

# 고해상도 SAR 영상 형성 및 품질 분석을 위한 시뮬레이터

## Simulator for High Resolution Synthetic Aperture Radar Image Formation and Image Quality Analysis

정 철 호 · 오 태 봉 · 곽 영 길

Chul Ho Jung · Tae Bong Oh · Young Kil Kwag

### 요 약

고해상도 레이다 영상은 탑재체 및 플랫폼 등 시스템 설계 변수에 비교적 민감할 수 있다. 본 논문에서는 시스템 파라미터 기반의 2차원 SAR 영상 형성 및 영상 품질 분석을 위한 시뮬레이터를 구현하였다. 본 논문에서 구현한 시뮬레이터는 유연성과 확장성을 고려하여 주요 모듈로 구성하고 Matlab 코드를 이용하여 GUI 기반으로 구성하였다. 주요 기능은 SAR 시스템 설계 파라미터를 이용하여 SAR 신호를 생성할 수 있으며, RDA(Range-Doppler Algorithm)를 이용하여 영상을 형성하고 SAR 시스템 파라미터가 영상의 질에 미치는 영향을 다양하게 분석할 수 있다. 특히, 본 시뮬레이터는 시스템 환경에 따라 파라미터 설정을 용이하게 할 수 있으므로 항공기 및 위성 탑재체 등의 SAR 시스템 설계와 SAR 영상 품질 분석에 효과적으로 활용할 수 있다.

### Abstract

High resolution synthetic aperture radar image could be sensitive to the various parameters of the payload, platform, and ground system. In this paper, a parameter based SAR simulator is presented for two-dimensional image formation and image quality analysis. Functional modules are implemented by Matlab code and GUI for the flexibility and expandability. Main function of this simulator includes the SAR input signal generation, range-doppler algorithm(RDA) based SAR image formation, and the SAR image quality analysis which is relevant to the SAR system design parameters. This simulator can effectively be used for the SAR image quality performance evaluation, which can be applicable to the airborne as well as spaceborne SAR system design and analysis.

Key words : Synthetic Aperture Radar, SAR Simulator, Image Formation, Image Quality Analysis

## I. 서 론

영상 레이다 SAR(Synthetic Aperture Radar)는 전자파를 이용하는 능동 센서로 비, 구름, 안개 등 기상 조건이나 주야간, 역광 등 일조 현상에 관계없이 전천후로 광범위한 지역의 영상 획득이 가능하다. 일반 레이다의 방위 방향 해상도는 주어진 안테나 크기에 제약을 받지만 SAR는 합성 빔 원리를 이용하여 탐지 거리에 무관하게 고해상도의 영상을 얻을

수 있는 특징이 있다<sup>[1]</sup>. 따라서 SAR 영상은 주로 홍수, 기름 유출, 지진과 같은 자연 재해 및 환경 감시 분야와 지구 탐사 및 농작물 작황 등의 자원 탐사 분야에 널리 이용되고 있다. 최근 초고해상도의 표적 영상 형성과 표적 식별 기술이 발전함에 따라 군사 목적으로 국경 감시나 군사 시설 탐지 등 필수적인 감시 정찰 수단으로 활용도가 높아지고 있다.

SAR는 일탄적인 광학 영상과 달리 복잡한 영상 합성 과정을 거쳐서 2차원 고해상도 영상을 얻기 때

「본 연구는 한국항공우주연구원 다목적 실용위성 5호 개발사업의 위탁연구과제의 일부로 지원되었음.」

한국항공대학교 항공전자공학과(Department of Avionics Engineering, Korea Aerospace University)

· 논문 번호 : 20070518-20S

· 수정완료일자 : 2007년 8월 6일

문에 시스템 설계 변수가 직접적으로 SAR 영상의 질에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, SAR 시스템 설계 및 운용 변수가 SAR 영상 질에 미치는 영향을 분석하여 SAR 시스템 성능을 평가할 수 있는 시뮬레이션 툴이 필요하다<sup>[2]</sup>. 기존의 시뮬레이션 연구는 주로 지표면의 반사 특성에 관한 실험이거나, 지상의 실제 조형물에 대한 클러터 환경의 구현 연구가 대부분이다<sup>[3],[4]</sup>. 하지만 이들은 설계 단계에 있는 SAR 시스템의 성능 예측이나 운용 단계에서 일어날 수 시스템 성능 저하 요인을 분석하기 위해서는 적절한 기법과 검증 툴이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 설계 파라미터의 성능 검증과 성능 저하 요인을 분석하기 위한 툴을 제시한다. 개발된 시뮬레이션 툴을 이용하여 시스템 성능 오류와 영상 품질 성능에 끼치는 영향을 분석하고 시뮬레이션 결과를 제시한다.

## II. SAR 영상 형성 기법

본 시뮬레이션을 위해 SAR 원시 신호를 생성하는 원리는 다음과 같다. 충분한 SNR을 유지하기 위해 넓은 펄스 폭을 가지는 LFM(Linear FM) 펄스를 송신하고 이는 수신시 펄스 압축 기법을 통하여 높은 해상도의 성능을 유지할 수 있다. FM 변화율  $K$ 을 갖는 송신 신호는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$s_{pul}(\tau) = w_r(\tau) \cos\{2\pi f_0 \tau + \pi K_r \tau^2\} \quad (1)$$

여기서  $K_r$ 은 거리 FM율,  $w_r$ 은 펄스 크기,  $f_0$ 는 중심 주파수를 나타낸다.

거리  $R_0$ 에 위치하는 점 표적에 대해 수신된 신호는 시간적인 지연을 가지며 표적의 반사 특성에 따라 고유의 위상 정보  $\phi$ 를 갖고 식 (2)와 같이 표현된다.

$$s_r(\tau) = A_0 w_r(\tau - 2R_a/c) \times \cos\{2\pi f_0 \tau(\tau - 2R_a/c) + \pi K_r(\tau - 2R_a/c)^2 + \phi\} \quad (2)$$

그림 1과 같이 플랫폼이 이동함에 따라 플랫폼과 표적간의 상대적인 거리 변화가 생기며, 이는 도플러 변위를 발생시킨다. 이는 방위 방향으로의 선형 FM 변조 특성을 가지게 함으로써 이 방향으로 펄스 압축 기법을 적용시킬 수 있게 된다.

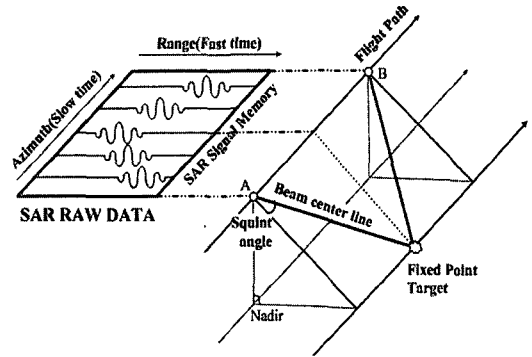


그림 1. 2차원 SAR 신호 메모리  
Fig. 1. 2-dimensional SAR signal memory.

방위 방향의 FM 율은 플랫폼 속도의 함수이며, 식 (3)과 같이 얻을 수 있다.

$$K_a = \frac{2V_r^2}{\lambda R_0} \quad (3)$$

식 (2)의 수신 신호에 식 (3)을 대입하여 전개하면 식 (4)와 같이 정리되며, 여기서 첫 번째 위상 성분은 표적 거리  $R_0$ 에서 위치하는 표적의 고유 위상 특성을 나타내며, 두 번째와 세 번째 위상 성분은 각각 거리와 방위 방향으로의 선형 FM 특성을 나타낸다.

$$s_0(\tau, \eta) \approx A_0 w_r\left(\tau - \frac{2R(\eta)}{c}\right) w_a(\eta - \eta_c) \cdot \exp\left\{-j \frac{4\pi R_0}{\lambda}\right\} \times \exp\left\{-j \pi K_a \eta^2\right\} \cdot \exp\left\{j \pi K_r \left[\tau - \frac{2R(\eta)}{c}\right]^2\right\} \quad (4)$$

이차원 점 표적 원시 신호 생성은 크게 두 단계로 요약할 수 있다. 우선 점 표적의 데이터 크기와 샘플 수를 결정해야 하며 두 번째로 플랫폼 이동에 따른 RCM의 영향을 고려해야 한다. 또한, 점 표적 원시 신호를 생성하기 위해서는 신호 모델과 특성 파라미터를 비롯하여 안테나 빔 패턴, 운용 모드, 플랫폼의 고도 정보 등 여러 파라미터들이 요구된다.

거리 방향의 샘플 수는 식 (5)와 같이 송신 LFM 신호의 대역폭에 따른 거리 FM 율( $K_r$ )과 송신 펄스 주기( $T_r$ )에 의해 결정된다. 방위 방향의 샘플 수는 PRF와 표적 노출 시간(exposure time)에 의해 결정되므로 표적과 레이다 간의 거리, 플랫폼의 속도, 스캔트 각도 및 안테나 빔 폭 등을 식 (6)과 같이 고려해야 한다.

$$N_{rg} = T_r F_r = T_r (aBW) = aT_r^2 K_r \quad (5)$$

$$N_{az} = T_a F_a = 0.886 \frac{\lambda R(\eta)}{L_a V_g \cos \theta_{r,c}} F_a \quad (6)$$

식 (6)에서  $0.886 \lambda/L_a$ 는 방위 안테나 빔 폭,  $\cos \theta_{r,c}$ 는 빔 중심에서의 스캔트 각도를 나타낸다.

영상 형성 과정은 크게 거리 방향 압축과 방위 방향 압축으로 나누어 처리된다. 거리 방향 압축은 거리 FM 율에 정합된 기준 신호와 수신된 반사 신호와의 정합 필터링에 의해 수행되며, 이는 계산의 효율성을 위해 주파수 도메인에서 처리된다. 방위 방향의 압축은 방위 방향으로의 선형 FM 특성을 이용하며, 플랫폼의 속도에 의해 결정되는 방위 FM 율을 추정함으로써 유도된 참조 신호와 2차원 수신 신호의 방위 방향 정합 필터링에 의해 방위 압축을 수행한다.

SAR는 플랫폼 이동에 따른 도플러 특성을 이용하여 방위 방향의 고해상도 영상을 얻지만 동시에 2차원 메모리 공간상에서 표적의 위치가 이동되는 문제를 발생시킨다. 이를 RCM(Range Cell Migration)이라 하며, 점 표적과 플랫폼간의 상대적인 거리 변화에 따른 2차원 거리-방위 도메인상의 RCM의 양을 그림 2에서 나타내고 있다. 여기서  $\Delta R$ 은 RCM의 이동량을 나타낸다.

방위 압축을 수행하기 위해서는 RCM의 보정이 필요하다. RCM의 보정은 동일한 거리에 위치한 모든 표적들이 거리-도플러 도메인에서 동일 선상에 나타나는 특징을 이용하여 거리-도플러 도메인에서 보정할 수 있다. RDA는 이러한 특성을 이용한 SAR 영상 형성 기법으로 효율성, 정확성, 구현의 용이성 때문에 현재 보편적으로 사용되고 있는 알고리

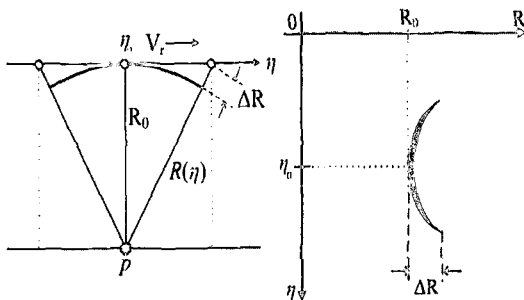


그림 2. RCM 이동  
Fig. 2. RCM shift.

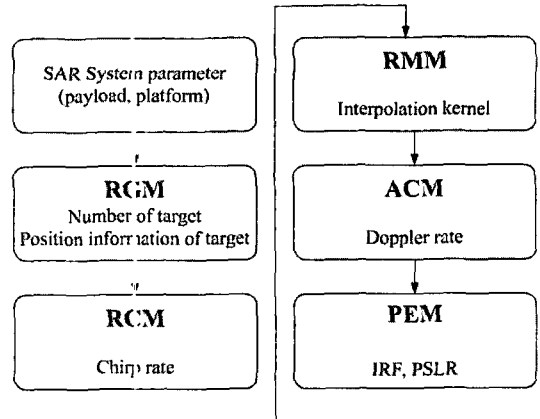


그림 3. 시뮬레이터 구성도  
Fig. 3. Simulator structure.

즘이다<sup>[5],[6]</sup>. 큰 논문에서는 RDA를 토대로 SAR 영상 형성 시뮬레이터를 구현하였다.

### III. SAR 시뮬레이터의 구현

시뮬레이터 구성은 그림 3의 순서도와 같이 크게 원시 신호 형성 모듈(Raw data Generation Module: RGM), 거리 압축 모듈(Range Compression Module: RCM), 거리 보정 모듈(Range Migration correction Module: RMM), 방위 압축 모듈(Azimuth Compression Module: ACM), 영상 품질 분석 모듈(IRF Performance Evaluation Module: PEM) 등 다섯 개의 중요 모듈로 구성된다. RGM은 주어진 SAR 기하 구조를 이용하여 SAR 신호를 생성하는 모듈이며, RCM과 ACM은 거리 및 방위 방향 해상도를 얻기 위한 칩 펄스 압축 모듈이다. 특히 RMM은 방위 방향 이동에 따른 거리 셀 이동을 보정하는 모듈이다. PEM은 SAR 영상 품질 분석을 위한 IRF와 PSLR 기능 등을 가지고 있다.

시뮬레이터는 MATLAB 코드를 이용하여 구현하였으며, 파라미터 입력과 출력 및 각 모듈별 동작 결과를 확인하고 분석하기에 용이하도록 그림 4와 같이 GUI 기반으로 시뮬레이터를 구현하였다. SAR 시스템 설계 파라미터는 주로 SAR 영상 형성에 영향을 미치는 기하 구조와 거리 및 방위 해상도와 관련된 파라미터를 입력 변수로 사용한다.

특히, 원시 신호 형성 모듈에서는 SAR 기하학적 구조에 대한 수신 신호의 모델을 정립하고, 이를

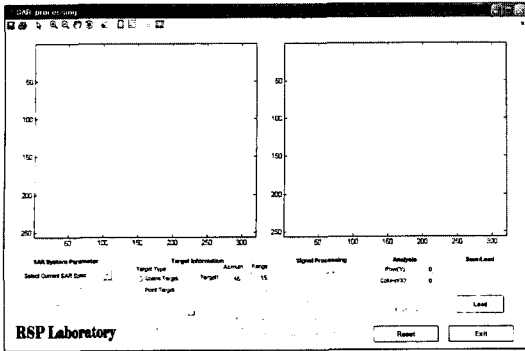


그림 4. 시뮬레이터 인터페이스

Fig. 4. Simulator interface.

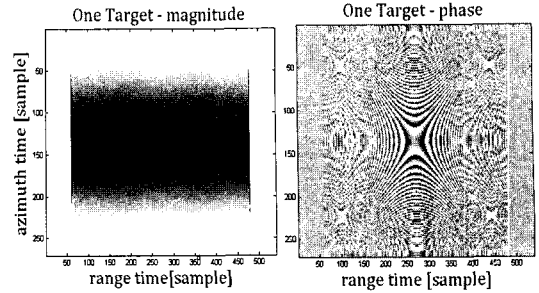
표 1. X 밴드 항공기 SAR 시스템 파라미터

Table 1. X-band airborne SAR system parameter.

파라미터	기호	예시 값	단위
경사 거리	$R_0$	30	km
플랫폼 이동 속도	$V_r$	170	m/s
송신 펄스 폭	$T_r$	7	$\mu s$
거리 FM 울	$K_r$	7	MHz/ $\mu s$
중심 주파수	$f_0$	10	GHz
거리 샘플링율	$F_r$	60	MHz
PRF	$F_a$	100	Hz

기반으로 SAR 탑재체 파라미터와 SAR 시스템 파라미터를 이용하여 파라미터에 따른 모의 원시 신호를 생성한다. 영상을 형성하는 과정에서 SAR 설계 파라미터를 이용하기 때문에 파라미터의 변화에 따른 영향 분석이 용이하다. 표 1에는 영상 형성을 위한 SAR 설계 파라미터의 예를 보여준다.

생성된 모의 원시 신호는 거리 및 방위에 따른 2차원 신호로서 표적의 종류와 개수, 위치의 조정이 가능하며, SAR 시스템 파라미터 조정에 따른 영향이 반영되도록 설계되었다. 시뮬레이션을 위한 파라미터는 항공기용과 위성용 SAR 시스템 파라미터를 사용할 수 있으며, 사용자의 환경에 맞게 각 파라미터를 조정할 수 있다. 그리고 모의 신호는 거리 압축 모듈, 거리 보정 모듈, 방위 압축 모듈의 영상 형성 과정을 통해 점 표적에 대한 응답 영상을 얻을 수 있으며, 형성된 점 표적의 응답 특성을 통하여 파라미터 변화에 따라 영상에 나타나는 영향을 확인할 수 있다. 영상 품질 분석 모듈에서는 임펄스 응답 특성

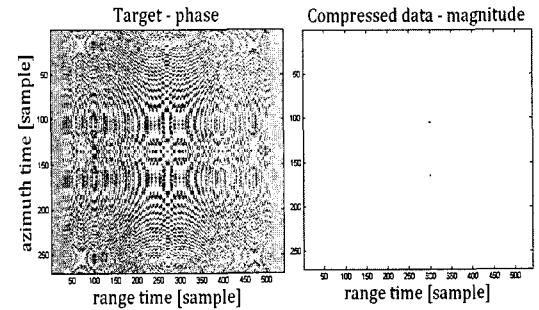


(a) 크기

(b) 위상

(a) Magnitude

(b) Phase



(c) 4개 표적 신호의 위상  
(c) Phase of 4 target signals

(d) 4개 표적 영상  
(d) Image of 4 target

그림 5. SAR 원시 신호 생성

Fig. 5. SAR raw data generation.

을 이용해서 3 dB 빔 폭, PSLR 등의 영상 품질에 대한 성능을 분석할 수 있다. 3 dB 빔 폭은 임펄스 응답의 주엽 최대치에서 3 dB 떨어진 위치의 주엽 폭을 측정된 값으로 영상의 해상도를 나타내며, PSLR은 임펄스 응답의 주엽 최대치에서 부엽 최대치까지의 비율로서 영상의 명암을 나타낸다.

그림 5에서는 표 1의 시뮬레이션용 X 밴드 항공기 SAR 시스템 파라미터를 이용하여 영상 형성 시뮬레이션을 수행하여 시뮬레이터에서의 영상 형성 과정을 도시한다. 표적간의 상호 영향을 분석하기 위해 동일한 거리, 방위 방향으로 2개씩을 위치시킴으로써 총 4개의 점 표적을 생성한다.

그림 5(a), (b)는 원시 신호 생성 모듈의 결과로 단일 표적 신호에 대한 크기와 위상 성분을 보여준다. 그림 5(c)는 4개의 표적이 합성된 표적 신호에 대한 위상 성분을 보여주며, 그림 5(d)는 거리 압축 모듈, 거리 보정 모듈, 방위 압축 모듈의 영상 형성 과정의 RDA 처리 후에 형성된 영상을 보여준다.

### IV. 시뮬레이터 성능 분석

시뮬레이터의 영상 형성 및 품질 분석 기능에 대한 성능 분석을 위해 영상 품질에 민감한 파라미터 값의 변화에 대한 영상을 분석하여 시뮬레이터 성능의 유효성을 살펴본다.

#### 4-1 스퀀트 각

SAR 영상 형성 과정에서 스퀀트 각에 따른 영상 품질 저하 정도를 살펴보고 시뮬레이터의 거리 보정 모듈을 이용하여 영상 품질을 분석함으로써 시뮬레이터의 성능을 비교한다. SAR는 원하는 지역을 관측하기 위해서는 해당 위치로의 플랫폼 이동뿐만 아니라 빔이 지향하는 스퀀트 각도 방향을 조정할 필요가 있다. 그러나 이러한 스퀀트 각의 변화는 경사 거리, 방위 FM 율, 도플러 센터로이드 주파수 등에 영향을 끼쳐서 RCM 광을 증가시키고 이는 응답 영상에 영향을 준다. 본 시뮬레이터에서는 스퀀트 각도에 따른 RCM을 거리 보정 모듈을 통하여 보정할 수 있다.

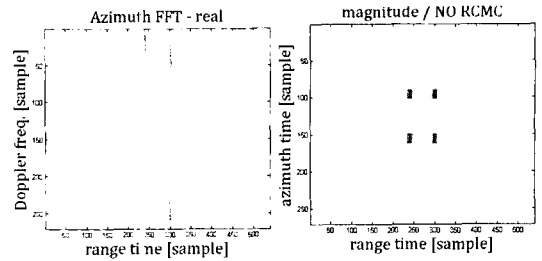
그림 6에서는 표적 신호의 거리 보정 모듈에 따른 결과를 스퀀트 각이 6도일 때를 예로 들어 나타냈다. 그림 6(a), (b)는 RCM 보정 전의 영상을 나타내고, 그림 6(c), (d)는 RCM 보정 후의 영상을 나타내는데 동일한 거리, 방위에 위치한 표적들에 대한 RCM 보정 처리가 한 번에 수행되는 것을 확인할 수 있다. 표 2에서는 RCM 보정 결과를 거리, 방위 방향의 3 dB 빔 폭 변화를 비교하였다.

#### 4-2 도플러 중심 추정

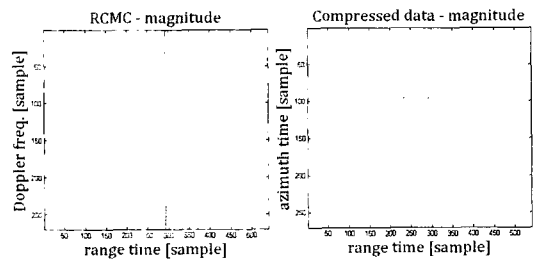
도플러 센터로이드 추정은 플랫폼의 명확한 고도 정보와 지상간의 정확한 기하적인 위치 정보가 요구되어 실제로 정확한 추정이 어려우며 추정이 명확하지 않을 경우, 수집된 영상 정보를 통하여 추정해야

표 2. RCM 보정에 따른 3 dB 빔 폭 변화  
Table 2. 3 dB beamwidth variation in RCM correction.

3 dB 빔 폭	RCM 보정 전	RCM 보정 후
거리(Range)	5.4 cell(13.5 m)	1.0 cell(2.5 m)
방위(Azimuth)	7.4 cell(12.58 m)	0.83 cell(1.411 m)



(a) 거리-도플러 도메인 RCM 보정 전  
(b) 거리-방위 도메인 RCM 보정 전  
(a) Range-Doppler domain before RCM correction  
(b) Range-azimuth domain before RCM correction



(c) 거리-도플러 도메인 RCM 보정 후  
(d) 거리-방위 도메인 RCM 보정 후  
(c) Range-Doppler domain after RCM correction  
(d) Range-azimuth domain after RCM correction

그림 6. RCM 보정에 따른 영상 품질 변화(스퀀트 각 6°)

Fig. 6. Image quality variation with RCM correction (squint 6°).

하는 복잡한 과정이 요구된다. 또한, 도플러 센터로이드 추정의 오류는 수집된 영상의 SNR 저하와 밀접한 관계를 가지며, 기하학적인 왜곡과 방사 에러 등의 심각한 영상 품질 저하를 가져다준다. 본 논문에서는 영상 형성 과정에서 도플러 센터로이드의 추정 오류를 도입하여 추정 오류로 인한 성능 변화를 분석하고 그 결과를 제시한다.

도플러 센터로이드의 에러에 따른 SAR 영상 품질 변화에 대해서 그림 7에 도시되어 있다. 이 경우, 스퀀트 각이 8도일 경우 도플러 센터로이드를 시스템의 0.0 PRF에서 0.5 PRF 만큼 변화시킬 때 SAR 영상 에러를 보여준다. 추정 에러가 커질수록 영상 형성 결과에서 초점이 나빠지는 현상을 시뮬레이터를 통해 다양하게 확인할 수 있다.

#### 4-3 SAR 시스템 파라미터

SAR 시스템 설계 파라미터는 영상 품질에 직접

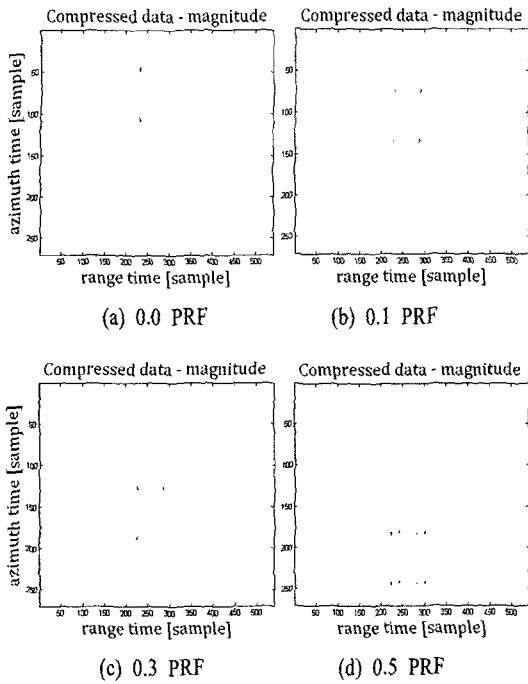


그림 7. 도플러 센트로이드 에러에 의한 영향  
Fig. 7. Effect of Doppler centroid error.

적인 영향을 끼치기 때문에 시스템의 성능 저하의 요인을 분석하기 위해서 SAR 시스템 파라미터의 변화에 따른 영향을 분석할 필요가 있다.

그림 8(a)는 파라미터의 변화에 따른 영향을 보기 위한 기준으로 표 1의 SAR 시스템 파라미터를 사용한 원시 신호 형성 모듈 과정 후 생성된 4개 표적 신호에 대한 크기 성분이다. 생성된 표적 신호에 대한 영향을 확인하기 위하여 PRF와 플랫폼 이동 속도 및 거리 FM 을을 변화시켰다. 이 경우, PRF와 플랫폼 이동 속도는 방위 방향에 영향을 주는 파라미터로서 PRF의 감소로 인해 방위 방향 첩 신호 주기가 증가하여 방위 방향으로 첩 신호가 조밀하게 나타나고, 플랫폼 이동 속도의 감소로 인해 방위 방향 첩 신호 주기가 감소하여 첩 신호가 넓게 나타남을 그림 8(b), (c)를 통하여 확인할 수 있다. 거리 방향 또한 거리 FM 을의 감소에 따라 거리 방향으로 첩 신호가 넓게 나타남을 그림 8(d)로 확인할 수 있다.

#### 4.4 임펄스 응답 성능 분석

강한 반사 특성을 가지며 서로 인접하는 거리에 존재하는 표적들 간의 부엽 간섭은 주엽의 레벨에 영

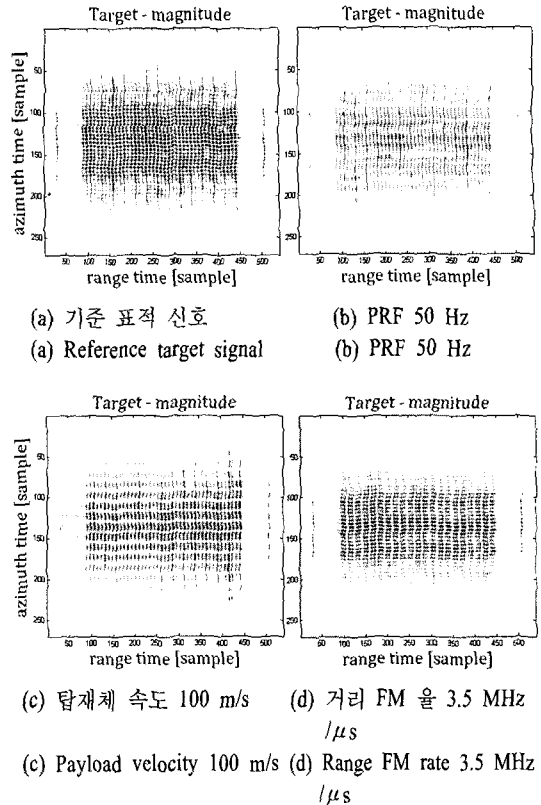


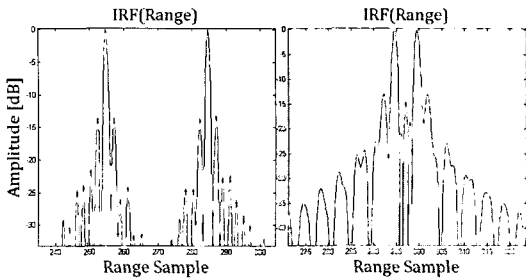
그림 8. SAR 파라미터 변화에 따른 표적 신호의 영향  
Fig. 8. Effect of SAR parameter variation.

향을 끼칠 수 있으며 이는 방사 해상도(radiometric resolution)의 성능을 저하시키는 요인이 된다. 본 문에서는 점 표적의 임펄스 응답 특성에서 부엽이 근접한 표적의 응답 특성에 끼치는 영향을 분석한다.

두 표적간의 거리가 30 Pixel 정도로 충분히 떨어진 경우와 4 Pixel 정도로 근접한 경우에 대하여 3 dB 빔 폭과 PSLR을 각각 시뮬레이션 하였다. 그림 9(a)는 충분한 거리를 갖는 두 점 표적의 거리 방향 임펄스 응답 특성으로 상호 표적간의 영향이 없지만, 그림 9(b)의 인접한 점 표적의 거리 방향 임펄스 응답 특성에는 PSLR과 3 dB 빔 폭에 영향이 있음을 확인할 수 있다.

표 3에서 보는 바와 같이 PSLR은 윈도우를 하지 않은 경우 13 dB 정도로 이론치와 거의 같으며, 3 dB 빔 폭도 2.3 m 정도로 입력 변수와 일치하는 것을 확인할 수 있다.

여기서는 본 시뮬레이터를 이용하여 SAR 영상



(a) 점 표적간 거리 30 cell (b) 점 표적간 거리 4 cell  
 (a) 30 cell between point tar- (b) 4 cell between point tar-  
 get target

그림 9. 2개의 점 표적에 대한 영상 품질 분석  
 Fig. 9. Image quality analysis of two-point target.

표 3. 표적 근접에 따른 영상 품질의 영향  
 Table 3. Image quality variation effect of target position.

영상 품질	그림 9(a)	그림 9(b)
PSLR	13.54 dB	13.03 dB
3 dB 빔 폭	0.93 cell(2.325 m)	0.97 cell(2.425 m)

품질 성능을 분석하는 예를 몇 가지 제시하였다. 특히 본 시뮬레이터는 다목적 실용위성 5호의 SAR 영상 품질 분석을 위한 연구에 활용할 목적으로 개발하고 있으며, 앞으로 실제 위성 SAR 시스템 파라미터를 이용하여 설계 파라미터를 정립하는데 활용할 수 있을 것이다.

### V. 결 론

고해상도 레이다 영상은 탑재체 및 플랫폼 등 시스템 설계 변수에 비교적 민감하므로 다양한 파라미터의 변화에 따른 SAR 영상 품질 성능을 비교 분석하는 것은 매우 중요하다. 본 논문에서는 시스템 파라미터 기반의 2차원 SAR 영상 형성 및 영상 품질 분석을 위한 시뮬레이터를 구현하였다. 본 시뮬레이터는 유연성과 확장성을 고려하여 주요 모듈로 구성하고 Matlab 코드를 이용하여 GUI 기반으로 구현하

였다. 주요 기능으로 SAR 시스템 설계 파라미터를 이용한 SAR 신호 생성, RDA(Range-Doppler Algorithm)를 이용한 SAR 영상 형성, 그리고 SAR 시스템 파라미터가 영상의 질에 미치는 영향 분석 등이 포함된다. 특히 본 시뮬레이터는 시스템 환경에 따라 파라미터 설계를 용이하게 할 수 있으므로 항공기 및 위성 탑재체 등의 SAR 시스템 설계와 SAR 영상 품질 분석에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

### 참 고 문 헌

- [1] Christopher Wackerman, Johnny Johannessen, "Operational monitoring of coastal and marine environment with spaceborne SAR systems: where are we now and where are we going", *Proc. 2nd workshop on coastal and marine applications of SAR*, pp. 3-15, Sep. 2003.
- [2] J. M. Horrell, M. R. Inggs, "Satellite and airborne SAR simulator", *Proc. IEEE South African Symposium on Communications and Signal Processing*, pp. 193-198, Aug. 1993.
- [3] Jeremy M. Allan, Michael J. Collins, "Design and testing of a java-based digital SAR signal simulation system", pp. 3204-3270, Jul. 2006.
- [4] Feng Xu, Ya-Qiu Jin, "Mapping and projection algorithm: a new approach to SAR imaging simulation for comprehensive terrain scene", pp. 399-402, Jul. .999.
- [5] Yulong Shao, Zheoda Zhu, "Squint mode airborne SAR processing using RD algorithm", *Aerospace and Electronics Conference, Proceedings of the IEEE*, vol. 2, pp. 1025-1029, Jul. 1997.
- [6] Ian G. Cumming, Frank H. Wong, "Digital processing of synthetic aperture radar data" Feb. 2005.

정 철 호



2003년 2월: 금오공과대학교 전자공학과 (공학사)  
2005년 2월: 금오공과대학교 전자공학과 (공학석사)  
2006년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자공학과 박사과정  
[주 관심분야] SAR Image Formation Algorithm, Interferometry Processing

곽 영 길



1976년 2월: 한국항공대학교 항공통신공학과 (공학사)  
1981년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)  
1987년 6월: 미국오하이오대학교 전기전자공학과 (공학박사)  
2001년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수  
2001년 7월~현재: 한국항공대학교 부설 항공전자연구소 소장  
[주 관심분야] Radar and Signal Processing, SAR Image Processing, Adaptive Array Processing, Avionics

오 태 봉



2007년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)  
2007년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자공학과 석사과정  
[주 관심분야] SAR Image Formation, Radar and Signal Processing