

기준점 개수에 따른 RADARSAT-1 영상의 기하보정 정확도 Accuracy of Geocoding According to The Number of Control Points

손홍규¹⁾ · 송영선²⁾ · 방수남²⁾ · 박완용²⁾

Sohn, Hong Gyoo · Song, Yeong Sun

¹⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수(E-mail: sohn1@yonsei.ac.kr)

²⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정(E-mail: point196@yonsei.ac.kr)

³⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정(E-mail: snbang@yonsei.ac.kr)

⁴⁾ 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정(E-mail: wypark@yonsei.ac.kr)

Abstract

The acquisition of many control points for SAR data processing is very difficult and time-consuming steps. For resolving the problem about control points, this paper describes satellite orbit refinement method using minimum control point. Accuracy of geocoding according to distribution and number of control points are analyzed and geocoded RADARSAT image was produced in the paper.

1. 서 론

광학영상과 마찬가지로 SAR영상으로부터 수치고도모형을 생성하기 위해서 정확한 위성의 궤도를 결정하는 것은 매우 중요하다. 일반적으로 대부분의 위성은 헤더자료에 일정간격으로 다수의 천체력 자료 혹은 이를 대체할 수 있는 정보를 제공한다. 따라서 위성에서 제공하는 궤도 관련 정보가 정확하다면 기준점 없이 위성궤도를 모델링할 수 있다. 기준점 없이 궤도를 모델링한다는 것은 실시간적으로 자료 처리 수행할 수 있는 가능성을 제공하며, 또한 많은 시간과 비용을 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 대부분의 위성은 세차운동(precession), 장동(nutation), 극운동(polar motion)등으로 인해 위성궤도에 오차가 발생하며, 이로 인해 위성에서 제공하는 천체력자료의 정확도가 낮을 경우 잘 분포된 다수의 기준점을 이용하여 위성의 궤도를 보정해야 한다.

그러나 SAR 영상에는 스펙클과 같은 노이즈가 영상전체에 분포하고 있고, 기하학적 왜곡특성도 중심 투영을 하는 인간의 시각특성과 달라 실제 SAR 영상으로부터 많은 기준점을 취득하기란 매우 어렵다. 또한 기준점을 취득할만한 도면자료가 존재하지 않는 지역(예를 들어 극지방, 밀림지역 등)에 있어 기준점 정보를 취득하기 위해서는 GPS나 현지측량 등으로 기준점을 취득해야 하며 이는 많은 노력과 자본을 투자해야 한다. 특히 홍수나 지진, 화산폭발 등과 같은 자연재해가 발생했을 경우에는 대상지의 지형에 많은 변화가 일어나고, 따라서 평상시 지도나 도면으로부터 동일점을 취득하기란 매우 어렵다.

따라서 SAR 영상을 활용하는데 있어 요구되는 기준점의 수를 줄이거나 정확한 기준점을 취득하는 기법에 대한 연구는 영상취득 기하구조나 대상지역의 형상에 따른 정확도분석 못지않게 매우 중요한 연구이다. Toutin 등(2003)은 여러 장의 SAR 영상의 기하보정을 수행하는 과정에서 기준점의 수를 줄이기 위해 광속조정을 통한 블록조정 기법을 제시하였고, 이때 최소한 6점 이상의 정확한 기준점이 필요하다고 발표하였다. 그러나 보다 향상된 정확도를 위해서는 이보다 많은 기준점이 필요하다고 지적하였다. Domik 등(1986)은 수치고도모형을 이용하여 모의영상을 생성하고 모의영상과 실제영상에서 대응하는 동일점을 기준점으로 활용하는 기법을 발표하였다. Chen and Dowman(1996, 2001)은 ERS-1영상과

RADARSAT 영상으로부터 3차원좌표를 결정하는 과정에서 기준점의 영향을 줄이기 위해서 위도에 따른 경중를 행렬을 이용하는 방법을 제시하였으며, Smith(2003)는 비교적 정확한 천체력 자료를 제공하는 ERS 영상의 궤도 오차를 제거함으로써 기준점 없이 실시간적 기하보정을 수행할 수 있는 방법을 제시하였다.

RADARSAT-1 SAR 영상의 경우 위성헤더자료에서 제공하는 천체력 자료가 부정확할 뿐만 아니라 제공되는 시간 간격 또한 480초로서 매우 크다. 따라서 천체력자료만을 이용하여 궤도를 모델링 할 경우 위성궤도에 매우 많은 오차가 포함된다. 따라서 RADARSAT-1 위성영상을 이용하여 3차원 위치를 결정하기 위해서는 반드시 잘 분포된 다수의 정확한 기준점을 이용하여 위성궤도를 보정해야 한다.

본 연구에서는 RADARSAT-1 SAR 위성영상의 궤도모델링 시 요구되는 기준점의 수를 줄이기 위해서 천체력 자료로부터 초기 위성궤도매개변수를 결정하고 최소기준점으로부터 가상기준점을 생성하여 위성궤도를 모델링 하는 기법을 제시하였다. 가상기준점 생성과정에서 사용된 기준점의 개수 및 분포에 따른 기하보정의 정확도를 평가하고 그 적용가능성을 평가하였다.

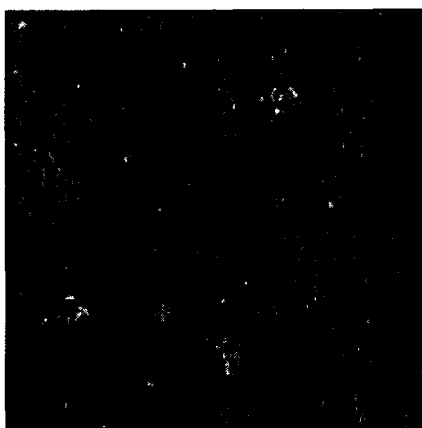
2. 자료처리 및 분석

2.1 사용데이터

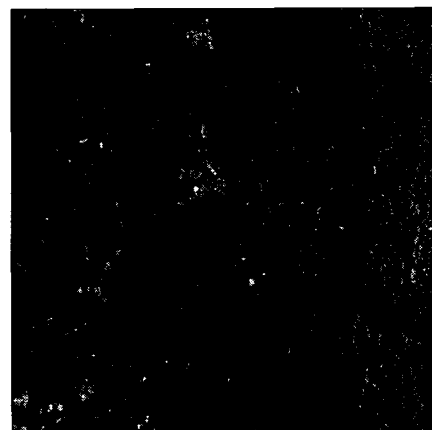
본 연구에서는 단일 기준점으로부터 가상기준점을 생성하여 위성궤도를 보정하고 이를 이용하여 수치 고도모형을 생성하였다. 대상지역은 한반도의 중부지방을 촬영한 RADARSAT-1 SAR 영상을 이용하였으며, 이 영상은 산악지역과 평지지역, 도시지역 등을 고루 포함하고 있다(그림 1). 영상의 처리 레벨은 SGF (SAR Georeferenced Fine Resolution)이고, 지상거리, 궤도표정(orbit oriented), 방사보정이 수행되지 않은 16bit 영상이다. 영상의 자세한 특성은 표 1에서 보여주고 있다.

표 1. 사용된 RADARSAT-1 SAR 영상의 특성

Beam Mode	Acquisition Date	Orbit	Number of Pixels (Range/Azimuth)	Nominal resolution (range/azimuth)	pixel spacing
Standard - 4	11/15/99	Des.	8019, 9014	25.4×27.2	12.5
Standard - 7	08/30/99	Des.	7918, 8958	19.9×27.1	12.5



a. 11/15/99



b. 08/30/99

그림 1. 사용된 위성영상

2.2 가상기준점 궤도보정

위성의 헤더자료에는 위성의 궤도정보와 관련된 천체력 자료를 제공하며, 이러한 천체력 자료를 이용하여 위성궤도를 모델링 할 수 있다. 제공되는 천체력자료가 매우 정확하다면 위성궤도매개변수를 보정할 필요가 없다. 그러나 천체력 자료가 부정확할 경우에는 위성궤도매개변수를 보정해야 한다. 위성궤도매개변수의 보정은 일반적으로 최소제곱조정을 통해 수행된다. SAR 영상의 경우, 지상과 영상간의 관계는 도플러 방정식(F_D)과 경사거리 방정식(F_R)으로 정의되고, 지상점(P_G)과 영상점(p_i)와의 관계는 위성궤도매개변수(a_0, a_1, \dots, a_n)에 따라서 식(1)의 관계를 가진다.

$$p_i = F_{D,R}(a_1, \dots, a_n; P_G) \quad (1)$$

여기서, 도플러 방정식과 경사거리방정식이 비선형 함수이므로 이를 선형화하면 식 (2)와 같다.

$$p_i = F_{D,R}(a_1^0 + \Delta a_1, \dots, a_n^0 + \Delta a_n; P_G) \approx F_{D,R}(a_1^0, \dots, a_n^0; P_G) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial F_{D,R}}{\partial a_i} \Delta a_i \quad (2)$$

식 (2)에서 최소제곱조정을 이용하여 위성궤도매개변수의 보정량($\Delta a_1, \dots, \Delta a_n$)을 결정하기 위해서는 다수의 기준점(P_G, p_i) 요구된다. 위성의 위치와 속도를 시간에 대한 2차 다항식으로 가정할 경우, 최소한 9점 이상의 기준점이 요구된다. 안정적인 조정을 위해서는 자유도를 고려하여 충분한 수의 기준점이 필요하고, 이때 기준점의 분포 또한 매우 중요하다. 최소제곱수행시 요구되는 기준점은 천체력자료부터 결정된 위성궤도매개변수가 지상점(P_G)과 영상점(p_i)간에 정오차(편위)를 발생시키는 특징을 이용하면 필요한 가상의 기준점을 무한히 생성할 수 있다(그림 2). 이러한 오차특성을 이용하여 가상기준점의 생성 과정은 아래와 같다.

- 1) 정확한 단일 기준점 취득(▲, ▲)
- 2) 천체력 자료부터 초기 위성궤도 매개변수 계산
- 3) 초기 위성궤도 매개변수를 이용하여 단일 지상기준점(▲)에 대응하는 영상점(△) 계산
- 4) 단일 지상기준점으로부터 계산된 영상좌표(△)와 단일 영상기준점(▲)으로부터 정오차($\Delta r_x, \Delta r_y$) 결정
- 5) 단일 지상기준점을 기준으로 지상공간에 $\Delta X, \Delta Y$ 간격으로 격자망 생성
- 6) 격자망에 임의의 고도값(Δh_i)을 부여하여 가상의 지상기준점(●) 생성
- 7) 초기 위성궤도 매개변수를 이용하여 가상의 지상기준점(●)에 대응하는 영상점(○) 계산
- 8) 영상점(○)에 정오차량($\Delta r_x, \Delta r_y$)만큼 보정하여 가상의 영상기준점(◆) 생성(단, 영상에서 벗어나는 점 제외)

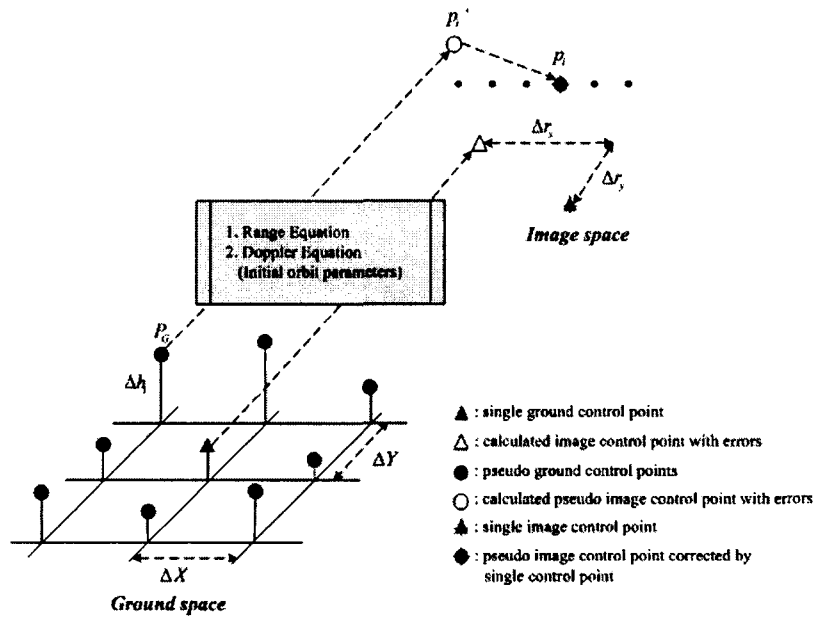
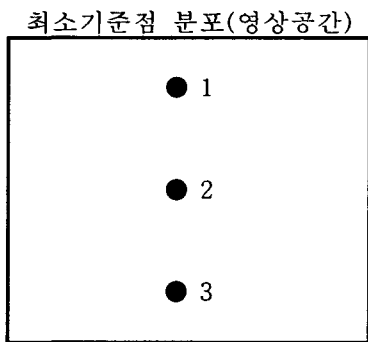


그림 2. 최소기준점으로부터 가상기준점 생성

2.3 기준점 개수에 따른 정확도 분석

가상기준점 생성을 위한 정오차는 다수의 기준점이 취득이 가능하다면 다수의 기준점으로부터 각각 정오차를 계산하고, 이를 평균하여 결정될 수 있다. 본 연구에서는 기준점의 개수뿐만 아니라 기준점의 영상에서 분포가 생성되는 가상기준점 및 보정된 위성궤도매개변수의 정확도에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해서 그림 3과 같이 기준점을 분포시키고, 기준점의 분포 및 개수에 따른 기하보정의 정확도를 평가하였다. Case 4는 가상기준점을 활용하지 않고 실제로 취득된 기준점을 이용하여 위성궤도를 보정하고 검사점들에 대한 영상에서의 위치오차를 계산한 결과이다.



Case	Control points used
1-a	1
1-b	2
1-c	3
2-a	1, 2
2-b	2, 3
2-c	1, 3
3	1, 2, 3
4	1, 2, 3 +7개의 추가 기준점

그림 3. 최소기준점 분포 및 기준점 개수

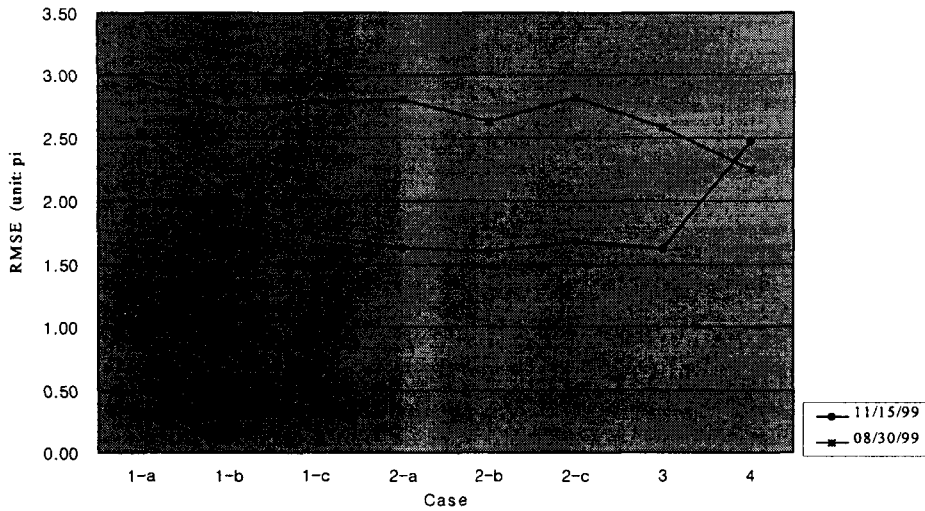


그림 4. 기준점 분포와 기준점 개수에 따른 정확도

그림 4에서 보는 바와 같이 사용된 기준점의 분포 및 개수는 생성된 가상기준점의 정확도에 미치는 영향은 거의 없으며, 취득된 기준점의 정확도만이 가상기준점 및 위성궤도의 정확도에 영향을 미치는 인자임을 알 수 있다. 따라서 정확한 하나의 기준점의 취득이 가능하다면 하나의 기준점만을 이용하여 위성궤도를 보정하는 것이 부정확한 기준점이 포함된 다수의 기준점을 이용하는 것보다 훨씬 효과적임을 알 수 있다.

그림 5는 하나의 기준점만을 이용하여 결정된 위성궤도모델과 수치고도모형을 이용하여 기하보정을 수행한 영상으로서 기하보정 영상의 정확도를 평가하기 위해서 1/5,000 수치지도와 중첩한 그림이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 두 자료가 정확히 중첩됨을 알 수 있다.

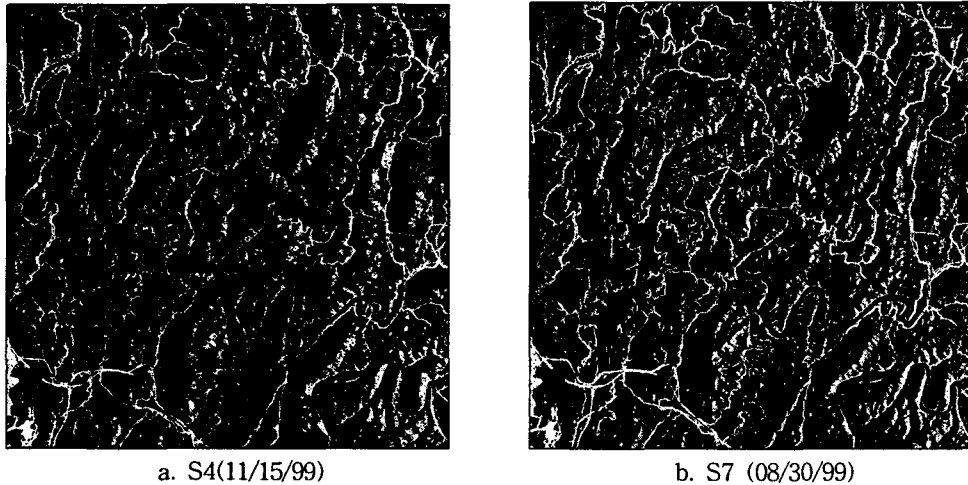


그림 5. 단일기준점 궤도모델링으로부터 생성된 기하보정영상과 수치지도와의 중첩 (해상도: 20m, 크기: 1000×1000 영상소, Bessel 타원체, TM 127°)

4. 결 론

본 연구에서는 위성의 천체력 자료와 가상기준점을 이용하여 RADARSAT-1 영상의 처리에 있어 요구되는 기준점 최소화에 대한 연구를 수행하였다. 위성궤도모델의 결정을 위해서 기준점의 개수 및 분포에 따라 기하보정의 정확도를 평가하였으며, 그 결과 기준점의 개수 및 영상에서의 분포는 위성궤도

모델의 정확도에 미치는 영향이 거의 없었다. 영상에서 가장 판별이 용이하고 정확한 하나의 기준점만을 이용하여 위성궤도모델을 결정하고 기하보정을 수행하였으며, 정확도 평가를 위해 1/5,000수치지도와 중첩한 결과 정확하게 일치함을 알 수 있었다.

참고문헌

- 손홍규, 송영선, 김기홍, 방수남, 2004, 단일기준점을 이용한 RADARSAT SAR 영상의 엄밀 기하보정, 대한토목학회논문집, 제24권, 제1D호, pp. 107-115
- Chen, P. H., I. J. Dowman, 1996, Space Intersection form ERS-1 Synthetic Aperture Radar Images, Photogrammetric Record, 15(88), pp 561-573
- Chen, P. H., I. J. Dowman, 2001, A Weighted Least Squares Solution for Space Intersection of Spaceborne Stereo SAR Data, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 39, no. 2, pp 233-240
- Curlander, J. C., 1982, Location of Spaceborne SAR imagery, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. GE-20, no. 3, pp 359-364
- Mohr, J. J., S. N. Madsen, 2001, Geometric correction of ERS Satellite SAR images, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 39, no. 4, pp 842-850
- Smith, A. J. E., 2003, Near real-time geocoding of SAR imagery with orbit error removal, Int. J. Remote Sensing, vol. 24, no. 24, pp. 5219-5228
- Toutin, T., 1999, Error Tracking of Radargrammetric DEM from RADARSAT Images, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 37, no. 5, pp 792-789
- Toutin, T., 2000, Evaluation of Radargrammetric DEM from RADARSAT Images in High Relief Areas, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 38, no. 2, pp 792-789
- Toutin, T., 2002, Impact of terrain slope and aspect on radargrammetric DEM accuracy, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57, pp. 228-240
- Toutin, T., 2003, Path Processing and Block Adjustment With RADARSAT-1 SAR Images, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 41, no. 10, pp 2320-2328