

차량 탑재형 Arc-SAR 시스템 개념 설계

Concept Design of Arc-SAR System Mounted on a Vehicle

조성준*, 이훈열**, 김광은*

Seong-Jun Cho*, Hoonyol Lee** and Kwang-Eun Kim**,

*한국지질자원연구원, **강원대학교 지구물리학과
mac@kigam.re.kr, hoonyol@kangwon.ac.kr, kimke@kigam.re.kr

Abstract: 본 논문에서는 레일형 GB-SAR의 단점을 극복하고자 차량에 원형레일을 탑재하여 신속한 기동을 확보하고 합성구경의 길이를 늘리며 영상영역을 확장한 Arc-SAR의 설계안을 제시한다. 하드웨어 측면에서 살펴보면, 밴형 차량의 상부에 원형레일을 설치하고 마이크로파 송, 수신 안테나를 탑재한 후 레일 위를 1mm 이내의 정밀도로 이동시키며, 자료를 획득하게 된다. 이때 안테나에 연결된 동축 케이블은 차량 내부의 송, 수신 장치에 연결되는데 RF대역에서 완벽히 작동하는 슬립링이 없기 때문에 내부 송, 수신 장치를 턴 테이블위에 장착하여 외부 안테나의 이동과 동일한 각도로 회전하여, 동축 케이블의 꼬임을 방지하게 된다. 송, 수신 장치의 구성은 벡터 네트워크 분석기를 기반으로 마이크로파 앰프, 마이크로파 스위치로 구성되며, 통합 제어 소프트웨어를 통해 외부 안테나의 이동과 함께 제어된다. 한편, Arc-SAR 영상의 구현은 원형레일을 따라 얻어지는 합성구경의 기하학적인 특수성을 감안하여 최초로 시도될 것이다. 이 시스템은 RTK-GPS를 장착하여 지반변형 모니터링 시 차량 이동 오차를 최소화 하고자 하며, 이외에 고정형 산란체를 이용하여 차량 이동 오차를 보정하고자 한다. 또한 AWS (Automatic Weather System)을 장착하여 위상의 대기보정을 동시에 수행할 것이다. 이 시스템은 차량 탑재에 의한 기동성의 확보로 침수나 침하 등 긴급 재난 지역에 즉각적인 대응이 가능하며, 대형 구조물의 주기적인 변형 모니터링 등에 활용성이 클 것이다.

1. 서론

GB(Ground Based)-SAR는 레일과 같이 지상에서 안정적인 안테나의 움직임을 통하여, 일반적인 SAR 시스템과 유사한 영상 획득 원리로 산란체의 마이크로파 반사 신호를 측정할 수 있는 지상 SAR 시스템으로, 유럽에서는 LISA를 이용해 산사태 지역을 간섭기법을 통해 모니터링

한 연구결과를 발표 한 바 있으며 (Leva et al., 2003), 일본과 호주에서는 Pol-GB-SAR (Polarimetric GB-SAR)와 In-GB-SAR (Interferometric GB-SAR) 시스템 개발(Hamasaki et al, 2005; Zhou and Cloude, 2005)이 발표된 바 있으며, 전 세계적으로 기술개발 초기 및 시험운용 단계라 할 수 있다. 국내

에서도 이훈열 등(2007)에 의해 GB-SAR 시스템 및 영상처리기법 개발이 연구되고 있다.

그런데 레일형 GB-SAR는 반복측정을 통해 mm 이내의 변형까지 감지할 수 있는 높은 해상도를 자랑하나 이를 위해서는 레일을 모니터링 위치에 고정시켜야 하는데 고정밀 레일의 제작비용이 매우 비싸며, 측정장치의 운반과 설치 역시 매우 복잡한 작업이다. 이러한 GB-SAR의 단점을 해결하기 위해 본 연구에서는 차량에 원형레일을 탑재하여 신속한 기동을 확보하고 합성구경의 길이를 늘리며 영상영역을 확장한 Arc-SAR 개발을 위한 개념설계를 제시하고자 한다. 국내에서 지상에서 운행되는 자동차용 SAR 시스템이 구현된 바 있으나(Cho et al., 2006) 이는 차량에 안테나를 탑재하여 차량이 달리면서 SAR 영상을 획득하는 것으로, 본 연구에서와 같이 차량 위에 레일을 탑재하여 고정밀의 영상을 획득하는 것과는 개념이 다르다고 할 수 있다.

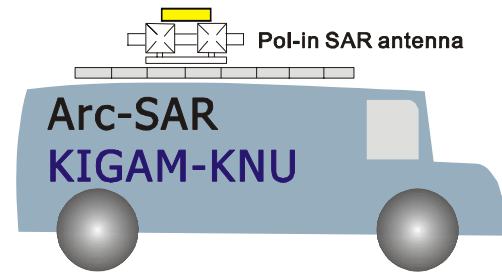
본 논문에서는 Arc-SAR의 개념에 대해 기술하고 하드웨어의 구성과 영상기하에 대해 논한다.

2. Arc-SAR의 개념

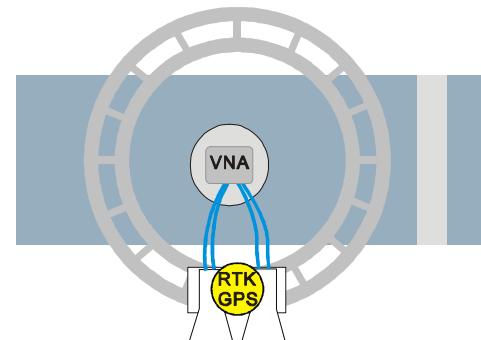
Arc-SAR는 차량위에 원형 레일을 탑재하여 원형레일 위를 마이크로 밴드 안테나가 정밀하게 이동하면서 반사되어온 마이크로파를 측정 후 SAR 영상 처리기법을 통해 영상을 구현하게 된다.

Fig. 1은 Arc-SAR의 개념도로서 밴형의 차량위에 반경 1 m의 원형레일을 탑재한 후 차량내부에 설치된 벡터 네트워크 분석기를 통해 마이크로파를 송,수신하게 된

다. 이때 안테나 위에는 RTK GPS를 장착하여 장주기 모니터링을 위해 동일한 위치에 와서 다시 측정을 하게 될 때 측정 위치의 오차를 최소화 하며, 이후의 미세한 차량이동 오차는 고정형 산란체를 이용하여 보정하고자 한다. 또한 AWS (Automatic Weather System)을 장착하여 위상의 대기보정을 동시에 수행하게 된다.



(a) Side view



(b) Plane view

Fig. 1. Concept design of Arc-SAR.

Table 1은 GB-SAR와 Arc-SAR를 비교한 것으로 분해능 측면에서 합성구경의 길이를 늘리며 영상영역을 확장한 Arc-SAR가 GB-SAR에 비해 더 낫을 것으로 예상하고 있다. 그러나 이를 영상화하기 위해서는 새로운 SAR focusing 기법이 필요하며, 이는 기술적으로 새로운 도전이 될 것이다.

Table 1. Comparison of GB-SAR and Arc-SAR.

	GB-SAR	Arc-SAR (World first)
Scan Type	Linear	Arc
Scan Load	Heavy	Light
RF stability	Stable	Stable
Resolution	High	Higher due to wider azimuth bandwidth
Phase repeatability	High	Low (Still now)
SAR focusing	Conventional	New
Major application	DInSAR change detection	Emergency Mapping (Still now) DInSAR change detection (future)

3. Arc-SAR의 하드웨어 구성

Fig 2는 Arc-SAR의 하드웨어 구성도

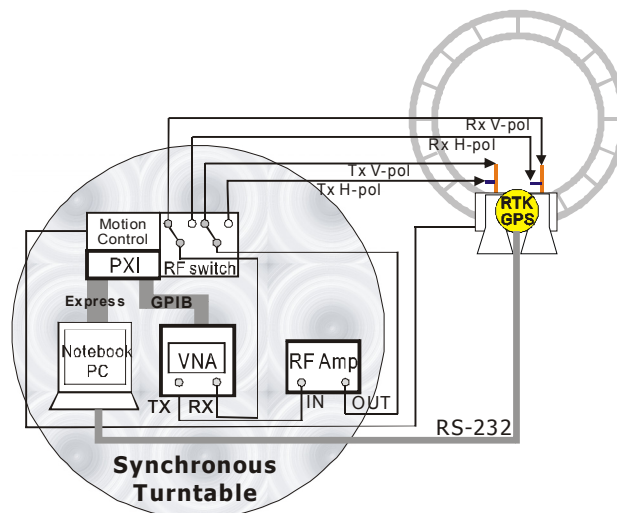


Fig. 2. Hardware configuration of an Arc-SAR

이다. 벡터 네트워크 분석기에서 발생된 스텝주파수 신호가 RF 파워앰프와 RF 스위치를 거쳐 분극 송신안테나를 통해 복사되게 된다. 반사파는 분극 수신 안테나와 RF 스위치를 거쳐 벡터 네트워크 분석기를 통해 획득되며, GPIB 인터페이스로 연결된 PXI를 거쳐 노트북에 도시된다. 한편 한 위치에서 자료가 획득된 후 안테나는 PXI의 모션 컨트롤에 의해 제어되는 서보 모터에 의해 원형 레일을 따라 다음 위치로 이동하게 된다. 이때 안테나에 연결된 동축 케이블은 차량 내부의 송, 수신 장치에 연결되는데 RF대역에서 완벽히 작동하는 슬립링이 없기 때문에 내부 송, 수신 장치를 턴 테이블위에 장착하여 외부 안테나의 이동과 동일한 각도로 회전하여, 동축 케이블의 꼬임을 방지하게 된다.

4. Arc-SAR의 영상 기하

Arc-SAR는 Fig. 3에서 보듯이 회전축을 중심으로 원형 레일을 따라 안테나가 이동하면서 마이크로파 송수신을 통해 목표지점의 후방반사 자료 얻는다. 극좌표계

로 (R, θ) 에 놓여있는 지상의 한 지점에 대하여 안테나의 에너지가 조사되는 범위에 해당되는 coherent integration arc인 θ_s 와 coherent integration length인 L_s 는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$\theta_s = \theta_a - 2 \sin^{-1} \left(\frac{r_s}{R} \sin \frac{\theta_a}{2} \right) \quad (1)$$

$$L_s = R \theta_s \quad (2)$$

여기서, r_s 는 회전축이 되는 원점에서 안테나까지의 반경이고 θ_a 는 안테나 빔의 폭으로서, 안테나의 구경이 L_a 이고 파장이 λ 일 때 $\theta_a = \lambda/L_a$ 로 주어진다. coherent integration arc length는 영상의 해상도와 비례하며, Arc-SAR 영상화를 거친 후 각해상도 $\delta\theta$ 는 대략적으로 다음과 같이 주어진다.

$$\delta\theta = \frac{\lambda}{2L_s} \quad (3)$$

Arc-SAR는 직선모양의 GB-SAR에 비하여 L_s 의 길이를 늘려 고해상도 레이더 영상을 구현하면서도 전방위적으로 영상을 획득할 수 있다는 장점이 있다. 이 때, 안테나의 각도를 특정 목표물을 지속적으로 지향하도록 조절하여 L_s 의 길이를 늘려 보다 고해상도의 영상을 얻는 Spot 영상 모드도 가능하다.

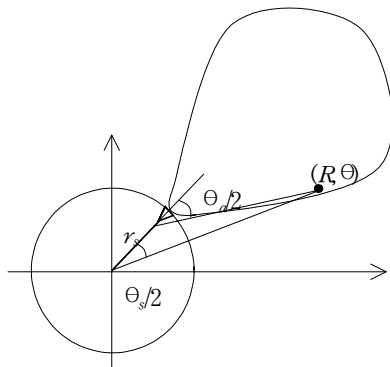


Fig. 3. Arc-SAR imaging geometry

4. 감사의 글

본 연구는 건설교통부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- 이훈열, 조성준, 성낙훈, 김정호, 2007 GB-SAR의 개발(I): 시스템 구성과 간섭 기법, *Korean Journal of Remote Sensing*, 23(4):237-245.
- Cho, B. L., Y. K Kong, H. G. Park, and Young-Soo Kim, 2006. Automobile-based SAR/InSAR System for Ground Experiments, *IEEE Geoscience And Remote Sensing Letters*, 3(3): 401-405.
- Hamasaki, T., Sato, M., Ferro-Famil, L., and Pottier, E., 2005, Natural objects monitoring using Polarimetric Interferometric Ground-Based SAR (GB-SAR) system, in *Proc of IGARSS 2005*, Seoul 25-29 Jul. p. 4092-4099
- Leva, D., Nico, G., Tarchi D., Fortuny-Guasch, J. and Sieber, A. J., 2003, Temporal analysis of a landslide by means of a ground-based SAR interferometer, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, v.41, n.4, p.745-752
- Zhou, Z.-S., and Cloude, S. R., 2005, The development of a Ground Based Polarimetric SAR Interferometer (GB-POLInSAR), in *Proc of IGARSS 2005*, Seoul 25-29 Jul. 1097-1100