

SAR 영상 내에서 능동 트랜스폰더의 GCP 활용 여부에 관한 연구

정호령*, 오태봉**, 박덕중***, 이선구****, 임효숙*****

Research of Active Transponder application as Ground Control Point in Synthetic Aperture Radar Images

Ho-Ryung Jeong*, Tae-Bong Oh**, Duk-Jong Park***, Sun-Gu Lee****, Hyo-Suk Lim*****

Abstract

This paper presents that the comparison results of AT (Active Transponder) positions obtained from different measurements: the result of GPS device and evaluated position from the SAR (Synthetic Aperture Radar) image, and active transponders can be useful as GCPs(Ground Control Points) in SAR images.

The X-band AT are installed on the wide-and-flat area to improve SCR(signal-to-clutter ration), and activated to represent impulse response function in order to operate as one point target in SAR images. Cosmo-SkyMed operating at X-band frequency are used to provide SAR images of AT. The comparison of AT position is performed by using the result of GPS device field measurement and AT SAR images. ENVI-SARscape S/W is used to evaluate AT position in the SAR images. From the comparison, it is shown that AT are useful as GCPs for SAR images.

초 록

본 논문에서는 SAR 영상 내부에서 나타나는 능동 트랜스폰더의 응답으로부터 얻은 위치정보와 GPS 장비를 이용하여 획득한 위치정보를 비교한 후, 능동 트랜스폰더의 지상기준점(GCP) 활용 가능성에 대한 연구를 수행하였다.

신호대 클러터 비(SCR)를 향상시키기 위하여 X밴드 대역의 중심주파수를 가지는 능동 트랜스폰더는 넓고 평평한 지역에 설치되었으며, 능동 트랜스폰더의 응답을 얻기 위하여 Cosmo-SkyMed 영상이 사용되었다. 이후 위치정확도 측정을 위하여 SAR 영상 내부와 GPS 장비로부터 측정된 능동 트랜스폰더의 위치정보를 비교하였으며, ENVI-SARscape 소프트웨어가 SAR 영상 내부에서의 능동 트랜스폰더 위치정보를 얻기 위하여 사용되었다. 이러한 비교분석을 통하여 본 논문에서는 능동 트랜스폰더의 응답이 SAR 영상의 지상기준점 응답으로 적절하다는 것을 보이고자 한다.

키워드 : 영상레이더(SAR), 지상기준점(GCP), 능동 트랜스폰더(active transponder)

접수일(2012년 9월 17일), 수정일(1차 : 2012년 10월 15일, 2차 : 2012년 10월 31일, 게재 확정일 : 2012년 11월 1일)

* 자료처리검보정팀/sar@kari.re.kr ** 자료처리검보정팀 /tboh@kari.re.kr *** 위성지상시스템개발팀/parkdj@kari.re.kr
**** 자료처리검보정팀 /sglee@kari.re.kr *****위성활용실/hslim@kari.re.kr

1. 서 론

SAR(Synthetic Aperture Radar)는 지상의 영상을 획득하는 레이더 시스템을 총칭하는 말로서 지형변화, 식생관측, 표적구분, 이동물체 탐지와 같은 다양한 활용분야에 넓게 사용되고 있다. 가시광선을 이용하는 광학위성과는 달리 SAR 위성은 지상 영상을 획득하기 위하여 레이더 신호를 이용하며, SAR 시스템 자체가 능동형이므로 이로 인해 시계가 불량하거나 야간이더라도 큰 문제없이 영상을 획득할 수 있는 장점을 가진다.

SAR 영상의 활용을 위해서는 각 픽셀의 계산된 위치정보와, 해당 픽셀의 실제 지상 위치정보의 차이를 최소화하는 것이 중요하다. 기본적으로 영상 내 각 픽셀에 해당되는 위도와 경도 정보는 위성의 센서로부터 얻어지는 자세제어 데이터와 궤도 데이터 같은 보조 데이터(Auxiliary Data), 디지털 고도정보 (DEM: Digital Elevation Model)를 이용하여 지형이 픽셀의 위경도 좌표에 결과에 미치는 왜곡 현상을 보정하는 과정에 의해서 결정된다.

하지만, 이러한 위성에서 얻은 보조데이터 및 DEM 정보는 센서 오차를 포함한 값이며, 이러한 오차가 결국에는 위치정확도를 감소시키게 된다. 이러한 센서 오차를 보정하기 위해서는 외부 장비 측정을 통한 보상이 필요한데, SAR 영상의 기하정확도 보상은 지상기준점(GCP: Global Control Point)을 이용한 보상을 수행하고 있다. 하지만, 가독성 저하로 인하여 GCP의 효용가치는 광학보다 상대적으로 떨어지는 경향이 있다.

본 연구는 SAR 지상기준점으로 활용되는 여러 장비들에 대해서 알아보고, 그 중에서도 특히 능동형 장비에 대한 레이더 신호 특성에 대해 알아보려 한다. 그런 다음 실제 SAR 영상 내에서의 응답특성과 기하정확도 오차에 대한 통계적 분석을 통하여 해당 능동형 장비의 지상기준점에 대한 활용 가능성을 살펴보고자 한다.

2. SAR 지상 점표적 장비

SAR 영상의 지상기준점은 점표적 레이더 응답을 가지는 물체들이 사용된다. 점표적 응답을 가지는 물체는 크게 수동형과 능동형으로 구분되며, 수동형 응답을 가지는 대표적인 물체는 레이더 반사판(CR: Corner Reflector)이다.

SAR 점표적 응답을 위한 레이더 반사판은 크게 이면각(dihedral) 반사판과 삼면각(trihedral) 반사판으로 구분된다. 이면각(dihedral) 반사판은 레이더 신호가 두 번 반사되면서 편파 특성이 반전되는 특징을 가지고 있으며 (그림 1), 이로 인하여 SAR 시스템의 편파특성을 분석할 때 주로 사용되고 있다. 하지만, 설치 시의 불편함으로 인하여 편파특성을 구할 경우만 사용하고 다른 경우는 잘 사용하지 않는다.

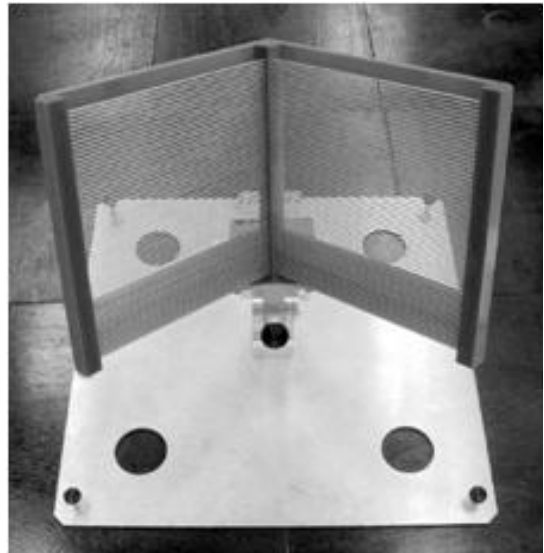


그림 1. 이면각 레이더 반사판 (Dihedral Corner Reflector)

삼면각(trihedral) 반사판(그림 2)은 가장 널리 사용되는 레이더 점표적이다 [1]. 간단한 구조로 인해서 반사판 각 면의 길이만 구하면 해당 반사판의 레이더 반사 단면적(RCS: Radar Cross Section)을 수식적으로 계산하는 것이 가능하다.

최종 반사 후 편파가 바뀌지 않기 때문에 SAR의 절대복사 검보정 및 위치정확도 측정과 같은 다양한 용도로 많이 활용되고 있다.



그림 2. 삼면각 레이더 반사판 (Trihedral Corner Reflector) [1]

SAR 영상에서 점표적 응답을 가지는 능동형 장비는 능동형 트랜스폰더(Active Transponder)이다. TerraSAR-X 검보정용으로 DLR(German Aerospace Center)에서 개발한 능동 트랜스폰더의 사진이 그림 3에 나타나 있다 [1]. 이 장비는 송/수신 레이더와 레이더 신호 증폭 장비가 주 구성 요소이며, 위성으로부터 수신된 신호를 일정 크기로 증폭하여 다시 위성 방향으로 방사하는 특징을 가지고 있다. 수동형이나 능동형이나 차이만 있을 뿐 레이더 반사판과 동일한 원리로 레이더 신호를 위성으로 보내는 효과를 나타내므로 SAR 영상 내에서 동일한 점표적 응답을 가진다. 다만 수동형 장비와는 달리 송/수신 안테나의 설치 방법이나 전자적인 편파 조절에 따라서 사용자 임의대로 송/수신 편파를 조정 가능하므로 다양한 편파 응답 특성을 측정하는 데 활용할 수 있다는 장점이 있다.

본 논문에서는 SAR 영상 연구를 위하여 항공우주연구원에서 개발한 능동 트랜스폰더를 SAR 영상의 지상기준점으로 활용할 수 있는지에 대한 실험 및 분석 결과를 정리하고자 한다.



그림 3. 능동형 트랜스폰더 (Active Transponder) [1]

3. 점표적 응답용 트랜스폰더 사양 및 기능

SAR 영상 내의 점표적 응답을 얻기 위한 능동 트랜스폰더는 항공우주연구원의 주관 하에 (주)MTG와 공동으로 개발을 수행하였다. 그림 4는 개발된 능동 트랜스폰더의 사진이다.

개발된 능동 트랜스폰더는 X 밴드 해외위성에 사용하기 위하여 중심주파수를 X 밴드로 설정하였으며, 1 m급 해상도 영상에 활용하기 위하여 최대 대역폭을 300 MHz로 설정하였다. 다양한 편파 특성을 얻기 위하여 송/수신 안테나 모두 수평(Horizontal)편파 및 수직(Vertical)편파 둘 다 송/수신 가능하도록 설계를 하였다. 영상에서 다양한 수치의 레이더 반사 단면적 응답을 얻기 위하여 30~50dB 범위의 증폭 이득을 가질 수 있도록 설계하였다. 이외의 능동 트랜스폰더 세부 사양은 표 1에서 확인 가능하다.

다음 장에서는 개발한 능동형 트랜스폰더를 촬영한 해외 위성의 SAR 영상을 이용하여 해당 응답을 분석하고 지상기준점으로서의 활용 여부 가능성을 판단하는 연구 결과를 보일 예정이다.

표 1. 능동 트랜스폰더 세부 사양 [2]

Items	Requirements
Polarization	HH, VV, HV, VH
Center Frequency	X-Band
Bandwidth	300 MHz
Input PFD Range	-65~-45 dBW/m ²
Gain Range	30~50 dB
RCS Stability	+/- 0.5dB
Recording Time	60 seconds
Antenna Gain	20 dBi
Sidelobe	≤ -20 dB
Mechanical Pointing Accuracy	± 0.3 degree
Elevation Angle	0 to 90 degree
Azimuth Angle:	0 to +/- 180 degree
Time Reference	GPS Time
Operating Temperature	-10 to 50 °C
Supply Voltage	24V DC



그림 4. 개발한 능동형 트랜스폰더

4. 능동 트랜스폰더를 이용한 SAR 영상 획득 및 분석

능동 트랜스폰더 응답을 얻기 위하여 가장 먼저 고려해야 할 것은 설치 부지의 적합성이다. 점표적 응답을 지상기준점으로 활용할 수 있다는 분석을 수행하기 위해서는 SAR 영상 내에서 가

능한 한 점표적만의 응답을 얻어야 한다. 따라서 평평하고 주변 구조물, 특히 높은 반사율을 가지는 송전탑이나 안테나 같은 구조물이 없는 부지를 선정하여야 한다.

이 조건을 만족하는 부지로 경기도 시흥시 정왕동에 위치한 군자개발예정지구를 선택하였다 (그림 5). 이유는 다음과 같다.

- 바다를 메운 간척지로 언덕이나 구덩이가 없고 평평한 지역이다.
- 대규모 아파트 단지가 들어설 예정이므로 상당히 넓으며, 송전탑과 같은 반사율이 높은 구조물이 없다.

개발예정지구의 사진은 그림 6에 나타나 있다. 다만 아파트가 들어서면 철근 등 반사율이 높은 자재와 인공구조물이 들어설 예정이므로 한시적으로만 활용 가능할 것으로 보인다.

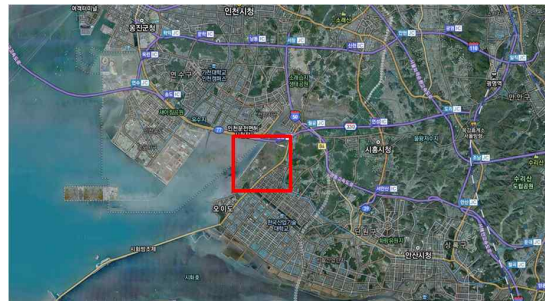


그림 5. 능동 트랜스폰더를 설치한 군자개발예정지구



그림 6. 군자개발예정지구 현장사진

능동 트랜스폰더의 SAR 영상을 획득하기 위해 Cosmo-SkyMed 위성으로 해당 지역 촬영을 수행하였다. Cosmo-SkyMed는 X-밴드 중심주파수에 최대 해상도 1 m도 능동 트랜스폰더의 설계사양에 적합하므로 이를 실험에 활용하였다.

군사개발예정지구에 총 3회의 능동 트랜스폰더 장비 측정을 수행하였으며, 획득한 3개의 Cosmo-SkyMed SAR 영상을 이용하여 분석을 수행하였다. 촬영에 관한 정보는 표 2와 같다.

표 2. Cosmo-SkyMed 영상 촬영 정보

Parameter	Value
Date	2012. 02. 17. 2012. 03. 21. 2012. 04. 06.
Aquisition Mode	Himage
Resolution	3m
Orbit Type	Ascending
Looking Mode	Right

먼저 지상기준점 활용의 적합성을 위하여 획득한 총 3개의 SAR 영상으로부터 점표적 응답 분석을 수행하였다. 그림 7은 4월 7일자 획득한 SAR 영상의 Quick-Look을 보여주고 있으며, 능동 트랜스폰더에 해당되는 2개의 점표적 응답이 영상 상에 나타나는 것을 알 수 있다.

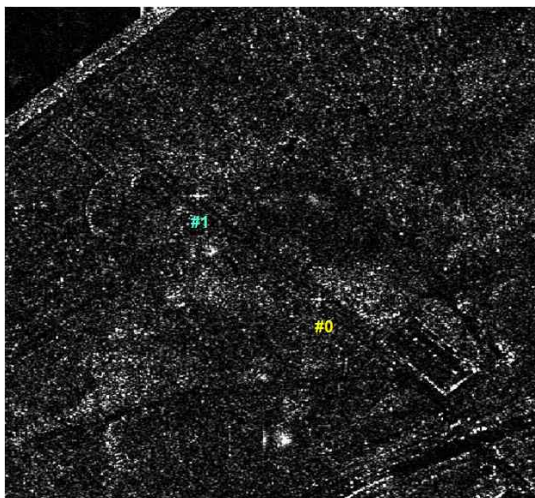


그림 7. 4월 6일자 SAR 영상의 Quick-Look

점표적 응답에 대한 분석은 항공우주연구원에 서 보유하고 있는 매트랩 코드를 사용하여 분석하였으며 4월 6일자 SAR 영상의 AT #0에 대한 점표적 응답의 분석 결과에 대한 예가 그림 8에 나타나 있다.

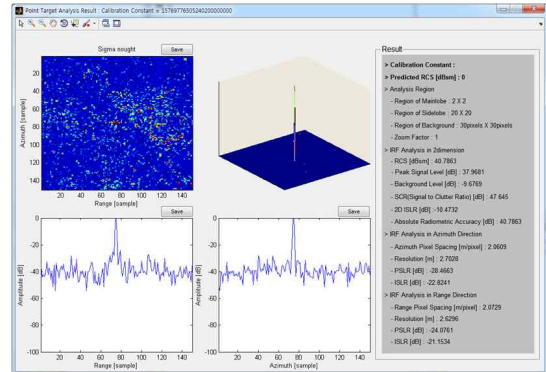


그림 8. 4월 6일자 SAR 영상의 AT #0에 대한 점표적 응답의 분석 결과

분석 결과는 능동 트랜스폰더의 점표적 응답이 Elevation의 해상도가 2.6296 m, Azimuth의 해상도가 2.7028 m로서 SAR 영상이 제공하는 해상도 3 m보다 낮은 수치를 가지며, 충분히 영상 상에서 한 점으로 취급해도 무난할 정도의 응답을 가진다. 또한 PSLR(Peak Side-Lobe Ratio)와 ISLR(Integrated Side-Lobe Ratio) 모두 -21 dB 이하의 값을 가짐으로 인하여 주변 클러터 응답보다 유사하거나 낮은 값을 가지며, 이는 반사되는 위성 신호의 전력이 하나의 점에 집중된다는 것으로 이상적인 점표적의 응답이라고 봐도 무방하다.

측정한 3개의 영상은 별도의 지형 보정이 되어 있지 않은 SLC(Single Look Complex)영상으로, 기하정보를 획득하기 위해서는 지형 보정을 수행하여 정사영상을 획득하는 것이 필요하다. 지형보정은 크게 WGS84 지구 기하모델을 사용하는 것과 DEM을 이용하는 보정이 있으며, 본 연구에서는 ENVI-SARscape S/W에서 WGS84 보정을 이용하여 정사영상을 생성하였다. 결과의 정확도를 높이기 위해서는 정밀한 DEM을 구하

여 반영하여야 하나, 현재 확보 가능한 SRTM은 90 m 해상도에 고도 해상도는 20m이며 제작 시점의 차이로 인하여 간척사업으로 인한 결과가 반영되지 않았을 가능성이 있다. 정밀 DEM을 자체 제작하는 것 또한 비용으로 인해서 현실적으로 불가능하다. 따라서 설치 장소가 해안선에 가까운 것을 이용하여 최종적으로 WGS84로 보정을 수행하였다.

그림 9부터 11까지는 최종적으로 생성된 3개의 SAR 정사보정 영상에서 획득한 점표적의 위치정보와 GPS 장비로 측정된 능동 트랜스폰더의 위치정보를 구글 어스 사진에 나타내어 비교한 그림이다. 붉은색이 영상으로부터 획득한 좌표정보이며, 노란색 삼각형이 GPS 장비로부터 측정된 좌표정보이다. GPS 장비 측정 결과는 구글 어스 영상 상에서 모두 도로 위에 나타나 있는데, 이는 능동 트랜스폰더 설치 위치를 도로 바로 위에 설정한 결과로 정확한 값이 나옴을 알 수 있다. 다만 영상으로부터의 좌표정보는 GPS 측정 위치와 약 40 m 안팎으로 떨어져서 나타나 있다. 이런 오차는 비록 군사개발예정지구가 간척지로서 해수면과 유사한 고도를 가지긴 하지만 어느 정도의 고도를 유지하고 있기 때문에 고도를 0 m로 한 WGS84와의 차이에서 기인한 것이라고 볼 수 있다.



그림 9. SAR 영상 점표적 응답과 GPS 측정위치 차이 (2012. 02. 17)



그림 10. SAR 영상 점표적 응답과 GPS 측정위치 차이 (2012. 03. 21)



그림 11. SAR 영상 점표적 응답과 GPS 측정위치 차이 (2012. 04. 06)

좌표정보 수치 및 비교 결과를 정리한 내용은 표 3에 나타나 있다.

표 3. 점표적 응답의 위치좌표 비교 수치

Date	AT Info.	LAT	LONG	Distance	
2012. 02.17	AT #0	GPS	-	-	-
	IMAGE	-	-		
	AT #1	GPS	37.36473	126.71966	36.69 m
	IMAGE	37.364697	126.71925		
2012. 03.21	AT #0	GPS	37.36337	126.71803	44.57 m
	IMAGE	37.36332	126.71753		
	AT #1	GPS	37.36487	126.71554	44.10 m
	IMAGE	37.36483	126.71504		
2012. 04.06	AT #0	GPS	37.36333	126.7179	22.46 m
	IMAGE	37.36322	126.71766		
	AT #1	GPS	37.365	126.7153	39.90 m
	IMAGE	37.36495	126.71486		

표 3에서 Distance 부분은 최소 22.46 m에서 최대 44.57 m이다. 수치 자체의 변화로 봤을 때 Offset 개념을 적용하는 것이 어렵지만, 해당 오차에는 촬영 시의 Cosmo-SkyMed가 서로 다른 자세/궤도오차를 가지며, 능동 트랜스폰더 설치 위치 차이로 인한 고도오차, 정확한 DEM을 반영하지 않고 WGS84를 반영함에 따른 오차로 인한 변화 가능성이 존재한다. 그리고 GPS 위치를 기준으로 하였을 때 상대적으로 영상의 위치는 일정한 방향성을 가지며 랜덤하지 않다. 이는 영상의 위치정보와 GPS의 위치정보 차이가 Offset 개념으로 적용 가능하다는 것이며, 능동 트랜스폰더의 점표적 응답을 지상기준점으로 활용하여 SAR 영상의 기하정확도를 향상시킬 수 있는 가능성이 충분하다는 것이다.

5. 결 론

본 연구에서는 SAR 영상 내에서 능동 트랜스폰더의 응답이 지상기준점에 적절한 응답을 갖추었는지와 추후 정사영상을 생성 시 후처리 보정을 할 수 있도록 지상기준점의 역할을 할 수 있는지에 대해서 알아보았다.

SAR 영상 내에서 능동 트랜스폰더 응답의 침투 깊이는 충분히 SAR 영상의 해상도보다 작은 값이며 전력의 집중도를 나타내는 PSLR 및 ISLR도 상당히 작은 수치로, 능동 트랜스폰더의 응답을 충분히 점표적 응답으로 간주할 수 있다는 것을 나타낸다.

이후 SAR 영상에서 능동 트랜스폰더의 응답 위치정보와 GPS 위치정보를 각각 측정 후 비교를 수행하였고, GPS 위치정보를 기준으로 하여 능동 트랜스폰더의 응답이 랜덤 형식이 아닌 일정한 방향성을 가진다는 것을 확인하였다. 이는 능동 트랜스폰더 응답은 Offset 개념이며, 지상기준점으로 활용하여 후보정을 하면 정사영상의 기하정확도를 향상시킬 수 있는 가능성을 가지고 있다는 것을 나타낸다.

6. 향후 계획

본 논문에서는 2개의 능동 트랜스폰더를 활용하여 SAR 영상 내에서 해당 표적의 GCP 활용 여부를 검토하였다. 실험을 할 때 능동 트랜스폰더의 제작 개수, 무게 및 이에 따른 운반 문제로 인하여 2개만을 점표적으로 활용하였으므로, 논문 결과 분석에 어느 정도의 한계성을 가지게 하는 원인이 되었다.

일반적으로 GCP를 활용한 영상의 기하정확도 향상은 가능한 한 많은 GCP가 있어야 하므로 추후의 실험에서는 GCP 개수를 많이 확보하는 것이 우선순위이다. 이후 영상처리를 통하여 GCP로 인한 기하정확도의 개선을 수치화한 후 분석할 예정이며, 가능한 한 해당 지역의 정밀한 DEM을 확보함으로써 연구결과의 신뢰성을 좀 더 향상시킬 계획이다.

참 고 문 헌

1. Bjourn J. Doring, Marco Schwerdt and Robert Bauer., 2007. "TerraSAR-X Calibration Ground Equipment", Proceedings of WFMN07: pp 86-90.
2. 박덕중, 안상일, 천용식, 신재민, 윤재철, 김진희, "Development of Active Transponder for KOMPSAT-5 Mission", Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar, Seoul, Korea, September 26-30, 2011, pp. 794-797.