

COMS RF호환성 시험을 위한 RF지원 장비의 설계 및 제작

박덕중*, 박천우**, 안상일****

Design of RF Supporting Unit for COMS RF Compatibility Test

Durk-Jong Park*, Chun-Woo Park**, Sang-Il Ahn****

Abstract

As determined single coaxial cable for the interface between satellite and ground station in COMS RF compatibility test, RF supporting unit was required to allow signals in different frequency-band to be exchanged in the single coaxial cable. In addition, the path loss between satellite and ground station in normal operation should be simulated through two RF supporting units connected to the ends of single coaxial cable. As an effort to design RF supporting unit, level diagram was firstly conducted on the basis of measured data for each element. From the level diagram, it was found that single coaxial cable connected with two RF supporting units properly represented the path loss between satellite and ground station. After RF supporting unit was integrated on aluminum plate, it was tested that input signal level at each test cap linked with MODCS and TC&R was tunable within the required dynamic range. RF supporting unit, now completely integrated, will be applied in the upcoming COMS RF compatibility test.

초 록

COMS RF호환성 시험에서 단일 동축 선로가 사용되도록 결정됨에 따라 서로 다른 주파수의 신호를 하나의 이동경로에서 교환될 수 있도록 하는 RF지원 장비가 필요하게 되었다. 이러한 RF지원 장비는 단일 동축 선로와 연동하여 정상운영에서의 위성과 지상국간의 경로손실을 모사할 수 있어야 한다. RF지원 장비의 설계를 위해 우선 각 단품들의 측정 데이터를 반영한 level diagram을 수행하였고 이로부터 위성과 지상국간의 통신환경을 적절히 모사할 수 있음을 확인하였다. RF지원 장비가 조립된 후에 수행된 시험을 통해서 tunable attenuator를 이용하여 위성의 MODCS와 TC&R에서 요청한 input dynamic range가 만족됨을 확인하였다. 현재 완성된 RF지원 장비는 향후 예정된 COMS RF호환성 시험에서 사용될 것이다.

키워드 : COMS, RF Compatibility Test, IDACS, SGCS, MODCS, TC&R

1. 서 론

COMS 위성은 2009년에 발사될 예정이며, 기상 및 해양관측, 그리고 통신 모니터링의 임무를

접수일(2007년12월14일), 수정일(1차 : 2008년 10월 23일, 2차 : 2008년 10월 27일, 게재 확정일 : 2008년 11월 1일)

* 지상체계개발팀/parkdj@kari.re.kr

** (주)카스타/cwpark@ikasta.com

*** 지상체계개발팀/siahn@kari.re.kr

수행할 것이다. RF(Radio Frequency)호환성 시험은 위성 발사 전에 위성과 지상국간의 통신 접속에 문제가 없는지를 최종적으로 확인하기 위한 것으로써 RF통신 링크를 통해 위성과 지상국은 실제 정상운영에서와 유사한 신호를 주고받으면서 시험하게 된다. 위성과 지상국간에 교환되는 신호는 위성관제에 필요한 S-대역 원격명령 및 상태데이터, 그리고 거리측정 톤이며 자료송수신과 관련하여 위성관제데이터인 L-대역 SD(Sensor Data), 사용자데이터인 S-대역 LRIT/HRIT (Low/High Rate Information Transmission)등이 있다.

RF호환성 시험을 위한 RF통신링크의 구현과 관련해서 지상국의 안테나를 AIT(Assembly, Integration and Test)에 설치된 시험 안테나로 지향하여 실제로 공간 중에 신호를 주고 받을 수 있도록 할 수 있으나 이 경우에는 상호 안테나의 고각이 불과 1~2도 내외임으로 주변신호에 의해 상당한 간섭이 존재하게 된다. 이런 불특정한 간섭이 수신 대역 내에 존재할 경우 수신 BER(Bit Error Rate)특성이 열화가 되어 정확한 시험 결과를 예측할 수 없게 된다. 이러한 주변 간섭신호들로부터 영향을 받지 않고 정확한 신호 세기를 확인하기 위해 RF통신링크는 이미 결정된 바와 같이 AIT와 SOC(Satellite Operation Center)의 13미터 안테나 사이에 구축되어 있는 단일 동축 선로를 사용하게 되었다. 이 경우 서로 다른 주파수 대역의 신호들을 단일 동축 선로를 통해 주고받기 위해 RF지원 장비가 필요하게 되었다. RF지원 장비는 기본적으로 3개의 서로 다른 주파수 대역의 신호를 하나의 common port로 전달하는 triplexer 및 위성과 지상국간의 경로손실을 모사하기 위한 tunable attenuator와 amplifier 등으로 이루어져 있다. 또한 triplexer 및 연결된 선로상의 문제가 발생할 경우 위성과 지상국의 송신기를 보호하기 위한 isolator가 포함되어 있다. 본 논문에서는 위성과 지상국에 위치할 각각의 RF지원 장비의 설계 및 조립, 그리고 조립 후 시험에 대한 전반적인 내용을 기술하고 있다. RF 지원 장비의 설계를 위해 우선 구성에 필요한 각 단품을 측정하고 이를 바탕으로 위성과 지상국간

의 level diagram을 수행하여 최종적으로 RF지원 장비의 구성을 결정하였다. RF지원 장비를 조립한 후에는 RF호환성 시험에서 적용되는 세기를 갖는 신호를 인가한 뒤에 각 장비에서의 손실 특성을 측정하여 조립이 정상적으로 되었음을 확인하였다. 또한 tunable attenuator를 이용하여 위성의 MODCS(Meteorological Ocean Data Communication Subsystem)와 TC&R(Telemetry, Command and Ranging)에서 요구한 input dynamic range가 만족됨을 확인하였다.

2. RF지원 장비의 설계 및 제작

그림 1은 RF호환성 시험에서의 시험 구성도를 나타낸 것이다.

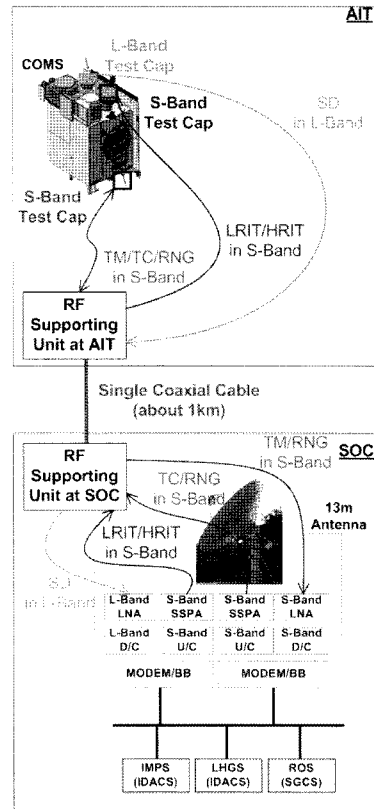


그림 1. RF호환성 시험을 위한 시험 구성도

위성 MODCS의 S-대역과 L-대역 안테나는 각각 test cap이 연결되어 있어 L-대역의 SD를 SOC로 전달하고 SOC에서 전송한 S-대역의 LRIT/HRIT를 입력받는다. 한편 위성의 TC&R은 RF지원 장비를 통해 SOC와 S-대역의 위성 상태 데이터 (TM, Telemetry), 원격명령 (TC, Telecommand), 그리고 거리측정 톤 (RNG, Ranging Tone)신호를 주고받는다. SOC에서는 위성으로부터 전송된 L-대역 SD를 LNA(Low Noise Amplifier)의 coupling port로 입력받은 후에 D/C(Down Converter)로 전달하여 하향 주파수 변환하고 MODEM/BB로 입력한다. S-대역의 LRIT/HRIT와 TC/RNG는 각각의 SSPA(Solid-State Power Amplifier)에서 출력된 후에 출력신호 결합기에 의해 합쳐지고 이후에 coupling port를 통해 SOC의 RF지원 장비로 입력된다. S-대역의 TM/RNG는 RF지원 장비에서 출력되어 LNA의 coupling port로 입력되고 MODEM/BB에서 처리된다. RF호환성 시험에서는 위성과 지상국의 안테나가 사용되지 않는 것 외에 위성과 지상국은 정상운영처럼 설정되어 있으며 두 RF지원 장비와 단일 동축 선로 그리고 SOC에서의 coupling port의 coupling계수들은 모두 위성과 지상국간의 경로손실로 간주될 수 있다.

2.1 Unit-Level Test

RF지원 장비의 설계를 위해 구성에 필요한 부품들의 삽입손실 및 이득을 측정하여 level diagram에 적용하였다.

2.1.1 Triplexer

그림 2는 제작된 triplexer의 외형을 나타낸 것이다. Triplexer는 기본적으로 1개의 common port와 3개의 서로 다른 주파수 대역을 통과대역으로 하는 port들로 구성되어 있다. Common port는 AIT와 SOC사이의 단일 동축 선로와 연결된다. Triplexer는 통과대역에서 최대 0.5dB 이하의 삽입손실과 차단대역에서 100dBc의 성능을

갖도록 제작되었다.

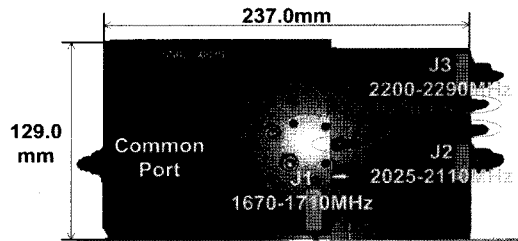


그림 2. 제작된 triplexer의 외형

제작된 triplexer에는 각 port에서의 신호 모니터링을 용이하게 하기 위해 20dBc의 coupling port가 구현되어 있다.

Triplexer의 통과대역을 고려하여 각 port별로 적용되는 신호들은 다음과 같다.

- J1 (1670~1710MHz): L-대역 SD
- J2 (2025~2110MHz): S-대역 LRIT/HRIT, S-대역 TC/RNG
- J3 (2200~2290MHz): S-대역 TM/RNG

표 1은 AIT와 SOC의 RF지원 장비에 설치될 두 triplexer에 대한 삽입손실을 network analyzer로 측정된 결과이다.

표 1 Triplexer의 측정된 삽입 손실

	Test Frequency [MHz]	Insertion Loss [dB]
SOC의 RF지원 장비의 Triplexer	1670	-0.24
	1710	-0.21
	2037.64	-0.24
	2040.9	-0.24
	2091.765	-0.35
	2271.6	-0.17
AIT의 RF지원 장비의 Triplexer	1670	-0.22
	1710	-0.25
	2037.64	-0.24
	2040.9	-0.24
	2091.765	-0.37
	2271.6	-0.16

2.1.2 Diplexer

Diplexer는 triplexer와 유사하게 1개의 common port와 2개의 서로 다른 주파수 대역을 통과대역으로 하는 port들로 구성되어 있다. AIT의 RF지원 장비는 위성의 TC&R과 단일 동축 선로를 통해 연결되어야 함으로 diplexer의 common port를 이용하여 S-Band TC/RNG와 S-Band TM/RNG를 위성의 TC&R과 주고받게 된다. 그림 5는 제작된 diplexer의 외형을 나타낸 것이다.

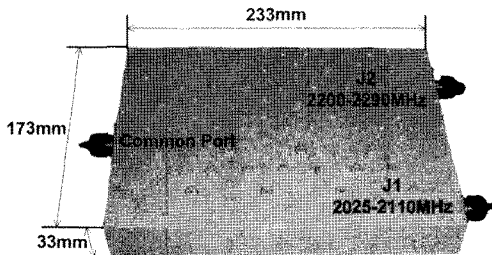


그림 3. 제작된 diplexer의 외형

Diplexer의 통과대역을 고려하여 각 port별로 적용되는 신호들은 다음과 같다.

- J1 (2025~2110MHz): S-대역 TC/RNG
- J2 (2200~2290MHz): S-대역 TM/RNG

Network analyzer를 이용하여 측정된 J1과 J2에서의 삽입손실은 -0.31dB , -0.37dB 으로 요구사항인 -0.5dB 을 만족하였다.

2.1.3 Amplifier

RF호환성 시험에서 SOC로부터 S-대역 LRIT/HRIT를 위성으로 전송할 때 안테나의 이득을 고려하지 않을 뿐만 아니라 SSPA의 출력에서 약 47.6dBc 의 coupling port를 통해 위성으로 전송되기 때문에 위성에서 요구하는 input dynamic range를 만족할 수 없음을 level diagram을 통해 확인되었다. 이를 해결하기 위해 RF지원 장비에서 drive amplifier를 장착한 후에

tunable attenuator를 연동하여서 input dynamic range를 맞출 수 있도록 하였다. 사용된 amplifier는 Mini-Circuit사의 ZRL-2400LN과 ZHL-4240W이다. 이득에 대한 측정결과로써 ZRL-2400LN은 S-대역 LRIT/HRIT에 대해서는 약 26dB 이고 S-대역 TC에 대해서는 25.7dB 이었다. ZHL-4240W는 각각 43.3dB , 43.6dB 로 측정되었다.

2.1.4 Isolator

위성과 지상국의 transmitter가 triplexer로 관련된 신호를 입력할 때 triplexer에서 고장이 발생할 경우 입력된 신호가 반사되어 transmitter로 역방향 되어 입력되는 경우가 발생할 수 있다. Triplexer에서의 고장이 발생하는 주요한 요인은 입력 신호의 세기인데 이미 triplexer의 단품 시험에서 40dBm 의 세기를 갖는 신호를 입력하였을 때 전혀 문제가 발생되지 않음을 확인한 바 있다. 그 밖에 역방향의 입력신호가 발생하는 경우는 시험도중에 조작자의 실수로 잘못된 triplexer의 port로 신호를 입력한 경우이다. 이렇게 역방향 되어 신호가 입력될 경우 transmitter가 손상될 수 있으므로 이를 차단하기 위해 isolator를 위성과 지상국의 transmitter와 triplexer사이에 위치시켰다. 표 2는 구매된 COTS isolator의 순방향과 역방향에서의 삽입손실에 대한 측정결과이다.

삽입손실의 결과에서 알 수 있듯이 역방향으로 입력되는 신호에 대해서는 약 -33.3dB 만큼의 감쇄가 있으므로 transmitter를 보호할 수 있게 된다.

표 2 COTS Isolator의 순방향/역방향에서의 삽입손실

	Test Frequency: 1687MHz	
	Input Power [dBm]	Insertion Loss [dB]
순방향	40	-0.24
	39	-0.24
	38	-0.24
	37	-0.24
	36	-0.24
	35	-0.24
역방향	40	-33.22
	39	-33.29
	38	-33.38
	37	-33.40
	36	-33.34
	35	-33.25

과는 차이가 발생될 수 있으며 이 경우에 측정된 값을 변화시킬 때 사용된다. 또한 수신기의 sensitivity를 측정할 때 위성의 input dynamic range의 범위에서 신호의 세기에 변화를 줄 때도 사용된다. 설정된 attenuation과 측정된 attenuation에서는 최대 2dB의 범위에서 차이가 있음을 확인하였다.

2.2 단일 동축 선로의 손실 측정

RF호환성 시험에서 사용될 단일 동축 선로는 현재 신축 AIT동과 SOC의 13미터 안테나 시스템까지 약 1km에 대해 구축되어 있다. 표 3은 이러한 단일 동축 선로의 손실을 signal generator와 spectrum analyzer를 이용하여 측정 한 결과이다.

표 3 단일 동축 선로의 측정된 손실

Test Frequency [MHz]	Cable Loss [dB]
1687	77.68
1692.14	78.05
1695.4	78.35
2037.64	87.61
2040.9	87.47
2091.765	88.67
2271.6	92.89

2.1.5 Attenuator

그림 4는 최대 110dB까지 1dB단위로 attenuation을 조절할 수 있는 미국의 JFW사의 tunable attenuator의 외형을 나타낸 것이다.

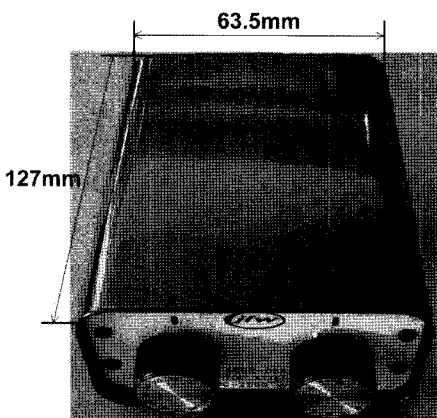


그림 4. COTS tunable attenuator의 외형

Tunable attenuator는 RF지원 장비가 조립된 이후 단일 동축 선로와 연동할 때 level diagram에서의 계산에 의한 신호 세기와 측정에 의한 것

2.3 Level Diagram

단품별로 측정된 결과와 단일 동축 선로의 손실을 반영하여 각 신호들의 전송에 대한 level diagram을 수행하였다. RF호환성 시험에서는 수신기의 sensitivity뿐만 아니라 수신 받은 신호들로부터 데이터를 저장하는 과정이 포함되어 있으므로 Eb/No의 분석도 같이 병행되었다. RF호환성 시험에서는 위성과 지상국의 안테나를 사용하지 않기 때문에 정상운영에서의 위성과 지상국간의 경로손실을 나타내기 위해서는 다음과 같이 위성과 지상국의 안테나 이득을 보상에 주어야 한다.

- Path Loss in Normal Operation (P_N):

$$\text{Received Power} = \text{Transmitted Power} + \text{Transmitting Antenna Gain} - \text{Path Loss (P}_N\text{)} + \text{Receiving Antenna Gain}$$

- Path Loss in RF Compatibility Test (P_{CP}):

$$\text{Received Power} = \text{Transmitted Power} - \text{Path Loss (P}_{CP}\text{)}$$

$$\therefore \text{Path Loss (P}_{CP}\text{)} = \text{Path Loss (P}_N\text{)} - \text{Transmitting Antenna Gain} - \text{Receiving Antenna Gain}$$

2.3.1 L-대역 SD

표 4는 L-대역 SD에 대한 level diagram을 나타낸 것이다.

표 4 L-대역 SD에 대한 level diagram

Item	SD	Unit	SD Level [dBm]	SD Eb/No [dB]
MODCS				
MPM Output Power	42.99	dBm		
On-board Loss	-2.55	dB	40.44	150
Transmission Loss (L-Band Ant+Test Cap)	-0.20	dB	40.24	149.6
Cable Loss (Test cap to Isolator)	-5.30	dB	34.94	141.7
Isolator	-0.24	dB	34.70	141.4
Triplexer Loss (Input Power: about 34.70dBm)	-0.22	dB	34.48	141.2
Cable Loss (AIT to SOC)	-77.68	dB	-43.20	62.9
Triplexer Loss (Input Power: about -43.20dBm)	-0.24	dB	-43.44	62.6
Cable Loss (Triplexer to Tunable Attenuator)	-1.00	dB	-44.44	61.6
Tunable Attenuator	-2.00	dB	-46.44	59.6
Cable Loss (Tunable Attenuator to L-Band DL Coupling Port)	-3.46	dB	-49.90	56.2
L-Band DL Coupling Loss	-40.00	dB	-89.90	16.2
Path Loss (P_{CP}) = 130.14dB				
DATS				
LNA Gain	55.20	dB	-34.70	15.4
Cable Loss (LNA Output to D/C)	-3.02	dB	-37.72	15.4
D/C Gain	24.28	dB	-13.44	15.4
3dB Divider	3.00	dB	-10.44	15.4
SAW Filter Loss	-18.00	dB	-28.44	15.4
MODEM/BB Input Power	-28.44	dB		

MODCS의 L-대역 test cap에서 출력으로 40.24dBm을 가정하였을 때 최종적으로 MODEM/BB의 입력세기는 -28.44dBm으로 분석되었다. MODEM/BB의 AGC(Auto-Gain Control)범위가 -5dBm에서 -95dBm까지임으로 신호를 인식하는데 문제가 없을 것으로 판단된다. MODEM/BB의 입력에서 Eb/No는 implementation loss를 포함하지 않은 것으로 ASTRIUM의 링크분석 결과에 있는 15.73dB와 유사한 것을 확인하였다. 경로손실에 대해서 ASTRIUM의 188.92dB에서 L-대역 위성안테나 이득으로 15.7dB와 지상국 안테나 이득으로 44.3dB를 보상하면 128.92dB가 된다. 이는 표 4의 경로손실 (P_{CP})와 비교할 때 1.22dB의 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 RF지원 장비가 조립된 후에 실제 단일 동축 선로와 연결된 후에 tunable attenuator를 통해 조정될 수 있다.

2.3.2 S-대역 LRIT/HRIT

표 5는 S-대역 LRIT/HRIT에 대한 level diagram을 나타낸 것이다.

MODEM/BB의 출력을 -30dBm으로 하였을 때 위성 MODCS의 S-대역 test cap에서의 입력 세기는 LRIT와 HRIT에 대해 각각 -51.61dBm, -52.05dBm이 되는 것으로 분석되었다. Tunable attenuator를 이용하여 attenuation을 증가할 수 있으므로 input dynamic range에 대한 요구사항을 만족할 수 있을 것으로 판단된다. 경로손실에 대해서는 P_N으로 190.62dB를 고려하면 15.5dB의 위성 안테나 이득과 45dB의 지상국 안테나 이득을 보상하면 130.12dB가 된다. 또한 위성 test cap의 coupling factor인 20dB와 input dynamic range에서의 -52dBm을 맞추기 위해 17dB의 부가적인 항목을 보상하면 최종적으로 93.12dB가 된다. 이를 표 5의 P_{CP}와 비교할 때 0.87dB의 차이가 있으나 RF지원 장비와 단일 동축 선로를 연결한 상태에서 tunable attenuator로 근사시킬 수 있을 것으로 판단된다.

표 5 S-대역 LRIT/HRIT에 대한 level diagram

Item	LRIT	HRIT	Unit	HRIT Level [dBm]	HRIT Eb/No [dB]
MODEM/BB Output Power	-30.00	-30.00	dBm		
Cable Loss (MODEM/BB to Switchover Unit)	-0.16	-0.15	dB	-30.15	90.5
Insertion Loss of MODEM/BB Switchover Unit	-3.65	-3.71	dB	-33.86	74.7
Cable Loss (Switchover Unit to UC)	-0.10	-0.08	dB	-33.94	74.5
Primary UC Gain	16.01	15.96	dB	-17.98	52.3
Cable Loss (UC to SSPA)	-3.67	-3.89	dB	-21.87	52.3
1kW SSPA Gain	64.40	64.40	dB	42.53	52.2
Insertion Loss of OMUX	-0.40	-0.40	dB	42.13	52.2
Cable Loss (OMUX to S-Band UL Coupler)	-1.79	-1.79	dB	40.34	52.2
Coupling Factor of S-Band UL Coupler	-47.56	-47.56	dB	-7.22	52.2
Cable Loss (S-Band UL Coupler to Tunable Attenuator)	-4.23	-4.23	dB	-11.45	52.2
Tunable Attenuator	-10.00	-10.00	dB	-21.45	52.2
Cable Loss (Tunable Attenuator to Drive Amplifier)	-1.00	-1.00	dB	-22.45	52.2
Drive Amplifier1 Gain	43.30	43.30	dB	20.85	52.2
Cable Loss (Drive Amplifier to Isolator)	-0.10	-0.10	dB	20.75	52.2
Isolator	-0.22	-0.30	dB	20.45	52.2
Cable Loss (Isolator to Triplexer)	-0.10	-0.10	dB	20.35	52.2
Triplexer Loss (Input Power: about 20.35dBm)	-0.24	-0.24	dB	20.12	52.2
Cable Loss (AIT to SOC)	-87.61	-87.47	dB	-67.36	38.9
Triplexer Loss (Input Power: about -67.36dBm)	-0.24	-0.24	dB	-67.60	38.6
Drive Amplifier2 Gain	26.10	25.90	dB	-41.70	38.6
3dB Divider	-4.21	-4.21	dB	-45.91	38.6
Cable Loss (3dB Divider to Test Cap)	-6.14	-6.14	dB	-52.05	38.5
Test Cap Input Power	-51.61	-52.05	dBm		

DATS

Path Loss (P_{CP}) = 92.25dB

MODCS

표 6 S-대역 TC에 대한 level diagram

Item	TC	Unit	TC Level [dBm]	TC Eb/No [dB]
MODEM/BB Output Power	-19.80	dBm		
Coupling Factor of S-Band UL Coupler	-47.56	dB	-1.21	101.2
Cable Loss (S-Band UL Coupler to Attenuator)	-4.23	dB	-5.44	101.2
Tunable Attenuator	-60.00	dB	-65.4	76
Cable Loss (Tunable Attenuator to Amp1)	-1.00	dB	-66.4	75
Amplifier1 Gain	43.60	dB	-22.8	60
Cable Loss (Attenuator to Isolator)	-0.10	dB	-22.9	60
Isolator	-0.22	dB	-23.2	60
Cable Loss (Isolator to Triplexer)	-0.10	dB	-23.3	60
Triplexer Loss (Input Power: about -23.25dBm)	-0.35	dB	-23.6	60
Cable Loss (AIT to SOC)	-88.67	dB	-112	29.2
Triplexer Loss (Input Power: about -112.28dBm)	-0.37	dB	-113	28.8
Amplifier2 Gain	25.70	dB	-87	27.6
3dB Divider	-4.30	dB	-91.3	27.6
Cable Loss (3dB Divider to Diplexer)	-1.00	dB	-92.3	27.6
Diplexer Loss (Input Power: about -92.3dBm)	-0.31	dB	-92.6	27.6
Cable Loss (Diplexer to Test Cap)	-6.14	dB	-98.7	27.5
Transmission Loss (S-Band Ant+Test Cap) & On-Board Loss	-9.11	dB	-108	26.7
Received Input Power	-107.81	dBm		

TTC

Path Loss (P_{CP}) = 145.05dB

TC&R

2.3.3 S-대역 TC

표 6은 S-대역 TC에 대한 level diagram을 나타낸 것이다.

MODEM/BB의 출력을 -19.80dB로 하였을 때 위성 TC&R의 receiver에서 입력되는 신호의 세기는 -107.81dBm이 되는 것을 알 수 있다. 이때의 입력 신호의 세기는 경로손실의 비교를 용이하게 하기 위해 ASTRIUM의 링크분석상의 입력 신호인 -137.4dBW와 유사하게 한 것이다.

ASTRIUM의 링크 분석상의 경로손실, P_N은 191.6dB이나 -5.4dB의 위성 안테나 이득과 5.4dB의 위성 on-board 손실, 그리고 46.2dB의 지상국 안테나 이득을 보상하면 최종적으로 145.4dB가 된다.

2.3.4 S-대역 TM

표 7은 S-대역 TM에 대한 level diagram을 나타낸 것이다.

TC&R의 출력 신호의 세기를 38.40dBm으로 가정하였을 때 최종 MODEM/BB에서의 입력 신호 세기는 -56.72dBm이 되는 것으로 분석되었다. Eb/No의 측면에서 modulation loss만 고려하였을 때 17.3dB로써 ASTRIUM의 링크분석결과인 15.5dB와 1.8dB의 차이가 있으나 그 원인은 ASTRIUM의 분석에서는 transmitter의 출력 세기

를 37dB로 가정하였고 on-board loss & transmission loss부분을 10.7dB로 가정하였으나 실제 level diagram에서는 AIT에서 측정된 사항을 반영하여 약 2.15dB만큼 출력 세기를 크게 하였기 때문이다. 따라서 동일한 transmitter의 출력 세기를 가정하면 ASTRIUM의 결과에서 0.35dB의 차이로 일치하는 것을 알 수 있다. 경로손실에 대해서는 46.8dB의 지상국 안테나 이득을 고려하면 ASTRIUM에서의 결과와 0.3dB로 일치하는 것을 알 수 있다.

를 만족시킬 수 있음을 확인하였으므로 RF지원 장비의 설계로써 부품들의 구성을 최종적으로 결정할 수 있었다.

2.4.1 AIT의 RF지원 장비

그림 5는 AIT에 위치할 RF지원 장비의 구성을 나타낸 것이다.

표 7 S-대역 TM에 대한 level diagram

Item	TM	Unit	TM Level [dBm]	TM Eb/No [dB]
TC&R				
Transmitter Output Power	38.40	dBm		
On-board Loss & Transmission Loss (S-Band Ant+Test Cap)	-9.95	dB	28.45	164.4
Path Loss (P_{CP}) = 145.82dB				
Cable Loss (Test cap to Diplexer)	-7.00	dB	21.45	157
Diplexer Loss (Input Power: about 21.45dBm)	-0.37	dB	21.08	156.6
Cable Loss (Diplexer to Isolator)	-0.20	dB	20.88	156.4
Insertion Loss of Isolator	-0.15	dB	20.73	156.3
Cable Loss (Isolator to Triplexer)	-0.20	dB	20.53	156.1
Triplexer Loss (Input Power: about 20.53dBm)	-0.16	dB	20.37	155.9
Cable Loss (AIT to SOC)	-92.89	dB	-72.52	62.9
Triplexer Loss (Input Power: about -72.52dBm)	-0.17	dB	-72.69	62.8
Cable Loss (Triplexer to Tunable Attenuator)	-1.00	dB	-73.69	61.8
Tunable Attenuator	-15.00	dB	-88.69	46.8
Cable Loss	-8.68	dB	-97.37	38.1
S-Band DL Coupling Loss	-20.00	dB	-117.37	18.1
TTC				
LNA Gain	53.00	dB	-64.37	17.3
Cable Loss (LNA Output to DC)	-4.48	dB	-68.85	17.3
DC Gain	15.13	dB	-53.72	17.3
3dB Divider	-3.00	dB	-56.72	17.3
MODEM/BB Input Power	-56.72	dBm		

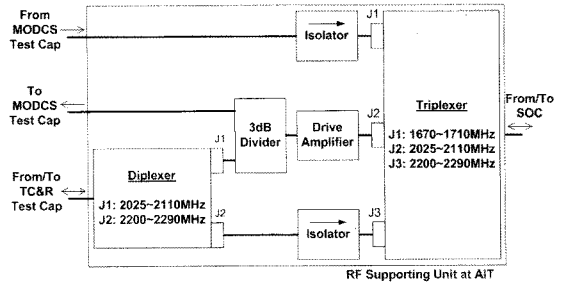


그림 5. AIT RF지원 장비의 구성

MODCS의 test cap으로부터 L-대역의 SD는 isolator를 통해 triplexer의 J1로 입력되고 이후에 단일 동축 선로와 연결된 triplexer의 common port에서 출력되어 SOC로 전달된다. S-대역의 LRIT/HRIT의 경우에는 triplexer의 common port로 입력받아 drive amplifier에서 증폭된 뒤 3dB power divider로 분리되고 MODCS의 test cap으로 전달된다. 한편 S-대역의 TC/RNG는 3dB power divider에서 diplexer로 입력되고 이후에 common port에서 출력된 후에 TC&R로 전달된다. S-대역의 TM/RNG는 diplexer와 isolator를 통해 triplexer의 J3로 입력되고 이후에 단일 동축 선로와 연결된 triplexer의 common port에서 출력되어 SOC로 전달된다.

2.4 RF지원 장비의 구성

Level diagram의 분석을 통해 RF 지원 장비와 단일 동축 선로가 연동된 경우 ASTRIUM의 분석에서 적용한 경로손실을 유사하게 나타낼 수 있음을 확인하였다. 또한 tunable attenuator의 조절로써 위성에서 요구한 input dynamic range

2.4.2 SOC의 RF지원 장비

그림 6은 SOC에 위치할 RF지원 장비의 구성을 나타낸 것이다.

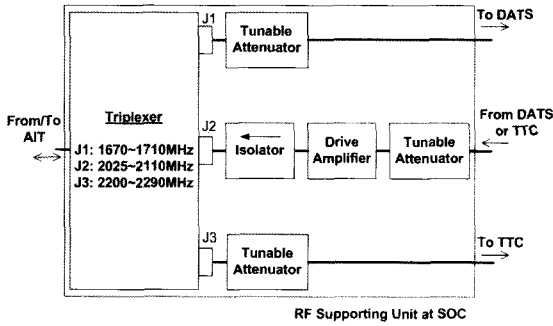


그림 6. SOC RF지원 장비의 구성

단일 동축 선로와 연결된 triplexer의 common port를 통해 L-대역 SD는 triplexer의 J1로 출력되어 tunable attenuator를 통해 DATS로 전달된다. S-대역의 LRIT/HRIT와 S-대역의 TC/RNG는 DATS와 TTC에 위치한 SSPA에서 각각 출력된 뒤에 출력신호결합기에 의해 합쳐진다. 이후에 tunable attenuator와 drive amplifier, 그리고 isolator를 통해 triplexer의 J2로 입력되어 common port를 통해 위성으로 전달된다. 끝으로 S-대역의 TM/RNG는 triplexer의 common port로 입력된 뒤에 J3로 출력되어 tunable attenuator를 통해 TTC로 전달된다.

2.5 RF지원 장비의 조립 및 시험

RF지원 장비의 이동에 용이성과 안정성을 위해 모든 부품들을 aluminum plate위에 실장하였다. 그림 7은 AIT의 RF지원 장비의 조립된 상태를 나타낸 것이다.

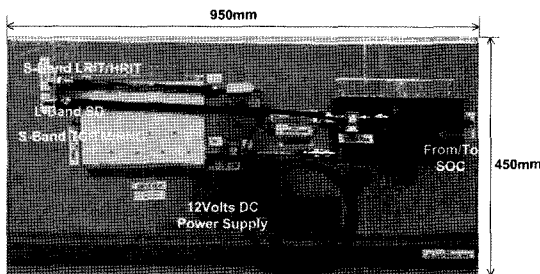


그림 7. 조립된 AIT RF지원 장비

위성과 연결되는 port들에 대해서는 patch panel을 이용하여 고정하였다. 또한 COTS amplifier의 12V DC공급을 위해 해당 DC power supply를 실장 하였다.

그림 8은 SOC의 RF지원 장비의 조립된 상태를 나타낸 것이다.

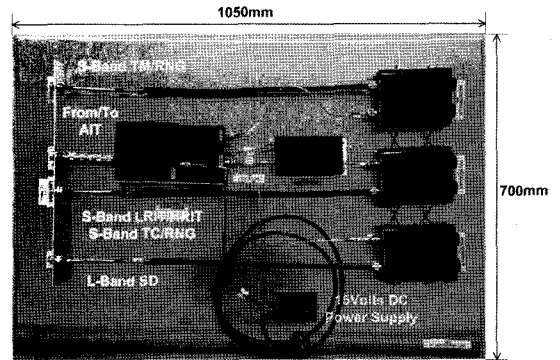


그림 8. 조립된 SOC RF지원 장비

외부로 연결되는 모든 port들은 patch panel로써 고정하였다. Tunable attenuator는 자체에 aluminum plate와 고정하기 위한 태핑이나 홀이 없기 때문에 별도의 케이블타이를 이용하여 고정하였다.

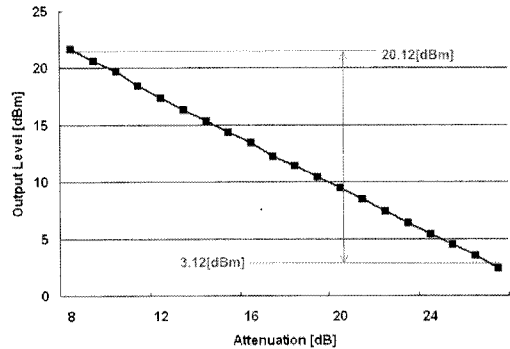
조립이 완료된 후에 연결 상태의 이상 유무를 확인코자 RF지원 장비의 입력신호 세기를 level diagram에서의 분석 결과를 참고하여 설정한 뒤에 출력신호의 세기를 측정하였다. 또한 위성에서 요구한 input dynamic range를 만족시킬 수 있는지를 확인하기 위해 S-대역 LRIT/HRIT 그리고 TC에 대해서 tunable attenuator를 변화시키면서 SOC의 RF지원 장비에서의 출력 신호의 세기를 측정하였다. 표 8은 level diagram을 참고하여 입력신호를 인가하였을 때 출력되는 신호의 세기를 측정하였다.

표 8 RF지원 장비의 측정된 출력신호의 세기

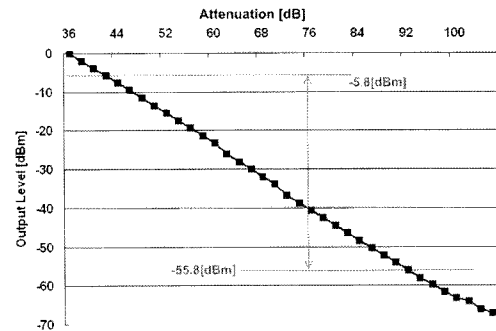
	주파수	입력세기 [dBm]	출력세기 [dBm]
AIT RF지원 장비	L-대역 SD	34.94	34.15 (34.48)
	S-대역 HRIT	-67.36	-46.89 (-45.91)
	S-대역 TC	-112.28	-90.39 (-92.56)
	S-대역 TM	21.45	20.48 (20.37)
SOC RF지원 장비	L-대역 SD	-43.2	-47.07 (-46.44)
	S-대역 HRIT	-11.45	21.70 (20.12)
	S-대역 TC	-5.44	-21.38 (-23.61)
	S-대역 TM	-72.52	-89.42 (-88.69)

출력세기에서 가로 안에 표시된 것은 level diagram을 통해 계산된 출력신호의 세기를 나타낸 것으로 실제 측정된 값과 최대 2.32dB의 차이가 있으며 이러한 차이의 원인은 조립 시 단품간의 연결에 사용된 선로의 손실이 level diagram에서 가정한 것과 차이가 있었기 때문이다. 이러한 차이는 RF호환성 시험 전에 단일 동축 선로와 연결한 뒤에 tunable attenuator의 조절로써 level diagram의 결과와 근사화 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 그림 9는 위성으로 전달되는 S-대역의 LRIT/HRIT와 S-대역의 TC에 대해 tunable attenuator를 조절하여 위성에서 요구한 input level diagram에 대응되는 SOC의 RF지원 장비의 출력 세기가 조절됨을 나타낸 것이다.

S-대역 LRIT/HRIT의 경우 MODCS에서 요구한 input dynamic range는 test cap의 입력에서 -52~-69dBm이다.^[1] 이를 위한 SOC RF지원 장비에서의 출력은 level diagram을 참고할 때 3.12dBm에서 20.12dBm이다. 이러한 출력 세기는 tunable attenuator의 설정을 8dB에서 27dB로 변화시킴으로써 만족됨을 알 수 있다.



(a) S-대역 LRIT/HRIT



(b) S-대역 TC

그림 9. Tunable attenuator의 조절에 의한 RF 지원 장비의 출력 신호 세기의 변화

S-대역의 TC에 대해 TC&R에서 요구한 input dynamic range는 수신기의 입력에서 -90~-140dBm^[2]이며 level diagram을 참고하여 이에 대응하는 SOC RF지원 장비에서의 출력은 -5.8dBm에서 -55.8dBm이다. 이러한 출력은 tunable attenuator를 42dB에서 92dB로 변화시키면서 만족됨을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 COMS RF호환성 시험을 위해 위성과 지상국에 연결될 RF지원 장비의 설계 및 제작에 대한 전반적인 내용을 기술하였다. RF지원 장비의 설계를 위하여 구성될 단품들의 삽입 손실 및 이득을 측정하였고 이를 반영하여 level

diagram을 생성하였다. 분석된 level diagram에 의해 RF지원 장비와 단일 동축 선로는 위성과 지상국간의 경로손실을 적절하게 모사할 수 있음이 확인되었다. 이 후에 level diagram의 결과를 참고하여 RF지원 장비의 구성을 최종적으로 결정함으로써 설계를 완료하였다. Aluminum plate 위에 모든 단품들을 실장 한 뒤에 단품간의 연결 상태의 이상 유무를 확인하고자 입력을 level diagram에서와 같이 한 뒤에 출력신호의 세기를 비교하였다. 또한 위성에서 요구한 input dynamic range는 attenuator의 조절범위 내에서 만족시킬 수 있음을 확인하였다. RF지원 장비는 실제 RF호환성 시험 전에 단일 동축 선로와 연결하여 최종적으로 level diagram의 결과와 근접 되도록 조정되어질 것이다.

참 고 문 헌

1. ASTRIUM, Detailed compatibility test plan template between MODCS and GS (COMS.PLS.00047.DP.T.ASTR), 2008
2. ASTRIUM, Detailed compatibility test plan between S-Band TTC and GS(COMS.PLS.00048.DP.T.ASTR), 2008