VSAT 위성통신을 위한 Ka-band 하향 변환기 구현**

*임진원, 김태진, 박주남, 이영철

*경남대학교 정보통신공학과

Implementation of Ka-band Down-converter for VSAT Satellite communication

*Jin-Won Lim, Tae-Jin Kim, Ju-Nam Park, Young-Chul Rhee

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

E-mail : syncjin@nate.com, micropt@kyungnam.ac.kr

요 약

본 논문에서는 높은 주파수에서 이미지신호에 따른 하향변환기의 선형성을 우수하게 나타내기 위하여 이미지 제거 특성이 우수한 능동소자를 선택하여 VSAT 위성통신용 Ka-band 하향변환기를 설계 및 제작하였다. 하향변환기의 구성은 저잡음 증폭기단, 이미지 제거 필터, 주파수 혼합기, 주파수 체배기, 전압제어 감쇄단 및 IF단으로 구성하였고, RF 경로의 동작 유무를 판단하기 위하여 국부 루프 경로로 구성되어 있다. 하향변환기의 이득은 11.73~13.23dB, 잡음지수 4.4dB 이하, 50dBc 이상의 이미지 제거 특성을 나타내어, 본 논문에서 제작한 하향변환기는 고속/광 대역폭을 가지는 디지털 통신 시스템에도 적용할 수 있다.

Ⅰ. 서 론

위성통신 기술이 발달함에 따라 위성이나 지구국의 성능이 대폭 향상되고, 사용 가능주파수가 C-대역, Ku-대역에서 Ka-대역으로 옮겨감에 따라 직경이 작은 안테나를 사용해도 원할한 통신을 할 수 있게 되었다[1]. 그러나 다양한 멀티미디어의 출현과 인터넷을 통한 공유, 데이터의 디지털화, 인터넷을 통한 정보수집과 예약 등의 생활환경 변화로 인하여 가입자의 전송대역폭 요구에 따라 위성통신에서는 TDMA에서 OFDM에 의한 다채널방식을 적용하게 되고 있으며 이러한 디지털 다중방식의 적용으로 기존의 서비스 보다 더 빠른 전송속도로 광대역 서비스가 가능하게 되었다[2]. 이동성을 장점으로 강조하는 VSAT의 경우에서도 광대역화 특성을 만족시키기 위하여 광대역 특성을 가지는 디지털 통신시스템의 개발 필요성이 요구되고 있으며 고속 대용량의 정보를 전송하기 위해서 최근에는 OFDM을 중심으로 디지털 무선통신 시스템의 개발이 진행되어 Ka-대역에서 VSAT을 이용한 위성통신서비스가 진행되고 있다[3]. VSAT 위성통신은 넓게 분포한 많은 수의 지구국에 실시간 상호 위성통신 서비스(음성, 영상, 그리고 데이터 통신)를 제공하는 VSAT 위성터미널은 두 개의 주요 구성부품 IDU(Indoor Unit), ODU(Outdoor Unit)으로 이루어 져 있으며 IDU는 모뎀과 기저대역 기능을 제공하고 사용자 장비와의 인터페이스를 포함한다. ODU는 IF 대역에서 IDU와의 인터페이스와 안테나, RF module을 포함한다. 현재 VSAT 위성 통신 시스템이 주로 Ku-대역을 이용하였으나 광대역특성을 적용하기 위하서 Ka-band VSAT시스템이 개발되고 있으므로 본 논문에서는 Ka-대역 VSAT의 하향변환기를 설계하고 자 한다. 설계에 있어서 Ka-대역의 하향변환기의 경우 높은 주파수에서 이미지신호에 따른 손실의 영향을 감소시키기 위하여 이미지 제거 특성이 우수하도록 하이브리드 설계기술을 적용하여 설계[4,5]하였으며 상용화된 MMIC를 효율적으로 이용하여 경제성이 우수한 저가형 Ka-대역 VSAT 하향변환기 제작하고 전력특성 분석과정(power budget)을 통해 설계 및 제작하였다.

**본 논문은 산학연공동기술개발콘소시엄사업으로 이루어졌음.

Ⅱ. Ka-band 하향변환기의 설계

본 논문에서 설계한 하향변환기의 구성도는 그림 1과 같다. 설계한 하향 변환기의 시스템 블록은 수신된 RF 신호를 증폭시키기 위한 저잡음 증폭단(LNA), 21.2~22.6GHz의 RF신호를 위한 대역통과 필터(BPF), 입력된 RF 신호와 LO 신호를 1.088GHz의 IF 신호로 하향 변환하는 믹서, 10.04~10.76GHz의 LO 주파수를 체배하기 위한

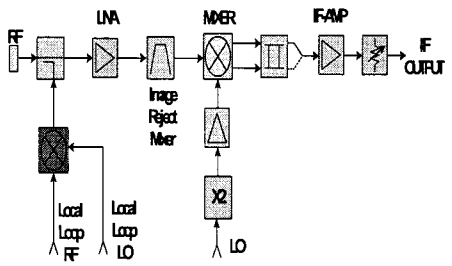

그림 1. Ka-대역 하향변환기의 구성도

주파수 체배기, 하향변환기의 이득을 조절하기 위한 전압제어 감쇄기(VVA:voltage variable attenuator), IF신호를 증폭하기 위한 IF 증폭단으로 구성되어 있으며, 로컬 루프를 구성하여 송신단에서 나오는 출력을 이용하여 하향변환기 내의 RF 경로의 동작 유무를 확인 할 수 있도록 구성하였다. 표 1은 본 논문에서 설계하고자 하는 하향변환기의 규격을 나타내고 있으며, 표 2는 하향변환기를 설계하기 위한 정격 특성을 나타내고 있다. 첫 단의 저잡음 증폭기는 하향변환기 전체의 잡음지수 특성과 IIP3특성에 큰 영향을 미치므로 저잡음 특성과 IIP3특성을 만족시키는 MMIC를 선택하였고, 이미지 제거 특성을 위해 차단 특성이 좋고 손실이 작은 7-pole 알루미나 필터를 사용하였다. 또한 믹서는 IIP3특성이 높으며, 이미지 제거 특성이 우수한 이미지 제거 믹서를 사용하였다. 국부 발진주파수를 체배하기 위한 체배기는 다이오드를 이용하여 설계하였고 체배된 신호를 MMIC 증폭기를 이용하여 믹서가 동작할 수 있는 출력전력을 얻었다. IF 증폭기는 이득과 IP3특성이 좋은 패키지형태의 증폭기를 사용하였으며, -30~80℃의 온도 변화에 따른 온도 보상을 위하여 Thermal패드를 사용하였고, 전압제어 감쇄기를 사용하여 하향변환기의 이득을 25dB이상 제어할 수 있도록 구성하였다. 본 논문에 적용한 Ka-Band 하향변환기의 정격 특성은 잡음 특성과, IIP3특성 및 이미지 제거 특성에 중점을 두었으며, 정격 특성결과 이득은 12.4dB, 잡음지수는 3.84dB로 예상되었고, IIP3 3.6dBm의 특성을 예상하였으며, 정격특성결과를 기준으로 하향변환기를 제작하였다.

III. 하향 변환기의 실험결과

본 논문에서는 상용화된 MMIC와 하이브리드 설계기술을 이용하여 VSAT 위성통신을 위한 Ka-대역 하향변환기를 설계 및 제작하였다. 하향변환기는 시스템 정격 특성을 이용하여 하향변환기의 이득, 잡음지수 등을 예측하여 설계하였고, 모듈 단위로 측정한 후 하향변환기 전체를 구성하였다.

하향변환기에 사용한 기판은 20GHz이상의 주파수에서 손실이 작은 ε_r=2.2 t=0.018mm, H=0.127mm인 RT5880기판을 사용하였다.

표 1. Ka-band LNB power budget

Pin=-20dbm	GAIN	N.F	N.F(TOTAL)	IMD
Transition	-0.10	0.10	0.10	
Coupler	-0.10	0.00	0.10	234.18
LNA	18.90	3.00	3.10	54.20
BPF	15.90	3.00	3.13	54.20
MIXER	6.90	9.00	3.49	50.67
IF-amp	21.90	2.20	3.74	47.62
Thermal-Pad	17.90	4.00	3.76	47.62
VVA	16.40	1.50	3.77	47.34
ATTN.	**12.40**	4.00	**3.84**	**47.34**

표 2. Ka-band 하향변환기의 정격특성

	Item	Spec.
Rceive Section	RF frequency Range (GHz)	21.2~22.6
	IF frequency (MHz)	1080
	Max input RF level (dBm)	-17
	Noise Figure @ min atten. (dB)	4.8
	Linear Gain @ min atten. (dB)	10~15
	Gain flatness (dB)	2.5
	Attenuation range (dB)	25
	Atten. Tuning Voltage (V)	-4 ~ 0
	IM3 @ max input level (dBc)	45
	IF Return Loss (dB)	13
	RF Return Loss (dB)	10
	Image freq. Rejection (dBc)	25
	2*LO(or 4*LO)/RF Isolation (dBm)	55
	LO/IF Isolation (dBm)	50
LO Section	Frequency Plan	Lowside
	LO frequency (GHz)	10.06~10.76
	Frequency Multiplier	2
	LO input level (dBm)	12+/-2
	LO Return Loss (dB)	10
Local loop Section	IF output level due to L.L. @ min atten. (dBm)	-45+/-5
	IM3 Local loop@-20dBm input(dBc)	44
	Local loop Return Loss (dB) RF,LO	10
	RF_local_loop/RF Isolation (dB)	40
DC Power	Power Consumption (W)	3

그림 2~8은 각각의 모듈의 측정결과를 나타내고 있다. 그림 2.는 Willtron 360B VNA(vector network analyzer)를 사용하여 측정한 하향변환기의 RF 반사계수를 나타내고 있다. 하향변환기에 바이어스를 인가한 후 측정결과 RF 반사계수는 21.2~22.6GHz에서 12dB로 측정되었고, 그림 3.은 알루미나를 사용한 이미지 제거 대역통과 필터의 모의 실험결과와 측정결과를 나타내고 있다. 모의 실험결과 삽입손실은 2.96dB, 이미지 주파수 제거 특성은 19.61dBc였으며, 측정결과 삽입손실

은 3.04dB, 이미지 제거특성은 31.44dBc로 나타났다. 모의 실험결과와 측정결과의 차이는 실제 제작한 대역통과 필터의 특성이 통과 대역이 100MHz정도 이동하여 나타났기 때문이다. 그림 4.는 국부 발진 신호를 체배하기 위한 주파수 체배기의 측정결과이다. 측정결과 변환손실은 8dB, 입력전력을 12dBm을 인가하였을 때의 입력 반사계수는 10dB 이하로 측정되었다. 그림 5.는 하향변환기 전체의 변환이득을 나타내고 있으며, 평탄도는 1.5dB로 측정되었다. 그림 6.은 하향변환기의 잡음지수를 측정한 결과이며, 잡음지수는 상온에서 3.65dB이하, 고온에서 4.4dB이하로 나타났고, 그림 7은 이미지 제거 특성을 나타내고 있으며 50dBc이상의 이미지 제거 특성을 얻었다. 그림 8.은 실제 제작한 하향변환기의 실물사진이다.

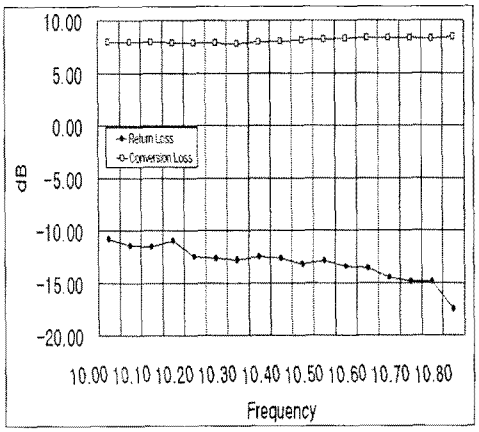

그림 4. 주파수 체배기의 측정결과

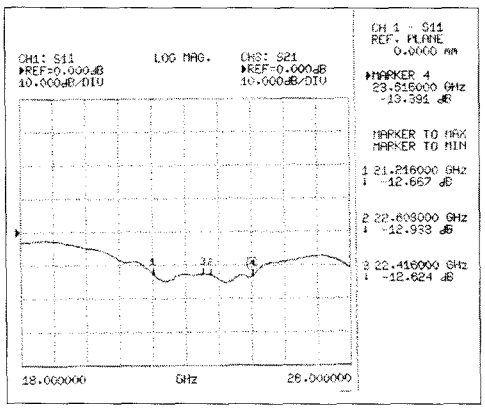

그림 2. RF port 반사계수

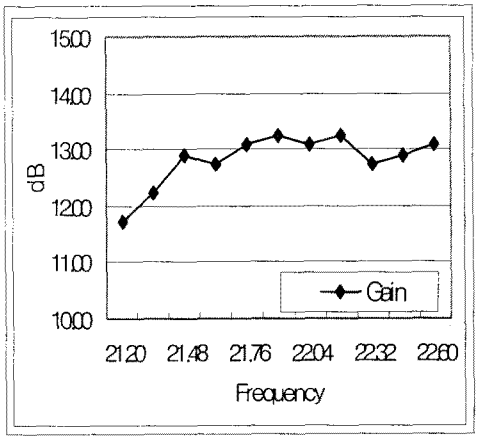

그림 5. 하향변환기의 변환이득

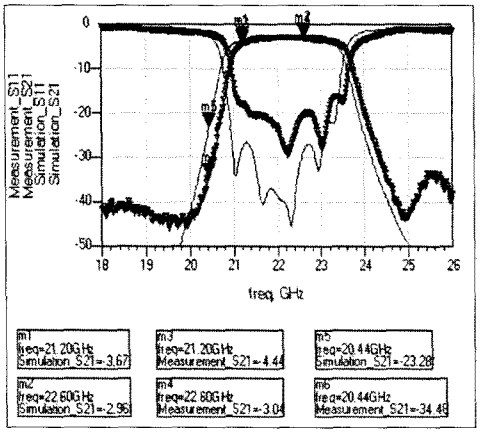

그림 3. 대역통과 필터의 모의실험 및 측정결과

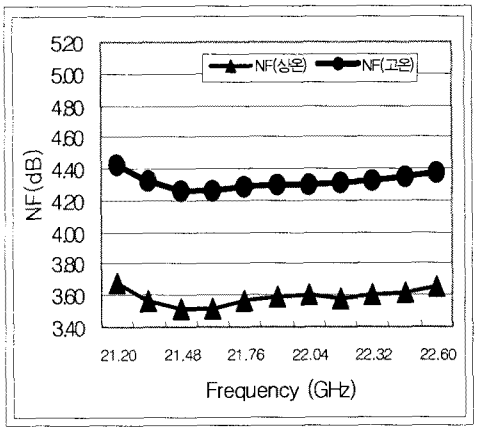

그림 6. 하향변환기의 잡음특성

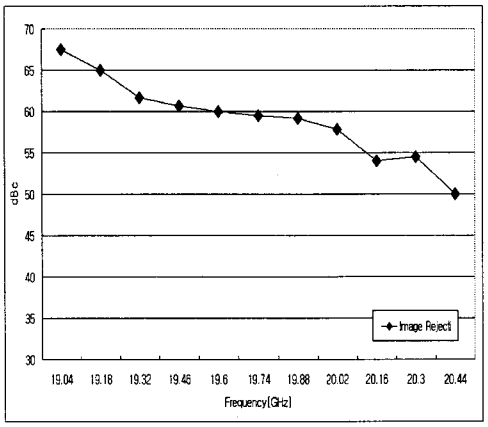

그림 7. 이미지제거 특성

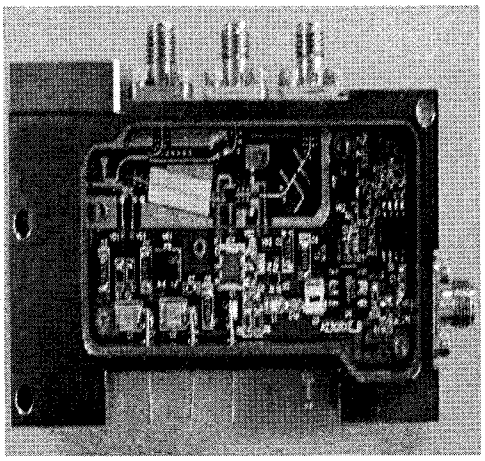

그림 8. 하향변환기의 실물사진

V. 결 론

본 논문에서는 상용화된 MMIC를 사용하여 VSAT 위성통신을 위한 Ka-band 하향변환기를 설계 및 제작하였다. 하향변환기의 주요 구성은 입력신호 주파수 21.2GHz~22.6GHz에 대해 이득을 높이고 잡음을 최소화시키는 저잡음 증폭기와 21,2~22.6GHz의 대역의 신호만을 통과시키기고 이미지 신호를 억압하기 위해 7차 커플드 라인 대역통과필터, 국부발진주파수를 체배시키기 위한 체배기, RF 신호와 국부발진 주파수를 1.088GHz의 중간주파수로 하향 변환시키기 위한 믹서를 이용하여 하향변환기를 설계하였다. 하향변환기를 전체를 정격 분석에 의해 실제 모듈의 특성을 예측하였으며, 측정결과는 표 3과 같이 나타났다. 설계 제작한 하향변환기는 PTP, PTMP용 하향변환기 및 고속/광 대역폭을 가지는 디지털 통신시스템에 에 적용할 수 있을 것이라 생각되고, 향후 MMIC를 대체하는 하이브리드화에 대한 연구와 저가형 하향변환기 개발에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

표 3. 본 논문의 개발 규격 및 측정결과

	Item	Spec.	Measure.
Rceive Section	Noise Figure @ min atten. (dB)	4.8	< 4.4
	Linear Gain @ min atten. (dB)	10~15	11.73 ~13.23
	Gain flatness (dB)	2.5	1.5
	Attenuation range (dB)	25	>25
	Atten. Tuning Voltage (V)	-4 ~ 0	-3.6~0
	IM3 @ max input level (dBc)	45	47
	IF Return Loss (dB)	13	-23.12
	RF Return Loss (dB)	10	>12
	Image freq. Rejection (dBc)	30	50
	2*LO(or 4*LO)/RF Isolation (dBm)	55	>55
	LO/IF Isolation (dBm)	50	>50
LO Section	LO Return Loss (dB)	10	>10
Local loop Section	IF output level due to L.L. @ min atten. (dBm)	-45+/-5	-38.7 ~-44
	IM3 Local loop@-20dBm input(dBc)	44	>44
	Local loop Return Loss (dB) RF	10	>10
	LO	10	>10
	RF_local_loop/RF Isolation (dB)	40	>40
DC Power	Power Consumption (W)	3	2.75

참고문헌

[1] H. Moheb, C. Robinson, J. Kijesky, "Design & Development of Co-Polarized Ku-band Ground Terminal System for Very Small Aperture Terminal(VSAT) Application, IEEE APSI Symposium Vol.3, pp2158~2161, 7. 1999

[2] A. Papathanssiou, 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

[3] 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

[4] Allen Sweet, "MIC & MMIC Amplifier and Oscillator Circuit Design", Artech House, Inc., 1990

[5] Stephen A. Mass, "Nonlinear Microwave Circuits" , Artech House, Inc., 1988