

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.1.89>

JIIBC 2020-1-12

## Ku-대역 소형 도플러 레이다용 수신부

### Receiver for Ku-band Compact Doppler Radar

이만희\*, 안세환\*, 김윤진\*, 김홍락\*, 정해창\*\*, 김선호\*\*

Man-Hee Lee\*, Se-Hwan An\*, Youn-Jin Kim\*,  
Hong-Rak Kim\*, Hae-Chang Jeong\*\*, Sun-Ho Kim\*\*

**요약** 본 논문에서는 Ku-대역 소형 도플러 레이다용 수신부를 설계 및 제작하였다. 제작된 수신부는 총 5개의 수신 경로를 갖는 초고주파수신기와 중간주파수신기로 구성된다. 초고주파수신기의 초단에는 송신 누설 신호로부터 보호하기 위한 리미터가 적용되었으며, 최대 입력전력은 2 W 이상이 되도록 설계 되었다. 중간주파수신기는 모드 선택 스위치를 통해 광대역 경로와 협대역 경로를 선택할 수 있게 설계하였다. 제안된 수신부는 이득 68 dB, 잡음지수 3.7 dB, 리미터 회복시간 93 ns가 측정되었다. 본 논문에서 제시한 수신부를 이용하여 Ku-대역 소형 도플러 레이다에 바로 적용이 가능할 것으로 예상된다.

**Abstract** In this paper, Ku-band Receiver for compact doppler radar has been designed and fabricated. It composed of MWR(Microwave Receiver) and IFR(Intermediate Frequency Receiver) which have 5 receive path. We applied limiter circuit to protect MWR from Tx leakage power and maximum 2 W. IFR can change the Rx path to broad band or narrow band by MSC(Mode Selection Switch). It is observed that fabricated receiver performs 68 dB gain and 3.7 dB noise figure, 93 ns limiter recovery time. Proposed Ku-band receiver is expected to apply for Ku-band compact doppler radar.

**Key Words** : Ku-band, Receiver, Compact doppler radar

## 1. 서 론

레이다는 원거리(remote)에서 전자기파를 이용하여 대상 표적의 위치, 속도, 특성을 식별하는 시스템으로 정의된다<sup>[1]</sup>. 레이다는 추적 거리(range), 기능(function), 획득되는 정보(information), 주파수(frequency), PRF(Pulse Repetition Frequency), 설치되는 플랫폼(platform) 등에 따라 여러 가지로 분류 될 수 있다<sup>[2]</sup>. 기능적인 측면에서 도플러 레이다(Doppler radar)는 움직

이는 표적으로부터 발생하는 도플러 주파수 편이(Doppler frequency shift)를 이용하여 표적까지의 시선 속도(radial velocity)를 계측하는 시스템으로, 현재 발사체, 항공기, 로켓, 비행탄자, 선박, 공항, 항만, 기상 상태 등의 식별과 감시 및 측정 등에 널리 활용되고 있다<sup>[3]</sup>.

펄스 도플러 레이다는 그림 1에 보인바와 같이 안테나(ANT; Antenna), 송신기(TXU; Transmitter Unit), 초고주파수신기(MWR; Microwave Receiver), 중간주파

\*정회원, LIG 넥스원(주)

\*\*정회원, 국방과학연구소

접수일자: 2019년 11월 8일, 수정완료: 2020년 1월 4일

게재확정일자: 2020년 2월 7일

Received: 8 November, 2019 / Revised: 4 January, 2020 /

Accepted: 7 February, 2020

Corresponding Author: manhee.lee@lignex1.com

younjin.kim@lignex1.com

Dept. of Seeker & EO/IR R&D Lab, LIG Nex1 Co., Ltd. Korea.

수신기(IFR; Intermediate Frequency Receiver), 주파수합성기(FSU; Frequency Synthesizer Unit), 신호처리기(SPU; Signal Processing Unit), 전원공급기(PS; Power Supply) 등으로 구성된다.<sup>[4-6]</sup> 주파수합성기로부터 발생된 송신신호는 고풍출력송신기를 거쳐 안테나를 통해 공중으로 전파된다. 이렇게 전파된 전자파는 그 산란특성상 목표물의 유효단면적(RCS : Radar Cross Section), 기상조건 그리고 탐지거리에 따라 반사되는 신호의 크기가 다르게 나타나기 때문에, 안테나를 거쳐 수신되는 작은 신호들은 증폭을 요하게 된다. 따라서 수신기는 시스템에서 요구되는 수준의 이득 특성을 가져야 하며, 본 시스템에서는 65 dB 이상의 이득이 요구되었다.

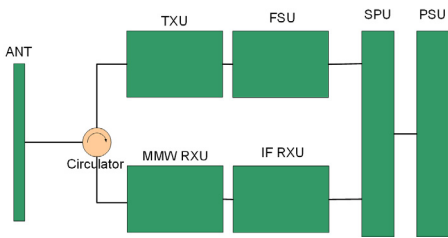


그림 1. 일반적인 도플러 레이더 구조  
Fig. 1. Typical structure of Doppler Radar

## II. 수신부 설계 방안

본 논문의 수신부는 초고주파수신기와 중간주파수신기로 구성된다. 초고주파수신기는 저잡음 수신 기능, 리미터를 이용한 수신기 보호 기능, BIT(Built In Test) 기능, 주파수하향변환기능을 갖고, 중간주파수신기는 광대역/협대역 선택 기능을 갖도록 구현하였다. 또한 초고주파수신기와 중간주파수신기는 레이더 시스템의 기계적 인터페이스를 고려하여 물리적으로 분리된 모듈로 구성하였다. 초고주파수신기에 대한 설계 목표를 표 1에 나타내었다.

표 1. 초고주파수신기 설계 목표  
Table 1. Specification of MWR

항목	설계 목표
RF/LO 주파수 및 대역폭	Ku-band ± 000 MHz
이득	34 ± 2.5 dB
잡음 지수	5 dB 이하
이미지 신호 제거율	15 dB 이상
리미터 회복 시간	100 ns 이하

초고주파수신기는 최대 2 W의 송신 누설 전력으로부터 보호하기 위해 리미터로 CLA4604-000 소자를 선정하였으며 데이터시트 기준 최대 입력 전력은 10 W(CW 기준), 회복 시간은 5 ns이다. 또한 저 잡음 지수를 위해 초고주파수신기 초단에 LNA(Low Noise Amplifier)를 배치하였으며, 이미지 신호 제거를 위해 I/Q Mixer로 주파수 하향 변환을 설계하였다. 설계한 초고주파수신기의 블록도를 그림2에 나타내었으며, 버짓 설계 결과를 그림 3에 나타내었다. 설계결과 이득 및 잡음지수 등 모두 설계 목표를 만족함 확인하였다.

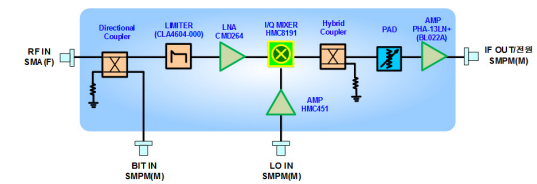


그림 2. 초고주파수신기 블록도  
Fig. 2. Block diagram of MWR

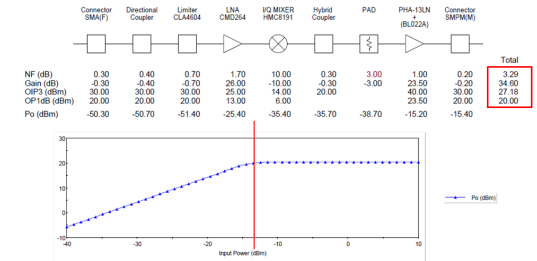


그림 3. 초고주파수신기 버짓  
Fig. 3. Budget of MWR

중간주파수신기의 설계 목표를 표 2에 나타내었다.

표 2. 중간주파수신기 설계 목표  
Table 2. Specification of IFR

항목	설계 목표
중심주파수	00 MHz
통과대역폭(광대역/협대역)	± 00.0 MHz / 00~00 kHz
이득	34 ± 1.5 dB
스위치 감쇄량	60 dB 이상
OIP3	27 dBm 이상

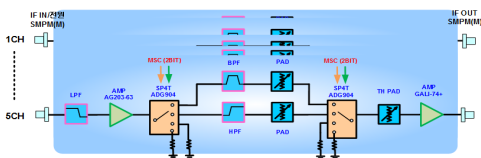


그림 4. 중간주파수신기 블록도  
 Fig. 4. Block diagram of IFR

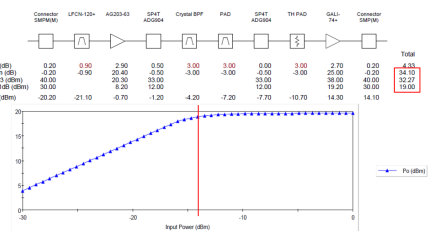
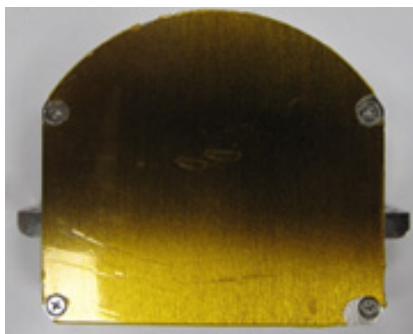
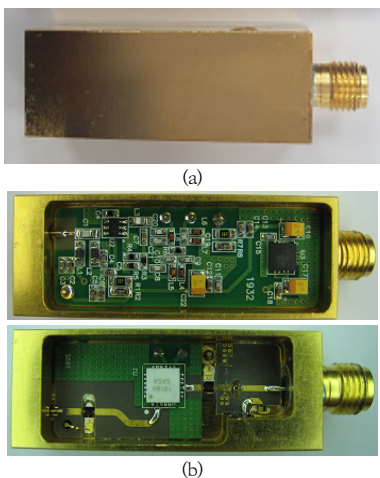


그림 5. 중간주파수신기 버짓  
 Fig. 5. Budget of IFR

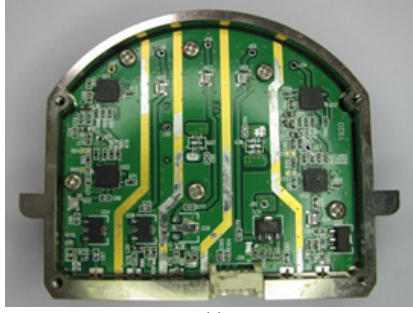
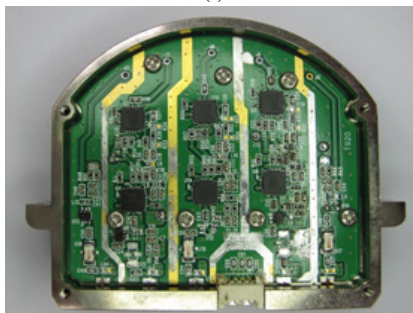
중간주파수신기는 초고주파수신기로부터 IF를 인가받아 증폭 및 대역선택(광대역/협대역), 감쇄 기능을 가지고 있다. 설계한 중간주파수신기의 블록도를 그림 4에 나타내었으며, 버짓 설계 결과를 그림 5에 나타내었다.

### III. 수신부 제작 및 측정

상기 설계 방안으로 그림 6과 같이 수신부를 제작하였다. 소형 레이더 시스템에 적용하기 위해 초고주파수신기는 35.0 × 13.0 × 13.0 (mm), 중간주파수신기는 56.0 × 51.5 × 11.5 (mm)의 소형으로 제작되었으며, 소형화를 위해 그림 6의 (b)와 (d)에서 볼 수 있듯이 가운데 격벽을 두고 상하구조로 제작하여 공간 활용도를 높였다.



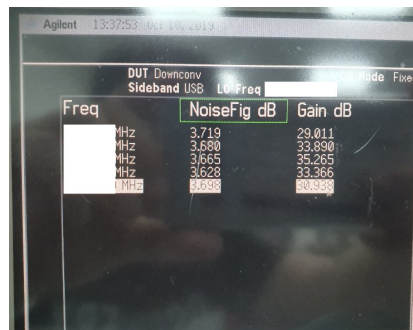
(c)



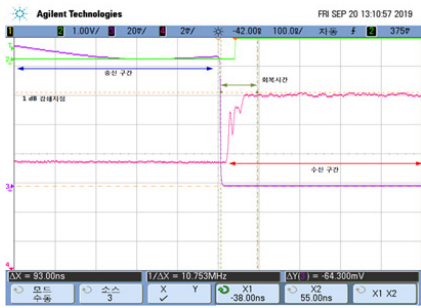
(d)

그림 6. 제작된 수신부 (a) 초고주파수신기 (b) 초고주파수신기 내부 (c) 중간주파수신기 (d) 중간주파수신기 내부

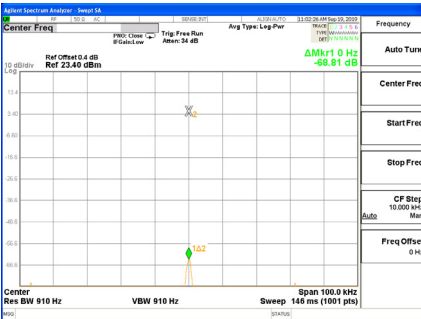
Fig. 6. The fabricated Receiver (a) MWR (b) The inside of MWR (c) IFR (d) The inside of IFR



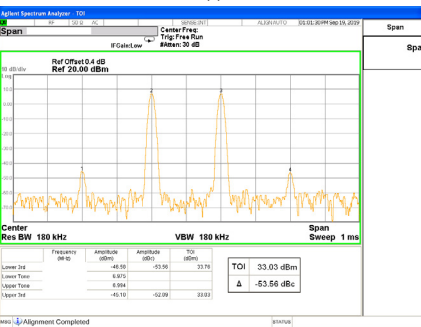
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 7. 수신부 측정 결과 (a) 초고주파수신기 잡음지수 (b) 초고주파수신기 리미터 회복시간 (c) 중간주파수신기 스위치 감쇄량 (d) 중간주파수신기 OIP3

Fig. 7. Measured result of Receiver (a) MWR NF (b) MWR limiter recovery time (c) IFR switch isolation (d) IFR OIP3

그림 7의 (a), (b)는 초고주파수신기의 잡음지수, 리미터 회복시간에 대한 측정 결과이며 (c), (d)는 중간주파수신기의 스위치 감쇄량 및 OIP3 측정 결과이다.

표 3과 표 4는 각 수신기의 설계 목표 대비 측정 결과를 정리한 표이며, 모두 목표 성능을 만족함을 확인하였다.

표 3. 초고주파수신기 측정 결과

Table 3. Measured values of MWR

항목	설계 목표	측정 결과
RF/LO 주파수 및 대역폭	Ku-band $\pm$ 000 MHz	만족
이득	$34 \pm 2.5$ dB	34.76 dB
잡음 지수	5 dB 이하	3.7 dB
이미지 신호 제거율	15 dB 이상	21.6 dB
리미터 회복 시간	100 ns 이하	93 ns

표 4. 중간주파수신기 측정 결과

Table 4. Measured values of IFR

항목	설계 목표	측정 결과
중심주파수	00 MHz	만족
통과대역폭(광대역/협대역)	$\pm$ 00.0 MHz / 00~00 kHz	만족
이득	$34 \pm 1.5$ dB	33.53 dB
스위치 감쇄량	60 dB 이상	68.81 dB
OIP3	27 dBm 이상	33.03 dBm

## IV. 결론

본 논문은 Ku-대역 소형 도플러 레이더용 수신부를 설계 및 제작하였다. 제작된 수신부는 입력 신호에 대해 이득을 다르게 할 수 있는 구조 및 저 잡음 성능을 구현하였다. 본 논문에서 제시한 수신부를 Ku-대역 소형 도플러 레이더에 적용하여 레이더의 탐지성능 및 동적영역 확대에 기여 할 수 있을 것으로 사료된다.

## References

- [1] Merrill I. Skolnik, Introduction to Radar Systems, McGraw-Hill, pp. 1, 105, 34, 2001.
- [2] Bassem R. Mahafza, Radar Systems Analysis and Design using MATLAB, McGraw-Hill, pp. 1-4, 2005
- [3] 최주호, 박용석. (2008). 도플러 레이더의 활용분야와 기술발전 추세. 국방과 기술. (355), 32-43.
- [4] M. H. Lee, S. H. An, Y. G. Kim, H. R. Kim "Waveform Generator for W-band Compact Radar", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and

Communication(IIBC), Vol. 18, No. 5, pp. 97-102, Oct 2018.

- [5] S. H. An, M. H. Lee, H. R. Kim, J. B. Kwon, Y. R. Choi, J. H. Kim "A Frequency Synthesizer for Ka band compact Radar using DDS", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 17, No. 6, pp. 51-57, Dec 2017.
- [6] Y. G. Kim, C. H. Park, H. R. Kim, J. B. Kwon "Transition Structure Design of Wideband Double-sided Parallel-Stripline to Coplanar Stripline for Millimeter-wave Compact Radar System", The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 17, No. 6, pp. 27-31, Dec 2017.

### 저 자 소 개

#### 이 만 희(정회원)



- 2007년 2월 : 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)
- 2009년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
- 2009년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 선임연구원

• 주 관심분야 : 초고주파 회로 및 시스템, 마이크로파 송수신기, 마이크로파 탐색기

#### 안 세 환(정회원)



- 2004년 2월 : 숭실대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 숭실대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2007년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석연구원

• 주 관심분야 : 초고주파 회로 설계, 마이크로파 송수신기, 마이크로파 탐색기

#### 김 윤 진(정회원)



- 1997년 2월 : 서울대학교 전기공학부 (공학사)
- 1999년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1999년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석 연구원
- 주 관심분야 : RF System, Radar System 등

#### 김 흥 락(정회원)



- 1995년 2월 : 대구대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사)
- 1997년 8월 : 대구대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 7월 ~ 현재 : LIG넥스원(주) 수석연구원

• 주 관심분야 : 초고주파 회로 설계, 마이크로파 신호처리기, 마이크로파 송수신기, 마이크로파 탐색기

#### 정 해 창(정회원)



- 2008년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학박사)

• 2013년 9월 ~ 현재 : 국방과학연구소 선임연구원  
 • 주 관심분야 : 초고주파 능동 회로 및 시스템 설계

#### 김 선 호(정회원)



- 1998년 2월 : 아주대학교 전자공학과 (공학사)
- 2000년 2월 : 아주대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2002년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 책임연구원
- 주 관심분야 : 전자광학 시스템 설계

※ This work was supported by Agency for Defense Development under the contract UG170100FD.