Regular paper

Journal of the KIECS. pp. 983-988, vol. 12, no. 6, Dec. 31 2017, t. 86, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.6.983

위성중계기용 SHF대역 출력다중화기의 설계 및 구현에 대한 연구

김기중* · 이승제**

A Study on the Design and Implementation of SHF band OMUX for Satellite Communication

Ki-Jung Kim* · Seung-Jae Lee**

요 약

본 연구는 위성중계기용 SHF 대역 OMUX(: Output Multiplexer)의 설계 및 구현에 대해 기술하였다. SHF 대역 입력필터조립체는 LPF(: Low Pass Filter) + Manifolder + Channel Filter + LPF로 구성된다. 제작 전 우주환경에 대한 사전 시뮬레이션 분석을 통하여 장비 오동작 가능성을 최소하였으며, 발사환경 시 발생하는 진동에 대한 시뮬레이션을 통해 신뢰성 있는 OMUX를 설계하였으며, 제작 후 주요 성능지표에 대해 만족여부 확인 및 사전 성능 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

ABSTRACT

This study describes the design and implementation of OMUX(Output Multiplexer) for Satellite Communication. The OMUX unit for SHF band consists of LPF(Low Pass Filter), manifolder and Channel Filter. Through the pre-simulation analysis of space environment, the possibility of the malfunction of equipment minimized and we designed a reliable OMUX through simulation for vibration analysis generated during the launch, and compared pre-simulation of main performance results to test results about main performances of OMUX after production.

키워드

Satellite Communication, OMUX, Space Environment
위성 중계기, 출력 다중화기, 우주 환경

Ⅰ. 서 론

기존 아날로그 위성 중계기에서 점차 위성중계기에 대해서도 디지털화가 가속화되고 있다. 아날로그 위성중계기는 강우에 대한 신호의 감쇄 등의 단점을 가지고 있다. 아날로그 위성중계기에 비해 디지털위성중계기는 자동 및 수동 이득 조정 기능 보유, 부채널 스위칭기능, 방송기능 등을 가지고 있어서 위성 통신 효율을 극대화할 수 있는 장점을 가지고 있다. 디지털위성중계기의 개념도는 그림 1과 같다. 안테나로부터 미약한 신호의 SHF 대역의 신호를 수신하여 입력필터(IFA : Input Filter Assembly)로 필터링되고, 미약한 신호를 저잡음증폭장치(LNA : Low Noise Amplifier)로 증폭을 시켜준다. 그리고 입력다중화기(IMUX :

* 교신저자 : 한화시스템 HW팀(레이다)
**한화시스템HW팀(레이다) (rucianii@hanwha.com)
· 접 수 일 : 2017. 09. 07
· 수정완료일 : 2017. 10. 26
· 게재확정일 : 2017. 12. 15
· Received : Sep 07, 2017, Revised : Oct 26, 2017, Accepted : Dec 15, 2017
· Corresponding Author : Ki-Jung Kim
HW Team(Radar) Hanwha System
Email : kj08.kim@hanwha.com

Input Multiplexer)가 각 주파수 대역을 필터링하고 하향주파수변환기(Down Converter)를 통해 L대역으로 하향 변환한다. 그 신호는 디지털채널증폭부(Digital Channel Amplifier)를 사용하여 디지털신호처리를 하고, 다시 L대역을 상향주파수변환기(Up Converter)를 거쳐 SHF대역으로 변환한다. 상향 변환된 신호를 다시 TWTA(: Traveling Wave Tube Amplifier)를 통해 고출력증폭을 하며, 채널별로 필터링을 하기 위하여 출력다중화기(OMUX : Output Multiplexer)를 거쳐서 안테나(ANT : Antenna)로 송출하게 된다[1-2].

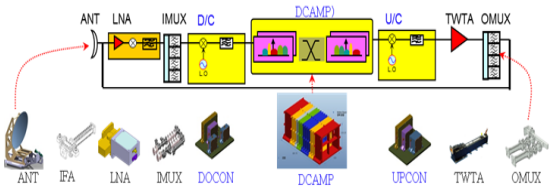

그림 1. 위성중계기 개요
Fig. 1 Overview of the satellite communication

본 논문에는 지상으로 수신한 SHF대역의 신호를 원하는 다시 고출력 증폭하여 출력대역의 신호를 필터링역할을 하는 출력다중화기의 설계, 구현 및 우주환경 분석결과에 대해 기술한다.

II. 본 론

2.1 위성중계기용 출력다중화기 개요

디지털위성중계기용 출력다중화기는 지상 단말에서 수신하는 SHF대역의 신호를 지상으로 수신한 SHF대역의 신호를 원하는 다시 고출력 증폭하여 출력대역의 신호를 필터링역할을 한다. 본 위성중계기용 출력다중화기의 군지연특성은 25nsp-p 이하, 대역외 억압특성은 Ku대역에서 50dBc 이상을 만족하도록 설계 및 구현하였다. 또한 우주환경분석(진동)을 통하여 우주환경에 운용에 문제없음을 사전 검증하였다.

출력다중화기는 그림 2와 같이 LPF, Manifolder, Channel Filter 등으로 구성된다. LPF는 고주파대역외의 신호를 필터링하는데 사용되며, 채널필터는 운용주파수 채널을 필터링한다[3-4].

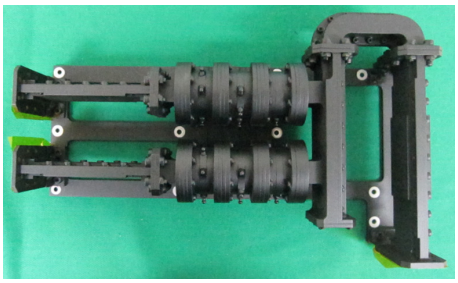

그림 2. 출력다중화기의 형상
Fig. 2 Figure of OMUX

출력다중화기는 그림 3과 같이 입력단에 LFP, 채널대역을 분리시켜주는 Manifoler 및 채널필터로 구성되어 운용대역만을 필터링해주는 입력필터로 구성되어 있다.

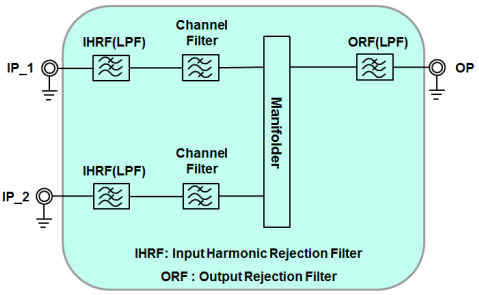

그림 3. 출력다중화기의 블록도
Fig. 3 Internal block of OMUX

2.2 위성중계기용 출력다중화기의 설계 및 측정결과

위성중계기용 출력다중화기의 전 부품에 대해서 정지궤도급에서 사용가능한 부품으로 적용하였다.

OMUX의 내부의 LPF는 그림 4와 같이 입력단에 Waffle-Iron 도파관 구조의 고주파 감쇄필터로 구성되어 있다.

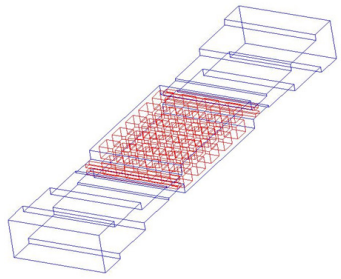

그림 4. 출력다중화기의 입력 LPF 내부구조
Fig. 4 Internal configuration of OMUX

LPF는 고주파 대역을 감소시켜주는 역할을 하며 그림 5는 LPF의 시뮬레이션 특성을 보여준다.

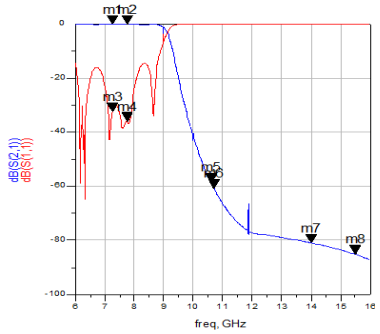

그림 5. 출력다중화기의 LPF 특성
Fig. 5 Characteristic of LPF of OMUX

그림 5는 Ku대역에서 80dBc정도로 필터링하는 특성을 보여준다. 억압특성이 충분히 확보가 안되면 고출력 증폭된 신호가 Ku대역을 사용하는 위성단말 장비에 인가되어 간섭 등의 악영향이 일어날 수 있다[5-6].

그림 6은 OMUX의 핵심역활을 하는 채널 필터의 특성을 보여준다. 인접대역에서 최소 30dBc 이상을 억제하는 특성을 나타낸다.

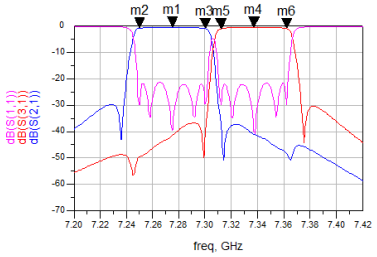

그림 6. 출력다중화기의 채널특성
Fig. 6 Channel filtering characteristic of OMUX

그림 7은 출력다중화기의 군지연특성을 보여준다. 최대 운용대역에서 24nsp-p이하로 목표규격인 25nsp-p를 만족한다.

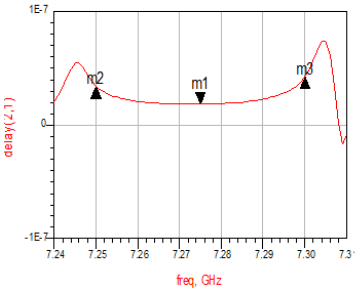

그림 7. 출력다중화기의 군지연특성
Fig. 7 Group delay of OMUX

2.3 위성중계기용 출력다중화기의 우주환경 시뮬레이션 분석

우주환경은 태양에 의한 방사능이 존재하는 환경과 태양표면의 흑점 등의 분출로 인한 전자회로에 임펄스 잡음 등의 발생 및 공기가 존재하지 않아 공기에 의한 열대류가 존재하지 않는 혹독한 환경이다[7-8].

발사환경 및 우주환경에 대한 생존성을 사전 검증하기 위하여 본 논문에서는 진동에 대한 시뮬레이션을 진행하였다. 출력다중화기는 전자부품이 실장되지 않는 구성품이기 때문에 방사능분석은 해당사항이 없고, 진동 및 열분석에 대해서만 수행하였다. 발사환경의 출력다중화기에 대한 진동분석은 그림 9와 같다.

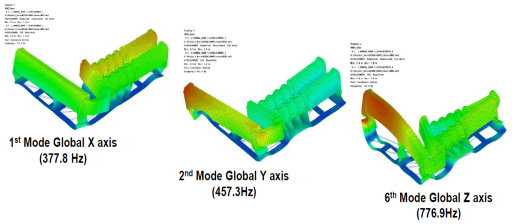

그림 8. 출력다중화기의 진동분석
Fig. 8 Vibration analysis of OMUX

진동공진주파수가 X축은 377.8Hz, Y축은 457.3Hz, Z축은 776.9Hz로 시스템 요구사항인 150Hz이상으로 진동조건을 만족한다.

열분석은 고출력 증폭된 신호가 내부에 인가되기 때문에 주로 채널필터에 134도 정도로 분석되나 Invar 재질을 사용하여 특성에 큰 영향이 없다.

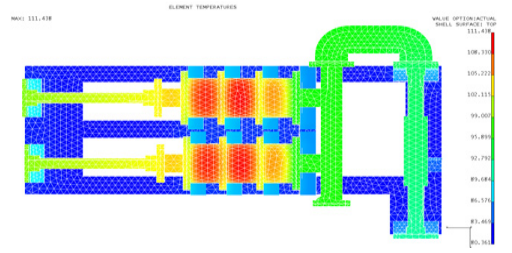

그림 9. 출력다중화기의 온도분석
Fig. 9 Temperature analysis of OMUX

2.4 위성중계기용 출력다중화기의 시험결과

위성중계기용 출력다중화기의 시험은 성능 시험 및 우주환경시험으로 나눌 수 있다[7-8].

출력다중화기의 성능에 대한 시험은 실험실 환경에서 네트워크분석기를 사용하여 시험하였다. 시험구성도는 그림 10과 같다.

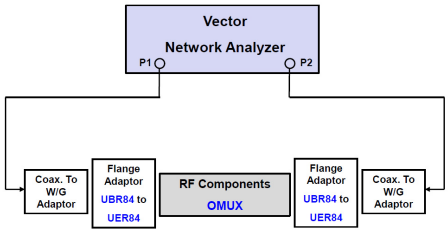

그림 10. 출력다중화기의 시험구성도
Fig. 10 Test configuration of OMUX

위성중계기용 출력다중화기의 성능시험 항목은 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 삽입손실, 군지연특성, 필터링특성에 대한 결과를 언급한다[9]. 삽입손실 특성은 그림 12와 같이 운용주파수 대역에서 0.47dB를 보이며 규격 1.5dB이하로 요구규격은 만족한다.

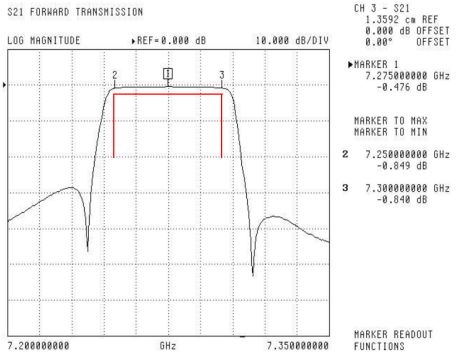

그림 11. 출력다중화기의 삽입손실 특성
Fig. 11 Insertion loss characteristic of OMUX

출력다중화기의 군지연특성은 그림 13과 같이 요구규격 25nspp이하 대비 20.7nspp로 요구규격을 만족한다.

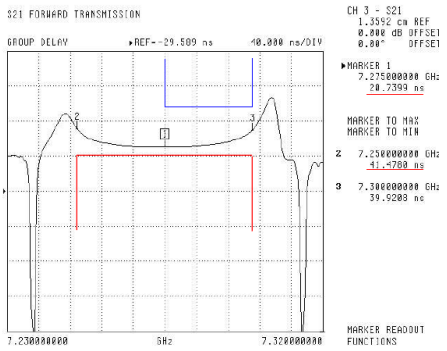

그림 12. 출력다중화기의 군지연 특성
Fig. 12 Group delay characteristic of OMUX

우주환경시험을 하기 전에 기본적인 성능시험을 완료 후 디지털위성중계기용 입력필터조립체의 우주환경시험을 진행하였다. 본 논문에서는 우주환경시험항목 중 하나인 진동시험에 대한 시험구성도 및 결과를 언급한다. 출력다중화기의 진동시험은 X, Y, Z축 각각에 대해서 시험을 하고, 사전 성능 시험과 진동시험

후 성능 시험치를 비교하였다.

그림 13는 출력다중화기의 X축 진동시험의 시험사진을 보여준다. 출력다중화기 각 포인트마다 진동센서를 부착하여 진동 중 진동수치를 모니터링하였다.

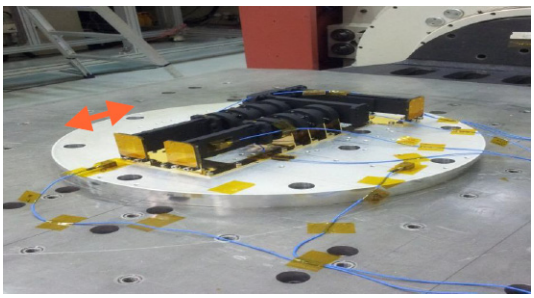

그림 13. 출력다중화기의 진동 시험 구성
Fig. 13 Vibration test configuration of OMUX

그림 14와 같이 출력다중화기의 X축 진동시험결과는 요구조건 150Hz이상인 611Hz로 요구조건을 만족한다. 2.3절에 언급한 사전 예측 결과보다 더 양호한 결과를 보인다.

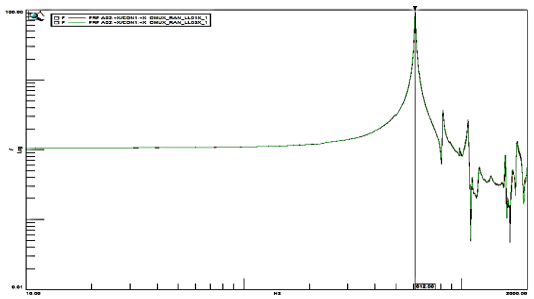

그림 14. 출력다중화기의 진동 시험 결과
Fig. 14 Vibration test result of OMUX

III. 결 론

본 논문은 위성중계기용 출력다중화기(OMUX)의 설계 및 구현에 대해 기술하였다.

제작 전 출력다중화기의 삽입손실 및 대역외 억압특성, 군지연특성 등에 대해서 사전 분석을 하였으며, 제작 후 주요 성능지표에 대해서 시험을 통하여 요구사항 만족여부 및 시뮬레이션 분석결과와 비교하였다. 본 연구 과정 및 결과를 바탕으로 고신뢰성이 요구되는 정지궤도 및 저궤도 위성용 출력다중화기 개발에 활용할 예정이다.

References

[1] K. Kim and H. Seo, “The system performance analysis and implementation of Digital Communication Satellite,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 4, no. 9, 2014, pp. 439-445.

[2] K. Kim and H. Ko, “The Optimization using PCB EM interpretation of GEO satellite’s L Band Converter,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 8, no. 8, 2013, pp. 1219-1226.

[3] K. Kim, “The Study on the Design and Implementation of SHF band Upconverter of Digital Satellite Communication,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 12, no. 2, 2017, pp. 261-266.

[4] S. Kim and Y. Rhee, "Implementation of Ku-band Low Noise Block for Global Multi-Band Digital Satellite Broadcasting," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 11, no. 1, 2016, pp. 23-28.

[5] M. Go, H. Shin, and H. Park, “A RF Module for digital terrestrial and multi-standard reception,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 1, no. 1, 2006, pp. 16-27.

[6] K. Kim and B. Kim, “The Study on the design and implementation of a X-band 25W Power Amplifier Module using GaAs MMIC,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, 2014, pp. 1311-1316.

[7] T. Kim, J. Park, and Y. Rhee, "Implementation of Ka-band Low Noise Block Converter For Satellite," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 2, 2008, pp. 93-100.

[8] K. Kim, “The Study on the Design and Implementation of SHF band Low Noise Amplifier of Digital Satellite Communication,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 11, no. 12, 2016, pp. 1159-1164.

[9] K. Kim, “The Study on the Design and Implementation of SHF band Downconverter of Digital Satellite Communication,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences,* vol. 12, no. 3, 2017, pp. 427-432.

저자 소개

김기중(Ki-Jung Kim)

2002년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)
2005년 ~ 2008년 LG이노텍 전자부품연구소
2008년 인하대학교 대학원 전자통신공학 졸업(공학석사)
2008년~현재 한화시스템 HW팀(레이다) 재직중
※ 관심분야 : 다기능위상배열레이더, 위성중계기, 데이터링크

이승제(Seung-Jae Lee)

20015년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(공학사)
2017년 중앙대학교 전자전기공학과 졸업(공학석사)
2017년~현재 한화시스템 HW팀(레이다) 재직 중
※ 관심분야 : RF HW, Digital HW, 다기능위상배열레이더