

K-band SMDS용 저잡음 하향변환기의 설계

정인기^{*} · 이강훈^{*} · 이대원^{**} · 이영철^{*}

^{*}경남대학교

^{**}A-Telecom

The Design of Low Noise Downconverter for K-band Satellite Multipoint Distribution Service

In-Ki Jeong^{*} · Kang-Hoon Lee^{*} · Dae-Won Lee^{**} · Young-Chul Rhee^{*}

^{*}Div. of Information and Communication Eng., Kyungnam Univ.

^{**}A-Telecom, Changwon.

E-mail : micropt@kyungnam.ac.kr · multiple@unitel.co.kr · dwlee@a-tele.com

요 약

본 논문에서는 K-band SMDS용 하향변환기를 설계 및 제작하였다. SMDS용 하향변환기는 입력신호 주파수 19.2GHz~20.2GHz에 대한 3단 저잡음 증폭기, 대역통과필터, 18.25GHz의 국부발진기, 및 IF단으로 구성하였고 3단 저잡음 증폭기의 이득은 28dB를 나타내었다. 국부 발진기는 고안정 특성을 위하여 유전체 공진 발진기로 구성하여 주파수 18.25GHz에서 0.5dBm의 출력전력을 나타냈으며, 19.2GHz~20.2GHz의 RF신호를 드레인형 FET믹서에 인가하였을 때 950MHz~1950MHz 범위에서 변환이득은 5dB를 나타내었다. 본 논문에서 국내 K-band 위성인터넷을 위한 하향변환기의 규격을 만족시킬 수 있었다.

1. 서 론

21세기의 정보화 사회를 구현하기 위해서는 위성 통신의 장점을 이용한 통신망이 필연적으로 요구되고 있으며 위성통신 서비스는 넓은 지역에 정보를 동시에 전달하며, 지상 재해의 영향을 받지 않아 가까운 장래에 정보 통신망의 중추적 역할을 할 것으로 예상된다. 최근의 위성통신의 발전방향은 자국 위성을 이용하여 보다 효율적인 통신 및 방송에 대한 서비스를 제공하려고 하는데 있고 주파수 자원의 한계로 인해 K-band를 사용하여 대역폭 확대 및 데이터 전송량의 증가가 예상되며 우리나라의 무궁화 위성 3호에도 K-대역의 채널이 확보되어 있는 상황이다. 따라서 기존의 지상 통신망과 더불어 위성을 이용한 멀티미디어의 수요가 크게 증가할 것으로 예상된다.

무궁화 위성의 영상 신호를 수신하기 위한 K-대역 하향변환기의 일반적인 구성도는 그림 1과 같고 하향변환기의 구성 요소는 수신된 20GHz대역의 영상신호를 증폭하기 위해 3단 저잡음 증폭기, 증폭기에서 증폭된 RF신호만을 통과하기 위한 RF 대역통과 필터, 국부 발진을 위한 18.25GHz의 유전체 공진 발진기, RF 신호와 LO 신호의 차($f_1 - f_2$) 성분인 1~2GHz 대역의 IF 신호로 바꾸

어주는 믹서, IF 신호를 증폭시키기 위한 IF 증폭기로 이루어진다.

II. SMDS용 K-band 하향 변환기 설계

본 논문에서는 SMDS(Satellite Multipoint Distribution Service)용 하향 변환기 설계를 위하여 각 블록별 설계를 하고 블록을 결합하여 전체 시스템을 설계 및 측정하였다. 일반적으로 하향변환기 설계 규격은 표1과 같다.

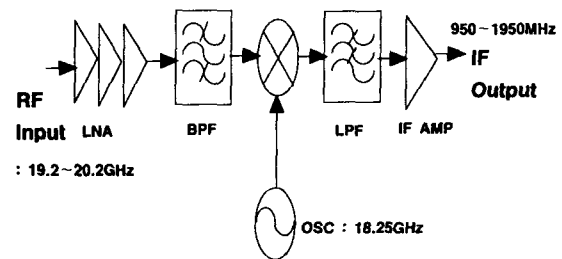


그림 1. K-대역 하향변환기의 구성도

[1]. K-band SMDS용 하향변환기 설계

K-band용 하향 변환기의 시스템 블록은 수신된 RF 신호를 증폭시키기 위한 3단 저잡음 증폭단(LNA), 19.2~20.2GHz의 RF신호를 위한 대역 통과 필터(BPF), 18.25GHz의 국부 발진을 위한 고안정 유전체 발진기, RF 신호와 LO 신호를 입력으로 하여 1~2GHz의 IF 신호로 하향 변환하는 믹서, IF 신호를 증폭하기 위한 IF 증폭단으로 구성된다.

표1. 본 논문의 개발 규격 및 목표

Nc	항 목	spec.
1	RF Input Freq.	19.2~20.2GHz
2	Input Type	WR42
3	Input VSWR	2.5 : 1
4	LO Freq.	18.25GHz
5	LNB NF	1.5dB Typ.
6	Conversion Gain	55dB
7	IF Output Freq.	950MHz ~ 1950MHz
8	IF Output Type	F-Type Female
9	IF Output VSWR	2 : 1
10	Gain Ripple	±3dB p-p.
11	LO. Stability	18.25GHz±1MHz (-30℃ ~ +60℃)
12	Phase Noise	-75dBc/Hz @10KHz -95dBc/Hz @100KHz -103dBc/Hz @1MHz
13	Operating Temp.	-30℃ ~ +60℃
14	DC power supply	+12V ~24 V DC

3단 저잡음 증폭기 설계를 위해 첫 단계는 저잡음 증폭기를 설계하고 둘째 단계와 셋째 단계 고이득 특성이 나타나도록 입력과 출력 임피던스를 정합시켰다. 표 2는 3단 저잡음 증폭기의 설계 사양 및 목표이다. 3단 저잡음 증폭기에서 출력된 신호에서 19.2GHz~20.2GHz의 대역만을 통과시키기 위한 대역통과 필터는 인터디지터형 필터를 사용하였으며 대역통과 필터의 주파수 대역은 19.2~20.2GHz으로 약 1GHz 정도이다. 국부 발진단은 유전체 공진기를 이용하여 18.25GHz 공진 신호를 생성하여 FET의 불안정성을 이용하여 국부 발진기를 설계하였다. 18.25GHz의 주파수를 발생하기 위한 DRO 설계의 사양과 목표는 표 3과 같다. 믹서단의 설계는 FET믹서를 사용하였다. RF신호는 FET의 게이트단에 인가하고, LO 주파수는 Drain 단에 인가하는 게이트 믹서 형태를 사용하였다. 사용한 소자는 NEC사의 NE32584C를 사용하였다. IF증폭기는 입·출력 정합된 MMIC를

사용한 증폭기를 구성하였다. 표 4는 IF 증폭기 설계를 위한 사양 및 목표를 나타내고 있다. IF 증폭기는 설계주파수 대역에서 23dB 이상의 이득을 가진다.

표 2. 3단 저잡음 증폭기의 설계 사양

구 분	사 양 및 목 표
사용 소자	MGF4919G ($V_{DS}=2V, I_{DS}=10mA$)
사용 기판	Tefron Er =2.5 h=0.508mm
주파수 대역	19.2~20.2GHz
이 득	35dB 이상
잡음 지수	1.5dB 이하

표 3. DRO 설계 사양

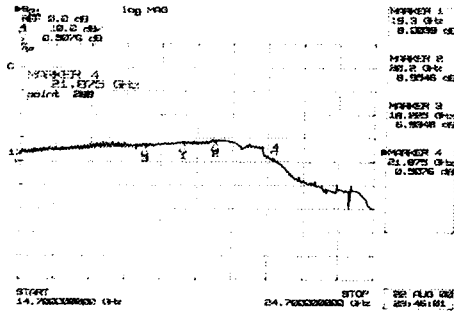
구 분	사 양 및 목 표
사용소자	MGF4919G($V_{gs}=5V, I_{DS} =10mA$)
사용 기판	Tefron Er=2.5 h=0.508mm
주파수	18.25GHz
DR	SG-30-R-13250-D-2
설계 목표	f=18.25GHz $f_{out}=5dBm$

표 4. IF 증폭기의 설계 사양 및 목표

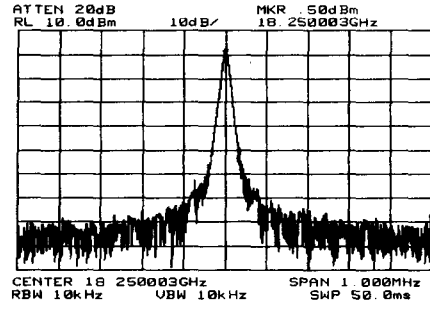
구 분	사 양 및 목 표
사용 소자	INA10386 ($V_D=6V, I_d=45mA$)
사용 기판	Tefron Er=2.5 h=0.508mm
주파수 대역	950MHz~1950MHz
이 득	23dB 이상

III. K-band 위성통신용 하향 변환기의 실험결과

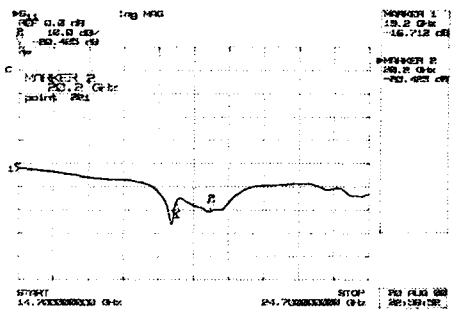
본 논문에서는 SMDS용 K-대역 하향변환기를 설계 및 제작하였다. 그림 2는 HP8510C VNA(vector network analyzer)를 사용하여 측정된 3단 저잡음 증폭기의 이득특성과 입·출력 반사계수를 나타내고 있다. 입력단에 -20dB 감쇠기를 부착하여 측정한 결과 19.2~20.2GHz에서 28dB의 이득이 나타났고 3단 저잡음 증폭기의 입·출력 반사계수는 -15~-20dB로 나타났다. 그림 3은 대역 통과 필터의 특성을 나타내고 있다. 측정결과 대역폭은 2GHz를 나타냈으며, 삽입손실은 -5dB 이상을 나타냈다. 그림 4는 유전체 공진기를 사용하여 제작한 국부발진단의 출력파형과 위상잡음을 나타내고 있다. 18.25GHz에서 출력전력은 0.5dBm의 특성을 얻었고, 위상잡음은 10KHz 오프셋 주파수에서 -84.67dBc/Hz의 특성이 나타났다. 그림 5와 6은 믹서의 측정결과를 나타내고 있다. 19.2~20.2GHz의 RF 입력을 -40dBm을 인가하였



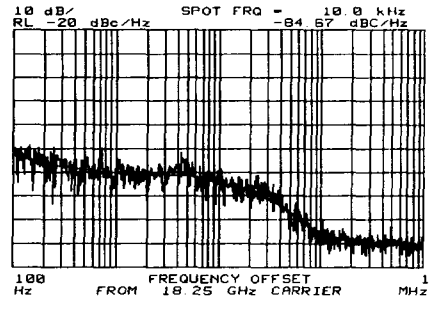
(a) 이득(S21)



(a) 출력특성($f_0=18.25\text{GHz}$)

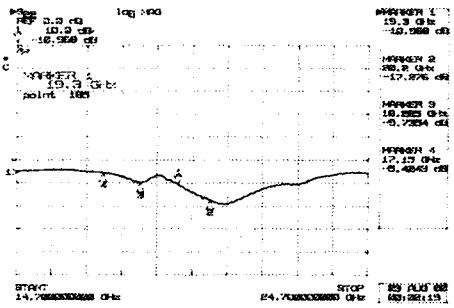


(b) 입력 반사계수(S11)



(b) 위상잡음 특성

그림 4. 국부발진기의 측정결과



(c) 출력 반사계수(S22)

그림 2. 3단 저잡음증폭기의 측정결과

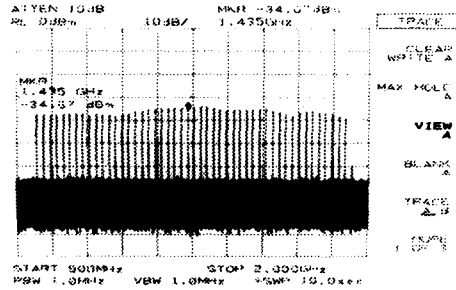


그림 5. 믹서의 IF단 출력특성

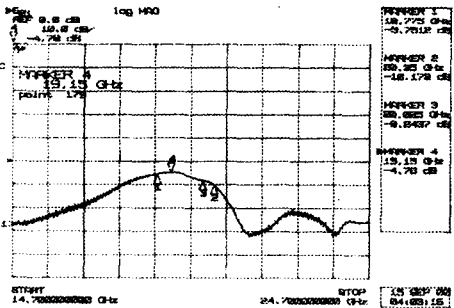


그림 3. 대역통과 필터의 삽입손실

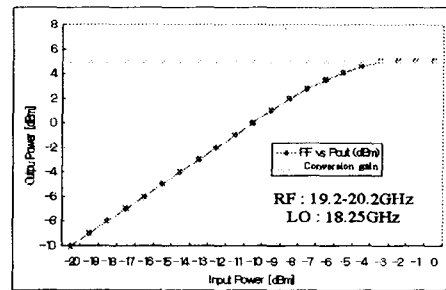


그림 6. 믹서의 변환이득과 RF 입력에 대한 IF출력 특성

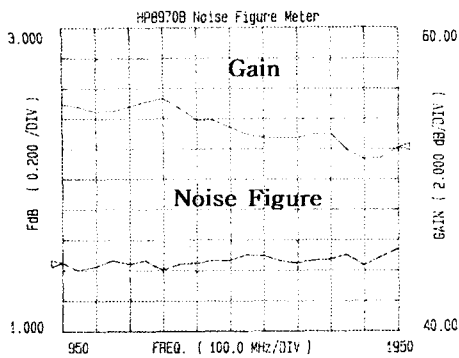


그림 7. 저잡음 하향변환기의 이득과 잡음특성

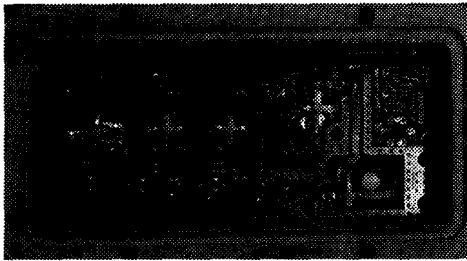


그림 8. 하향변환기의 실물사진

을 때 IF단의 출력은 -34.67dBm 가 나타났으며 변환 이득은 손실을 감안 하였을때, 5dB 정도 나타났다. 그림 6은 RF신호를 $-20\text{dBm} \sim 0\text{dBm}$ 까지 인가하였을 때 IF단의 출력특성을 나타내고 있다.

그림 7은 저잡음 증폭기, 대역통과 필터 믹서, IF AMP로 구성된 전체 하향변환기의 변환이득과 잡음 지수를 나타내고 있다. 측정결과 하향변환기 전체의 변환이득은 52dB 이상 나타났고, 잡음지수는 1.5dB 이하였으며, 그림 8은 실제 제작한 하향변환기의 실물사진이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 K-band 위성통신용 하향변환기를 설계 및 제작하였다. 하향변환기의 주요구성은 입력 신호 주파수 $19.2\text{GHz} \sim 20.2\text{GHz}$ 에 대해 이득을 높이고 잡음을 최소화시키는 3단 저잡음 증폭기와 $19.2 \sim 20.2\text{GHz}$ 의 대역의 신호만을 통과시키기 위해 6차 인터디지터 대역통과필터, 유전체 공진기를 이용하여 18.25GHz 의 발진주파수를 가지는 고안정 유전체 공진 발진기로 이루어졌으며 RF 신호와 국부 발진 주파수를 $950\text{MHz} \sim 1950\text{MHz}$ 의 중간주파수로

하향 변환시키기 위하여 P-HEMT를 이용한 드레인 믹서를 설계하였다. 하향변환기를 마이크로파 프로그램에 의하여 모의실험한 후 회로 및 모듈을 설계 하였으며, 측정결과 3단 저잡음 증폭기의 이득은 28dB 이었으며, 입·출력 반사계수는 $-15 \sim -20\text{dB}$ 의 특성을 나타냈고 대역통과 필터의 삽입손실은 -5dB 이하로 나타났다. 국부발진기 부분에서 18.25GHz 의 발진 주파수를 갖는 유전체 공진기의 위상 잡음은 10KHz 오프셋(Offset)주파수 -84.67dBc/Hz 이었다. 믹서 설계 후 -40dBm 의 RF와 LO신호를 입력했을 때 출력되는 IF신호의 전력 레벨은 -34.67dBm , 변환이득은 5dB 로 나타났고 전체 하향변환기의 변환 이득은 52dB 이상, 잡음지수는 1.5dB 이하로 나타났다. 설계 제작한 하향변환기는 SMDS용 하향변환기에 적용할 수 있을 것이라 생각되고, 향후 자기 발진 믹서를 적용한 하향변환기 시스템 개발 및 본 연구에서 개발된 하향변환기 기술은 K-band 트랜시버용 수신단에 적용할 수 있다.

V. 참고문헌

- [1] George D. Vendelin, "Design of Amplifiers and Oscillators by the S-Parameter Method", John Wiley & Sons., inc., 1982
- [2] Karl B. Niclas, " Multi-Octave Performance of Single-Ended Microwave Solid-State Amplifiers", IEEE Transaction on MTT, vol. MTT-32, No.8, August
- [3] Eric Holzman, "Solid-State Microwave Power Oscillator Design", Artech House, Inc., 1992
- [4] Stephen A. Mass, "Nonlinear Microwave Circuits", Artech House, Inc., 1988
- [5] Douglas J. Mellor, "CAD Synthesis of Interstage Networks for Multi-Stage Amplifiers with a Wide Range of Topologies", IEEE MTT-5 Digest, 1988
- [6] Allen Sweet, "MIC & MMIC Amplifier and Oscillator Circuit Design", Artech House, Inc., 1990