

수치지도를 이용한 EOC영상의 반자동 기하보정

안석범*, 박찬용*, 최준수*, 한광수*, 김천*

Seokbeom Ahn, Chanyong Park, Joonsoo Choi, KwangSoo Hahn, Choen Kim

(*) 국민대학교 컴퓨터학부

(+) 국민대학교 삼림과학대학

서울 성북구 정릉3동 국민대학교 3호관 123호

02-910-4798, 02-910-5106, 02-910-4813

sbahn@cs.kookmin.ac.kr, drabee@hanmail.net, jschoi@kookmin.ac.kr,

kshahn@kookmin.ac.kr, choenkim@kookmin.ac.kr

KOMPSAT-1 위성의 EOC영상은 위성에서 지구를 촬영하는 동안 발생하는 영상 왜곡을 포함하고 있다. 본 연구는 EOC영상의 영상왜곡을 보정하기 위하여 수치지도를 이용하는 정밀기하보정에 대하여 연구한다. 정밀기하보정 과정은 수치지도와 EOC영상의 좌표계를 통합하는 과정을 거쳐 오버레이를 만들어 수치지도의 삼각점을 기준으로 위성영상에서 GCP를 선택하고, 이 GCP를 이용하여 위성 영상을 딜로니 삼각형들의 Mesh형태로 변환하여 모든 딜로니 삼각형을 리샘플링하는 과정을 거쳐 보정된 EOC영상을 얻는다.

1. 서론

KOMPSAT-1 위성의 EOC 영상이 제작되고 보편화됨에 따라, 각 기관 및 일반 사용자들이 EOC 영상을 사용하면서 보다 정확한 EOC 영상을 필요로 하는데, 위성에서 촬영한 대부분의 EOC 영상은 위성의 자세나 카메라의 각도 및 촬영 당시 지구의 기상상태에 따른 왜곡을 포함하고 있다. 이러한 EOC 영상의 왜곡을 보정하는데는 표준기하보정, 정밀기하보정, 표준정사보정, 정밀정사보정 등이 쓰인다[1]. 이러한 보정기법들은 EOC 영상의 보정 과정에서 GCP를 사용하지 않으면 표준보정, GCP를 사용하면 정밀보정, DEM을 사용하지 않으면 기하보정, DEM을 사용하면 정사보정으로 분류된다. 본 연구의 보정 과정에서는 GCP를 사용하고 DEM을

사용하지 않는 정밀기하보정기법을 사용한다.

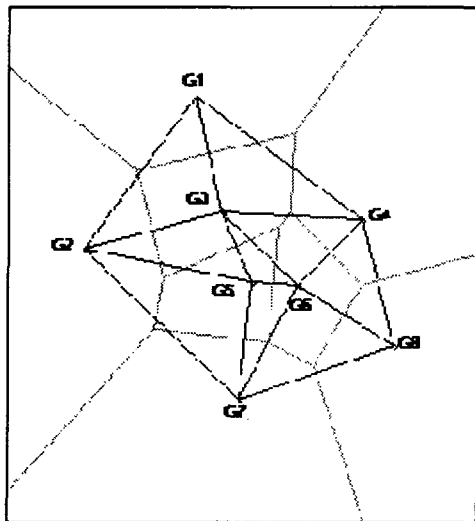
기존의 정밀기하보정기법은 사용자로부터 보정의 기준이 되는 수치지도의 기준점을 입력받고 왜곡이 포함된 EOC 영상에서 미리 입력받은 기준점에 해당하는 위치를 재입력받아 영상을 보정하는 방법이었다. 이러한 보정 방법으로 EOC 영상을 보정할 경우에는 보정에 사용되는 지도의 해상도가 낮을 경우에 기준점의 선택이 정확하지 않은 문제점이 있고, 일반적으로 EOC 영상의 보정정확도를 충분히 높이기 위해서는 수십 여 개의 GCP를 사용하는데, 동일한 GCP를 보정에 사용되는 수치지도와 EOC 영상에 두 번씩 입력해야 하는 번거로움이 있다.

따라서 본 논문에서는 기준점을 정확히

선택할 수 있고, 수치지도와 EOC 영상에 동일한 기준점을 반복적으로 입력해야 하는 번거로움을 피할 수 있는 반자동 보정 방법을 소개한다. 이 방법은 정확한 수치 지도를 기준으로 왜곡을 포함하고 있는 EOC 영상을 반자동으로 보정하는 방법이다. 이 과정은 각각 WGS84 좌표계와 직교좌표계를 따르는 EOC 영상과 수치지도의 좌표를 통합하는 과정을 거쳐 수치지도와 EOC 영상의 오버레이를 만든 후, 수치지도의 삼각점 좌표에 따라 자동으로 선택되는 GCP를 EOC 영상에 맞게 옮기고 이러한 GCP들로 이루어지는 수십 여 개의 딜로니 삼각형(Delaunay Triangle)으로 EOC 영상을 나누어 각각의 딜로니 삼각형을 리샘플링하여 새로운 EOC 영상을 만드는 과정이다.

2. 딜로니 삼각화 (Delaunay Triangulation)

본 연구에서는 EOC 영상을 보정하기 위해서 전체 영역을 딜로니 삼각형[그림 2.1]으로 나누어 새로운 영상으로 리샘플



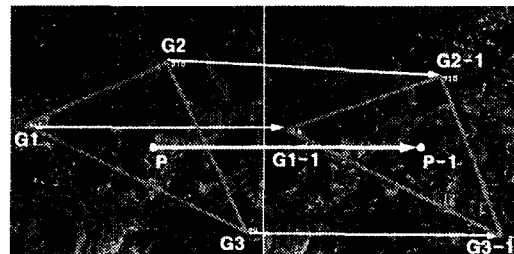
[그림 2.1] 보로노이 다이어그램 & 딜로니 삼각화

링하는데, 딜로니 삼각형은 보로노이 다이어그램[그림 2.1]에 대응하여 만들어진 개념이다[2].

보로노이 다이어그램은 [그림 2.1]에서 하나의 점을 포함하는 다양한 형태의 폴리곤이다. 보로노이 다이어그램은 특정한 점(G_i)으로부터의 거리가 다른 모든 점들(G_j)로부터의 거리보다 작은 점들의 집합을 하나의 영역으로 나타낸 것이다. 예를 들어, 점(G_1)에 대응하는 보로노이 영역에 해당하는 모든 지점은 점(G_1)을 제외한 다른 점들($G_2 \sim G_8$)까지의 거리보다 점(G_1)까지의 거리보다 더 작다. 단, 점(G_i)와 점(G_j)의 수직이등분선인 특정한 보로노이 다이어그램의 선분 지점은 두 점(G_i, G_j)까지의 거리가 같다.

딜로니 삼각형은 [그림 2.1]에서 보로노이 다이어그램에 포함되는 특정한 세 개의 점(G_i, G_j, G_k)으로 이루어지는 삼각형이다. 딜로니 삼각형의 특징으로는 삼각형을 형성하는 세 개의 점(G_i, G_j, G_k)에 외접하는 외접원의 내부 영역에 세 개의 점(G_i, G_j, G_k) 이외의 다른 점이 존재할 수 없는 특징이 있다. 특정한 딜로니 삼각형의 영역에 해당하는 모든 지점은 딜로니 삼각형을 형성하는 세 점중 [그림 2.1]와 같이 보로노이 다이어그램의 선들은 대응하는 두 점을 수직이등분한다.

[그림 2.2]는 EOC 영상을 나눈 딜로니 삼각형 중 하나의 리샘플링 모형이다. 리샘플링 방법에는 bilinear, bicubic



[그림 2.2] 딜로니 삼각형의 리샘플링

interpolation 등을 사용할 수 있다. 보정 과정에서는 세 기준점(G1, G2, G3)의 위치가 수치지도에 맞게 정확한 위치(G1-1, G2-1, G3-1)로 바뀌고, 세 기준점이 형성하는 삼각형의 내부 영역의 픽셀(P)들도 세 점의 변환위치에 따라 상대적인 좌표값(P-1)을 가진다. 예를 들어, bilinear 리샘플링 변환식은 (식 2.1)과 같다.

$$\begin{aligned} \alpha &= -y \cdot x_3 + y_3 \cdot x - x \cdot y_2 + x_2 \cdot y - x_2 \cdot y_3 + x_3 \cdot y_2 \\ \beta &= y \cdot x_3 - x_1 \cdot y - x_3 \cdot y_1 - y_3 \cdot x + x_1 \cdot y_3 + x \cdot y_1 \\ \gamma &= x \cdot y_2 - x \cdot y_1 - x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y + x_2 \cdot y_1 + x_1 \cdot y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x' &= \alpha \cdot x_1 + \beta \cdot x_2 + \gamma \cdot x_3 \\ y' &= \alpha \cdot y_1 + \beta \cdot y_2 + \gamma \cdot y_3 \end{aligned}$$

x, y : P의 x, y 표

x', y' : P-1의 x, y 표

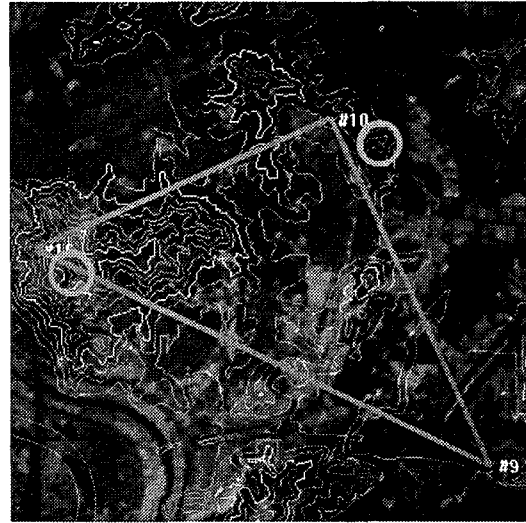
x_1, x_2, x_3 : G1, G2, G3의 x 표

y_1, y_2, y_3 : G1, G2, G3의 y 표

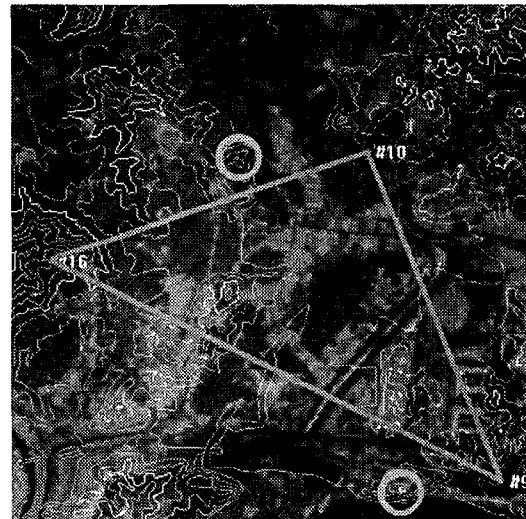
(식 2.1) 딜로니 삼각형의 bilinear 리샘플링 변환식

3. GCP (Ground Control Point)

GCP는 EOC 영상을 수치지도에 맞게 보정하는 과정에 쓰이는 기준점이다. 본 연구에서는 WGS84 경위도 좌표계를 따르는 EOC 영상의 네 꼭지점 좌표와 대한민국의 특유의 TM좌표계를 따르는 수치지도의 삼각점 좌표를 TM 좌표체계로 통합하여 수치지도와 EOC 영상의 오버레이에 GCP로 쓰일 삼각점의 근사위치를 표시하였다. [그림 3.1]에서 원 안의 삼각형 모형이 수치지도의 정확한 삼각점이고, 근처의 동그라미 모형이 근사적인 위치로 자동 입력된 기준점의 좌표다. [그림 3.1]과 같이 수치지도와 EOC 영상을 오버레이할



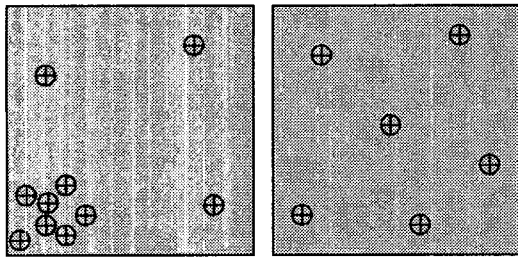
[그림 3.1] GCP 위치 선택 이전



[그림 3.2] GCP 위치 선택 이후

때, 근사위치에 기준점을 표시하는 과정을 거치면 기존의 연구에서처럼 수치지도에 수십 여개의 기준점을 표시해야 하는 수고를 줄이고 EOC 영상에만 기준점을 표시하여 영상을 보정할 수 있는 장점이 있다. [그림 3.1]과 [그림 3.2]의 이미지에서 원으로 표시한 점들이 국가기준점인 삼각점을 나타내는 것이고, 동그라미 모형

과 숫자 인덱스의 이미지로 표시한 점이 GCP다. [그림 3.1]의 이미지의 삼각점은 수치지도를 디스플레이에 따라 주변 지도와 함께 정확한 위치에 표시된 점이고, GCP는 EOC 영상과 수치지도의 오버레이에 따라 삼각점의 근사적인 위치에 표시된 점이다.

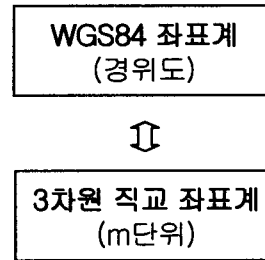


[그림 3.3] EOC 영상에서의 GCP 분포

[그림 3.2]의 이미지는 EOC 영상의 보정 과정에서 GCP의 위치를 수치지도에 기준하여 정확한 위치로 선택한 이미지이다. [그림 3.1]과 비교하여 [그림 3.2]는 기준점들을 우측의 정확한 위치로 옮긴 후의 영상이다. [그림 3.1]과 [그림 3.2]는 GCP의 개수를 26개로 설정한 경우의 GCP의 분포로써 각각의 GCP의 간격은 실거리 1,000m 이상이다. 영상의 보정과정에 GCP의 분포가 지도 전체에 균등해야 보정 결과의 타당성을 입증할 수 있기 때문에, GCP의 분포를 최대한 균등하도록 한다. [그림 3.3]의 왼쪽 그림과 같이 GCP의 분포가 특정 지역으로 치우치면 GCP의 분포가 밀한 지역의 보정 정확도는 높아지고, GCP의 분포가 소한 지역의 보정 정확도가 낮아진다. 따라서, 본 연구에서는 GCP로 쓰일 삼각점을 추출할 때, 지도상의 실거리를 계산하여 [그림 3.3]의 오른쪽 그림과 같이 GCP를 EOC 영상의 전체 지역에 균등하게 분포하도록 한다.

4. 좌표변환

EOC 영상과 수치지도를 오버레이하는 과정에서 국내 EOC 영상은 WGS84 좌표계를 따르고, 수치지도는 대한민국 특유의



[그림 4.1] 좌표변환

직교좌표계를 따르기 때문에 [3], 좌표통합 과정을 거친다. 두 좌표계 간의 변환 과정은 [그림 4.1]과 같다.

5. 오차분석

EOC 영상의 보정정확도는 RMSE(Root Mean Squared Error)로 구한다. RMSE는 수치지도에 있는 삼각점의 위치와 보정 과정에서 옮겨진 기준점의 위치 차이에 의해 발생하는 오류값을 의미한다.

본 연구에서는 [표 5.1-2]와 같이 GCP의 개수가 26개인 경우의 RMSE값을 구한다. 3절에서 논했듯이 GCP의 개수는 GCP들의 상호간격에 따라 정해지며, GCP들의 간격을 1,000m 이상으로 제한하는 경우에 26개의 GCP가 선택되었다. 이러한 GCP의 개수는 연구에 사용한 특정지역의 수치지도에 따른 결과이므로 타지역의 수치지도를 사용할 경우에는 GCP의 개수와 RMSE의 값이 다르게 나올 수 있다.

[표 5.1]은 GCP의 간격을 1,000m 이

상으로 제한하여 GCP를 선택한 경우의 GCP의 픽셀 좌표이고, [표 5.2]는 각각 [표 5.1]의 GCP데이터를 사용하여 계산한 RMSE다. [표 5.2]의 RMSEx는 GCP의 x좌표오차, RMSEy는 GCP의 y좌표오차, RMSEtotal은 x, y좌표의 오차다.

| RMSE -- 26 GCPs | | |
|-----------------|-------|-----------|
| RMSEx | RMSEy | RMSEtotal |
| 0.680 | 0.619 | 0.919 |

[표 5.2] 26 GCPs RMSE

| ID | GCP | |
|----|-------------|-------------|
| | x | y |
| 1 | 2549.735143 | 2666.478798 |
| 2 | 2497.720241 | 934.084923 |
| 3 | 1952.819195 | 2268.520640 |
| 4 | 2298.851586 | 2325.380332 |
| 5 | 2142.534941 | 919.758480 |
| 6 | 2544.279468 | 1341.781482 |
| 7 | 2492.709812 | 1676.067779 |
| 8 | 2000.931148 | 1195.542123 |
| 9 | 1876.727181 | 929.812593 |
| 10 | 2103.024976 | 2469.119121 |
| 11 | 2165.775102 | 1939.647008 |
| 12 | 1949.775740 | 1760.238972 |
| 13 | 2000.588759 | 1442.847228 |
| 14 | 1795.386617 | 1784.094912 |
| 15 | 1683.339563 | 588.657581 |
| 16 | 1707.243366 | 2458.999038 |
| 17 | 1142.383736 | 1441.086463 |
| 18 | 1565.921374 | 2062.635151 |
| 19 | 1407.267187 | 1668.511095 |
| 20 | 1283.494377 | 2499.543768 |
| 21 | 1658.222604 | 1495.291655 |
| 22 | 1345.740079 | 1516.698858 |
| 23 | 2320.974404 | 1356.80689 |
| 24 | 1650.981717 | 1029.844813 |
| 25 | 1271.940520 | 2031.866518 |
| 26 | 1567.854532 | 2754.922322 |

[표 5.1] GCP List

6. 결론

[그림 6.1]은 보정 과정을 거치기 전의 EOC 영상과 수치지도의 오버레이 이미지이고, [그림 6.2]는 보정 과정을 거친 후의 EOC 영상과 수치지도의 오버레이 이미지로써, 도로와 강변 및 주곡선 등의 위치가 보정된 이미지이다. [그림 6.2]는 [표 5.3]의 26개의 GCP List를 사용하여 보정한 결과 이미지다.

본 연구에서는 국가기준점인 삼각점을 GCP로 사용하고 GCP의 개수를 조정하기 위한 방법으로 GCP의 간격을 조정하는 방법을 사용하기 때문에, 삼각점이란 특정 지점만을 GCP로 사용한 결과 삼각점의 총 개수 이상의 GCP를 선택할 수 없는 문제점이 있다. 따라서, 정확한 보정 결과를 얻기 위해서는 삼각점 외에 지리학적 좌표값이 정확한 지점을 더 보충하여 보정할 필요가 있다.

7. 참고문헌

- [1] John R. Jensen, Remote Sensing of the Environment (An Earth Resource Perspective), Prentice Hall, 2000.
- [2] Joseph O'Rourke, Computational Geometry in C, Cambridge University Press, 2000.
- [3] <http://www.ngi.go.kr>, 수치지도 작성 작업규칙



[그림 6.1] 보정전 위성 영상



[그림 6.2] 보정후 위성 영상