

원형레일 기반의 지상 SAR 시스템 시뮬레이션 S/W 개발

김광은, 조성준

Kwnag-Eun Kim, Seong-Jun, Cho

한국지질자원연구원

kimke@kigam.re.kr, mac@kigam.re.kr

요약문

지상 SAR 시스템은 산사태, 지반침하, 댐이나 대규모 지상시설의 변위 등에 대한 정밀 모니터링을 위한 기술로 주목받고 있다. 본 연구에서는 원형레일 기반의 지상 SAR 시스템에 대한 Forward Modeling S/W를 개발하였다. 이는 기존의 선형 레일을 이용하는 지상 SAR 시스템의 응용성 확대를 위해 원형레일 기반의 지상 SAR 시스템을 개발하고자 하는 연구의 일환으로서, 안테나를 원형 레일을 따라 움직이며 얻어지는 경우의 지상 SAR 자료획득 체계 설계와 영상화 처리 알고리즘의 개발 및 검증에 활용하기 위한 것이다. 여러 개의 point scatters를 대상으로 선형 레일을 따라 움직이는 안테나에 대한 시뮬레이션을 통해 얻어진 SAR raw signal 자료에 대하여 기존의 SAR 영상화 처리 알고리즘을 적용한 결과, 정확한 영상이 얻어지고 있음을 확인하였다.

1. 서론

지상 SAR(GB-SAR, Ground Based SAR) 시스템은 지상에 설치된 선형 레일을 따라 안테나를 이동시키며 대상체에 대한 SAR 영상을 획득하는 장치로서, 합성구경 레이더 기법이 가지고 있는 고유의 장점을 그대로 가지면서, 동시에 지상에서 편리하게 운용될 수 있어 (Zhou et al., 2003), 눈사태나 산사태 모니터링, 지반침하 모니터링, 댐 등 대형 구조물에 대한 모니터링 등 다양한 대상에 대한 모니터링 기술로서 주목받고 있다(Tarchi et al., 2000; Pieraccini et al., 2005, Alba et al., 2008).

국내에서도 지상 SAR 시스템이 개발된 바 있으며(이훈열 등, 2007), 대기영향을 보정하여 SAR 간섭기법을 적용할 경우, 개발된 지상 SAR 시스템을 이용하여 1mm이내의 오차범위로 목표물의 위치 변화를 탐지할 수 있음을 확인한 바 있다(Lee et al., 2008).

그러나, 지상 SAR 시스템을 운용하기 위해서는 지상에 레일을 설치해야 하는데, 고정밀로 제작된 레일의 운반 및 설치가 용이하지 않아서 현장 적용성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하고자 차량에 원형의 레일을 탑재함으로써 신속한 기동성을 확보함과 동시에 합성구경의 길이를 늘리며 영상 영역을 확장할 수 있는 기술을 개발하고자 하는 연구가 시작되어, 이에 대한 개념 설계 결과가 보고된 바 있으며(조성준 등, 2008), 현재 원형레일과 관련 운용시스템의 시작품 제작이 완료되어 시험 자료 획득을 위한 준비가 진행 중이다.

이와 같이 원형 레일을 따라 안테나를 이동시키면서 획득된 SAR 자료는 영상화 처리(SAR signal processing)를 하는데 있어 기존의 선형으로 이동하는 플랫폼을 기반으로 얻어지는

SAR 자료의 영상화 처리기법을 그대로 사용할 수 없기 때문에, 원형 레일을 따라 얻어진 SAR 자료의 영상화 처리를 위한 알고리즘 개발이 진행되고 있다.

본 연구에서는 point target에 대한 모의 지상 SAR signal 자료를 생산할 수 있는 시뮬레이션 S/W를 개발하였다. 시뮬레이션 S/W는 원형 레일기반의 지상 SAR 자료 영상화 알고리즘의 검증과 대상체의 특성에 따른 지상 SAR 자료 획득 체계 설계를 위해 사용하기 위한 것이다.

2. 이론

항공기나 인공위성 SAR 시스템에서 FM 변조된 펄스를 이용하는 것과 달리, 지상 SAR 시스템에서는 SF-CW(Stepped Frequency Continuous Wave)를 이용한다. 즉, 특정 bandwidth B 내에서 일정한 주파수 간격(Δf)의 N 개의 단일 파장 마이크로웨이브를 송수신한다($B=(N-1)\Delta f$). 따라서 획득되는 raw signal의 형태는 N 개의 주파수에 대한 amplitude와 phase 값으로 구성되는 주파수 영역의 자료가 되는데, 이를 푸리에 역변환(Inverse Fourier Transform)함으로써 시간영역의 pulse 신호를 얻게 된다. pulse를 송수신하는 SAR 시스템에서는 pulse duration이 τ 라고 할 때, range 방향의 해상도는 $\Delta r = c\tau/2$ 이며, pulse duration τ 는 $1/B$ 이므로 지상 SAR에서의 range 방향 해상도는 $\Delta r = c/2B$ 가 된다. 본 연구에서는 point target들에 대해 선형 및 원형 레일을 기반으로 얻어지는 지상 SAR raw signal을 모의할 수 있는 S/W를 개발하였다.

그림 1은 본 시뮬레이션 S/W를 이용하여 안테나로부터 90미터 떨어진 지점에 존재하는 1개의 point scatter에 대해 5GHz~5.6GHz의 주파수 대역에 대해 0.375MHz씩 변화시키면서 측정된 총 1601개 주파수에 대한 모의된 raw signal의 일부를 보여주고 있다.

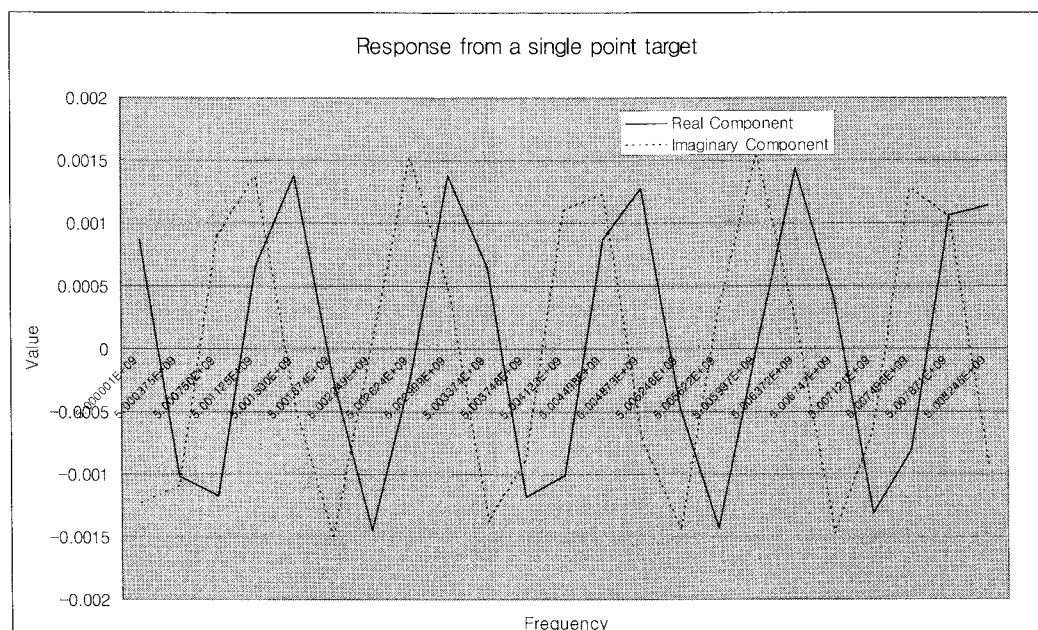


그림 1. 하나의 point scatter를 대상으로 5GHz~5.6GHz의 주파수 대역에서 0.375MHz씩 변화시키면서 모의 생성된 raw signal의 일부.

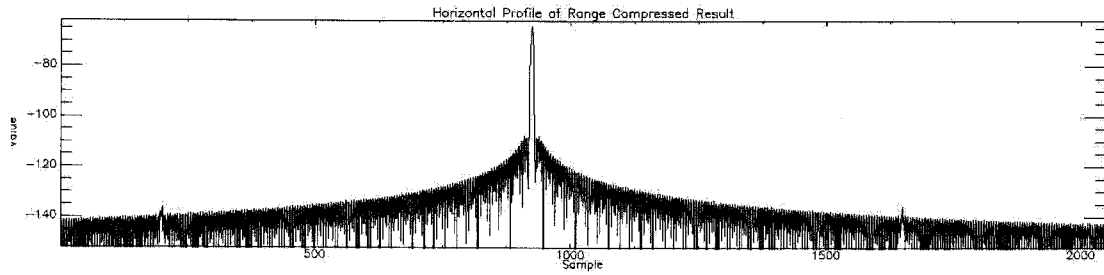


그림 2. 주파수 영역 raw signal을 푸리에 역변환(Inverse Fourier Transform)함으로써 얻어진 시간영역의 펄스 자료.

그림 2는 그림 1의 주파수 영역 raw signal을 푸리에 역변환(Inverse Fourier Transform)함으로써 얻어진 시간영역의 펄스 자료를 보여주고 있다. 1개의 point scatter에 의한 반사 신호가 펄스 형태로 나타나고 있음을 알 수 있다. 그림 3은 5m 길이의 선형레일을 따라 안테나를 5cm씩 이동시키면서 획득된 모의 raw signal을 푸리에 역변환하여 얻어진 자료, 즉 range compressed 영상자료(a)와, Deramp FFT 기법(이훈열 등, 2007)을 이용하여 SAR 영상화 처리가 수행된 결과(b)를 보여주고 있다. 모형으로 정의된 한 개의 point scatter에 대한 정확한 영상이 얻어지고 있어 본 연구에서 개발된 시뮬레이션 S/W가 정확한 raw signal을 생성하고 있음을 보여준다.

그림 4는 그림 3에 나타낸 결과와 동일한 조건으로 5개의 point scatters에 대하여 모의된 raw signal로부터 계산된 range compressed signal(a)과 최종 SAR 영상화 처리 결과(b)를 나타낸 것으로, point scatter 들의 위치가 정확히 영상화되고 있음을 알 수 있다.

한편, 원형레일을 기반으로 수행되는 지상 SAR 시스템에서는 그림 5에 나타낸 바와 같이, 회전하는 방향에 수직한 방향으로 마이크로웨이브를 송수신하는 Scan Mode와 회전하는 방

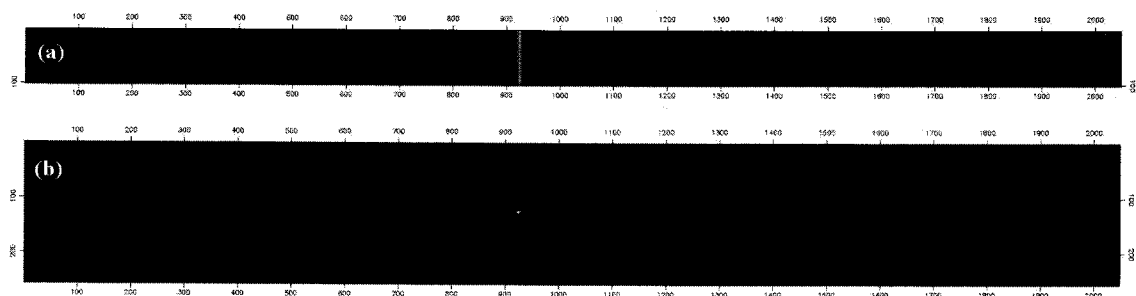


그림 3. (a) 한 개의 point scatter를 대상으로 5m 길이의 선형레일을 따라 안테나를 5cm씩 이동시키면서 획득된 모의 raw signal을 푸리에 역변환하여 얻어진 range compressed 영상자료. (b) 이를 Deramp FFT 기법(이훈열 등, 2007)을 이용하여 SAR 영상화 처리를 수행한 결과

향과 관계없이 일정한 방향으로 송수신하는 Spot Mode로의 영상자료 획득이 가능하다. 그림 6에는 그림 4의 결과를 얻는데 사용되었던 5개 Point Scatter들에 대하여 원형레일을 기반으로 Scan Mode로 얻어진 raw signal에 기존의 선형레일을 기반으로 하는 SAR 영상화 처리기법을 적용시킨 결과를 나타냈다. 이때 안테나는 45°에서 135°까지 90°의 범위를 0.5°간격으로 회전시키면서 raw signal을 얻는 것으로 가정했으며, 따라서 총 181개 지점에서의 자료가 모의 생성되었다. 그림 6에서 보듯이 기존의 선형레일기반의 SAR 영상화 처리기법으로는 영상화 처리가 이루어지지 못함을 알 수 있다.

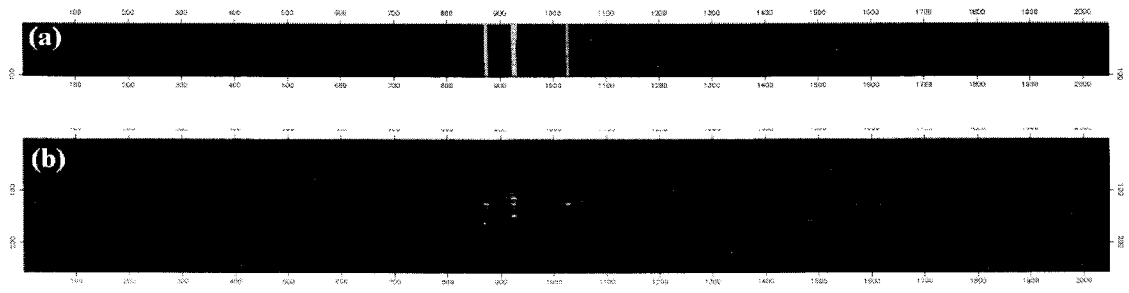


그림 4. (a) 5 개의 point scatters를 대상으로 5m 길이의 선형레일을 따라 안테나를 5cm 씩 이동시키면서 획득된 모의 raw signal을 푸리에 역변환하여 얻어진 range compressed 영상자료. (b) 이를 Deramp FFT 기법(이훈열 등, 2007)을 이용하여 SAR 영상화 처리를 수행한 결과

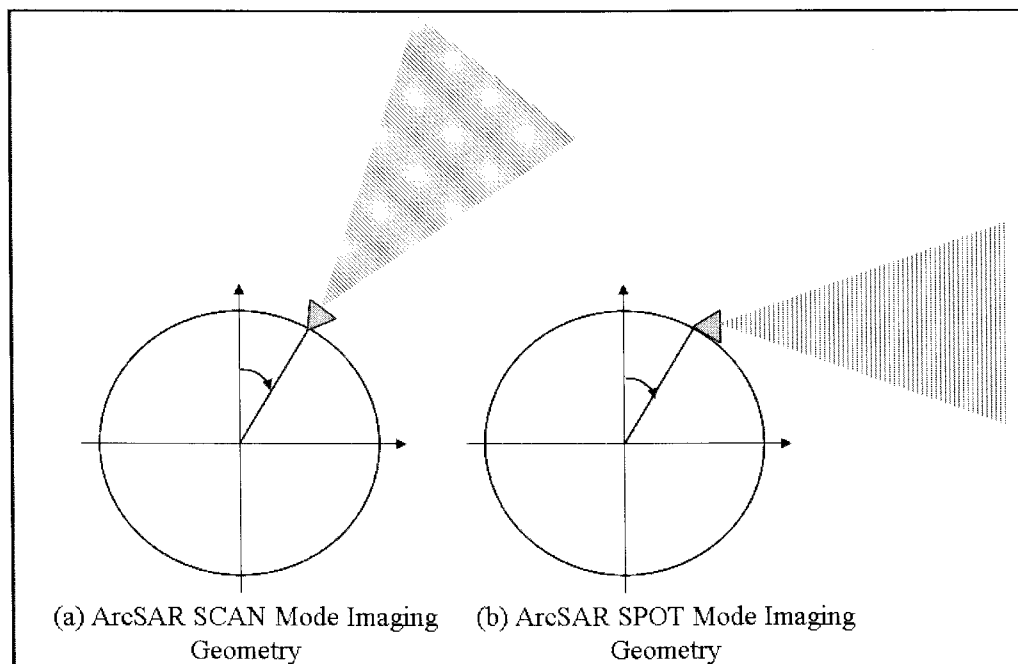


그림 5. ArcSAR의 영상획득 모드. (a) Scan Mode, (b) Spot Mode.

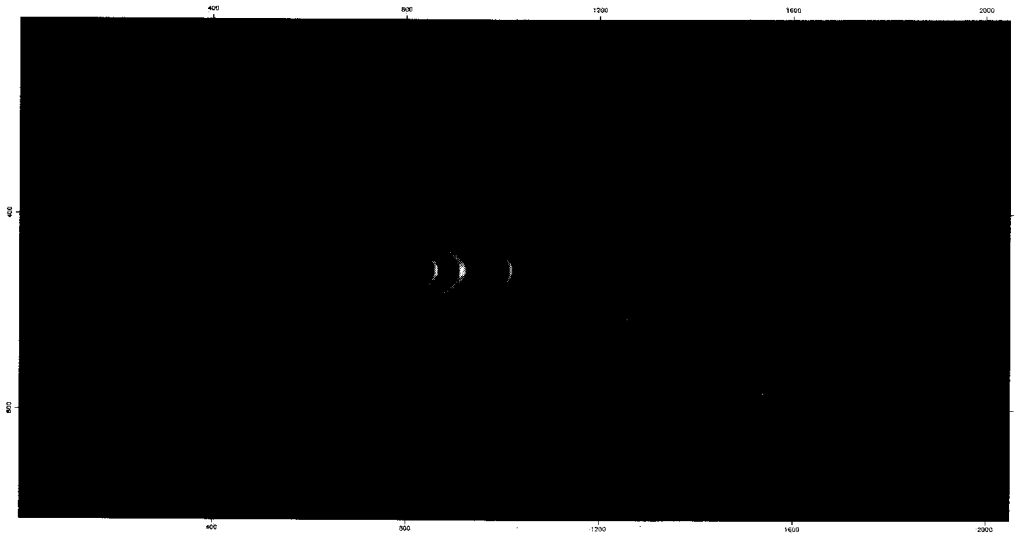


그림 6. ArcSAR SCAN Mode로 모의 생성된 raw signal에 기존의 선형레이 기반의 SAR 영상화 처리기법을 적용시킨 결과.

3. 결론

본 연구에서는 원형레이 기반의 지상 SAR 시스템에 대한 Forward Modeling S/W를 개발하였다. 여러 개의 point scatters를 대상으로 선형 레일을 따라 움직이는 안테나에 대한 시뮬레이션을 통해 얻어진 SAR raw signal 자료에 대하여 기존의 SAR 영상화 처리 알고리즘을 적용한 결과, 정확한 영상이 얻어지고 있음을 확인할 수 있었으며, 이는 본 시뮬레이션 S/W가 정확한 raw signal을 생성하고 있음을 의미한다. 또한, 원형레이를 기반의 Scan Mode로 모의 생성된 raw signal에 기존의 선형레이를 기반으로 하는 SAR 영상화 처리기법을 적용시킨 결과, 영상화 처리가 이루어지지 못하고 있어 ArcSAR 영상화 처리를 위한 새로운 알고리즘의 개발이 필요함을 확인할 수 있었다. 본 연구는 기존의 선형 레일을 이용하는 지상 SAR 시스템의 응용성 확대를 위해 원형레이 기반의 지상 SAR 시스템을 개발하고자 하는 연구의 일환으로서, 안테나를 원형 레일을 따라 움직이며 얻어지는 경우의 지상 SAR 자료획득 체계 설계와 영상화 처리 알고리즘의 개발 및 검증에 활용될 것으로 기대된다.

4. 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보CO3)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

이훈열, 조성준, 성낙훈, 김정호, 2007, GB_SAR의 개발(I): 시스템 구성과 간섭기법,

Korean Journal of Remote Sensing, 23(4):237-245

조성준, 이훈열, 김광은, 2008, 차량 탑재형 Arc-SAR 시스템 개념 설계, 대한원격탐사학회 2008 춘계학술대회 논문 초록집, ??-??

Alba, M., Bernardini, G., Giussani, A., Paolo P., Roncorono, F., Scaion, M., Valgoi, P., Zhang, K., 2008, Measurement of Dam Deformations By Terrestrial Interferometric Techniques, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 17, Part B1:133-139

Pieraccini, M., Fratini M., Parrini, F., Pinelli, G., Atzeni, C., 2005, Dynamic Survey of Architectural Heritage by High-Speed Microwave Interferometry, IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., 2(1):28-30,

Tarchi, D., Rudolf, H., Pieraccini, M., Atzeni, C., 2000, Remote Monitoring of Buildings Using a Ground-Based SAR : Application to Cultural Heritage Survey, 2000, Int. J. Remote Sensing, 21(18):3545-3551