

# 영상 레이더를 이용한 지상 기준점 추출

홍상훈\*, 정형섭\*\*, 이호남\*\*, 원중선\*

\*연세대학교 지구시스템학과과 서울시 서대문구 신촌동 134  
Ph.) +82-2-2123-2673 / Fax) +82-2-392-6527  
e-mail) [hongsh@yonsei.ac.kr](mailto:hongsh@yonsei.ac.kr)

\*\*중앙향업(주) 서울시 종로구 교남동 18  
Ph.) +82-2-730-0018

## Generation of GCP from SAR data

Sang-Hoon Hong\*, Hyung-Sup Jung\*, Ho-Nam Lee\*\*, Joong-Sun Won\*

**요약.** 일반적으로 광학위성은 궤도가 부정확하여 지상기준점(GCP)을 이용하여 궤도를 보정하는 작업을 수행한 후 수치 표고모형 자료(DEM)를 추출한다. 지상기준점은 실제 측량이나 지형도로부터 얻게 되지만, 이러한 작업이 불가능한 경우에는 광학영상으로부터 수치 표고 모형 자료를 추출할 수 없다. 본 연구에서는 수-수십 cm의 위성 궤도 정확도를 지니는 ESA ERS영상과 약 1Km의 해상도를 지니는 GTOPO-30 DEM을 이용하여 지상기준점을 추출 방법에 대해 연구하였다. 연구지역인 대전 주변에 대하여 지상기준점을 추출한 결과 경도 -0.348초, 위도 0.293초의 오차를 나타내었다. 또한 추출된 지상기준점을 이용하여 한 쌍의 SPOT 위성 영상으로부터 DEM을 추출이 가능하였으며, 레이더 interferometry 기술을 이용한 지형고도 추출 및 변화 탐지에도 활용될 수 있음을 확인하였다.

## 1. 서론

지상 기준점은 위성 영상의 지리 좌표를 부여하는 역할과 동시에 stereoscopy, interferometry을 통한 DEM 제작 등의 원격 탐사 영상 활용 알고리즘에 있어 매우 유용한 자료이다 [1-2]. 지상 기준점의 취득은 접근 가능 지역의 경우 주로 현장 조사, 기존의 구축된 지형도 및 수치 지도를 이용한다. 비접근 지역이나 지형도 등이 제공되지 않는 지역에 대해서는 지상기준점을 얻는 것이 비교적 쉽지는 않다. 비접근 지역에 대한 지형 좌표 설정에 대한 여러 연구가 수행되어 왔으나, 접근 가능 지역과 근거리에 위치해야 한다는 제약사항[3-4]을 지녔거나 자료취득에 제약사항[5]이 있었다.

본 연구의 목적은 전세계적으로 얻을 수 있는 GTOPO-30 수치표고자료와 Delft공대에서 정밀 위성 궤도를 제공하는 ERS SAR영상을 이용하여 비접근 지역에 대한

지상기준점을 추출하는데 있다. 이를 위해 레이더 영상의 기하, 지상기준점 추출 알고리즘 및 지상기준점의 평가에 대하여 제시하였고, 추출된 지상기준점(GCP)에 대한 연구결과를 통해 SPOT 위성 자료를 이용한 DEM을 시험 제작하고자 한다. 또한 지상 기준점 및 생성된 DEM의 정확도를 평가할 것이다.

## 2. 자료 처리

본 연구에서 이용된 영상 레이더는 1996년 1월 22일 ERS-1, 1996년 1월 23일 ERS-2 tandem mission mode로서 위성 정보를 가지고 있는 SLC (Single Look Complex) 자료와 Delft 공대에서 제공하는 정밀 궤도력이다. 함께 사용한 광학 영상은 프랑스 CNES의 SPOT으로 1987년 11월 29일, 1987년 11월 30일에 연속 관측된 Panchromatic mode 자료를 사용하였다. 또한 지상 기준점 추출 알고리즘에 필요한 DEM 자료는 전세계적으로 구축되어 있는 저해상도 GTOPO30 DEM과 대전 부근 지역의 3초 간격 DEM을 사용하였다. 본 연구 지역에 대한 GTOPO30 DEM의 RMSE는 약 18m이다. 광학 위성 영상과 레이더 영상간 정합점(matching point) 추출을 위하여 레이더 영상을 multilooking 하였으며, 정확도 비교를 위하여 국립지리원 1:25000 수치지도에서 정합점의 절대 기준 좌표를 취득하였다.

## 3. 지상 기준점 추출

### 1) 레이더 영상 기하

Fig 1.은 점 S상의 레이더 위성이 지상점 P를 영상화하는 기하를 나타낸다. 지상점 P에 대한 레이더 위성의 기하는 구를 이루는 Range 방정식과 콘모양을 이루는 Doppler 방정식에 의해 설명된다.

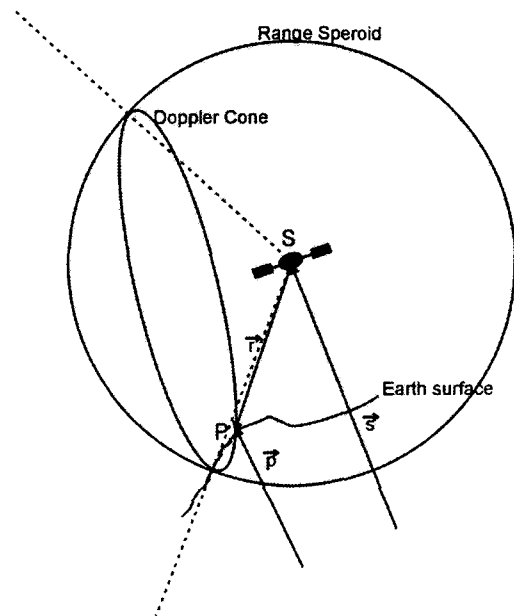


Fig. 1. The geometry of RADAR imagery.

$$\text{Doppler Equation : } \dot{x}_s \cdot dx = 0$$

$$\text{Range Equation : } dx \cdot dx - (v_{light} t_{range})^2 = 0$$

여기에서 x 는 cartesian coordinate(x,y,z)를 의미한다.

### 2) LL to LP Method

대상 지역에 대한 DEM이 제공될 때 가능한 방법으로 레이더 영상 시뮬레이션 알고리즘의 일부분이다. 레이더 영상 시뮬레이션 과정에서 다음 식에 의해 얻고자 하는 영상 내 화소 위치를 얻을 수 있으며 역으로 지리 좌표를 DEM으로부터 취할 수 있다.

$$t_{al} = \frac{-(\dot{x}_s \cdot dx)}{\dot{x}_s \cdot dx - \dot{x}\dot{x}}$$

$$t_r = \frac{\sqrt{(x - x_s)^2}}{c}$$

여기에서  $x$  는 cartesian coordinate( $x, y, z$ )를 의미한다.

#### 4. 결과

Fig 2.는 연구 지역을 도시한 것으로서 대전 북부 및 대청호 주변 지역이다.

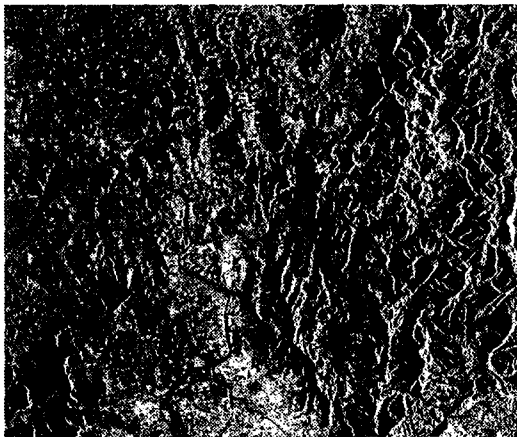


Fig. 2. Amplitude image around the study area.

Fig. 3과 Fig. 4는 대상 지역에 대한 광학

영상과 한반도 지역을 포함하는 GTOPO30 DEM을 도시한 것이며 레이더 영상과의 10개의 정합점 위치를 선정하였다.

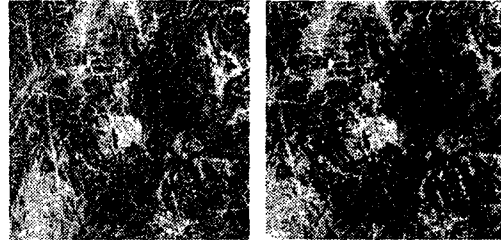


Fig. 3. SPOT stereo images around the study area.

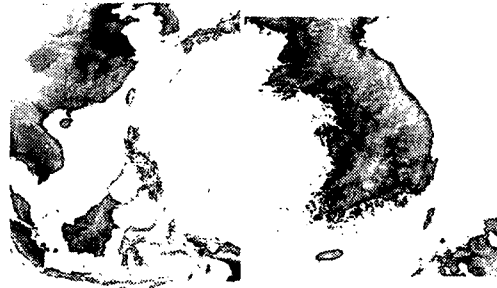


Fig. 4. GTOPO30 DEM around the Korea

선정된 정합점에 대해 지상 기준점 추출 알고리즘을 적용하였고 오차평가를 위하여 국립지리원 수치지도를 이용하여 절대 기준 좌표를 추출하였다. 오차 비교를 위해 WGS84에서 Bessel 타원체로의 보정을 실시하였으며 Table 1, 2.에 좌표 및 오차를 표시하였다. Table 2.는 3초 간격 DEM을 사용하였을 경우로서 정확도 향상 비교를 위한 결과이다.

Table 1, 2.의 결과를 이용하여 SPOT 광학 영상 모델링을 통하여 DEM을 제작하여 Fig 5.에 도시하였다.

Table 1. X, Y coordinate of GCP's using LL to LP Method after datum correction ( Using GTOPO30 DEM )

No.	Latitude	Longitude	$\Delta Lat$	$\Delta Lon$
1	127.414533	36.348053	-0.645971	0.273061
2	127.330852	36.355876	-0.424136	0.792887
3	127.423170	36.464678	-0.347927	-0.281138
4	127.311330	36.576993	-0.477889	-0.373130
5	127.350834	36.619897	-0.774852	-0.497931
6	127.503064	36.603176	-0.359772	0.467792
7	127.562220	36.598112	2.623457	-0.730219
8	127.636793	36.367526	-4.876868	-0.172865
9	127.395546	36.335276	0.505018	-0.265576
10	127.303254	36.564972	1.301693	3.714243

Table 2. X, Y coordinate of GCP's using LL to LP Method after datum correction ( Using 3 Arc DEM )

No.	Latitude	Longitude	$\Delta Lat$	$\Delta Lon$
1	127.414493	36.348061	-0.790547	0.303373
2	127.330814	36.355883	-0.559424	0.815531
3	127.423752	36.464578	1.747453	-0.641210
4	127.311403	36.576980	-0.212713	-0.421010
5	127.351055	36.619858	0.019920	-0.637755
6	127.503180	36.603159	0.055704	0.407852
7	127.562276	36.598104	2.826137	-0.758587
8	127.637676	36.367379	-1.699040	-0.704441
9	127.395545	36.335276	0.500158	-0.265576
10	127.303230	36.564973	1.217093	3.719499

Fig 6.는 reference DEM과 생성된 DEM의 RMSE Map을 도시한 것으로 제한적인 지역에 대한 지상 기준점 획득으로 인한 영상간 정합의 문제점이 발견되었다. Table. 3.은 획득된 지상 기준점 주변 지역에 대한 RMSE 통계량을 나타낸 것이다.

레이더 시뮬레이션 알고리즘을 통해 얻은 지상 기준점 이외에 부가적인 결과를 얻을 수 있었다. 레이더 interferometry 기술

은 differential interferogram에 대해 매우 민감을 값을 보이므로 기존의 DEM이 제공될 때 이를 이용한 위상차 복원에 의한 DEM 갱신이 효율적이다 [6].

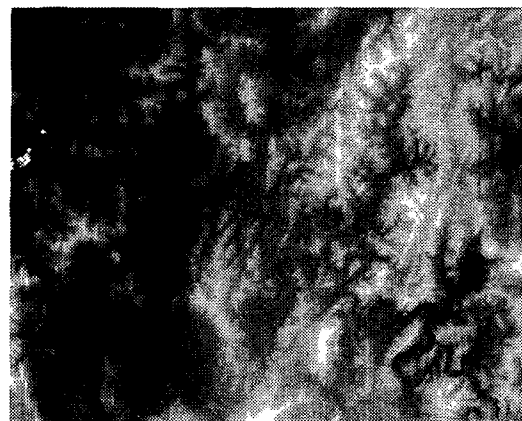
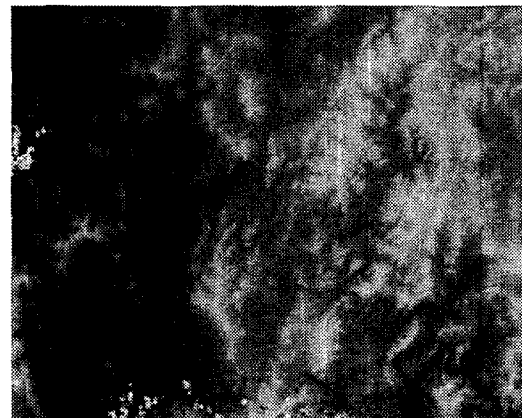
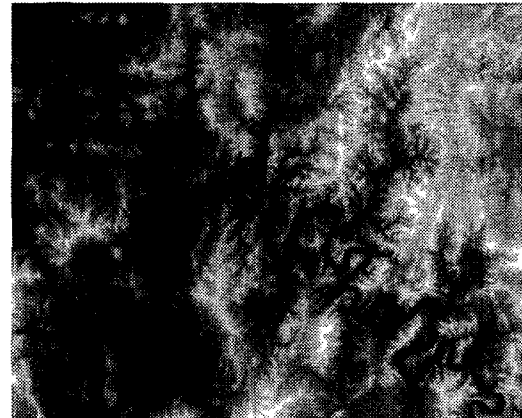


Fig 5. (Top) Reference DEM, (Middle) Generated DEM (GTOPO30 DEM), (Bottom) Generated DEM (3 Arc DEM).

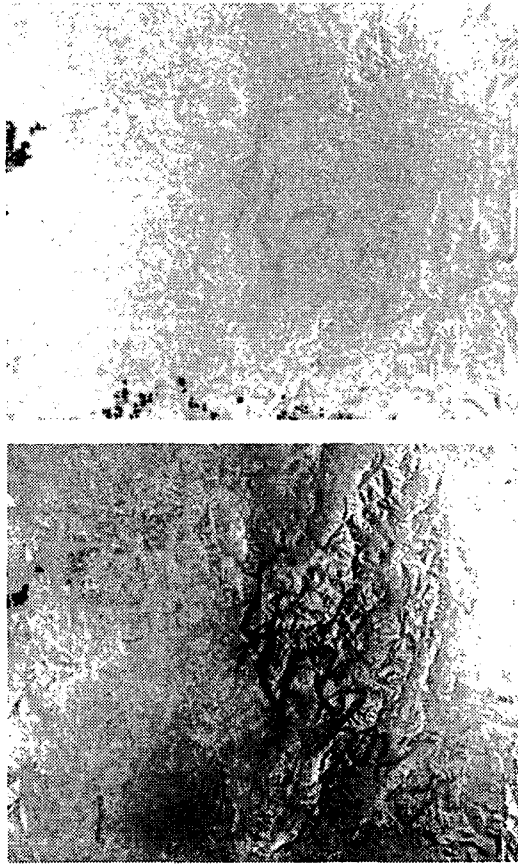


Fig 6. RMSE map : (Top) Generated DEM (GTOPO30 DEM), (Bottom) Generated DEM (3 Arc DEM).

Table 3. Statistical information of RMSE over selected sub-area.

	RMSE ( with GTOPO )	RMSE ( with 3 Arc )
Min	-113.229126	-71.796783
Max	99.889816	99.876526
Mean	-7.268508	6.985514
Std	25.326824	17.102768

Fig 7.과 8.은 GTOPO30 DEM과 3초 간격 DEM을 이용하여 얻은 시뮬레이션 interferogram과 differential interferogram을 도시한 것이다. 추가 연구를 통한 DEM 생성 및 변화 탐지에 활용 가능할

것으로 기대된다.

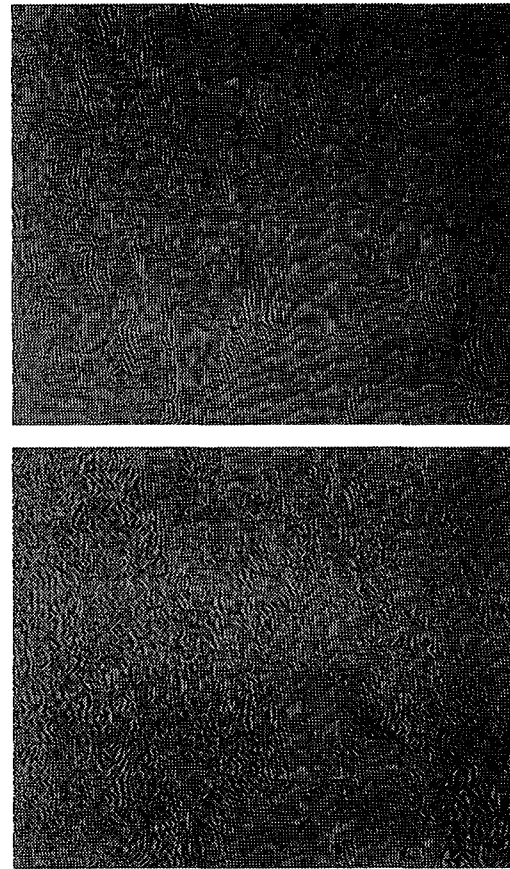


Fig 7. Simulated interferogram (Top) Using by GTOPO30 DEM, (Bottom) Using by 3 Arc DEM.

## 5. 결론 및 토의

본 연구 목적은 레이더 영상과 광학 영상이 지니고 있는 이점을 최대한으로 이용하여 DEM 자료 생성의 기반이 되는 지상 기준점의 생성에 있다. 특히 레이더 위성 영상을 이용하여 접근이 제한적인 지역 및 기상이나 취득 시간 제약이 있는 지역에 대한 지상 기준점을 취득할 수 있었으며 이를 이용한 DEM 생성이 가능한 것을

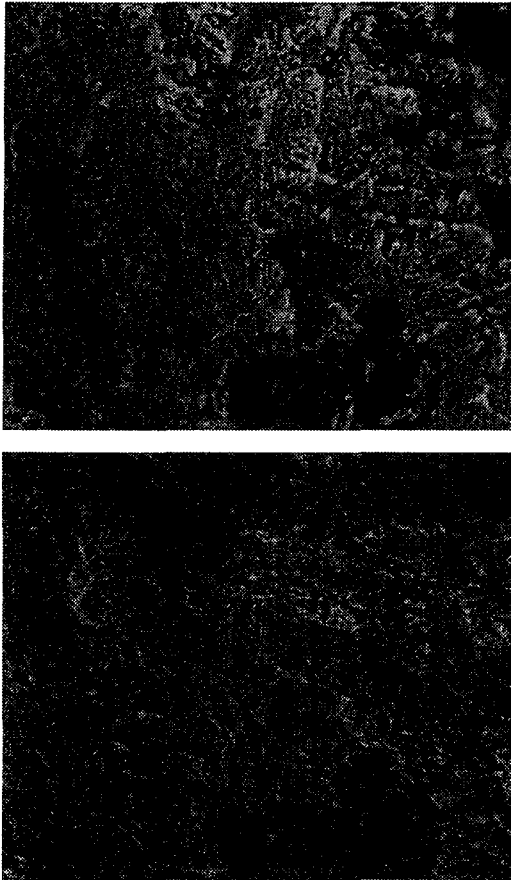


Fig 8. Differential interferogram (Top) Using by GTOPO30 DEM, (Bottom) Using by 3 Arc DEM.

알 수 있었다. 또한 radar interferometry 기술을 이용한 DEM 생성에서 필수적이었던 최소 한 점의 지상 기준점의 제공도 본 연구에서 제시한 알고리즘을 통하여 비교적 용이하게 얻어질 수 있으리라고 본다. 또 레이더 시뮬레이션 알고리즘을 이용한 differential interferogram의 제작은 기존 DEM 자료의 갱신을 통한 DEM 제작이 가능하다는 것을 보여주었다. 본 연구에서 나타난 문제점은 광학 영상과 레이더 영상사이의 정합점을 얻는 과정으로 레이더 영상 특유의 스펙클 잡음

으로 인하여 영상의 비교가 용이하지 않다. 따라서 여러 가지의 image digital processing 방법 및 통계 기법들의 활용 등의 추가 연구가 필요할 것이라고 본다.

## 참고 문헌

- [1] 국방과학연구소, 위성영상을 이용한 3차원 정사투영영상 생성법에 관한 연구, 1991
- [2] H. A. Zebker and R. M. Goldstein, "Topographic mapping from interferometric synthetic aperture radar observations", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, No. B5, April 10, 4993 -4999, 1986.
- [3] 방기인, 조우석, 비 접근 지역에 대한 SPOT 위성영상의 Pseudo 영상 구성 및 센서모델 분석, *대한원격탐사학회지*, 제17권, 제1호, 33-44, 2001
- [4] 권현우, 조성준, 임삼성, 편향된 지상 기준점을 이용한 비접근지역 영상좌표의 상대정확도 향상연구, *한국측량학회지*, 제20권, 제2호, 165-170, 2002
- [5] 이재원, 유재엽, KOMETA system을 이용한 비접근지역의 수치지도제작 (1:25000)에 관한 연구, *2002 공동춘계학술대회논문집*, 184-192, 2002.
- [6] Seymour, M. S., Refining Low-quality Digital Elevation Models Using Synthetic Aperture Radar Interferometry, Ph. D. Dissertation, University of British Columbia, 1999