

# 분해능 30 cm급의 고해상도 SAR(NexSAR) 개발

## Development of High Resolution SAR(NexSAR) with 30 cm Resolution

공영균 · 김형철 · 김승환 · 김수범 · 임재학

Youngkyun Kong · Hyungchul Kim · Seunghwan Kim · Soobum Kim · Jaehag Yim

### 요 약

SAR(Synthetic Aperture Radar)는 전천후로 지표면의 영상을 획득할 수 있는 장비로 군사 및 민수용 목적으로 다양하게 사용되고 있다. 특히 고해상도의 SAR 영상은 군사 표적의 식별을 위해 매우 중요하여 최근에는 서브미터급의 분해능을 갖는 SAR 시스템의 개발의 중요성이 부각되고 있는 상황이다. 이에 LIG넥스원은 고해상도 SAR의 개발에 필요한 핵심 기술 확보를 목적으로 대역폭 600 MHz, 분해능 30 cm 이하의 SAR 시스템인 NexSAR를 개발하였다. 파형 발생기 대역폭 600 MHz를 달성하기 위하여 2개의 DDS 출력을 SSB 변조하였으며, 고해상도 모드에서 ADC 샘플링 속도를 낮추기 위하여 deramp 기법을 적용하였다. NexSAR는 stripmap 및 spotlight 모드 영상 획득이 가능하며 지상 및 비행 시험을 통해 기능 및 성능을 검증하였다.

### Abstract

SAR(Synthetic Aperture Radar) is an all-weather imaging radar and is widely used in military and civil application. Especially high-resolution SAR images are very important in military purpose because it can be used at target recognition application. LIG Nex1 developed a SAR system called NexSAR with bandwidth of 600 MHz and resolution of 30 cm to obtain technologies required for high-resolution SAR. To achieve 600 MHz bandwidth of waveform generator, two DDSs are used and its output signals are SSB modulated. And deramp technique is used to reduce the sampling rate of ADC at high resolution mode. NexSAR has stripmap and spotlight modes and its functionality and performances are evaluated through ground and flight tests.

Key words : SAR, Synthetic Aperture Radar, NexSAR, High Resolution

### I. 서 론

SAR(Synthetic Aperture Radar)는 주야 및 기상을 가리지 않고 지표면의 영상을 획득할 수 있는 감시 정찰 장비이다. 주로 항공기나 위성에 탑재되어 전자파를 송수신한 후 신호 처리를 거쳐 고해상도의 2차원 영상을 획득한다. 위성 SAR의 경우 대체적으로 수 m~수십 m의 분해능을 제공하며, 항공 SAR는 수 m급의 분해능을 제공한다. 최근에는 위성 및 항공 SAR 모두 1 m 이하의 분해능을 제공하여 군사적으로 활용도가 매우 높아질 것으로 예상된다.

특히 Sandia Lab의 MiniSAR<sup>[1]</sup>와 Predator에 장착된 Lynx SAR<sup>[2]</sup>의 경우 10 cm 분해능을, Global Hawk<sup>[3]</sup>에 장착된 ISS(Integrated Sensor Suit)의 경우 30 cm의 분해능을 제공한다. 이러한 분해능 30 cm급 이하의 시스템이 제공하는 SAR 영상의 군사표적의 식별을 매우 용이하게 하므로 그 중요성이 급격히 부각되고 있다. 위성 SAR의 경우 Astrium사의 TerraSAR-X<sup>[4]</sup>, OHB사의 SAR-Lupe<sup>[5]</sup>, Alenia사의 COSMO-SkyMed<sup>[6]</sup>와 같은 최신의 위성 SAR들은 대역폭 300 MHz 이상에 1 m 이하의 분해능을 갖는다.

이와 같이 전반적인 기술적 추세는 분해능 1 m 이

\*LIG넥스원(LIG Nex1)

· 논문 번호 : 20081128-19S

· 수정완료일자 : 2009년 2월 9일

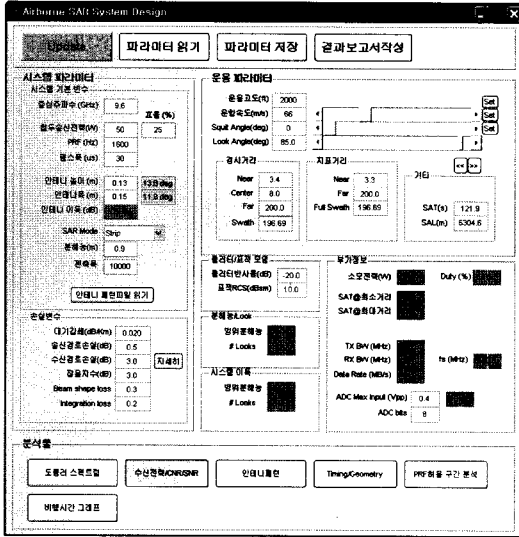


그림 1. 항공 SAR 체계 설계 툴  
Fig. 1. Airborne SAR system design tool.

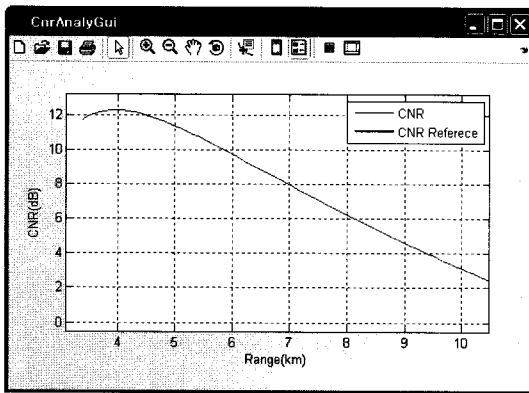


그림 2. 거리에 따른 CNR의 변화  
Fig. 2. CNR variation with range.

하의 SAR 시스템을 개발하는 것이며, 이는 국내에서도 예외가 아니다. LIG넥스원은 Global Hawk의 분해능과 같은 30 cm급의 SAR 시스템 제작에 필요한 요소 기술을 개발하고 비행 시험을 통한 영상 제작으로 개발한 기술을 평가하고자 NexSAR라는 항공 SAR 시스템을 제작하였다.

## II. NexSAR 설계

### 2-1 NexSAR 설계 목표

NexSAR는 다음과 같은 주요 핵심 기술 확보를

표 1. NexSAR의 체계 변수

Table 1. System parameters of NexSAR.

주요 체계 변수	규격
주파수 대역	X-band
송신 전력	50 W
체계 대역폭	최대 600 MHz
최대 탐지거리	10 km
비행 고도/속도	600~1,000 m/60~90 m/s
안테나 이득	22.1 dBi
플랫폼	PIPER
CNR	>3 dB
NESZ	-20 dB
PRF	1,500 Hz
모드 및 해상도	표준 모드: 1.0 m 이하 고해상도 모드: 0.3 m 이하
관측폭	표준 모드: 5 km 고해상도 모드: 1 km
안테나 구동 범위	방위각: -45~+45도 고각: +55~+85도

목표로 설계 제작되었다.

- 1) 고해상도 SAR 시스템 설계 기술
- 2) 대역폭 600 MHz 이상의 파형 발생기 제작 기술
- 3) Deramp 수신 기술
- 4) 신호 처리 기술
- 5) 고해상도 모드 지상 평가 기술
- 6) SAR 비행 시험 기술

위의 5가지 기술 확보를 최단시간에 적은 비용으로 개발하기 위하여 필수 구성품 이외의 구성품은 상용 제품을 사용하여 제작하였다.

### 2-2 체계 설계

일반적인 무기 체계 설계는 요구 규격 도출로부터 시작하며, 요구 규격 도출에 많은 시간과 비용이 소요된다. 그러나 NexSAR는 핵심 기술 개발이 목표이므로 핵심 구성품 이외의 가용한 구성품에 맞추어 요구사항을 도출하였다. 표 1은 도출된 체계 요구 규격을 정리한 것이다. 요구 규격을 만족하는 체계 변수를 도출하기 위하여 LIG넥스원에서 개발한 MATLAB

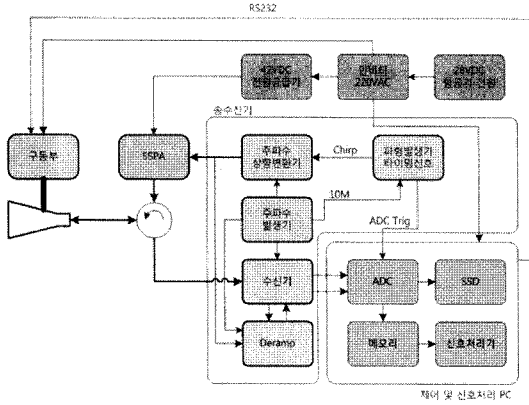


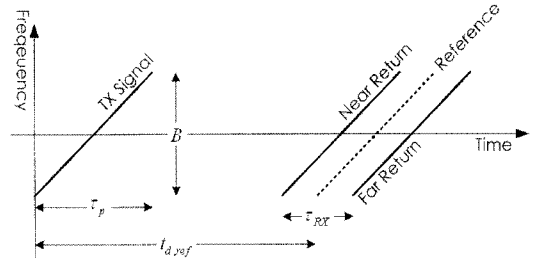
그림 3. NexSAR의 블록 다이어그램  
Fig. 3. Block diagram of NexSAR.

기반의 항공 SAR 체계 설계 틀을 사용하여 NexSAR의 체계 변수를 설계하였다. 그림 1은 항공 SAR 체계 설계 틀을 이용하여 NexSAR의 체계 변수를 설계하는 것을 보인 것이며, 그림 2는 거리에 따른 CNR (Clutter to Noise Ratio)를 보인 것으로  $\sigma^0 = -20$  dB의 클러터의 탐지거리 10 km에서의 CNR이 3 dB를 만족함을 볼 수 있다. 도출된 체계 변수를 바탕으로 구성품의 규격을 도출하였다. 그림 3은 NexSAR의 블록 다이어그램을 보인 것이다.

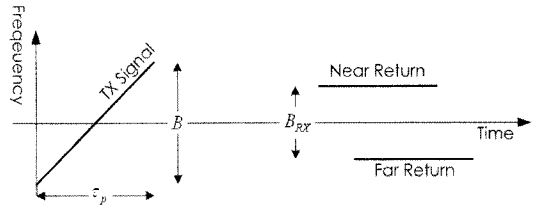
### 2-3 고해상도 모드를 위한 Deramp

광대역 신호를 송신하면서도 수신 대역폭을 송신 대역폭에 비해 줄이는 대표적인 방식은 FMCW이다. 그러나 펄스 레이더에 비해 FMCW 방식의 레이더는 운용 거리가 매우 짧은 단점이 있다. FMCW와 같은 CW 방식이 아닌 펄스 방식을 사용하면서 수신 대역폭을 줄이고 운용 거리를 늘리는 방식이 deramp(또는 dechirp) 기술이다. Chirp은 시간에 대해 주파수가 선형적으로 증가하는 ramp 함수 형태인데, 선형적으로 증가하는 주파수 성분을 제거함으로써 대역폭을 감소시키는 것이 deramp 기법이다. Deramp 방식은 수신 대역폭을 줄일 수 있는 장점이 있으나, 탐지 가능한 영역이 좁아지는 단점이 있다. 그러므로 일반적으로는 고해상도로 좁은 영역의 정보를 획득하는데 deramp 방식이 사용되고 있으며, spotlight 모드에서는 좁은 영역의 고해상도 영상을 얻기 위하여 deramp를 사용한다.

그림 4는 이러한 deramp의 개념을 나타낸 것이다.



(a) Deramp 전의 수신 신호  
(a) Signals before deramp



(b) Deramp 후의 수신 신호  
(b) Signals after deramp

그림 4. Deramp의 개념  
Fig. 4. Concept of deramp.

거리 방향 관측폭을  $\Delta R$ , 송신 대역폭  $B$ , 펄스폭  $\tau_p$ , 수신 대역폭  $B_{RX}$ 라 하면 이들의 관계는 다음의 식과 같다.

$$B_{RX} = 2 \frac{B}{\tau_p} \frac{\Delta R}{c} \Rightarrow \Delta R = \frac{1}{2} \frac{B_{RX} \tau_p c}{B} \quad (1)$$

NexSAR에서는 600 MHz의 신호를 송신하고 펄스폭은 20  $\mu s$ 를 사용하면 1 km 관측폭을 가질 때 수신 대역폭은 200 MHz가 된다.

## III. NexSAR 제작

### 3-1 파형 발생기

앞서 언급한 바와 같이 광대역 파형 발생기 제작 기술은 고해상도 SAR 시스템 제작에 있어서 매우 중요한 기술이다. 분해능 30 cm를 위해서는 보통 분해능 공식  $\delta r = c/2B$  ( $c$ 는 빛의 속도,  $B$ 는 대역폭)에 따라 500 MHz의 대역폭을 필요로 하지만, 실질적으로 신호 처리 단계에서의 부엽 제거를 위한 윈도링 과정으로 인하여 분해능이 감소하게 되므로 500 MHz 이상의 대역폭을 사용하는 것이 좋다. Global Hawk의 ISS는 송수신 대역폭이 600 MHz로 알려져 있으며 NexSAR

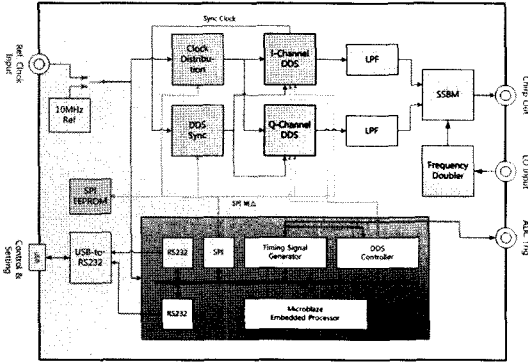


그림 5. 파형 발생기의 블록 다이어그램  
Fig. 5. Block diagram of waveform generator.

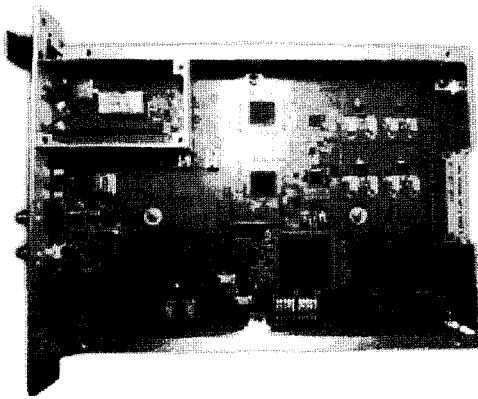


그림 6. 파형 발생기의 제작 형상  
Fig. 6. Figure of waveform generator.

도 이 대역폭을 목표치로 설계하였다.

파형 발생기는 2개의 DDS(Direct Digital Synthesizer), SSBM(Single-Side Band Modulator), FPGA 등을 주요 구성품으로 사용하여 제작하였다. 2개의 DDS는 각각 I 채널 신호와 Q 채널 신호를 생성하여 SSBM으로 상향 변환하여 중심 주파수 1.5 GHz±300 MHz의 칩(chirp) 신호를 생성한다. 일반적으로 많이 사용하는 Analog Device사의 DDS는 최고 동작 클럭이 1,000 MHz이므로 600 MHz 이상의 대역폭의 신호를 생성하기 위해서는 주파수 체배기를 사용하거나 SSB modulation을 해야 한다. 주파수 체배기를 사용한 구현이 간단하지만 기저 대역에서 최대한의 대역폭을 확보하기 위하여 NexSAR에서는 SSBM을 사용하였다. 두 개의 DDS의 클럭 및 상태 동기를 맞추기 위하여 부가적 회로를 사용하였다(그림 5의 clock distribution,

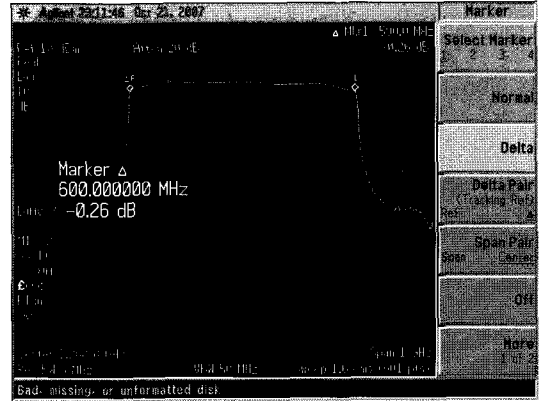


그림 7. 파형 발생기의 대역폭 측정 결과  
Fig. 7. Measurement result of bandwidth 600 MHz chirp waveform using spectrum analyzer.

DDS sync 회로). 2개의 DDS를 사용하는데 있어서의 문제점은 DDS에서 발생하는 Chirp의 방향(up-chirp 또는 down-chirp) 및 위상을 제어해야 하는 점이다. 이 기법은 본 논문에서 다루지 않는다. 그림 7은 설계된 파형 발생기의 블록 다이어그램이다.

그림 6은 제작된 형상이다. 제작할 때 가장 중요한 부분은 SSBM으로의 입력되는 I/Q 채널 신호의 위상 및 진폭의 크기를 동일하게 맞추는 것이다. I/Q 에러가 발생하면 SSBM의 출력단에서 LO 신호가 억제되지 않아 deramp 수행할 때 문제를 일으킬 수 있다. 그림 7은 600 MHz 대역폭의 chirp을 스펙트럼 분석기를 사용하여 측정한 결과이다. 대역폭 내에서 스펙트럼 평탄도는 2 dB 이내이다.

### 3-2 송수신부

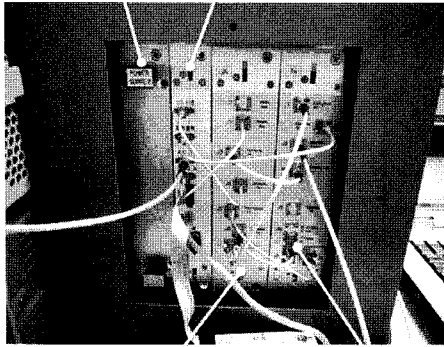
송수신부는 MIC 부품을 사용하여 소형으로 제작하였으며, 직접 수신 및 deramp 수신이 가능하도록 구성되어 있다.

Stripmap 모드에서는 대역폭 변화없이 신호를 수신하며, spotlight 모드에서는 deramp 수신을 통해 최종 수신 대역폭을 200 MHz로 축소시켜 샘플링을 수행한다. 그림 8은 송수신부의 제작 형상이다.

### 3-3 고출력 송신기

고출력 송신기는 LIG넥스원의 RF 전문 협력업체에서 개발한 것으로 50W급 SSPA(Solid State Power

전원부 파형발생기



주파수발생기 & Deramp 신호 생성기 송수신기

그림 8. 송수신부의 형상

Fig. 8. Figure of transmitter-receiver subsystem.

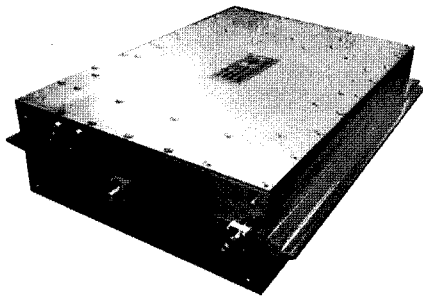


그림 9. 50W급 SSPA의 형상

Fig. 9. Figure of 50W SSPA.

Amplifier)이다. 그림 9는 SSPA의 형상이다.

### 3-4 안테나부

안테나는 NexSAR 제작을 통해 획득할 핵심 기술에 포함시키지 않았으므로 상용 제품을 사용하였다. 이득 20 dBi의 standard gain horn antenna이며, 항공기 장착상의 이유로 견고한 금속 구조물로 안테나를 보호하였다. 비행 속도 100 m/s 근처에서 공기 저항에 의한 안테나 손상 방지 및 항공기 비행 성능에 영향을 최소화 하기 위함이다. 그림 10은 제작된 안테나부의 형상이다. 혼 안테나의 전면은 레이돔을 씌웠으며, 레이돔에 의한 감쇄는 2-way 2 dB 수준이다.

### 3-5 제어기 및 전체 형상

제어기는 19인치 랙에 일반 PC를 장착하여 사용

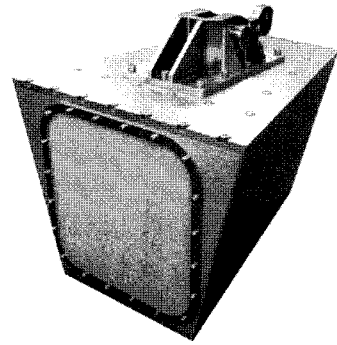


그림 10. 안테나부의 형상

Fig. 10. Figure of antenna subsystem.

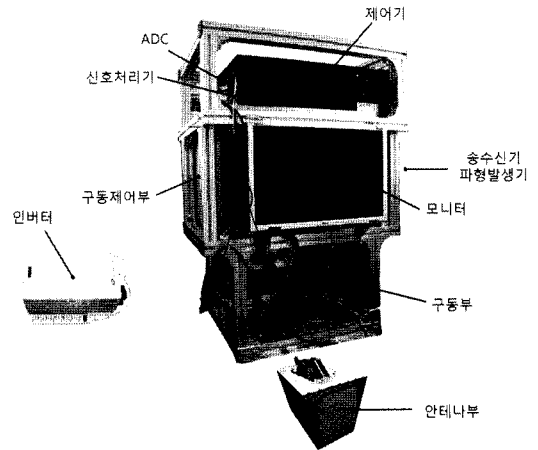


그림 11. NexSAR의 제작 형상

Fig. 11. Figure of NexSAR.

하였으며, 제어기에는 ADC가 설치되어 데이터 획득을 수행한다. 또한, Mercury사의 CAB(Cell Acceleration Board)가 장착되어 있으며, 향후 고속 SAR 신호 처리에 사용될 것이다. 제어기의 RS-232C를 통해 타이밍을 설정한다. 이러한 전체적인 NexSAR 제어를 위해 GUI 기반의 제어 S/W를 제작하였다. 그림 11은 NexSAR의 전체적인 제작 형상이다.

## IV. 신호 처리 알고리즘

NexSAR의 신호 처리는 stripmap 모드는 RDA(Range-Doppler Algorithm)<sup>[7]</sup>, spotlight 모드는 PFA(Polar-Format Algorithm)<sup>[8]</sup>으로 구현되었다. 현재 신호 처리는 MATLAB 기반으로 처리되고 있다. 그림 12는 NexSAR의 stripmap 모드 신호 처리 순서도이다. 실

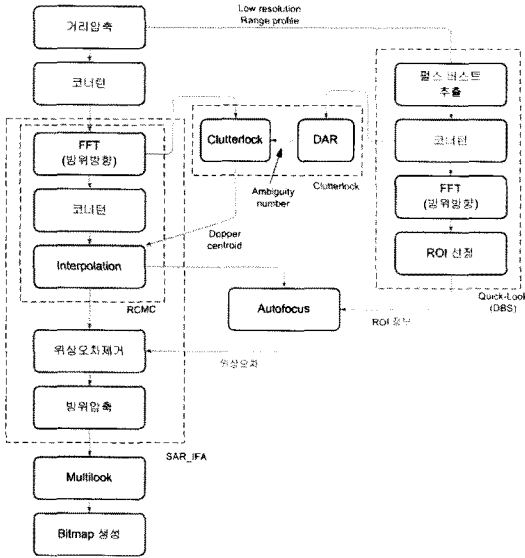


그림 12. Stripmap 모드 신호 처리 순서도  
Fig. 12. Flowchart of stripmap mode signal processing.

시간 요동 보상 기능이 탑재되지 않았으므로 Clutterlock을 통해 도플러 중심 주파수를 추정하고 autofocus 기능을 통해 위상 오차 성분을 제거한다. GDE<sup>[9]</sup> 알고리즘을 사용한 도플러 모호성 추정 및 autofocus를 위해 낮은 분해능의 보조 영상을 생성한다. 특히 spotlight 모드 SAR에 적용되는 PGA<sup>[10]</sup>(Phase Gradient Autofocus)를 stripmap 모드에 적용시키기 위하여 autofocus를 적용하기 좋은 점표적을 추출하기 위한 과정이 수반되어야 한다. 이 과정을 고속으로 처리하기 위해서는 낮은 분해능의 'quick-look' 영상이 필요하다.

이에 비해 spotlight 모드는 전체적인 신호 처리 흐름은 간략하다. 그림 13은 spotlight 모드의 신호 처리 순서도를 보인 것이다.

### V. 실험 및 결과 영상

NexSAR 시험은 2008년 3월 초부터 5월까지 총 5회에 걸쳐 수행되었으며, 표 2는 시험일지이다.

1, 2차 비행 시험은 분해능 0.8 m급의 stripmap 모드 영상 획득을 목표로 수행하였다. 1차 비행 시험은 데이터 저장 불안으로 실패하였고, 2차 비행 시험은 성공적으로 수행하였다. 3차 비행 시험은 고해상도 모드 영상 획득을 목표로 하였으나 실패하였다. 이후

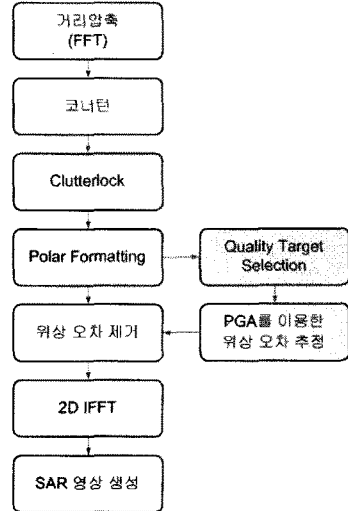


그림 13. Spotlight 모드의 신호 처리 순서도  
Fig. 13. Flowchart of spotlight mode signal processing.

표 2. 비행 시험 일지  
Table 2. Flight test.

회차	날짜	목적
1	2008.3.10	Stripmap 모드 영상 획득
2	2008.3.15	Stripmap 모드 영상 획득
3	2008.3.26	Spotlight 모드 영상 획득
4	2008.4.19	Spotlight 모드 영상 획득
5	2008.5.3	Spotlight 모드 영상 획득

송수신부의 문제점을 해결하기 위하여 송수신부를 새로 제작하여 4, 5차 비행 시험을 수행하였다.

4차 비행 시험에서는 수신기의 LNA(Low Noise Amp)의 고장으로 실패하였고, 5차 시험은 데이터 획득은 데이터 획득은 정상적으로 수행되었으나, 최종 영상 생성은 실패하였다.

그림 14는 PIPER 내부의 NexSAR 장착 위치를 보인 것이다. 항공기는 항공 측량 장비 등의 장착을 위해 좌석을 떼어내고 동체의 아래 부분에 지름 50cm의 구멍을 내어 안테나가 동체 밖에서 장착될 수 있도록 하였다. 그림 15는 항공기 내부에 NexSAR를 장착한 형상을 보인 것이며, 그림 16은 이륙전의 사진을 보인 것이다.

비행은 1, 2차 비행은 김포공항에서 출발하여 경기도 일대를 비행하고 다시 김포공항으로 착륙하는 경

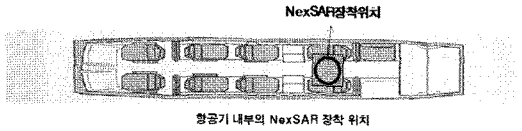


그림 14. PIPER 내부의 NexSAR 장착 위치  
Fig. 14. Mounting position of NexSAR in PIPER.

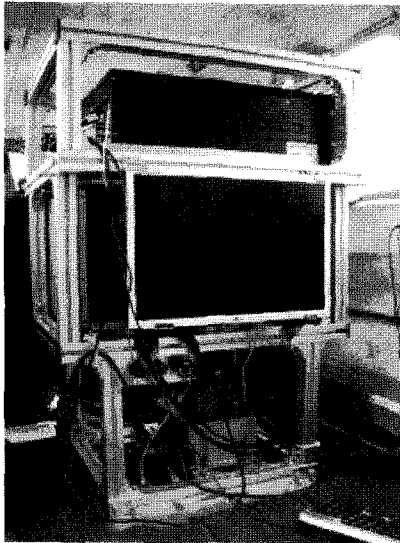


그림 15. PIPER 내부의 NexSAR 장착 형상  
Fig. 15. Mounting NexSAR inside of PIPER.

로를 설계하였다. 목표 지역은 시화 방조제, 제부도, 현대자동차 주행 시험장의 3지역을 선정하였고, 2차 비행 시험에서 성공적으로 영상을 획득하였다. 그림 17은 1, 2차 비행 시험의 경로를 보인 것이다.



그림 16. 항공기 장착 후 이륙전 상황  
Fig. 16. Before take-off.

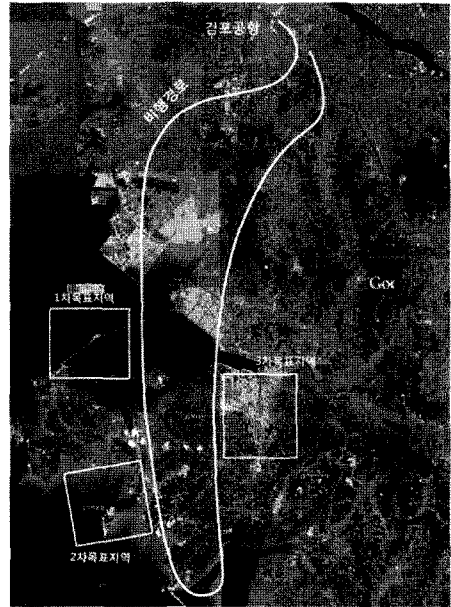


그림 17. 1, 2차 비행 시험의 비행 경로  
Fig. 17. Flight path of 1st flight test.

비행 고도는 항공 관제를 피하기 위하여 600 m를 유지하였으며, 비행 속도는 80~90 m/s의 수준이었다. 실시간 요동 보상 기능이 탑재되지 않았으므로 가능한 안정적인 비행을 위하여 오전 10~11시경에 비행 시험을 수행하였다.

그림 21은 2차 비행 시험에서 NexSAR를 통해 획득된 SAR 영상 및 이와 비교를 위한 광학 영상을 보인 것이다. 광학 영상과 SAR 영상의 차이를 볼 수 있으며, 낮은 비행 고도 및 획득 지역의 산으로 인하여 SAR 영상에 산에 의한 음영이 나타남을 볼 수 있다.

그림 22은 SAR 영상의 주요 특이점 및 분해능을 간접적으로 확인할 수 있는 영역을 확대한 것이다. 송전탑 영상은 송전탑을 격리하기 위한 철책이 SAR 영상과 광학 영상 상에서 확인한 차이를 보인다. 그림 22의 좌측 상단의 확대 그림은 경기도 화성시 송산면의 문산천 지역을 확대한 것으로 문산천을 따라 밝은 점이 있는 것을 볼 수 있는데, 전봇대로 추정되며 전봇대의 크기를 고려할 때 1 m 수준의 분해능을 보임을 알 수 있다.

## VI. 고해상도 분해능 시험

비행 시험 전 고해상도 모드(spotlight 모드)의 분

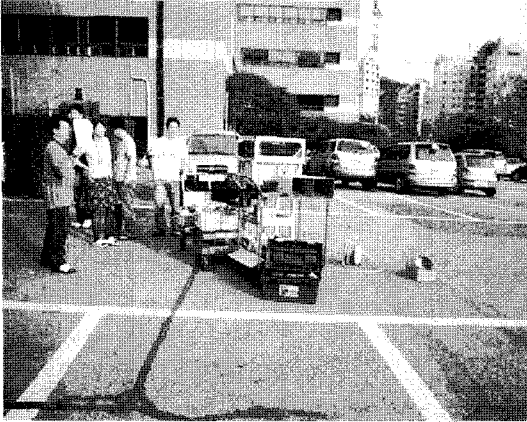


그림 18. 지상 고해상도 모드 시험을 위한 장비 설치  
Fig. 18. The experiment setup for measuring the resolution of NexSAR.

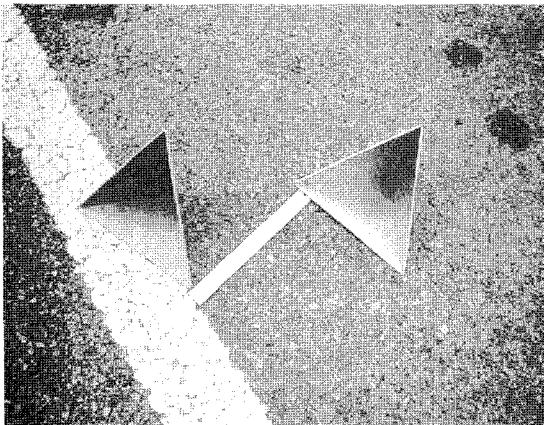


그림 19. 분해능 시험을 위한 반사판 배치  
Fig. 19. Layout of trihedral corner reflectors for resolution test.

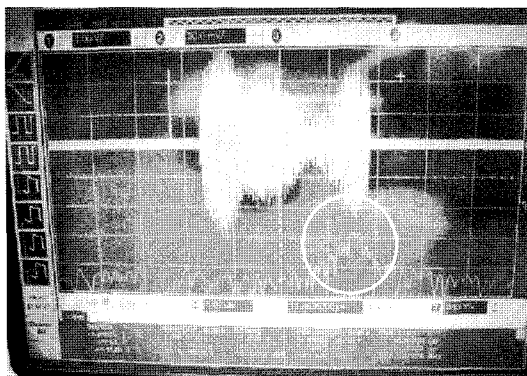


그림 20. 인접한 두 개의 반사판의 측정 결과  
Fig. 20. Measurement result of two closely located TCRs.

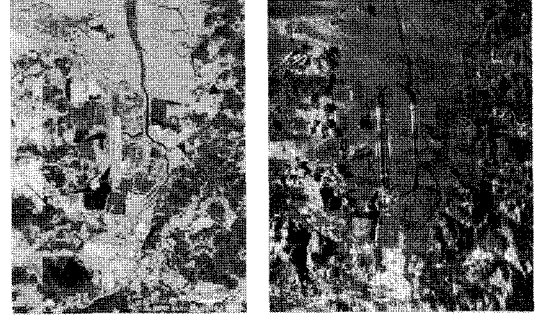


그림 22. NexSAR로 획득된 SAR 영상(우)과 위성 광학 영상(좌)의 비교  
Fig. 22. Comparison of SAR image obtained by NexSAR (right) and satellite optical image(left).

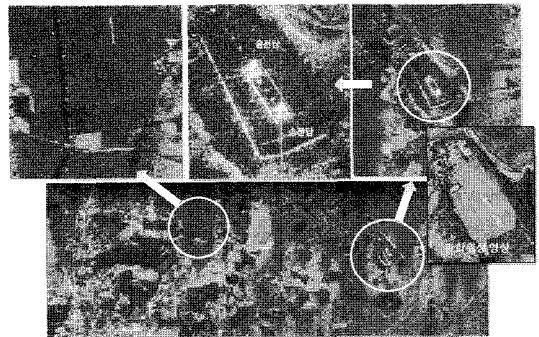


그림 23. NexSAR 이미지의 확대 영상  
Fig. 23. Zoomed images of NexSAR image.

해능을 시험하기 위하여 LIG넥스윈의 주차장에 NexSAR를 설치하고 TCR(Trihedral Corner Reflector)를 표적으로 하여 분해능 측정을 시도하였다. 그림 18은 주차장에 설치된 NexSAR, 그림 19는 설치된 2개의 TCR을 보인 것이다. TCR은 다양한 거리로 놓고 측정을 하였으며, 그림 20의 데이터를 측정할 시 30cm를 이격한 상태에서 측정한 것이다. 실시간 측정을 위하여 오실로스코프의 FFT 기능을 사용하였다. 그림 20의 오실로스코프 화면에서 상단은 deramp된 수신 신호, 하단은 수신 신호를 FFT하여 얻은 range profile을 보인 것이다. 그림 20에서 보는 바와 같이 TCR 2개를 구분함을 볼 수 있다.

## Ⅶ. 결 론

LIG넥스윈은 분해능 30cm급의 핵심 기술 확보를 목적으로 NexSAR라는 시스템을 자체 개발하였다.



체계 설계, 파형 발생기 및 송수신기 제작 기술, 신호 처리 기술 등 주요 핵심 기술을 확보하였다. 지상 시험을 통해 600 MHz 대역폭을 사용한 분해능 측정 시험을 수행하였고, 비행 시험을 통해 stripmap 모드의 SAR 영상을 성공적으로 획득하였다. 향후 시스템 보완 후 spotlight 모드 영상을 다시 획득할 계획이다.

### 참 고 문 헌

[1] <http://www.sandia.gov/radar/minisar.html>  
 [2] <http://www.ga-asi.com/products/lynxSAR.php>  
 [3] [http://www.raytheon.com/capabilities/products/stellent/groups/iis/documents/content/cms04\\_017868.pdf](http://www.raytheon.com/capabilities/products/stellent/groups/iis/documents/content/cms04_017868.pdf)  
 [4] [http://www.gim-international.com/issues/articles/id1228-TerraSARX\\_m\\_Spaceborne\\_Radar.html](http://www.gim-international.com/issues/articles/id1228-TerraSARX_m_Spaceborne_Radar.html)  
 [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/SAR\\_Lupe](http://en.wikipedia.org/wiki/SAR_Lupe)

[6] [http://www.telespazio.it/pdf/Cosmo\\_eng\\_0708.pdf](http://www.telespazio.it/pdf/Cosmo_eng_0708.pdf)  
 [7] Ian G. Cumming, Frank H. Wong, *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data*, Artech House, 2005.  
 [8] Walter G. Carrara, Ron S. Goodman, Ronald M. Majewski, *Spotlight Synthetic Aperture Radar: Signal Processing Algorithms*, Artech Hounse, 1995.  
 [9] Y. K. Kong, B. L. Cho, and Y. S. Kim, "Ambiguity-free doppler centroid estimation technique for airborne SAR using the Radon transform", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 43, pp. 715-721, Apr. 2005.  
 [10] P. H. Eichel, C. V. Jakowatz, Jr, "Phase-gradient algorithm as an optimal estimator of the phase derivative", *Optics Letters*, vol. 14, no. 20, pp. 1101-1103, Oct. 1989.

### 공 영 균



1998년 2월: 포항공과대학교 전기전자공학과 (공학사)  
 2000년 2월: 포항공과대학교 전기전자공학과 (공학석사)  
 2005년 2월: 포항공과대학교 전기전자공학과 (공학박사)  
 2005년 4월~현재: LIG 넥스원 ISR 연구센터

연구센터

[주 관심분야] SAR 체계 설계, SAR 신호처리, 레이더 체계 및 신호처리

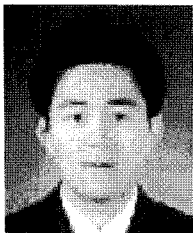
### 김 승 환



1999년 2월: 충북대학교 전자계산학과 (이학사)  
 2002년 2월: 충북대학교 전자계산학과 (이학석사)  
 2002년~현재: LIG 넥스원 ISR 연구센터  
 [주 관심분야] SAR 및 레이더 체계 설계

설계

### 김 형 철



2007년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)  
 2007년 4월~현재: LIG넥스원 ISR 연구센터  
 [주 관심분야] 제어 및 시스템 설계, 임베디드 시스템

### 김 수 범



1997년 8월: 포항공과대학교 전기전자공학과 (공학사)  
 2002년 8월: 포항공과대학교 전기전자공학과 (공학박사)  
 2002년 9월~2003년 2월: 포항공과대학교 전자컴퓨터공학부 박사후연구원

2003년 8월~2005년 9월: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 선임연구원

2005년 12월~현재: LIG넥스원 연구개발본부 ISR 연구센터 책임연구원

[주 관심분야] SAR/레이더 체계설계, 능동위상배열레이더 설계

임 재 학



1983년 3월~1987년 2월: 서강대학교 물리학과 (이학사)

1987년 3월~1989년 2월: 서강대학교 물리학과 (이학석사)

1989년 3월~1995년 8월: 서강대학교 물리학과 (이학박사)

1996년 2월~2004년 4월: 대우종합기계 (구 대우중공업)

2005년 5월~현재: LIG 넥스원 ISR 연구센터

[주 관심분야] SAR 체계 설계, SAR 시험평가, 영상정보