

# 연구개발계획요구서(RFP)

과제명: 능동위상배열 시스템용 타일구조 SoC/SIP 기반  
디지털 송수신기 개발

## 1. 개요

### 가. 기술의 개념 및 정의

- 본 기술은 레이다, 탐색기 및 5G 등과 같은 능동위상배열구조 시스템용 디지털 송수신기 집적화 설계기술임.
- 기존의 브릭형 송수신모듈과 비교하여 소형화, 경량화가 가능한 타일형 적층구조이며, 임베디드 S/W로직 및 디지털 SoC/SIP를 기반으로, 집적화된 디지털 송수신기를 개발하는 것이 목적임.
- 전체 능동위상배열 시스템용 디지털 송수신기 구조는 적층형 구조를 적용하며, 능동배열위상배열 시스템의 기본 채널을 구성하는 TRC(Transmit/Recevie Channel), 16개의 TRC를 모듈화한 TRM(Transmit/Receive Module), 4개의 TRM을 이용하여 기본 블록(TRB : Transmit/Receive Block)을 구성함.
- 최종 TRA(Transmit/Receve Assembly)는 2개의 TRB와 2개의 디지털 수신채널로 구성함.
- 기본 채널인 TRC채널은 SIP구조로 기능소자를 수직으로 배치하는 타일형임.
- TRM 구성에는 16개 TRC 신호를 결합하고, 각각의 TRC를 제어하기위한 FPGA와 전원공급기를 포함함.
- 디지털 수신부의 경우도 ADC를 포함하여 수신기가 집적되는 디지털 SOC기술로 개발해야 함.
- 능동위상배열 시스템에의 적용성 검증을 위해, 개발된 TRA와 별도의 복사소자(128개)를 이용하여 복사특성등의 시험을 수행

하며, 이 때 필요로 하는 S/W 및 관련 시험 장치를 개발함.

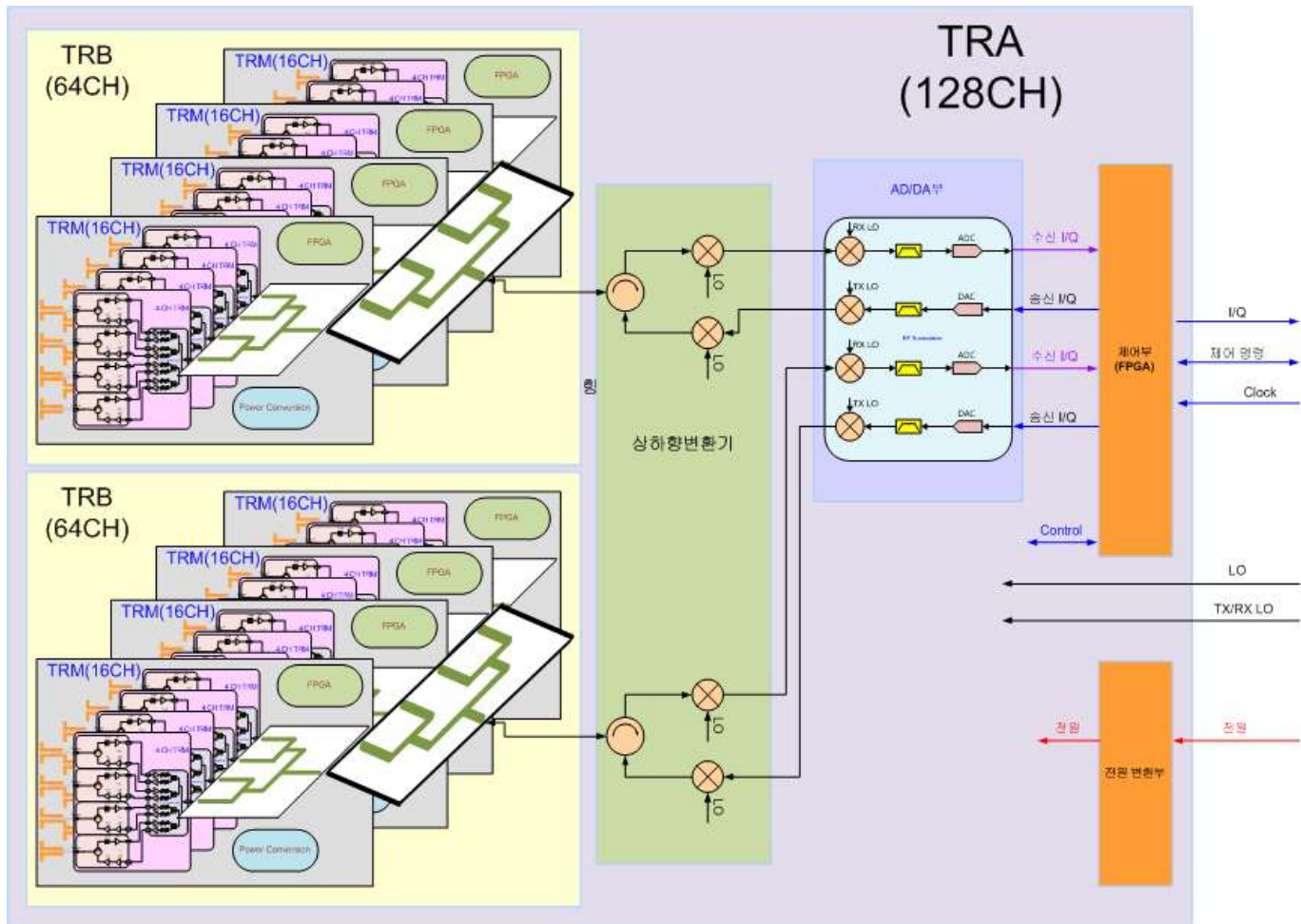


그림 1. TRA 구조(예시)

## 나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

### o 기술의 중요성/필요성

- 군 장비 및 5G통신 등의 민과 군에서 사용되는 대부분의 시스템은 능동위상배열구조가 적용되고 있음. 그러나 군용장비의 위상배열시스템은 특수한 운영환경에 맞게 개발되어, 타 장비 적용에 한계를 가지고 있음.
- 이를 해결하기 위해서 군에서 사용되는 기술을 민군 통합하여 사용할 수 있는 SOC/SIP 기반의 디지털 송수신기 집적화 기술로 설계하여, 사용 목적에 따라 가격, 무게 및 시스템 성능을 사용자가 용이하게 선택할 수 있도록 해야함.

- 또한, 재활용성이 우수하고, S/W로 변경이 용이한 Scalable한 구조의 TRA 및 디지털 수신기 기술이 필요함.

#### o 기술개발의 시급성

- 해외 선진국들은 수년 전부터 시스템의 소형화를 위하여 복사소자와 송수신모듈이 적층되는 소형화 기술을 개발하여 레이다와 통신장비 등의 실제 체계에 적용하여 활용하고 있는 실정임.
- 국내에서도 이러한 군의 다양한 레이다와 민의 5G 통신의 활용성을 고려하여 적층 구조를 갖는 소형화 기술 확보가 시급하다.

### 다. 연구개발 최종 목표

#### o TRA 규격

항 목	목 표 성 능
주파수대역 / 대역폭	X-Band / 1.5GHz 이상
배열모듈 수	128채널
수신 채널	2채널
냉각방식	수냉식(TBC)
PRF	0.2kHz~200kHz
펄스폭	0.5us ~ 200us
Weighting 모드	송신 및 수신 모드 보유
수신 대역폭	> 3GHz 이상
ADC/DAC Resolution	ADC 12bit, DAC 12bit 이상
수신 출력형식	기저대역, 디지털
소모전력	1.5 KW이하
구성품 BIT 기능	보유

#### o TRC 규격

항 목	목 표 성 능	
크기	15mm x 17mm x 15mm이하(TBC)	가로x세로x높이
송신 출력	40dBm이상	Plused
송신 평탄도	$\pm 0.5\text{dB}$	
수신 평탄도	$\pm 0.5\text{dB}$	
수신 잡음지수	4.0 dB이하	@상온
위상 가변	360도 가변, LSB 5.625도	
이득 가변	31.5dB가변, LSB 0.5dB	Digital 6bit

## 2. 국내외 기술현황 및 전망

### 가. 국내 기술동향 및 전망

- 국내 기업에서는 TSV(Through Silicon Via) 기판을 이용한 타일 형태의 송수신모듈을 개발.
- 송수신모듈은 X-대역용으로 5W급 출력 특성 보유. 송수신모듈은 TSV 기판에 와이어 본딩, 유택틱 본딩, Au 스타드 범프(Au Stud Bump) 등의 패키지 공정을 이용하여 MMIC 타입의 HPA, LNA, 코어칩(Core Chip) 등의 부품을 실장하였으며, 마이크로 스트립라인 구조의 RF 신호선과 동축선로 형태의 수직연결 신호선 등으로 구현.



그림 2. TSV를 이용한 타일형 송수신모듈

- 국내 대학교에서는 세라믹기판과 Fuzz Button을 이용한 타일 형태의 송수신모듈 개발을 위해 적층구조의 모듈을 개발.

- 제작된 모듈을 송수신모듈에 적용하기 위해 적층구조 모듈에 대한 RF 신호선의 성능분석 수행.

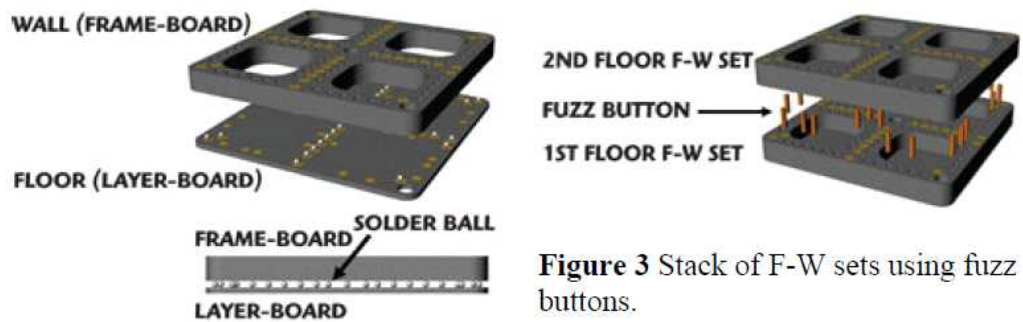


Figure 2 Floor-wall set.

Figure 3 Stack of F-W sets using fuzz buttons.

### 그림 3. Fuzz Button을 이용한 적층구조 수신모듈

#### 나. 국외 기술동향 및 전망

- 미국의 MA-COM社는 5G 위상배열 기지국 시스템용으로 적용할 수 있도록 송수신모듈을 적층한 패널 구조의 위상배열시스템을 구현.

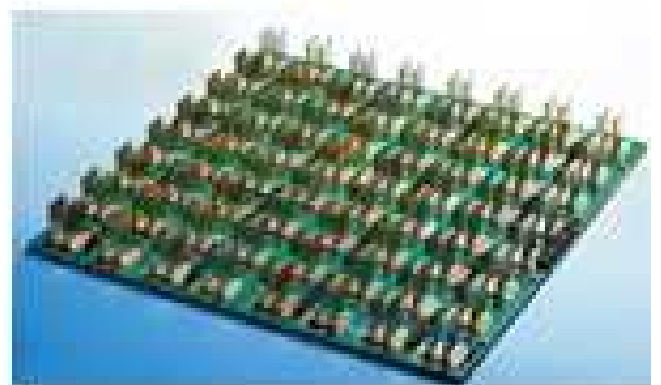
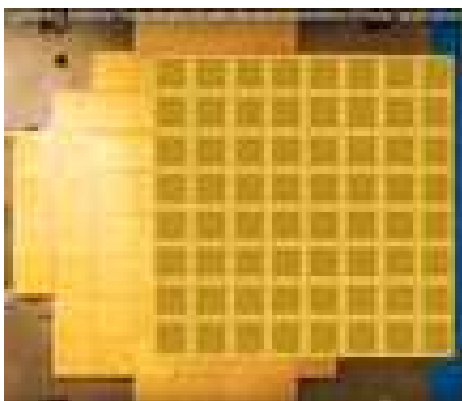


그림 4. MA-COM社에서 개발된 패널 구조 위상배열시스템

- 러시아에서는 Phazotron-NIIR社가 2013년 이미 10g 이하의 타일형태 TRM(Transmit/Receive Module)을 개발하여 AESA(Active Electronically Scanned Array) 레이더에 적용. 타일형태의 TRM

은 다층의 세라믹 기판을 적층하여 내부에 MMIC를 실장 후 솔더 범프(Solder Bump)를 활용하여 체결함.

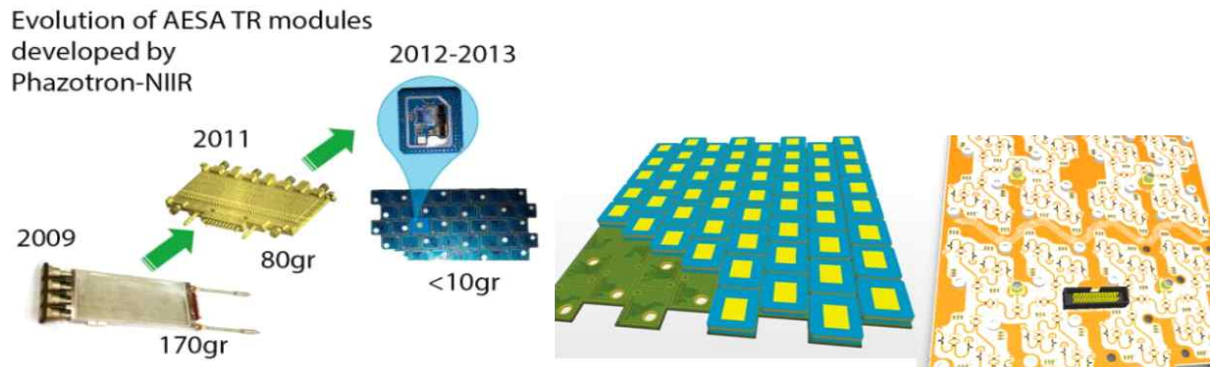


그림 5. Phazotron-NIIR社에서 개발한 타일형태 송수신모듈 구조

### 3. 연구개발계획

#### 가. 연도별 연구개발 목표(응용연구)

##### o 민·군수용

		연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용연구	1년차	<ul style="list-style-type: none"> <li>개념설계</li> <li>구성품 Prototype 개발</li> <li>성능검증 계획</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>목표 시스템 구조설계</li> <li>RF/전원/제어 architecture 설계</li> <li>TRA 형상설계</li> <li>TRA 열/구조 설계</li> <li>TRM Prototype 설계/제작/시험</li> <li>AD보드 Prototype 설계/제작/시험</li> <li>Prototype 수정사항 도출</li> <li>검증용 시험장비 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설계 보고서</li> <li>Prototype 개발품</li> <li>Prototype 개발보고서</li> <li>성능검증 계획서</li> </ul>
	2년차	<ul style="list-style-type: none"> <li>시제개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검증용 시험장비 제작/시험</li> <li>TRM 설계/제작/시험</li> <li>AD보드 설계/제작/시험</li> <li>TRB 단위 성능 검증 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>검증용 시험장비</li> <li>구성품별 시제개발품</li> <li>구성품별 개발보고서</li> </ul>
	3년차	<ul style="list-style-type: none"> <li>성능 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRA 통합시험</li> <li>TRA 방사/빔조향 특성 확인</li> <li>디지털 빔포밍 특성 확인</li> <li>환경시험</li> <li>시험평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시제 개발품</li> <li>시제 개발품 개발 보고서</li> </ul>

※ 과제 신청시 본 문서의 [1-다.연구개발 최종 목표] 항목을 참고하여 최종 목표 달성을 위한 연차별 목표를 연구개발계획서에 제시

#### 나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간: 3년
- 총 연구개발비(정부출연금) : 30억원 이내(응용연구 30억)

### 4. 적용 및 파급효과

#### 가. 적용분야

- 민수
  - 5G 통신용 RF 프론트엔드(Front End)
  - IOT용 모션 감지 센서
  - 물체 감지레이다
  - 기상용 위상배열레이다



- 무인자율주행차량용 레이더
- o 군수
  - 기존 레이더 성능 개량
  - 위상배열 레이더 및 통신장비
  - 무인기용 레이더
  - 항공기, 비행선 등에 적용되는 형상배열 레이더 시스템

## 나. 파급효과

- o 기술적 측면
  - SoC/SIP 기반의 디지털 송수신기 집적화 설계기술 확보
  - 능동위상배열 구조에 적합한 디지털 송수신기 하드웨어 및 소프트웨어 기술 확보
  - 3차원 적층구조 제작을 위한 다층기판 및 패키징 기술 개발로 모듈 소형화 및 경량화 실현
  - 시험운용을 통한 다수의 모듈 배열을 적용한 능동위상배열 구조기술 검증
- o 경제·산업적 측면
  - 위상배열기술을 이용한 민수용 위성통신 및 이동통신 세계시장 경쟁력확보
  - 민수용 무선전력전송 시장 개척으로 수입 대체효과 발생
  - 기존 TWTA를 이용한 기상, 선박 레이더 등의 국산화 및 수출확대
  - 관련 제조업체의 활성화로 수출확대 및 신규 고용창출 기대
- o 군사적 측면
  - 다수의 복사소자와 송수신모듈이 들어가야만 하는 AESA 레이더를 비롯한 유사한 위상배열 시스템의 소형화 및 경량화 실현을 통한 제품 개발 비용 및 양산 비용 절감
  - 재사용성 및 확장성 확보를 통해 보다 더 편리하게 시스템 성능 개량능력을 확보할 수 있게 됨으로서 무기체계의 유지보수



능력이 향상

- 구형 레이더를 위상배열 구조로 성능 개량하여 다기능화 및 성능 향상

## 5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

### 가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 목표기술 획득을 증명하는 결과물 (시제품, 설계도면, 보고서 등)
- 개발기간 중 획득한 관련 지식재산권(논문, 특허권, 소프트웨어 등록 등)

### 나. 연구개발 결과 평가항목

연구개발계획서 작성시 본 연구개발계획요구서의 1.다 항의 ‘연구개발 최종목표’를 참고하여 목표 달성을 입증할 수 있는

- 평가항목
- 달성 목표값
- 평가조건(평가조건 조성 방안 포함)을 제시

## 6. 참여 요건

### 가. 추진 체계 요건

- o 주관연구기관 및 참여기관: 제7조제2항 및 동법 영 제14조제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- o 기업분담율: 민·군기술협력사업 공동시행규정 제27조  
※ 주관기관 또는 참여기관에 기업은 필수

### 나. 연구책임자의 자격 및 과제 신청요건

- o 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.

- o 과제 신청요건: 주관기관은 컨소시엄을 구성함에 있어서 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있다.

#### 다. 기타

- o 본 과제를 수행하기 위하여 필요한 소요기술을 분석하고, 제안기관의 소요기술별 수준 및 미보유기술에 대한 확보방안을 제시(연구개발계획서의 ‘Ⅳ. 추진체계 및 내용’의 ‘1. 추진 전략 및 체계’ 항목)
- o 과제수행에 필수적으로 소요되는 장비에 대한 대책 제시
- o 연구개발계획서는 민·군기술협력사업 공동시행규정 별지 서식 제 4-1C호(연구개발계획서)를 준용하여 작성
- o 그림, 표 등 인용자료는 반드시 인용처 표기

#### 7. 참고문헌

- [1] Eli Brookner, “Phased Arrays And Radars —Past, Present And Future,” Microwave Journal January 2006
- [2] <http://www.ato.ru/content/phazotron-niirs-new-radars>
- [3] 임병옥 외, “3차원 적층구조를 이용한 타일형 송수신모듈 개발,” 군사과학기술학회 종합학술대회 2013
- [4] Zhong-Jun Yu, “An Overall LTCC Package Solution For X-band Tile T/R Module,” Progress In Electromagnetics Research Letters, Vol. 38, 181-192, 2013
- [5] A. F. Salami, “Evaluative Assessment of an X-band Microstrip Patch Antenna for Wireless Systems,” Evaluative Assessment of an X-band Microstrip Patch Antenna for Wireless Systems September 2017
- [6] 하재영, “X 대역 타일형 능동 송수신 모듈 설계,” 한국전자과학회논문지 제21 권 제12호 2010

#### 8. 과제 문의사항 연락처

소속	성 명	연락처
민군협력진흥원	방 충 혁	042-607-6047