

# GOES-9 위성 영상을 이용한 특정 궤도 지점에서의 지구 투영

강치호\*, 안상일\*\*, 구인회\*\*\*

## Earth Projection of GOES-9 Image at Specific Orbit Location

Chi-Ho Kang\*, Sang-Il Ahn\*\*, In-Hoi Koo\*\*\*

### Abstract

The satellite in the geostationary orbit rotates around Earth center with the same angular rate as the Earth. So, the Earth can be observed with sequential time series. GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites)-9 is a meteorological satellite, which is now located at 155°E geostationary orbit location in order to monitor East-Asia meteorological environment including Korean Peninsular. Every meteorological information is acquired from GOES-9 with the period of about 1 hour. COMS (Communication, Ocean and Meteorological Satellite) has been developed by KARI (Korea Aerospace Research Institute) since 2003 and will be launched at 2008. COMS will be located at different orbit location compared to GOES-9. In this study, a simulated COMS image which is the perspective from different geostationary orbit location is generated using an GOES-9 image.

### 초 록

정지궤도 상의 위성은 지구와 동일한 자전 주기를 가지며, 지구에 대해 상대적으로 고정된 위치에 존재하므로 지구의 동일 지점에 대한 연속적인 관측이 가능하다. GOES-9 위성은 정지궤도에 위치한 기상위성으로, 현재 동경 155도 상에서 대략 1시간 정도의 주기로 지구의 기상 환경을 관측하고 있다. 한편, 한국항공우주연구원에 의해 개발 중인 통신해양 기상위성 1호는 2008년에 개발이 완료, 발사될 예정이며, GOES-9와는 다른 궤도 위치를 점유할 예정이다. 본 연구에서는 동경 155도의 정지궤도 위치에서 관측된 GOES-9 위성 영상을 이용하여, 가정된 통신해양기상위성 1호의 정지궤도 위치에서의 모의 지구 투영 영상을 생성한다.

키워드 : 정지궤도(geostationary orbit), GOES-9, 기상위성(meteorological satellite), 지구 투영(earth projection)

\* 지상수신관제그룹/chkang@kari.re.kr  
 \*\*\* 지상수신관제그룹/freewill@kari.re.kr

\*\* 지상수신관제그룹/siahn@kari.re.kr

## 1. 서 론

정지궤도에 위치한 위성은 적도 상공 약 35,800 km에서 지구의 자전 속도와 같은 각속도로 지구를 공전하여 지구에 대해 상대적으로 고정된 위치에 존재하므로, 위성의 직하점을 중심으로 반경 약 6,000km의 지구 표면에 대한 연속적인 시계열 관측이 가능하다.

GMS-5 기상 위성의 운영이 종료됨에 따라 후속 기상 위성인 MTSAT-1R이 발사, 정상 운용될 때까지, GOES-9 위성은 2003년 4월 26일부터 동경 155도 정지궤도 상공에서 지구에 대한 기상 관측을 수행하고 있으며, 시험 운영 기간을 거쳐 2003년 5월 22일 09시부터 정규적인 일정에 따라 기상 관측을 수행하고 있다. 한편, 한국항공우주연구원에 의해 현재 개발 중인 통신해양기상위성 1호는 2008년 개발 완료 및 발사 예정이며, GOES-9과는 다른 정지궤도 상공에서 지구에 대한 관측 임무를 수행할 예정이다.

본 연구에서는 통신해양기상위성 1호의 정지궤도 상공에서의 직하점에서의 위치를 가정한 후, 동경 155도 상공에 위치하는 GOES-9 위성에 의해 획득된 기상 영상 자료를 이용하여, 통신해양기상위성 1호에서 관측했을 때에 예상되는 지구 투영 영상을 생성한다.

## 2. 본 론

### 2.1 알고리즘

그림 1은 본 연구를 위해 설계된 알고리즘이다.

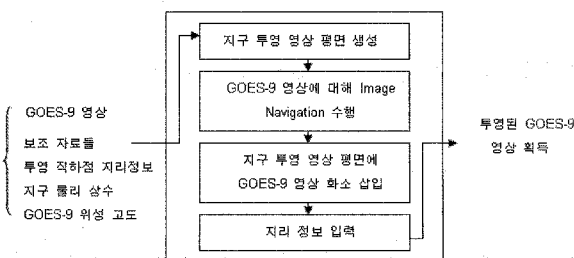


그림 1. 지구 투영 영상 생성 알고리즘

본 연구에서는, 지구 투영 영상을 생성하기 위해서 한국항공우주연구원이 개발한 MESIS (MEteorological Sensor Ingest System) 시스템이 수신, 처리한 GOES-9의 영상 자료와 그에 대한 보조 자료들, 투영 지점의 지리 정보, 고도 및 지구 물리 상수들을 이용한다. 본 알고리즘에서 적용된 투영 지점의 지리 정보, 고도 및 지구 물리 상수들은 표 1과 같으며 WGS (World Geodetic System) 84 지구 타원체 모델을 이용하였다.

표 1. 지구 투영 영상 모사 관련 상수

| 항 목              | 값           |
|------------------|-------------|
| 지구중심~투영점까지의 거리   | 42,164km    |
| 투영 지점 직하점의 위, 경도 | (116°E/0°N) |
| 지구 장, 단반경        | 6378.137km  |
|                  | 6356.752km  |

### 2.2 지구 투영 영상 평면 생성

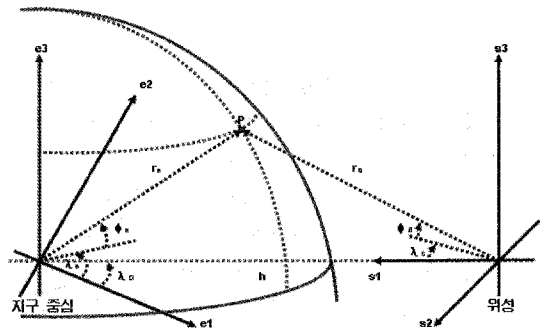


그림 2. 지구 투영 점에 대한 좌표 결정

그림 2는 지구 투영 점에 대한 좌표 결정 과정을 보여준다. 우선 각 좌표계에서의 P의 좌표는 다음과 같이 정의된다.

- 지구 중심 직각 좌표계에서의 P의 좌표 :  $(e_1, e_2, e_3)$
- 지구 중심 극 좌표계에서의 P의 좌표 :  $(\lambda_e, \phi_e, r_e)$

- 위성 중심 직각 좌표계에서의 P의 좌표:  $(s_1, s_2, s_3)$
- 위성 중심 극 좌표계에서의 P의 좌표:  $(\lambda_s, \phi_s, r_s)$

한편, 지구 투영 영상 평면의 좌표계는  $(x, y)$ 의 2차원 직교좌표계로 기술될 수 있으며,  $(x, y)$ 는 위성에 탑재된 관측 기기의 scan 각도 또는 FOV와 식 (1)의 관계를 가지고 있다.

$$\lambda_s = -\frac{\theta_x}{P_x} \cdot x, \quad \phi_s = -\frac{\theta_y}{P_y} \cdot y \quad (1)$$

여기서,  $(P_x, P_y)$ 는 지구 투영 영상 평면의 ((line 수 - 1)/2, (pixel 수 - 1)/2)에 해당하며,  $(\theta_x, \theta_y)$ 는 위성 관측 기기의 동서 및 남북 방향의 FOV에 해당한다. 한편, 본 연구에서는 지구 투영 영상 평면의 네 모서리와 지구의 가장자리가 서로 접하도록 지구 투영 영상 평면의 크기 및 위성 관측 기기의 동서, 남북 방향의 FOV를 결정하였다. 결과적으로 식 (1)을 이용하여, 지구 투영 영상 평면의 모든 화소들에 대한 위성 중심 극좌표계에서의 좌표를 결정할 수 있다.

한편, 보조 지구 중심 직각 좌표계를 설정하고 이에 대한 P의 좌표는  $(f_1, f_2, f_3)$ 라 설정할 수 있다. 보조 지구 중심 직각 좌표계의 x축은 위성을 향하고 있으며, z축은 북극, y축은 z축과 x축의 외적에 의해 그 방향이 결정된다. 결과적으로 위성 중심 극좌표계에서의 P의 좌표값  $(\lambda_s, \phi_s, r_s)$ 와 보조 지구 중심 직각 좌표계에서의 P의 좌표값  $(f_1, f_2, f_3)$ 은 아래의 식 (2)를 만족한다.

$$\begin{aligned} f_1 &= h - r_s \cdot \cos \phi_s \cdot \cos \lambda_s \\ f_2 &= -r_s \cdot \cos \phi_s \cdot \sin \lambda_s \\ f_3 &= r_s \cdot \sin \phi_s \end{aligned} \quad (2)$$

여기서,  $h$ 는 지구 중심과 위성 간의 거리이다. 한편, 보조 지구 중심 직각 좌표계에서 결정된 P의 좌표값은 식 (3)의 지구 타원체 모델에 적용된다.

$$\frac{f_3^2}{r_{pol}^2} + \frac{f_1^2 + f_2^2}{r_{eq}^2} = 1 \quad (3)$$

여기서,  $(r_{eq}, r_{pol})$ 는 각각 지구의 장, 단반경이다. 한편, 식 (2)를 식 (3)에 대입하면 식 (4)와 같이  $r_s$ 의

값을 획득할 수 있으며, 그 결과  $(f_1, f_2, f_3)$ 을 획득할 수 있다<sup>1</sup>.

$$r_s = \frac{h \cos \lambda_s \cdot \cos \phi_s - \sqrt{(h \cos \lambda_s \cdot \cos \phi_s)^2 - (h^2 - r_{eq}^2) \left( \frac{r_{eq}^2}{r_{pol}^2} \sin^2 \phi_s + \cos^2 \phi_s \right)}}{\frac{r_{eq}^2}{r_{pol}^2} \sin^2 \phi_s + \cos^2 \phi_s} \quad (4)$$

따라서, 최종적인 지구 중심 극좌표계에서의 P의 경, 위도값은,  $(f_1, f_2, f_3)$ 를 이용하여 식 (5)를 통해 획득할 수 있다

$$\lambda = \tan^{-1} \left( \frac{f_2}{f_1} \right) + \lambda_D, \quad \phi = \tan^{-1} \left( \frac{r_{eq}^2}{r_{pol}^2} \frac{f_3}{\sqrt{f_1^2 + f_2^2}} \right) \quad (5)$$

따라서, 상기 과정을 통해 지구 투영 영상 평면 내의 모든 화소들에 대한 지리 정보들을 최종적으로 획득할 수 있다.

### 2.3 Image Navigation

2.2절에서는 지구 투영 영상 평면의 모든 화소들에 대한 지리 정보들을 취득하는 과정을 기술하였다. 만약, 지구 투영 영상 평면의 모든 화소들의 지리 정보들에 대응하는 GOES-9 위성 영상의 (line, pixel) 위치를 획득할 수 있으면, 해당 지리 정보를 가지는 GOES-9 위성 영상 화소를 지구 투영 영상 평면의 각 화소들에 삽입하여 최종적인 지구 투영 영상을 획득할 수 있다. 이를 위해서는 특정 경, 위도 지점에 대한 GOES-9 영상의 대응 화소 위치를 찾는 과정이 필요하며, 이러한 과정을 Image Navigation이라 정의한다.

GOES-9 영상에 대한 Image Navigation을 수행하기 위해서, NOAA의 NESDIS에서 배포한 ELUG(Earth Location User Guide)<sup>2</sup>가 이용되었다. ELUG은 한국항공우주연구원 지상수신관제그룹에서 운영 중인 MESIS 시스템 내부에도 구현되어 있으며, 특정 경, 위도 지점과 GOES-9 영상의 대응 화소 위치 간의 쌍방 변환 계산 기능을 수행한다. 즉, ELUG을 이용하여 지구 상의 특정 경, 위도 지점에 대응하는 GOES-9 영상 화소의 영상 내에서의 위치

를 획득할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 2.2절의 결과 획득된 지구 투영 영상 평면의 모든 화소들에 대한 지리 정보를 ELUG에서 제시한 알고리즘을 통해 처리하여 각 화소들에 삽입될 GOES-9 영상 화소들의 영상 내에서의 위치를 획득하였다.

### 2.4 지구 투영 영상 평면에 GOES-9 영상 화소 삽입

2.3 절의 과정을 통해 결정된, 지구 투영 영상 평면의 모든 화소들에 대한 지리 정보들에 대응하는 GOES-9 영상 화소의 영상 내에서의 위치 정보를 이용하여 추출된 GOES-9 영상 화소들을 지구 투영 영상 평면에 삽입한다.

### 2.5 지리 정보 입력

2.4 절 결과 GOES-9 영상 화소들이 삽입된 지구 투영 영상 평면에 대해 지표의 모습을 나타내기 위한 지리 정보를 입력하였다. 지리 정보로는 WDB(World Data Bank)-II의 고해상도 해안선 지도를 이용하였다.

## 3. 시 험

### 3.1 GOES-9 자료 정보

표 2는 본 연구에서 사용된 GOES-9 위성의 영상 자료에 대한 정보를 기술하고 있다.

표 2. GOES-9 영상 자료 정보

| 항 목           | 값                   |
|---------------|---------------------|
| 영상 수신 일시      | 2003/12/22 03:25:00 |
| 영상의 Line 수    | 18,981              |
| 영상의 Pixel 수   | 10,832              |
| dynamic range | 10bit               |

표 3. GOES-9 영상 및 보조 자료

| 항 목      | 값                         |
|----------|---------------------------|
| 영상 파일 이름 | FD_VIS_20031222032500.raw |
| 보조 정보 1  | INPUT_20031222032500.dat  |
| 보조 정보 2  | IMCSET_20031222032500.dat |

한편, 표 3은 본 연구에 사용된 자료들으로써, 현재 한국항공우주연구원 위성운영센터 지상수신관제그룹에서 개발, 설치, 운용 중인 MESIS 시스템이 GOES-9의 GVAR(GOES Variable) 자료로부터 추출, 생성한 자료들이다. 한편, 본 시험에 사용된 FD\_VIS\_20031222032500.raw는 가시 채널에서 획득되어, MESIS 시스템 내에서 8bit로 변환된 영상으로, NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 제안한 방식에 의한 변환을 수행한 결과이다. 그림 3은 8bit 변환 과정 이후 출력되는 FD\_VIS\_20031222032500.raw의 모습을 보여준다.

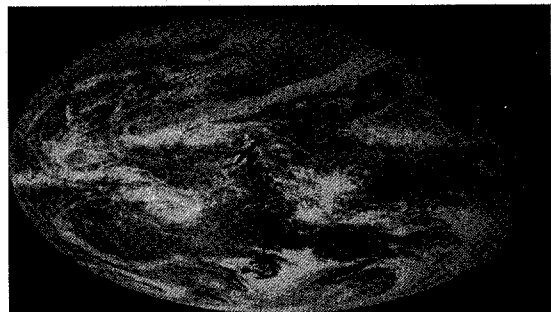


그림 3. GOES-9 8bit 영상

### 3.2 통신해양기상위성 1호의 지구 투영 영상 평면에 삽입된 GOES-9 영상

그림 4는 2.2 절에 따라 통신해양기상위성 1호의 지구 투영 영상 평면을 생성한 후, GOES-9 영상의 화소들을 삽입한 결과를 보여준다. GOES-9 은 (155°E, 0°N) 상공에서 관측을 수행하는 반면, 본 시험에서 가정된 통신해양기상위성 1호의 정지궤도

상공에서의 위치는 표 1에 따라 (116°E, 0°N)에 해당하므로, 통신해양기상위성 1호의 관측 영역에는 포함되지만, GOES-9 위성의 관측 영역에 포함되지 않는 지역이 그림 4의 왼쪽 부분처럼 나타나게 된다.

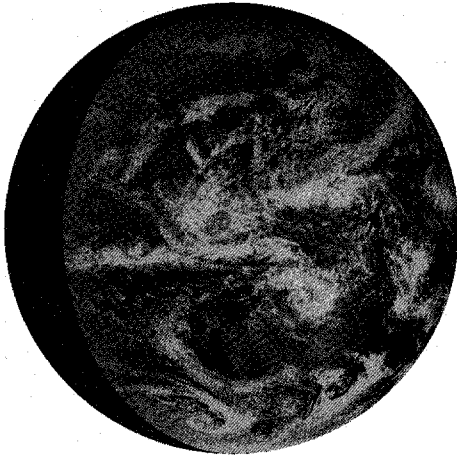


그림 4. GOES-9 영상 화소들이 삼입된 지구 투영 영상 평면

### 3.3 지리 정보가 입력된 지구 투영 영상

그림 5는 그림 4의 영상에 대해 지리 정보가 부가된 최종적인 지구 투영 영상이다.

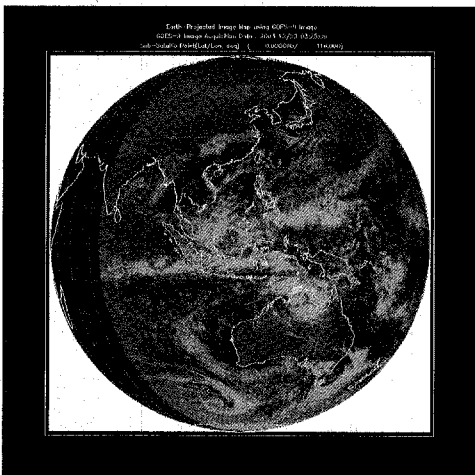


그림 5. 지리 정보가 입력된 지구 투영 영상

## 4. 결 론

본 연구에서는 한국항공우주연구원 지상수신관 제그룹의 MESIS가 수신한 GOES-9 영상을 이용하여, (116°E/0°N), 35,786km의 상공에서 획득될 것으로 보이는 지구 투영 영상을 제작하였다. 본문에서 사용된 알고리즘 및 그 구현 내용은, 향후 GOES-9 영상을 이용한 통신해양기상위성 1호의 모의 영상 제작 시 활용될 수 있다.

## 참 고 문 헌

1. VCS Aktiengesellschaft, 2met! XPIF Reference Manual, Germany, 2002, pp.71-74.
2. NOAA/NESDIS, Earth Location User's Guide Rev.1, U.S., 1998, pp.(1-1)-(B-38).