

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 거리해상도 개선을 위해 PLL을 적용한 1000 MHz 이상의
대역폭을 가지는 근접센서용 94GHz 대역 SiGe 기반 Packaged
Transceiver칩 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- 지능화 및 소형화로 발전되어 가는 미래 첨단무기체계와 전장 환경에 대응하기 위해서 야포/함포탄용 근접신관(76, 105, 127, 155 mm)의 RF 센서용으로 근거리(최대 250m 이하)를 위한 PLL적용 FMCW 센서용 Packaged Transceiver 개발임.
- 높은 정밀도와 신뢰성을 위하여 송신단에 PLL을 적용하여 선형성이 확보(거리해상도를 개선)된 1,000 MHz 이상의 넓은 대역폭(거리 간격의 정밀도가 향상)을 가지는 FMCW 센서 모듈 개발임.
- EFH(Extremely High Frequency, 30 ~ 300 GHz) 대역에서 FMCW 방식의 센서는 비교적 간단한 구조이며, 1 km 이하의 근거리에서 수 센티미터 내외의 폭넓은 감지범위에서 표적을 감지하고 수 미터에서 밀리미터 단위의 거리해상도를 가지고 거리 및 속도 정보를 획득 할 수 있음

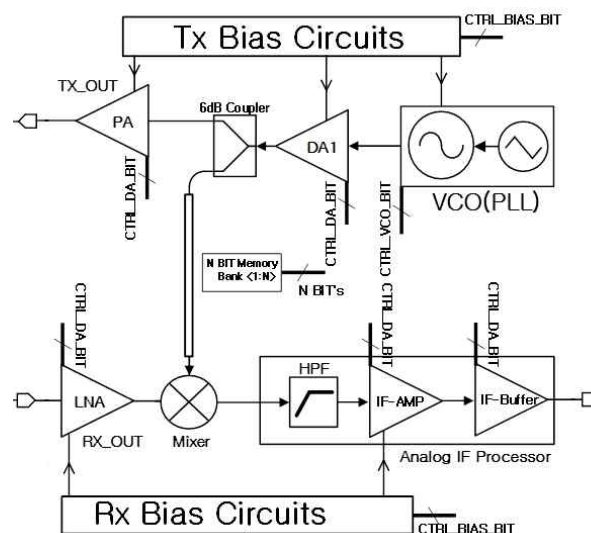


그림 1. Transceiver Block-Diagram

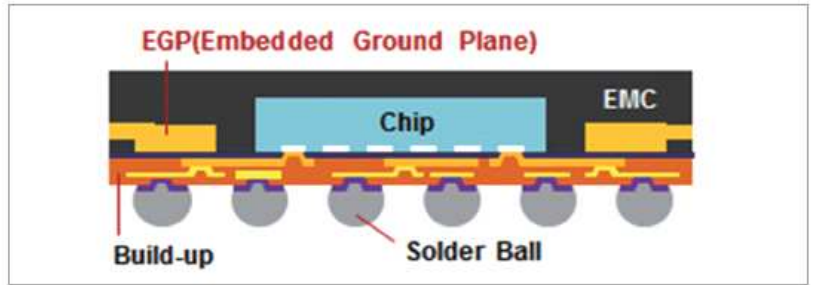
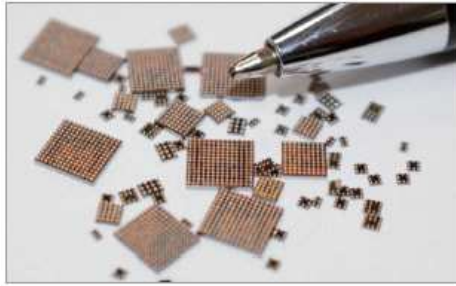


그림 2. Fan-Out WLP 패키징 구조

- 최근 해외에서 개발되고 있는 40mm 근접신관의 경우 신관에 주로 사용되는 C, X 대역에서 안테나와 RF센서 회로의 소형화가 어렵기 때문에 적용이 힘들며, 주로 대공용으로 사용되기 때문에 높은 표적인식 능력이 필요
- EHF대역에서 Packaging 손실을 최소화하기 위해 FOWL(B(Fan-Out Wafer Level Package)) 방식으로 Mold-First 공정을 적용하여 Packaging 개발 필요.

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

- 야포/함포용 근접신관 및 다기능신관과 상부공격지능자탄 RF 센서에 적용하기 위하여 고 신뢰성, 소형화 및 가격경쟁력을 가진 SiGe 기반 집적화 Transceiver IC 개발 필요
- SiGe은 산업체 표준 비선형 모델의 존재로 인하여 GaAs와 같은 III-V 족 화합물에 비하여 복잡한 기능을 가진 회로의 집적화 구현이 가능하며, 높은 수율로 인하여 대량생산에 매우 유리함
- 고 분해능, 초소형화, 높은 양산성과 가격 경쟁력을 가진 RF 센서 개발 필요
- 야포/함포탄용 근접신관 및 다기능 신관과 300m 이하 근접거리 감지가 필요한 화포용 무기체계에 적용하여 자주국방 경쟁력 강화

다. 연구개발 최종 목표

1-1. 최종 개발 목표

- 거리해상도를 획기적으로 개선한 Transceiver 설계 / 제작
 - 선형성을 확보한 1,000 MHz 이상의 대역폭
(DFSS(Digital Frequency Signal Synthesizer)와 PLL(Phase-Locked Loop) 적용)
 - 8 dBm 이상의 출력전력 (Drive Amp. 및 Power Amp. 적용)
 - -90 dBc/Hz @ 1MHz offset 이하의 위상잡음
 - 저잡음 특성을 가지는 수신단 설계 및 IF 출력 증폭기
 - SiGe 기반 BiCMOS 공정
- Fan-Out WLP 방식 적용 EHF대역 손실 최소화 패키징

표 1. 연구개발 정량적 목표 (군수용/민수용 공통)

단계 구분	항 목		평가내용	비 고
응용 연구	Transceiver 칩	운용주파수	94 GHz	
		출력전력	8 dBm	최소 출력전력
		변조대역폭	1,000 MHz	최소 변조대역폭
		위상잡음(PLL)	-90 dBc/Hz@1MHz	
		수신단 잡음지수(DSB)	11 dB	LNA NF(DSB) : 8 dB
		수신단 총이득	10~35 dB	LNA Gain : 20 dB
	Packaged Transceiver 칩	손실	2 dB 이하	
		크기	1.4 cm ² 이하	

※ DSB : Double Side Band

※ PN : Phase Noise

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 국내에서는 현재 차량충돌방지 시스템을 적용을 위한 제한적 연구를 하고 있는 실정이며 국가 주도의 하향식(top-down) 연구 개발 사업은 없음
- 학교 및 정부출연 연구소 등에서 화합물 기반(GaAs, InP 등)으로 W-band MMIC Transceiver에 적용되는 소자(LNA, Mixer, VCO 등) 연구 진행
- 삼성탈레스는 인체로부터 자연 발생하는 밀리미터파 대역(90 GHz) 신호를 이용한 2차원 수동 영상 감지 시스템 시제품을 개발
- ETRI와 식품연구원은 테라헤르츠 대역의 분광 특성을 이용한 식품 이물질 분석, 영상검출 시스템을 개발
- ETRI, KAIST, 그리고 KETI에서 차량용 79 GHz 레이더센서 RFIC 및 어레이 안테나 기술 개발 진행
- 상부공격 지능자탄 결합체 시험개발 과제를 통하여 도파관 타입의 94 GHz mmW 모듈 개발(그림 3)
- SiGe 기반의 94 GHz Transceiver 개발은 진행되고 있지 않은 것으로 판단됨



그림 3. 상부공격 지능자탄 적용 mmW 모듈 ($\varnothing 30 \times 17 \text{ mm}^3$)

나. 국외 기술동향 및 전망

- Infineon(독일) 사는 W-band(77 GHz, 81~84 GHz) 의 Transceiver 칩을 양산하여 판매하고 있음(그림 5)

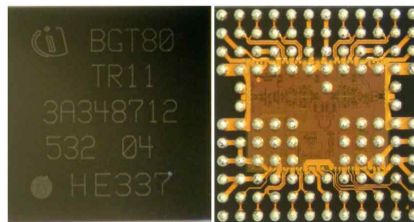


그림 4. Infineon 사 SiGe 이용 77 GHz Packaged Transceiver 칩 ($6 \times 6 \times 0.8 \text{ mm}^3$)

- PNNL(Pacific Northwest National Lab, 미국)은 Ka 대역(24~30 GHz)에서 동작하는 영상 센싱을 이용한 보안 시스템을 개발
- Teraview사(영국)는 알약 제조 시 정제의 균일도, 성분 등 품질 향상을 위해 테라헤르츠 분광 기술 적용
- NTT(일본)는 건물의 균열을 검출하는 75 GHz 능동 Crack Scan 시스템 개발
- Aispec사(일본)에서 소재 분석, 생체 및 제약 분석, 분광실험용으로 테라헤르츠 분광시스템(Pulse IRS 1000/2000)을 개발
- UC Berkeley(미국)에서 0.13um SiGe 로 94 GHz Pulsed radar 용 Transceiver를 구현(그림 5)

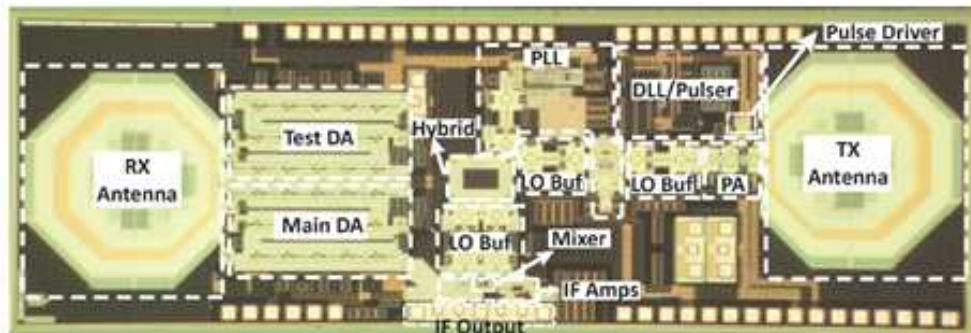


그림5. U.C Berkely 0.13 um SiGe Transceiver

3. 연구개발 계획

가. 연도별 연구개발 목표

표 2. 연구개발 연차별 내용

단계 구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요 결과물
응용 연구	Packaged Transceiver 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ Transceiver 소자 개발 <ul style="list-style-type: none"> - PA 개발 - DFSS적용 PLL 개발 - 집적화 수동소자 최적화 구현 ○ FOWLB 방식 적용 Transceiver 패키징 	Packaged Transceiver 칩

* 단계별 목표의 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에서 제시하고, 연차별 목표에 대한 평가항목 및 달성목표치를 정량적으로 제시

* 연차 구분은 회계연도를 기준으로 설정 및 예산 배분
예시) 응용연구 2년, 시험개발 2년인 과제의 경우

연구단계	응용연구			시험개발		
연차	1차년도	2차년도	3차년도	1차년도	2차년도	3차년도
연차별 기간	7개월 (‘18.6~12)	12개월 (‘19.1~12)	5개월 (‘20.1~5)	7개월 (‘20.6~12)	12개월 (‘21.1~12)	5개월 (‘22.1~5)
평가	▲ 진도평가	▲ 진도평가	▲ 단계평가	▲ 진도평가	▲ 진도평가	▲ 최종평가
예산 지급	▲	▲	▲	▲	▲	

* 개발단계(응용연구/시험개발)간 예산 이동 불가

* 재료비, 장비비 등은 사업 초기에 집행하여 활용도 제고

* 응용연구에서 개발된 시제품의 시험개발단계 재활용계획 제출

나. 사업기간 및 연구개발비

○ 사업기간 : 3년 (응용연구 3년)

○ 총 연구개발비 중 정부출연금 : 24억 이내

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

○ 민수 :

- 단기(개발 후 3년 이내) : 체계적용을 위한 Packaging 후 성능검증 (환경시험 포함)
- 장기(개발 후 3년 이후) : 보안용 이미징 시스템, 의료분야 (피부암/유방암) 진단 장비, 모션 인식 등 관련분야 시장 활성화
- 통신 분야, 제스처 인식, 능동 및 수동 이미징 센서, ITS(Intelligent Transport Systems)응용, 특정한 물질의 분자를 검출하고 측정하는 시스템을 이용한 의료 영상 시스템, 그리고 각종 송수신 시스템에 응용.
- 밀리미터파 대역은 짧은 파장을 갖는 특성으로 인해 회로 및 시스템의 초소형화가 가능하며, 분해능이 좋고, 많은 물질이 여러 밀리미터파 파장에 반응하는 등 특수한 성질을 가지고 있음.



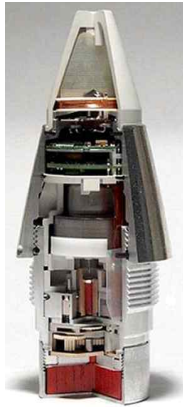
그림 6. 이미징 시스템 활용분야



그림 7. 모션 인식분야 (차량적용 모션인식)

○ 군수 :

- 단기(개발 후 3년 이내) : 체계적용을 위한 Packaging 후 성능검증 (환경시험 포함)
- 장기(개발 후 3년 이후) : 함포/야포탄용 (40, 76, 105, 127, 155mm) 근접신관 / 다기능신관 (대공포함) 및 300m 이하 근거리 감지 화포용 무기체계에 적용



(a) 105/155mm 신관

(a) 76mm 신관

(a) 127mm 신관

(a) 40mm 신관

그림 8. EHF대역 FMCW 방식의 Transceiver 칩 적용 분야

- FMCW 방식의 94 GHz Transceiver는 Si 기반의 공정인 SiGe BiCMOS 공정으로 PLL을 집적화 하여 목표성능과 높은 수율 및 신뢰성을 만족하는 RF센서의 초소형화 및 가격 경쟁력 확보가 가능
- 주파수 상향 및 선형성이 확보된 넓은 대역폭을 통한 거리탐지 성능을 획기적으로 개선하여 기존 야포탄 및 함포탄용 근접신관 및 다기능신관에 적용하여 성능향상이 가능
- 해외에서 개발되고 있는 함포 및 야포용 40mm 근접신관 적용에 필요한 소형화 및 요구 성능을 만족할 수 있음

표 3. Radar 방식에 따른 특징

측정거리	Radar 방식	특징
실제거리	FMCW	<ul style="list-style-type: none"> 중단거리 Radar (고도계, 신관) 고정밀 거리 측정
	Pulse	<ul style="list-style-type: none"> 중장거리 Radar 수신대역폭 넓음 / 증폭기 필요
	Code Correlation	<ul style="list-style-type: none"> 초단거리 Radar (신관) 송수신 안테나 고격리도 필요
	UWB	<ul style="list-style-type: none"> 초단거리 Radar (신관) 광대역 안테나 / 고속신호처리 필요
의사거리	CW	<ul style="list-style-type: none"> 신관센서, 속도센서 실제 거리측정 불가 / 입력전력을 거리로 환산

나. 파급효과

o 기술적 측면 :

- 수입제한품목(EL) 부품인 94 GHz Transceiver의 국산화 및 원천기술 확보

- PLL이 적용된 94 GHz Transceiver 관련 핵심기술 확보
- 패키징시 발생 손실과 소재 및 디자인 최적화 핵심기술 확보

o 경제·산업적 측면 :

- 94 GHz RF 부품 및 모듈의 설계기술 기반 구축
- EHF대역 FMCW 센서의 수입대체 경제적 효과 창출
- 기존 94 GHz 마이크로웨이브 모듈 대비 50% 이상 생산단가 절감
- 실리콘 기반의 BiCMOS 공정을 통한 안정적인 수율로 저비용 / 양산 가능.

o 군사적 측면 :

- 기존 C, X, Ka-band 대비 고분해능 EHF대역(94 GHz) 칩의 저가화 공급확보로 기존 야포용 근접신관에 적용으로 신관의 기술 향상 효과
- 최근 해외에서 개발되고 있는 함포/야포용 40mm 근접신관의 센서에 적용하여 구조적 제한을 극복하고 높은 신뢰성 확보

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 94GHz대역 SiGe 기반 Transceiver RFIC Chip.
- 94GHz대역 SiGe 기반 Packaged Transceiver

나. 연구개발 결과 평가항목

표 4. 연구개발 연차별 평가항목

단계 구분	항 목		달성목표치	환경조건
응용 연구	Transceiver 칩	출력주파수	94 GHz	On-wafer probing 측정
		출력전력	8 dBm	
		변조대역폭	1,000 MHz	
		위상잡음(PLL)	-90 dBc/Hz@1MHz	
		수신단 잡음지수(DSB)	11 dB	
		수신단 총이득	10~35 dB	
	Packaged Transceiver 칩	손실	2 dB 이하	o Test Board 설계 / 제작 o 패키징된 칩을 실장 후 측정
		크기	1.4 cm ² 이하	

※ 각 평가항목별로 해당 환경조건 조성 방안 제시

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 민군기술협력사업 촉진법 제7조 2항 및 동법 시행령 제14조 2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
 - * 응용연구 및 시험개발의 경우에는 주관연구기관 또는 참여기관에 1개 이상의 기업 참여 필수(민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조 4항)
- 기업분담율 : 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조(별표4)

나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- 연구책임자의 자격 : 관련분야의 연구 경험이 풍부한 중견 연구자를 책임자로 선임하여 연구의 최종목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제관리를 수행할 수 있어야 한다.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

다. 기타

- 연구개발계획서는 민·군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제4-1C호(연구개발계획서)를 준용하여 작성
- 그림, 표 등 인용자료는 반드시 인용처 표기

7. 참고문헌

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성 명	연락처
민군기술협력센터	방충혁	042-607-6047