

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : Ku 대역 800W급 반도체형 송신기 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- 현재 외국에 100% 의존 중인 진행파관(TWT) 방식의 송신기를 국내 기술로 개발한 반도체형 송신기(SSPA) 기술로 대체하여 EL 문제점을 극복하고, 유도무기(탐색기)에 적용하기 위한 기술



그림 1. TWTA에서 SSPA로 대체 개발 (예시) [1,2]

- 차기 무기 체계의 탐색기에 적용할 수 있도록, 군적합성 및 탐색기 적용성이 검증된 Ku 밴드, 800W급 송신기 개발 기술

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

○ 기술의 중요성

- TWT의 경우 현재 100% 외국 도입에 의존하고 있으며, 모두 수출통제(EL) 대상 품목임.
- TWT의 높은 수입단가와 수입 비율로 개발 비용 절감에 걸림돌이 되고 있으며, SSPA 개발 적용시 가격 절감 및 수입 대체 효과 발생
- 유도탄의 안정적인 개발 및 향후 수출 고려시 EL 문제점을 극복하고 국내 제작이 가능한 송신기를 적용하는 것이 필요함.

○ 기술의 필요성

- TWTA의 경우 일반적으로 약 수십초에서 수분의 예열 시간이 필요하나,

SSPA의 경우 예열시간이 불필요하여 유도탄 준비시간을 대폭 단축할 수 있으며 이로 인하여 유도탄의 작전반응 시간 단축에 크게 기여할 것으로 예상됨.

- SSPA는 반도체 소자를 이용한 전자회로이므로 양산배치 후 유지보수 관점에서 TWTA에 비하여 유리함. 또한 모듈화 설계를 통하여 부품 교체가 상대적으로 간편함.

○ 기술개발의 시급성

- 차기 체계 사업용 SSPA를 적용 예정임.
- SSPA 개발, 군적합성, 그리고 탐색기 적용성 검증을 완료하여 체계 적용 가능한 기술수준(TRL)을 확보하기 위해서는 3년의 개발 기간을 고려하여 과제 착수시기를 '20년으로 하는 것이 바람직하며 이를 위하여 조기 추진이 반드시 필요하다고 판단됨.

다. 연구개발 최종 목표

○ 군수용

항목	목표 성능		단위	비고
	A형	B형		
송신 출력	≥ 800 (펄스 모드)		W	
중심 주파수	Ku 대역		GHz	
대역폭	≥ 1.5		GHz	
최대 펄스폭	≥ 5	≥ 65	μs	A형의 검증 조건 (1) 최대 펄스폭 @ PRF 52kHz (2) 최대 PRF & 최대 송신 Duty
최대 PRF	≥ 900	≥ 6	kHz	
최대 송신 Duty	≥ 40	-	%	
최대 운용 시간	≥ 55	≥ 85	sec	
상승 시간 (10% → 90%)	≤ 30		ns	
하강 시간 (90% → 10%)	≤ 30		ns	
VSWR	≤ 2:1			
Spurious (1 kHz ~ PRF/2)	≤ -50		dBc	

항목	목표 성능		단위	비고	
	A형	B형			
위상 변화량	≤ 2.0		°/μs		
출력 잡음 준위	≤ -153 ※ RF 무입력 시 출력 전력 측정, 1/f 잡음 제외 ※ SSPA TX OFF Function 활성화 시		dBm/Hz		
RF 신호 인터페이스	- 입력 : 3.5 mm 동축(female) - 입력준위 : 0 dBm ~ 6 dBm - 출력 : WR-62 Waveguide				
입력 전원	+22.0 ~ +32.0		V _{DC}		
기타 기능	송신 감지, 전원 제어, 보호 회로(온도, 과전류 등)				
온도 규격	저장	고온	63	55	℃
		저온	-40	-25	
	운용	고온	71	71	
		저온	-32	-25	
진동 규격	Max. 14 grms	Max. 15.6 grms			
충격 규격	40g, 11 msec 120g, 3 msec	40g, 11 msec			

- MMIC (매칭회로 포함) 및 단위 모듈 공용 개발, 단, MMIC는 패키징되어야 함.
- SSPA의 RF/전자부의 크기는 256 X 155 X 58 mm 이하이며, 공용 개발을 원칙으로 함.
- SSPA의 외부 형상은 A형 SSPA는 탐색기 A에, B형 SSPA는 탐색기 B에 맞추어 하우징을 각각 제작함.
- 탐색기 적용성 시험을 위해, 기개발된 탐색기의 기계적/전기적 인터페이스 제공 예정.
- 균적합성을 위한 SSPA 단위의 환경시험을 수행함.
- 환경시험의 구체적인 온도, 진동, 충격 등의 규격 및 프로파일은 설명회 시 제시 함.
- 온도 시험 시, 탐색기 형상의 등가적 열환경을 모사하여 수행 가능함.
- 개발된 SSPA는 차기 체계 탐색기에 바로 적용하기 위하여, 탐색기 적용성 시험을 수행해야 함. (시제 수량에 포함)
- 탐색기 적용성 시험은 개발된 SSPA A형과 B형을 국과연이 기보유하고 있는 탐색기 A와 B에 적용하여 수행하며, 탐색기 인터페이스와 소프트웨어 등의 수정이 필요할 수 있음.

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- 국책 과제와 자체 개발을 통하여 해외 칩 구매와 국내 설계, 해외 파운드리를 이용하여, SSPA와 단위 모듈인 HPA를 개발하고 있으며, 해외 기술과 유사한 성능을 확보하고 있음. 이러한 기술을 바탕으로 탐색기에 적용 가능한 SSPA 개발이 가능할 것으로 판단됨.
- 또한, 해외 파운드리를 이용하여 지속적으로 고출력, 고효율의 SSPA 개발이 진행되고 있음.

국내 업체명	출력(W)	MMIC 획득 방법	결합 수준	비고
A사	700	해외칩 구매	SSPA	-
B사	100	해외칩 구매	HPA	-
C사	240	해외 파운드리	SSPA	-

나. 국외 기술동향 및 전망

- 미국과 중국을 중심으로 전 세계적으로 많은 나라에서 개발이 진행되고, 있으며, 지속적으로 출력을 높이는 방향으로 연구가 계속 진행되고 있음.

해외 ^{주)} 업체명	출력(W)	MMIC 획득 방법	결합 수준	비고
Mission Microwave	100	-	SSPA	미국
Qorvo	75	자체 제작	SSPA	미국
Ommic	2.1	자체 제작	MMIC	프랑스
Mitsubishi Electric	100	-	HPA	일본
METDA	50	자체 제작	MMIC	중국
Neditek	40	자체 제작	MMIC	중국

주) 인터넷 공개 자료에 한함

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

o 준수용



주) 상기 개발 일정 및 세부내용은 개발 과정에서 변동될 수 있음

- 총 3회 이상의 SSPA를 개발함
 - Prototype의 SSPA는 MMIC 수입 등을 통해 개발
 - 나머지 2회 이상은 본 과제를 통해 개발된 MMIC를 이용하여 개발
 - SSPA는 A형과 B형으로 각각 제작 되어야 함.
- 2회 이상의 MMIC 개발 (파운드리)
 - MMIC의 출력 전력 및 효율 증대하는 방향으로 추진

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
적용연구	Ku 대역 800W급 SSPA 개발	[핵심 부품 개발] <ul style="list-style-type: none"> • 고출력 MMIC 개발 (매칭회로 설계 포함) • 고출력 MMIC 패키징 개발 • 800W급 SSPA 개발 • 탐색기 적용성 기초 연구 • 점검 장비 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 고출력 MMIC 중간 설계 보고서 • SSPA 중간 설계 보고서 • 고출력 MMIC 중간 결과 보고서 • SSPA 시험 중간 결과 보고서 • 탐색기 인터페이스 중간 설계 보고서 • 중간 설계 자료(파운드리별, SSPA별) <ul style="list-style-type: none"> - Schematic/GDS (DRC, LVS) - Library - EM 모델 - 기구 설계도면 - 회로 설계 등 설계 전체 파일

구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
		<p>[적합성 및 적용성 시험]</p> <ul style="list-style-type: none"> • MMIC/SSPA 보완 개발 • 탐색기 적용성 시험 • 균적합성 시험 	<ul style="list-style-type: none"> • 800W급 SSPA 4조 (A형/B형, 각 2조) • 점검 장비 2조 (통합 가능) • 최종 설계 보고서 (MMIC, SSPA, 탐색기 인터페이스) • 최종 시험 결과 보고서 (MMIC, SSPA) • 최종 설계 자료(파운드리, SSPA) <ul style="list-style-type: none"> - Schematic/GDS (DRC, LVS) - Library - EM 모델 - 기구 설계도면 - 회로 설계 등 전체 파일

나. 사업기간 및 연구개발비

- 사업기간 : 3년
- 총 연구개발비(정부출연금) : 40억원 이내(적용연구)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

- 군수 : 유도탄 개발에 직접 활용

나. 파급효과

- 기술적 측면 :
 - SSPA 개발 기술과 탐색기 적용성 기술 확보로 타 무기 체계의 SSPA 대체 및 차기 체계 적용에 기술적 우위 가질 수 있음.
 - Ku 대역 고출력 MMIC 설계 기술 확대 적용
 - SSPA 개발을 위한 고효율 결합 기술 개발 확대 적용
 - 탐색기 적합성 획득 기술 확대 적용

○ 경제·산업적 측면 :

- 전체 송신기 가격의 약 70%를 차지하는 TWT를 SSPA로 대체함으로써 송신기 가격 절감이 가능하며, 수입 비율 또한 약 40% 수준으로 낮출 수 있음
- 반도체칩 제작의 특성 상, 파운드리 및 대량 생산으로 보다 낮은 송신기 가격과 수입 비율을 가질 수 있음.

○ 군사적 측면 :

- Ku 밴드 MMIC, 단위 모듈, SSPA 등을 이용하여 튜브형 송신기를 사용 중인 타 체계의 송신 장치에 적용 가능.
- 지속적인 단위 모듈 성능 개선을 통하여, 기존의 SSPA 송신기의 성능 개선 가능.

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 800W급 SSPA 4조 (A형과 B형, 각 2조)
- 점검 장비 2조 (A형과 B형용, 통합 개발 시 1조)
- 중간 및 최종 설계 보고서 (MMIC, SSPA, 탐색기 인터페이스)
- 중간 및 최종 시험 결과 보고서 (MMIC, SSPA, 탐색기 인터페이스)
- 중간 및 최종 설계 자료 (MMIC, SSPA, 탐색기 인터페이스)
 - Schematic/GDS (DRC, LVS)
 - Library
 - EM 모델
 - 기구 설계도면
 - 회로 설계 등 전체 파일
- 시험 절차서
- 규격화 자료
- 양산 계획서 (파운드리 가능 등)
- 공인시험기관 성적서(환경시험)

나. 연구개발 결과 평가항목

항 목	평 가 내 용
SSPA 송신기 성능	- SSPA 요구성능 만족 (SSPA 설계 목표 참고)
환경 시험	- 고온 저장 환경 조건에서 송신기 정상 동작 - 저온 저장 환경 조건에서 송신기 정상 동작 - 고온 운용 환경 조건에서 송신기 정상 동작 - 저온 운용 환경 조건에서 송신기 정상 동작 - 운용 진동 환경에서 송신기 정상 동작
탐색기 적용성 시험	- 탐색기 정상 송신 출력

6. 참여 요건

가. 추진 체계 요건

- 주관연구기관 및 참여기관 : 민·군기술협력사업 촉진법 제7조 제2항 및 동법 영 제14조 제2항 각 호에 해당하는 기관 또는 단체
- 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 있어야함.
- 과제 신청요건 : 주관연구기관은 제안한 연구개발 목표를 충분히 달성할 수 있는 연구팀을 구성하여야 하며, 필요시 컨소시엄을 구성할 수 있음.

다. 기타

- SSPA 설계 및 시뮬레이션 툴 (예시: Autocad, CST, HFSS, 등) 보유
- 고출력 MMIC 설계 및 시뮬레이션 툴 보유
(예시: Cadence, ADS, Golden gate, HFSS, CST, EMX, AWR 툴 등)
- MMIC 칩 측정 장비 보유 (예시: Probe station, 네트워크 분석기, IC-CAP 등)
- 단위 모듈 (HPA) 및 SSPA 측정 장비 보유 (예시: 신호발생기, 스펙트럼분석기, 침투 전력기, 파워센서 등)

7. 참고문헌

[1] Qorvo, “New High-Performance SSPA Technology” , 기술 자료, 2019

[2] www.tmd.co.uk

8. 과제 문의사항 연락처

소속	성명	연락처
민군협력진흥원	이상용	042-607-6047

9. 약어 정리

ADS	Advanced Design System
AWR	Applied Wave Research
CST	Computer Simulation Technology
DRC	Design Rule Check
EM	Electromagnetic
EMX	Electro-Magnetic Extractor
GDS	Graphic Data System
HFSS	High Frequency Structure Simulator
HPA	High Power Amplifier
IC-CAP	Integrated Circuit Characterization and Analysis Program
KOLAS	Korea Laboratory Accreditation Scheme
LVS	Layout Versus Schematic
MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuit
PRF	Pulse Repetition Frequency
SSPA	Solid-State Power Amplifier
TWTA	TWT Amplifier
TWT	Travelling Wave Tube