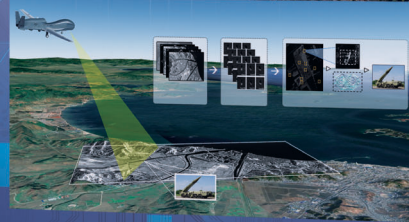
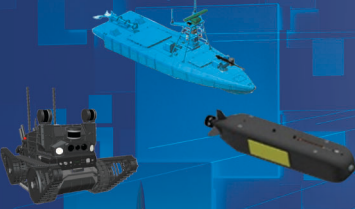
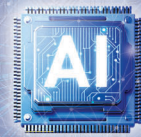


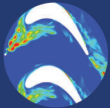
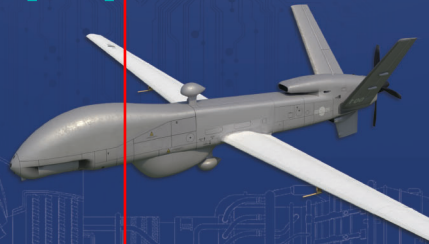
www.kimst.or.kr



2023 한국군사과학기술학회 종합학술대회

2023. 6. 15.(목) - 16.(금)

장소 _ 제주국제컨벤션센터



주최·주관:  한국군사과학기술학회
Korea Institute of Military Science and Technology

 연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

 국방과학연구소
Agency for Defense Development

후원: JEJU CVB
제주컨벤션센터

구두발표

10발표장(402A)

● 6월 15일(목)

센서 · 신호처리4 15:30~16:50

좌장: 유경주(한화시스템)

15:30~15:50 마이크로파 신호수신용 광자기반 수신기
 임철순, 조준형, 백선우, 이승의[한화시스템(주)], 성민혁, 최우영(연세대학교),
 배영석(국방과학연구소)

15:50~16:10 Multi-level Spherical Wave Expansion 기반의 근전계-원전계 변환
 알고리즘을 통한 레이더 반사 면적 예측 연구
 김성건, 육종관(연세대학교), 홍익표(공주대학교), 태현성(국방과학연구소)

16:10~16:30 이미지 기반 근거리장-원거리장 변환을 위한 Basis Pursuit Denoising
 기법 기반 이산 점 산란원 모델링
 노영훈, 김성건, 육종관(연세대학교), 홍익표(국립공주대학교)

16:30~16:50 레이더용 광자기반 기술 연구 동향
 조준형, 백선우, 임철순, 이승의[한화시스템(주)], 배영석(국방과학연구소)

센서 · 신호처리6 17:00~17:40

좌장: 이동휘(한화시스템)

17:00~17:20 디지털 시간지연을 적용한 우주감시레이더용 디지털송수신모듈 구조 설계 및
 구현
 임재환, 진형석, 한재섭[LIG넥스원(주)], 염동진(국방과학연구소)

17:20~17:40 대규모 능동 시간 배열 안테나 시스템용 SiGe 실시간 지연 소자 기반의
 다기능 칩셋
 조문규(국립한국교통대학교), 김상균, 정승환[그릿씨아이씨(주)]

마이크로파 신호수신용 광자기반 수신기

Photonic Integrated Circuit for Microwave Receiver

임철순* · 성민혁** · 조준형* · 백선우* · 최우영** · 이승의* · 배영석***
 Chul-Soon Im* · Min-Hyeok Seong** · Junhyung Cho* · Seonu Beak* · Woo-Young Choi** ·
 Seoungeui Lee* · Youngseok Bae***

* 한화시스템(주)
 ** 연세대학교
 *** 국방과학연구소
 (chulsoonim@hanwha.com)

ABSTRACT

Photonic radars, enabling signal processing over a wide bandwidth via photonic integrated circuits, have been studied to cope with the limited bandwidth of classical electronic radars. In this paper, a photonic integrated circuit is prepared and packaged for a microwave receiver, output response of which is principally discussed with respect to conversion loss.

Key Words : Photonic radar, Microwave photonic receiver, Photonic integrated circuit

1. 서론

레이다(RADAR)는 마이크로파 신호 송수신 및 신호처리 과정을 통해 표적물체의 속도 및 거리, 형상 등의 정보를 추출하는 기술로써 기상, 실시간 장거리 물체 탐지, 이미징 등 많은 분야에서 널리 활용되고 있다 [1]. 특히, 이동통신 및 위성통신, 무인 항공기와 위상배열 레이더 등 민간 및 군사관련 많은 응용분야에서도 널리 활용됨에 따라 보다 넓은 동작영역에서 동작할 수 있는 수신기술이 요구되고 있다. 하지만, 기존 전자기반 마이크로파 수신기의 경우, 수신기를 구성하는 전자부품 소자의 동작 대역폭 한계로 인해 넓은 동작영역의 신호를 수신하는 데에 제한이 따른다 [2].

이러한 기존 레이더의 동작 대역폭 한계를 해소하기 위한 대안책으로, 마이크로파 신호를 광영역(Optical domain)에서 신호처리하는 광자레이더 (Photonic radar) 기술이 각광받고 있다 [3]. 광자레이더는 마이크로파 신호처리가 가능한 광집적회로를 통해 기존 레이더와 동일한 기능을 수행하는 기술로써, 수 십 GHz급 넓은 동작영역에 대해서도 안정적인 동작과 지터특성, 저손실 및 소형화 등의 장점으로 송신과 수신, 그리고 신호처리 등 많은 레이더 기술이 연구진행되고 있다 [1]. 특히 실리콘 기반 광집적회로의 경우, CMOS 공정 호환성 및 높은 굴절률에 의한 다기능 고밀도 집적화를 통해 초소형 단일 칩 시스템 (System-on-chip) 구현이 가능한 회로 플랫폼으로, 국내외에서 많은 주목을 받고 이를 활용한 수신기술 수준이 고도화되고 있다 [3]. 반면 국내의 경우, 이러한 광집적회로를 활용한 레이더 수신기술

연구가 미비한 상황이다.

본 논문에서는 기존 레이더 체계에 대한 광자레이더 기술의 적용 가능성을 검토하기 위해 넓은 대역폭의 마이크로파 신호를 수신 및 처리할 수 있는 광자기반 수신구조를 제작하여 성능검토하였다. GHz 신호를 수신하기 위한 회로를 광집적회로로 구현하고, 패키징 및 모듈화하였다. 제작된 수신기는 GHz 입력 신호의 세기에 따른 출력신호를 신호손실 및 동적범위 특성을 살펴보고, 광집적회로 설계와 시간 및 주파수 영역 시뮬레이션을 통해 측정결과를 검토하였다.

2. 광자기반 수신기 성능 측정 및 분석

그림 1은 광자레이더 기술의 적용 가능성을 검토하기 위해 제작된 마이크로파 신호수신용 광자기반 수신구조의 개념도를 보여준다. 선편광 상태로 제어된 광신호(Linearly-polarized light)는 광결합기를 통해 실리콘 기반 전광변조기로 전달되어 제작된 수신회로를 도파한다. 마이크로파 신호는 수 십 GHz 대역폭의 신호까지 수신할 수 있는 전광변조기를 통해 광신호로 변조되어 검출기로 전달된다. 전달된 광신호는 광검출기를 통해 다시 전기신호로 변환되어 신호크기 보상을 위한 증폭회로를 전달되어 전기적 신호제어가 가능하도록 패키징되었다.

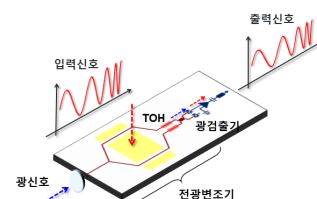


그림 1. 마이크로파 신호수신을 위한 광자기반 수신구조 개념

패키징 된 광자기반 수신기의 광손실 및 동적범위 특성을 확인하기 위한 실험 셋업 구성도를 그림 2과 같이 구성하였다. 광집적회로에 전달되는 광신호의 편광상태를 제어하기 위해 편광조절기를 사용하였으며, 제작된 광집적회로의 동작 최적화를 위해 전광변조기 동작점 및 열광학 히터(Thermo-optic heater)를 동작시켰다. GHz 입력 신호에 대한 출력신호 응답특성을 확인하기 위해 입력신호 세기별 출력신호 결과를 그림 3에 나타내었다. 제작된 수신기는 서로 다른 3개의 입력 광신호 크기에 대한 신호손실이 측정되었으며, P_1 dBm 입력신호 세기에 대해 약 $0.8 \cdot P_1$ dB 수준의 손실 특성을 보이고 광입력신호 세기가 약해질수록 손실이 악화되는 경향을 보였다. 동적범위의 경우, 특정 값 이상의 마이크로파 입력신호 세기부터는 포화되는 특성으로 인해 $8 \cdot P_1$ dB 수준의 동적범위 특성이 확인되었다.

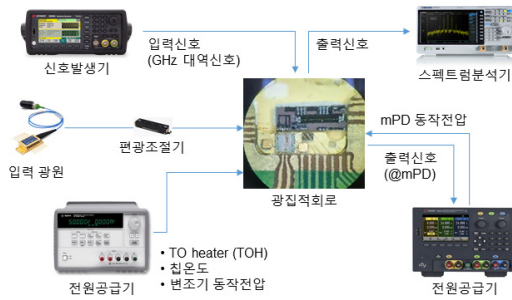


그림 2. 광자기반 수신기 성능을 검토하기 위한 실험 구성도

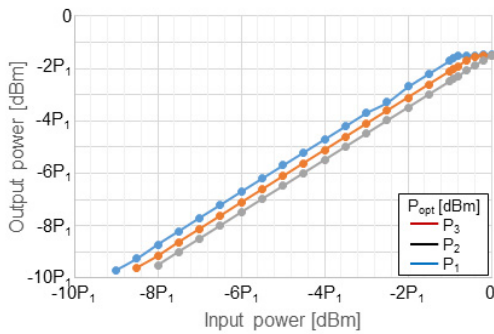


그림 3. 제작된 광자기반 수신기의 신호 응답특성결과

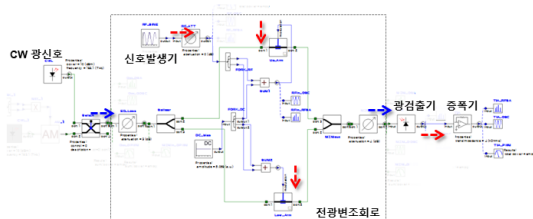


그림 4. 광자기반 수신기 성능분석을 위한 시뮬레이션 구조

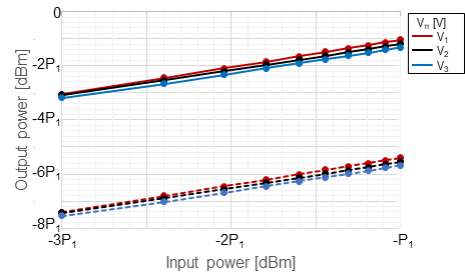


그림 5. 시뮬레이션으로 분석된 수신기 수신성능

측정된 수신특성 결과를 분석하기 위한 시뮬레이션 툴로는 그림 4와 같이 Ansys Lumerical의 Interconnect를 사용하였다. 제작된 광집적회로를 구성하기 위한 비선형 전압-위상특성의 전광변조회로 구조를 설계하였으며 회로 속 광검출기의 반응도 (Responsivity, A/W) 및 증폭회로의 증폭률을 적용하였다. 검토결과, 가정된 전광변조회로의 V_{π} 값에 따라 측정결과 대비 약 $0.5 \cdot P_1 \sim 0.8 \cdot P_1$ dB 오차 특성의 손실값이 확인되었으나 고려되지 않은 증폭회로 속 전자부품의 손실을 추가 오차로 사료된다.

3. 결론

본 연구에서는 기존 레이더 체계에 대한 광자레이더 기술의 적용 가능성을 검토하기 위해 집적화된 광자기반 수신기를 제작하였다. 제작된 수신기의 특성분석을 위해 GHz 입력 신호의 세기에 따른 출력 응답특성과 동적범위를 살펴보았으며, 시뮬레이션 기반의 회로 성능분석을 통해 측정결과를 검토하였다. 본 광자기반 수신기의 경우, 향후 고반복률 광신호를 이용하여 10 GHz 이상의 마이크로파 대역도 넓은 대역폭으로 수신할 수 있는 수신구조로 예상된다.

이 논문은 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(UD210032TD)

References

[1] S. Pan and Y. Zhang, "Microwave photonic radars," J. Lightw. Technol., Vol. 38, No. 19, pp. 5450-5484, 2020.
 [2] J. Li, S. Yang, H. Chen, and M. Chen, "Hybrid microwave photonic receiver based on integrated tunable bandpass filters," Opt. Express, Vol. 29, No. 7, pp. 11084-11093, 2021.
 [3] D. Marpaung, J. Yao, J. Capmany, "Integrated microwave photonics," Nat. Photon., Vol. 13, No. 2, pp. 80-90, 2019.