

하나의 경로를 가진 항공기 탑재형 Bistatic Spotlight SAR 영상형성을 위한 Range Migration Algorithm의 확장

*신희섭, 전재한, 임종태
 KAIST 전자전산학과, 전파탐지 특화연구센터
 e-mail : *ahwahs@kaist.ac.kr, hjjeon37@kaist.ac.kr, jtlim@stcon.kaist.ac.kr*

Extension of Range Migration Algorithm for Airborne Single Track Bistatic Spotlight SAR Imaging

*Hee-Sub Shin, Jae-Han Jeon, Jong-Tae Lim
 Department of EECS and Radiowave Detection Research Center, KAIST

Abstract

Bistatic spotlight synthetic aperture radar (BSSAR) with single track configuration uses the transmitter and the receiver which travel along the single track such as the leader-follower. For the BSSAR imaging, we modify the range migration algorithm. In time domain, we make the monostatic SAR using shifting of path. Then, in frequency domain, we compensate the separated distance between the scene center and the flight path using the principle of the stationary phase (PSP).

I. 서론

하나의 경로로 움직이는 전송기와 수신기를 사용하는 BSSAR는 비용절감, 비행경로의 유연성과 증가된 radar cross section을 제공하기 때문에 최근에 많이 사용되고 있다 [1], [2]. 따라서 BSSAR의 영상형성을 위해 다양한 영상형성 알고리즘들이 개발되고 있으며, polar format algorithm (PFA)과 range migration algorithm (RMA)에서 개발되고 있다 [1], [2]. 하지만 PFA를 사용하는 방법은 두 개의 interpolation 등에 의해 복잡하고, 근사화 방법에 의해 영상의 질이 떨어진다. 따라서 본 논문에서는 고해상도 영상형성이 가능한 RMA를 기반으로 하는 방법을 제시한다.

II. 본론

그림 1처럼, 수신기와 전송기의 속도는 같으며, 위치는 각각 $(x_a + b_r, y_a, z_a)$ 와 $(x_a + b_t, y_a, z_a)$ 이다. 단, x_a 는 전송기와 수신기가 이동하면서 신호를 전송할 때의 방위방향의 위치이다. 또한 그림 1에서처럼, 두 비행경로를 일정한 b_x 의 위치로 이동시킴으로써 수신기와 전송기의 비행경로를 일치시킨다.

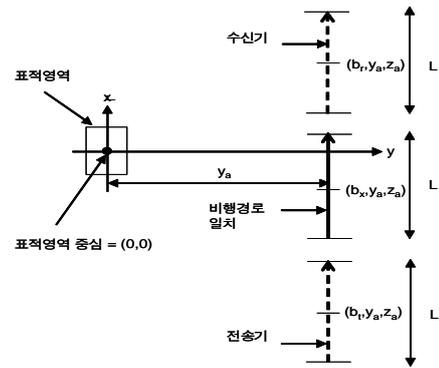


그림 1. BSSAR 모델과 비행경로의 일치

그림 1처럼, 비행경로를 일치시키기 위해, 전송기와 수신기 각각의 위치와 표적과의 거리를 다음과 같이 정의한다. $R_{tr} = \sqrt{(x_a + b_x + (b_t - b_x) - x_t)^2 + R_b^2}$ 와 $R_{re} = \sqrt{(x_a + b_x + (b_r - b_x) - x_t)^2 + R_b^2}$ 가 되며, (단, $R_b = \sqrt{(y_a - y_t)^2 + z_a^2}$) 위의 식에 $b_t - b_x = 0$ 와 $b_r - b_x = 0$ 에 대해 확장된 테일러 근사화 기법을

각각 적용하면 [4], 다음과 같이 근사화가 가능하다.

$$R_{tr} + R_{re} = 2R_t + R_1 + R_2 = 2R_t + R$$

$$\text{단, } R_t = \sqrt{(x_a + b_x - x_t)^2 + R_b^2}, R_s = \sqrt{y_a^2 + z_a^2}$$

$$R_1 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{(b_t - b_x)(x_a + b_x + (\frac{m-k}{m})(b_t - b_x))}{\sqrt{(x_a + b_x + (\frac{m-k}{m})(b_t - b_x))^2 + R_s^2}}$$

$$R_2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{(b_r - b_x)(x_a + b_x + (\frac{m-k}{m})(b_r - b_x))}{\sqrt{(x_a + b_x + (\frac{m-k}{m})(b_r - b_x))^2 + R_s^2}}$$

다음으로 R/2을 기준신호에 넣은 후 raw 자료와 complex conjugate된 기준신호를 곱한다. 이로 인해 생긴 고차 항을 수정된 range deskew 과정에 의해 제거한 후, 방위 방향으로 Fourier 변환을 시킨다. 또한 PSP 방법을 적용하여 stationary point를 구한 후, 이를 위상 성분에 넣어 계산하면, 제안된 방법의 전체 흐름도인 그림 2처럼, 수정된 matched filter를 얻는다. 그 후 Stolt interpolation 과정을 거쳐, 2-D 역 FFT를 취하면, SAR 영상을 얻을 수 있다 [3].

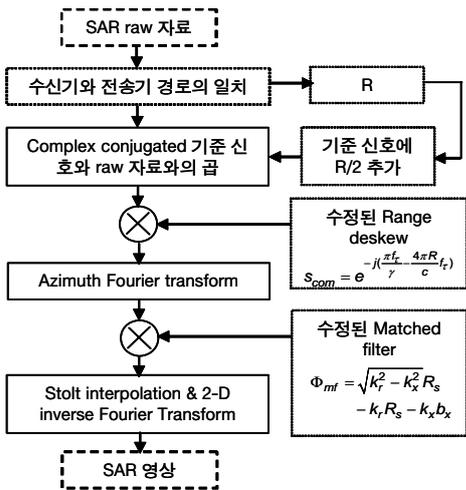


그림 2. 제안된 방법의 전체 흐름도

III. 시뮬레이션 결과

사용된 파라미터는 중심 주파수=10GHz, 펄스 주기=1us, 대역폭=200MHz, 펄스 반복 주기=500Hz, 비행 거리=200m, 비행속도=200m/s, 샘플링주파수=250MHz, $(b_t, b_r) = (600m, -100m)$, $(y_a, z_a) = (10000m, 2000m)$, $b_x = 50m$, $m=500$ 이다. 그림 3처럼 제안된 방법이 original RMA에 비해 방위 방향 해상도뿐만 아니라 표적 응답 모두 좋은 결과를 보임을 알 수 있다.

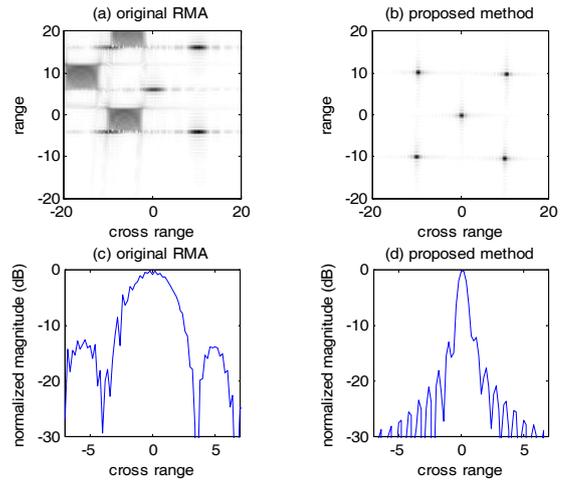


그림 3. 표적응답과 방위방향 응답

IV. 결론 및 향후 연구 방향

같은 경로를 따라 이동하는 항공기 탑재형 BSSAR 영상형성을 위해서 RMA를 확장하였다. 확장된 테일러 근사화 방법을 이용하여 전송기와 수신기의 경로를 monostatic처럼 만든 후, 표적 영역의 중심과 일치된 비행경로와의 떨어진 거리를 주파수 영역에서 matched filter를 변형하여 보상하였다. 향후에는 다양한 경로를 가진 BSSAR 영상형성을 연구하도록 한다.

사사

본 연구는 KAIST 전파탐지 특화연구센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] B. D. Rigling et al., "Polar format algorithm for bistatic SAR", IEEE Trans. Aerosp. Electro. Syst., vol. 40, no. 4, pp. 1147-1159, 2004.
- [2] I. Walterscheid et al., "Bistatic SAR processing and experiments", IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 44, no. 10, pp. 2710-2717, 2006.
- [3] W. G. Carrara et al., Spotlight synthetic aperture radar signal processing algorithm, Artech House, 1995.
- [4] H. S. Shin et al., "Range migration algorithm for airborne squint mode spotlight SAR imaging", IET Radar Sonar Navig., vol. 1, no. 1, pp. 77-82, 2007.