

정지궤도 기상위성 수신시스템 개발

Geo-stationary Meteorological Satellite Receiving System Development

박덕종¹⁾, 양형모²⁾, 구인회³⁾, 현대환⁴⁾, 강치호⁵⁾, 안상일⁶⁾

한국항공우주연구원 위성운영센터 지상수신관제그룹

전화: +82-42-860-2721¹⁾, +82-42-860-2822²⁾, +82-42-860-2915³⁾, +82-42-860-2943⁴⁾,

+82-42-860-2918⁵⁾, +82-42-860-2494⁴⁾ 팩스: +82-42-860-2605

E-mail: parkdj@kari.re.kr¹⁾, yhm@kari.re.kr²⁾, freewill@kari.re.kr³⁾,

dhhyun@kari.re.kr⁴⁾, chkang@kari.re.kr⁵⁾, siahn@kari.re.kr⁶⁾

요약

기상위성은 그 특성상 다양한 Imager, Sounder, 그리고 여러 환경 테스트용 장비를 지니게 되며 일정한 시간동안 지구에 그 정보를 전송한다. 본 논문에서 제안된 수신 시스템은 현재 운영중인 아리랑위성 1호의 임무계획에 필요한 기상정보를 직접 획득하여 운영의 효율성을 높일 필요성에 의해서 GMS-5의 S-VISSR data 뿐만 아니라 2003년 4월 이후에 서비스를 할 것으로 예정된 GOES-9위성의 GVAR data도 역시 수신 및 처리를 할 수 있도록 설계되었다. Link budget 설계를 수행하여 최악의 경우에도 영상을 복원할 수 있는 통신링크가 제공되도록 설계하였고, 시스템 구성 모듈을 가능한 한 상용제품으로 사용 하였다. 설치된 후에는 태양을 이용한 G/T의 값을 측정하여 설계치 보다 약 1.6dB 향상된 시스템임을 검증하였고, 수신된 GMS-5의 S-VISSR 데이터를 성공적으로 처리함으로써 자체적으로 개발한 처리 소프트웨어를 검증 하였다.

1. 서론

현재 지구 주위에는 약 130여종의 궤도 위성이 기상과 지구 환경을 관측하고 있으며, 이들 중 정지궤도 위성인 일본의 GMS-5 (Geo-stationary Meteorological Satellite - 5)와 향후 발사될 MTSAT-1R (Multi-functional transport SATellite- 1R)은 한반도를 관측지역 내에 포함을 시키고 있다. 또한

올해 4월경에는 GMS -5위성의 대체용으로써 미국의 GOES-9 (Geo stationary Operation Environmental Satellite-9) 위성이 동경 155도로 이동하여 한반도의 기상 상태를 관측할 예정이다. 현재 서비스를 하고 있는 GMS-5위성의 경우 해상도 1.25km를 제공하는 1개의 가시 채널과 해상도 5km를 제공하는 3개의 적외(Infrared) 채널을 가지고 있으며 매시간 약 30분

동안에 WEFAX(WEather Fax)와 S-VISSR (Stretched - Visible Infrared Spin Scan Radiometer) data를 전송해 준다

일본의 JMA(Japan Meteorological Agency)에서 발표된 내용에 따르면 MTSAT-1R에서 전송하려는 HiRID(High Resolution Image Data)는 전송방식과 형식이 S-VISSR와 거의 동일 하기 때문에 현재 기상청 등에서 설치된 GMS-5위성의 수신 시스템은 그대로 유지될 것으로 보인다. 하지만 표 1에 나타난 것처럼 GOES-9위성에 대한 GVAR data의 경우에 주파수와 data rate, 변조 방식 등이 S-VISSR data와는 전혀 다르게 된다.

표 1. 정지궤도 기상 Data 사양 비교

	S-VISSR	HiRID	GVAR
Frequency (MHz)	1687.1	1687.1	1685.7
EIRP (dBm)	55	55	54.9
Polarization	Linear	Linear	Linear
BW (MHz)	6	6	4.22
Data rate	660 Kbps	660Kbps	2.11Mbps
BER	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
Modulation	BPSK, NRZ-M	BPSK NRZ-M	BPSK NRZ-S
Coding	PN decoding	PN decoding	PN decoding

따라서 GOES-9위성의 기상 서비스 기간 동안은 새로운 수신 처리 시스템이 필요하게 된다. 본 논문에서 제안된 시스템은 S-VISSR data뿐만 아니라 GVAR data역시 수신 처리가 가능하며 무엇보다도 저 예산으로써 실시간 처리를 할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 이러한 시스템 구축에 대한 과정을 정리하였다.

먼저 2장에서는 시스템 구축의 초기 단계로써 link budget에 대한 설계 내용을 나타내었으며 3장에서는 구축된 시스템에 대해서 태양을 이용한 G/T측정 및 결과를 나타내었다. 4장에서는 현재 운영중인 GMS-5위성의 S-VISSR data를 수신하여 자체적으로 개발된 프로그램에 의해 복원된 영상을 나타내었다.

2. Link Budget

기상위성에서 관측된 data를 정해진 오차범위에서 수신하기 위해 충분한 margin을 갖도록 시스템을 설계 해야 한다. 구축하고자 하는 시스템에서 어느 정도의 margin을 확보할 수 있는지를 알기 위해 link budget을 설계한다. Link budget은 위성으로부터 송신된 신호의 세기와 대기 감쇄의 양, 그리고 안테나의 이득(G)과 전체 수신 시스템의 잡음 온도(T_s)에 의해 구하게 된다. 이들 값들에 의해 다음 식 1에서처럼 전송전력 대 열 잡음 비를 구할 수 있다.[2]

$$C/T = EIRP_{sat.} - L_{atten.} + G/T_s \quad (1)$$

여기서, $EIRP_{sat.}$ 은 위성에서 송신하는 신호의 세기[dBm]를 나타내며 $L_{atten.}$ 은 대기 감쇄[dB]를 나타낸다.

식 1에서 얻어진 값과 다음 식 2에서 얻어진 값과의 비교에 의해 margin을 구하게 된다. 식 2는 표 1에서 나타난 data의 전송률과 오차율(BER)에 의해 구해진다.

$$C/T = BER + 10\log_{10} R + 198.6(2)$$

여기서, BER 은 data의 오차율[dB]이며 R 은 data의 전송률[dB]이다.

다음 표 2는 GVAR data를 포함한 기상위성 data들에 대한 link budget의 결과를 나타낸 것이다.

표 2. Link Budget

	S-VISSR	HIRID	GVAR	Unit
EIRP	55	55	54.9	dBm
Free Space Loss	189.69	189.69	189.69	dB
G/T	12.24	12.24	12.24	dB
Boltzmann Const.	-198.6	-198.6	-198.6	dBm/HzK
Implementation Loss	1	1	1	dB
Total C/No	75.95	75.95	75.95	dB
Data Rate	58.2	58.2	63.24	dB
Eb/No	10.8	10.8	10.8	dB
Required C/No	69	69	74.04	dB
Margin	6.15	6.15	1.01	dB

표 2의 항목을 살펴보면 Free Space Loss에는 위성으로부터 설치 장소인 대전까지의 거리에 따른 손실 및 기상상태에 따른 대기 손실이 포함되어 있다. 안테나의 이득은 효율을 고려하여 3.6M 안테나의 50%에 해당되는 33dBi로 하였다. 안테나의 열 잡음 온도는 대기 및 방사패턴에서의 back lobe에 의한 손실을 포함하여 30K로 하였다. 전체 시스템 잡음 지수를 구하기 위해 LNB(Low Noise Block down-converter) 및 cable 그리고 수신기의 이득과 잡음 지수를 열 잡음 온도로 변환한 뒤에 안테나의 잡음 온도와 합하였다.

표 2에서 GVAR의 margin이 S-VISSR의 그것보다 약 5dB가 더 적음을 볼 수 있다. 이는 두 data의 전송률

차이에 따른 것으로 GVAR를 수신하기 위해서는 성능면에서 보다 더 우수한 시스템이 필요한 것을 알 수 있다.

3. 시스템 구축 및 G/T 측정 결과

그림 1은 본 논문에서 제안한 시스템의 구조 및 단계별로 수행되는 과정을 나타낸다. 설치된 안테나는 3.6M mesh type의 안테나이다. 이 안테나는 solid type의 안테나에 비해 효율이 떨어지지만 무게가 가볍기 때문에 현재의 GMS-5의 위치와 GOES-9 사이의 방향전환이 용이하다는 장점이 있다. 전체 시스템의 잡음 성능 저하를 막기 위해 LNB를 안테나의 feed에 바로 연결하였으며 케이블을 이용하여 옥내의 수신기와 프레임 동기 장치에 연결을 하였다.

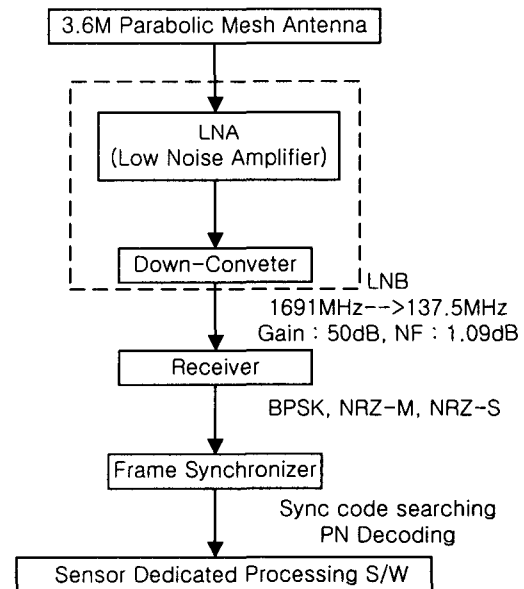


그림 1 구축된 수신시스템의 구조

전체적인 동작 과정을 보면 GVAR의

경우 1685.7MHz의 data가 132.2MHz로 주파수 변환된 후 수신기에서 BPSK복조 및 NRZ-S를 한 후에 프레임 동기 장치에서 동기 코드를 찾아 내어 PN decoding을 하고 이 후에 자체적으로 개발한 처리 소프트웨어에서 영상을 복원을 하게 된다.

특히 프레임 동기 장치는 거의 실시간으로 data를 처리하여 저장하게 하므로 기존의 방식인 data를 저장한 후에 처리하는 것에 비하여 시간을 훨씬 단축 시킬 수 있다.

다음 그림 2은 현재 항공우주연구원의 지상수신관제그룹 옥상에 설치된 안테나를 나타낸다.

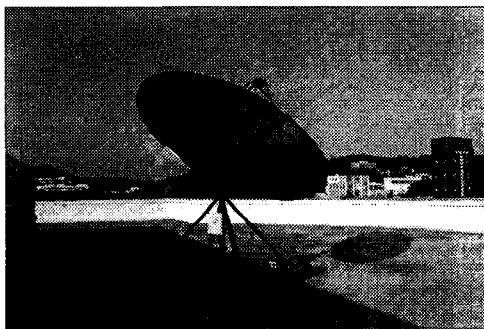


그림 2 설치된 3.6M 안테나

구축된 시스템의 성능 검증을 위해서 태양을 이용한 G/T측정을 하였다.

태양에 의해서 생성되는 잡음 레벨이 안테나의 방향을 태양으로 향했을 경우와 그렇지 않았을 경우에 차이가 생기는데 이 값과 solar flux의 값을 이용하여 다음 식 3처럼 G/T를 구할 수 있다.

$$G/T = 8\pi k(Y - 1) \frac{L}{\lambda^2 F} \quad (3)$$

여기서, Y 는 태양에 의한 잡음 상승비를 나타내고 k 는 볼츠만 상수, L 은 빔폭 보정 계수를 나타내며 λ 는 파장(m) 그리고 F 는 solar flux의 값이다. 식 3에 의하여 총 5차례의 측정 결과 평균적으로 13.9 dB를 나타내었다.

이 값은 표 2의 값과 차이를 보이는데 그 이유는 안테나의 효율 및 잡음온도, 그리고 LNB의 이득과 잡음지수 등에서 계산 시에 사용된 값과 실제의 값이 차이가 있었기 때문이다. 따라서 실제 GVAR data를 수신 할 경우 약 2.6dB의 마진이 있는 것을 확인할 수가 있고 이는 향후 GOES-9위성이 동경 155도에서 서비스를 시작할 때 GVAR data의 수신 가능성을 더욱 크게 한다고 볼 수 있다.

4. S-VISSR 영상 복원

2003년 1월 28일 GMT 00시 32분에서 16분 동안에 수신한 S-VISSR data에 대해 가시 영상을 복원하였다. 프레임 동기장치에 의해 처리된 data는 총 6656개의 프레임을 가지고 있으며 한 프레임은 1.25Km에 해당되므로 이는 전체 full disk가 아니라 약간의 반구에 해당된다는 것을 확인 할 수가 있었다.

자체 개발한 처리 소프트웨어를 이용하여 채널마다 관측된 각각의 data를 추출하고 이 data가 가지고 있는 영상 data를 image viewer를 통해 영상으로 나타내었다. 다음 그림은 복원된 영상을 나타낸다.

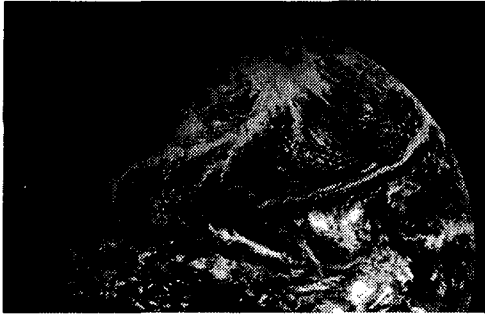


그림 3 복원된 S-VISSR 가시 채널 영상
(2003. 1. 28. GMT 00:32)

복원된 영상을 인터넷으로 유포되어 있는 같은 시간대의 GMS-5위성의 영상과 비교 한 결과 동일함을 확인 함으로써 자체 개발한 처리 소프트웨어가 기본적으로 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

5. 결론

향후 서비스 예정인 GVAR data를 포함하여 현재의 서비스중인 GMS-5위성의 data에 대해 수신 및 처리가 가능한 시스템을 제안 하였다. Link budget에 의해 GVAR data가 수신 가능하도록 설계하였으며 수신 시스템의 성능을 알기 위한 실제 태양을 이용한 G/T 측정에서 약 2.6dB의 margin이 있는 것을 확인 하였다. 자체적으로 개발한 소프트웨어의 검증을 위해 S-VISSR data를 직접 수신 및 처리하여 영상을 복원하였다. 본 시스템이 가지고 있는 GVAR data에 대한 복조, 동기 코드 탐색, PN decoding의 기능은 향후 실제 GOES-9위성이 예정된 위치에 도달 할 경우 GVAR영상을 직접 수신하여 실시간으로 처리할 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] Establishment of the procedure to backup GMS-5 with GOES-9, Release by Japan Meteorological Agency, 17 May 2002.
- [2] Morgan, W. L., and G. D. Gordon, *Principles of Communications Satellites*, Wiley, New York, 1993.