

Ka-band 고감도 위성방송용/LNB 최적화 설계

목광윤* · 이경보** · 이영철*

*경남대학교 · **엠엠씨엘(주)

Implementation of Ka-band Satellite Broadcasting/LNB with High Dynamic Range

Gwang-Yun Mok[†] · Kyung-Bo Lee^{**} · Young-Chul Rhee^{*}

^{*}Kyungnam-University · ^{**}MMCL Co., Ltd

E-mail : mky419@naver.com

요 약

본 논문에서는 차세대 4K/8K-UHD 위성 방송용 고화질 영상전송을 고려한 Ka-band 위성 통신 방송 수신기 저 잡음 하향 변환기의 설계방안을 제시하였다. Ka-band은 Ku-band 보다 대기 중의 감쇄가 크기 때문에 강우에 따른 고화질 전송신호 품질에 대한 보상을 위하여 최저 수신감도의 레벨을 향상시키기 위하여 수신기의 동적영역(Dynamic Range)을 크게 확장하도록 저 잡음하향변환기를 설계 하였다. 수신단에서 비선형 특성을 고려하여 저 잡음정합을 3단 증폭기(LNA), 이미지 제거용 대역통과필터(BPF), 주파수 혼합기(Mixer), 주파수 체배기, IF단을 구성하였으며 수신단의 동적영역에 직접 영향을 미치는 파라미터들 사이에서 최적화 과정을 거쳐 LNB를 설계하였다. 설계된 감쇄-대역 저 잡음 하향변환기는 전체 이득이 58.5~60.7dB이며, 잡음지수는 1.38dB로 매우 우수한 특성을 보이며 국부발진기의 위상잡음은 -63.10dBc@100Hz 특성을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, we suggests a Ka-band LNB considering next-generation UHD satellite TVRO. Since Ka-band has grater attenuation than Ku-band in atmosphere, we designed the low-noise down-converter to improve receiving sensitivity and to extend a dynamic range of receiver. It aims to compensate a quality of ultra high definition transmission signal for rainfall. The low-noise block diagram consists of a three-staged amplifier (LNA), band-pass filter for deleting image (BPF), mixer and IF when considering nonlinear characteristics in the receiver RF front end module . Also, we showed a LNB through optimization processes affecting dynamic range directly in receiver FEM. As a result of experiment, the gain of low-noise down-converter show between 58.5dB and 60.7dB, the noise figure has a high characteristic as 1.38dB. Finally, the phase noise of local oscillator is -63.10dBc at 100MHz offset frequency.

키워드

BPF, High Dynamic Range, LNA, Mixer

I. 서 론

위성통신 기술이 발달함에 따라 위성이나 지구국의 성능이 향상되며, 차세대 영상 기기에 대한 관심이 높아짐에 따라, UHD급 이상의 고화질 영상에 대한 수요가 증가하고 있다[1]. 차세대 위성방송용 주파수는 광대역 특성을 고려하여 S-band(2~4GHz), C-band(4~6GHz), Ku-band(11~14GHz)에서 K/Ka-band(19/28GHz)로 옮겨감에 따라 차세대 UHD 고감도 영상을 수신하기 위한 수신성능이 우수한 K-band 저 잡음하향변환기블럭(Low Noise Down-converter block)의 설계를 요구하고 있다. 기존의 저잡음 하향변환

기의 설계는 20GHz 이상인 k/Ka-band에서는 대기 중의 감쇄가 매우 커져 자유 공간 내에서도 K/Ka-band 위성 통신 신호에 대한 수신에 요구되는 최소전력 및 전파 페이딩에 의한 감쇄를 극복 할 수 있는 최소 수신 전력 레벨이 현저히 줄어든다는 문제점이 발생한다[2]. 이러한 단점을 개선 및 보완하기 위해서 대기 전파에 따른 신호 품질 연구와 지역에 따른 신호 품질에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며[3], 강우에 대한 감쇄 현상을 줄이기 위하여 위성 통신 방송용 수신기의 RF 단은 위성으로부터 오는 낮은 신호를 증폭시켜 주며, 수신기로 전달되는 신호를 증폭시켜 출력하고 외부에서 높은 신호

에 의해 침부되는 간섭을 최소화하여야 된다. 이러한 특성을 만족하기 위해서는 RF 수신 하향변환기는 낮은 잡음지수를 가져야 하고 높은 감도 특성을 나타내어야 하며, 대기 중의 감쇄 특성을 고려하여 높은 동적 영역을 갖는 특성이 요구되며 이와 관련된 설계방법이 연구되고 있다[4]. 본 논문에서는 대기 중의 전파 감쇄를 고려하고 차세대 고감도 UHD 위성방송 수신용 하향변환기의 최적 설계방안에 관하여 연구하고자 한다.

II. 고감도 Ka-band 하향변환기 설계

광대역 통신에 관한 수요가 증가함에 따라 K/Ka-band의 주파수 사용이 증가하고 있다. 따라서 UHD급 이상의 고화질 영상 서비스와 넓은 대역폭이 제공되는 K/Ka-band 통신이 요구된다. K/Ka-band는 Ku-band 보다 대기에 의하여 전파 감쇄가 심해지므로 본 논문에서는 대기에 대한 감쇄를 보상하기 위하여 수신단에서 최소 수신감도를 향상 가능 시킬 수 있도록 위성 통신 방송 RF수신단에 적용되는 주파수 하향변환기의 동적 영역을 개선한 저 잡음 하향변환기 블록을 설계하고자 한다. 저 잡음 블록의 구성은 기본적인 슈퍼헤테로다인 형태로서 감도 및 잡음지수 등을 고려한 3단 저 잡음 증폭기, 이미지 신호와 원하는 주파수 대역을 사용 가능하게 하는 대역통과 필터 및 이미지 제거 필터, 주파수 능동 혼합기, 국부발진기, IF 증폭기로 그림 1과 같이 구성된다. 여기서 능동 혼합기를 사용한 이유는 수동혼합기의 경우 변환손실을 가지는데 비하여 능동 혼합기는 변환이득을 가지므로 이득 값이 증가하게 되어 사용하였다. 4K-UHD급 이상의 고화질 영상신호가 위성에서 지구로 하향 전송되는 동안 대기권의 전파 감쇄를 고려하여 지구국에 도달할 때 최소 수신 감도에 가장 크게 영향을 미치는 하향변환기의 파라미터는 하향변환기에 적용되는 동적 영역이며 하향변환기의 최소 신호 검파 레벨을 더욱 낮게 설계하기 위해서는 매우 넓은 동적 영역의 특성을 갖는 하향변환기를 설계해야 한다. 그리고 저 잡음 증폭기의 입력 신호는 4K-UHD의 고화질 위성 방송신호이며 전체 주파수 변화 과정에서 전체적인 시스템 잡음에 매우 큰 영향을 미치므로, 첫 번째 단의 저 잡음 증폭기의 설계는 최저 잡음 지수로 설계를 하여 정합하였으며, 잡음 지수를 최대한 줄이는 방향으로 잡음 원의 원인이 될 수 있는 인덕터, 저항, 트랜지스터 등을 최소화하여 설계하였고, 잡음을 최소로 매칭을 하고 두 번째 단과 세 번째 단은 이득과 잡음의 중간지점 정도로 정합하여 첫 번째 단의 저잡음 증폭기보다 이득을 높이는 쪽으로 설계 하였다. 이러한

넓은 동적 영역을 확보하기 위하여 LNB의 동적 영역에 영향을 미치는 요인은 잡음지수와 위상잡음이므로 하향변환기의 넓은 동적 영역을 확보하기 위하여 저 잡음 하향변환기를 설계하였다[5]. 그림 2의 a는 설계 앞면 b는 뒷면의 설계된 Ka-band 하향변환기의 형태를 보여주고 있다.

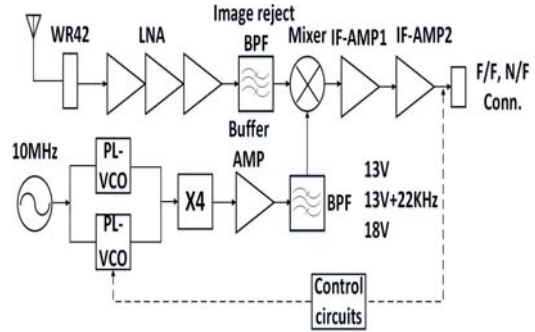


그림 1. 대기전파 감쇄 보상형 광대역 RFM 블록도

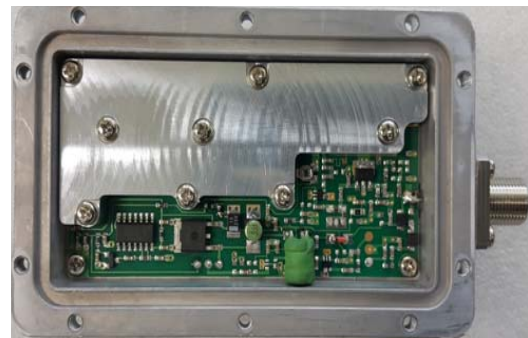


그림 2-a. 고감도 K/Ka-band 하향변환기

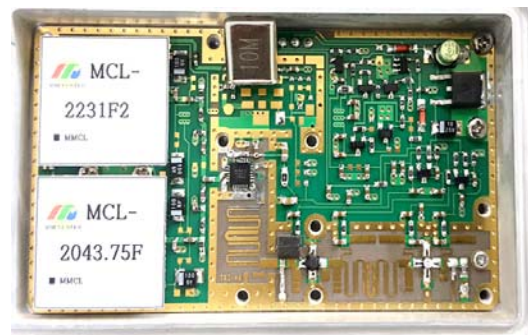


그림 2-b. 설계된 고감도 K/Ka-band LNB

III. Ka-band 설계와 실험결과

설계한 Ka-band 하향 변환기의 시스템 블록은 송신기로부터 받은 미약한 RF 신호를 증폭시키기 위한 3단 저 잡음 증폭단으로 최저 잡음을 가지는 증폭기 설계, 19.2~20.2GHz의 1GHz대역의 RF신호를 위한 대역통과 필터 중심주파수(19.2GHz), 대역통과 필터를 통해 필요한 주파수 대역만이 입력된 RF신호와 LO신호를 950~1950MHz의 IF 신호로 하향변환시키는 능동 혼합기, 낮은 위상잡음을 보이는 국부발진기, 18.2GHz의 LO 주파수를 체배하기 위한 주파수 체배기, IF 신호를 증폭하기 위한 IF 신호 증폭단으로 구성되어 있다. Ka-band 위성 통신 주파수 변환기의 이득은 58.5~60.7dB, 1.38dB 잡음 특성을 그림 3에서 나타내고 있으며, 위상잡음은 -63.10@100Hz을 보이며 각각의 옵션 주파수에 대한 위상잡음은 그림 4와 같다. 그림 5는 이미지 주파수 제거 특성을 나타낸다. IF 주파수 대역은 상용모델 보다 제작된 모듈이 50MHz씩 증가하였지만 대역폭은 1GHz으로 동일하며 잡음지수(NF) 및 위상잡음(PN) 특성이 상용품에 비해 우수함을 확인하였고, P_{1dB} 가 +5.5dBm 증가로 인하여 +10.5dBm이라는 높은 동적범위로 대기에 대한 감쇄 현상을 줄일 수 있다. 표 1은 본 논문에서 설계하고자하는 하향 변환기의 상용모델의 규격과 제품의 규격을 나타내고 있다. 또한 CDR (1-dB Compression point Dynamic Range)은 수신기의 1-dB 이득 압축점과 입력 잡음 레벨간의 차를 나타내는데 $P_{noise\ floor}$ 는 수식 (1)과 같이 나타내고 그에 따른 CDR은 수식 (2)에 나타낸다. NF는 시스템 전체 잡음지수를 나타내며 시스템 전체 잡음지수는 1.38dB를 나타낸다. $OIP3$ 는 P_{1dB} 점 보다 높은 10 ~ 15dB 값을 나타내고, 수식 (3)는 IIP3의 값을 나타낸다. CDR, SFDR의 동적영역의 계산 결과는 표 1에 나타내었다.

$$P_{noise\ floor} = -174dBm/Hz - NF - 10\log_{10}(BW) \quad (1)$$

$$CDR = P_{1dB} - P_{noise\ floor} \quad (2)$$

$$IIP3 = OIP3 - Gain \quad (3)$$

표 1. K/Ka-band LNB 수신기의 동적영역 분석

동작영역	동작영역 계산
CDR	- Input P1dB = -15 + 10 = -5dBm
	- 최소잡지신호 = -82.62dBm
	- CDR = IP1dB-MDS = 77.62dBm
SFDR	- Input IP3 = -35dBm
	- 최소잡지신호 = -82.62dBm
	- SFDR = 2/3(IIP3-MDS) = 2/3(-35 + 82.62) = 31.74dBm

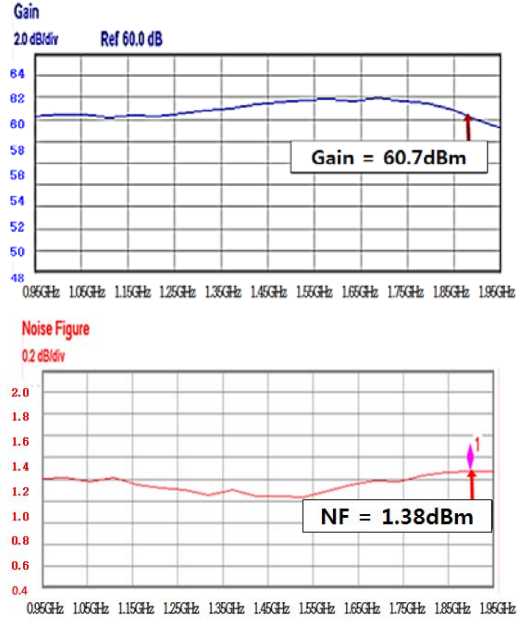


그림 3. 설계된 저잡음 증폭기의 잡음 지수와 이득관계



그림 4. Ka-band 위성방송 수신기(FEM) 위상잡음(Phase Noise)

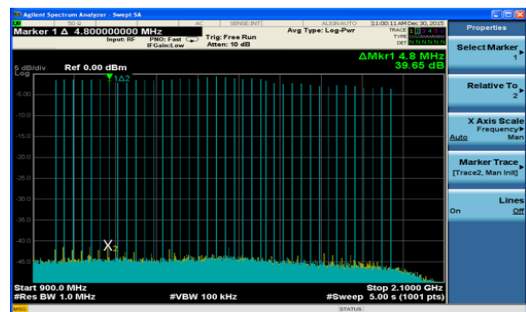


그림 5. 이미지 제거 특성

IV. 결 론

본 논문에서는 차세대 UHD 위성 통신 방송 용으로 사용 될 예정인 Ka-band를 사용하여 저 잡음 증폭기, 대역통과 필터, 이미지 제거 필터, 능동 혼합기, 국부 발진기, IF단의 증폭기로 구성된 하향변환기를 설계 및 실험을 하였고, 제작된 모듈은 잡음지수 및 위상잡음 특성이 매우 좋아 향후 UHD 위성 통신 방송에 사용 가능 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2016년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2015_H1C1A1035526)

참고문헌

- [1] H. Moheb, C. Robinson, J. Kiheky, "design & Development of Co-polarized Ku-band Ground Terminal System for Very Small Aperture(VSAT) Application, IEEE APSI Symposium Vol.3, 7. 1999, pp. 2158-2161.
- [2] Tho Le-Ngoc, V. Leung, P. Takats, P. Garland, "Interactive multimedia satellite access communications", IEEE Communications Magazine Vol41, July, 2003, pp. 78-85.
- [3] O. JongGyu, W. YongJu, L. JinSub, K. YongHwan, P. JongHo, K. JoonTae, "A Study of Development of Transmission Systems for Next-generation Terrestrial 4K UHD & HD Convergence Broadcasting", The Korean Society Of Broad Engineersm Vol. 19, No. 6, Nov. 2014.
- [4] Y. Suzuki, K. Tsuchida et al., "Performance Evaluation of Transmission System for 8K Super Hi-Vision Satellite Broadcasting, " Symposium of Selected Areas in Communications: GC 14 SAC Satellite & Space Communication, Globecom, 2014, pp. 2889-2891.
- [5] L. Kyung-Bo, M. Gwang-Yun, P. Gi-Won, R. Young-Chul, "Design of Ka-Band Satellite Down-Converter for 4K-UHD", Korea Institute Of Communication Sciences, Jan, 2016. pp. 805-806.