

# 강인추정 기법에 기반한 정지궤도 기상위성영상의 자동

## 기하보정

### Automated Geometric Correction based on Robust Estimation with Geostationary Weather Satellite Image

이태윤\*, 안명환, 오현종\*

Tae-Yoon Lee\*, Myoung-Hwan Ahn, Hyun-Jong Oh\*

기상연구소 원격탐사 연구실, 기상청 기상위성과\*

blue\_soul79@naver.com\*, mhahn@metri.re.kr, ohj@kma.go.kr\*

요약: Multi-functional Transport Satellite 1R(MTSAT-1R)과 같은 정지궤도 기상위성의 지상 전처리 과정에는 영상위치보정(Image navigation and registration)이 포함된다. 영상위치보정은 위성 영상의 기하학적인 왜곡을 보정하는 과정이다. 랜드마크를 이용하는 영상위치보정 과정은 랜드마크 결정과 센서 모델 추정, 리샘플링(Resampling)의 세 가지 단계로 나눌 수 있다. MTSAT-1R의 High Resolution Image Data(HiRID)는 이미 영상위치보정이 수행되었지만, 기하학적인 오차가 남아있는 영상을 포함하기도 한다. 본 연구에서는 이런 기하학적인 오차를 제거하기 위해서 강인추정 기법에 기반한 기하보정을 수행하였다. 이태윤 등(2005)은 강인추정 기법과 Direct Linear Transformation(DLT)에 기반한 오정합 판별 방법을 제안하였다. 이 판별 방법을 적용하여 추정된 DLT로 MTSAT-1R 영상의 기하보정을 수행한 결과에는 향상된 정확도로 기하보정된 영상뿐만 아니라 비교적 큰 오차를 포함하는 영상도 있었다. 이를 해결하기 위해서 본 연구에서는 강인추정 기법과 Affine 변환을 이용한 방법을 적용하였다. 본 연구에서는 기준 해안선에서 추출한 1,407개의 랜드마크와 8개의 MTSAT-1R 영상을 이용하였으며, 강인추정 기법에 DLT를 적용한 방법과 Affine 변환을 적용한 방법으로 자동 기하보정을 수행하여 그 결과를 비교하였다. 또한 강인추정 기법 중 RANSAC과 MSAC의 적용 결과를 비교하여 보았다. 그 결과, DLT로 기하보정 시, 본 논문에서 제안된 방법이 강인추정 기법에 DLT를 적용한 방법 보다 더 좋은 성능을 보여주었다.

## 1. 서론

MTSAT-1R과 2008년도 발사 예정인 통신해양기상위성과 같은 정지궤도 위성의 영상 전처리 과정에는 영상위치보정이 포함되어 있다. 랜드마크(Landmark)를 이용한 영상위치보정은 육지 관측 위성영상의 정밀 기하보정과 유사한 과정이다. 여기서 랜드마크는 지상 좌표를 알고 있는 해안선을 의미한다. 영상위치보정은 크게 랜드마크 결정, 센서모델 수립, 영상 리샘플링의 3 단계로 나누어질 수 있다.

기상청에서 수신받은 MTSAT-1R의 HiRID 데이터는 이미 기하보정이 수행된 영상을 포함하고 있다. 하지만, 일부 영상에서는 육안으로도 알 수 있는 기하학적인 오차가 포함되어 있다. 이를 해결하기 위해서 본 연구에서는 강인추정 기법에 기반한 기하보정 방법을 적용하였다. 이태윤 등(2005)은 랜드마크 결정을 자동으로 수행하기 위해서 DLT에 기반한 Random Sample Consensus(RANSAC)을 이용하였다. 본 연구에서는 이를 적용하여 획득한 기준점으로 DLT 모델을 수립하고, Normalized Geostationary Projection (GEOS 투영) (Wolf and Just, 1999)으로 MTSAT-1R 영상을 리샘플링 하였다. 그 결과에는 정확도가 향상된 결과뿐만 아니라, 기하학적인 오차가 존재하는 결과도 포함되어 있었다. 본 연구에서는 RANSAC에 Affine 변환을 적용해서 이를 해결하였다. 또한 RANSAC 보다 조금 더 좋은 성능을 가졌다고 알려져 있는 MSAC (M-estimator Sample Consensus)을 적용하여 그 결과를 비교 분석하였다.

## 2. 강인추정 기법

강인추정 기법은 주어진 기준점 중에서 비교적 오차가 큰 기준점은 걸러내고, 나머지 기준점으로 모델 또는 방정식의 계수를 추정하는 방법이다. 강인추정 기법 중에서 RANSAC(Fischler and Bolles, 1981)은 주어진 기준점에서 모델 계수를 추정하는 데 필요한 최소한의 기준점을 무작위로 선택하여 모델 계수를 추정한다. 그리고 추정된 모델과 비용 함수(Cost function)를 이용하여 모델 추정에 선택되지 않은 나머지 기준점에 대한 총 비용을 계산한다. 이와 같은 과정을 반복적으로 수행하여, 가장 비용이 작을 때의 모델을 최종 모델로 결정한다.

RANSAC의 비용함수는 다음과 같다 (Torr and Zisserman, 2000).

$$C = \sum_i P(e_i^2)$$
$$p(e_i^2) = \begin{cases} 0 & e^2 < T^2 \\ \text{constant} & e^2 \geq T^2 \end{cases}$$

위에서 T는 사용자가 결정하는 오차의 경계값(Threshold)이며, e는 추정된 모델로 계산한 기준점의 잔차(Residual)이다. 이때 사용되는 기준점은 모델 계수를 추정하는데 선택되지 않은 나머지 기준점이다. Constant는 상수값으로, 1이라고 생각해도 무방하다.

RANSAC의 성능을 높이기 위한 방법으로 MSAC이 제안되었다(Torr and Zisserman, 2000). MSAC의 방법은 기본적으로 RANSAC과 동일하며 비용함수만 다르다. MSAC의 비용 함수는 다음과 같다(Torr and Zisserman, 2000).

$$p(e_i^2) = \begin{cases} e^2 & e^2 < T^2 \\ T^2 & e^2 \geq T^2 \end{cases}$$

여기서 강인추정 기법으로 랜드마크 정합 결과 중에서 모델 수립에 사용될 기준 점을 판별하기 위해서는 기준 해안선과 위성영상 간의 관계를 설명할 수 있는 모델이 필요하다. 본 연구에서는 DLT와 Affine 변환을 적용하였다. 이때, 위성영상은 중심투영 영상이라고 가정하였다. DLT는 다음과 같은 형태를 갖는다(이태윤 등, 2005).

$$\begin{bmatrix} wc \\ wr \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

위에서 (c, r)은 영상 좌표, w는 스케일 요소, (X, Y, Z)는 지상 좌표이다.  $m_{ij}$ 는 변환 행렬의 요소로 추정해야 할 계수이다. Affine 변환은 다음과 같은 형태를 갖는다.

$$\begin{bmatrix} c \\ r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ R \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_c \\ t_r \end{bmatrix}$$

위에서 (c, r)는 위성영상의 영상 좌표, (C, R)는 기준 해안선으로 생성한 영상의 영상 좌표, (a, b, c, d,  $t_c$ ,  $t_r$ )는 추정해야 될 계수이다.

### 3. 실험 방법

#### 3.1 사용된 데이터

기준 해안선으로 사용된 데이터는 Global Self-consistent Hierarchical High-resolution Shoreline (GSHHS) database 이다. 본 연구에서는 랜드마크 결정을 위

해서 GSHHS의 경위도 정보를 GEOS로 투영하여 생성한 영상 칩(Chip)을 이용하였다. 이용된 기준 랜드마크 영상 칩은 총 1407개이다. 각 랜드마크 영상 칩은 21 x 21(pixel)의 크기로 생성하였다.

실험에 사용된 MTSAT-1R 영상은 기상청에서 수신받은 HiRID 데이터로부터 생성한 IR 1 영상이다.

#### 3.2 랜드마크 결정

랜드마크 결정은 다음과 같은 과정으로 수행된다.

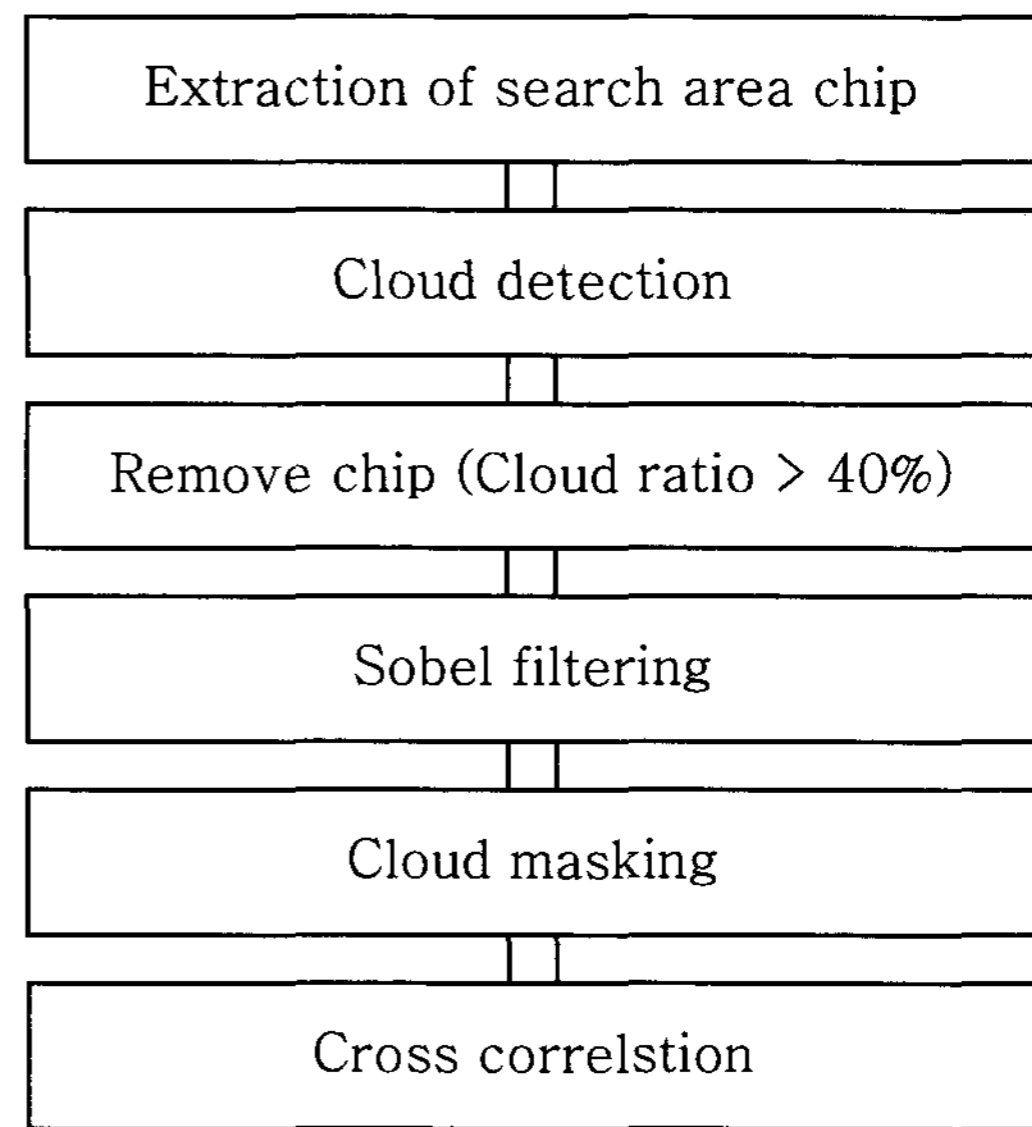


그림 1. 랜드마크 결정 과정

위 그림에서처럼, MTSAT-1R 영상으로부터 정합에 사용될 위성 영상 칩을 추출한다. 각 위성영상 칩의 크기는 31x31(pixel)로 결정하였다. 이는 MTSAT-1R 영상의 영상위치 오차를 고려해서 결정한 것이다. 추출할 위성영상 칩의 위치는 정합할 기준 랜드마크 영상 칩 중심의 경위도를 위성영상의 영상 좌표로 변환하여

결정한다. 경위도 좌표를 위성영상 좌표로 변환하는 것은 HiRID의 영상위치결정 함수(Navigation function)를 이용하였다(JMA, 1999). 그 다음으로 구름 탐지를 수행하고, 구름 탐지 결과로 40% 이상이 구름으로 판명된 위성영상 칩은 제거하였다. 여기서 40%는 임의로 결정한 값이다. 구름 탐지는 경계값에 기반한 방법을 적용하였다(ASTRUM, 2006). 남아있는 위성영상 칩에 소벨 필터링(Sobel filtering)을 수행한다. 이렇게 처리된 영상 칩과 기준 랜드마크 영상 칩 간의 상관계수를 계산하여 정합을 수행한다. 정합을 수행하는 방법은 정규 교차 상관 정합 알고리즘(Zero mean normalized cross-correlation)이다(이태윤 등, 2005).

### 3.3 센서 모델 수립 및 영상 리샘플링

랜드마크 결정 과정을 통해서 획득한 정합 결과에는 오정합 결과도 포함되어 있을 수 있으므로, 강인 추정 기법을 통해서 제대로 정합된 결과만을 추출한다. 이 정합 결과를 이용해서 센서 모델을 수립한다. 허동석과 김태정(2006)은 GOES-9 영상을 이용해서 정지궤도 위성 영상의 정밀 기하보정에 적합한 센서 모델로 궤도-자세 기반 모델을 제안했다. 이 모델은 위성의 물리적인 정보 등이 필요하다. 여기서는 위성의 물리적인 정보가 필요하지 않고 비교적 간단한 DLT 모델을 이용하였다. DLT 모델이 수립되면 이를 이용하여 MTSAT-1R 영상을 GEOS 투영 영상(Wolf and Just, 1999)으로 리샘플링 한다.

## 4. 실험 결과

### 4.1 RANSAC에 적용한 모델에 따른 결과




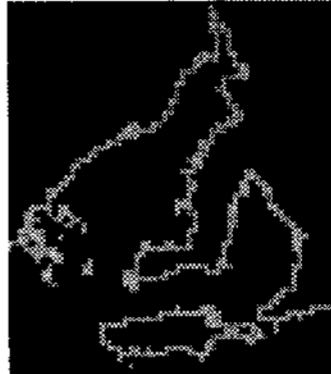

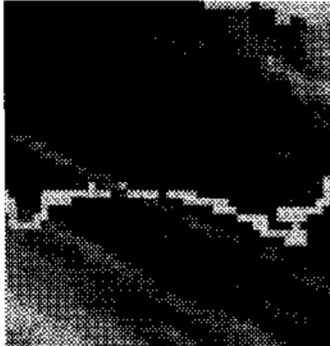
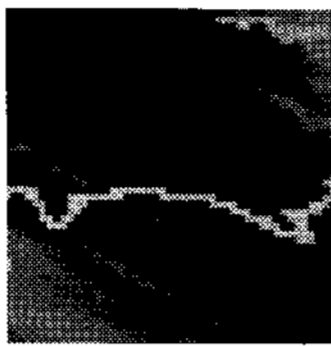

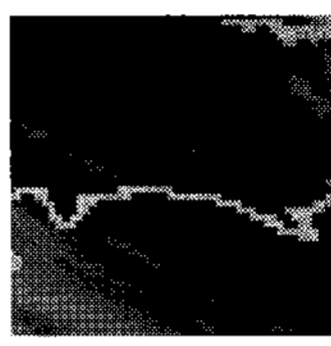

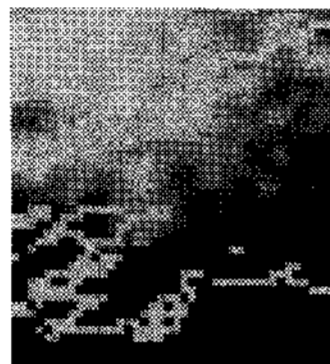
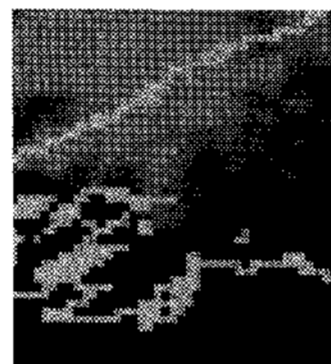
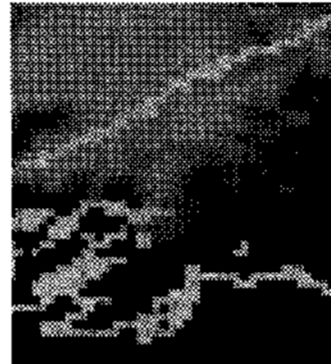
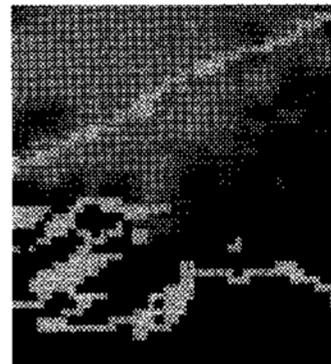
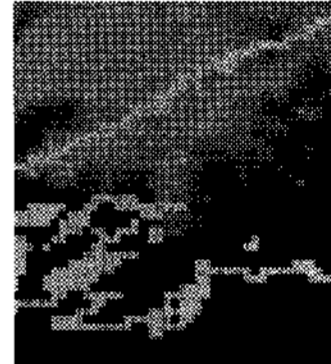

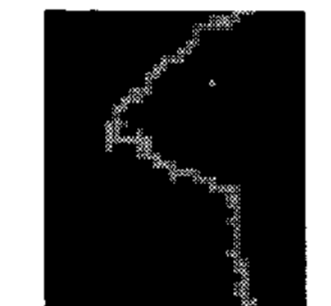

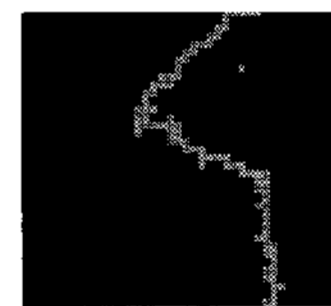
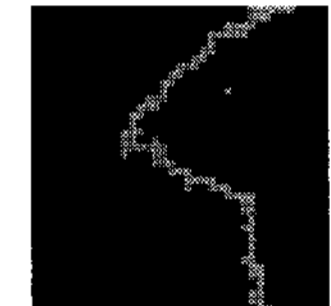
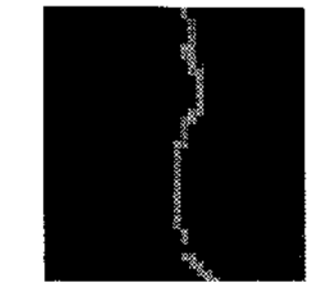

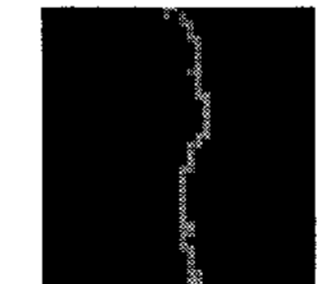

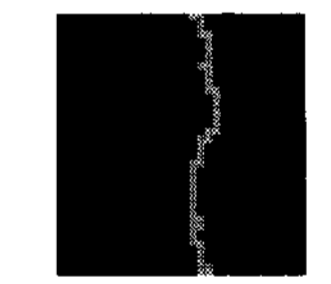






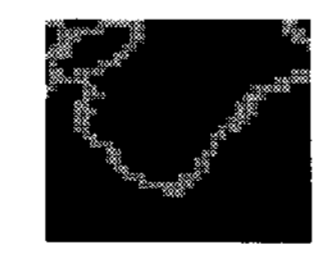



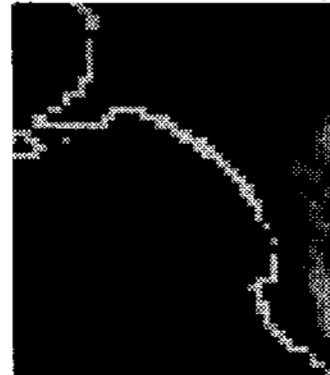
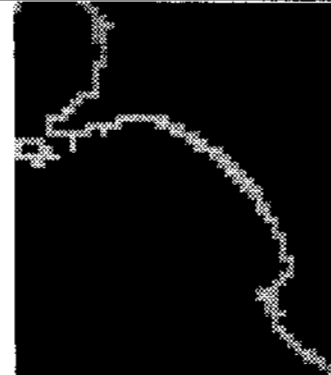
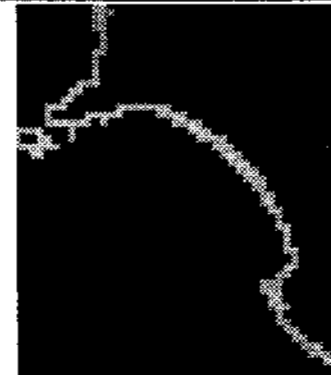
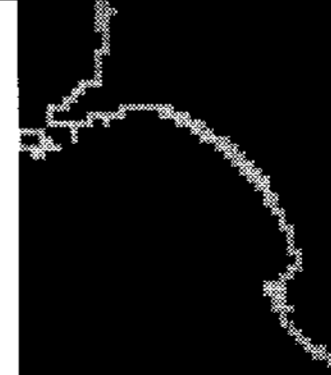
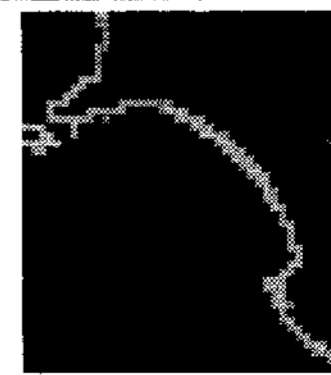
표 1은 MTSAT-1R 영상을 RANSAC(DLT)와 RANSAC(Affine)을 이용하여 기하보정한 결과를 보여준다. 기하보정 정확도는 GSHHS 데이터를 GEOS로 투영한 지도 영상과 위성 영상을 중첩 시켜서 육안으로 확인하였다. 기하보정은 총 8개의 영상에 적용하였으며, 육안으로 기하학적인 오차가 보이는 영상을 선택하였다. 강인추정 기법에 기반한 기하보정 방법은 각각 2번씩 수행하여 그 결과를 비교하였다. 이는 RANSAC이 모델 추정을 위해서 무작위로 기준점을 선택하므로, 수행할 때마다 다른 결과가 나올 가능성이 있기 때문이다.

표 1을 보면, RANSAC(DLT)으로 수행한 결과에는 비교적 큰 오차가 존재하는 결과가 있었다. 하지만, RANSAC(Affine)의 경우에는 대부분이 원 영상의 오차를 보정하고 있었다. 2007년 1월 29일 20시(UTC)에 획득한 영상의 경우에는 두 방법을 5번 정도 반복 수행해 보았다. 그 결과 RANSAC(DLT)에서만 비교적 큰 오차가 2 번 나타났다.

### 4.2 MSAC와 RANSAC의 결과 비교

표 2는 RANSAC(Affine)과 MSAC(Affine)을 적용하여 랜드마크 결정을 통해서 획득한 기준점 개수와 수행 시간을 보여준다. 이 두 방법으로 기하보정을 수행한 결과는 육안으로 판단했을 때, 모두 유사

표 1. RANSAC(DLT)와 RANSAC(Affine)에 기반한 기하보정 결과 비교

Image ID	원 영상	RANSAC(DLT)		RANSAC(Affine)	
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>
2005. 0719. 2133 (1)					
2005 0722. 0033 (2)					
2005. 0725. 0033					
2006. 0430. 0033					
2006. 0630. 2333 (3)					
2007. 0110. 0633					
2007. 0129. 2033					
2007. 0209 0433 (4)					

한 정확도를 보여주었다. 이 두 기법으로 판별된 기준점이 모두 참 값이라고 가정한다면, 두 기법 사이의 뚜렷한 성능 차이는 없는 것으로 생각된다.

표 2 MSAC와 RANSAC의 성능 비교

ID	판별된 기준점 개수/수행 시간 (sec.)			
	RANSAC(Affine)		MSAC(Affine)	
1	209/10	209/10	210/10	210/10
2	210/11	210/11	209/10	209/11
3	236/11	236/11	230/11	227/11
4	146/11	148/11	149/11	145/11
5	240/11	238/11	237/11	236/11
6	239/10	238/11	240/11	237/11
7	264/12	263/11	266/11	264/11
8	678/12	678/12	664/12	664/12

## 5. 결론

본 연구에서는 강인 추정 기법에 DLT 또는 Affine 변환을 적용하여 기준점을 획득하고 이를 이용하여 DLT 모델을 수립하였다. 수립된 DLT 모델로 MTSAT-1R 영상을 GEOS 투영 영상으로 리샘플링 하여서 기하보정을 수행하였다. 실험 결과, DLT 모델로 기하보정을 수행할 때는 강인 추정 기법과 Affine을 사용한 것이 더 좋은 결과를 보여주었다. 강인추정 기법으로는 RANSAC과 MSAC의 두 기법을 적용하여 비교하여 보았다. 그 결과, 두 강인추정 기법이 모두 기준점을 제대로 판별한다고 했을 때, 기준점 판별 성능은 유사하였다.

## 6. 참고문헌

이태윤, 김태정, 최해진, 2005, 정합과 강인추정 기법에 기반한 정지궤도 기상위성 영상에서의 자동 랜드마크 추출기법 연구, 21(6):505-516

허동석, 김태정, 2006, GOES-9 영상의 정밀 기하보정을 위한 여러 센서모델 분석, 대한원격탐사학회지, 22(4):285-294

ASTRIUM, 2006, Cloud detection performance analysis & Impact on INR processing, 기상청

Fischler, M., A., and C. Bolles, 1981, Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, Communication of the ACM, 24(6):381-395

Japan Meteorological Agency (JMA), 1999, MTSAT HiRID Technical Information, <http://www.bom.gov.au/sat/MTSAT/MTSAT.shtml>

Torr, P. H. S., and A., Zisserman, 2000, MLESAC: A new robust estimator with application to estimating image geometry, Computer vision and image understanding, 78(1):138-156

Wolf, R. and D., Just, 1999, LRIT/HRIT Global Specification, <http://www.eumetsat.int>