

통신해양기상위성 기하보정 영상의 라인 별 수신시각 계산

서석배* 안상일

Receiving Time Calculation Method for Lines of COMS MI LV1B Images

Seok-Bae SEO* and Sang-Il AHN**

ABSTRACT

MI LV1B images, geometric corrected data of COMS MI, has no time information per each line, but field of weather prediction using the MI LV1B images needs time information on it. This paper explains two calculation methods for receiving time on lines of MI LV1B images and analyzes difference between two calculation methods using simulated data.

Key Words: COMS, MI, Receiving Time Calculation, Geometric Correction, Re-sampling Grid

1. 서 론

2010년 3월 발사 예정인 통신해양기상위성 (이하, 통해기)은 지구관측을 위해서 2개의 탑재체를 내장하고 있다; Meteorological Imager: 기상탑재체 (이하 MI) 및 Geostationary Ocean Color Imager: 해양탑재체 (이하 GOCI). 이중 MI는 1일 24시간 기상정보를 취득하여 지상으로 내려주며 이는 기상예보를 위한 중요한 데이터를 사용된다. MI에서 지상으로 전달된 데이터는 영상전처리시스템 (Image Pre-processing Subsystem, 이하 IMPS)에서 처리되며, 각 MI Level Product의 종류는 다음 Table 1과 같다

[1].

Table 1의 Product 중에서 MI LV1B image 파일 (이하, LV1B IMG)의 라인 별 수신시각을 계산하기 위해서는 MI LV1A image 파일(이하 LV1A IMG)과 MI LV1B re-sampling grid 파일 (이하, LV1B RSG)이 필요하다. LV1A IMG 및 LV1B RSG의 포맷은 2장에, LV1B IMG의 라인 별 수신시각을 계산하는 두 가지 방법은 3장에 설명한다. 다음으로 4장에는 모의데이터를 이용한 두 계산방법의 결과를, 5장에서는 이상의 내용에 대한 결론을 기술한다.

2 LV1A IMG 및 LV1B RSG 파일 포맷

†2009년 월 일 접수 ~ 2009년 월 일 심사완료

* 정회원, 한국항공우주연구원

연락처, E-mail: sbseo@kari.re.kr

본 장에서는 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산에 이용되는 LV1A IMG 파일과 LV1B RSG 파일의 포맷을 설명한다.

Table 1. MI Level Product

| Name | Description |
|-----------------|--|
| MI Raw Data | 지상장비에서 수신한 데이터 포맷으로 1,168 byte 단위의 데이터이다. |
| MI LVO Product | Raw Data를 header, image, auxiliary 파일 형태로 변환해서 저장한 포맷 |
| MI LV1A Product | LVO Product에 대한 복사보정결과로 포맷은 LVO Product와 유사함 |
| MI LV1B Product | LV1A Product에 대한 기하보정결과로 header, image, re-sampling grid파일로 구성 |

21 LV1A IMG 파일 포맷

LV1A IMG의 각 라인에는 line header가 존재하는데 이는 각 라인의 시작 및 끝의 count stamp(left line & right line count stamp)를 포함하고 있다. MI의 데이터의 경우 하나의 데이터블록이 480 bit (60 byte)로 구성되는데, 각 라인의 첫 번째 픽셀을 포함하는 데이터블록의 카운트를 left line count stamp (이하, LLCS)로, 마지막 픽셀을 포함하는 데이터블록의 카운트를 right line count stamp (이하, RLCS)로 정의한다.

MI의 경우 미러가 구동되어 영상을 취득하는 방식이기 때문에 스캔 방향이 교번하여 바뀐다. 따라서 LLCS와 RLCS를 이용하여 각 스캔라인의 시작과 종료시각을 알기 위해서는 스캔 방향을 고려해야한다. Figure 1에 이상 설명한 LV1A IMG 포맷을 간략히 설명하였다. Figure 1에서 스캔라인수를 짝수로 가정하였으므로 마지막 스캔라인은 두 번째 스캔라인과 같은 방향이며, 홀수일 경우는 첫 번째 스캔라인과 동일한 방향이다.

MI에서 지상으로 전송하는 속도가 2.6208 Mbps이다. 즉, 초당 5,460개의 데이터블록이 지상으로 전송되며, 이 정보와 LLCS 및 RLCS를 이용하면 LV1A 영상의 각 라인의 수신시각을 계산할

수 있다.



Fig. 1 LV1A IMG Format

22 LV1B RSG 파일 포맷

LV1B RSG는 기하보정 전의 LV1A IMG와 기하보정 후의 LV1B IMG의 관계를 포함하고 있으며, 아래의 Table 2와 Table 3에서 정의하는 포맷으로 설계되었다[2]. 파일의 이름에서 유추할 수 있듯이 기하보정 전후의 두 영상의 관계를 모든 화소에 대해서 기술하지 않고, 일정 간격의 격자로 나타내며, 격자는 INRSM(Image Navigation and Registration Software Module)의 설정을 변경하여 조정이 가능하다. Table 2의 초기 2개의 데이터는 고정적이며, 영상의 크기 및 격자의 간격에 따라서 Table 3의 항목수가 달라진다.

Table 2. Re-sampling Grid File Format (1/2)

| Data | Format | Number of Bytes | Value (Rule & Description) |
|------------------------|---------|---|---|
| N_scan_lines | long | 4 | (Number of scan lines in the grid file) |
| N_col_max | long | 4 | (maximum number of grid columns in a scan line considering all grid scan lines in the file) |
| Scan-line info. blocks | Table 3 | (N_scan_lines) * (scan-line information block size) | (Information for all scan line) |

Table 3. Re-sampling Grid File Format (2/2)

| Data | Format | Number of Bytes | Value (Rule & Description) |
|----------------|--------|-------------------|--|
| Actual_n_col | long | 4 | (Actual number of grid columns for this scan line, actual_n_col ≤ n_col_max. Only the first actual_n_col values among n_col_max values in each following values are meaningful.) |
| Line_direction | long | 4 | 0 (for east to west) 1 (for west to east) |
| Column1A_array | long | N_col_max * 4 | Array containing the 1A column index for grids |
| Line1A_array | long | 2 * 4 | Array containing the 1A line (north & south) index for the current scan-line grids |
| Column1B_array | float | N_col_max * 2 * 4 | Matrix containing 1B pixel x-position of the current scan-line grid nodes |
| Line1B_array | float | N_col_max * 2 * 4 | Matrix containing 1B y pixel y-position of the current scan-line grid nodes |

3. MI LV1B image의 라인 별 수신시각 계산 방법

LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산 및 분석은

다음의 네 개의 과정으로 수행되며, 이후 자세히 설명한다.

- 3.1 LV1A IMG의 각 라인 당 수신시각 계산
- 3.2 관측시작 및 종료시각 계산: LV1A IMG의 각 라인 당 수신시각 이용
- 3.3 LV1B IMG의 각 라인 당 수신시각 계산: LV1A IMG와 LV1B RSG 이용
- 3.4 LV1B IMG의 각 라인 당 수신시각 계산 : 관측시작 및 종료시각 이용

3.1 LV1A IMG의 각 라인 당 수신시각 계산

IMPS는 MI에서 전송되는 데이터블록을 수신하여 LV1A IMG를 생성할 때 각 라인 별 앞에 라인 헤더를 붙이는데, 이는 영상이 시작되는 부분의 count stamp 값과 영상이 끝날 때의 count stamp 값이다. MI 전송속도가 일정하므로 이 count stamp 값 만 알면 각 라인 별 영상 수신 시각 및 영상을 취득하는 시간(duration)을 알 수 있다. 통해기에서는 두 개의 count stamp 값을 LLCS 및 RLCS로 정의하였다.

Figure 2는 MI가 지구를 관측할 때 스캔과정을 예를 들어 설명한 것이다. 스캔 방향이 교번하여 바뀌므로 첫 번째 라인에서는 LLCS<RLCS이지만 두 번째 라인에서는 LLCS>RLCS 임을 볼 수 있다. 따라서 각 라인 별 수신시각을 계산할 때는 이를 고려하여 각 라인 별 스캔 시작시각과 종료시각을 계산해야 한다. 각 라인 별 영상을 취득하는 시각은 다음 Eq. 1과 같다.

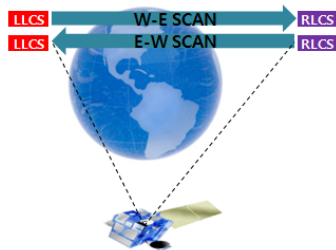


Fig. 2 Earth Scan of the MI

$$LV1A\ IMG\ 각\ 라인\ 별\ 영상\ 취득시각\ [sec] = |LLCS - RLCS| / 5460 \quad (1)$$

3.2 LV1A IMG를 이용한 관측시작 및 종료시각 계산

MI 데이터블록의 텔레메트리 내에는 유효한 지구관측(VES, Valid Earth Scan)을 표시하는 플래그인 VES Flag가 존재한다. 따라서 VES Flag의 시작 및 종료시각을 조사하면 관측시작 및 종료시각을 계산할 수 있으나, 본 논문에서는 데이터블록이 아닌 LV1A IMG를 이용해서 관측시간을 계산하기 위해서 LLCS 및 RLCS를 이용하였다. 관측 시작시각, 관측 종료시각, 관측시간(duration)은 다음 Eq. 2, Eq. 3, Eq. 4로 각각 계산할 수 있다.

$$관측\ 시작시각\ [HH:MM:SS] = UTC_{FP} \quad (2)$$

$$관측\ 종료시각\ [HH:MM:SS] = UTC_{FP} + [MAX(\{LLCS, RLCS\}) - MIN(\{LLCS, RLCS\})] / 5460 \quad (3)$$

$$관측\ 시간\ [sec] = 관측\ 종료시각 - 관측\ 시작시각 \quad (4)$$

여기서, UTC_{FP}는 각 관측이 첫 번째 픽셀이 수신되는 시각을, MIN/MAX는 최소/최대값, ‘{ }’는 해당 데이터의 전체 집합을 의미한다.

3.3 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산 : LV1B RSG 이용

LV1B RSG를 이용하여 LV1B IMG의 라인 별 수신시각을 계산하기 위해서는 각 LV1B IMG 라인과 관계된 LV1A IMG 라인을 찾고, 그 시각을 LV1B IMG로 할당하면 된다.

이 과정에서 기하보정은 re-sampling이 있으므로, LV1B IMG 라인에 대한 유일한 LV1A IMG 라인을 결정할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 LV1B IMG 라인과 관계된 여러 개의 LV1A IMG 라인을 취득한 다음, 그 중 시간적으로 제일 빠른 LV1A IMG 라인을 해당 LV1B IMG 라인의 시간으로 할당하였다.

또한 MI의 VIS(Visible) 채널의 경우 세로로 8개의 화소, 그리고 IR(Infra Red) 채널의 경우

2개의 화소단위로 영상을 취득하므로 LV1A IMG에서 8개(VIS)/2개(IR)의 라인은 같은 수신시각을 가지고 있으며, LV1B RSG에서 LV1B IMG의 각 라인은 소수점을 가지는 실수 형태이므로 이를 반올림하는 것을 고려하였다. 이렇게해서 LV1B IMG의 각 스캔라인의 수신시각을 결정하고, 나머지 스캔라인의 경우 선형보간으로 수신시각을 결정하면 된다.

Figure 3에 이상 설명한 LV1B RSG를 이용한 LV1B IMG 라인 별 수신시각 계산방법을 나타내었다. ①, ②, ③, ④ 과정을 반복하여 LV1B RSG를 이용한 수신시각결정이 완료되면, 이 결과를 선형보간(⑤)하여 LV1B IMG 각 라인에 수신시각을 계산하면 된다.

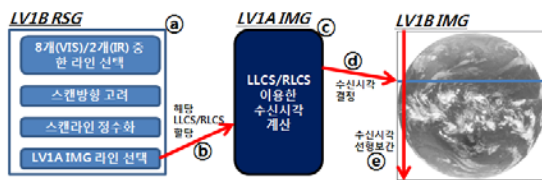


Fig. 3 Receiving Time Calculation of LV1B Image Lines using LV1B RSG

3.4 MI LV1B image의 라인 별 수신시각 계산 : 관측 시작 및 종료시각 이용

LV1A IMG는 8개의 라인 단위로 취득되지만, 관측시작 및 종료시각을 이용하여 LV1B IMG의 관측시각을 계산할 때는 이를 고려하지 않고 LV1B 영상의 각 라인에 선형적으로 시간이 증가하도록 계산하면 된다. Figure 4에 관측시작 및 종료시각을 이용한 LV1B IMG 라인 별 수신시각 계산방법(①, ②, ③ 한번만 수행)을 나타내었다.

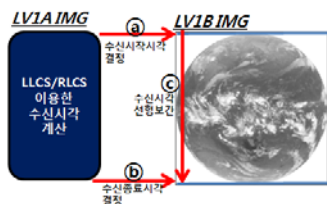


Fig. 4 Receiving Time Calculation of LV1B Image Lines using the Time of Start and End

4. 모의데이터를 이용한 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산 결과

본 장에서는 3장의 내용에 기반하여 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산 및 분석한 결과를 기술한다. 테스트에 이용한 데이터는 통해기 해외 협력개발업체인 Astrium이 제공한 MI WB L3 (Meteorological Imager Wide Band version L3)를 이용하여 IMPS에서 생성한 LV1A IMG와 LV1B RSG의 VIS 채널 데이터이다. 여기서, VIS 채널 데이터만 분석한 이유는 VIS 채널과 IR (Infra Red) 채널 데이터가 하나의 데이터블록에 포함되어 있으므로, 두 채널의 결과가 동일하기 때문이다[3].

MI WB L3의 경우 총 25시간의 MI 데이터가 존재하며, 이 중에서 5개의 관측 모드 별 (FD: Full Disk, LA: Local Area, ENH: Extended North Hemisphere, APNH : Asian Pacific North Hemisphere, LSH : Limited South Hemisphere) 각 1개씩의 데이터를 분석에 사용하였다. 각 모드 별 데이터의 간략한 내용은 다음 Table 4와 같다. 여기서 Image Reference는 각 관측에서 영상을 포함하는 첫 번째 데이터블록이 수신되는 시각이다.

Table 4. Test Data

| 관측 모드 | Image Reference | 영상 라인수 (스캔 라인 수) |
|-------|---------------------|------------------|
| FD | 2011-03-21.23-45-20 | 11,160 (1,395) |
| LA | 2011-03-22.00-13-12 | 1,192 (149) |
| ENH | 2011-03-22.00-15-20 | 6,352 (794) |
| APNH | 2011-03-22.00-30-20 | 3,240 (405) |
| LSH | 2011-03-22.00-35-20 | 3,360 (420) |

4.1 MI LV1A image의 각 라인 당 수신시각 계산

Table 4에 나열한 데이터에 대해서 계산한 LV1A IMG 각 라인 당 수신시각 계산결과를 Fig.

5에 설명하였다.

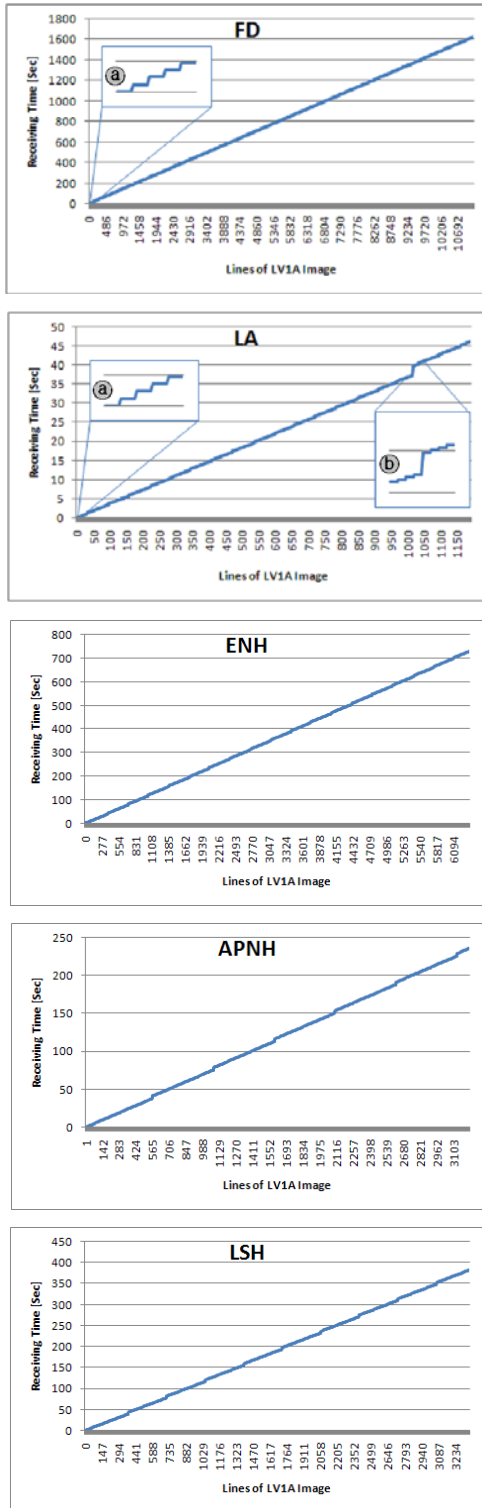


Fig. 5 Receiving Time of Ml LV1A Image Lines for Each Observation

VIS 채널의 경우 8개 라인 단위로 영상을 취득하므로 5개의 모든 관측영역의 수신시각 그래프에서 8개 라인이 동일한 수신시각을 가짐을 확인할 수 있다. (FD ①, LA ②)

LA 모드에서 1000 line 부근의 급격한 변화(LA ③)는, FD 모드를 제외한 모든 모드 (LA, ENH, APNH, LSH)에서 볼 수 있으며, 영상 관측 중간 수행되는 우주보기 (space-look) 로 인한 LV1A IMG 라인 사이의 간격이 증가 때문이다.

4.2 LV1A IMG의 관측시작 및 종료시각 계산

Table 4에 나열한 데이터에 대해서, LV1A IMG를 이용해서 계산한 각 관측 당 관측 시작시각, 관측 종료시각, 관측시간 계산결과를 Table 5에 설명하였다. 계산의 편의를 위해서 모든 관측 시작시각은 0으로 하여 상대적인 관측 종료시각 및 관측시간을 계산하였으며, 절대적인 시간에 대한 계산은 Table 4의 Image Reference를 관측 시작시각으로 하여 계산할 수 있다.

Table 5. Time of Start, End, and Duration For Each Observation Mode

| 관측 모드 | 관측 시작시각 | 관측 종료시각 | 관측시간 [Sec] |
|-------|----------|----------|-------------|
| FD | 00:00:00 | 00:27:06 | 1626.078022 |
| LA | 00:00:00 | 00:00:46 | 46.032601 |
| ENH | 00:00:00 | 00:12:08 | 728.455678 |
| APNH | 00:00:00 | 00:03:55 | 235.451282 |
| LSH | 00:00:00 | 00:06:23 | 382.986081 |

4.3 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산 : LV1B RSG 이용

LV1B RSG를 이용하여 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 계산 결과는 Fig. 4와 유사하였지만 완전한 직선은 아니었다. Figure 5는 LA술시각의 결과 그래프를 확대한 것으로, 그래프가 완전한 직선형태가 아닌 이유는 re-sampling 처리에 의해서 LV1B IMG의 라인이 여러 개의 LV1A IMG 라인을 입력으로부터 생성되기 때문이다.

LV1B IMG의 라인 별 수신시각이 LV1A IMG 기준이므로 (LV1B RSG), Fig. 4의 LV1A IMG 결과와

동일하게 우주보기에 의한 영향이 있음을 확인할 수 있다(a).

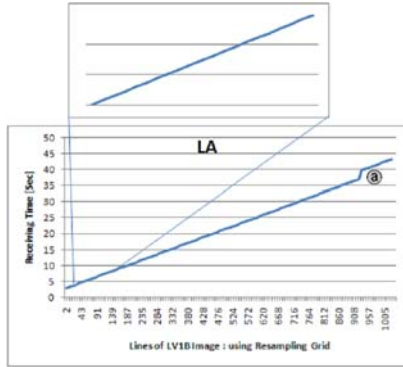


Fig. 6 Receiving Time of MI LV1A Image Lines for the LA Mode : using LV1B RSG

4.4 MI LV1B image의 라인 별 수신시각 계산 : 관측 시작 및 종료시각 이용

관측시작 및 종료시각을 이용하여 계산한, LV1A 모드의 LV1B IMG 라인 별 수신시각 계산결과를 Fig. 6에 나타내었다. LV1B IMG의 각 라인의 수신시각을 관측시작과 종료시각으로 선형보간(linear interpolation)하였으므로, Fig. 6에서의 우주보기는 볼 수 없으며, 그래프의 형태는 완전한 직선임을 알 수 있다.

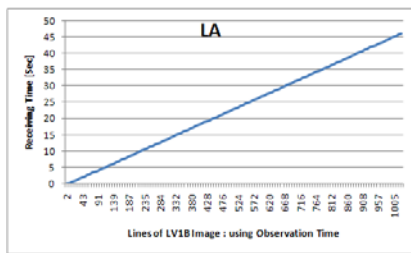


Fig. 7 Receiving Time of MI LV1A Image Lines for the LA Mode : using Time of Start and End

4.5 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 (4.3 및 4.4) 비교 분석

마지막으로, MI LV1B re-sampling grid 이용한 경우(RSG)와 관측시작 및 종료시각(OT: Observation Time)을 이용한 LV1B IMG의 라인 별 수신시각을 비교한 결과를 Fig 7에 나타내었

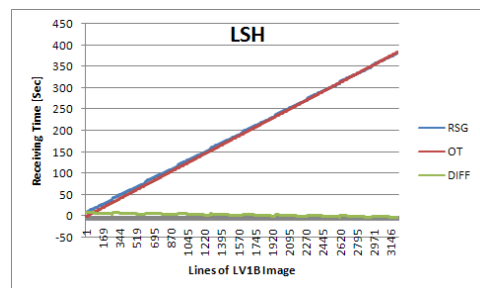
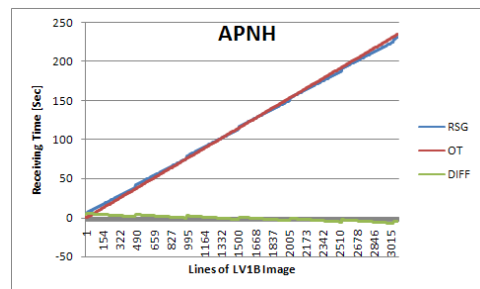
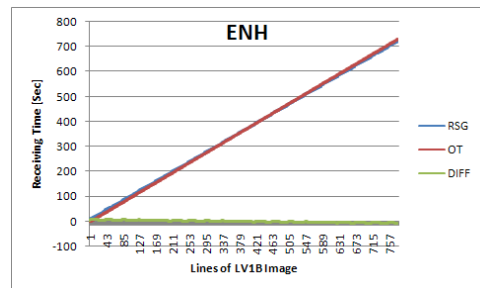
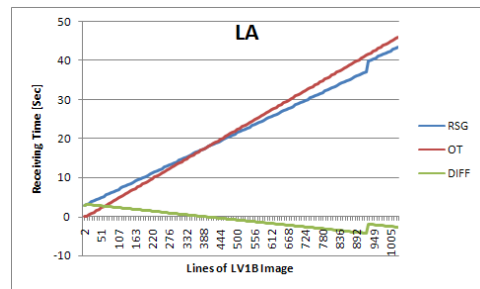
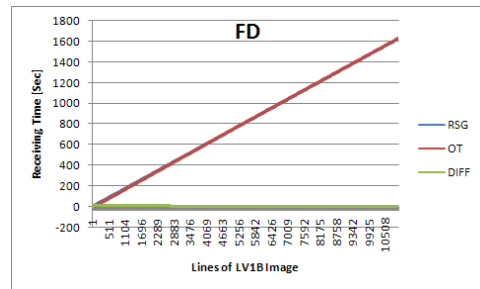


Fig. 8 Comparison of LV1B Image Lines: using LV1B RSG vs. Observation Duration (LV1A IMG)

LV1B RSG를 이용한 LV1B IMG의 라인 별 수신시각의 경우, LV1A IMG 관측 전후에 re-sampling이 포함되지 않는 라인이 있기 때문에 관측시작 및 종료시각을 이용한 결과보다 좁은 시간 영역을 가짐을 볼 수 있다. 이 특징을 가장 잘 표현해 주는 결과는 상대적으로 LV1B IMG 라인수가 적은 LA 모드이다.

각 모드 별로 LV1B RSG를 이용한 경우와 관측시작 및 관측종료시각으로 계산한 LV1B IMG의 라인 별 수신시각 차이의 최대값을 Table 6에 나타내었다.

FD 모드가 11.94초로 가장 크고, 관측 영역이 가장 작은 LA 모드의 경우 3.11초로 관측 영역에 비례함을 볼 수 있지만, ENH 모드가 LSH 모드보다 더 작은 차이를 가지는 특이한 현상이 발생하였다. 이 이유는 re-sampling에 참여하는 LV1A IMG의 영역 및 MI WBL3 데이터 특성 때문이다.

Table 6. Receiving Time Differences for Lines of Each Observation

| 관측모드 | 관측시간 [Sec] | 최대차이 [Sec] |
|------|-------------|------------|
| FD | 1626.078022 | 11.94 |
| LA | 46.032601 | 4.20 |
| ENH | 728.455678 | 9.05 |
| APNH | 235.451282 | 6.84 |
| LSH | 382.986081 | 9.77 |

5. 결론

본 논문에서는 LV1B IMG의 라인 별 수신시각을 계산하는 방법과 계산결과를 설명하였다.

먼저 LV1A IMG의 포맷과 LV1B RSG의 포맷에 대해서 기술하였고, 이후 이를 이용하여 LV1B IMG의 라인 별 수신시각을 계산 및 분석하는 두 가지 방법을 설명하였다-첫 번째 방법은 LV1B RSG를 이용하는 것이고, 나머지 한 방법은 LV1A IMG의 수신시각에 기반한 것이다. 마지막으로, 모의 데이터를 이용하여 두 가지 방법으로 계산된 결과를 비교 분석을 수행하였다.

모의데이터를 이용하여 분석한 결과 LV1B RSG를 이용한 경우와 관측시간에 기반해서 LV1B IMG의 라인 별 수신시각은 최대 11.94초 이었다. 이 결과에서 LV1B RSG를 이용하지 않고 LV1A IMG의 관측시간을 이용해서 간단히 LV1B IMG의 라인 별 수신시각을 계산해도 오차가 크지 않음(초 단위 오차)을 알 수 있었다.

본 논문은 모의 데이터를 사용하였으며, 향후 실제 MI 데이터에서 발생할 수 있는 오차는 다음과 같이 네 가지로 예상된다.

1. 모의 데이터 (LV0/LV1A IMG)의 정확성 : 실제 MI 데이터와 모의 데이터의 차이
2. 실제 MI에서 취득한 데이터와 모의 데이터 사이의 관측 영역의 변화 ; 기준이 되는 관측시작시각과 관측 종료시각의 변화
3. Re-sampling Grid의 간격 : LV1A IMG와 LV1B IMG 라인 사이의 관계
4. INRSM의 기하보정 정확도 : LV1B IMG의 정확성

이상의 실험 및 분석결과와 향후 발생할 오차를 고려하더라도, LV1A IMG의 수신시각에 기반하여 LV1B IMG의 각 라인별 수신시각을 계산할 경우, 분 단위의 정확도는 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 서석배, COMS GS Data Format Definition, 한국항공우주연구원 위성지상시스템개발팀, C1-DDD-810-001, 2007, pp28-58
- [2] 서석배, GEOS MI LV0 영상 생성 소프트웨어 구현, 한국항공우주연구원 기술논문, KARI-MOG-TM-2008-13, 2008, pp. 1-4.
- [3] 서석배, COMS Simulated Data 분석, 한국항공우주연구원 기술논문, KARI-MOG-TM- 2007-26, 2007, pp. 12-17.