SAR 위성 검보정 사이트 선택을 위한 분석

금정훈^{1†}, 나성웅²

¹한국항공우주연구원 다목적5호체계팀, ²충남대학교 전기정보통신공학부

A Analysis for Calibration Site Selection of SAR Satellite

Jung-Hoon Keum^{1†} and Sung-Woong Ra²

¹KOMPSAT-5 Program Office, Korea Aerospace Research Institute(KARI), Daejeon 305-333, Korea

²Division of Electrical Engineering and Information & Communication Engineering,
Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

E-mail: jhkeum@kari.re.kr

(Received September 17, 2009; Accepted November 20, 2009)

요 약

탐재체에 따른 위성의 임무가 다양하듯이, 적합한 검보정(Calibration & Validation)을 위한 작업은 탐재체에 따라 특징적인 요소를 가진다. SAR(Synthetic Aperture Radar) 위성의 경우에는 전파를 사용하여 물체를 인식하므로, 검보정을 위해서 특정한 형태로 전파를 반사하는 목표물을 지상에 설치하여야 한다. 또한 이 목표물은 설계된 위성궤도에서 지상목표물을 획득할 수 있도록 하여야 한다. 상기의 목적을 달성하기 위해서는 우선적으로 검보정을 위한 사이트를 면밀히 분석하여야 한다. 여기에서는 상대방사보정(Relative Radiometric Calibration)과 절대방사보정(Absolute Radiometric Calibration) 중에서 후자를 위한 반사기의 점표적 설치를 위해 적합한 검보정 사이트에 대한 고찰을 하였다.

Abstract

CALVAL (Calibration & Validation) shall consider payloads characteristics because satellites have one and/or several payloads in order to perform their various missions. SAR satellite, one of various satellite, shall need to use special ground targets, which can reflect the radar signal to the satellite, because it can see objects with reflected radar signal. Therefore, the special ground targets, which are called generally reflector(corner reflector is the one of them) shall be installed and constructed on the ground path. The satellite must access the targets on that path. To accomplish successful calibration, the CALVAL site including corner reflectors will be surveyed and analyzed using various environment characteristics. In this paper, CALVAL site including point targets(corner reflector) for absolute radiometric calibration except one including distributed targets for relative radiometric calibration has been deeply considered.

Keywords: calibration & validation, calibration site, corner reflector, SAR satellite, backscattering coefficient, RCS, NDVI

[†]corresponding author

그림 1. CR 점표적 SAR 모사영상.

1. 서 론

SAR 위성을 위한 검보정(Cal/Val) 업무는 일반적으로 아래와 같은 내용들을 포함한다.

- ① Relative Radiometric Calibration
- ② Absolute Radiometric Calibration
- ③ Pointing Calibration
- ④ Geo-location Calibration

상기의 검보정 업무를 수행하기 위해서는 SAR 위성을 통해서 특정 관심지역 및 목표물들에 대한 영상이 우선적으로 필요하다. 이는 획득된 SAR 영상자료와 개발 중에 확인된 SAR 탑재체 변수 및 획득된 영상지역 및 목표물에 대한 기초자료를 기반으로만 검보정 세부업무를 진행 할 수 있기 때문이다. SAR 위성의 검보정에서 중요한 것이 방사보정(Radiometric Calibration)이다. 이 방사보정은 상대 방사보정(Relative Radiometric Calibration)과 절대방사보정(Absolute Radiometric Calibration)으로 구분된다. 여기에서는 목표물을 위한 CR(Corner Reflector) 검보정 사이트(Calibration Site)를 설정하기 위한 분석을 정리한다. 목표물을 위한 CR 검보정 사이트란 절대방사보정을 위해 제작된 각면관반사기(Corner Reflector)인 목표물을 설치할 부지를 의미한다. 이 CR 검보정 사이트에는 여러 개의 각면관반사기가 설치되고, SAR 위성이 이에 대한 여러 장의 영상자료를 획득할 수 있도록 한다. 원칙적으로는 설계된 SAR 위성의 각 빔에 대해 모두 검보정을 수행하여야 하므로, 최소한 각 빔당 1개 이상의 CR 영상을 획득하여야 한다. 영상에는 각면관반사기가 그림 1과 같이 형성될 것이다. 절대방사보정을 수행하기 위해서는, 현실적으로 비용과 시간이 많이 소요된다. 따라서 검보정을 용이하게 하기 위하여 안테나 모델(Antenna Model)을 이용하는 방법이 많이 사용되고 있다.

안테나 모델은 SAR 위성에 설계된 모든 빔에 대한 해석 자료를 제공하므로, 지상에서 시험한 선정된 빔에 대해 실제 위성으로부터 CR 점표적 영상을 획득한다면, 각 빔에 대한 검보정 값을 추출해

그림 2. ERS에 의한 전지구 연중 평균 역산란계수 지도(45°에서 내삽)(Prigent et al. 2005).

낼 수 있다. 물론, 정확한 자료분석을 위해서 가능한 최적의 CR 검보정 사이트를 구축하고, 위성발사 후 가능한 빠른 시간 내에 자료를 획득하는 것이 검보정의 정확도와 일정을 최적화 할 수 있다.

2. 검보정 사이트 요구사항

SAR 위성을 위해 수행하는 검보정 활동(Cal/Val Activity)에서 핵심적인 업무인 방사보정을 위해서는 분포표적(Distributed Target) 뿐만이 아니라 건설한 점표적(Point Target) SAR 영상정보가 반드시 필요하다. 분포표적인 경우는 일정하며 변화가 적은 역산란계수(Backscattering Coefficient)를 가지고, 인공구조물등이 없으며 가능하면 위성영상을 획득하기 용이한 넓은 영역이 적합하다. 점표적인 경우에도 지표면의 역산란계수와 CR의 RCS(Radar Cross Section) 사이의 차이가 크고, 주변 인공구조물에 의한 레이더 반사신호의 유입이 가능한 한 없으며, 위성궤도에서 설계된 빔으로 점표적을 여러번 용이하게 획득할 수 있어야 한다. 이를 위해서 CAL Site의 구축을 위한 위치는 다양한 조사와 분석이 필요하다. 우선 CAL Site는 한반도내에 있는 특정평야지대 및 간척지를 고려하였다. 그러나 지형적으로 산과 다양한 형태의 식생을 가진 한반도에서 건설한 점표적 SAR 영상정보를 위해 필요한 점표적 CAL Site 선정에 문제점들이 있었다. 이로 인해 아래와 같은 기준을 중심으로 CAL Site 고찰이 가능하다.

- ① 지형 및 식생이 매우 단순한 지역
- ② 인공구조물이 없는 넓고 평탄한 지역
- ③ 고위도지역으로 접근에 용이한 지역
- ④ 년중 식생의 변화가 적은 지역
- ⑤ 강수량이 적고 안정된 지역
- ⑥ 일교차가 적고 안정된 지역

점표적을 위한 검보정 사이트의 일반적인 고려사항의 핵심은 점표적을 레이더 영상에서 명확히 확인하고자 함이다. 이는 결국 점표적 주변의 역산란계수가 낮을수록 점표적 분별이 용이하며, 정보추출에 오차를 줄일 수 있기 때문이다. 이런 특성을 지닌 곳은 일반적으로 “지형 및 식생이 단순”한 지역으로 역산란계수의 값이 낮으며 매우 일정한 값을 가진다. 적합한 부지의 설정을 위해 전 지구

그림 3. 일반적 대지산란모델(Merrill 2008).

지표면의 역산란계수 값을 분석해 볼 필요가 있다. 그림 2는 ERS Scatterometer 자료를 이용한 전 세계 지역에 걸친 역산란계수를 보여준다. 물론 ERS Scatterometer는 5.25GHz를 사용하므로, 이와 다른 특정 주파수를 사용하는 SAR의 경우는 역산란계수와 일대일 적합성을 확인할 수는 없다. 그러나, 그림 3은 주파수에 따른 역산란계수모델을 보여주고 있다. 그 내용은 동일한 입사각(Incidence Angle)에서는 주파수가 높아짐에 따라 알려져 있는 사실처럼 표면산란이 많아지므로 역산란계수 값이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 그 변화는 선형적 증가이므로 5.45GHz의 ERS Scatterometer가 분석한 값을 기반으로 검보정 사이트 부지를 고찰해 볼 수 있다.

따라서, 그림 2를 바탕으로 최저 역산란계수를 가지는 지역들을 최적의 후보지로 요약할 수 있다. 접근성 및 위성접근 횡수를 고려한 고위도를 고려하면, 중국 북부 및 몽골지역, 호주 중앙부, 캐나다 내륙 등을 고려할 수 있다.

3. 검보정 사이트 선택 및 고찰

역산란계수를 통한 선정된 지역을 기반으로 지역의 균일성을 고찰하기 위해, 검보정 사이트를 위한 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 분석해 볼 필요가 있다. NDVI는 식생분포에 따라 $0 \leq \text{NDVI} \leq 1$ 로써 식생이 활발한 지역이며, $-1 \leq \text{NDVI} \leq 0$ 로써 토지피복 형태가 콘크리트 등으로 되어 있어 식생이 매우 낮은 지역이다.

NDVI가 높은 곳은 다양하고 많은 수목들이 분포하는 삼림지역이다. 이런 지역은 SAR 위성을 위한 지상 목표물인 CR이 수목들의 높이보다 낮은 관계로 SAR 신호의 반사를 위성이 획득하기가 어

그림 4. MODIS VI composite algorithm 이용한 NDVI(BRDF/CV-MVC/MVC Approach)(Huete Alfredo et al. 1999).

그림 5. 몽골의 지형 및 생태계.

럽다. 또한 이런 경우는 고해상의 SAR 위성일 때 높은 주파수 대역을 사용해야 하므로 신호가 수목의 가장 윗부분에서 산란되어 투과되기가 어려우므로 적합하지 않다.

NDVI가 낮은 곳은 물이 있는 곳이나 식생이 거의 없는 시가지이다. 시가지의 경우 부지의 특성상 매우 고른 역산란계수를 제공할 수는 있으나, 인공구조물이 매우 많으므로 레이더용 지상목표물을 설치하기에 적합하지 않다. 따라서, 식생지수가 0.0 ~ 0.2 정도인 나대지나 짧은 풀들이 존재하는 지역이 적합하다. 그림 4는 MODIS(MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) 자료를 이용한 전지구 NDVI 지도를 보여준다. “ $0.0 \leq \text{NDVI} \leq 0.2$ ”로 분포하는 지역을 확인하면, 중국 북부 및 몽골지역, 호주 중앙부, 캐나다 내륙 등을 확인할 수 있다. 이로 인해 “지형 및 식생이 매우 단순한 지역”으로써의 요구사항을 만족하는 것으로 확인된다.

그림 5에서 나타나듯이 몽골(Mongolia)은 중국과 러시아 사이에 위치한 내륙지역으로 서쪽으로는 산맥과 산림이 존재하며, 특히 고비사막(Gobi Desert) 북동쪽인 몽골 남서부지역은 NDVI가 ‘0’ 정도인 스텝기후 또는 사막스텝기후지역이다. 스텝기후지역은 넓은 초원과 나대지가 펼쳐진 지역으로

그림 6. 몽골의 기후환경.

“인공구조물이 없는 넓고 평탄한 지역”이라는 요구사항을 만족한다.

절대방사보정을 위한 지상 목표물인 CR은 구조적으로 물이 고여 있을 수 있는 형태이므로, 설계 단계에서 고인 물을 배수시키기 위한 구멍(Drainage Holes)을 고려해야만 한다. 그러나, 검보정 사이트 지역에 강수량이 많으면 절대방사정밀도를 검증하기 위해 적합한 SAR 영상자료를 획득하기 어렵다. 그림 6은 몽골의 기후환경(mongolia climate)¹⁾을 보여주고 있는데, 현재까지 고려하고 있는 몽골 서남부 지역은 스텝기후 지역으로 연평균 강수량이 5 ~ 15cm 정도로 많지 않고, 온도분포는 최고 온도 기준으로 7월은 +20°C 내외이며, 최저온도 기준으로 1월은 -17°C 내외로 분포함을 알 수 있다. 일반적으로 알려진 몽골의 기후는 매우 가혹한 환경이지만, 이런 지역은 대체로 몽골 서북쪽으로 위치해 있다. 몽골 동남쪽은 고비사막과 인접해 있으므로 서북쪽보다는 온도가 약 5°C 가량 높아 상대적으로 안전한 지역에 속한다.

그러나, SAR 위성을 위해 설계된 지상목표물인 CR의 RCS 값과 실제 영상으로 획득하여 추출된 Sigma-Naught를 비교분석하기 위해서는 다양한 오차변수들을 고려해야 한다. 온도차나 아주 낮은 온도나 높은 온도의 환경에서 나타나는 CR 반사신호의 변이값들을 고려하려면 CR 설계시에 이에 대한 요구사항을 반영하여 제작할 필요가 있다.

그러나 무엇보다도 CR의 목적은 획득된 레이더 영상에서 신호의 크기를 확인하고자 함이다. 때문에 CR 주변 배경의 역산란계수가 SAR 위성이 촬영시 항상 균일하며 고르게 낮은 값을 유지하도록 검보정 사이트를 구성하는 것이 필요하다. 그림 7은 몽골의 년중 식생분포를 나타낸 것이다. 지금까지 고려된 지역은 몽골 동남쪽으로, 수도인 울란바타르(Ulanbataar)와 고비사막 북쪽에 위치한 만달고비(Mandalgobi) 사이 지역이다. 그림 7에 따라 고려되는 지역이 년중 10% 이하의 식생변화를 보이고 있음을 확인할 수 있다. 이는 결국 SAR 위성을 위한 검보정 사이트를 구축하였을 때, “연중 식생의 변화가 적은지역”이라는 요구사항에 부합하여, 연중 균일한 CR 레이더 영상을 획득할 수 있음을 시사한다.

4. 결 론

최근 다양한 원격탐사자료들이 필요함에 따라 SAR 위성에 대한 수요가 증가하고 있다. 그러나 오랜 기간 동안 진행해 온 광학영상위성개발은 상대적으로 많은 검보정에 대한 Know-How를 축적

¹⁾http://www.photius.com/countries/mongolia/climate/mongolia_climate_climate.html(Accessed: 01/2008)

그림 7. 몽골의 녹지 월별 변화도(Purevdori et al. 2008).

하고 있지만 SAR 위성의 경우는 그렇지 못하다. 검보정 사이트 구축이 레이더 검보정 기술의 핵심이라고 할 수는 없으나, 검보정 수행을 위해 설계시 필수고려사항임을 인지할 때 중요한 부분에 하나임이 아닐 수 없다. 이 논문에서는 SAR 검보정을 위해 적합한 검보정 사이트 부지를 위한 기본적인 고찰을 수행하였다. 지속적인 SAR 위성의 검보정을 위한 사이트의 구축을 목적으로 한다면, 전 지구적 범위에서 최적의 장소를 고찰해 볼 필요성은 존재한다. 여기서는 상기의 목적을 기준으로 최적의 장소를 고찰해 보았으며, 그 결과로 몽골지역이 일반적인 SAR 위성의 검보정 사이트로 만족되는 것을 확인하였다.

참고문헌

- Afredo, H., Chris, J., & Wim, V. L. 1999, MODIS Vegetation Index Algorithm Theoretical Basis Document, Ver.3 (Virginia: UAA)
- Karnieli, A., Bayasgalan, M., Bayarjargal, Y., Agam, N., Khudulmur, S., & Tucker, C. J. 2006, IJRS, 10, 2017
- Merrill, S. 2008, Radar Handbook (New York: McGraw-Hill), p.16.32
- Prigent, C., Tegen, I., Aires, F., Marticorena, B., & Zribi, M. 2005, JGR, 110, D09205

Purevdori, Ts., Tateishi, R., & Yokoyama, R. 2008, Monthly images of green vegetation coverage of Mongolia, http://www-cger.nies.go.jp/grid-e/gridtxt/grid_tsukuba.html (Accessed: 01/2008)