

과제 수행 로드맵

□ 연구개발 목표

- 미래항공교통(AAM)*운영 시 실시간으로 변화하는 지상 환경을 반영한 AI(강화 학습) 기반 비행경로 생성을 통해 운항환경 변화**에도 항공기가 안전하게 운항할 수 있는 경로 실시간 제공 기술개발 기획

* 도심항공교통(UAM), 지역항공교통(RAM), 드론교통 등 포함

** 실시간 차량 및 인구 이동조류 및 불법드론 출현부유식 버티포트 표점 등

□ 기술 활용 목표

- (드론) UAM 대비 한 단계 선행되어 기술개발이 진행되고 있으며, UAM 자동 운용 기술의 상용화 전 드론을 활용하여 먼저 기술 실증 및 상용화 수행
- (UAM) 승객 탑승 및 안전 등 사유로 드론보다 시기적으로 한 단계 늦게 기술 개발이 수행되고 있으며, 드론에서 검증된 기술 및 데이터를 참조, 전환하여 상용 도입 준비
- 각 구성기술의 연구개발 목표는 ‘동적 지상환경을 고려한 드론 완전자동운용 기술 확보’로, 범위는 ‘UAM 기술 전환을 전제로 한 확장성 확보’로 정의
 - 도심 진입기(~2032) : 드론 완전자동운용을 목표로 기술을 개발하여 유인 기준보다 빠르게 무인기 규제·기술환경에서 실운용 데이터를 축적
 - 전환 준비기(2032~2037) : 드론을 통해 검증된 알고리즘, 데이터 구조, 인터페이스 표준을 UAM 운항 특성에 맞게 재검증·확장하는 참조자료로 활용하여 개발된 기술을 유인체계로 확장
 - 도심 확산기(2037) : 드론에서 완성되고 UAM으로 전환·검증된 기술을 실제 상용 UAM 운항에 도입

□ 과제 수행 로드맵

- (목표) 2032~2037 활용 대상으로 분류된 기술에 대해 4개년 과제기간 내 기술적 완성
- (실 환경 적용) 과제 내 개발된 기술에 대해 TRL 실 비행급 검증 및 전체 인터페이스 연동을 완성하며, 상용화 수준의 실증의 경우 과제 외 실증·상용화 사업을 통해 수행하는 것을 전제로 함
- (4개년 연차별 중점 로드맵)

연차	공통 성격	T1(경로 생성)	T2(공간정보 플랫폼)	T3(정보공유, 적용)	T4(실증, 검증)
1차년도	개별기술 기반설계	강화학습·경로생성 구조 설계, 시뮬레이션 환경 구축	GRI·품질기준 + 격자·회랑·노드 공통정보모델 및 시간·품질 메타데이터 정의	다중링크 기반의 통신 프로토콜 설계, 6DoF 위치·자세 추정 알고리즘 기초개발	디지털트윈 시뮬레이션 환경 구축, 검증 시나리오·평가지표 설계, 버티포트 입지 후보 선정
2차년도	프로토타입 + 초기연동	동적 경로생성 알고리즘 프로토타입 완성, T2 데이터 수신 인터페이스 개발	실시간 위험도 및 예상 통과시점 위험예측, T1 계획정보 환류 프로토타입	저지연 전송 프로토타입, 6DoF 추정 정확도 검증, T1 경로수신 인터페이스 개발 착수	HIL 시뮬레이션 환경 구축, T1 알고리즘 단독 안전성 시험, 실증용 부유식 버티포트 설계 및 제작
3차년도	통합 및 부분실증	예측기반 재계획 모형 통합, T2 실시간 데이터 완전연동, 운항단계별 품질평가 적용	T1 경로계획-T2 위험/상태-T3 실제운항 간 closed-loop 갱신	T1 경로 수신·전송 자동화 완성, ATM/UTM/UATM 연동 인터페이스 프로토타입, 부유식 버티포트 표점 연동 시험	SIL 통합검증, T1-T2-T3 3자 연동 시나리오 실증, 1차 안전성 데이터 확보
4차년도	완성 및 종합검증	전 운항단계 (이륙·순항·접근) 커버 알고리즘 최종 완성	데이터 품질·신선도가 경로 실행가능성, 재계획 및 위험노출에 미치는 영향의 통합검증	전 인터페이스 (ATM/UTM/UATM, 6DoF 전송) 완성, 실환경급 통신 신뢰성 확보	실비행(또는 실환경 근접) 종합검증 완료, T1~T3 피드백 반영한 최종 성능보정, 기술적 완성 선언

- (1차년도) 개별설계

- 공통 ConOps 및 데이터 인터페이스 정의
- 4개 기술이 독립적으로 요구사항 및 구조를 확정
- 구성기술 간 인터페이스 요구사항 정의

- (2차년도) 최소 연동 시작

- 기술에 대한 프로토타입 완성
- 구성기술 간 데이터 연동 가능성 식별, 보정 필요사항 확인

- (3차년도) 통합 및 부분 실증 수행
 - T1, T2, T3에 대해 통합 가능성을 SIL 수준에서 검증
 - 병목 및 설계결함 등 식별 및 수정
- (4차년도) 최종 기술개발 완성
 - T4 실증 피드백이 T1, T2, T3로 역 반영되는 Closed Loop 체계 완성
 - 실 운항 환경에서의 기술개발 완성품 비행 시연

□ T1. AI 기반 실시간 비행경로 생성 기술

- (목표) 드론의 완전자동, 무인 실시간 경로생성 및 재계획을 상용 서비스 수준으로 개발하고, 이 알고리즘의 의사결정 · 파라미터 · 검증 데이터를 UAM 유인 자동화 운영에 적용할 수 있도록 함
 - 기술 개발은 최종적으로 UAM에 적용하는 것을 가정하고, AAM에 적용할 수 있는 기술 수준을 고려한 개발 수행
- (연구개발 범위)
 - 안전 제약 기반 동적 경로생성 알고리즘
 - 밀집 장애물 환경(정적 장애물 및 동적 장애물(T2))을 반영하여 운용환경에 적합한 경로 생성
 - T3로부터 전송받은 변경된 버티포트 좌표를 반영하여 동적 착륙 경로 생성
 - 품질평가 후 경로 확정 및 기체를 포함한 이해관계자에게 정보 전송(T3)
 - 규제 특성(비가시권 비행 및 날씨, 보호구역 제약 등) 반영하여 Hard/Soft Constraint 이중화
 - 기체 사양 및 비행 단계에 따른 보호구역을 반영한 경로생성 알고리즘 설계
 - 예측 기반 실시간 재계획
 - 지상 상황의 급변이 발생하는 경우를 예측하여 밀집 장애물 환경에서의 실시간 회피, 원 경로로의 복귀 경로 생성
 - 생성된 재계획 경로는 품질평가 지표를 만족하는 경로여야 함
 - 드론 및 UAM 등 기체 탑재 온디바이스 경량 추론(엡지컴퓨팅)
 - 예측 정확도 · 오차범위 데이터셋에 대해 드론 -> UAM으로 확장할 수 있는 구조 설계

- 다중 기체 · 혼재 운항 지원
 - 개별 기체 경로를 기반으로 다수 드론 · UAM 혼재 운항의 상호영향, 회랑 · 구역 · 버티포트 수용가능량을 반영한 경로생성 및 재계획
- 운항단계별 경로 품질평가 체계
 - 이착륙, 순항 단계별 품질평가 지표 정량화
 - AAM 이륙, 순항, 접근 단계 적용 시 필요한 안전마진 재산정 기준 설계
- 선행기술 활용 · 전이 검증
 - 기존 연구성과의 재사용 가능 항목 및 신규 개발 항목을 구분하고, 드론 검증 결과의 UAM 전이 가능 조건 · 재검증 항목 · 잔여 검증

□ T2. AAM 경로생성 지원을 위한 시공간 복합공간정보 플랫폼 구축 및 검증

- (목표) AAM 자동운용 및 실시간 경로생성을 지원하기 위해 지상 · 공중의 정적 · 동적 공간정보를 입체격자 기반으로 통합하고, 시간 변화와 데이터 품질 · 불확실성을 반영한 시공간 위험정보를 생성 · 제공하는 복합공간정보 플랫폼을 구축 · 검증
- (연구개발 범위)
 - AAM 운항지원 시공간 데이터 모델 및 품질 기준 정의
 - 지상 · 구역 · 기상 · 장애물 · CNS 가용성 등 데이터 유형 및 위험 레이어 정의
 - 정적/준동적/실시간 데이터별 갱신주기 및 유효시간 기준 정의
 - AAM 비행수준별 격자-회랑-합류부-접근노드 연계 4D 정보플랫폼 개발
 - 비행하는 기체의 제원, 고도에 따라 다양하게 활용할 수 있는 다중 격자 해상도 구축 (국토정보 고도화 입체격자체계 과제와 연계)
 - 다중해상도 격자 ID와 기체 · 고도 · 운항단계별 정보모델, 시간축 속성 · 공간 인덱싱 구현
 - 순항고도 대역 확장을 대비한 격자 스키마 호환성 확보
 - 실시간 위험도 산출 기술
 - AAM 운용 노선 기준 유동인구 · 차량 데이터의 표본 대표성, 집계주기, 지연 · 결측을 고려한 상태추정 및 단기예측을 통한 실시간 위험도 산출 체계 확보
 - 지자체 · 통신사 연계 데이터 공유 체계 개발

□ T3. 실시간 비행 경로 적용 및 정보공유 시스템

○ (목표) AAM 자동운용 환경에서 저지연·무결성 정보전송 및 이해관계자(경로생성 주체 및 기체 등) 연동 인터페이스를 완성·검증하며, ATM/UTM/UATM 통합 관제 통신·연동 체계 개발

○ (연구개발 범위)

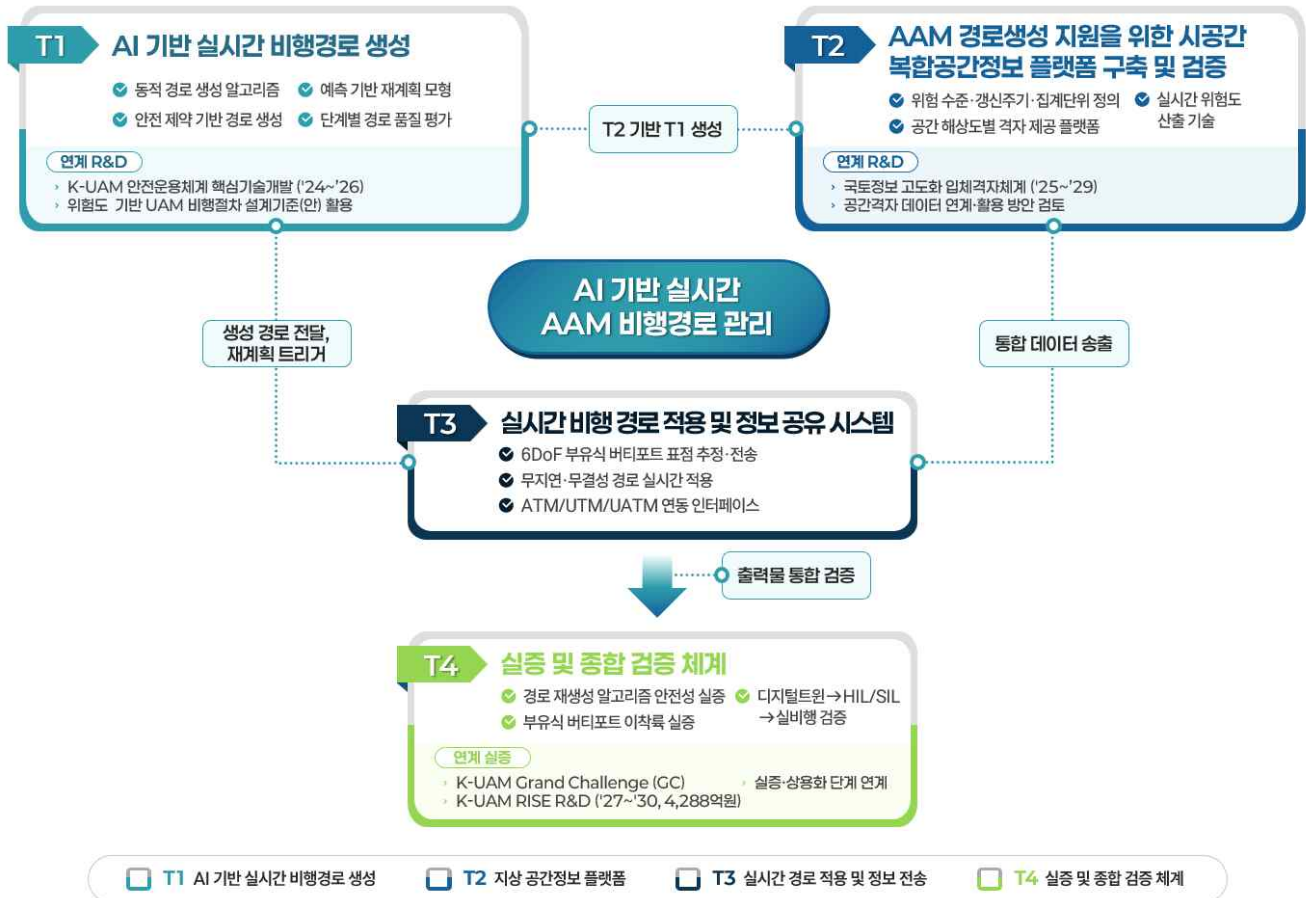
- 정보공유 인터페이스·전송 프로토콜
 - 발신·수신 주체, 객체·경로 ID, 데이터 의미·형식, 좌표·시간 기준, 버전·유효시간, 갱신주기, 승인·취소·오류처리 규칙을 인터페이스별로 정의
- 6자유도 기반 위치, 자세 추정 및 전송 기술
 - 고정형 이착륙장 기준 경로생성정보(T1) 기체 및 이해관계자 공유 시스템 정확도 검증 수행
 - 이동형 이착륙장(부유식 버티포트 등) 기준 6자유도 기반 자세 추정 기술(T2) 개발 및 추정 정보 전송 무결성 검증
 - 정보공유체계 드론 축소 검증 후 UAM 규모로 확장 적용(대역기 활용 또는 시뮬레이션 기반 검증)
- 저지연·무결성 정보전송
 - 다중링크 통신 체계 기반 저지연 정보 전송 및 검증(T1, T2 정보 전송)
 - 요구되는 통신망 이중화 방안 분석 및 실증
- ATM/UTM/UATM 연동 인터페이스
 - 국제 표준과의 정합성 검토 이후 SWIM 기반 연동 인터페이스 완성

□ T4. 실증 및 종합 검증

- (목표) 드론 및 대역기를 활용하여 디지털트윈 -> SIL/HIL -> 실비행 검증 체계를 완성하고, 검증 프레임워크·시나리오·안전성 기준을 기반으로 기술 검증 수행
- 최종 기술은 UAM에 적용하는 것을 가정하고, AAM에 적용할 수 있는 기술 수준을 고려한 실증 체계 구축 (드론 및 대역기 고려)

○ (연구개발 범위)

- 검증 기준 및 운용 시나리오 설정
 - KPI 및 검증 기준 설정
 - 다양한 환경 조건(주간, 야간, 악천후)에 따른 검증항목 및 평가 절차 정의
 - 비상상황 유형별 대응 절차 및 드론·UAM 단계별 운용 시나리오 적용 범위 정의
- 부유식 버티포트(이착륙장) 테스트베트 구축
 - 부유식 버티포트(이착륙장) 설계 및 제작
 - 입지 후보 선정 및 공유수면 인허가 취득
- 검증 인프라 및 실비행 기반 구축
 - T1~T3에서 개발된 소프트웨어·장비·모델의 개별 검증을 위한 디지털트윈 환경 구축
 - T3에서 개발하는 부유식 버티포트 위치·자세 추정·전송 시스템의 소프트웨어 연계시험(SIL) 및 실장비 연계시험(HIL) 환경 구축
 - 드론·대역기 등 실비행 검증 기반 확보 및 구축
 - 통합로그·계측 및 실증 데이터 수집·관리 환경 구축
- 경로 재생성 알고리즘(T1) 기반 비행 안전성 실증
 - 다양한 환경 조건(주간, 야간, 악천후) 시나리오 실증 완성
 - 비상절차를 반영한 경로 재생성 및 비행 안전성 검증
 - 드론 실증 결과를 기반으로 UAM 적용 가능성 평가
- 이착륙 안전성 실증
 - 고정형 이착륙장 기준 경로 생성 알고리즘(T1) 활용 자동 비행 안전성 실증
 - 6자유도 기반 이동형 이착륙장(부유식 버티포트) 좌표 추정을 반영한 드론 등 대역기를 기반으로 실증을 수행하고, 향후 UAM으로 확장 적용(UAM의 경우 SIL 단계까지 수행, 필요시 대역기를 활용한 실 비행 검증)
- 디지털 트윈 - SIL/HIL - 실비행 단계적 종합 검증
 - 전 단계 검증 체계 완성 및 표준화
 - T1~T3 개발기술의 통합 KPI 평가 및 실증 결과 분석
 - 3차년도 시범 환류 및 4차년도 T1~T3 성능보정과 최종 기술·전이성 평가



< 구성기술 간 연계도(안) >