

통신해양기상위성의 HRIT/LRIT 데이터 전송률 분석

An Analysis of Data Transmission Rate of HRIT/LRIT for COMS

정성철*, 서석배¹⁾, 안상일²⁾, 백선균³⁾

기상청 기상위성과*³⁾, 한국항공우주연구원 지상수신관제그룹^{1),2)}

Sung-Chul Jung*, Seok-Bae Seo¹⁾, Sang-Il Ahn²⁾, Seon-Kyun Baek³⁾

Meteorological Satellite Division, Korea Meteorological Administration*³⁾
Satellite Mission Operation Department, Korea Aerospace Research Institute^{1),2)}

E-mail : jsc@kma.go.kr*, sbseo@kari.re.kr¹⁾, siahn@kari.re.kr²⁾, sun@kma.go.kr³⁾

요 약

2008년 발사를 목표로 개발되고 있는 통신해양기상위성(COMS : Communication, Ocean and Meteorological Satellite)의 기상 탑재체를 이용한 기상 관측 임무는 기상청 기상위성센터(가칭)의 고유 임무로서, 이는 기상탑재체에서 관측한 자료를 수신·처리하여 고품질의 영상과 분석 자료를 생산하여 기상 예보 업무에 활용하고, 위성을 통하여 국내외 사용자들에게 분배하는 것 등을 포함한다. 위성을 통한 기상 자료 서비스는 국내에서는 최초로 시도되는 것으로, 국제기상위성운영 기관들의 모임인 기상위성조정그룹회의(CGMS : Coordination Group for Meteorological Satellites)에서 권고하는 High Rate Information Transmission/Low Rate Information Transmission(HRIT/LRIT)라는 특정 자료 형태를 사용하여 분배하게 된다. 따라서 본 논문에서는 CGMS에서 권고하는 CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) 전송 규격과 일본의 MTSAT-1R(Multi-functional Transport Satellite) 위성 사용자 서비스 자료 형태를 참고하여 통신해양기상위성의 효과적인 기상자료 분배를 위한 HRIT/LRIT 데이터 전송률을 분석하여 보았다.

1. 서 론

본 논문에서는 통신해양기상위성(이하 COMS)의 사용자 서비스 자료의 데이터

전송률 분석을 위해서 HRIT/LRIT 생성에 따른 데이터의 크기를 추정 계산하여 보았다.

2. 분석을 위한 가정

COMS의 HRIT/LRIT 전송률 분석을 위해 다음과 같은 몇 가지를 가정하였다.

① Fill Packet 은 데이터의 5%로 가정한다. 실제 위성에서 데이터가 전송될 때는 데이터 사이에 Fill Packet이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 Fill Packet을 5%로 계산하였다.

② 사용자 서비스 전송자료는 전지구 영상이라 가정한다. 향후, 기상위성센터에서 제공하게 될 COMS 기상관측 자료의 종류는 관측영역에 따라 FD(Full Disk), APNH(Asia and Pacific in Northern Hemisphere), ENH(Extended Northern Hemisphere), LSH(Limited Southern Hemisphere) 등으로 구분되나, 여기서는 관측영역이 넓어 데이터의 사이즈가 가장 큰 FD 영상을 기준으로 하여 계산하였다.

③ HRIT header 사이즈는 4000 byte, LRIT는 300 byte라 가정한다. 이는 MTSAT-1R의 header 사이즈를 참고하였다.

④ Bit Fill과 Byte Fill은 무시한다. 실제적으로 CCSDS 데이터를 생성할 때 Bit Fill과 Byte Fill이 발생한다. HRIT의 경우 50개의 Segment(5개 채널×10개의 Segment)로 이루어져 있으므로 Byte Fill이 발생할 최대 크기는 $(8190-1) \times 50 = 409,450$ byte 이다.

⑤ Overlay 데이터는 고려하지 않는다. MTSAT-1R의 경우 1 비트 데이터를 8개 씩 묶어 하나의 byte로 가정한 다음 이를 무손실 JPEG으로 압축하여 전송한다. 따

라서 영상사이즈의 1/8정도의 데이터가 무손실 압축된 크기이며 항상 동일하기 때문에 매번 내려 줄 필요가 없을 것으로 판단되어, 본 논문의 계산에 고려하지 않았다.

⑥ 위성에서 수신한 Raw 데이터로부터 HRIT 데이터로 처리하여 전송을 시작하는 시점까지 소요되는 시간은 5분, LRIT는 9분으로 가정한다. 이는 MTSAT-1R의 처리시간을 적용하였다.

⑦ LRIT는 한 채널 씩 서비스 한다. MTSAT-1R의 LRIT 서비스를 참고하였다.

⑧ Lossless JPEG의 압축률은 데이터의 특성에 따라 달라지지만, MTSAT-1R의 수신 영상의 압축률로 가정하여 계산한다.

3. COMS 데이터 전송률 계산

HRIT의 경우 가시채널(VIS) 영상의 크기는 11000×11000 (pixels)이고, 적외채널(IR) 영상은 2750×2750 (pixels)이다. LRIT는 가시채널과 적외채널 영상이 동일하게 2200×2200 (pixels)의 크기를 가진다.

3.1 HRIT/LRIT 파일의 크기

3.1.1 HRIT/LRIT header 크기

데이터에 대하여 여러 가지 정보가 담겨 있는 header의 최대 크기는 HRIT 262,303 byte, LRIT 65,707 byte이다. 현재 서비스 중인 MTSAT-1R의 경우 HRIT, LRIT 각각 4000 byte, 300 byte 이하의 header를 포함하고 있는 것을 참고로 하여 COMS

HRIT, LRIT의 header 사이즈를 각각 4000 byte, 300 byte라 가정하였다.

☆ HRIT 최대 header 사이즈(262,303 byte)
 = 16(header0) + 9(header1) + 51(header2)
 + 3(header3) + 67(header 4) + 10(header5)
 + 65532(header6) + 7(header7) + 7(header128)
 + 5(header129) + 65532(header 130) + 65532(header
 131) + 65532(header 132)

☆ LRIT 최대 header 사이즈(65,707 byte)
 = 16(header0) + 9(header1) + 51(header2)
 + 3(header3) + 67(header 4) + 10(header5)
 + 65532(header6) + 7(header7) + 7(header128)
 + 5(header129)

3.1.2 HRIT 파일 크기

가시채널 영상의 크기는 11,000×11,000(pixels)이고 각 화소 당 10비트의 값을 가진다. 여기서 추가로 생각해야 할 부분은 HRIT 전송을 위해 전체영상이 10개의 segment로 나누어지고, 나누어진 각 segment에는 4,000 byte의 header가 붙는다. 또한 10비트의 데이터는 처리를 용이하게 하기 위하여 16비트를 할당하고 상위 6 비트는 0으로 채워서 사용한다.

이상의 설명을 바탕으로 가시채널 영상의 크기는 다음과 같이 계산할 수 있다.

☆ 가시영역 영상의 크기
 = 11,000×11,000×2+ 4,000×10 = 242,040,000 byte

같은 방법으로 적외채널 영상의 크기를 계산하면 다음과 같다.

☆ 적외영역 영상의 크기
 = 2,750×2,750×2+ 4,000×10 = 15,165,000 byte

1회의 패스에서 수신하는 데이터는 가시채널 영상 1개, 적외채널 영상 4개 이므로 개수를 고려하여 한 패스 당 HRIT 파일의 크기는 다음과 같다.

☆ HRIT 파일의 크기
 = (가시채널 영상의 크기) + (적외채널 영상의 크기×4)
 = 302,700,000 byte

3.1.3 LRIT 파일 크기

LRIT의 경우 가시채널 영상과 적외채널 영상 동일하게 2,200×2,200(pixels)의 크기이며 각 화소 당 8비트의 값이 할당된다. 또한 HRIT와 동일하게 영상은 10 segment로 나뉘지며 각 segment에는 300 byte의 헤더가 붙는다. 따라서 LRIT 파일의 크기는 다음과 같이 계산할 수 있다.

☆ 가시영역 영상의 크기 = 적외영역 영상의 크기
 = 2,200×2,200×1+ 300×10 = 4,843,000 byte

1회의 패스에서 수신하는 데이터는 가시영역 영상 1개, 적외영역 영상 4개이고, 이 중 하나의 영상을 LRIT로 서비스 한다. 따라서 LRIT 파일의 크기는 다음과 같다.

☆ LRIT 파일의 크기 = 가시영역 영상의 크기
 = 적외영역 영상의 크기 = 4,843,000 byte

3.2 CCSDS Packetizing

그림 1은 COMS HRIT/LRIT 파일이 어떻게 Bit Stream으로 생성되는지에 대한 설명이다.

이 파일이 가시채널 영상인지 적외채널 영상인지 구분해 주는 파일 카운터 2 byte와 전체 파일의 크기를 알 수 있는 8 byte를 HRIT/LRIT 파일 앞에 추가하고, 8190 byte 씩 잘라서 TP_PDU를 만든다. 이후 다시 884 byte씩 잘라서 M_PDU를 만들고, M_PDU는 파일의 시작과 끝을 알 수 있는 First Header

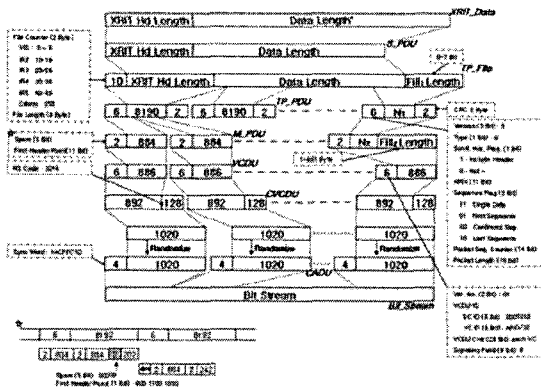


그림 1. HRIT/LRIT 파일이 Bit Stream으로 생성되는 과정

Point를 붙여 VCDU가 된다. VCDU에 에러를 보정하기 위해 (255,223) Interleaving depth 4의 RS-Code(128 byte)를 붙이면 CVCDU가 되고 randomizing 후 4 byte의 Sync Word를 붙이면 CADU가 완성된다. 전송상의 에러를 보정하기 위해서 Bit Stream은 $r=1/2$, $K=7$ 인 Convolutional Coding을 해서 최종적으로 전송된다.

이상의 과정에서 유심히 살펴볼 것이 원래 파일이 CADU 형태로 저장되었을 때, 입력 파일과 CADU 형태 데이터 사이의 크기의 변화량이다. 즉 CCSDS 형태로 데이터가 보내질 때 얼마의 부가적인 데이터가 붙는가에 대한 계산은 통신 속도를 결정짓는 핵심요소라고 할 수 있다.

그림 1에서 M_PDU 부터 CADU까지는 고정된 개수이다. 따라서 TP_PDU 개수가 전체의 CADU 개수를 결정짓고, CADU 개수에 1024를 곱해주면 증가된 파일의 크기를 구할 수 있다. 중간에 bit 또는 byte 단위의 fill이 생기는데 본 논문에서는 무시하였고, 소수점 처리도 일단 실수 형태로 계산하였다.

또한 Convolutional Code에 의한 데이터 크기 변화는 제외하였다. 이상으로 설

명한 증가한 파일의 크기를 구하는 식은 다음과 같다.

☆ CCSDS파일크기

$$\approx (((\text{입력파일크기}/8190.0) \times 8198.0) / 884.0) \times 1024$$

$$\approx 1.2 \times \text{입력파일의 크기 (CADU Level)}$$

COMS의 HRIT 크기가 302,700,000 byte이고 LRIT는 24,215,000 byte 이므로, CCSDS포맷으로 전송할 경우 각각의 용량은 계산해 보면 363,240,000 byte, 29,058,000 byte 이다.

3.3 Lossless JPEG에 의한 데이터 크기 변화율

COMS에서는 Lossless/Lossy JPEG이 사용되며, 그 중 Lossless JPEG의 압축률이 더 낮다. 따라서 COMS 데이터에서 압축에 의한 데이터 크기 변화율은 Lossless JPEG의 압축률을 고려하였다.

JPEG의 압축률은 데이터의 특성에 따라 달라지기 때문에 정확하게 계산할 수는 없지만 2005년 10월 5일 03시 00분 (UTC)에 수신한 MTSAT-1R HRIT 데이터와 2005년 7월 23일 05시 31분에 수신한 MTSAT-1R LRIT 데이터를 참고로 하여 표 1과 같이 COMS Lossless JPEG의 압축률을 추정하였다. 현재 MTSAT-1R HRIT의 FD의 경우 모든 채널의 데이터가 모두 서비스되고, MTSAT-1R LRIT는 polar stereo, IR1 FD, IR3 FD 중의 하나의 영상에 대한 서비스를 제공하는데, IR1 FD를 압축한 결과의 크기가 가장 크므로 이를 기준으로 하였다.

표 1의 HRIT에서 가시채널(VIS) 영상의 크기는 11,000×11,000(pixels) 이고 적외채널(IR) 영상의 크기는 2,750×2750 (pixels) 이지만 4개이므로, 전체 HRIT에

표 1. COMS HRIT/LRIT 파일의 Lossless JPEG 압축률 계산

촬영일시	구분	채널	데이터형태	데이터 크기 [byte] (header + 데이터)	데이터 압축률[%]	
					-	평균
2005/10/05 03:00	HRIT	VIS	Raw	39,780 + 242,000,000 = 242,039,780	29.85	29.48
			Compressed	39,780 + 72,250,440 = 72,250,440		
		IR1	Raw	27,990 + 15,125,000 = 15,152,990	31.90	
			Compressed	27,990 + 4,806,087 = 4,834,077		
		IR2	Raw	27,870 + 15,125,000 = 15,152,870	31.08	
			Compressed	27,870 + 4,682,166 = 4,710,036		
		IR3	Raw	26,920 + 15,125,000 = 15,151,920	18.15	
			Compressed	26,920 + 2,723,077 = 2,749,997		
		IR4	Raw	25,840 + 15,125,000 = 15,150,840	35.27	
			Compressed	25,840 + 5,318,385 = 5,344,225		
2005/07/23 05:31	LRIT	IR1	Raw	2,220 + 4,840,000 = 4,842,220	47.03	
			Compressed	2,220 + 2,276,306 = 2,278,526		

대한 전체 압축률은 5개의 압축률에 대한 평균을 구하면 된다. 표 1의 결과에 따라 이후부터 COMS의 HRIT의 압축률은 0.2948, LRIT의 압축률은 0.4703라 추정한다.

3.4 'CCSDS + Lossless JPEG' 에 의한 데이터 크기 변화율

지금까지 CCSDS에 의해서 늘어나는 데이터양과 Lossless JPEG 압축에 의해 줄어드는 데이터 크기 변화율을 계산해 보았다. 마지막으로는 CCSDS와 Lossless JPEG을 동시에 적용했을 때 데이터 크기 변화율을 계산해 보고자 한다. JPEG 압축을 수행한 후 CCSDS를 하기 때문에 순서에 주의해야 하고, HRIT/LRIT 각각에 대하여 가시채널 영상과 적외채널 영상의 데이터 압축률이 다르다는 것을 잊지 말아야 한다. Lossless JPEG에 의한 데이터 크기 변화율과 CCSDS에 대한 데이터 크기 변화율은 다음과 같다.

'CCSDS + Lossless JPEG' 에 의한 HRIT 데이터 크기 변화율 = $0.2948 \times 1.2 = 0.3538$

'CCSDS + Lossless JPEG' 에 의한 LRIT 데이터 크기 변화율 = $0.4703 \times 1.2 = 0.5644$

이상의 결과에서 알 수 있는 것은 Lossless JPEG과 CCSDS를 같이 적용할 때, HRIT의 경우 데이터의 크기가 35% 정도로 줄어들고, LRIT의 경우 56% 정도로 줄어듦을 알 수 있었다.

3.5 COMS 전송률 결정

MTSAT-1R 스케줄을 보면 23분간 Full Disk 영상을 관측한 다음, 관측 종료 시점을 기준으로 5분 이후 6분간 HRIT를 서비스 하며, LRIT는 관측종료 후 9분부터 5분간 서비스 한다. 2008년에 발사하는 COMS의 경우 시스템의 성능이 더 발전하여 처리시간이 단축 될 것으로 예상된다, 현재의 MTSAT-1R 처리시간을 참조하였다.

COMS의 기상청 요구사항은 관측 종료 후 15분 이내 HRIT/LRIT를 전송완료 하는 것이다. 이를 근거로 하여, 관측 종료 후 5분 이내에 Raw 데이터로부터 HRIT 파일이 만들어 진다고 가정하고, 배포시간

을 6분으로 계산하면 HRIT 전송률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{HRIT 전송률} &= \frac{\text{HRIT파일의 크기} \times \text{CCSDS} + \text{Lossless JPEG에 의한 HRIT 데이터 변환량} + \text{Fill 데이터량}}{\text{전송시간}} \text{ [byte]} \\ &= \frac{302,700,000 \times 8 \times 0.3538 + 1.05}{6 \times 60} \\ &= 2.50 \text{ Mbps} \end{aligned}$$

마찬가지 방법으로, 관측 종료 후 9분 이내에 Raw 데이터로부터 LRIT 파일이 만들어 진다고 가정하고, 배포시간을 5분으로 계산하면 LRIT 전송률을 계산해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{LRIT 전송률} &= \frac{\text{LRIT파일의 크기} \times \text{CCSDS} + \text{Lossless JPEG에 의한 LRIT 데이터 변환량} + \text{Fill 데이터량}}{\text{전송시간}} \text{ [byte]} \\ &= \frac{4,843,000 \times 8 \times 0.5644 + 1.05}{5 \times 60} \\ &= 76.53 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

4. 결론

본 논문에서는 COMS의 데이터 전송률 결정을 위해서 HRIT/LRIT 생성에 따른 데이터의 크기를 계산하여 보았다. 본 논문을 통해서 알 수 있었던 결과는 다음과 같다.

첫째, 1회 패스에서 전송하는 COMS HRIT 파일의 크기는 FD, 5개 채널을 기준으로 했을 때 302.7M byte이고, LRIT의 경우 FD, 1개 채널을 기준으로 했을 때 4.8M byte 정도 됨을 알 수 있었다.

둘째, CCSDS에서 권고하는 CADU 형태로 데이터를 생성하면 그 크기 변화율은 1.2이다(CADU Level).

셋째, Lossless JPEG으로 압축하고 CCSDS를 동시에 적용했을 때, HRIT의 데이터 크기 변화율은 0.3538, LRIT는 0.5644 정도이다.

넷째, Lossless JPEG으로 압축하고 CCSDS를 동시에 적용했을 때 COMS HRIT/LRIT 전송속도는 HRIT 2.50M bps 이상, LRIT 76.53Kbps 이상 되어야 한다(CADU Level).

다섯째, 본 전송률 계산은 Fill 데이터를 5%로 가정하여 계산하였으므로 실제적으로 적용할 때는 이에 대한 고려가 필요하다. 또한 LRIT의 경우에는 기상분석자료 등의 추가적인 데이터 전송이 요구되므로 추가적인 데이터의 크기를 고려하여 LRIT 전송률을 결정해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 서석배, 구인회, 강치호, 안상일, 김은규, "Preliminary COMS HRIT Specification," 한국항공우주연구원, 25 July, 2005
- [2] 서석배, 구인회, 강치호, 안상일, 김은규, "Preliminary COMS LRIT Specification," 한국항공우주연구원, 25 July, 2005
- [3] 일본기상청 홈페이지 (Satellite Activities of JMA) : http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/jma-eng/satellite/imagery.html
- [4] CGMS: 'LRIT/HRIT Global Specification', Rev 2.6. August 1999
- [5] JMA, JMA HRIT Mission Specific Implementation, Issue 6, Jan. 2003
- [6] JMA, JMA LRIT Mission Specific Implementation, Issue 1.2, Jan. 2003
- [7] 서석배, 구인회, 강치호, 안상일, "통신해양기상위성 LRIT 모의데이터 제작," 한국항공우주연구원, July 2005.