

# 저궤도 위성용 S-BAND 수신기 설계 및 제작

최 영 진

한국항공우주산업(주)

우주개발연구센터

e-mail : yj6104@koreaaero.com

## Design and Fabrication of a S-BAND Receiver for Low Orbit Satellite

Young-Jin Choi

Korea Aerospace Industries

Space Development and Research Center

### Abstract

In this study, S-Band receiver for low orbit satellite is implemented. The developed receiver is double super-heterodyne type and STDN compatible. Input/output frequency of receiver is 2034.747MHz and 18.414MHz used for KOMPSAT 2 satellite. Overall gain(@AGC=0V) and image rejection were 92.4dB and 50.2dB respectively. It was verified that receiver has stable performance to the temperature limit, power supply voltage variation and input signal level range.

### I. 서론

본 논문에서 설계/제작된 S-Band 트랜스폰더 수신기는 안테나로부터 전달받은 대략 -130dBm ~ -40dBm의 S-band 신호를 슈퍼헤테로다인(superheterodyne) 방식에 의하여 18MHz 대역의 주파수로 Down Conversion시켜 검출부로 전달하는 동작을 수행한다. 이 과정에서 입력신호에 포함된 잡음 성분과 이미지 성분들은 제거되고, 캐리어 신호는 증폭된다.

수신부 전체의 전압이득은 상온에서 normal 95±5dB이고, AGC level 조절에 의한 전압 이득의 Dynamic range는 80dB 이상이며, AGC가 0V일

때 전압이득이 최대가 되도록 하였다.

수신부는 다음의 11개 보드로 구성 하였다.

- RF Amplifier
- X3 Multiplier
- 1st IF Amplifier / 2nd Mixer
- 2nd IF Amplifier
- X9 Multiplier
- 1st X2 Multiplier
- 2nd X2 Multiplier
- Divider
- Predetector Amplifier
- Power Supply
- EMI Filter

수신부의 Block Diagram을 Fig.1에 나타내었다.

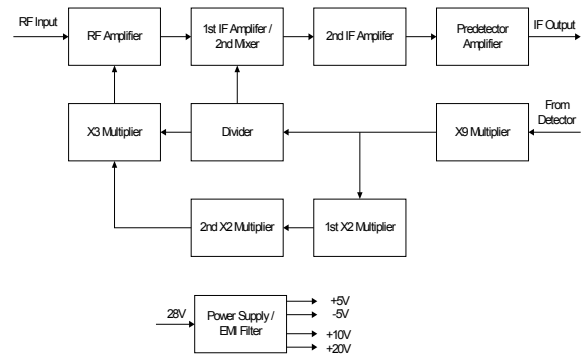


Fig.1 Receiver Block Diagram

## II. 본 론

### 1. 설계

본 절에서는 수신부 11개의 보드중 X9, 1st X2, 2ndIF단의 설계 내용을 요약 기술 하였다.

#### 가. X9 Multiplier

VCO로부터 18.414MHz(T=54.306ns)를 입력으로 받아 입력 주파수의 3배가 되는 주파수를 갖는 신호 55.242MHz(T=18.102ns)로 변환시켜 Divider 단으로, 입력 주파수의 9배가 되는 주파수를 갖는 신호 165.726MHz(T=6.03ns)로 변환시켜 1st X2 Multiplier 단으로 전달하는 기능을 갖도록 하였다.

소 신호 해석은 왜곡(distortion)이 비교적 작은 선형 영역에서 동작하는 회로에 대해서는 적합하나, 왜곡이 큰 회로에는 적합하지 않아 X9 Multiplier 단에 대해서는 Transient 분석만을 수행하였다.

입력 단에 크기가 634mVpp(0dBm)인 18.414MHz 신호를 넣고 Transient 분석을 수행한 결과, Divider 단의 입력으로 연결되는 첫번째 출력 단에서 200.97mVpp(-10dBm)의 크기를 갖는 55.242MHz의 신호를 얻었다. Fig.2는 이 신호의 시뮬레이션 파형을 나타내고 Fig.3은 3채배 결과의 FFT를 나타낸다.

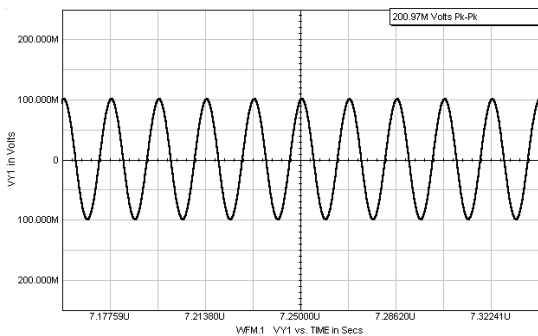


Fig.2 X9 회로의 3채배 신호

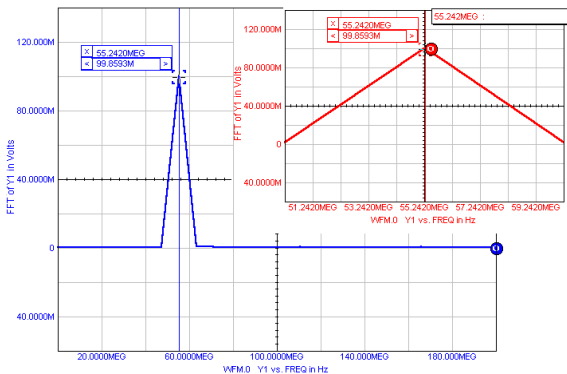


Fig.3 X9 Multiplier 1st 출력 FFT

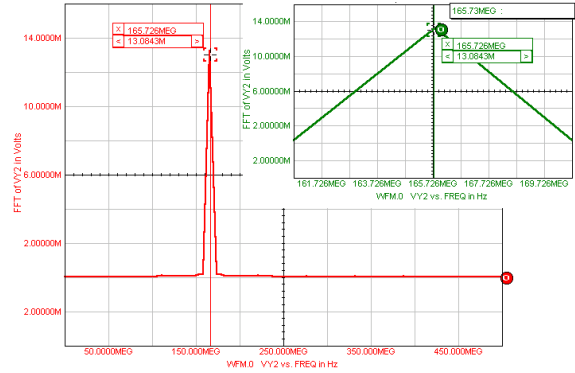


Fig.4 X9 2nd 출력 신호(165.726MHz) FFT

Fig.4는 X9보드의 9채배 신호 출력에 대한 FFT 결과를 보인다.

#### 나. 1st X2 Multiplier

1st X2 Multiplier 단은 X9 Multiplier 단으로부터 165.452MHz(T=6.03ns)의 출력 신호를 입력으로 받아 331.452MHz(T=3.017ns)로 변환하여 2nd X2 Multiplier 단으로 전달한다. 1st X2는 Common Emitter 구조의 주파수 Doubler와 버퍼, 2개의 BPF로 구성 하였다. Transient 특성 Simulation을 위해 입력단에 크기가 316mVpp(-6dBm)인 165.726MHz 신호를 넣고 Transient 분석을 수행한 결과, 출력단에서는 464.46mVpp(-2.7dBm)의 크기를 갖는 331.452MHz의 신호를 얻었다. 따라서 출력 신호는 크기 요구 조건을 만족한다. Fig.5는 1st X2 회로의 출력에 대한 FFT결과를 보인다.

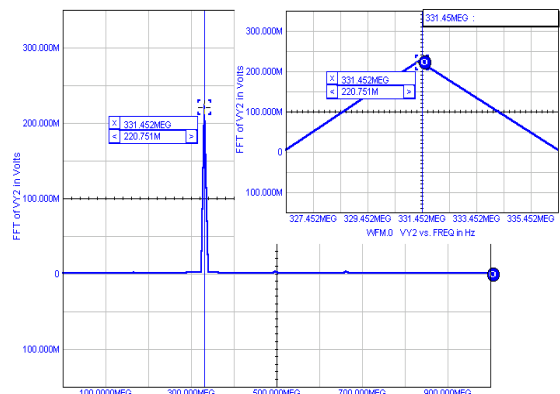


Fig.5 1st X2 Multiplier 출력 신호 FFT

#### 다. 2nd IF Amplifier

2nd IF Amplifier는 1st IF Amplifier/2nd Mixer 단으로부터 18.414MHz(T=54.306ns)의 신호를 받아서 증폭시킨 후 Predetector Amplifier 단으로 전달한다. 2nd IF

Amplifier 단에서 쓰인 2개의 2차 Band Pass Filter는 Amplifier에 의해서 Isolation되면서 연결되고, 전체이득은 AGC에 의해서 조절되는 4단 증폭기로부터 얻는다. Fig.6은 BPF 회로의 소신호 특성을 보여 준다.

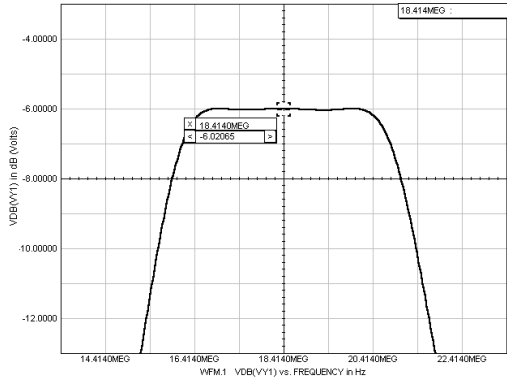


Fig.6 18.414MHz Band Pass Filter 소 신호 특성

2.. H/W 제작/시험

본 절에서는 제작된 수신기의 보드중 일부보드의 시험결과를 나타내었다. Fig.7은 하우징에 장착된 수신기의 외관을 나타낸다.

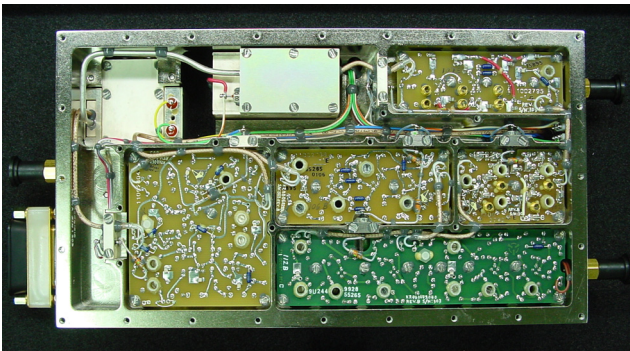


Fig.7 Receiver 외관

가, 2nd IF Amplifier

2nd IF Amplifier 회로는 Receiver의 출력부분에 위치하는 회로이며 설계조건은 30dB(AGC=0V) 이득과 50dB의 Dynamic Range를 요구 하고 있다. H/W 제작/시험 결과 설계요구조건을 만족하는 결과를 얻었으며 Fig.8에 2nd IF 회로의 S11 측정결과를 나타내었다. 측정시 전체이득의 미세조정은 증폭단 트랜지스터 에미터 저항을 변경하여 설계조건을 만족시킬 수 있었다.

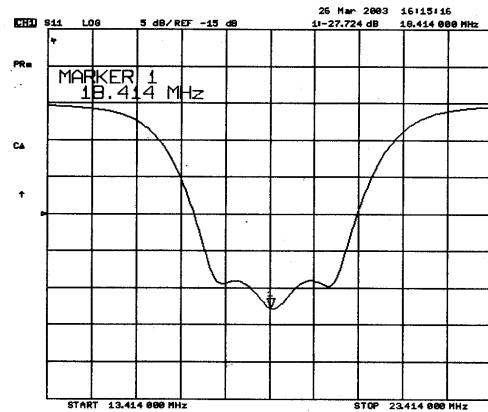


Fig. 8 S11 of 2nd IF Amplifier

나. X9 Multiplier

X9 Multiplier 시험시 18.414MHz의 신호는 신호 발생기(Signal Generator)를 이용하여 공급하였으며, 전원이 공급되는 동안 출력에는 반드시 50Ω을 연결하였다.

X9 보드의 설계요구조건은 55.242MHz, >-10dBm의 3차배 신호와 165.726MHz, -6dBm의 9차배 신호를 출력 이다. 시험 결과, Epoxy curing 완료 후 상온에서, 55.242MHz의 신호는 크기가 -8.17dBm, 165.726MHz의 신호는 크기가 -7.07dBm으로 측정되었고, 이러한 출력 크기는 온도 변화에 대하여 거의 변화하지 않았다. 또한 각각의 출력단에서의 Spurious 성분은 -50dBc 이하로 측정되었다.

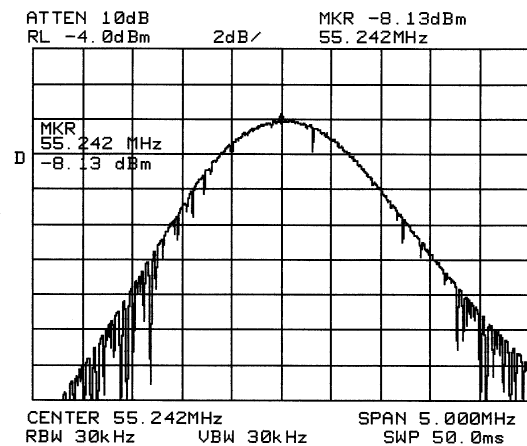


Fig.9 First Output of X9 Multiplier

Fig.9는 X9의 3차배 출력 Spectrum을 나타내며 시뮬레이션 결과와 일치하는 결과를 얻었다.

다. 1st X2 Multiplier

1st X2 설계요구조건은 입력신호가 165.726MHz,  $-6\text{d}\pm 2\text{dBm}$ 일때 331.452MHz,  $> -3\text{dBm}$ 의 출력신호를 요구하고 있다. Fig.10은 Network Analyzer로 측정된 출력 Spectrum이며  $-0.5\text{dBm}$ 의 최대값을 보여주고 있다. Fig.11은 S11을 나타내고 있으며 Fig.12는 1st X2 출력 BW를 확인하기 위한 Spectrum이다. 1st X2 시험결과 설계요구조건을 만족함을 확인 하였다.

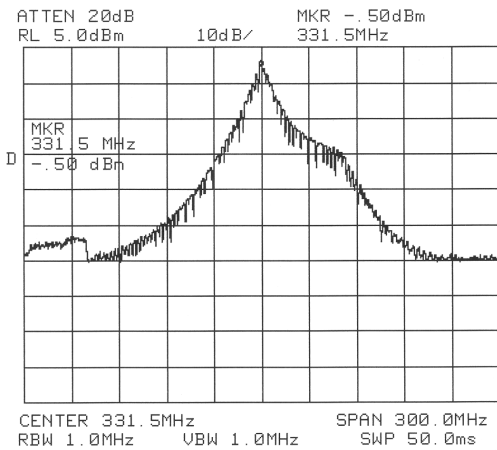


Fig.10 First X2 Output Spectrum

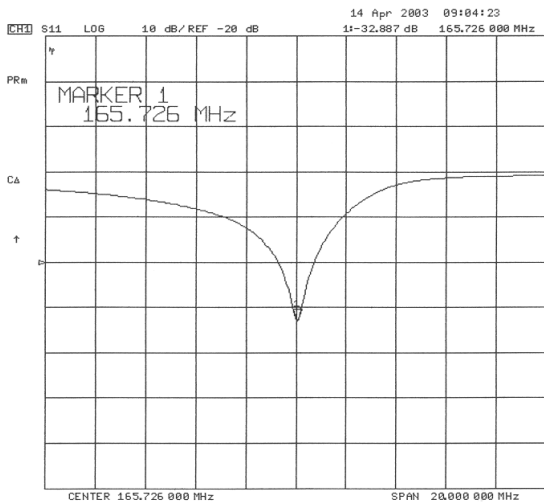


Fig.11 First X2 S11

Fig.22 First Output of X9 Multiplier

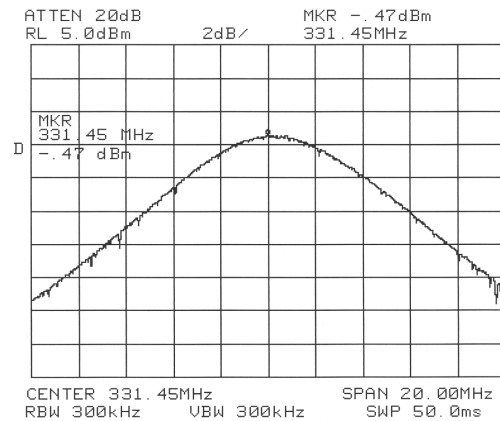


Fig.12 First X2 Output BW

II. 결 론

Receiver Board 전체가 조립된 후 수행한 시험에서는 특성 변화를 위한 특별한 조절 절차없이, 수신부 전체의 특성만을 측정한다. 수신부 전체가 조립된 후 문제점이 발생하지 않도록 각 어셈블리 단계에서 주어진 조건을 충분히 만족시키도록 시험을 수행하는 것이 매우 중요하다.

시험 결과, Power Supply가 연결된 상태에서 상온에서의 수신부 전체의 이득은 AGC 레벨이 0V 일 때 92.4dB, Image Rejection은 50.2dB, LO Feedthrough는  $-130\text{dBm}$  미만으로 측정되었으며, 전원 전압 크기 변화, 온도 변화, 입력 신호 크기 변화에 대하여 안정한 특성을 보였다.

$-0.5\text{dB}$  대역폭은 2.80MHz, 3dB 대역폭은 3.92MHz, 60dB 대역폭은 10.50MHz로 측정되었고 설계목표 사양을 만족함을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Floyd M. Gardner and Steven S. Kent, "Theory of Phaselock Techniques as Applied to Aerospace Transponders", George C. Marshall Space Flight Center.
- [2] "Worst Case Analysis Requirements/Guidelines", L-3 Communications, 12. Jan., 1996
- [3] KOMPSAT-2 S-Band Transponder Equipment Specifications.
- [4] NASA STDN Design Requirement Document, STD-336-M02-NE
- [5] Rodger E. Ziemer and Roger L. Peterson, "Digital Communication and Spread Spectrum systems".