

정지궤도 기상위성의 관측 데이터 전송 시스템 구성 및 기술 동향

글 / 김 중 표 jpkim@kari.re.kr

한국항공우주연구원 통신해양기상위성사업단 체계종합그룹

초 록

정지궤도 상에서 기상 관측 임무를 수행하고 있는 주요 기상위성의 관측 데이터의 전송 및 분배 시스템의 구성 현황 및 주요 전송 파라미터를 분석하고 현재 개발되고 있는 통신해양기상위성의 관측 데이터 전송 시스템 구성 및 채널별 주요 전송 파라미터를 제시한다. 제한된 기상 주파수 전송 대역에 대해 갈수록 고성능화되어가는 기상 센서에 따른 대용량 기상관측 데이터 전송 및 분배를 위한 전송 방법 및 주파수 대역의 변경, 지상망 및 상업용 위성 통신망의 활용방안을 살펴본다.

주제어: 정지궤도, 기상위성, 전송, 관측

1. 서론

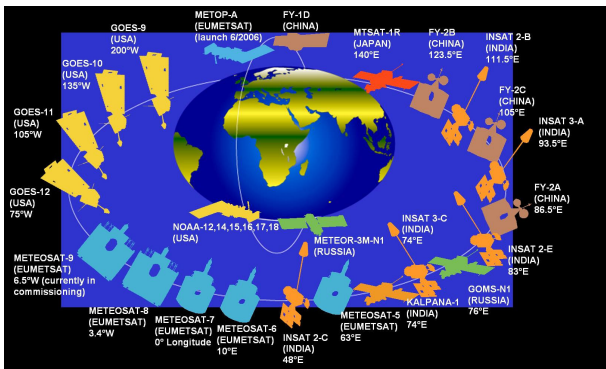
기상 재해 발생과 지구 환경이 날로 악화되는 상황에서 기상 감시 특히 악기상 감시 및 빠르고 정확한 예보가 어느 때보다도 중요시되고 있는 상황에서 국가 우주개발 중장기 계획에 따라 한국항공우주연구원은 2008년 발사를 목표로 하여 정지궤도용 기상, 해양 및 통신 탑재체를 장착한 통신해양기상위성을 개발하고 있다.

현재 운용중인 주요 정지궤도 기상위성들과 운용 예정의 정지궤도 기상위성들의 관측 데이터 및 처리된 데이터 분배 시스템의 구성 현황 및 주요 전송 파라미터를 살펴보고, 현재 개발중인 통신해양기상위성의 기상 데이터 전송 및 분배 시스템 구성 및 주요 전송 파라미터를 분석한다. 2012년에 운용될 예정인 GOES-R 위성에 장착될 고성능 다채널의 기상 탑재체에 따른 고속 데이터 전송 및 분배를 위한 사용 주

파수 대역 및 통신 파라미터의 변화를 살펴보고 처리된 기상 데이터의 기상위성을 통한 직접 분배를 위한 대안으로 지상망 및 상업용 정지궤도 통신위성 대역을 사용하는 방안을 살펴보고 향후 국내 기상위성 데이터 전송 시스템을 위해 고려해야 할 사항을 기술하고자 한다.

2. 세계의 기상위성 배치 및 계획

1972년 기상위성 운용국간의 협의체인 CGMS (Co-ordination Group of Meteorological Satellites) 를 중심으로 기상위성 운용국가는 자국 및 인접국가 영역에 대한 기상관측뿐만 아니라 전 세계적으로 기상 기후 재해에 대한 예방과 지구 환경 보존 차원에서 기상자료를 공유하며 운용협력 체제를 유지하고 있다.



자료 : WMO-Workshop on Radio Frequencies for Meteorology Geneva, 2006 년도

그림 1. 세계 기상위성 관측망

현재 기상위성 관측망은 그림 1과 같이 구성되어 있다. 현재 한국이 일기예보에 활용하고 있는 MTSAT-1R은 동경 140도 적도 상공에서 동남아시아, 호주, 서태평양 영역의 구름의 분포와 대기의 흐름 등의 기상을 관측하고 있다. MTSAT-1R과 마찬가지로 정지궤도상에서 관측하는 기상위성으로서 미국의 GOES, 유럽기상위성기구(EUMETSAT)의 Meteosat, 중국의 FY 2, 인도의 INSAT 2/3 및 Kalpana1, 러시아의 GOMS 등이 있다.

표 1은 발사 예정의 정지궤도 기상위성에 대정보를 보여주고 있다. 통신해양기상위성은 2008년 발사 예정으로 서태평양 지역의 기상 관측을 담당할 예정이다.

표 1. 발사 예정의 정지궤도 기상위성

지역	위성	운영국	경도	발사일
East Pacific (180E-108W) & West Atlantic (180W-36E)	GOES-N	USA/NOAA	135W or 75W	2006
	GOES-O	USA/NOAA	135W or 75W	2007
	GOES-P	USA/NOAA	135W or 75W	2008
	GOES-R	USA/NOAA	135W or 75W	2012
	MSG-3	EUMETSAT	0	2009
	MSG-4	EUMETSAT	0	2010 /2011
Indian Ocean (36E-108E)	Elctro-L N1	Russia	76E	2007
	Elctro-L N2	Russia	76E/14.5E	2009
	INSAT-3D	India	TBD	Q1 2007
	FY-2D	China/CMA		2006
	FY-2E	China/CMA		2009
	FY-2F	China/CMA		2011
	FY-2G	China/CMA		2013
West Pacific (108E-180E)	COMS	Korea/KMA	116.2E or 128.2E	2008

3. 주요 정지궤도 기상위성의 데이터 전송 시스템 구성 및 특성

3.2 GOES I-M

SS/L에 의해 제작되고 NOAA에 의해 운용되고 있는 GOES I-M 기상위성은 Imager 및 Sounder의 센서 데이터의 수집, 처리 및 분배의 임무, 우주환경 감시 데이터, 근 지구 우주 날씨 측정의 환경 감시 임무, 지구 표면에 기반을 둔 DCP로부터의 데이터 호출 및 보고를 통한 NOAA CDA에 데이터 수집 임무 및 센서 데이터로부터 처리된 데이터 중계, 항공기 및 선박으로부터 SARSAT(Search and rescue satellite-based tracking system)에 재난 신호의 중계 임무를 수행한다.

환경 감시 임무를 수행하는 구성품은 크게 다음과 같다.

- 영상기(Imager)
- 탐측기(Sounder)
- 우주환경감시(SEM: Space environment monitor) : EPS(Energetic particles sensor), HEPAD(High energy proton and alpha particle detector), XRS(X-ray sensor), Magnetometers

데이터 수집을 담당하는 구성품은 다음과 같다.

- 데이터 수집 시스템(DCS: Data collection system) 데이터 전송을 담당하는 구성품은 아래와 같다.
- PDR(Processed data relay) 및 WEFAX(weather facsimile) 중계기
- SAR
- SD(Sensor data) 및 MDL(multiuse data link)

GOES I-M의 위성-지상국 접속 다이어그램 및 통신 서브시스템의 구성은 GOES I-M 데이터북에 상세히 소개되어 있다. GOES I-M의 주된 접속은 CDA(Command and Data Acquisition)국과 이루어진다. CDA 다운로드 신호들은 원시 Imager 및 Sounder 데이터, DCP(Data Collection Platform) 리포터 신호 및 위성체 텔레메트리이며 CDA 업링크

신호들은 처리된 Imager/Sounder 데이터, WEFAX 전송 신호, DCP 호출 신호 및 위성 명령 신호들이다.

GOES I-M의 통신 서브시스템은 다음의 6가지의 주요 구성품들로 구성이 된다.

- SD(Sensor Data) 및 MDL(Multiuse Data Link) 송신기
- DCPI(Data Collection Platform Interrogate) 중계기
- DCPR(Data Collection Platform Report) 중계기
- PDR(Processed Data Relay) 중계기
- WEFAX(Wether Facsimile) 전송
- SAR(Search and Rescue) 중계기

표 2는 GOES I-M의 채널별 주요 전송 파라미터를 보여주고 있다.

표 2. GOES I-M 주요 전송 파라미터

	Sensor data	PDR	WEFAX	MDL
업링크 주파수(MHz)	N/A	2027.7	2033	N/A
다운링크 주파수(MHz)	1676	1685.7	1691.0	1681.48
대역폭(MHz)	<4	5.2	<0.03	-
전송 속도	2.62Mbps	2.1Mbps	NA	32kbps
변조방법	QPSK	NRZ-S/ BPSK	FM	QPSK
EIRP(dBm)	45.4	54.9	54.4	44.0

SD 채널의 변조 방법은 QPSK를 사용하여 전송이 된다. 수신된 SD 데이터는 GVAR(GOES I-M Variable) 포맷으로 처리되어 위성의 PDR 중계기를 통해 최종 사용자에게 중계된다. 이 GVAR 포맷의 PDR 신호는 기상 영상 보정을 위해 필요한 궤도 정보를 위해 레인징 신호를 제공하는 기능으로도 사용된다.

3.2 GOES N-P

GOES N-P는 주계약자인 Boeing에 의해 제작되었으며, Boeing 601 모델을 기반으로 하여 폭풍 및 다른 기상 현상을 보다 정확히 관측하여 개선된 예보 정보를 제공할 것으로 기대되고 있다. 기존 GOES I-M의 주요 임무와 동일하며 구성품에 있어서 EUV(Extreme ultraviolet) 장치와 록히드마틴에 의해 제작된 SXI(Solar X-ray Imager)가 추가되었다.

GOES-N의 발사는 2006년 5월 중순경에 예정되어 있다. GOES N-P의 위성-지상국 접속 다이어그램 및 통신 서브시스템 구성은 GOES N 데이터북에 상세히 소개되어 있다.

GOES-N은 기존 WEFAX외에 CGMS에 권고하는 데이터 포맷인 LRIT(Low Rate Information Transmission)의 신호를 사용자에게 중계한다. 1991년 CGMS는 정지궤도 기상위성에서 아날로그 WEFAX 중계 서비스를 대체할 새로운 국제 표준을 토의하기 시작했다. 1998년 7월에 LRIT 규격이 NOAA, EUMETSAT, JMA/NASDA, CMA/SMC 및 러시아에 의해 승인되었다. 1999년 NOAA는 LRIT 포맷을 구현하는 계획을 발표했고, 새로운 LRIT 데이터는 보다 많은 기상 데이터, 이미지, 차트, 다른 환경 정보를 포함하는 128kbps의 중계 서비스를 제공한다.

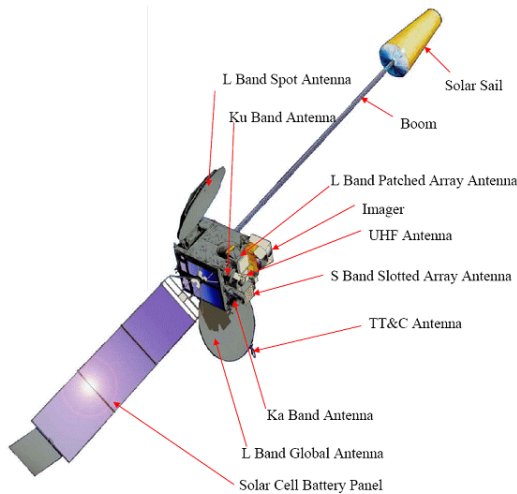
또한 EMWIN(Emergency Managers Weather Information Network) 전송 서비스가 GOES-N에서 제공된다. EMWIN 신호는 기상 및 다른 중요한 긴급 정보를 실제 데이터 스트림 정보로 이용하게 하는 데이터 접근 방법의 세트이다. 현재 기본 데이터 스트림을 분배하는 방법들은 라디오, 인터넷 및 위성(GOES 및 상업 위성)을 포함한다.

GOES N-P의 주요 전송 파라미터는 아날로그 WEFAX 채널을 제외하고는 표 2의 GOES I-M 주요 전송 파라미터와 동일하며, GOES I-M에 없던 채널인 EMWIN은 2034.7 MHz(업링크)/1692.7 MHz(다운링크)로 할당되었으며, 변조방법은 NRZ-L/BPSK, 대역폭은 50 kHz 이하, 데이터 전송 속도 25 kbps, 최소 EIRP는 43.2 dBm 이다. 아날로그 WEFAX 신호에서 디지털 LRIT로 변환되는 WEFAX/LRIT 채널의 상하향 주파수는 GOES I-M과 동일하며, 변조방법은 BPSK, 대역폭 586 kHz 이내, 최소 EIRP는 48.2 dBm 이다. SD, WEFAX/LRIT, EMWIN, MDL의 BER(Bit Error Rate)은 모두 10⁻⁸이며, PDR은 10⁻⁶이다.

3.3 MTSAT-1R/MTSAT-2

MTSAT(Multifunctional Transport Satellite)의 주된 임무는 항공기와 항공교통 제어국 사이의 통신 신호를 중계하는 기능 및 지상국에서 생성된 SBAS

(Satellite-Based Augmentation System) 신호를 위성을 통해 중계하는 기능을 제공하여 항공기 운항 및 제어를 위한 항공 교통 제어 링크 기능을 증대시켜 항공 운수의 안전성을 증가시키는 항공 임무와 기상 임무를 수행하고 있는 GMS-5를 대체하고 기상 관측 임무를 계속 이어받아 수행하는 것이다. 항공 및 기상 임무에 대해 독립된 위성을 만드는 것보다 2 가지 임무를 복합한 MTSAT은 비용을 줄일 뿐만 아니라 부족한 궤도를 효율적으로 사용하게 만들었다.



자료: MTSAT, Integrated CNS Conference & Workshop, 2003년도
그림 2. MTSAT 외부 형상도

그림 2에 MTSAT의 외부 형상도를 나타내었다. SS/L에 의해 제작된 MTSAT-1R은 2005년 2월에 발사되어 동경 140에서 GMS-5를 대체하여 임무를 수행하고 있다. MELCO에 의해 제작된 MTSAT-2도 2006년 1월에 발사되어 대기 모드에 있으며 2010년경 MTSAT-1R의 임무를 대신할 예정이다.

MTSAT-1R에 의해 관측된 데이터는 CDAS (Command and Data Acquisition)에 전송되고 처리된 기상 데이터는 MTSAT-1R에 의해 아시아 태평양 지역에 있는 많은 사용자국에 중계된다. GMS의 S-VISSR 포맷을 대체하는 HiRID는 MDUS (Medium-scale Data Utilization Station)에 의해 전송되고, 저해상도의 디지털 영상 데이터는 LRIT라 불리는 새로운 포맷에 의해 SDUS (Small-scale Data Utilization Station)에게 전송된다. 현재의 아날로그 WEFAX 서비스는 MTSAT 운용 시작 후

LRIT와 병행하여 3년간 계속될 예정이다. 또한 HiRID도 3년간 HRIT와 병행되다가 HRIT만 분배된다. HiRID 자료 형식은 MDUS 사용자에게 대한 충격을 완화하기 위해 S-VISSR과 호환성을 갖도록 되어 있다. S-VISSR 및 HiRID의 데이터 전송 속도는 660kbps, HRIT는 3.5Mbps, LRIT는 150ksps이다.

MTSAT의 전송 파라미터는 다음과 같다.

-Raw 데이터

- 중심 주파수 : 1677 MHz
- 변조방법 : QPSK 혹은 BPSK
- 대역폭 : 8 MHz
- EIRP : 47 dBm

-HiRID

- 중심 주파수 : 1687.1 MHz
- 변조방법 : 660 kbps PCM/NRZ-M/BPSK
- 대역폭 : 6 MHz
- EIRP : 55 ± 1.5 dBm

-HRIT

- 중심 주파수 : 1687.1 MHz (Time shared with HiRID)
- 변조방법 : 3.5 Msps PCM/NRZ-M/QPSK 50% RRC
- 코딩 : Convolution (R=1/2, k=7) + Reed Solomon (255,223,4)
- 대역폭 : 5.2 MHz
- EIRP : 55 ± 1.5 dBm

-WEFAX

- 중심 주파수 : 1691.0 MHz
- 변조방법 : AM/FM
- 서브캐리어 주파수 : 2400 Hz
- 최대 기저대역 비디오 주파수 : 1600 Hz
- 편이 : ± 126 kHz
- 대역폭 : 260 kHz
- EIRP : 55 ± 1.5 dBm

-LRIT

- 중심 주파수 : 1691.0 MHz (Time shared with WEFAX)
- 변조방법 : 150 ksps PCM/NRZ-M/BPSK, 50% RRC

- 코딩 : Convolution (R=1/2, k=7) and Reed Solomon (225,223,4)
- 대역폭 : 250 kHz
- EIRP : 55 ± 1.5 dBm

MTSAT도 GOES 위성처럼 선박, 부표 및 항공기와 같은 DCP들로부터 전송된 기상 데이터를 CDAS에 중계하는 DCPR 기능과 CDAS로부터 기상 데이터 요구를 DCP에 중계하는 DCPI 기능을 갖고 있다. MTSAT은 HRIT 신호 중계를 이용하여 기상 영상 보정을 위해 필요한 레인징 정보를 제공하도록 하고 있다.

3.4 MSG

유럽의 2세대 기상위성인 MSG는 2002년 8월 28일에 발사되어 1977년부터 시작되었던 Meteosat 시리즈를 대체하게 되었다. 주된 기능은 12 채널의 SEVIRI를 통한 기상 관측 임무, HRIT/LRIT 채널을 통한 기상 관측 데이터 중계 전송 임무, GERB (Geostationary Earth Radiation Budget)를 통한 반사된 태양 복사 데이터 및 지구와 대기에 의해 방사되는 열 복사 데이터 제공, DCP 및 SAR 서비스를 제공한다. MSG-2는 2005년 12월 21일에 발사되어 서경 6.5에서 대기 중에 있다.

MSG-1은 발사 후 운용 준비 테스트 중 SSPA의 고장으로 관측 데이터 중계 서비스는 제공하지 못하게 되었다. 그래서 EUMETSAT은 MSG-1의 데이터 분배를 위한 대안을 찾게 되었다. 그래서 EUMET Cast(EUMETSAT's Multicast Distribution System)를 통한 시도가 2003년 3월 말에 시작되었고, 디지털 위성방송에 사용되는 DVB 포맷을 사용하여 Eutelsat의 통신위성 Hot Bird-6를 통해 전송되어진다. 또한 EUMETSAT은 아프리카 지역에 대한 기상 서비스에 대한 의무로 인해 Atlantic Bird-3 통신위성의 C-대역을 이용하여 아프리카 지역에 서비스를 제공한다.

표 3은 MSG의 각 전송 채널에 대한 주요 전송 파라미터를 보여주고 있다. MSG의 원시 데이터 전송 속도는 5채널의 Imager 센서를 사용하는 GOES에 비해 12채널을 사용하기에 상대적으로 높은 7.5

Mbps의 전송 속도를 요구하고 있다. HRIT/LRIT의 전송 규격은 CGMS의 권고안에 준한 MSG 고유의 포맷을 정의하였다. HRIT/LRIT의 EIRP는 서비스 영역 S1 및 S3 기준에 대해 각각 정의되었다. LRIT 서비스를 공유하기 위해 LRIT의 다운링크 주파수는 GOES와 MTSAT의 것과 서로 동일하다.

표 3. MSG 주요 전송 파라미터

	Raw data	HRIT	LRIT
업링크 주파수(MHz)	N/A	2015.65	2101.5
다운링크 주파수(MHz)	1686.83	1695.15	1691.0
대역폭(MHz)	5.4	1.96	0.66
전송 속도	7.5Mbps	2.28Mbps	290kbps
FEC 코딩	-	Conv(1/2,k=7)+RS(255,223,4)	Conv(1/2,k=7)+RS(255,223,4)
변조방법	QPSK	NRZ-L/QPSK	NRZ-L/BPSK
EIRP(dBm)	-	47.3(S1)/46.1(S3)	44.7(S1)/43.5(S3)

3.5 FY-2

FY-2 기상위성은 기상 영상 관측, DCP, S-VISSR, WEFAX/LRIT 중계 서비스 및 우주 환경 감시 서비스를 제공한다. 2004년 10월 19일에 발사된 FY-2C 위성은 105° E에 위치하고 있으며, 105° E에서 운용 중이던 FY-2B 위성이 123.5° E로 이동되어 운용 중에 있다.

FY-2의 L 대역에서의 운용 반송파는 다음과 같다.

- VISSR : 1681.6 MHz (bandwidth : 20 MHz)
- S-VISSR : 1687.5 MHz (bandwidth : 2MHz)
- WEFAX/LRIT : 1691 MHz (bandwidth : 260 kHz)
- S-Fax: 1699.5 MHz(bandwidth : 26 kHz)

반송파의 최대 위성 송신 EIRP는 다음과 같다.

- VISSR : 57 dBm
- S-VISSR : 57 ± 1.5 dBm

S-VISSR 데이터 전송을 위한 변조방법은 PCM/

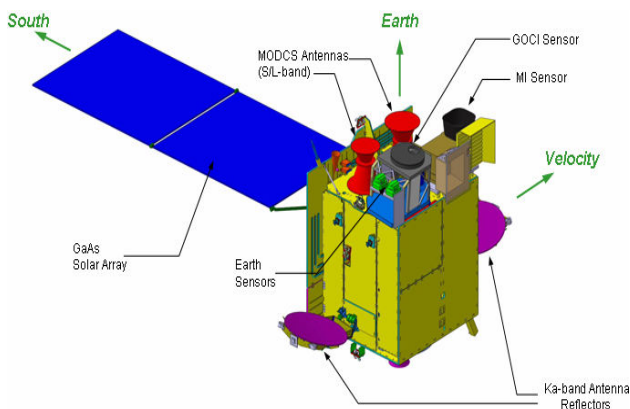
NRZ-M/BPSK이며 데이터 전송속도는 660 kbps이다. WEFAX 서비스는 사용자에게 보다 개선된 서비스를 제공하기 위해 FY-2C에서는 LRIT 서비스로 대체되어 진다.

3.6 COMS

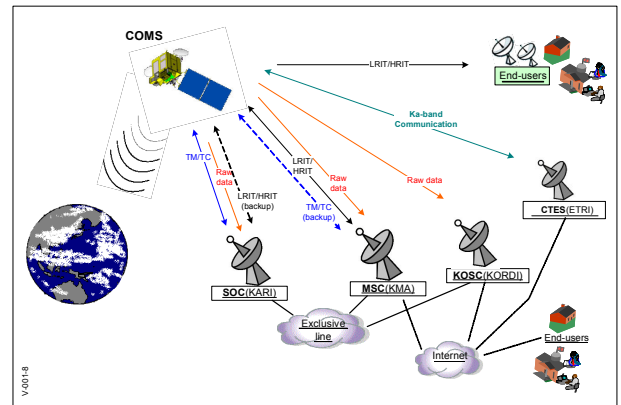
기상, 해양 및 통신 탑재체를 장착한 COMS는 기상 및 해양 센서에 의해 관측된 원시 데이터를 지상으로 송신하고 지상에서 처리된 기상 데이터를 최종 사용자에게 중계하는 채널인 HRIT/LRIT 채널로 구성된다.

그림 3은 COMS의 형상도를 나타내고 있다. 지구 방향 패널에 L-대역 송신 안테나 및 S-대역 안테나가 장착되어 있다.

그림 4는 COMS와 지상국 간의 접속 다이어그램을 보여주고 있다. 관측된 기상 및 해양 관측 데이터는 지상의 SOC, MSC 및 KSOC로 전송되어 처리되고, 처리된 기상데이터는 HRIT/LRIT 포맷으로 최종사용자들에게 중계된다. 지상에서 처리되어 위성으로 중계되는 HRIT/LRIT 신호는 S-대역 안테나를 통해 수신되고 주파수 하향 변환되고 증폭된 후 L-대역 안테나를 통해 최종 사용자들에게 중계된다. MI 및 GOCI로부터 수집된 관측 원시 데이터는 변조기에서 포매팅 및 위상 변조가 되고 증폭기를 거쳐 L-대역 안테나를 통해 지상국에 전송된다.



자료: COMS PDR data package, 2006 년도
그림 3. COMS 외부 형상도



자료: COMS PDR data package, 2006 년도
그림 4. COMS 위성-지상국 접속도

표 4는 COMS의 센서 데이터 채널, HRIT/LRIT 채널에 대한 주요 전송 파라미터를 보여 주고 있다. COMS는 MI 및 GOCI 탑재체에서 관측된 데이터의 정보 전송 속도는 대략 6 Mbps에 달한다. 사용되는 변조방법은 GOES, MTSAT, MSG 위성과 동일한 QPSK를 사용한다. HRIT/LRIT의 전송 규격도 CGMS의 권고안을 따라 COMS 고유의 임무에 적합하도록 정의되었다.

표 4. COMS 주요 전송 파라미터

	Sensor data	HRIT	LRIT
업링크 주파수(MHz)	N/A	2040.9	2037.64
다운링크 주파수(MHz)	1687	1690.2	1696.4
대역폭(MHz)	≤6	≤5.2	≤1
정보 전송 속도	≤6 Mbps	3 Mbps	256 kbps
FEC 코딩	RS	Conv(1/2,k=7)+RS (255,223,4)	Conv(1/2,k=7)+RS (255,223,4)
최소 수신 G/T	19	11.1	1.9
BER	1X10 ⁻⁸	1X10 ⁻⁸	1X10 ⁻⁸
편파	Linear	RHCP(Uplink)/Linear(Downlink)	RHCP(Uplink)/Linear(Downlink)
변조방법	NRZ-L/QPSK	NRZ-L/QPSK	NRZ-L/BPSK
EIRP(dBm)	52	55	55

3.7 GOES-R

2012년 운용 예정인 GOES-R은 기존의 Imager 및 Sounder를 개선한 ABI(Advanced Baseline

Imager) 및 HES(Hyperspectral Environmental Suite)를 통한 기상 관측 서비스, SEISS(Space Environmental In-Situ Suite), SIS(Solar Imaging Suite) 및 GLM(Geostationary Lightning Mapper)를 통한 환경 감시 서비스, DCS 및 SAR를 위한 통신 서비스, GRB(GOES Rebroadcast) 서비스, LRIT 서비스 및 EMWIN 서비스를 포함하는 데이터 중계 기능을 제공한다.

GOES-R에 탑재될 고성능의 ABI 및 HES 센서로 인해 증가된 데이터를 효율적으로 전송하기 위해 주파수 대역, 코딩 방법, 변조 방법 및 위성 본체 및 지상국 장비 성능 개선 등을 포함한 광범위한 분석이 수행되어져 오고 있다.

표 5. GOES I&N 및 GOES-R 데이터 비교

	GOES I & N	GOES R
Instrument Data Downlink	2.6 Mbps	132 Mbps
Rebroadcast Data Rate	2.11 Mbps(GVAR)	>17 Mbps (GRB)
Level 1b	2.11 Mbps(GVAR)	>100 Mbps (GFUL)
Daily Output	181Gb	16000Gb
Total Products	41	160
Class Data Storage	N/A	Daily: 0.5TB/ 7 year life: 1100TB
Temporary Storage	0 days	30 days

표 5는 GOES I&N과 GOES-R의 데이터 전송 속도 및 생성되는 데이터 양 및 저장공간을 비교하고 있다.

표 5에서 알 수 있듯이 관측 데이터 다운링크 전송 속도는 132 Mbps 이상, 지상에서 처리된 전체 (GFUL) 데이터 전송 속도는 100 Mbps이상이 예상되고 있다. GFUL 데이터를 위성을 통해 중계하는 것이 어렵기 때문에 그것의 일부분을 조합한 데이터인 GRB가 필요하다. GRB의 데이터 분배를 위한 전송 속도는 17Mbps이상 정도로 예상하고 있다. 현재 GFUL 및 GRB의 데이터 내용 및 분배 방법, NESDIS(National Environmental Satellite,

Data, and Information Service)의 인프라 구성 및 접속에 대해서는 계속 연구 중에 있다.

표 6. GOES-R 주요 전송 파라미터

	Raw data	GRB	LRIT	EMWIN
업링크 주파수(MHz)	N/A	7212.5 [TBR]	2028.4	2037.7
다운링크 주파수(MHz)	8117	1690.2	1696.4	1695.7
대역폭(MHz)	TBD	12	0.60	0.16
전송 속도	134 Mbps	17/24 Mbps	585kbps	256kbps
FEC 코딩	LDPC	LDPC	Conv(1/2,k=7) + RS(255,223,4)	Conv(1/2) + RS(255,223)
최소 수신 G/T	35[TBR]	15.2	-0.3	-0.3
BER/FER	1X10 ⁻⁹ / 1X10 ⁻¹⁰	1X10 ⁻⁶ / 1X10 ⁻⁸	1X10 ⁻⁸	FER 1X10 ⁻⁵
편파	RHCP/ LHCP	Dual CP	Linear	Linear
변조방법	GMSK α=0.5	GMSK α=0.5	NRZ-M/ QPSK	NRZ-L/ OQPSK
EIRP(dBm)	TBD	TBD	52.5[TBR]	53[TBR]

표 6은 GOES-R에서 관측된 원시 데이터, GRB, LRIT 및 EMWIN 채널 데이터를 전송하기 위해 사용될 주요 파라미터를 보여주고 있다. 이전의 GOES I&N 시리즈와 비교하여 134 Mbps라는 매우 높은 원시 데이터 전송 속도를 요구하고 있으며, 비손실 압축을 하더라도 100 Mbps이상의 전송속도가 요구된다. 지상에서 처리된 데이터 중계 채널인 GRB의 경우도 17 Mbps 이상이 예상되고 있다. 기존의 수 MHz를 사용하던 L-대역으로는 도저히 전송할 수 없다. 이를 위해 GOES-R은 X-대역으로 전송을 할 예정이다. 비록 X-대역으로 옮겨 전송할지라도 대역폭 제약은 여전히 존재한다. X-대역에서는 대역외 간섭 신호가 엄격히 제한되어져야 한다. 예를 들어 이웃하는 8400-8450 MHz의 DSN 다운링크 대역을 보호해주어야 한다. 고속 데이터의 전송을 위해서는 보다 증가된 전력을 요구하게 되고 이것은 증가된 대역외 간섭을 증가시키는 요소로 작용하게 되어 전

송속도의 증가가 보다 복잡한 양상을 나타내고 있다. 이것은 X-대역의 관측데이터 전송 채널뿐만 아니라 L-대역의 중계 데이터도 같은 영향을 미친다.

스펙트럼 조정은 광범위한 영향을 갖는 복잡한 사안이기 때문에 통신 시스템 구성 전에 NOAA는 NTIA를 통해 가용한 X-대역 주파수 대역폭을 찾고 X-대역 및 L-대역 사이의 간섭의 영향을 찾는 노력을 하고 있다. 또한 GOES-R 통신 요구 성능을 맞추기 위해 요구되는 핵심 기술들은 대역폭 효율이 좋고, 전력 효율이 좋은 통신 기술, FEC 코딩 기술, 인터리빙, L-대역 선형 증폭기, 필터링, 동기 및 정지케도의 우주 복사환경에서의 사용을 위한 적절한 전자소자 기술 등이 요구되어 진다. 이들 기술들은 각기 개발 위험 및 비용에 영향을 주며 그들의 상호 작용은 데이터 질, 전송 속도, 대역외 방사 제어, 위성 무게 및 파워 레벨, 수신기 시스템 회로와 적합성에 영향을 미친다. 그리하여 이 모든 핵심기술을 종합하여 End-to-end 시스템 안에서 시험을 수행할 예정에 있다.

통신 시험대(Testbed)는 비트에러율, 대역외 간섭, 에러 억제에 대한 전체적 영향을 볼 수 있도록 실제 채널 조건들을 고려한 송수신 하드웨어로 구성되며 최적의 변조 및 코딩 방법들을 조사하는 것에 있다. NOAA는 압축된 데이터열에 대해 엄격한 비트에러율을 요구하고 있다. 하지만 과학/연구 그룹은 ABI 및 HES 데이터의 단일 스캔, 그림, 프레임, 혹은 데이터 블록에 얼마나 많은 에러 픽셀이 허용가능한지를 구체화하지 못한 상태에 있다. 현재 과학/연구 그룹과 압축을 끝 후 적절한 데이터 특성을 제공하기에 적절한 BER 패턴을 찾고 있다.

현재 예상하는 BER의 성능은 기존 GOES I&N보다도 더 높은 10⁻⁹을 예상하고 있다. 증가된 전송 속도에 대해 대역폭 효율 및 변조 성능을 고려하여 GMSK 변조방법을 예상하고 있다. 그리고 FEC (Forward Error Correction) 코딩 방법으로는 LDPC(Low Density Parity Check) 코드를 예상하고 있다. FEC 코딩 및 변조 방법은 데이터 압축 방법과 연계되어 조정될 예정이다. 또한 수신국의 G/T도 최소 35 dB/K로 기존의 26 dB/K와 비교하여 훨씬 큰 값을 요구함을 알 수 있다.

증가된 관측 데이터에 따른 GOES-R의 지상국 시스템에도 큰 영향을 미친다. 지상국 통신 대역폭 증가뿐만 아니라 표 1에서 알 수 있듯이 데이터 처리

및 저장 능력을 증대시켜야 한다.

GOES-R 및 후속 위성은 처리된 기상 데이터 분배의 다른 방안으로 상업용 지상 및 C-대역 위성 시스템을 고려하고 있다. 현재의 GOES 시스템의 2.1 Mbps에 비해 매우 높아질 것이기 때문에 현존의 위성 다운로드, 지상 분배 시스템으로 높아진 데이터를 적절히 분배하기에는 어려워 유연하고 신뢰할 만하여 비용 효과가 큰 대안이 상업용 지상 및 위성 통신 시스템 사용에 대한 방법이다. 이러 방안을 적용할 경우, GOES-R 위성의 무게 및 전력 요구를 줄이고, 통신 시스템의 복잡성 및 위험성을 줄이며 궁극적으로 위성 개발 비용을 줄일 수 있다. 반면에 지상망 회선 사용 및 위성의 채널 임대 비용의 부담 및 다른 지상 통신망 및 위성망에 간섭 및 피간섭의 영향을 미치며, 또한 기존 GOES 위성 수신기 및 안테나 크기에 영향을 줄 수가 있다.

지상망의 고속 광대역 전송 서비스가 급진전되고 있는 상황에서 지상 통신망을 이용하여 처리된 기상 데이터를 분배하는 것도 매우 효율적인 방법이다. 지상 광대역 네트워크 서비스가 힘든 넓은 지역에 서비스를 위해 상업용 통신 위성을 사용하여 기상 데이터를 분배한다. 상업용 위성의 통신 대역으로는 C-대역이 Ku-대역, Ka-대역이 갖는 높은 강우 감쇄에 비해 상대적으로 낮은 강우 감쇄로 인해 유력시 되고 있으며, AMC-4, PanAmSat 1R 및 Intelsat IX/VIII 상업위성의 C-대역이 고려 중에 있다.

4. 결론

정지궤도 상에서 기상 관측 임무를 수행하고 있는 주요 기상위성의 원시 데이터의 전송 시스템 및 지상국에서 처리된 기상 데이터 분배 시스템의 구성 현황 및 주요 전송 파라미터를 살펴 보았다. 그것과 병행하여 현재 개발중인 통신해양기상위성의 관측 데이터 전송 및 분배 시스템 구성과 채널별 주요 전송 파라미터를 제시하였다. 관측 데이터 전송 및 분배 시스템 구성에 가장 큰 영향을 주는 요소는 관측 탑재체의 증가된 성능에 따른 전송속도이다. 현재까지 개발된 기상 탑재체의 성능을 기준으로 기상 주파수 L/S-대역을 사용하는데 큰 문제가 없다. 하지만 다

채널 고성능의 기상 탑재체가 장착되는 GOES-R의 경우는 전송 속도가 130Mbps 정도로 기존의 기상 주파수 L/S-대역으로는 불가하여 X-대역으로 이동하고, 처리된 기상 데이터 분배에 있어서도 업링크를 X-대역으로 옮기고, 다운링크 L-대역을 고려하고 있다. 또한 전송 시스템의 복잡성을 최소화하여 위성 무게, 전력 및 개발 위험성을 줄이고, 신뢰도를 높이기 위한 대안으로 처리된 기상 데이터 분배를 위해서는 기존의 지상망 및 상업용 정지궤도 통신위성 대역을 이용한 분배 방법도 고려하고 있음을 살펴보았다.

향후 보다 개선된 기상 자료 서비스를 위해서는 고성능의 센서가 불가피하며 이에 따른 고속 데이터 전송을 위해 X-대역 주파수 자원 확보 방안, 현재의 S/L-대역 주파수 자원의 효율적 활용 방안, 고속 데이터 전송을 위한 최적의 변조 및 코딩 기술 방안, 처리된 기상 데이터 분배를 위한 지상망과 상업용 통신위성의 활용 방안에 대한 다각적인 검토가 향후 국내의 기상위성 전송 시스템 구축을 위해서 요구된다.

참고문헌

1. EUMETSAT, "Frequency Bands for Meteorological Satellite (MetSat) Communications and its Coordinated Use among Meteorological Satellite Operators", WMO-Workshop on Radio Frequencies for Meteorology Geneva, 20-21 March 2006.
2. <http://www.wmo.ch/web/sat/GEOfuture.html>
3. SS/Loral, "GOES I-M Databook", 1998.
4. Boeing, "GOES N Data Book", 2005.
5. Civil Aviation Bureau Japan, "MTSAT", Integrated CNS Conference & Workshop, 20 May 2003.
6. <http://www.bom.gov.au/sat/MTSAT/MTSAT.shtml>
7. ESA, "MSG communication payload", 2002.
8. KARI, "COMS PDR datapackage", 2006.
9. http://www.osd.noaa.gov/goes_R/index.htm
10. NOAA, "GOES-R Data Dissemination", 2006.
11. NOAA, "IRD for the GOES-R System", 2005