

# 디지털위성중계기용 성능입증장치의 설계 및 구현에 대한 연구

김기중\*

## A Study on the Design and Implementation of EGSE for Digital Satellite Communication

Ki-Jung Kim\*

### 요 약

본 연구는 디지털위성중계기용 성능입증장치의 설계 및 구현에 대해 기술하였다. 성능입증장치(EGSE : Electrical Ground Support Equipment)는 디지털위성중계기를 평가하는 장비로 정밀하고 정확한 측정이 요구된다. 성능입증장치는 디지털위성중계기를 검증하기 위하여 위성버스를 모사한 PLDIU(Payload Distribution and Interface Unit)와 계측장비연동장치, SHF대역 상향주파수/하향주파수 변환장치, 모뎀 등으로 구성되어 있다. 성능입증장치는 디지털위성중계기를 제작 후 성능확인 및 열진공시험 등의 우주환경시험 시 활용하였다.

### ABSTRACT

This study describes the design and implementation of EGSE for Digital Satellite Communication. The EGSE is a equipment that evaluates digital satellite communication and requires precise and accurate measurement. EGSE consists of a PLDIU and IIU(Instrument Interface Unit), Up/Down converter for SHF band, Modems to verify the Digital Satellite Communication. The EGSE was used for performance verification and space environment test such as thermal vacuum after developing digital satellite communication

### 키워드

Digital Satellite Communication, EGSE, Space Environment  
디지털 위성 중계기, 성능 입증 장치, 우주 환경

## 1. 서 론

기존 아날로그 위성 중계기에서 점차 위성중계기에 대해서도 디지털화가 가속화되고 있다. 아날로그 위성 중계기는 강우에 대한 신호의 감쇄 등의 단점을 가지고 있다. 아날로그 위성중계기에 비해 디지털위성중계기는 자동 및 수동 이득 조정 기능 보유, 부채널 스위

칭기능, 방송기능 등을 가지고 있어서 위성 통신 효율을 극대화할 수 있는 장점을 가지고 있다. 디지털위성 중계기의 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 SW팀(레이다)  
• 접수일 : 2018. 03. 30  
• 수정완료일 : 2018. 05. 07  
• 게재확정일 : 2018. 06. 15

• Received : Mar. 30, 2018, Revised : May. 07, 2018, Accepted : Jun. 15, 2018  
• Corresponding Author : Ki-Jung Kim  
SW 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 디지털신호처리(디지털증폭)를 하고, 다시 L대역을 상향주파수변환기(Uplink 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].

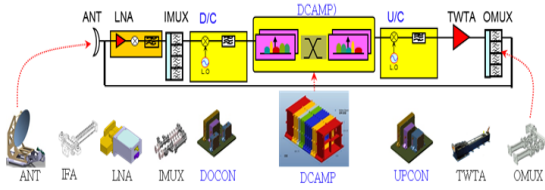


그림 1. 디지털위성중계기 개요  
Fig. 1 Overview of the digital satellite communication

본 논문에는 디지털위성중계기의 성능평가를 위한 성능입증장치(EGSE)의 설계, 구현에 대해 기술한다.

## II. 본 론

### 2.1 디지털위성중계기용 성능입증장치의 개요

디지털위성중계기용 성능입증장치는 디지털위성중계기를 시험 및 검증하기 위한 장치로 중계기의 성능을 평가하기 위하여 계측장비로 구성되어 있고, 위성버스를 모사하기 위한 PLDIU, 지상단말을 모사하기 위한 SHF대역 상향/하향 주파수 변환장치 등으로 구성되어 있다.

그림 2는 성능입증장치의 내부 블록도를 나타낸다. 위성버스를 모사하기 위한 PLDIU는 위성에 전원을 공급하는 역할을 하여 상태메시지를 1553B, TM으로 전달을 받는다. 또한 안정적인 국부신호를 발생하기 위하여 류비덤 기준주파수 발생장치를 적용하였다.[3-4].

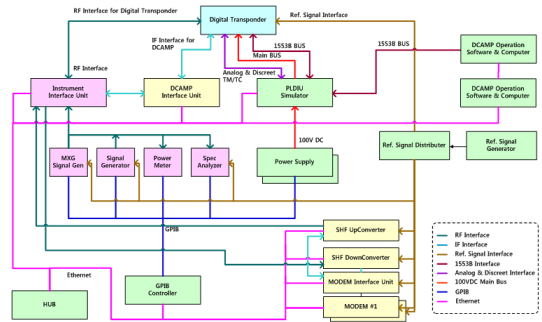


그림 2. 성능입증장치의 블록도  
Fig. 2 Block diagram of EGSE

성능입증장치는 19인치 랙 2개로 구성하였다. 그림 3은 디지털위성중계기용 성능입증장치의 형상을 보여 준다. 크게 성능분석부랙과 제어부랙으로 구성되어 있다.

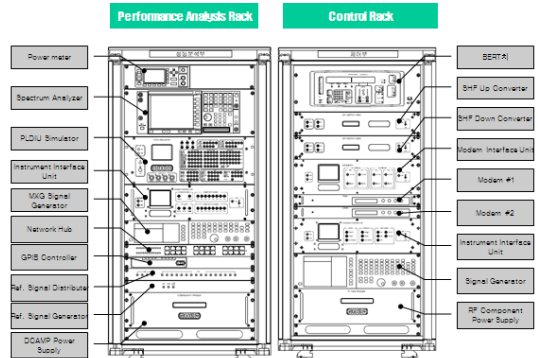


그림 3. 성능입증장치의 형상  
Fig. 3 Figure of EGSE

### 2.2 디지털위성중계기용 EGSE의 설계

성능입증장치는 디지털위성중계기의 성능 및 기능 항목에 항목에 대해서 측정이 가능하여야 한다. 그림 4는 디지털위성중계기의 성능 및 기능항목을 나타낸다. 성능관련 항목은 G/T, EIRP, 불요파, 이득평탄도, 선형성 등의 항목을 측정하며, 기능관련 항목은 FGM, ALC, Sub Ch Switching 등을 측정한다.

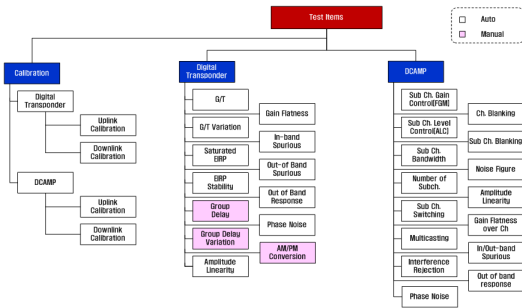


그림 4. 디지털위성중계기의 기능/성능 시험항목  
Fig. 4 Function and performance test items of digital satellite communication

또한 케이블 등에 대해서 보정이 필요한데 성능입증장치는 상향 및 하향 보정기능을 보유하고 있다.

디지털위성중계기의 성능 및 기능 시험 항목 중 본문에서는 대표적인 몇 가지의 시험방법에 대해서 소개한다. 성능항목에 대해서는 중계기의 수신능력을 평가하는 지표인 G/T, 선형성을 설명하고, 기능항목에 대해서는 DCAMP 단위의 부채널스위칭을 설명한다 [5-6].

G/T는 중계기의 수신능력을 나타내는 규격으로 디지털위성중계기 단위에서는 중계기의 잡음지수를 측정하고, 사전에 측정된 안테나의 이득을 적용하여 분석한다. 그림 5는 디지털위성중계기의 수신잡음지수를 측정하기 위한 시험구성도이다. 중계기 입력단에 잡음원을 인가하여 NF 측정기능이 내장된 스펙트럼분석기를 사용하여 잡음지수를 측정한다.

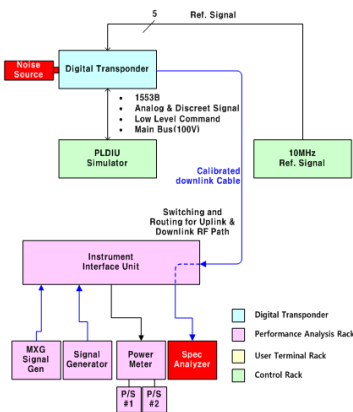


그림 5. G/T 측정을 위한 시험구성도  
Fig. 5 Test configuration of G/T test

그림 6은 디지털위성중계기의 선형성 측정을 위한 시험구성도이다. 2개의 신호발생기로부터 2 tone을 인가하여 IM3 성분의 크기를 측정한다.

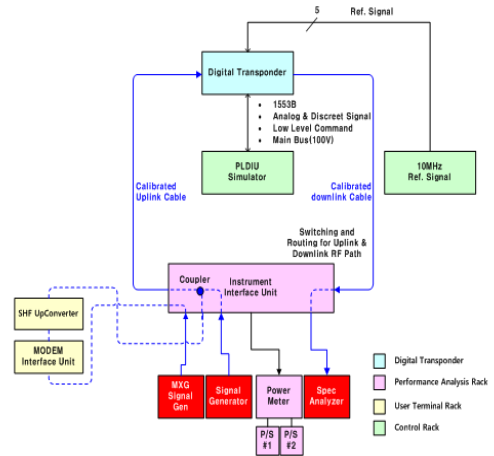


그림 6. 선형성 측정을 위한 시험구성도  
Fig. 6 Test Configuration of amplitude linearity

그림 7은 DCAMP 단위 시험 항목으로 부채널스위칭을 위한 시험구성도이다. 부채널스위칭은 Ka대역의 신호를 SHF대역으로 스위칭하거나 그 반대로 스위칭할 수 있는 기능으로 기존 아날로그 중계기에 비교해서 디지털중계기가 가지는 장점 중 하나이다.

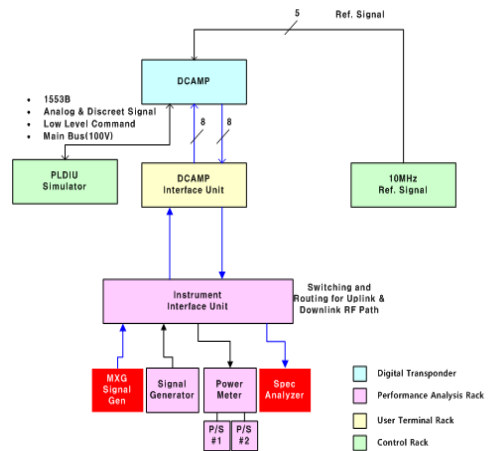


그림 7. 부채널스위칭 시험항목을 위한 시험구성도  
Fig. 7 Test configuration of sub-channel switching

### 2.3 성능분석장치를 사용한 디지털위성중계기 시험 및 우주환경시험

성능분석장치를 사용하여 디지털위성중계기의 성능항목(G/T, 진폭선형성) 및 기능항목(DCAMP 단위의 부채널스위칭)을 측정하였다.

우선 G/T(Gain/Noise Temperature)는 앞절에서 언급하였듯이 수신안테나 이득 대 잡음온도 비로 정의된다. 안테나의 수신 이득은 측정결과를 적용하고, 중계기의 잡음지수(NF)를 측정하여 계산한다. 기 측정 한 안테나의 수신이득은 36.67dB이고 EGSE를 활용하여 측정한 디지털중계기의 잡음지수는 그림 8과 같이 2.465dB로 측정되었다.

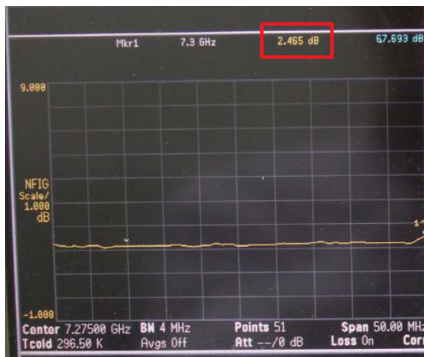
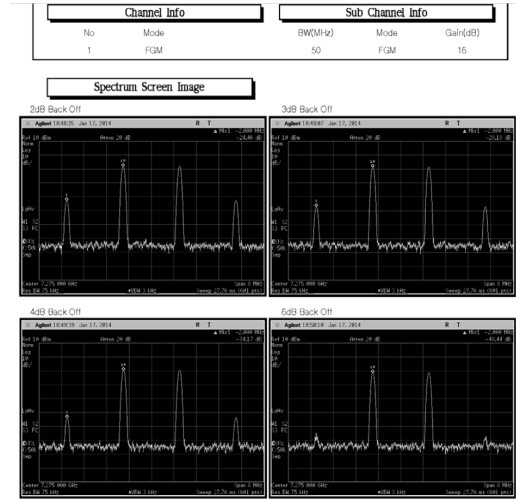


그림 8. 디지털중계기의 잡음지수 측정결과  
Fig. 8 Test result of NF of digital satellite communication

상기 측정된 중계기의 잡음지수 수치를 (1)과 같이 적용하여 디지털중계기의 G/T는 9.581[dB/K]로 양호한 수신능력을 나타낸다.

$$Antenna\ Gain[dBi] - NF[dB] - 10\log(290[K]) = 36.67[dBi] - 2.465[dB] - 24.624 = 9.581[dB/K] \quad (1)$$

다음은 진폭선형성 성능항목에 대해서 성능분석장치로 자동화 시험을 하였다. 그림 9와 같이 자동화 시험결과를 보면 진폭선형성은 2dB/3dB/4dB/5dB Back off시 해당 규격을 만족함을 알 수 있다.



Back off [dB]	Spec [dBc]	Result [dBc]
2dB Back off	≤ -16.3	-24.34
3dB Back off	≤ -21.8	-28.12
4dB Back off	≤ -24.9	-33.68
6dB Back off	≤ -26.9	-43.57

그림 9. 디지털중계기의 진폭선형성 측정결과  
Fig. 9 Test result of amplitude linearity of digital satellite communication

다음은 DCAMP 단위에서의 부채널스위칭의 기능항목을 성능분석장치로 자동화 시험을 하였다. DCAMP에는 8ch으로 구성되어 있어서 입력쪽에 그림 11과 같이 4개의 부채널을 인가하여 다른채널로 4개의 부채널 조합을 스위칭하는 기능을 시험한다.

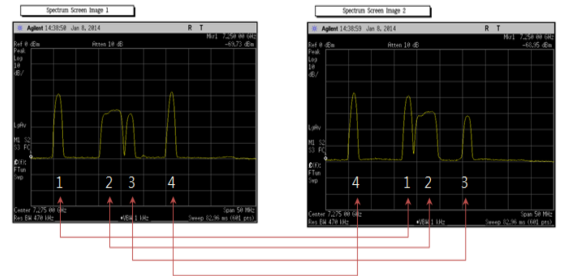


그림 10. 부채널스위칭에 대한 시험결과  
Fig. 10 Test result of sub-channel switching

그림 11은 개발된 디지털중계기에 대한 우주환경시험(열진공, 진동, 충격 등)을 하여 이상이 없음을 확인

하여야 하는데, 우주환경시험을 위하여 열진공 시험 시 열진공 챔버 외부에 성능분석장치를 사용하여 시험을 하는 사진을 보여준다. 성공적인 중계기 개발을 위하여 성능분석장치의 측정 정밀성이 필수적이다[7-9].



그림 11. 성능분석장치를 사용하여 디지털중계기의 열진공 시험 사진

Fig. 11 Figure of thermal vacuum test by using EGSE

### III. 결론

본 논문은 디지털위성중계기용 성능입증장치(EGSE)의 설계 및 구현에 대해 기술하였다.

성능입증장치는 정확한 측정을 위하여 입력 및 출력단 케이블에 대해서 상향 및 하향 보정기능을 보유하며, 성능항목에 대해서는 중계기의 수신능력을 평가하는 지표인 G/T, 진폭선형성, 이득평탄도 등을 시험 가능하며, 기능항목에 대해서는 부채널스위칭, ALC 등을 시험이 가능하다. 또한 성능입증장치의 내부 구성도 및 시험항목에 대한 시험방법 등에 대해서 기술하였으며, 최종적으로 디지털중계기의 주요 성능 및 기능 시험결과에 대해서 기술하였다. 고신뢰성이 요구되는 정지궤도 및 저궤도 위성의 시험을 위하여 성능분석장치의 정밀성이 필수적이다. 향후 본 연구 과정 및 결과를 바탕으로 고신뢰성이 요구되는 정지궤도 및 저궤도 위성용 성능입증장치 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] ESA Requirements and Standards Division, "Space Engineering: Testing," *European Space Agency ECSS-E-10-03A*, Feb. 2002.
- [8] 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.
- [9] K. Kim, "A Study on the Design and Implementation of SHF band IFA for Digital Satellite Communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 545-548.

[1] K. Kim and H. Seo, "The system performance analysis and implementation of Digital

저자 소개

**김기중(Ki-Jung Kim)**



2002년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)

2005년 ~ 2008년 LG이노텍 전자 부품연구소

2008년 인하대학교 대학원 전자통신공학 졸업(공학석사)

2008년~현재 한화시스템 SW팀(레이다) 재직중

※ 관심분야 : 다기능위상배열레이더, 위성중계기, 데이터링크