

# 고속 표적 추적을 위한 K-대역 레이다 송수신기 설계

## Design of K-Band Radar Transceiver for Tracking High Speed Targets

선선구 · 이정수 · 조병래 · 이종민

Sun-Gu Sun · Jung-Soo Lee · Byung-Lae Cho · Jong-Min Lee

### 요 약

낮은 고도로 접근하는 고속 표적을 탐지 및 추적하기 위해 사용하는 K 대역의 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 레이다의 송수신기 설계 방법을 제안한다. 송신기는 레이다 유효 반사 면적(RCS : Radar Cross Section)이 작은 표적의 추적 및 넓은 송신 안테나 빔 폭으로 인해 고출력이 요구되며, 수신기의 경우는 인터페로메타 방법을 이용하여 표적을 추적하기 위해 다채널 수신기가 요구된다. 송신기는 고출력 송신 증폭기와 도파관 스위치 및 주파수 상향 변환 기관으로 구성된다. 수신기는 5 채널 수신기, 중간 주파수 상향 및 하향 변환 모듈, X 대역 국부 발진기 및 과형 발생 모듈로 세분화 할 수 있다. 제안한 구조를 제작하기 전에 모델링 및 시뮬레이션 방법을 통해 여러 파라메타를 측정함으로써 가능성을 입증한다. 그리고 제안한 송수신기를 산업용 부품을 사용하여 제작하고 성능 파라메타를 측정하였다. 그 결과, 송신기 출력은 39.64 dBm, 수신기 이득은 29.1 dB이며, 그 외 모든 설계 요구 조건을 만족함을 입증하였다.

### Abstract

This study is to design FMCW radar transceiver of K-band which is used to detect and track approaching high speed targets with low altitude. The transmitter needs high output power due to small RCS targets and wide beamwidth of transmit antenna. Multi-channel receivers are required to detect and track targets by interferometer method. Transmitter consists of high power amplifier, waveguide switch, and frequency up-converter. Receiver is composed of five channel receivers, up and down converters, X-band local oscillator and waveform generator. Before manufacturing it, the proposed architecture of transceiver is proved by modeling and simulation using several parameters. Then, it is manufactured by using industrial RF components. The performance parameters are measured through experiment. In the experiment, transmitting power and receiver gain were measured with 39.64 dBm and 29.1 dB, respectively. All other parameters in the specification were satisfied as well.

Key words : FMCW Radar, Transmitter, Receiver, Interferometer, Detection and Tracking

### I. 서 론

군사적 목적으로 레이다가 발명된 이래 수십년 간 레이다의 응용 분야는 발전해 왔으며, 현재에는 군용 장비에 사용되는 표적 탐지 및 추적용 레이다, 합성개구면 레이다뿐만 아니라 민수 분야에서의 차량충돌 방지 레이다 및 의료용 바이오 영상 레이다,

무인 차량의 장애물 회피용 영상 레이다 분야에 이르기까지 그 사용이 널리 확대되고 있는 추세이다<sup>[1],[2]</sup>. 또한, 군사적 응용 분야에서는 해상도가 증대된 영상센서 및 레이다 센서의 발달과 컴퓨터 기술의 빠른 발전으로 군 승무원에 대한 생존성 증가에 대한 요구가 증대됨에 따라 더욱 지능화된 무기 체계를 필요로 한다.

국방과학연구소(Agency for Defense Development)

· 논 문 번 호 : 20100817-110

· 교 신 저 자 : 조병래(e-mail : chobl@add.re.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 11월 2일

일반적으로 육군 전투 차량인 전차 및 장갑차를 공격하는 위협체는 무유도 로켓 및 대전차 미사일이다. 이것은 지표면으로 부터 낮은 고도로 비행하고, 약 200 m/sec 전후의 고속으로 아군의 차량에 접근한다. 또, 이 위협체(이하, 표적이라 칭함)의 RCS는 매우 작아 레이더 센서를 이용하여 이 표적을 탐지 및 추적하는 기술은 현재의 레이더 기술 중에서 최고 난이도의 기술로 분류되고 있으며, 기술 선진국에서도 개발이 진행 중이다. 이 레이더 기술이 어려운 이유는 RCS가 작고 지표에 근접한 저고도 비행으로 인해 지면에서 발생하는 클러터 및 다중 반사(multi-path)에 의해 탐지 및 추적이 매우 어려우며, 레이더에서 위협체까지의 거리가 500 m 미만으로 짧기 때문이다. 이 목적으로 사용되는 레이더는 매우 정확하고, 빠르게 표적을 탐지 및 추적해야 한다. 이 레이더는 표적에 대한 정확한 위치 정보(거리, 속도, 방위각, 고각)를 얻기 위해 K 대역의 RF(Radio Frequency) 신호를 사용하고, FMCW 파형을 송신하여 위치 정보를 획득할 수 있도록 개발한다<sup>[3]</sup>.

이 논문은 이와 같은 레이더 개발에 있어서 주요 구성품인 K 대역 송수신기 구조 및 설계 방법을 제안하고, 산업용 RF 구성품을 사용하여 제작한 내용을 포함한다. 이 송수신기는 크게 송신 결합체 및 수신 결합체로 이루어진다. 송신 결합체에서는 DDS(Direct Digital Synthesizer)에서 만들어진 송신 CW/ LFM 파형을 RF 대역으로 상향 변환하고, 이를 10 W 이상의 출력으로 증폭하여 안테나를 통해 송신하는 기능을 한다. 수신 결합체는 목표물로부터 반사된 RF 대역의 신호를 낮은 잡음을 가지며 신호처리 기에서 처리 가능한 크기의 신호로 하향 변환 및 증폭하는 기능을 갖도록 설계한다. 상용 소프트웨어를 이용하여 각 구성품을 설계하고 시뮬레이션을 수행하며, 구성품의 제작 후 측정 결과를 분석하여 송수신기의 성능이 설계 규격을 만족함을 입증한다.

## II. 송수신기 설계

이 송수신기가 적용될 레이더의 운용 조건은 100 m/sec 이상의 고속으로 접근하는 RCS가 수십분의 일 m<sup>2</sup> 이하의 표적을 정밀하게 탐지 및 추적하기 위한 레이더에 적용할 예정이다<sup>[4]</sup>. 따라서, 거리 정확

도를 위해 K 대역의 주파수를 요구하며, 거리, 속도, 방위각 및 고각 정보를 수 밀리초의 속도로 측정하기 위해 FMCW 파형을 사용한다.

### 2-1 송수신기 요구 조건

이 요구 조건을 만족하기 위한 송수신기의 구조는 RF 대역 송신 결합체, RF 대역 5채널 수신 결합체, 중간 주파수 상향 변환 모듈, 중간 주파수 하향 변환 모듈, X 대역 국부 신호 발생 모듈(local oscillator), 파형 발생 모듈을 포함한다. 송신기의 고풍력 증폭기는 반도체 전력증폭기를 다단으로 병렬 연결하여 설계하고, 고풍력에 따른 열잡음은 기구 열해석 및 전자계 해석을 통해 안정적인 구조로 설계한다. 열잡음 간섭 문제를 발생시키지 않기 위해서는 송신기 출력 잡음 수준을 최소화하는 설계가 필요하다. 소형화 및 도파관을 이용한 저손실 구조, 고효율 송신기 구조를 고려한다. 그림 1은 송수신기의 전체 구성도를 나타내며, 이에 대한 요구 조건은 표 1과 같다<sup>[5],[6]</sup>.

### 2-2 RF 대역 송신 결합체 설계

송신 결합체는 안테나를 통해 RF 신호를 송신하는 역할을 한다. 그림 2와 같이 주파수 체배/변환 기판은 L 대역 신호를 RF 입력 신호로 하고, 체배기를 통해 X 대역의 국부 신호를 입력 받아 상향 변환된 중간 주파수 신호(RF 대역)를 송신 증폭기로 전달하는 역할을 한다. 믹서의 입력으로는  $f_{IF}$ , LO의 입력으로는  $f_{LO}$ 가 입력될 때, 출력은  $f_{IF}+f_{LO}$  및  $f_{IF}-f_{LO}$ 가 나오게 된다. 필요한 신호는  $f_{IF}+f_{LO}$ 이므로 필터를 이용

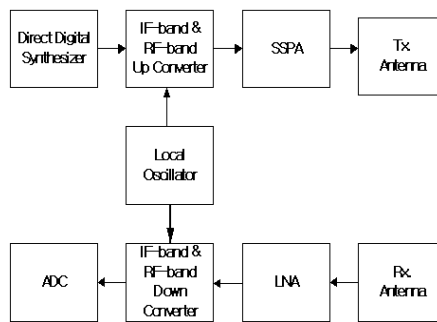


그림 1. K 대역 송수신기 블록도  
Fig. 1. Block diagram of K-band transceiver.

표 1. FMCW 레이더의 송수신기 요구 조건  
Table 1. Transceiver specification of FMCW radar.

구성품	개발 항목	규격		
송신기	출력 전력	39 dBm 이상		
	잡음 지수	18 dB 이하		
수신기	잡음 지수	4.2 dB 이하		
	변환 이득	25 dB 이상		
	최대 입력 전력	0 dBm 이하		
중간 대역 상향 변환 모듈	위상 노이즈 @ 2 GHz	옴 셋	-	
		1 kHz	-85 dBc 이하	
		10 kHz	-102 dBc 이하	
		100 kHz	-120 dBc 이하	
	1 MHz	-135 dBc 이하		
대역폭내 이득 변화량	±1 dB 이하			
중간 대역 하향 변환 모듈	최소 이득	18 dB 이상		
	대역폭내 이득 변화량	±1 dB 이하		
X 대역 LO 발생 모듈	위상 노이즈	주파수 안정도	±0.01 ppm 이하	
		옴 셋	-	
			1 kHz	-82 dBc 이하
			10 kHz	-97 dBc 이하
	100 kHz		-110 dBc 이하	
1 MHz	-120 dBc 이하			

하여  $f_H - f_{LO}$ 는 제거한다. 이때 사용되는 대역 통과 필터는 저손실 특성을 가져야 한다. 부품을 선정하고 시뮬레이션을 통해 잡음 지수는 15 dB 이상, 이득은 10 dB 이상을 얻을 수 있도록 설계한다. 송신 증폭기에서는 레이더 탐지거리 및 범위를 만족하기 위해 충분한 전력을 생성한다. 송신 증폭기 설계에서 어려운 점은 10 W 이상의 고출력을 얻기 위한 설계가 요구됨에 따라 Eudyna 사의 FMM 5829 파워 앰프 8개를 결합하여 원하는 출력을 달성할 수 있도록 하였다. 국부 신호 누설 전력 및 하모닉 성분의 억압을 위한 대역 통과 필터를 내장하고, 각 SSPA 상호 간섭을 최소화하기 위한 구조로 설계한다. FMM 5829를 병렬로 배열하여 고출력의 증폭된 전력을 결합하기 위해 전력분배기를 사용한다. 전력분배기의 성능은 삽입 손실이 3.3 dB 이하가 되도록 설계한다. 그림 2에서 아이슬레이터는 송신된 신호가 반사되는 것을 막기 위한 것이며, WG(Wave Guide) 스위치는

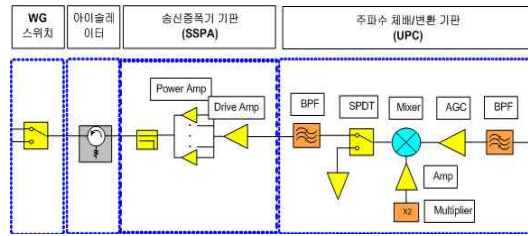


그림 2. 송신기 블록도  
Fig. 2. Block diagram of transmitter.

송신 파형의 신호를 상향 안테나 혹은 하향 안테나로 송신할 것인지를 선택하는 역할을 한다.

### 2-3 RF 대역 수신 결합체 설계

수신 결합체는 표적의 탐지를 위해 사용되는 1개의 탐지용 채널과 인터페로메타 방식에 의해 탐지된 표적의 각도, 속도 및 거리 정보를 획득하기 위해 사용되는 4개의 추적용 채널로 구성한다. 탐지 추적 레이더의 송신 안테나로부터 방사된 신호는 움직이는 표적에 의해 반사 또는 산란된 도플러 주파수 신호와 고정 물체에 의해 반사된 클러터 신호의 합으로 수신 전단부로 들어온다. 저잡음 증폭기에서 증폭된 신호는 X 대역을 채택한 국부 신호에 의해 L 대역으로 하향 변환된다. 하향 변환된 신호는 필터 및 증폭기를 거친 후 주파수 편이된 국부 신호에 의해 2차 하향 변환되어 클러터 성분과 신호 성분의 분리가 가능하도록 한다. 근접 클러터 및 송신 누설 전력 성분은 대역 제거 필터에 의해 제거되고, 증폭기를 거친 신호는 10.5 MHz 국부 신호에 의해 기저 대역으로 변환되어 표적의 도플러 성분만 남는다. 그림 3은 수신 결합체의 신호 흐름도를 나타낸다.

수신기 설계에서 중요하게 고려된 두 가지 요소가 있다. 첫 번째는 저잡음 증폭기(low noise amplifier)를 거치기 전에 다른 부품을 두는 것은 피해야 한다. 왜냐하면 저잡음 증폭 전에 발생하는 신호의 손실은 시스템 전체의 잡음 성능을 열화시켜 최종 신호처리에 입력되는 신호의 SNR(Signal to Noise Ratio)을 떨어뜨린다. 두 번째 요소는 잡음 성능을 개선시키는 것이다. 하향 변환에 있어서 단순한 믹서를 이용하게 되면 출력 신호의 성능이 열화될 수 있다. 그림 4를 보면 본 수신기의 입력으로 필요한 신

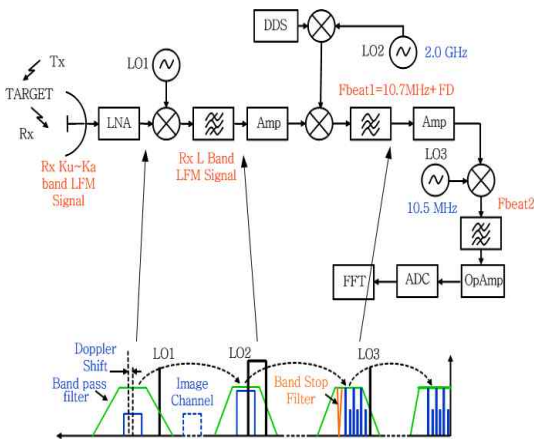


그림 3. 수신 결합체의 신호 흐름도  
Fig. 3. Signal flow diagram of receiver.

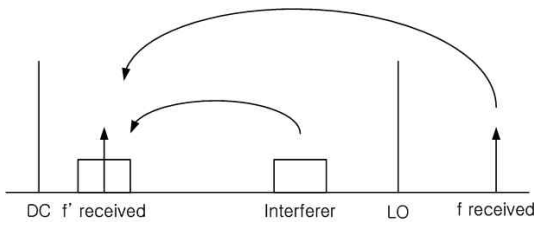


그림 4. 수신 신호 이미지에 의한 성능 열화 개념도  
Fig. 4. Conceptual diagram of performance degradation by image of received signal.

호  $f_{rec}$ 와 간섭 혹은 잡음이 함께 들어올 수 있다. LO 주파수를 이용하여 하향 변환할 경우 위의 두 신호는 같은 주파수  $f_{rec}$ 에 위치하게 되어 원하는 신호의 SNR을 줄어드게 하는 요인이 될 수 있다. 이와 같은 성능 열화를 방지하기 위해 입력단에 대역 통과 필터를 사용하고, IRM(Image Rejection Mixer)를 사용하여 20 dB 이미지 성분 제거 효과를 얻을 수 있다. 또한, IRM 구조는 기존의 DBM(Double Balance Mixer)에 비해 선형성의 지표인 IP3 성능 지수를 개선하는 효과가 있다.

중간 주파수 상향 변환 모듈은 X 대역 LO 발생 모듈에서 생성된 10 MHz 신호를 기준 신호로 L 대역(2 GHz) 신호를 발생시키고, 파형 발생기 모듈 출력 신호와 혼합하여 상향 변환하는 기능을 수행한다. 그림 5는 중간 주파수 대역 상향 변환 모듈 블록도를 나타낸다.

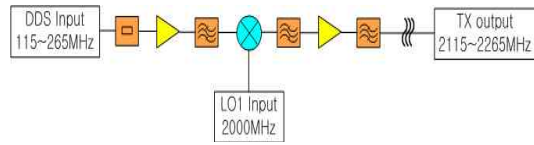


그림 5. L 대역 상향 변환 모듈 블록도  
Fig. 5. Block diagram of up-converting module for L band.

중간 주파수 하향 변환 모듈은 수신된 중간 주파수 대역 신호에서 비트 주파수를 검출하기 위한 L 대역 하향 변환과 비트 주파수 하향 변환을 수행하도록 설계한다. 하향 변환 모듈 설계시 중요한 요소로는 송신기가 동작하고 있을 때 송신 신호의 일부가 수신기로 유입되는 데, 이러한 송신 누설 전력은 하향 변환기에서 도플러 신호를 증폭할 때 이를 왜곡시키게 된다. 누설 전력이 존재하는 주파수 대역은 항상 일정하기 때문에 그 주파수 범위에 있는 성분만 제거할 수 있도록 60 dB 이상의 억압도를 갖는 성능이 우수한 노치 필터가 요구된다.

X 대역 LO 발생 모듈은 RF 대역 송/수신기의 국부 신호를 발생하고 분배하는 역할을 한다. 이 X 대역 발생신호는 높은 주파수의 안정도를 위해 위상 고정 루프(phase locked loop)를 이용한 위상 고정 유전체 공진발진기를 적용한다.

파형 발생기 신호는 IF 대역 LO 신호를 기준 신호로 입력받아 DDS(Direct Digital Synthesizer)를 사용하여 그림 6과 같이 CW, LFM 신호를 생성한다. 이러한 파형의 생성을 통해 송신단과 수신단의 중간 주파수 대역 LO 신호를 상호 달리하여 클러터 성분과 신호 성분의 분리가 가능하도록 하였다. 그림 6에서 CW 구간에서 F0의 주파수 신호가 변화 없이

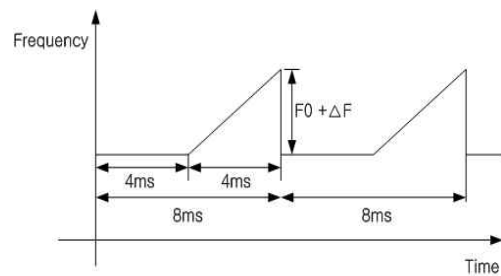


그림 6. DDS 출력인 CW와 LFM 파형  
Fig. 6. CW and LFM waveform as DDS output.

나오고 LFM 구간에서 F0에서 시작하여 F0+ΔF의 주파수로 선형적으로 증가된 신호를 발생시킨다. 이 파형 발생기의 주파수 안정도는 기준 클럭으로 받는 2 GHz에 전적으로 의존한다.

### III. 실험 및 분석

설계된 송수신기를 산업용 부품을 사용하여 제작한 후 II 장의 1절에서 제시한 요구 조건을 만족하는지 여부를 실험을 통해 측정 및 분석한다.

#### 3-1 송신 증폭기 출력

출력 전력 10 W 이상의 성능을 얻기 위해서 Eudyna사의 고풍력 증폭기를 병렬 결합하여 제작한 SSPA의 형상이 그림 7(a)와 같다. 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 1개의 구동증폭기와 8개의 고풍력 증폭기 칩으로 구성되어 있다. 이 송신 증폭기가 사용될 운용 환경인 송수신기의 내부 온도는 운용시 약 80 °C 이상의 고온이다. 따라서, 고온에서 출력 특성을 95 °C의 온도 조건에서 측정한 결과, 39.64 dBm을 얻을 수 있었다. 또한, 이 증폭기의 소신호 이득인 S<sub>21</sub> 이득은 회로망 분석기를 이용하여 측정한 결과, 30.58 dB이었다. 그림 7(b)는 송신 증폭기 출력 특성 측정 사진이다.

#### 3-2 수신기 잡음 지수 및 변환 이득 측정

저잡음 증폭 특성으로 수신 신호를 하향 변환기에 전달하는 기능을 하는 것으로 제작된 5 채널 수신기의 잡음 지수 및 이득 특성을 측정하였다. 잡음 지수는 능동 소자의 내부에서 얼마만큼의 잡음을 발생시키는지 나타내는 지표로서 낮을수록 우수한 특성을 가지게 된다. 측정 장비는 Agilent사의 noise figure meter를 이용해 측정하였다. 탐지 채널 및 추적채널에 대한 잡음 지수 및 이득의 측정 결과는 그림 8과 같으며, 잡음 지수는 3.4 dB, 이득은 29.1 dB의 특성을 보였다.

#### 3-3 상향 변환 모듈 LO의 위상 잡음 특성

상향 변환 모듈의 이득 변화 특성을 측정한 결과, 대역폭 내에서의 이득 변화량이 1 dB 미만이었다. 또한, 상향 변환 모듈에서 생성하는 2 GHz LO 신호

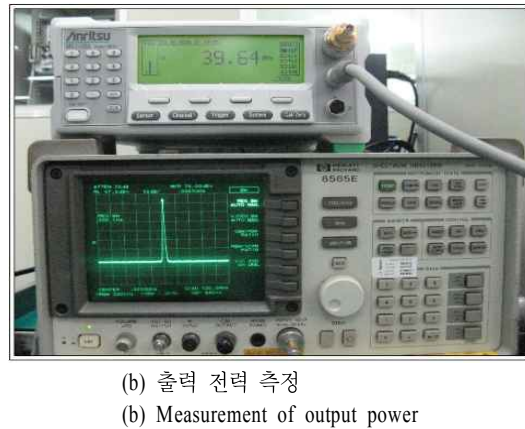


그림 7. 송신 증폭기  
Fig. 7. Transmitting amplifier.

Freq	NoiseFig dB	Gain dB
2.100000 GHz	3.488	29.809
2.102222 GHz	3.475	29.536
2.144444 GHz	3.415	29.214
2.166667 GHz	3.437	29.411
2.188889 GHz	3.482	28.977
2.211111 GHz	3.451	28.951
2.233333 GHz	3.412	28.764
2.255556 GHz	3.437	28.467
2.277778 GHz	3.441	28.434
2.300000 GHz	3.393	28.225

그림 8. 탐지 채널 수신기의 잡음 및 이득 측정  
Fig. 8. Measurement of noise and gain of receiver of detection channel.



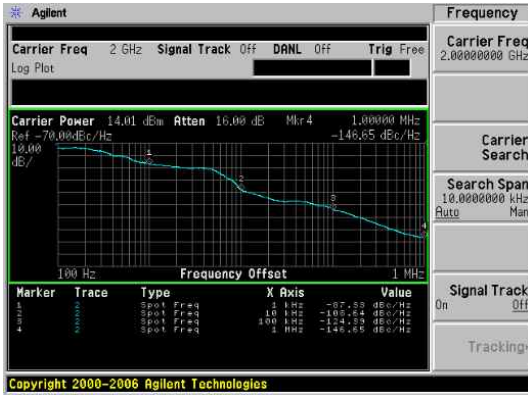


그림 9. 상향 변환 모듈 LO의 위상 잡음 특성  
Fig. 9. Phase noise characteristic of LO in up-converter.

의 위상 잡음 특성은 도플러 신호를 분리하는데 있어 매우 중요하다. 제작한 모듈에 대해 측정된 결과, 1 kHz에서 -87.3 dBc, 10 kHz에서 -108.6 dBc, 100 kHz에서 -124.8 dBc, 1 MHz에서 -146.6 dBc를 나타내었다. 그림 9는 상향 변환 모듈의 위상 잡음 특성을 나타낸다.

### 3-4 하향 변환 모듈

송수신기의 최소 이득은 21.5 dB로 측정되었으며, 대역폭 내에서의 이득 변화는 1 dB 미만이었다. 하향 변환기의 출력 대역인 100~200 kHz 외의 대역에서 불요파 성분을 측정된 결과 -82.4 dB 여서 불요파 제거 성능이 우수하다. 이미지 성분 제거 기능이 없으면 최종 출력의 도플러 주파수 대역에 잡음이 증가하여 도플러 신호에 대한 SNR 값을 확보하기 어렵다. 이미지 성분 제거 성능 측정 결과는 -26 dB 값을 얻을 수 있었다. 능동 소자의 비선형 특성에 의해 발생하는 고조파 성분은 신호의 주변에 제거할 수 없는 불필요 신호를 발생시키게 된다. 측정 결과, 2차 고조파는 -83.1 dBc의 우수한 특성을 나타내고 있다.

### 3-5 X 대역 LO 발생 모듈

제작된 LO 발생 모듈은 낮은 위상 잡음 특성과 낮은 고조파 및 불필요 신호 특성을 나타내었다. 중심 주파수로부터 10 kHz에서 -105 dBc 이하, 100 kHz에서는 -116 dBc 이하의 위상 잡음 특성이다.

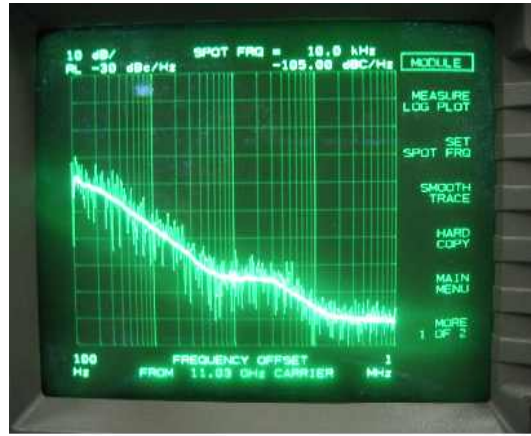


그림 10. X 대역 LO 발생 모듈의 위상 잡음 특성(10 kHz 오프셋)  
Fig. 10. Phase noise characteristic of X band LO(10 kHz offset).

그림 10은 이 모듈의 중심 주파수로부터 10 kHz 오프셋에서의 위상 잡음 측정 결과를 나타낸다.

## IV. 결 론

이 논문에서는 K 대역 FMCW 레이다의 송수신기 설계 및 제작에 관한 내용을 기술한 것이다. 이 송수신기가 사용될 레이다는 고속의 소형 표적을 탐지 및 추적할 목적으로 사용되는 것으로서 고출력의 송신기 및 높은 동적 영역을 갖는 수신기가 요구된다. RF 대역 송신 결합체는 DDS로부터 발생된 UHF/VHF 대역의 신호를 중간 주파수 대역으로 상향 변환한 후 SSPA(Solid State Power Amplifier)로 전력 증폭한 후 송신 안테나를 거쳐 방사한다. 수신 안테나를 통해 표적으로부터 반사된 수신 신호는 저잡음 증폭기에 입력되어 2차에 걸쳐 하향 변환되어 클러터 신호와 표적 신호를 분리할 수 있도록 신호처리기에 제공된다. 송수신기를 설계하여 모델링 및 시뮬레이션 과정을 통해 각 주요 구성품의 이득 및 잡음 특성 등을 예측하여 설계하였다. 산업용 RF 구성품들을 사용하여 설계된 송수신기를 제작하였으며, 제작 후 각 모듈별로 요구 조건을 만족하는지 여부를 실험을 통해 측정 및 분석하였다. 측정된 결과를 종합하면 제작된 송수신기는 2-1절의 요구 조건을 모두 만족하였다. 또한, 측정된 성능 파라미터들이 모델링 및 시뮬레이션 결과와도 대체적으로 일치하

였다. 이 연구 결과는 K 대역의 FMCW 레이더에 적용되어 근거리 고속 표적의 탐지 및 추적을 위해 사용되어 그 효용성을 입증하였다.

### 참 고 문 헌

- [1] B. Edde, *Radar Principles, Technology, Applications*, NJ: Prentice Hall, 1993.
- [2] M. I. Skolnik, *Introduction to Radar Systems*, 3<sup>rd</sup> Ed. McGraw-Hill, 2001.
- [3] S. Salous, N. Nikandrou, "Architecture for advanced FMCW sounding", *Int. J. Electronics*, vol. 84, no. 5, pp. 429-463, 1998.
- [4] S. Sun, J. M. Lee, J. Lee, and B. Cho, "Ground-based radar interferometer for tracking fast approaching targets", *Accepted for Publication IET Trans. Radar, Sonar and Navigation*, 2010.
- [5] L. M. Fernandez et al., "Low-cost 24 GHz transceiver for unlicensed operation", *IET Electronics Lett.*, vol. 38, no. 10, pp. 458-459, 2002.
- [6] C. Wang, R. Qian, and X. W. Sun, "Low cost K-band radar modules for automobile application", *Proc. IEEE RFIT*, pp. 153-155, 2005.

### 선 선 구



1987년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)  
 1989년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)  
 1989년 2월~현재: 국방과학연구소

책임연구원

[주 관심분야] 레이더 신호 처리, 영상 레이더, 컴퓨터비전

### 조 병 래



1999년 2월: 경북대학교 전자전기공학부 (공학사)  
 2001년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)  
 2005년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학박사)  
 2005년 3월~2006년 1월: 포항공과대학교 전자전기공학과 연구원

2006년 1월~현재: 국방과학연구소 선임연구원

[주 관심분야] 레이더 신호 처리, 영상 레이더 등

### 이 정 수



2000년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학사)  
 2002년 2월: 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)  
 2002년 3월~2005년 12월: LG 전자 연구원  
 2006년 1월~현재: 국방과학연구소

책임연구원

[주 관심분야] 안테나 설계, 영상 레이더 등

### 이 종 민



1985년 2월: 경희대학교 물리학과 (이학사)  
 1988년 2월: 경희대학교 물리학과 (이학석사)  
 2007년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학박사)  
 1991년 2월~현재: 국방과학연구소

책임연구원

[주 관심분야] 레이더 시스템 설계/분석, 안테나 설계 등