

초소형 S-대역 Tier0, Tier1 텔레메트리 송신기 설계 및 제작

전지호, 박주은, 김성민, 민세홍, 김기범, 이종혁, 김복기

단암시스템즈(주) 통신기술연구소

jjh2882@danam.co.kr, wndms01@danam.co.kr, smkim@danam.co.kr, shmin@danam.co.kr,
kkb6108@danam.co.kr, jhlee@danam.co.kr, bokki@danam.co.kr

A design of ultra compact S-Band Tier0, Tier1 Telemetry Transmitter

Jun Ji Ho, Park Ju eun, Kim Seong min, Min Se hong, Kim Ki bum,

Lee Jong hyuk, Kim Bok ki

R&D Center of Danam Systems INC, Anyang 13930, Korea

요 약

본 논문은 유도무기, 항공우주 분야의 텔레메트리 시스템에 적용가능한 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기를 제안한다. 본장비는 소형화를 위하여 주파수 변환 방식을 RF직접변환 구조로 설계하였으며 RF송신반, 전원분배반, 신호처리반이 1장의 PCB에 구현되었다. IRIG 106 Telemetry Standard 에서 제안하는 ARTM Tier0 (PCM/FM), Tier1 (SOQPSK-TG) 변조 및 LDPC 기능을 지원하며 Data Rate, 출력(1,2,5,10W), 송신주파수 (2200MHz~2400MHz) 가변 기능을 제공한다. 제작된 장비는 RF 성능 검증 및 비트오류를 시험을 통해 성능검증을 진행하였으며, 기구물을 포함하여 2.0x3.0x0.5 inch의 크기이며, 무게는 104g으로 확인되었다.

I. 서 론

텔레메트리란 사람이 관측 대상에 접근하지 않아도 관측대상에 저장된 데이터 및 상태를 원격으로 데이터를 송수신하여 원하는 정보를 취득하는 기술이다. 원격 측정이 활용되는 다양한 분야에서 적용되어 온도, 위치, 음향, 영상 등의 데이터 전송을 위하여 활용되며 각 응용분야의 비상시 원인분석, 성능분석 등의 정밀도 향상을 위하여 통신 데이터 요구량이 증가하고 있다.[1] 또한 관측대상에 위치하여 데이터 송신의 역할을 담당하는 송신기는 공간적 제약을 최소화하며 응용의 범위를 확대하기 위하여 소형화를 요구하고 있다.

본 논문에서는 사용하고자하는 송신주파수, 출력, Data Rate, 변조형태를 가변이 가능하도록 설계하여 사용자의 요구에 따라 선택이 가능한 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기 장비를 설계 및 제작하였다. 텔레메트리 시스템에서 주로 사용하는 PCM/FM 변조와 데이터 요구량에 대응하기 위하여 2배의 Data Rate 전송이 가능한 SOQPSK-TG 변조를 구현하여 장비에 적용하였으며, 장비의 RF 성능 검증 및 비트오류율(BER) 측정을 통하여 장비의 성능을 확인하였다.

II. 본론

본 논문에서 제안하는 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기는 소형화를 위해 1장의 PCB(Printed Circuit Board)에 RF송신반, 전원분배반, 신호처리반을 구현하였으며 장비보호 및 신호 차폐용 기구물로 구성된다. 장비의 소형화를 위하여 RF 송수신반은 Direct Conversion 형태로 구현되었으며 외부 전원 변동에도 장비의 안정적으로 동작을 위하여 전원분배반에 Buck-Boost Converter를 적용하였다. 신호처리반의 FPGA, DAC, 각종 센서등을 통하여 신호처리 및 장비 운용을 위한 기능을 구현하였다. 표 1은 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기 설계 사양에 대한 정리표이다. PLL, Digital Attenuator 제어를 통해 송신 주파수 가변 및 출력 가변 기능을 지원하며, IRIG 106 Standard에 명시된 ARTM Tier0, Tier1의

Item	Specification
Frequency	S-Band(2200~2400MHz)
Output Power	1, 2, 5, 10W
Modulation	ARTM Tier 0 - PCM/FM ARTM Tier 1 - SOQPSK
Data Rate	0.8Mbps - 12Mbps (PCM/FM) 1.6Mbps - 24Mbps (SOQPSK)
Frequency accuracy	≤ ±1ppm
Interface	RS422, RS232, GPIO×1
Input Voltage	+12 ~ +36 VDC
Power Consumption	≤ 30W (5W Output)
Size	2.0×3.0×0.5 (inch)
Weight	104g
Operating Temperature	-40~+85℃

표 1. 송신기 설계 사양

PCM/FM, SOQPSK-TG 변조 방식 선택이 가능하며 설정에 따라 가변 Data Rate 전송, 변조 모드 제어, LDPC 모드 선택, randomization 선택, 자체 진단 데이터 생성 등의 기능이 가능하다.[2] PCM/FM 변조는 Data Rate 0.8Mbps ~ 12Mbps범위, SOQPSK-TG 변조는 1.6Mbps ~ 24 Mbps 범위 내 가변이 가능하도록 설계하였다. 운용 환경에 맞게 설정한 Data Rate은 Sample Rate Conversion을 통해 DAC에 고정 Sample Rate로 전송되며, 설정한 Data Rate과 변조모드에 맞게 자동으로 Premod Filtering과 변조 지수가 설정된다. 자체 진단을 위한 내부 데이터 생성은 PRBS 9, 11, 15, 23 모드에 대하여 지원하고, IRIG 106 표준에 따른 PRBS 15 randomizer와 표 2과 같은 LDPC 6가지 모드와 Differential Encoding 기능이 탑재되어 있다. 그림 1과 그림2는 Spectrum Analyzer로 측정한 PCM/FM과 SOQPSK-TG 출력 파형이다.

	Block Size	Code Rate
LDPC 1	1024	1/2
LDPC 2	1024	2/3
LDPC 3	1024	4/5
LDPC 4	4096	1/2
LDPC 5	4096	2/3
LDPC 6	4096	4/5

표 2 LDPC Mode

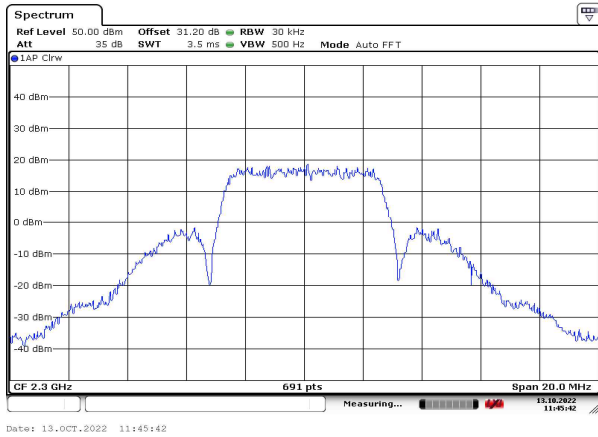


그림 1 PCM/FM 변조 방식 출력 파형

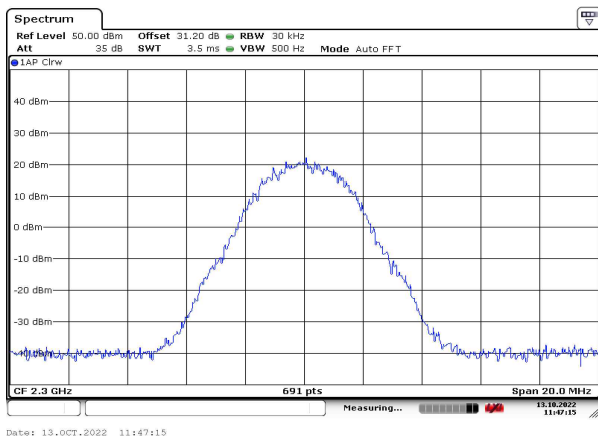


그림 2 SOQPSK-TG 변조 방식 출력 파형

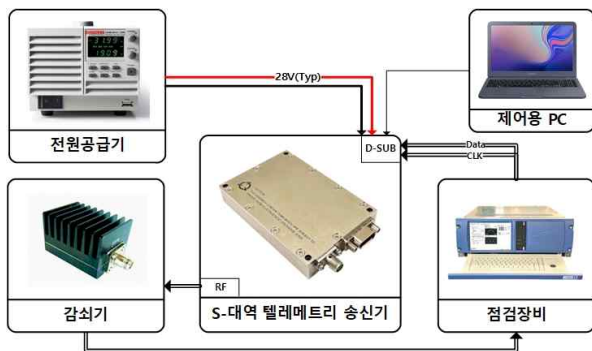


그림 3 비트오류율 시험 구성도

출력 10W, 송신주파수 2300MHz, 5MHz Data Rate 출력 시 PCM/FM, SOQPSK-TG 변조 파형모두 왜곡없이 정상적으로 출력되는 것을 확인할 수 있다. RF 성능 검증을 통하여 제작된 장비가 IRIG 106 Standard Tier0, Tier1 제안규격을 만족하는 것을 확인하였다. 송신기의 데이터 전송 기능이 정상적인지를 확인하기 위하여 그림 3과 같이 시험을 구성하여 비트오류율 시험을 진행하였다. 점검장비(Safran사 Cortex Radio

Telemetry Receiver)의 피드백 시험을 통해 본 장비가 제안하는 주파수, 출력, Data Rate 가변 범위 내에서 PCM/FM, SOQPSK-TQ 변조 방식 모두 Bit Error Rate이 0임을 확인하여 정상적으로 설계됨을 확인하였다. 그림 4는 제작된 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기의 인쇄회로기판을 구조물에 장착한 형상이며, 그림 5는 제작된 초소형 S-대역 텔레메트리 외관 형상이다. 본 장비는 2.0x3.0x0.5 inch의 크기와 104g의 중량을 확인하였다.

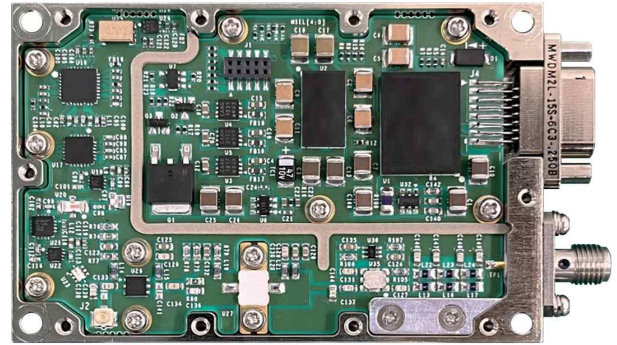


그림 4 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기 내부 형상



그림 5 초소형 S-대역 텔레메트리 송신기 형상

III. 결론

본 논문에서는 Tier0, Tier1 변조방식 선택이 가능하며 송신 주파수, 출력, Data Rate 가변이 가능한 초소형 S-대역 송신기를 설계 및 제작하였다. 텔레메트리 시스템의 특성상 다양한 환경에서 장비가 동작할 수 있어야 하며 사용목적에 따라 변경되는 규격에 맞추어 적용이 가능하도록 설계하였다. 장비 소형화를 위하여 RF 주파수 변환방식을 Direct Conversion (Zero IF) 구조를 사용하여 한 장의 PCB에 필요한 모든 회로가 구현되도록 하였다. 제작된 장비는 RF성능 및 BER 측정을 통하여 IRIG 106 Standard에서 제안하는 Tier0, Tier1의 규격을 만족함을 확인하였으며 추후 다양한 시스템에 범용적으로 적용되어 사용되어 텔레메트리 송신기 기술 발전에 크게 기여할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Seongiong Kim, Jonghyun Kim, Kwangsoon Kim" Superposition Modulation for High-Throughput Telemetry Communication System."Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and information Sciences, pp. 1016-1017.
- [2] Telemetry Applications Handbook, Secretariat Range Commanders Council(RCC), U.S Army White Sands Missile Range, IRIG std. 106-22, May. 2022.