

[혁신도전형]상시재난감시용 성층권드론기술개발사업 신규과제 RFP

RFP번호	과제 4	공모유형	공모형
사업명	상시재난감시용 성층권드론기술개발		
RFP명	성층권 드론 핵심기술 연구		
PM분야	우주기술	보안과제 여부	일반
1. 추진배경			
<p><input type="checkbox"/> 프로펠러 효율 1% 개선은 성층권 태양광 드론의 장기체공 성능 3%, 탑재 중량 1.5% 수준 이상의 성능 향상 효과를 수반하므로, 고고도 대기의 낮은 레이놀즈수 조건에서 우수한 공력 특성을 갖는 프로펠러 설계 기술이 매우 중요함.</p> <p><input type="checkbox"/> 야간에는 주간 비행 중 생성된 한정된 전력만으로 일정고도 이상을 유지하며 임무를 수행하므로, 고도 및 비행환경에 따른 운용성능 해석 및 최적화 기술이 필요함.</p> <p><input type="checkbox"/> 초경량 비행체 구조물의 경우 정적/동적 공탄성 현상에 매우 취약하여 구조물 파괴 및 제어 성능과 직접 연관되므로, 설계 및 성능분석 시 충분한 고려가 요구됨. 또한 고효율 구조와 고성능 제어시스템이라는 두 상충적인 목표 간의 절충 및 최적 설계안 도출을 위해서는 공탄성해석에 제어시스템을 함께 고려하는 서보공탄성학의 고려와 적용이 매우 필수적임.</p> <p><input type="checkbox"/> 고고도 조건에서는 낮은 유동 레이놀즈수로 인해 주날개 양향비 및 프로펠러 효율 등 공력성능이 크게 저하됨. 저 레이놀즈수 유동 물리 특성, 구조 변형, 프로펠러 파워효과 등을 반영 가능하면서도 신속한 계산이 가능한 전기체 공력해석 기법의 확보는 설계, 성능해석, 형상변수 연구, 최적화에 매우 중요함. 형상변수에 따른 공력특성과 민감도 분석을 기반으로 장기체공 성능의 핵심이 되는 저항력-고효율 형상 최적화 기술 연구가 필요함.</p> <p><input type="checkbox"/> 다양한 조건에서의 프로펠러 성능은 운용성능 분석에 필수적이며, 정확한 성능 획득에는 풍동시험을 통한 확인이 필수적임. 낮은 레이놀즈수 조건의 고고도 운용환경 모사를 위하여 상사성에 기초한 풍동시험 기법을 고려할 수 있으며, 축소모델 사용 시 발생 가능한 축소효과(scale effect)에 대한 연구가 필요함. 상사성시험을 이용한 성능 측정 및 시험 결과에 기반한 성능 추정 기법 개발이 요구됨.</p> <p><input type="checkbox"/> 임무 고도로의 상승 중 대류권 결빙 구역을 통과하지만 장기체공을 위한 초경량화 설계 요구로 인해 방/제빙장치의 적용이 어려움. 결빙은 중량 증가, 공력성능 저하, 실속 속도 증가, 프로펠러 효율 저하 및 요구동력 상승의 원인이 되며, 심</p>			

각할 경우 임무 고도로의 상승이 어렵거나 임무 시간 단축을 야기함. 결빙 풍동이 부재한 국내 사정을 고려하면, 결빙 형상 및 성능 변화를 예측할 수 있는 고정밀 수치해석 기술이 요구되며, 특히 프로펠러의 회전운동이나 프로펠러-날개 간 간섭 효과를 고려한 결빙 해석 기술의 확보가 시급함.

- 고고도 운용 시 지상과는 매우 다른 대기 조건으로 인해 비행체의 동적 특성 변화 또한 매우 크며, 전통적인 항공기 제어기법으로 극복하기에 큰 어려움이 발생함. 따라서 대기상태 변화에 강건한 비행제어기법의 체계적인 연구와 기술 확보가 필수적으로 요구됨.
- 최저 영하 70도 수준에서 30일 이상 연속 운전하는 극한 환경을 고려했을 때 모터와 인버터를 포함한 동력시스템의 경량화 및 신뢰성 확보는 필수적인 요소임. 경량화, 고효율화 및 소자 수명 연장을 위한 인버터 회로 구조 및 모터 제어기법의 설계, 고장 진단 및 고장 예지 알고리즘의 개발과 적용 기술이 반드시 확보되어야 함.

2. 연구개발목표

- 최종목표
 - 30일 이상 장기체공 가능한 날개 길이 30m급 태양광 무인기의 핵심 요소 기술인 운용성능 해석, 전기체 공력특성, 형상 변수/최적화, 고효율 프로펠러 설계/시험, 공탄성, 결빙 예측, 강건 제어기법 및 동력시스템 경량화/신뢰성 향상 연구를 수행함
 - 개발된 기술들을 실용화 성충권 드론 개발에 적용함으로써 설계 및 성능 향상에 기여함

3. 연구개발내용 및 성과목표

- 주요 연구개발 내용
 - 운용 성능 해석 및 고효율 프로펠러 설계
 - 전 운용고도 및 조건을 고려한 고효율 프로펠러 설계 기술 개발
 - 우수한 공력특성을 갖는 저 레이놀즈수 익형 설계 및 공력 DB 구축
 - 프로펠러 최적설계 형상 개발, 성능해석 및 공력 DB 구축
 - 추진시스템, 공력 특성 모델링 및 운용성능 해석/최적화 프로그램 개발
 - 공탄성 및 서보공탄성 해석 기술 연구
 - 공력-구조 연계 기법을 이용한 공탄성 응답 해석 프로그램 개발
 - 서보 공탄성 해석을 위한 공기력 근사기법 연구 및 서보 공탄성 모델 수립
 - 성충권 태양광 드론의 공탄성 및 서보공탄성 해석

○ 전기체 공력해석 기술 및 형상 변수 연구

- 저 레이놀즈수 유동 공력 특성, 정적 구조 변형, 프로펠러 파워효과 연구 및 모델링
- 해당 효과들을 반영 가능한 다중 전기체 신속 공력해석 프로그램 개발
- 형상 파라미터 연구, 민감도 분석 및 저항력 고효율 형상 최적화 기술 연구

○ 프로펠러 풍동시험 기법 연구

- 고고도 조건 모사를 위한 프로펠러 풍동시험 상사성 연구
- 축소 효과 특성 분석 연구
- 시험 결과에 기반한 고고도 조건 프로펠러 성능 추정 기법 개발

○ 결빙 예측 및 성능 저하 해석/분석 기술 연구

- 프로펠러 회전을 고려한 프로펠러/전기체 결빙 형상 예측 프로그램 개발
- 결빙으로 인한 프로펠러 및 전기체 성능 변화 해석 및 분석
- 관측된 기상 데이터와 성능 해석에 기반한 임무 가능 조건 분석

○ 변화하는 대기환경에 강건한 비행제어기술 연구

- 고도별 대기조건, 순항 성능, 비행 동특성 연구
- 대기환경 변화에 강건한 비선형 비행제어기법 연구
- 지상모의시험장치 개발 및 검증시험

○ 전기 동력시스템 경량화 및 신뢰성 향상 연구

- 극한 환경에서의 장시간 연속 운전을 고려한 고신뢰성 모터제어 인버터 회로 설계
- 에너지 효율 개선 및 인버터 소자 수명 연장을 위한 제어기/제어기법 설계
- 고장진단 알고리즘 및 고장예지 알고리즘 개발 및 병렬 구동 적용 연구

□ 성과목표

성과 목표	성과 지표	목 표 치	검증 방법	기타
고효율 프로펠러 설계 및 운용 성능 해석	설계 프로펠러 효율	0.82 ¹⁾	지상 풍동시험 결과	
	저 레이놀즈수 익형 공력성능	운용조건 양항비 3% 이상 향상	상세설계 익형 공력해석 결과 비교	
	운용 성능 해석	야간 체공시간 3% 이상 향상	상세설계 운용성능 시뮬레이션 비교	

성과 목표	성과 지표	목 표 치	검증 방법	기타
공탄성 및 서보 공탄성 해석 기술	공탄성 해석 기술	플러터 해석 결과 오차 10% 이내	플러터 시험 문헌 데이터 비교	
전기체 공력해석 기술 및 형상 변수 연구	고고도 대기조건 및 프로펠러 효과 반영 전기체 신속 공력해석 기법 ²⁾	양력/항력/프로펠러 성능 오차 5%/10%/10% 이내 고충실 Full CFD 대비 해석 시간 5% 미만	고충실 CFD 결과 데이터 및 풍동시험 문헌 데이터 비교	
	저항력 고효율 형상 최적화	운용조건 양항비 3% 이상 향상	초기 설계 형상과의 전산해석 결과 비교	
프로펠러 풍동시험 기법	상사성 풍동시험	성능계수 측정 오차 5% 이내	고충실 CFD 및 항우연 풍동시험 결과와의 교차 검증	80% 이상 스케일 시험 포함
결빙 예측 및 성능 저하 해석/분석 기술	프로펠러/전기체 결빙 예측	블레이드/주날개 결빙 최대 두께 예측 오차 10% 이내	실험 문헌 데이터 및 타 수치해석 결과 비교	
	기상조건 판별 모델 ³⁾	요구동력 예측 10% 이내 ⁴⁾		
강건비행 제어기술 ⁴⁾	정밀비행속도제어	속도제어 오차 10% (RMSE) 이내	지상모의시험(PILS)	
	대기환경강건성	지상/고고도간 비행제어 성능차이 20% 이내		
전기동력 시스템	인버터 회로 토폴로지	MTBF ⁵⁾ >1,000Hours @Availability 100%	MIL-HDBK-217 Rev. F	
경량화 및	인버터 무게	< 500g @3kW	코스트 모델 분석	
신뢰성 향상	대체스위칭패턴@고 장발생	> 2 patterns	시뮬레이션	

1) 낮은 레이놀즈수 고고도 프로펠러 효율의 실현가능 한계는 0.85 이하로 추정됨. Andre Noth, Design of Solar Powered Airplanes for Continuous Flight, PhD Thesis

2) RANS 유동 해석자 기반

3) FAR Part 25 Appendix C에 제시된 기상 조건 적용

4) 항공우주연구원 EAV-3 기술 자료 제공

5) Mean time between failures

□ 최종성과물

- 과제 최종 연구보고서
- 낮은 레이놀즈수 익형 및 프로펠러 최적설계 결과 / 공력 DB
- 운용성능 해석 및 최적화 프로그램
- 공력-구조연계 공탄성 해석 및 서보공탄성 해석 프로그램 / 공탄성 해석 결과
- 고고도 환경과 파워효과를 반영한 전기체 신속 공력해석 프로그램
- 전기체 형상변수 해석 결과 및 DB
- 프로펠러 상사 풍동시험 결과 / 풍동시험 및 고고도 성능 추정 기법
- 프로펠러를 포함한 전기체 결빙 해석 프로그램 / 전기체 결빙 해석 결과
- 대기환경에 강건한 비행제어 프로그램 / 지상 모의 검증시험 결과
- 고신뢰성 인버터 회로 설계 결과 및 제어기법 / 고장 진단 및 예지 알고리즘

성과목표	성과물	단위	제공형태
고효율 프로펠러 설계 및 운용성능 해석	저 레이놀즈수 익형 설계 형상	5종 이상	형상 및 공력 DB 전자파일
	프로펠러 최적 설계 형상	1종 이상	CAD 파일, 공력해석 DB
	운용 성능 해석 및 최적화 프로그램	1종	Source Code 및 결과
공탄성 및 서보공탄성 해석 기술	공력-구조 연계 공탄성 해석 프로그램	1종	Source Code 및 결과
	서보 공탄성 모델 및 공탄성 해석 DB	1 세트	모델 및 해석 결과 전자파일
전기체 해석 기술 및 형상 변수 연구	전기체 신속 공력해석 프로그램	1종	Source Code
	형상변수 연구 해석 DB	10세트 이상	해석 결과 DB 전자파일
프로펠러 풍동시험 기법	프로펠러 상사 시험 모델	2종 이상	제작 시험 모델
	상사시험 성능 DB	1 세트	시험 결과 DB
결빙 예측 및 성능 저하 해석/분석 기술	전기체 결빙 해석 프로그램 개발	1종	프로그램 실행파일
	기상조건 판별 모델	1식	전자 파일
변화하는 대기환경에 강건한 비행제어기술	비행제어 프로그램	1종	Source Code 및 해석 결과 전자파일
	지상모의 시험장치 (PILS)	1 세트	실행 코드 및 시험 결과 전자파일
동력시스템 경량화 및 신뢰성 향상	인버터 회로 설계/제어 알고리즘	1종	회로 설계, 알고리즘 및 시뮬레이션 결과 전자파일
	고장 진단 및 예지 알고리즘	2종	알고리즘 및 시뮬레이션 결과 전자파일

4. 특기사항

- ☐ 과제 4는 과제 1 및 2에서 요구하는 소요 기술과 제작 일정을 고려하여 연구를 수행하고, 타 과제에서 실 활용이 가능하도록 연구를 통해 도출된 기술 및 자료의 제공과 지원을 포함한 긴밀한 협업 체계로 구축되고 운용 되어야 함.
- ☐ 과제 4의 총괄은 과제 1에서 식별되는 소요기술과 이슈를 주기적으로 모니터링하여 요구사항을 정의, 각 세부목표 연구에 제공하여 반영되도록 해야 함. 또한 과제 1에서 설계/개발되는 형상 및 중량을 정기적으로 파악하여 각 하위 연구에 제공함으로써 실 개발 대상 비행체를 기준으로 한 연구가 수행될 수 있도록 관리함.
- ☐ 각 하위 기술별로 과제 1 및 2의 해당 부서와 과제 4의 하위 과제간의 유기적인 협력 체계를 구성하도록 함. 결과의 제공과 활용이 이루어지고 연구 내용이 연결되도록 함으로써, 시스템 관점에서 통합 가능한 형태로 요소 기술들이 개발 되도록 함.

5. 연구개발기간 및 연구개발비

- ☐ 총 사업기간 및 연구비: ' 22 ~ ' 25년(총 4년 / 21억원)
 - * 정부 출연금 21억원
- ☐ 연구비: ' 22년 4억 원, ' 23년 6억 원, ' 24년 6억 원, ' 25년 5억 원
 - * 연구기간 (1차년)' 22.06~22.12(7개월) / (2차년)' 23.01~23.12(12개월) / (3차년)' 24.01~24.12(12개월) / (4차년)' 25.01~25.12(12개월)
 - * 연차별 연구비 규모 및 연구기간은 정부예산 상황에 따라 변경 가능
- ☐ 선정 과제 수: 1개 과제