

정지궤도 기상위성의 자동기하보정

Automated Geometric Correction of Geostationary Weather Satellite Images

김현숙*¹, 허동석, 이수암, 김태정
Hyunsuk Kin, Dongseok Hur, Sooahm Rhee, Taejung Kim

¹인하대학교 지리정보공학과 (sie06@inha.ac.kr, tezid@inha.ac.kr)

2008년 12월에 우리나라 최초의 통신해양기상위성(Communications, Oceanography and Meteorology Satellite, COMS)이 발사될 예정이다. 통신해양기상위성의 영상데이터의 기하보정을 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다. 기상위성은 정지궤도상에 위치하여 전지구적인 영상을 얻는다. 영상의 전지구적인 해안선은 구름 등으로 가려져서 명확한 정보를 제공할 수 없게 된다. 구름 등으로 방해되지 않는 명확한 해안선 정보를 얻기 위하여 구름 추출을 한다. 실시간으로 기상 정보를 얻는 기상위성의 특성상 정합에 전체 영상을 사용하면 수행시간이 다소 소요된다. 정합시 전체 영상에서 정합을 위한 후보점 추출을 위하여 GSHHS(Global Self-consistent Hierarchical High-resolution Shoreline)의 해안선 데이터베이스를 사용하여 211개의 랜드마크 칩들을 구축하였다. 이때 구축된 랜드마크 칩은 실험에 사용한 GOES-9의 위치 동경 155도를 반영하여 구축하였다. 전체 영상에서 구축된 랜드마크 칩들의 위치를 중심으로 구름추출을 수행한다. 전체 211개의 후보점 중 구름이 제거된 나머지 후보점에 대하여 정합을 수행한다. 랜드마크 칩과 위성영상 간의 정합 중 참정합과 오정합이 존재하는데 자동으로 오정합을 검출하기 위하여 강인추정기법(RANSAC, Random Sample Consensus)을 사용한다. 이때 자동으로 판별되어 오정합이 제거된 정합결과로 최종적인 기하보정을 수행한다. 기하보정을 위한 센서모델은 GOES-9 위성의 센서특징을 고려하여 개발되었다. 정합 및 RANSAC결과로 얻어진 기준점으로 정밀 센서모델을 수립하여 기하보정을 실시하였다. 이때 일련의 수행과정을 통신해양기상위성의 실시간 처리요구사항에 맞도록 속도를 최적화하여 진행되도록 개발하였다.

1. 서론

2008년 12월에 우리나라 최초의 통신해양기상위성이 발사될 예정이다. 기상위성의 영상정보를 사용자에게 보다 정확한 위성영상의 정보를 제공하기 위해 기하보정이 수행되어야 한다. 통신해양기상위성의 자동 기하보정을 위하여 COMS위성과 지리적으로 유사한 위치에

있으며, 현재 우리나라에서 기상위성으로 사용하고 있는 GOES-9의 위성데이터를 사용하였다.

최근의 MTSAT-1R, GOES-9등의 기상위성은 자동기하보정을 위해 Image Navigation을 사용한다. 이는 기상위성영상 정보의 분석과 기상위성영상처리를 위해 위성영상에 대응되는 기준점 추출을 위해 필요한 과정이다. 자동

Image Navigation은 위성영상과 지상기준점 간의 관계를 나타내는 랜드마크 칩 추출, 자동 정합, 자동 오정합 검출 등의 일련의 과정들이다.

랜드마크 칩의 추출을 위해 GSHHS (Global Self-consistent Hierarchical High-resolution Shoreline) 해안선 데이터베이스를 사용하여 GOES위성의 위치를 반영한 랜드마크 칩들을 구축하였다.

기상위성영상은 위성이 정지궤도에 위치하여 전지구적인 위성영상을 제공한다. 이때 기상위성영상의 특성상 위성의 위치를 중심으로 반구의 영상을 얻을 수 있으며, 구름, 태풍 등과 같은 기상조건에 따라 해안선 정보를 얻는데 방해요인이 된다. 구름 추출은 명확한 해안선 정보를 얻도록 한다.

구축된 랜드마크 칩과 구름 추출로 명확한 해안선 위치를 가지는 위성영상으로 자동정합을 하였다. 정합에는 오정합을 포함하고 있어 오정합을 자동으로 검출하기 위한 강인추정기법을 사용하여 참정합점들을 얻는다. 일련의 자동기하보정을 위한 구름 추출, 정합, 자동 오정합 등의 처리시간은 COMS의 위성정보가 30분 내외의 간격으로 송수신되기에 중요하다.

2. 랜드마크 칩 구축

GSHHS 해안선 데이터베이스는 각각의 다른 해상도를 가지는 gshhs_f, gshhs_h, gshhs_i, gshhs_l, gshhs_c 등으로 구성되었다.

gshhs_f는 $0.1Km^2$ 의 해상도를 가진다. 실험에 사용한 gshhs_f는 1도에 100픽셀 값을 가지는 해상도 $1.1Km^2$ 의 bmp데이터로 만들어 랜드마크 칩 구축에 사용하였다. 구축된 랜드마크 칩들은 실험에 사용한 GOES위성의 위치를 반영하였다. 그림 2와 같이 위성영상의 가시광선 채널 1과 적외선 채널2를 반영한 2가지의 칩을 구축하였다.

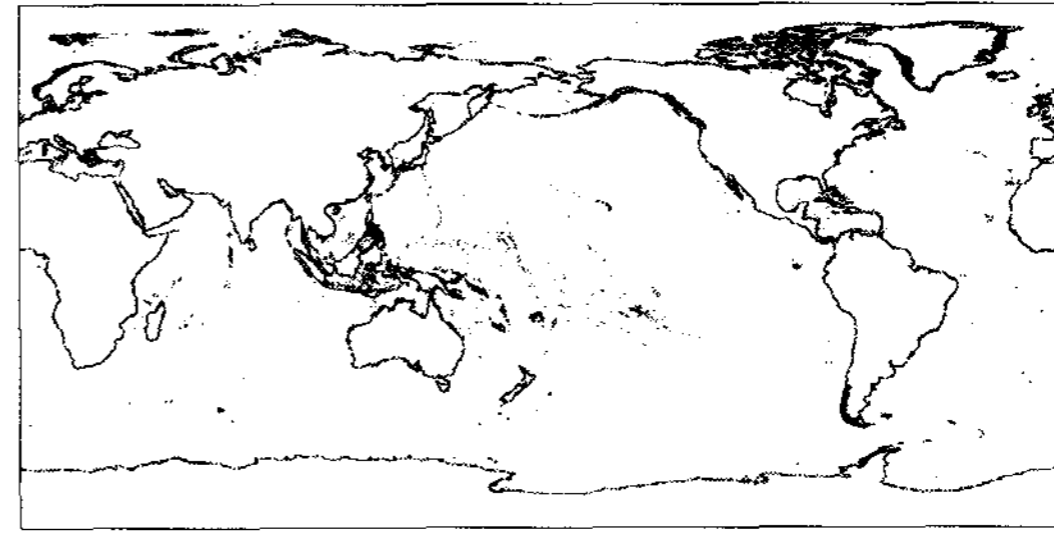
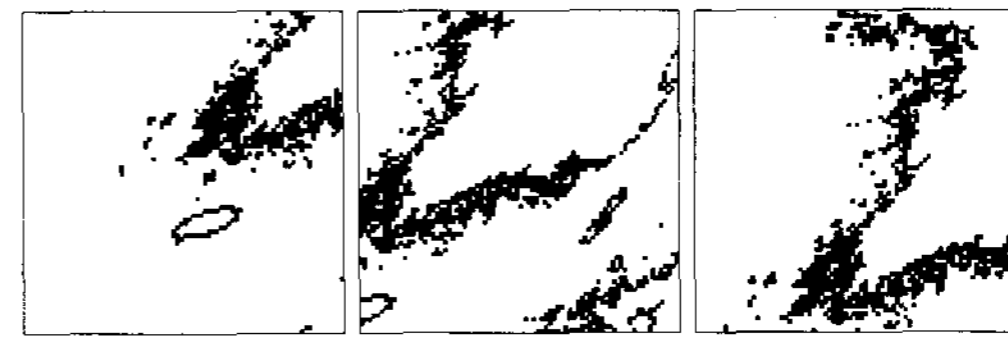


그림 1. 랜드마크 칩 구축을 위해 사용한 GSHHS 데이터베이스



(a) 채널 1(160x160)



(b) 채널 2 (80x80)

그림 2. GOES-9의 랜드마크 칩

3. 구름 추출

구름추출을 위해 1단계는 육안으로 보아도 구름임이 확실한 구름을 제거하기 위하여 채널 2의 밝기값이 150이상인 지역을 제거한다. 채널 1의 경우 밝기값이 100이상인 지역을 제거한다. 2단계에서는 육안으로 얇게 퍼져서 구름인지 해안선인지 판별하기 어려운 지역의 구름을 추출하기 위하여 채널2와 채널4의 밝기값의 차이가 30이상인 지역을 추출한다. 3단계에서는 밝기값이 0이나 255가 아닌 지역을 해양으로 결정하고 3단계에서 판단된 해양지역 중 최대 밝기값을 문턱치로 결정하고 밝기값이 135이상인 지역을 구름으로 추출한다. 이 과정을 다음의 그림으로 나타낼 수 있다.

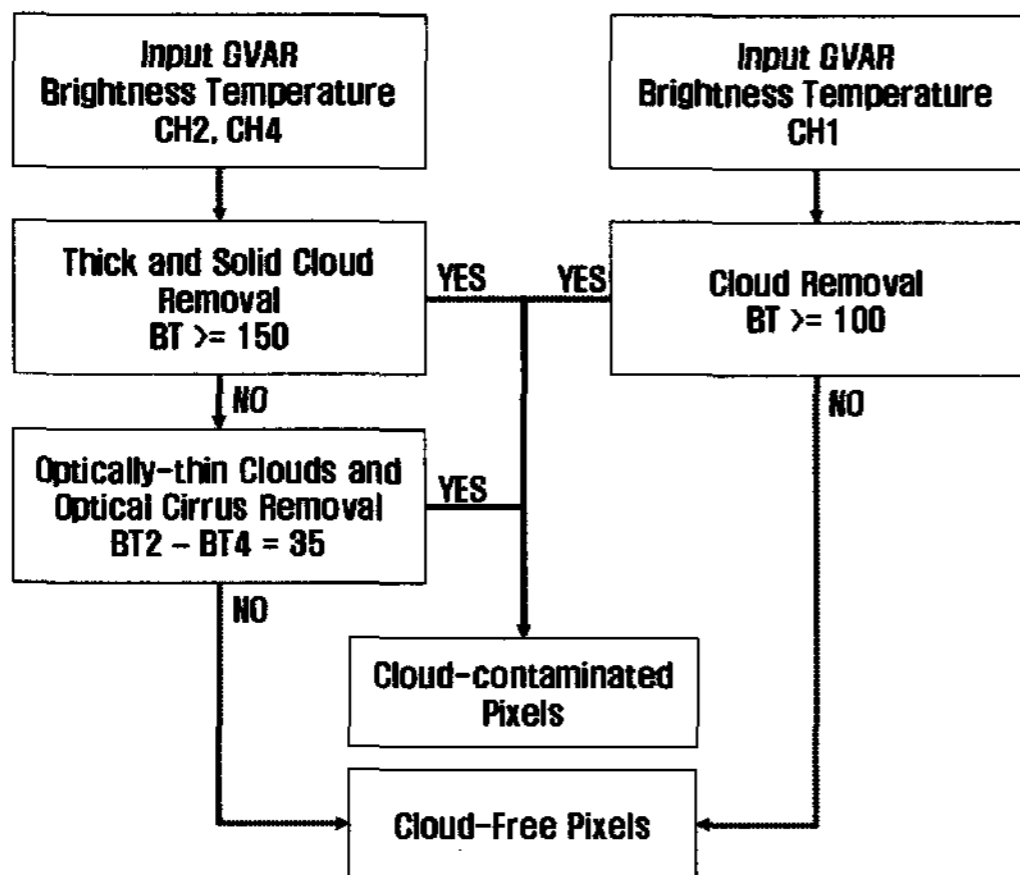


그림 3. 구름 추출 알고리즘

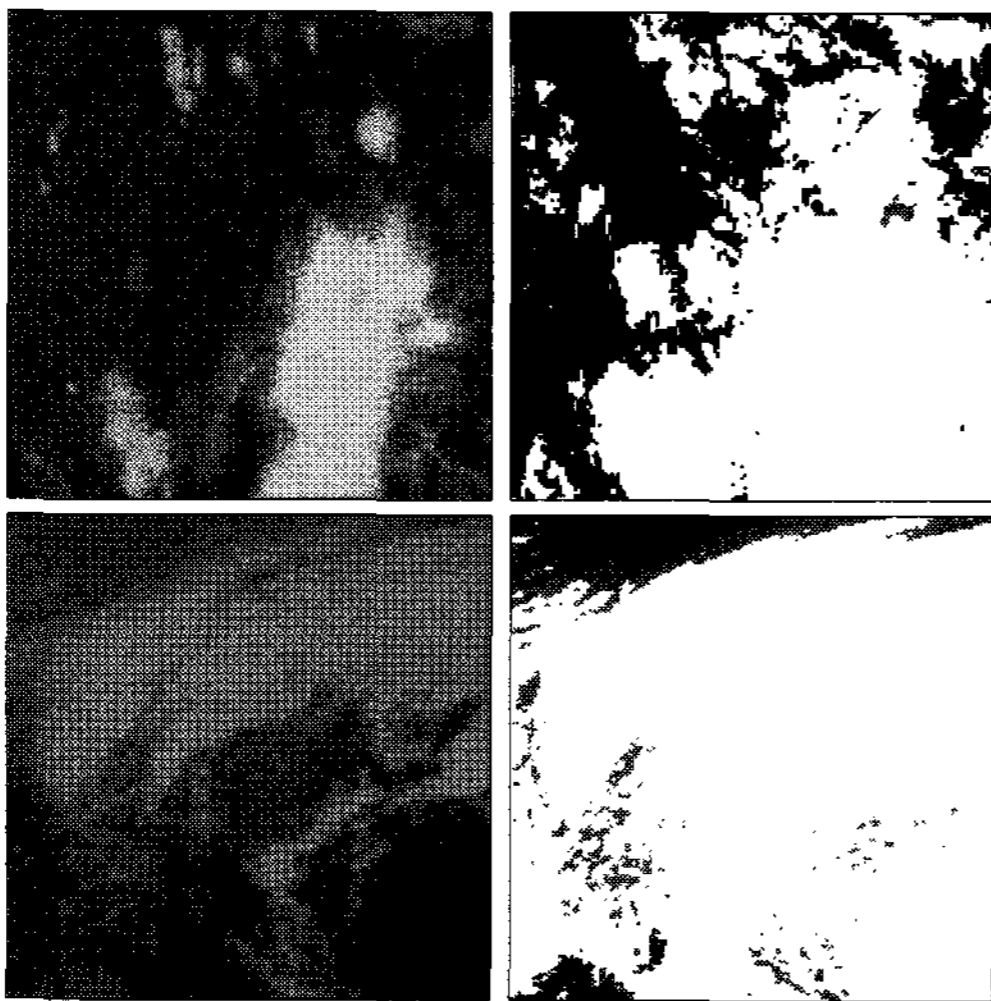


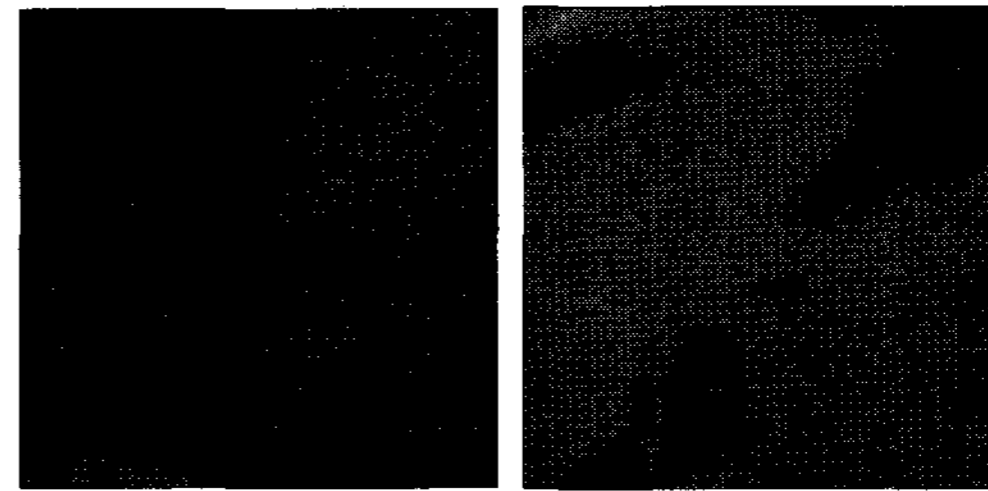
그림 4 추출된 구름 마스크

4. 자동 정합

정합에 사용된 영상은 가시광선과 근적외선 영상의 채널1과 채널2를 사용하여 실험하였다. 정합에 ZNCC(the zero mean normalized cross-correlation)알고리즘을 사용하였다.

$$\frac{\sum(OS) - (\sum O \sum S)/n}{\sqrt{(\sum(O)^2 - (\sum O)^2/n)(\sum(S)^2 - (\sum S)^2/n)}} \quad (1)$$

여기서의 O는 기준영상인 랜드마크 칩 (Object window)이고, S는 탐색 영역(the search window)이다. 여기서 n은 기준영상의 픽셀 수이다. 아래의 그림은 각 채널에 따른 탐색영역의 크기를 보여주고 있다.

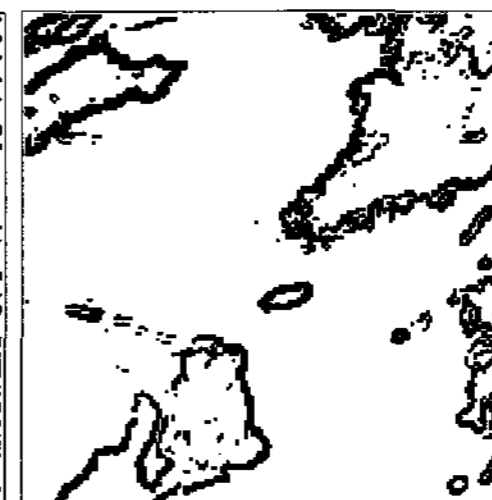


(a)채널1(240x240)

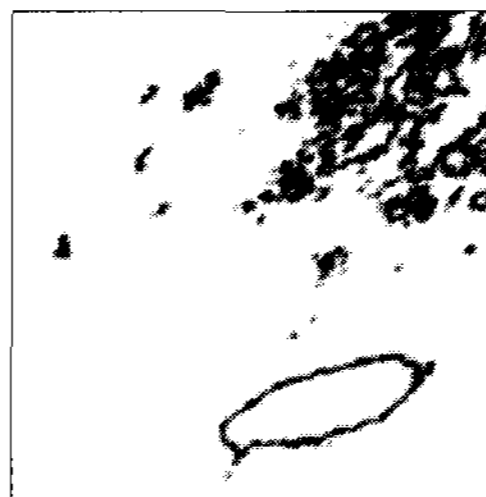
(b)채널2(160x160)



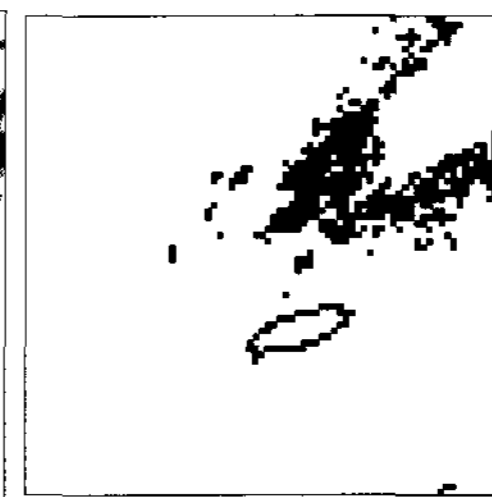
(c)채널1 소벨 필터 (240x240)



(d)채널2 소벨 필터 (240x240)



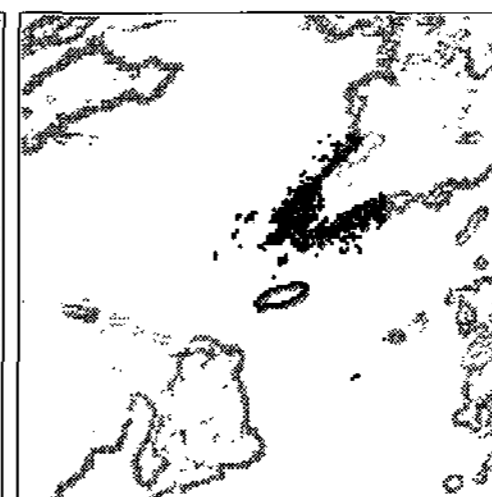
(e)채널1 랜드마크 칩 (160x160)



(f)채널2 랜드마크 칩 (80x80)



(g)채널1 정합결과 (240x240)



(h)채널2 정합결과 (160x160)

그림 6 채널1과 채널2의 정합

랜드마크 칩과 정합하는 GOES의 서브영상은 위성영상의 해안선을 뚜렷하게 나타내기 위하여 소벨 필터를 사용한다.

채널1의 경우 240x240의 크기의 서브 영상으로 소벨 필터의 문턱치로 40을 사용하였다. 채널2의 경우 160x160의 크기의 서브영상으로 소벨 필터의 문턱치로 30을 사용하여 해안선을 뚜렷하게 나타내었다. 소벨 필터후의 채널1, 채널2의 서브 영상과 구축된 랜드마크 칩은 ZNCC를 사용하여 정합한다.

이때 채널1의 경우 영상의 시간을 기준으로 위경도에 따른 밤낮을 구분하여 낮 시간에 해당되는 영상에 대해서만 정합을 수행하였다. 실험에 사용된 영상은 GOES-9영상으로 UTC를 기준으로 하여 시간을 나타내었다.

| | | | | |
|-----|----|-----|----|----|
| | A | B | C | D |
| 채널1 | 62 | 0 | 42 | 45 |
| 채널2 | 82 | 119 | 65 | 48 |

표3 정합이 이루어진 총 칩의 개수

A는 2004년 04월 21일 01시 25분, B는 2004년 10월 21일 19시 25분, C는 2004년 12월 19일 00시 25분, D는 2005년 01월 15일 06시 25분 영상을 사용하였다.

5.강인 추정 기법(RANSAC)

RANSAC은 자동기준점 생성을 위해 정합결과 중 오정합을 자동으로 검출하기위해 사용한다. 일반적으로 Fischler and Bolles(1981)이 제안한 강인추정기법(RANSAC)은 먼저, 수집한 데이터 집합으로부터 모델을 구성할 수 있는 최소의 개수로 이뤄진 데이터를 무작위로 추출한다. 추출된 데이터를 이용하여 모델의 계수를 추정하고 모델을 수립한다. 이때 모델수립에 사용된 데이터를 제외한 나머지 데이터로 모델에 적용한다. 모델에 적용한 결과값과 관측값과의 차이를 구하고 최대 반복횟수만큼

반복하여RANSAC의 문턱치보다 작은 값을 가지는 데이터의 개수 중 최대의 수를 포함하는 데이터를 가진 모델을 최종모델로 선택한다(이태윤, 김태정, 최해진, 2005; Taejung Kim and Young-Jo Im, 2003; Tae-Yoon Lee, Taejung Kim and Hae Jin Choi, 2005).

정합결과 채널1과 채널2의 정합점을 사용하여 RANSAC을 수행하였다. 이때 사용한 모델은 궤도기반모델이다(허동석, 김태정, 2006).

$$\begin{pmatrix} u1 \\ u2 \\ u3 \end{pmatrix} = \lambda R_{py}^T R_{P,\vec{v}}^T \begin{pmatrix} X - Xs \\ Y - Ys \\ Z - Zs \end{pmatrix} \quad (2)$$

(u1, u2, u3)는 위성영상의 좌표이고, (X, Y, Z)은 지상좌표, (Xs, Ys, Zs)는 위성좌표를 나타내며, λ 는 비례상수이다. R_{py} 는 위성의 자세각, roll, pitch, yaw에 의해 결정되는 회전

행렬을 나타내며, $R_{P,\vec{v}}$ 는 위성의 자세와 속도 벡터에 결정되는 회전행렬을 나타낸다.

궤도기반 모델을 사용하여 모델을 수립하고 총 반복횟수는 500, 1000, 5000, 10000, 50000, 100000등으로 하고 문턱치는 2.5, 5, 7.5, 10등을 사용하였다.

| | | | | |
|------------|-----|----|-----|----|
| 문턱치 \ 반복횟수 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 |
| 500 | 23 | 37 | 43 | 50 |
| 1000 | 23 | 39 | 45 | 50 |
| 5000 | 24 | 39 | 45 | 53 |
| 10000 | 24 | 40 | 45 | 54 |
| 50000 | 24 | 41 | 48 | 54 |
| 100000 | 24 | 41 | 46 | 54 |

표4 채널 2 A영상에서 궤도모델을 적용하여 나타낸 RANSAC 결과

| 문턱치 반복횟수 | 2.5 | 5 | 7.5 | 10 |
|-------------|-----|----|-----|----|
| 500 | 13 | 31 | 43 | 53 |
| 1000 | 18 | 32 | 43 | 53 |
| 5000 | 19 | 35 | 48 | 55 |
| 10000 | 20 | 36 | 51 | 55 |
| 50000 | 32 | 36 | 51 | 59 |
| 100000 | 21 | 36 | 51 | 59 |

표5 채널2 B영상에서 레도모델을 적용하여 나타낸 RANSAC 결과

RANSAC에 사용된 A영상 채널2의 총정합점의 개수는 82개이고, B영상 채널2의 총정합점은 119개를 사용하여 표 4와 5에 나타내었다. 실험결과 총 반복횟수가 5000이고, 문턱치가 10일 경우로 결정하였다.

아래의 표는 영상 A와 B에서의 최종적으로 결정된 RANSAC으로 실험한 채널 1과 채널 2의 결과이다.

| | 채널 1 | | 채널 2 | |
|---|----------------|--------------|----------------|--------------|
| | RANSAC 오정합수 | 육안판독 오정합수 | RANSAC 오정합수 | 육안판독 오정합수 |
| A | 2 (62) | 1(62) | 29(82) | 11(82) |
| B | 0 | 0 | 64(119) | 54(119) |

※()전체개수

표6 채널 1과 채널 2의 오정합

6. 실험 결과

COMS의 위성데이터의 지상국에서의 최대 처리시간은 30분 미만이다. 자동 기하보정을 위한 자동 기준점 생성을 위해 정합에 걸리는 시간이 중요하다. 표7는 자동 기준점 생성을 위해 필요한 구름 추출, 소벨 필터, 정합 등의 처리과정을 채널1과 2에 걸리는 시간을 나타내었다. 실험 결과 정합에만 걸리는 시간은 채널1의 경우 칩 하나당 약 2초이며, 채널2의 경우 칩 하나당 약 1초 내외로 나타나는 것을 볼 수 있다.

| | A | B | C | D |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 채널1 | 43.344 | 0 | 15.312 | 39.203 |
| 채널2 | 69.922 | 98.656 | 55.047 | 37.235 |

※단위:sec.

표 7 자동기준점 생성을 위한 처리 시간

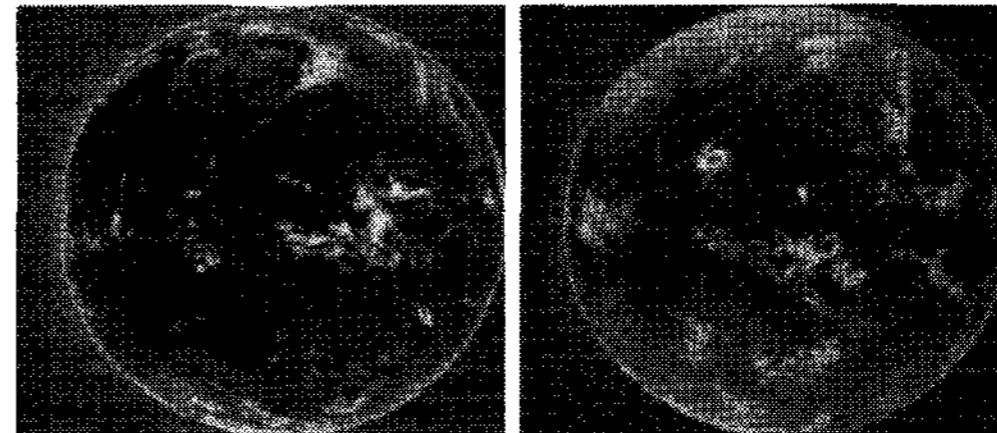
| | A | B | C | D |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 채널1 | 2.299 | 0 | 2.674 | 2.647 |
| 채널2 | 0.717 | 0.963 | 0.966 | 1.010 |

※단위:sec.

표 8 칩당 정합에만 걸리는 시간

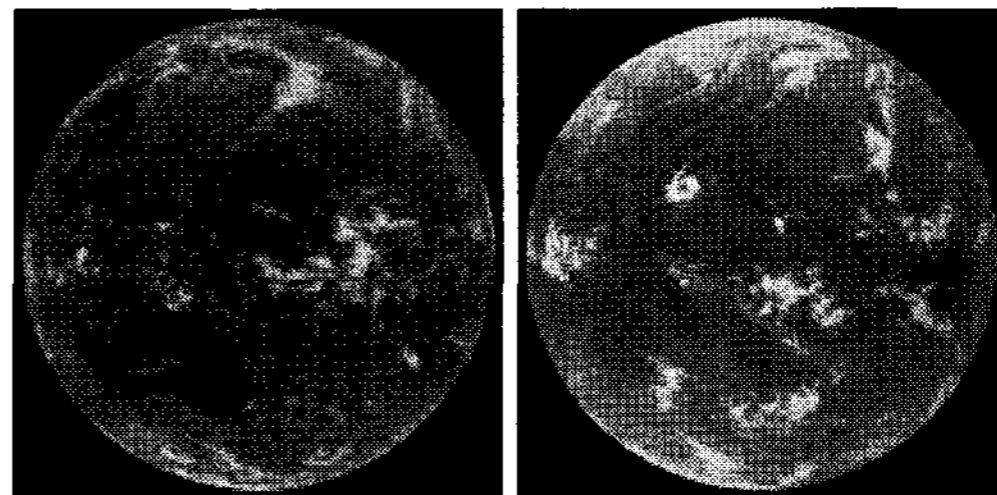
오정합이 포함된 정합결과는 RANSAC으로 참정합점들을 자동으로 얻을 수 있다. 자동정합 기준점들로 최종목표인 기하보정을 수행하였다.

그림 7은 기하보정에 사용한 A, B의 채널2 GOES영이다.



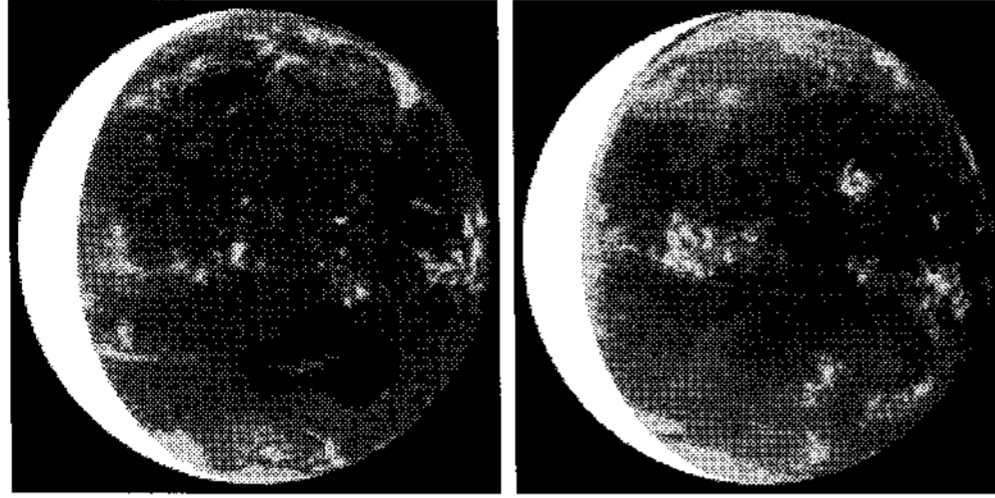
(a) 채널2 A영상 (b) 채널 2 B 영상
그림 7 GOES의 채널2 A, B 영상

그림 8은 GOES 위성의 동경 155도를 기준으로 한 기하보정된 결과를 나타내고 있다.



(a) 채널2 A영상 (b) 채널 2 B 영상
그림 8 동경155도 기준의 기하보정영상

그림 9은 COMS 위성의 동경 116.2도를 기준으로 기하보정된 결과를 나타내고 있다.



(a) 채널2 A영상 (b) 채널 2 B 영상

그림9. 동경116.2도 기준의 기하보정영상

표9는 각각의 채널 1과 채널 2의 기하보정에 소요된 시간을 나타내었다.

| | 기하보정에 소요된 시간 |
|------|--------------|
| 채널 1 | 113 sec |
| 채널 2 | 7 sec |
| 채널 3 | 2 sec |

표 9 채널1, 2, 3 기하보정에 소요된 시간

5개의 채널에 대하여 기하보정을 수행하는 전체 처리시간은 약 133초가 걸린다.

6. 결론

최종적인 COMS위성의 자동기하보정을 위하여 지상국의 처리시간을 고려한 자동 정합속도 개선이 중요하다. 이를 위해 정합에 수행할 때 구름 추출된 지역을 제외하고 채널1의 경우 사용하는 영상의 UTC를 고려하여 위경도 위치에 따른 시간을 계산하여 낮으로 적용되는 지역에만 정합을 수행하도록 하였다. 채널2의 경우는 구름이 제거된 지역에서 정합이 이루어지도록 하였다. 강인추정기법으로 자동으로 오정합이 검출되며 참정합으로 검출되는 결과에 오정합이 포함되어있지 않았다. 이로써

자동기하보정에 사용되는 기준점을 생성할 수 있다. COMS위성의 예상되는 위치인 동경 116.2도를 반영하는 Nominal Value로 기하보정되는 영상을 얻을 수 있다.

참고문헌

이태윤, 김태정, 최해진, 2005, 정합과 강인추정 기법에 기반한 정지궤도 기상위성 영상에서의 자동 랜드마크 추출기법 연구, 대한원격탐사학회지, 21(6):381-395

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

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

Taejung Kim and Young-Jo Im, 2003, Automatic Satellite Image Registration by Combination of Matching and Random Sample Consensus, IEEE Transaction of Geoscience and Remote Sensing, 41(5), pp.1111~1111

Tae-Yoon Lee, Taejung Kim and Hae Jin Choi, 2005, Automated Mismatch Detection based on Matching and Robust Estimation for Automated Image Navigation, ISRS, pp.709-712