

Ka-band VSAT 위성통신용 UP-CONVERTER 설계**

* 정인기, 이강훈, 이영철

경남대학교 정보통신공학부

Design of Ka-band Up-Converter for VSAT Satellite Communication

*In-Ki Jeong, Kang-Hoon Lee, *Young-Chul. Rhee

*Div. of Information & Comm. Eng., Kyungnam University,

E-mail : * micropt@kyungnam.ac.kr

요 약

본 논문에서는 상용소자의 특성과 상향변환기의 모듈에 소요되는 링크전력을 비교분석하여 Ka-band VSAT UP-CONVERTER를 설계하였다. 30GHz~31GHz대역에서 2W 출력신호를 나타내기 위하여 상향변환시스템은 IF증폭단, 감쇄기, 믹서단, 대역통과필터 및 2W 전력증폭단으로 구성시켰으며 상용MMIC를 이용하여 설계된 상향변환모듈은 6.29dBm~7.88dBm의 출력전력, 이득은 23.19~28.15dB를 Gain flatness는 4.95dB를 나타내었다. 최종단의 전력증폭기는 33.75~34.96dBm의 출력전력을 나타내었으며 이득은 38.5~41.98dB로 측정되었다.

1. 서론

정보통신시대에 있어서 멀티미디어 서비스는 광대역, 쌍방향 통신 및 이동성(mobility)이 매우 중요한 통신이 요소이며 사용자들은 디지털 멀티미디어 서비스를 어떤 시간과 장소에 관계없이 서비스가 이루어지기를 원하고 있다. 이를 만족시키기 위해서는 전파자원을 이용하는 OFDM을 기반 디지털 무선통신방법이 효과적이며 대용량의 데이터를 가지는 초고속 인터넷 서비스 및 방송영상 서비스 등의 요구사항과 기존무선 통신망의 음영지역 등의 문제를 극복하기 위해서는 VSAT을 이용한 위성서비스가 있다[1,2]. VSAT은 쌍방향 통신이 가능한 위성 인터넷 통신과 방송사에서 이용되고 있는 SNG(Satellite News Gathering) 시스템을 들 수 있으며[3], 최근에 사용자가 더욱 보편적으로 위성 통신을 가능 하도록 Ka-band VSAT(Very Small Aperture Terminal)초소형 지구국 시스템이 개발이 요구되고 있다[4].

Ka-band VSAT 시스템은 인공위성의 트랜스폰더(transponder)의 광대역 특성을 이용되므로 위성의 광범위한 커버리지(Foot-print)내에서는 위치에 구애 받지 않고 통신이 가능하며 소형 경량화된 VSAT시스템은 이동이 용이하며, 설비 가격이 저렴하므로 높은 경제성으로 그 이용은 통신서비스망의 구축이 어려운 산간벽지나 연근해 바다

를 운행하는 선박에서도 자유로이 무선 통신이 가능해지게 되므로 우리나라의 무궁화 위성을 이용하여 유비쿼터스 통신 환경을 구축 할 수 있는 적합한 무선 통신 시스템이다. 현재 VSAT 시스템용 위성 통신에 주로 이용되고 있는 주파수 대역은 C-대역과 X-대역, Ku-대역이나, 광대역특성을 이용한 OFDM 적용기법을 적용하기 위하여 세계적으로 Ka-대역 VSAT시스템이 개발 되고 있다[5]. 본 논문에서는 저비용의 소형 경량화 된 Ka-band VSAT 시스템을 구현하기 위해서는 상품화된 MMIC를 이용하여 2W의 출력을 얻기 위한 송신장치를 설계하고자 한다. Ka-band 상향변환기를 설계함에 있어서 송신단의 전단부에 대하여 전력분석에 의한 설계를 설정하고 MMIC를 설정하였으며 OFDM방식이 적용되는 다중캐리어 시스템은 증폭기등 RF Front-End 단의 비선형 회로로 인하여 내부 신호 간섭을 고려하여 최적화 과정을 고려하여 설계하여 Ka-band 송신기를 구성하는 각 모듈의 특성[6]과 성능을 예측하여 설계 제작하였다.

2. 2W급 Ka-대역 상향변환기의 구성과 설계

본 논문에서 2W급 Ka-대역 상향변환시스템을 설계하기 위해 그림1과 같이 IF단, Up-Converter 단, 최종 SSPA 단 및 국부발진단으로 구성하였다. 각 단을 살펴보면, IF단은 IF신호를 증폭시키기 위한 IF-AMP와 감쇠기로 구성되며 Up-Converter

**본 논문은 2007년도 지역산업기술개발사업으로 이루어졌습니다.

단에서 주파수 상향변환을 위해 9.7GHz의 국부발진기를 3 체배시킨 국부발진신호와 입력신호를 30GHz~31GHz의 RF신호로 상향변환하는 주파수 변환기, 30GHz~31GHz의 RF신호만 통과하기 위한 대역통과 필터로 구성된다. 2W의 SSPA단은 충분한 이득을 얻기 위한 구동증폭기와 전력증폭기로 구성되어 있다.

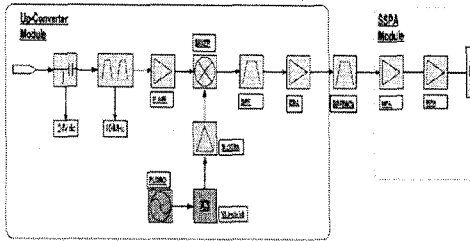


그림1. 2W 급 Ka-대역 Front-End 상향변환시스템

본 논문에서 설계하고자 하는 위성통신용 상향변환기(block upconverter: BUC)의 규격은 표1과 같다. 이러한 특성을 만족시키기 위하여 표2와 같이 구성하여 성능을 예상해 보았다. BUC의 이득과 출력전력에 중점을 두어 시스템 해석을 하였으며 전체 이득은 58.8dB, 출력전력 33.8dBm와 IMD 16dBc의 특성을 예상하였다. RF-Front 모듈의 구성은 950MHz~1950MHz의 IF신호가 입력되어 IF 증폭기를 지나고 두 번째 단의 증폭기가 높은 입력신호에 대해 포화되는 것을 막기 위해 감쇄기(attenuator)를 삽입하였으며, 9.7GHz의 LO 신호를 3배 체배를 시켜 IF신호와 믹싱을 하여 RF신호를 추출하고 원하는 대역만 통과시키기 위한 여파기와 큰 이득과 전력을 얻기 위해 구동증폭기, 전력증폭기로 구성되었다. 입력신호인 IF신호를 증폭시키기 위해 두개의 IF AMP를 사용하였고, 1.95GHz에서 14.9dB의 이득, 14.7dBm의 P1dB, 4dB의 잡음지수와 입출력 반사손실은 15dB이하를 나타내었다. IF주파수를 Ka-대역 주파수로 상향변환 시켜주는 주파수 혼합기는 각 포트간의 높은 격리도(isolation)를 가지며 DC 바이어스가 필요 없는 이중평형 타입의 다이오드 믹서를 사용하였다. 믹서의 특성은 LO가 13dBm일 때 변환손실은 10dB, 잡음지수는 8dB, P1dB는 12dBm, 격리도는 25~40dB의 특성을 가지는 소자를 사용하였다.

30GHz~31GHz의 RF신호만 통과시키기 위한 대역통과 필터는 삽입손실이 -2.671dB를 가지며 반사손실은 -20dB 이하의 특성을 가지도록 설계하였다. WG는 마이크로스트립여파기보다 높은 전력을 전송할 수 있어 고출력 기지국이나 위성용으로 많이 사용되며 그림2와 같이 S21은 -0.693dB, S11 -11.539dB이하의 특성을 나타내었

다. 구동증폭기는 전력증폭기의 뒷단에 위치하여 주파수 혼합기와 대역통과 여파기에서 발생한 손실을 보상하여 높은 이득과 출력전력을 가지도록 설계를 해야하며 Vd, Id 각각 3.5V, 330mA에서 20dB의 이득, 19dBm의 P1dB와 -6dB이하의 입출력 반사손실을 가지는 소자를 사용하였다.

Ka-대역 전력증폭기는 TGA4905-CP p-HEMT 소자를 사용하였다. 이득은 22dB, 입력전력이 18dBm일때 25~31GHz에서 출력전력은 36dBm, 입출력 반사손실은 각각 10dB, 8dB이다. Upconverter의 외부에 배치되는 LO는 아래의 표 3과 같이 출력주파수는 9.7GHz와 출력전력 13dBm을 나타내도록 스펙을 정하였다.

표1. 2W급 Ka-대역 상향변환기 특성

Ka-band Upconverter	
Input Frequency Band	950 ~ 1950 MHz
Input Level	-25dBm nominal
Input Return Loss	12 dB min
Output Frequency Band	30 ~ 31GHz
Output Power@P1dB	+33dBm
Output Power Stability	+/- 2dB
Output Return Loss	8 dB min
Gain@P1dB	58dB Typical
Gain Flatness	+/- 0.5dB(Any 2MHz) +/- 1.0dB(40MHz)
Phase Noise (at 30GHz,SSB)	@0.01/0.1/1/10>100kHz, <-30/60/70/80/90dBc/Hz
Required 10MHz Phase Noise	@10/100/1000Hz, <-108/138/148dBc/Hz
In band Spurious	<-50dBc@Po=P1dB
Transmitter DC Power	20 ~ 24VDC, 3A

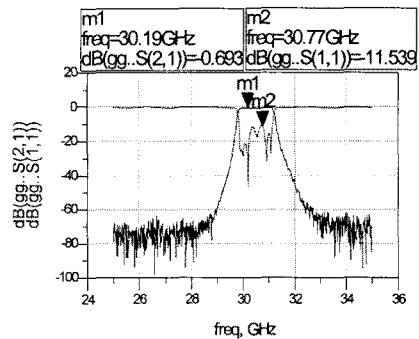


그림2. WG의 측정결과

표 2. Ka-band Upconverter의 Power Budget

Input Pwr (dBm): -25 dBm	GAIN	N.F	P1dB	IP3	GAIN (TOTAL)	N.F (TOTAL)	Pin	Pout	IMD	T_IP3
Connector	-0.2	0.2	100	100	-0.2	0.2	-25	-25.2	250.40	100.00
Bias Tee	-1	1	100	100	-1.2	1.2	-25.2	-26.2	245.32	96.46
IF AMP1(SGA-5386)	15	4	14.7	29	13.8	5.2	-26.2	-11.2	80.40	29.00
ATTEN.	-10	10	100	100	3.8	5.7	-11.2	-21.2	80.40	19.00
TP.(6N9)	-6	6	100	100	-2.2	6.9	-21.2	-27.2	80.40	13.00
IF AMP2(SGA 5386)	15	4	14.7	29	12.8	8.7	27.2	12.2	75.32	25.46
TP.(4N9)	-4	4	100	100	8.8	8.8	-12.2	-16.2	75.32	21.46
MIXER(HMC292LM3c)	-8	8	12	11	0.8	9.1	-16.2	-24.2	66.50	9.05
BPF	-3	3	100	100	-2.2	9.6	-24.2	-27.2	66.50	6.05
DRA(CHA3092RBF)	20	5	19	26	17.8	11.0	-27.2	-7.2	60.43	23.01
BPF	-1	1	100	100	16.8	11.0	-27.2	-7.2	60.43	23.01
MPA(CHA3092RBF)	20	5	19	26	36.8	11.0	-8.2	11.8	28.19	25.89
HPA(TGA4905-CP)	22	5.5	36	43	58.8	11.0	11.8	33.8	15.96	41.78

표3. LO System Analysis

국부발진기특성	
Output Frequency [MHz]	9700
Output Power [dBm]	13dBm
Output Spurious Signals [dBc]	-70dBc
Frequency Stability[ppm]	+/- 1ppm
Output Harmonics [dBc]	-25dBc
ALARM[V]	@Lock : 0V @Unlock : 5V
Phase Voltage[V]	0V ~ 12V
Phase Noise [dBc]	
@100Hz	50 dBc
@1kHz	75 dBc
@10kHz	85 dBc
@100kHz	95 dBc
@1MHz	105 dBc

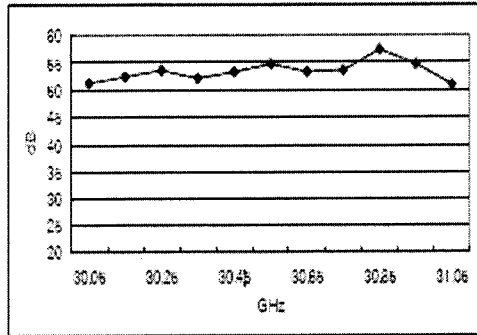
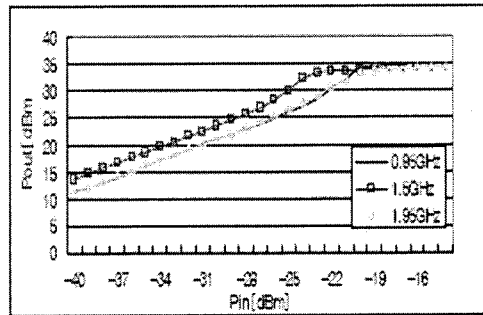


그림3. P1dB 측정결과

3. 2Watt-BUC 모듈 측정결과

Up-Converter단에서 입력주파수가 각각 950MHz, 1.45GHz와 1.95GHz, LO 주파수가 9.7GHz에서 P1dB와 출력관계(Pout)를 다음 그림 3,4에 나타내었다. 950MHz에서 입력전력 억압점은 -14.63dBm과 출력전력 억압점은 34.96dBm을 나타내었고, 1.5GHz에서는 입력전력 억압점이 -13.92dBm과 출력전력 억압점은 34.15dBm이고, 1.95GHz에서 입력전력 억압점은 -14.07dBm과 출력전력 억압점은 33.75dBm으로 측정되었다. 이들은 30.85GHz에서 56.99dB의 최대이득이 측정되었고, 31GHz에서 50.28dB의 최소이득이 측정되었으며 이득리플은 6.71dB를 가졌다. 외부 LO의 측정결과를 표 4에 나타 내었다. 상온 25°C에서 측정하였고 중심주파수가 9.7GHz, 14.8dBm의 출력전력을 나타내었다. 외부 LO의 위상잡음을 그림 5에 나타내었다.



- Input Freq : 0.95GHz, 1.5GHz, 1.95GHz
- LO : 9.7GHz
- Pout Compression Point
34.96dBm, 34.15dBm, 33.75dBm

그림4. 입력신호에 대한 출력 전력

SSPA단의 P1dB 측정결과는 30GHz~31GHz 대역 내에서 35dBm의 출력전력을 나타내었고, 이득은 36dB로 측정되었다. 입출력 반사손실은 각각 8dB, 9.6dB로 측정되었다. 그림6,7은 설계된 Upconverter모듈과 SSPA모듈을 나타내었다.

표 4. 국부발진기의 측정결과

Test results	
Output Frequency [MHz]	9700
Output Power [dBm]	14.8dBm
Output Spurious Singnals [dBc]	-60dBc
Phase Noise [dBc]	
@100Hz	73 dBc
@1kHz	97 dBc
@10kHz	95.3 dBc
@100kHz	110 dBc
@1MHz	120 dBc

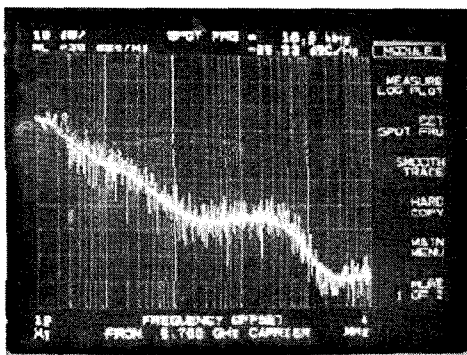


그림5. LO의 위상잡음

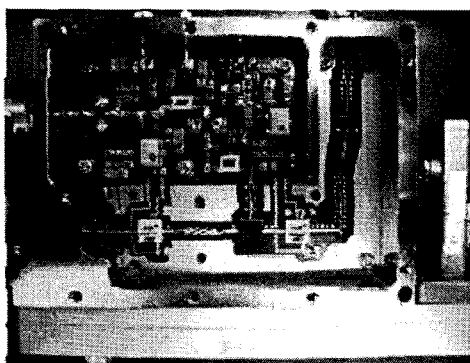


그림6. 설계제작된 Ka-대역 2w급 상향변환기

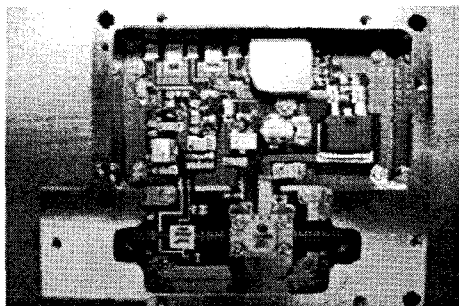


그림7. 2W-SSPA 모듈

4. 결론

본 논문에서는 위성통신용 송신부의 Ka-band 2W Block Up-Converter(BUC)를 설계하기 위해 각각의 System Analysis로 성능을 예측하고 각각의 모듈을 MMIC Chip으로 제작하였다. 측정결과 Upconverter단에서 6.29dBm~7.88dBm의 출력전력을 가졌으며, 이득은 23.19dB~28.15dB으로 Gain flatness는 4.95dB로 측정되었다. SSPA단은 30GHz~31GHz대역내에서 33.75dBm~43.96dBm의 출력전력, 38.5dB~41.98dB의 이득이 측정되었다.

참고문헌

- [1] Y. Butel, D.Langrez, J.F. Villemazet, G.Coury, J.L. Cazaux, "Low cost MMIC shipset for VSAT ground terminals", GAAS Symposium, pp.613~616, 8. 2005
- [2] Ian Hardcastle, Steve Melvin, James Mayock, Andrew Collar, Paul Simpson, Mike Brookbanks, Ian Bisby, "30 GHz (Ka-band) VSAT DVB-RCS Mixer-Driver Multifunction MMIC", Microwave Conference, pp1213~1216, 8. 2007
- [3] S. Mahon, A. Dadello, J. Harvey, A. Bessemoulin, "A Family of 1, 2, and 4-Watt Power Amplifier MMICs for Cost Effective VSAT Ground Terminals", IEEE CSIC Symposium, pp4, 11. 2005
- [4] A. SABBAN AUTHOR, "KA-BAND COMPACT INTERGRATED HIGH POWER AMPLIFIERS FOR VSAT SATELLITE COMMUNICATION GROUND TERMINAL", Microwave Conference, pp.209~212, 12. 2000
- [5] A. Papatanssiou, A. K. Salintzis, P. T. Mathiopoulos, "A Comparison Study of the Uplink Performance of W-CDMA and OFDM for Mobile Multimedia Communications via LEO Satellite", IEEE Wireless Communication, Vol8, pp35~43, 6. 2001
- [6] Enrico Del Re, Laura Pierucci, "Next-Generation Mobile Satellite Networks", IEEE Communication Magazine Vol40, 9. 2002