

연구개발계획요구서(RFP)

과제명 : 전장 및 재난지역 UAV기반 Ka 대역 통신중계 및 Hot Spot 구축을 위한 탑재체 개발

1. 개요

가. 기술의 개념 및 정의

- 그림 1과 같이 UAV(unmanned aerial vehicle)에 부착되는 Ka 통신중계 탑재체는 원거리(30km이상) 고속 통신 중계와 중거리(4km이상) Hot Spot 서비스를 격리된 작전지역이나 재난지역에 제공하는 통신중계기 개발임.
- 군 작전지역내에 많은 산악지역을 포함하고 있어 지상통신 네트워크의 전파 음영지역에서 UAV에 통신중계 탑재체를 장착하여 Hot Spot 제공으로 신속하고 연속적인 통신네트워크 구축으로 음영지역 해소.



그림 1. UAV기반 Ka대역 통신중계 탑재체를 이용한 통신 운용도

나. 기술의 중요성/필요성 및 시급성

● 기술의 중요성/필요성

- 군 미래통신 다계층/다차원 통신체계의 우주와 지상계층 간 자율 및 적응형 네트워크에 공중계층 통신 구축을 위한 중계기 핵심부품 및 소형 탑재체 개발 필요.
- UAV 탑재 통신중계 탑재체는 고속통신 중계의 신속성과 광대한 가시영역이 확보되어, 재난시 긴급통신 서비스 제공 및 군의 공중계층 통신서비스 활용.

- 반도체를 이용하여 Ka 대역의 10W 급 전력증폭기 및 2dB 이하의 저잡음 증폭기 기술로 Ka대역 송수신기의 글로벌 경쟁력 확보.

- 기술개발의 시급성

- 현재 밀리미터파 대역 통신부품들은 전량을 수입에 의존하고 있으며, 대부분 수출제한 품목으로 군의 고주파 대역 통신시스템 구축의 어려움 발생.
- 지상통신망의 45Mbps 통신 속도를 Gbps 급으로 해결하여 고속 C4I (command, control, communication, computer, intelligence) 네트워크 구축하기 위해서 광대역 초고속 통신 관련 부품의 시급한 선행 개발 필요.
- UAV의 Payload 최소화 필요에 초고주파 대역 송수신기 개발로 SWaP(size, weight, and power) 확보 필요.
- 안전 재난현장에 통신중계 탑재체를 이용한 Hot Spot 통신서비스를 제공함으로써 기존 단말기를 활용한 신속한 재난 구조 및 복구 효율성 개선.

다. 연구개발 최종 목표

- 최종 개발 목표

UAV기반 통신중계 탑재체는 그림 2와 같이 Ka대역 송수신기, 안테나, Wifi 모듈, 디지털 신호처리기의 초소형 모듈로 구성되며 Ka대역 통신중계 및 Wifi Hot Spot 제공을 목표로 함.



그림 2. UAV기반 Ka대역 탑재체를 이용한 통신중계 및 Hot spot 구성도

- 주요 기술개발 내용

- Ka대역 원거리 통신중계 트렁크 구축 기술.
- Ka대역 캐리어 신호를 이용한 Hot spot 기술.

- 지상체 유선 백홀 패킷 우선순위 및 속도정합기술.
- 지상체 장비의 IP데이터↔Ka대역 신호 변복조 기술.
- 지상체 및 탑재체 안테나 추적 기술.
- Ka 대역 송수신기 소형화 집적회로 개발.
- 성능분석 테스트 베드 구축 및 중계성능 평가 기술.

표 1. 연구개발 정량적 목표 (군수용/민수용 공통)

항목			평가 내용
탑재체 운용대역			28~30GHz(Ka) 대역 + WiFi Std(802.11x)
통신중계 탑재체 (Ka+WiFi)	Ka대역 중계	전송 속도 (3가지 모드)	4Mbps, 45Mbps, ≥ 100Mbps
		중계 거리	100Mbps 전송속도에서 30km 이상
		BER	10e-6 이하
	WiFi Hot spot	동시접속 단말기 수	4대 이상
		중계 거리	4km 이상
	탑재체 변복조기		Ka대역 신호 변복조 & WiFi Hot Spot 연동
	안테나 추적 기능		가능
	송신기 출력(PA) 및 효율		≥ 30W / 30% @Psat
	수신기 잡음지수(LNA)		≤ 2dB
	중량/전력소모		≤ 25kg / 150W
	환경시험(온도특성)		MIL급 적용
Ka 대역 지상체	지상체 변복조기		IP데이터↔Ka대역 신호 변복조 가능 패킷 우선순위 및 속도정합 가능
	안테나 추적 기능		가능
	탑재체 원격제어		가능
성능분석 테스트 베드	검증항목		1. WiFi ↔ Ka대역 장비간 중계 검증 2. Ka대역 장비간 중계기능 검증

2. 국내외 기술현황 및 전망

가. 국내 기술동향 및 전망

- Ka 대역 초소형 송수신 기술
 - 2011년 국내 연구기관에서는 차량용 레이더를 위한 24 GHz 센서 송수신 반도체를 CMOS로 개발 추진.
 - 차세대 WiFi를 위한 “ 60 GHz 송수신기, 77 GHz 차량용 레이더를 위한 송수신기” 등 연구개발 추진 상용화 미흡.

- 2016년 “Giga Korea “ 사업에서 28 GHz 송수신 반도체의 초도 모델을 발표하고 시연하여 Ka 대역 CMOS 송수신기 상용화 가능성을 검증하였으나, 원거리 백홀의 UAV용 송수신기는 미개발.
- Ka 대역 고출력 증폭기 및 저잡음 증폭기 기술
 - 국내 연구기관에서 IBM 0.13 μm SiGe BiCMOS 공정을 이용하여 4 채널 RF Front-End chip을 개발하였으며, Tx 모드에서 각 채널당 4~5 dBm(OP1dB) 출력과 Rx 모드에서 한 채널의 잡음지수는 9 dB, IIP3는 - 5.9 dBm의 특성 수준 개발. 원거리 UAV를 이용한 통신 서비스를 위해 요구되는 수준에는 미달.
 - Ka 대역 전력 증폭기는 GaN MMIC를 이용하여 8 W 급의 전력증폭기 개발되었으나, UAV 시스템을 위한 10 W 급 이상의 고출력, 고 효율 전력 증폭기가 요구됨.

나. 국외 기술동향 및 전망

- Ka 대역 초소형 송수신 기술
 - Analog Device 사에서는 Ka 대역 차량용 레이더를 위한 24~24.25 GHz 송수신 반도체를 개발하였고, 광대역 PLL, 주파수 체배기, Up/Down Mixer 등 Ka 밴드 시스템 구현을 위해 화합물 반도체 위주의 개별 IP를 개발, 대부분은 수출 제한 품목임.
 - NXP 사에서는 30 GHz Single-channel phased array transmitter를 0.25 μm SiGe, BiCMOS 공정으로 구현함. 40 GHz PLL을 포함하며 10~13 dBm 출력과 5.9 % EVM 특성을 가짐.
 - Nanjing Southeast University에서는 새로운 Multi-layer PCB 구조를 이용하여 16 QAM 신호에서 20 MS/s와 512 QAM 신호에서 5 MS/s를 지원하는 FEM 모듈을 연구함.
- Ka 대역 고출력 증폭기 및 저 잡음 증폭기 기술
 - 미국 방위 고등연구계획국(DARPA)에서는 UAV를 위한 고출력/저 잡음 증폭기를 개발 완료 하였으며, PA 출력을 10 W, LNA 잡음 지수를 2 dB 이하로 하여 원거리 고속 통신을 위한 부품 개발.
 - Honeywell Aerospace 사에서는 소형화된 페라이트 스위치 네트워크를 이용하여 2.1 dB의 Noise Figure를 갖는 LNA 연구 진행.
- UAV기반 통신중계 탑재체 기술
 - UAV의 제어가 L/C 밴드까지 가능해졌고, WRC-15회의에서 Ka 밴드까지 확장됨에 따라 향후 Ka 대역이 UAV 확대 전망.
 - 미국 DARPA에서는 2014년에 1 Gbps UAV Pod의 시현, 100 Gbps 고속링크

구현을 위한 기술연구 신규로 추진 함.

- 5G 기술 연구 그룹인 METIS(Mobile wireless communication Enablers for the Twenty-twenty Information Society)에서 소형 UAV기반 소형셀 구축 연구 중.

3. 연구개발계획

가. 단계별 연구개발 목표

- 민·군수용

표 2. 단계별 연구개발 목표 및 연구개발 내용

단계구분	연구개발 목표	연구개발 내용	주요결과물
응용 연구	- 탑재체 개발 - 지상체 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 탑재체 신호 변복조 기술 <ul style="list-style-type: none"> - Ka 대역 변복조 기술 - WiFi 연동 변복조 기술 • 지상체 신호 변복조 기술 <ul style="list-style-type: none"> - IP데이터↔Ka대역 신호 변복조 - 패킷 우선순위 및 속도정합 가능 • 탑재체 Ka대역 소형화 부품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - PA, LNA 송수신 부품 개발 	탑재체 기기 지상체 기기
시험 개발	- 통신중계 시험 - 군통신망 적용 시험	<ul style="list-style-type: none"> • 통신중계 트렁크 시험개발 <ul style="list-style-type: none"> - 원거리 통신중계 시험 - WiFi Hot Spot 운용 시험 • 군 전술통신망 연동 시험개발 <ul style="list-style-type: none"> - 군 전술통신(HCTR.. 등) 노드간 공중중계 	통신중계 시험평가 군통신망 시험평가

* 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 (‘17.6~12)	12개월 (‘18.1~12)	5개월 (‘19.1~5)	7개월 (‘19.6~12)	12개월 (‘20.1~12)	5개월 (‘21.1~5)
평가	▲	▲	▲	▲	▲	▲
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 : 5년 (응용연구 3년, 시험개발 2년)
- 정부출연금 : 66억 이내 (응용연구 40억, 시험개발 26억)

4. 적용 및 파급효과

가. 적용분야

- 민수 : UAV를 이용한 긴급 통신망 구축, VSAT 인공위성 통신 시스템, 밀리미터파 이동통신 단말기, 밀리미터파 기지국 핵심 부품.

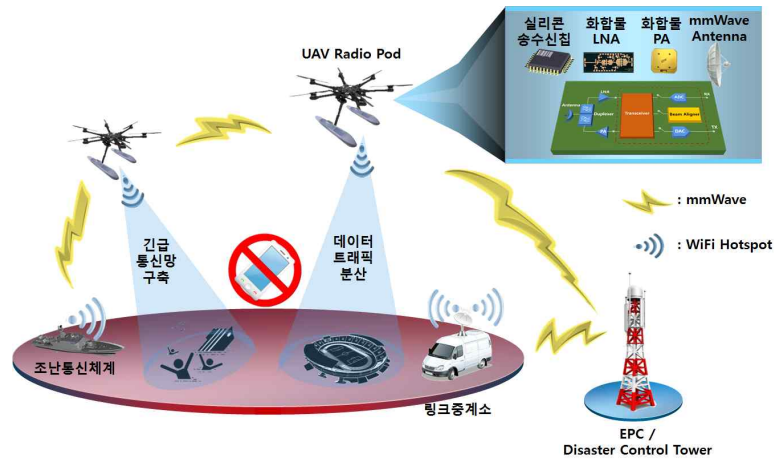


그림 3. 재난 긴급 통신망 구축

- 군수 : UAV를 이용한 공중중간 통신중계 체계

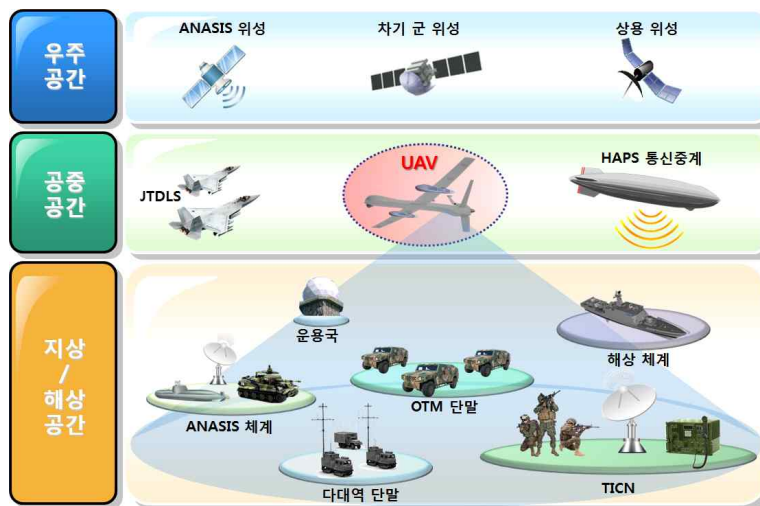


그림 4. 공중중간 통신중계

나. 파급효과

- 기술적 측면 : 군 통신 중계 체계에 Gbps급 고속 네트워크화 구축 및 고성능 밀리미터 부품기술로 원거리 가시통신 링크 확보. 개발 기술의 경량화에 의한 UAV, On-the-Move 차량 인공위성 분야에 기술 확산. 이동형 UAV를 이용한 기지국과의 통신 링크 구성 기술 확보.
- 경제·산업적 측면 : 부품기술의 국산화하여 VSAT 시장, 5G 시장에 송수신기, RF 전력증폭기, 저 잡음 증폭기의 RF 관련 다양한 부품들의 확보로 2020년 1

조원 이상에 이르는 시장에 국내 기업 진입. 수입에 의존한 초고주파 대역 민/군 통신부품의 국산화 및 신규 통신시장 활성화.

- 군사적 측면 : 기가급 통신 네트워크 구축에 의한 고용량 데이터 전송으로 고화질 동영상, 홀로그램 등을 지휘통제 체계에서 관할 할 수 있어 실시간 명령/작전 전달이 가능. UAV를 이용한 다계층/다차원의 적응형 군 중계 링크를 구성함으로써 통신중계 효율화.

5. 연구개발 결과 제시물 및 평가항목

가. 연구개발 결과 최종 제시물

- 통신중계 시험평가 결과보고서
- 탑재체 기기 및 성능 평가서
- 지상체 기기 및 성능 평가서
- Ka대역 안테나 및 송수신기용 칩 및 성능 평가서

나. 연구개발 결과 평가항목

표 3. 연구개발 평가항목

항목			달성 목표치	환경조건
탑재체 운용대역			28~30GHz(Ka) 대역 + WiFi Std(802.11x)	Ka대역 : 2GHz 대역폭 WiFi : 22MHz 대역폭
통신중계 탑재체 (Ka+WiFi)	Ka대역 중계	전송 속도 (3가지 모드)	4Mbps, 45Mbps, ≥ 100Mbps	3가지 모드 가변 측정
		중계 거리	100Mbps 전송속도에서 30km 이상	가시선, 비가시선 측정
		BER	10e-6 이하	탑재체와 지상체간 거리 : 30km
	WiFi Hot spot	동시접속 단말기 수	4대 이상	
		중계 거리	4km 이상	전송속도 5Mbps 이상
	탑재체 변복조기		Ka대역 신호 변복조 & WiFi Hot Spot 연동	패킷 우선순위 및 속도정합 기능
	안테나 추적 기능		가능	
	송신기 출력(PA) 및 효율		≥ 30W / 30% @Psat	동작온도 : -31 ~ 43℃
	수신기 잡음지수(LNA)		≤ 2dB	동작온도 : -31 ~ 43℃
	중량/전력소모		≤ 25kg / 150W	
환경시험(온도특성)		MIL급 적용	환경시험(MIL-STD-810G) 진동:514.6, 고온:501.5, 저온:502.5, 습도:507.5	
Ka 대역 지상체	지상체 변복조기		IP데이터↔Ka대역 신호 변복조 가능	

		패킷 우선순위 및 속도정합 가능	
	안테나 추적 기능	가능	
	탐제체 원격제어	가능	
성능분석 테스트 베드	검증항목	1. WiFi ↔ Ka대역 장비 간 중계 검증 2. Ka대역 장비간 중계 기능 검증	시제 3개 이상 시험

※ 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 최종 목표를 달성할 수 있도록 계획, 업무프로세스 정립, 원활한 추진 및 조정과 과제 관리를 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

- [1] 강동우, “실리콘 기반의 고주파 위상 배열 시스템에 관한 연구” The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Volume 25,

Issue 1, 2014.

- [2] YounSub Noh, Yoon-Ho Choi, Inbok Yom “Ka-band GaN power amplifier MMIC chipset for satellite and 5G cellular communications,” APCAP 2015, June 2015.
- [3] Ying Chen, Yu Pei, Domine M.W. Leenaerts, “A fully integrated 30GHz 16-QAM single-channel phased array transmitter with 5.9% EVM at 6dB back-off,” ESSCIRC 2015, August 2015.
- [4] Shawn S. H. Hsu, Ping-Yi Wang, Po-Cheng su, Min-Chih Chou, Yin-Cheng Chang and Da-Chiang Chang, “Design of Ku/Ka band down-converter front-end for digital broadcast satellite receivers ,” Wireless Symposium (IWS) 2015, April 2015.
- [5] Fangjin Guo, Jiang, Zhigang Wang, “A Ka-band transceiver based on LTCC technology,” Microwave and Millimeter Wave Circuits and System Technology 2013, Oct. 2013.
- [6] Fang Zhu, Zhe Chen, Jizin Chen, Wei Hong, Ke Wu “A Ka-band transceiver front-end module for wide band wireless communication,” Computational Problem-Solving (ICCP) 2011, Oct. 2011.
- [7] Adam M. Kroening, “Advances in Ferrite Redundancy Switching for Ka-Band Receiver Applications,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Volume 64, Issue: 6, May 2016.
- [8] Haodong Lin, Weichuan Zhang, Jun Dong, Hao Peng, Yu Liu, Ziquiang Yang, and Tao Yang, “Design of a Ka-band monolithic low noise amplifier,” 2015 IAEAC, Dec. 2015.
- [9] S.D. Nsele, C. Robin, J.G. Tartarin, L. Escotte, S. Piotrowicz, O. Jardel, and S. Delage, “Ka-band low noise amplifiers based on InAlN/GaN technologies,” ICNF 2015, June 2015.

8. 과제 문의사항 연락처

소속	전문위원	연락처
민군협력진흥원	통신RF분야 전문위원	042-607-6047