증계기

Ka 대역 위성통신 증계기는 상향 중심 주파수가 30.485 GHz이고 대역폭 200 MHz인 채널을 목표로 하여 개발되었으며, 입력 여파기, 저잡음증폭기, 하향주파수 변환기, 입력 채널 여파기, 채널증폭기, 고전력증폭기, 출력 채널 여파기, 고조파 제거 여파기 등으로 구성되어 있다. 또한 시스템은 저잡음증폭기-주파수변환기, 채널증폭기-고전력증폭기의 2:1 예비기를 갖고 있으며, 다른 형태의 고전력 증폭기인 고체전력증폭기(SSPA)와 진행파관 증폭기(TWTA)를 고전력 증폭에 사용하였다.

입력 여파기는 안테나를 통해 받아들인 신호 중 30.085 ~ 30.885 GHz의 수신 주파수 대역의 신호를 받아들이고 대역의 신호를 제거한다. 입력 여파기를 통과한 신호는 지령 수신기 가능한 스위치를 통해 저잡음증폭기-주파수변환기로 입사된다. 저잡음증폭기는 위성 탑재체의 G/T성능을 보장하기 위한 저잡음 증폭을 수행하며, ETRI가 MMIC 기술을 이용하여 자체 제작한 것으로 최대 3.0 dB잡음지수를 갖는다. 주파수변환기는 하향 주파수변환에 필요한 안정된 신호를 공급하는 9730 MHz의 국부 발진기를 포함하고 있다. 주파수변환기를 통과한 신호는 하이브리드(Hybrid)를 통하여 입력 채널 여파기로 인도된다. 입력 채널 여파기는 채널 대역폭을 200 MHz로 정의하며, 전력 증폭을 수행하기 전에 인접 채널들의 신호를 제거하는 역할을 수행한다.

입력 채널 필터부는 입력 스위치를 통해 증폭부에 연결된다. 증폭부는 채널 증폭기와 고전력 증폭기로 구성되어 있다. 채널 증폭기는 고전력 증폭기를 포함시킬 수 있을 만큼 충분한 채널 이득을 제공한다.

채널 증폭기는 자동적으로 상향 링크 감쇄를 보상할 수 있도록 15 dB의 범위에서 적응형 이득을 갖는 ALC (Automatic Level Control) 기능을 포함한다. ALC 이득은 또한 상향 링크 신호 레벨과 고전력 증폭기의 구동 레벨에 대해 유연성을 갖도록 하기 위해 ALC 기능으로 동작하면서 지상 명령계에 의해 15 dB 이상의 범위를 0.5 dB 간격으로 조정이 가능하다.

ALC 기능은 지상 명령계에 의해 모드 변환이 가능하며 이 경우 채널 증폭기는 이득 범위 32 dB인 고정 이득 모드(Fixed Gain Mode : FGM)로 동작하게 된다.

고전력 증폭기로는 TWTA와 SSPA가 사용되었다. 지금까지는 위성 송신부의 고출력 증폭기로 전통적으로 높은 신뢰도와 기술적 경험이 충분히 검증된 TWTA가 주로 사용되었으나 증계기 전체의 질량증가와 선형성 특성 등의 문제로 인하여 SSPA의 사용이 고려되고 있는 실정이다. ETRI에서는 Ka 대역 위성증계기에 요구되는 MMIC형 SSPA를 개발하였으며, 본 시스템에 장착하였다. SSPA와 TWTA는 포화상태에서 각각 7.8 dBW(6 W)와 14.1 dBW(25 W)의 출력 전력을 낸다[3].

증폭부를 통과한 신호는 출력 스위치를 통해 출력 채널 필터부로 입사된다. 출력 채널 필터는 채널 대역을 다시 한번 정의하며 대역의 신호를 제거함으로써 불요 신호를 억제한다. 고조파 제거 필터는 고조파들과 상호 변조곱 성분들을 제거한다. 탑재체와 위성체 단계의 성능 시험을 위해 입력단과 출력단에 양방향 방향성 결합기가 부착되어 있다.

### 2.3 무게 및 소비전력

버스체 구조물을 포함한 통신 탑재체의 크기는 높이 1.2m, 너비 0.96m, 길이 1.3m (안테나가 전개될 경우 2.0m 길이)이며, 구조물의 무게를 제외한 탑재체의 무게는 42.8 kg이다. 위성통신 탑재체의 전체 소비전력은 TWTA 동작시 91.8 W이며, SSPA 동작시 175.8 W이다.

### 2.4 원격측정 및 원격명령 인터페이스

Ka 대역 위성통신 탑재체는 원격명령(Command)에 의해 원하는 동작모드에서 운용되며, 주요 부분의 상태에 대한 정보는 원격측정(Telemetry)에 의해 수집된다. <표 2>에 원격측정 및 원격명령 항목을 나타냈다.

<표 2> 원격측정 및 원격명령 항목

Components	Command	Telemetry
LNA-D/C 1	Power ON/OFF	Power ON/OFF Temperature
LNA-D/C 2	Power ON/OFF	Power ON/OFF Temperature
Input Switch	Position A/B	Position A/B
Input CH Filter		Temperature
Input CH Switch	Position A/B	Position A/B
CH Amp 1	Power ON/OFF ALC Level, FGM Gain	Power ON/OFF ALC Level, FGM Gain RF Output
TWTA	EPC ON/OFF	Hcater ON/OFF Beam ON/OFF Helix Current Cathod Current Temperature
CH Amp 2	ALC Level, FGM Gain	ALC Level, FGM Gain RF Output
CH Amp 2-SSPA	Power ON/OFF	Power On/OFF SSPA Temperature
Input CH Switch	Position A/B	Position A/B

## III. RF 성능시험

### 3.1 탑재체 RF 성능분석

Ka 대역 탑재체의 성능시험은 정확도와 반복성을 보장하기 위해 RF 성능 시험 장치인 EGSE(Electrical

Ground Support System)를 통해 측정하였다. EGSE는 CTS(Communication Test Equipment), PME(Platform Module Emulator), 주 컨트롤러, PME 컨트롤러 등으로 구성되어 있다. CTS는 RF 계측장비, 스위치, 감쇠기 등으로 구성되어 있으며, 통신 탑재체의 입/출력 테스트 커플러에 연결되며 주 컨트롤러와 GPIB 버스를 통해 통신한다. PME는 원격 측정과 탑재체의 상태에 대한 실시간 모니터링을 수행하며, XTE(Transponder Telemetry Equipment)와 XCE(Transponder Command Equipment) 그리고 SAS(Solar Array Simulator)로 구성되어 있다. PME 컨트롤러는 XTE/XCE와는 MIL-STD-1553B 버스로 통신하며, SAS와는 GPIB 버스로 통신한다[4].

<표 3> Ka 대역 위성통신 중계기의 RF 성능

Item	Requirement	Performance
Input Freq.	30.085~30.885 GHz	Same as left
Output Freq.	20.355~21.155 GHz	Same as left
Bandwidth	200 MHz	Same as left
Local Frequency	9730 MHz	Same as left
Input Power	Min : -86.54 dBm Max : -54.52 dBm	Min : -86.54 dBm Max : -54.52 dBm
Output Power	TWTA : 11.93 dBW SSPA : 7.65 dBW	TWTA : 13.24 dBW SSPA : 5.45 dBW
Noise Figure	4.55 dB	4.35 dB
Gain Variation	4.5 dB <sub>p</sub>	TWTA < 1.6 dB <sub>p</sub> SSPA < 4.5 dB <sub>p</sub>
Gain Slope	+ 3.7 dB/MHz	TWTA < 0.118 dB/MHz SSPA < 0.155dB/MHz
ALC & FG Mode	FGM : 32 dB ALC Range : 15 dB	FGM : 35 dB ALC Range : 17 dB
Group Delay	30 ns	TWTA < 12.49 ns SSPA < 11.40 ns
Amplitude Linearity (3 dB Back off)	TWTA C/I : 9 dB SSPA C/I : 10 dB	TWTA C/I : 9.11 dB SSPA C/I : 16.41 dB
AM/PM Conversion	5 degrec/dB	TWTA < 3.4 degrec/dB SSPA < 1.9 degrec/dB
G/T	9.4 dB/K	10.18 dB/K
EIRP	TWTA : 51 dBW SSPA : 46.5 dBW	TWTA : 52.24 dBW SSPA : 44.45 dBW

EGSE를 통해 측정하는 탑재체의 주요 시험 항목은 Input/Output VSWR, Input Gain Frequency and

Group Delay, Output Power, Frequency Conversion, IPS, Overall Gain Frequency and Group Delay, Gain in ALC & FG Modes, Receive Noise Figure, Phase Shift and AM/PM Conversion, Amplitude Linearity, Total Rejection Spurious Output 등이다. <표 3>에 Ka 대역 탑재체의 주요 RF 특성을 나타냈다[5].

#### IV. 결론

본 논문에서는 전자통신연구원에서 개발한 Ka 대역 위성통신 탑재체의 구조 및 구성부품 그리고 성능에 대해 기술하였다. 155 Mbps급 국간 중계 서비스, 비대칭 인터넷 멀티미디어 서비스 등의 광대역 멀티미디어 서비스를 위해 설계된 위성통신 탑재체 시스템은 제작과 시험을 통해 그 성능이 검증되었다. 이 연구를 통해 개발된 RF 부품들은 추가적인 품질 인증과 성능 향상 과정을 거쳐 국내에서 개발되는 통신방송위성에 장착될 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] 박광량, 김재명, "Ka 대역 위성통신 시스템 구성 기술", 1996. 8. 한국통신학회지, vol.13, no. 8.
- [2] 고지환, 엄만석, "격자사각 루프 형태를 갖는 주파수 선택 반사기", 1997. 9. 전자공학회논문지, 제 34 권 D편 9호.
- [3] M. S. Eum, K. W. Yu, D. P. Jang, J. H. Lee, S. P. Lee, "Ka-Band SSPA Using MMIC Technology", 2000 Topical Symposium on Millimeter Waves TSMMW 2000, pp 229~232, March 2000.
- [4] 정병현, "위성통신 중계기용 EGSE 소프트웨어 설계에 관한 연구", 1997.11. 한국통신학회 추계학술발표회 논문집
- [5] J. Park, D. Shin, B. Chung, S. Lee, "Development of Ka-Band Experimental Payload System", 18th AIAA ICSSC, pp 513~519, April 2000.