

한국형 도심항공교통 기술개발 로드맵

김승일 국토교통과학기술진흥원 모빌리티본부 본부장

1. 머리말

그동안 하늘을 통한 교통체계는 화석연료를 기반으로 한 제트엔진, 프로펠러로 이루어진 항공기, 공항으로 대변되는 장거리 거점 기반 시스템 외에는 생각할 수 없었다. 특히 도심부의 경우 자동차, 트램과 같은 2차원 네트워크를 기반으로 한 교통수단 외에는 대안이 없었으며, 이에 교통체증, 탄소배출 문제가 늘 속제로 남았다. 이에 최근 각광받고 있는 시스템이 바로 도심항공교통(UAM, Urban Air Mobility)¹⁾이다.

UAM은 배터리 기술의 발전과 연관이 깊다. 이에 따라 '드론과 같은 시스템으로 사람과 화물을 실어 나를 수 있으리라'는 도전적 아이디어에서 진화한 것으로 보인다. UAM은 한 마디로 기체와 운항·교통관리, 인프라, 서비스, 인증 등 다양한 분야 기술이 유기적으로 연계되는 차세대 항공시스템이다. 현재 미국, 유럽과 같은 항공선진국에서는 정부와 민간이 합심해 기술·시장을 선점하고자 발전 전략을 마련하고 실현에 옮기고 있다. NASA(National Aeronautics and Space Administration, 미 항공 우주국)와 FAA(Federal Aviation Administration, 미 연방항공청), EU(European Union, 유럽연합)의 EASA(European Union Aviation Safety Agency, 유럽항공안전청)이 대표적이다.

우리나라도 마찬가지다. 정부는 한국형 도심항공교통(K-UAM)을 보잉(Boeing) 및 에어버스(Airbus)가 독점한 기존 민간항공 시장을 뛰어넘을 다음 세대 항공 산업으로 간주하고, 다양한 발전전략을 제시했다.

정부는 이에 따라 부처합동 K-UAM 정책로드맵(2020.6)과 기술로드맵(2021.3)을 수립해 UAM 운용분야별 중점추진기술과 함께 단계별 R&D 전략을 마련했다. 또한 국가전략기술의 12대 분야 50대 기술에 UAM을 포함해 육성정책(2022.12)을 추진하고 있다.

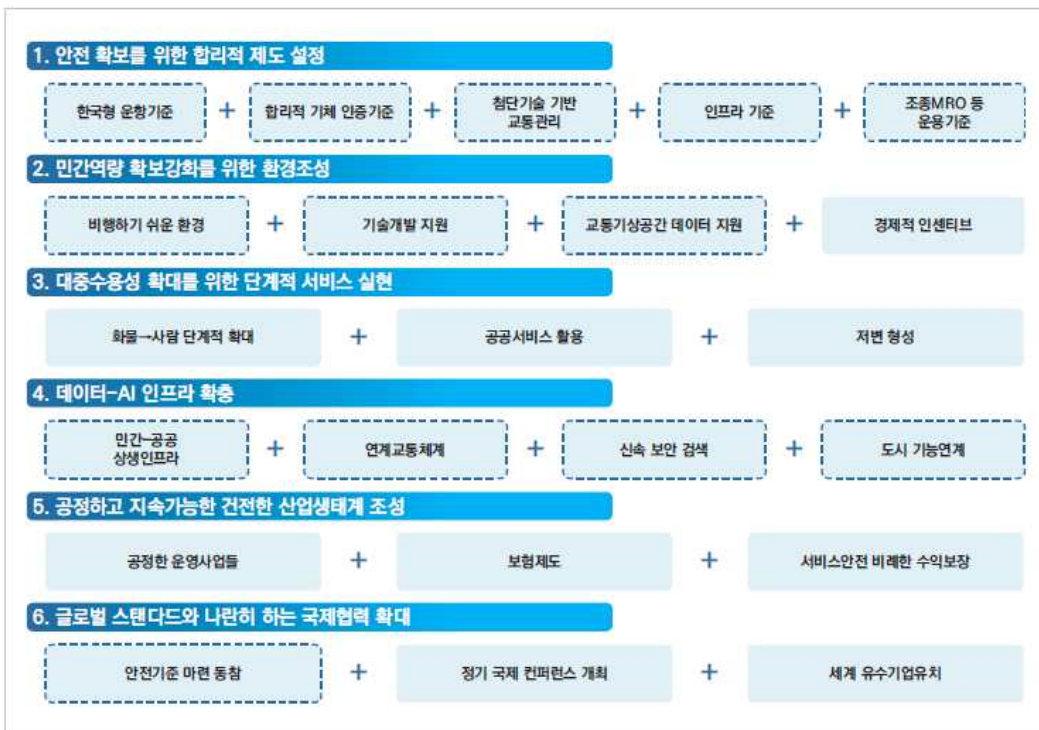
국토교통부와 국토교통과학기술진흥원(KAIA, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement)은 UTK(UAM Team Korea)를 운영하면서 UAM 관련 범부처 국가연구개발(R&D) 사업을 기획했고, UAM은 현 정부 10대 국가전략기술프로젝트에 선정(2023.4)됐다. 이를 바탕으로 기획된 UAM의 안전운용체계 핵심기술개발 사업은 정부최초의 신속조사형(Fast Track) 예비타당성 조사 심사에 통과(2023.8)되는 성과를 얻었고, 범정부 제1기 K-UAM R&D 사업단 착수가 준비되고 있다. 이에, 본 지면에서는 K-UAM 기술로드맵 내용과 올해부터 추진 중인 UAM 안전운용체계 핵심기술 개발 사업을 소개한다. 이를 바탕으로 우리의 UAM 기술과 관련 산업 미래에 대한 통찰을 제공하고자 한다.

1) 저소음, 친환경동력 기반 수직이착륙 교통수단 및 이를 지원하기 위한 교통관리, 이착륙 인프라, 인증기술 등을 포함하는 항공교통체계

2. K-UAM 기술로드맵의 수립

2.1 UAM 정책로드맵 연계

앞서 기술한 바와 같이 우리도 글로벌 UAM 경쟁의 한 축이 되기 위해 민간 항공기 운영과 관련된 관계부처가 합동으로 K-UAM 로드맵을 발표(2020.6)했다. 본 로드맵은 특히 UAM 도입단계를 초기-성장기-성숙기로 구분해 2025년 상용화 시작, 2030년 본격 상용화라는 구체적인 방향과 목표를 제시했다는 의미가 크다. 로드맵은 이를 위해 '안전하고 합리적인 제도설정', '민간역량 확보 및 강화를 위한 환경조성', '대중수용성 확대를 위한 단계적 서비스 실현', '이용편의를 위한 인프라 연계교통 구축', '공정·지속가능하고 건전한 산업생태계 조성', '글로벌 스탠다드와 나란히 하는 국제협력 확대'라는 추진전략을 제시했다.



[그림 1] 정책로드맵과 기술로드맵 연계(상 :추진단계 구체화, 하: 정책목표 연계)

2.2 UAM 기술로드맵 수립 과정²⁾

K-UAM 기술로드맵은 기본적으로 UAM이 항공기 수준의 높은 안전도를 확보해 상용화되고, 관련 시장이 지속적으로 성장하며, 이용자 수가 확대됨에 따라 인프라 투자도 확대될 것을 가정해 수립됐다. 전반적인 UAM 발전단계는 정책로드맵의 내용을 토대로 3단계로 설정됐다. 관련 기술 분류는 기존 항공기술과 유사하면서도 차별화된 기술분류체계가 필요하기에, NASA와 FAA의 운용개념(ConOps) 그리고 국내 관련 기술분류체계를 참고해 설정됐다. 분야별 중점추진기술 발굴을 위한 관련 전문가그룹(Working Group)도 구성됐다.

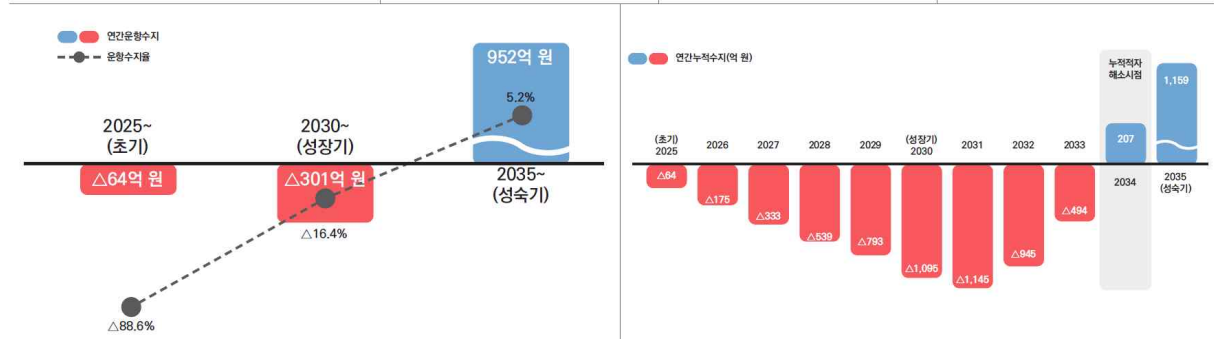
기술로드맵에선 또한 각 기본 프레임에 대한 참여·개발주체와 기술적 연관성을 토대로 ① 기체 개발·생산(제작자 등), ② 운송·운용(운송사업자 등), ③ 공역설계·관제(국가 등), ④ 운항관리·지원(교통관리사업자 등), ⑤ 사회적 기반(사회적 수용 주체 등) 등 5개 부문을 구조화한 후, 해당되는 세부기술을 4단계 하위까지 구분한 기술구성도(Tech-Tree)를 마련했다.

기술로드맵은 또한 K-UAM 정책로드맵에서 제시한 주요 거점, 노선수, 운임수준 등을 통해 교통 수요를 예측³⁾하고, 이를 바탕으로 UAM 초기부터 성숙기까지 각 단계별 운임(수입) 실현을 위한 기술 분야별 목표성과 공급가격 등을 예측하기도 했다. 기술로드맵에선 이에 근거해 수익성 기준 타당성이 확보될때까지 개발수준·공급가를 지속적으로 순환 검토한 미래시나리오를 최종 확정했다. 마지막으로 구체화된 세부기술에 대해 현 국내 기술수준을 분석한 후 각 기술 분야별로 중점추진기술, 획득전략, R&D사업화 방향 등을 단계별로 수립했다.

결과적으로 기술로드맵은 충분한 안전도와 사회적 수용성이 확보될 경우 기술개발 등으로 2035년 성숙기에 접어들며 UAM이 대중화될 가능성을 예측했다. 그에 따르면, 초기인 2029년에는 1~2개 노선에서 일부 사용자 위주 서비스가 이용되며 사업자는 적자가 예상된다. 반면 성장기(2030~2034)에 들어선 후엔 주요 거점별 버티포트가 구축되고 본격적인 이용이 확장되며 누적 적자가 만회될 것으로 보인다. 성숙기인 2035년 이후에는 자율비행, 교통관리 자동화 등으로 비용이 30% 이상 절감되며, 기술적 토대 위에서 수요 역시 늘어날 것으로 예상된다.

<표 1> 'K-UAM 기술로드맵'의 UAM 전환수요 및 운영수익성 분석 결과

구분		2025년(초기)	2030년(성장기)	2035년(성숙기)
전제 사항	버티포트 입지 수	4 개	24 개	52 개
	운임단가	3,000원/인·km	2,000원/인·km	1,300원/인·km
영항권 내 일일 통행 (자동차 + 대중교통 등)		5.4만 통행/일	22만 통행/일	133만 통행/일
UAM 전환율(기존 교통→UAM)		0.05%	3.8%	15.7%
UAM 일일수요		29 통행/일	8.5천 통행/일	21만 통행/일



<표 2> K-UAM 미래 시나리오 요구항목별 목표 성능

부문	항목	초기(2025년~)	성장기(2030년~)	성숙기(2035년~)
기체·부품 (핵심기술)	자율비행 수준 (조종사 운용)	On Board (조종사 탑승)	Off Board (원격조정)	Autonomous (자율비행)
	공급좌석 수	4	4	5
	순항속도	150km/h(80kts)	240km/h(130kts)	300km/h(161kts)
	항속거리	100km(62miles)	200km(124miles)	300km(186miles)
	배터리 밀도 (팩 기준)/용량	300Wh/kg, 130kWh	450Wh/kg, 270kWh	680Wh/kg, 500kWh
	소음(기체)	150m에서 70dBA	150m에서 65dBA	150m에서 60dBA
항행·교통 관리	교통관리체계	PSU 주도(ATC 참여)	PSU 주도 (ATC 제한적 개입)	PSU 완전 운용 (ATC 비상시 개입)
	교통관리 자동화 수준	자동화 도입	자동화 주도 및 인적 감시	완전자동화 주도
	비행회랑운영방식	Fixed Corridor	Mixed Corridor (회랑 망)	Mixed Corridor (회랑 망)
	동시 운용 용량 (회랑, 30km 기준)	5대	8대	16대
	항공통신망	이동통신, 항공음성통신	이동통신(5G/6G), 저궤도위성통신, C2	이동통신(5G/6G), 저궤도위성통신, C2
	항법시스템	정밀위성항법	정밀위성항법+영상기반 상대항법	복합상대항법
	감시체계	ADS-B 초기형 + UATM 보고체계		광역 UATM 보고체계
인프라	버티포트형태	이착륙장 1개/계류장 4개	이착륙장 1개/계류장 5개	이착륙장 2개/계류장 12개
	Charging Power	250kW	400kW	1M
서비스	운용조건(기상)	Weather Tolerance	Weather Tolerance	All weather
	일일 운용 시간 (야간운항)	12시간	15시간	17시간
	도심 3차원 지도	정밀	초정밀, 실시간	초정밀, 실시간
	항로 기상데이터	Corridor 기상서비스	저고도 도심기상서비스	고해상도 도심기상서비스

2.3 K-UAM 이행을 위한 추진체계 – UTK

정부는 UAM 정책로드맵을 통해 UAM 관련 민·관 정책협의체인 UTK를 2020년 6월 발족했다. 국토부 주관인 UTK에선 관련 기업, 학계, 지자체, 공공기관이 참여해 워킹그룹을 운영하고 있다.

본 워킹그룹에는 한국항공우주산업(KAI, Korea Aerospace Industries), 대한항공 등 전통적 항공 업계뿐만 아니라 다양한 분야 기업도 참여하고 있다. 현대차 등 자동차 업계, SK텔레콤, KT 등 통신 업계, 현대건설 등 건설 업계가 있으며, 이를 통해 UAM 산업 시스템이 토털 서비스 산업으로서 관심을 모으고 있음을 알 수 있다.

최근 UTK는 분과를 구체화해 항행제도 등은 정책분과에서, 연구개발은 R&D 분과에서 담당하도록 크게 구분했다. 기술적으로는 운항, 인프라 교통관리, 서비스 분과로 세분해 로드맵 목표 달성을 위한 실무그룹으로서 지속 운영 중이다.

3. K-UAM 기술로드맵

3.1 K-UAM 중점추진기술 도출

K-UAM 기술로드맵에선 중점추진기술을 도출하기 위해 UAM의 미래 시나리오를 기반으로 기술

- 2) 'K-UAM 기술로드맵 기반 국가전략기술 프로젝트 추진전략(연구관리혁신협의회 4분기 뉴스레터, 2023, 국토교통과학기술진흥원 김민기 수석연구원) 참조
- 3) 국토교통부 "자율비행 개인항공기 인증 및 운용기술개발사업"의 4세부과제(OPPAV 교통서비스체계 도입방안 연구) 연구성과 일부 활용(주관: 한국교통연구원)



* 참여 47개 기관 및 57개 초청기관

[그림 2] UTK 구성

구성도(Tech Tree)를 수립했다. 또한 기술니즈를 주요분야 수준으로 설정해 분야당 중점기술 2~5건을 묶었다. 이를 바탕으로 연구과제급 사업으로 추진될 수 있는 규모로 중점추진기술을 구성한 것이다.

K-UAM 기술로드맵은 이에 더해 K-UAM 기술로드맵 전문가그룹, UAM 관련 산·학·연 및 이해관계자를 대상으로 추가적인 기술 보완과 우선순위 도출에 대한 의견수렴을 진행했다. 이를 바탕으로 최종으로 5개 핵심부문, 14개 주요분야, 38개 중점기술, 총 118개 중점추진기술을 도출할 수 있었다.

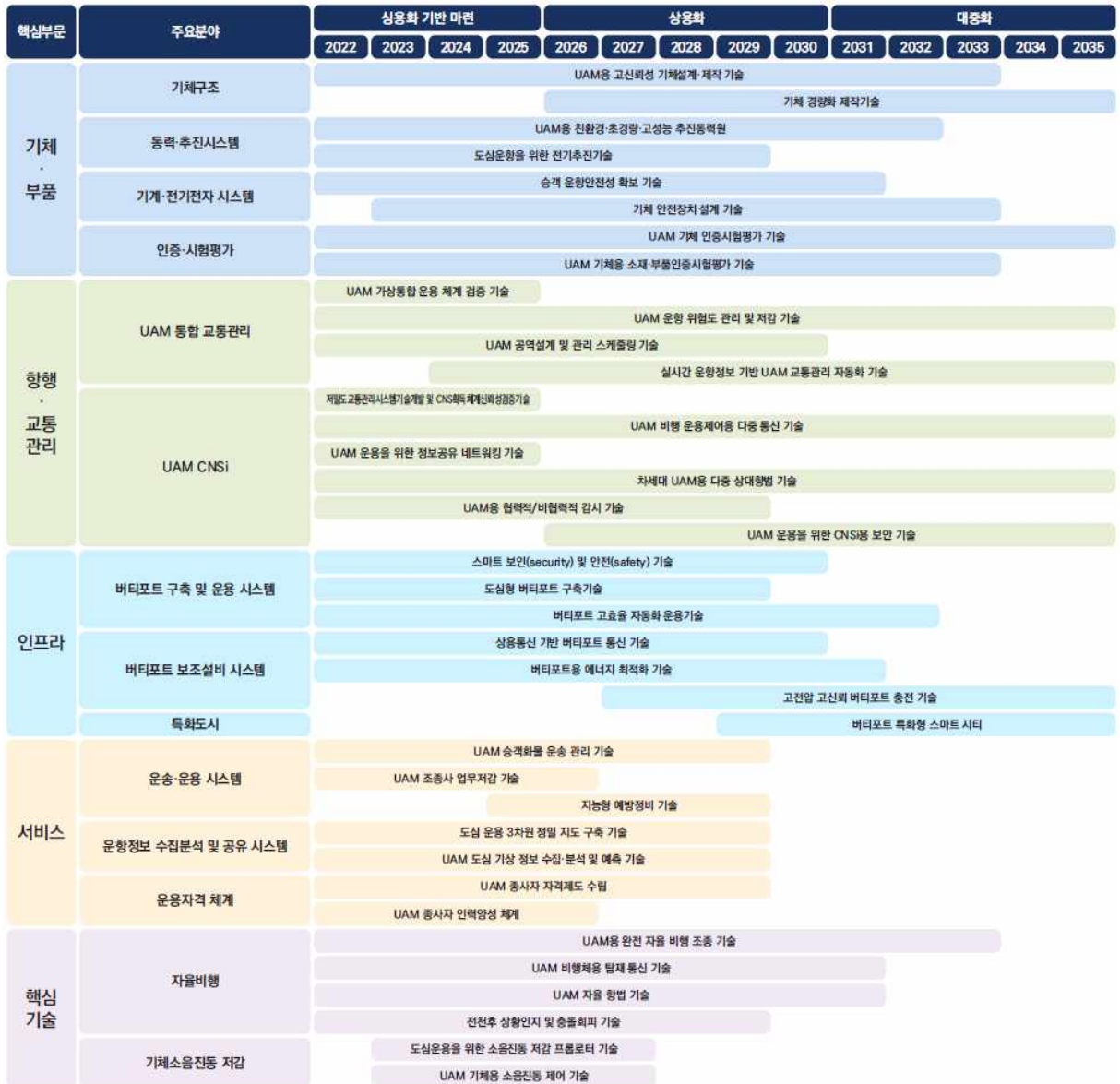
K-UAM 기술로드맵에선 이렇게 선별된 해당 기술에 대해, 관련 기술별 개발전략, 연구기간, 연구성과 등을 도출하는 과정을 거쳐 비전 체계를 제시했다.

그 결과 주요 추진전략으로, ① 승객·기체구조·인증 등에 관련해 안전성을 확보하는 운항·관리 기술개발, ② 저소음·친환경·운항정시성 등을 달성해 수용성을 증대하는 친화기술 확보, ③ 고성능 배터리·야간운항 지원 등을 통해 경제성을 향상하는 상용기술 마련, ④ 자율비행·교통관리 자동화 등을 실현해 지속가능성을 이끄는 기초기술·생태계 구축, ⑤ 타 산업으로 기술전환·국제협력 강화 등을 통해 상호발전을 유도하는 기술교류 확대의 총 5가지가 설정됐다.

UAM 운용 전 주기의 핵심 부문은 ① 기체 및 부품, ② 항행·교통관리, ③ 버티포트 및 인프라, ④ 운송 및 운항을 포함하는 서비스, ⑤ 기체 자율비행과 소음진동을 저감하는 핵심부문, 그리고 전 부문을 포함하는 성능적합 및 인증체계 부문으로 구분할 수 있다. 이를 포괄한 2035년까지의 K-UAM 기술개발 로드맵은 [그림3]과 같다.

3.2 K-UAM 중점추진기술 추진 전략

K-UAM 기술로드맵은 필요기술을 시계열로 나열하는 일반적인 기술로드맵과 함께 UAM 수요와 운용 타당성을 기반으로 UAM의 실현 가능성을 적극 고려했다. K-UAM 기술로드맵은 이를 위해 독일 OBUAM⁴⁾의 수요 기반 방법론 등 여러 연구를 참고해 운영 수익성 확보를 위한 핵심기술과



[그림 3] K-UAM 5대 핵심부문의 기술개발 로드맵

기술별 목표 수준을 도출하는 기술로드맵을 수립했다.

현재 UTK 운영 총괄부처인 국토교통부는 유관 부처와 협력을 추진하고 있다. 총괄 전문기관인 KAIA는 부처별 R&D 전문기관과 협력해, 기술로드맵을 바탕으로 국내 신산업·신기술의 경쟁력을 강화하고 이를 통해 글로벌 시장 선점을 하려 한다. KAIA는 이를 위해 국내 UAM 상용화 지원에 필요한 분야별 핵심기술들을 발굴하고, 정책로드맵에서부터 기술로드맵, 실행사업인 핵심기술 개발사업까지 연계할 수 있도록 다부처 예타급 국가연구개발사업을 선정했다.

K-UAM의 핵심기술 중에는 민간 기술개발 현황, 환경변화, 국가 예산사정 등을 고려해 국가가 연구개발을 우선 지원해야 하는 것들이 있다. 국토교통부와 관계부처의 역할이 국내 UAM 생태계 형성에 꼭 필요한 까닭이다. 정부는 이를 통해 안전한 항공교통체계 구축을 위한 국가의 기본 역할을 수행하고자 한다. 구체적으로 항행 및 교통관리, 버티포트와 같은 인프라 구축 및 운용

4) 출처: Bayerisches staatsministerium fur wirtschaft, landesentwicklung und energie(2019), 'OBUM Final Project Review'



[그림 4] 한국형 도심항공교통 운용 전 분야 중 국가의 필수 역할 범위

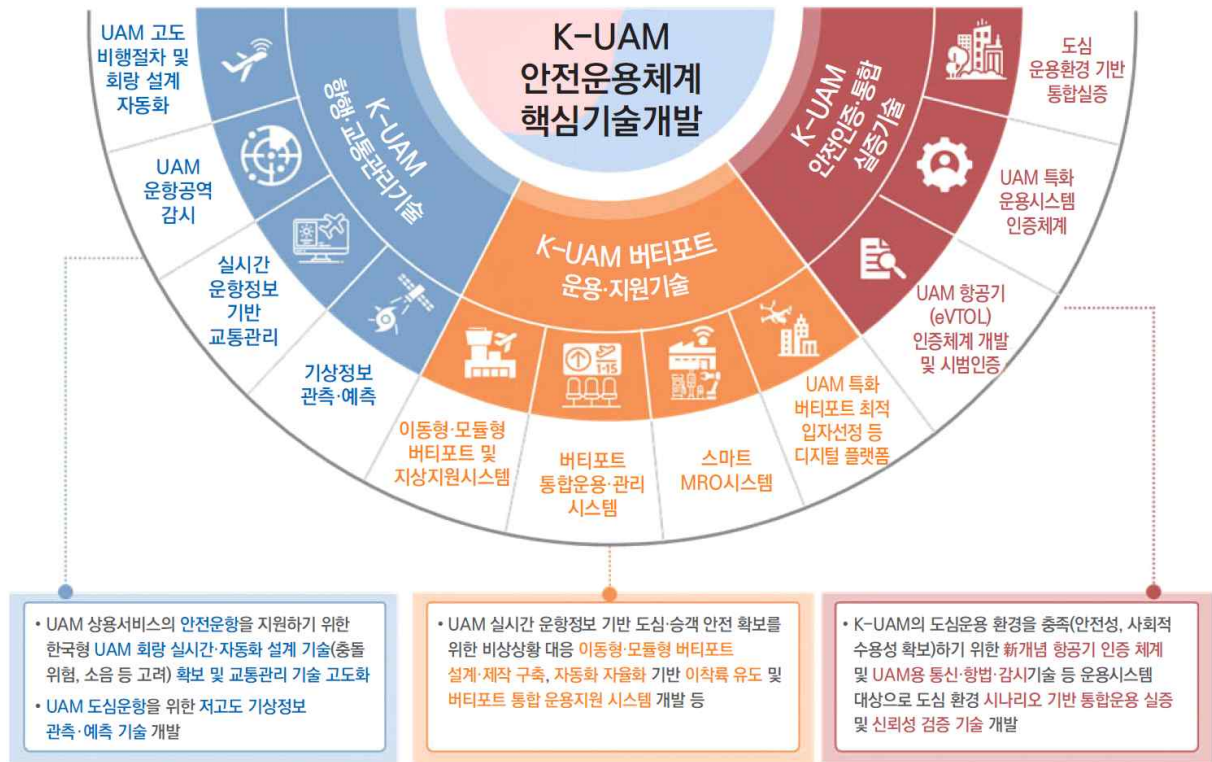
지원, 안전기준 수립 및 관련 인증체계개발 등을 통한 안전운용체계 확보 등이다. 이렇게 안전한 UAM 운항을 위한 체계 마련을 선결 조건으로, 사업화가 진행돼 민간 UAM 상용화 기반이 마련되고 있다.

국토교통부와 기상청이 다부처 협력을 통해 진행할 K-UAM 안전운용체계 핵심기술 사업은 2024년부터 본격 추진된다. 양 부처는 2024년 먼저 1단계(3년)사업을 통해 K-UAM 초기 상용화(2025년~)를 추진할 계획이다. 해당 단계에선 본격 성장기를 이끌 안전 운용체계를 확보하기 위해 기술성·안전성·사회적 수용성이 검증된 핵심기술을 상세설계하고, 시작품을 먼저 개발할 예정이다. 이후 2단계(2~3년)에선 개발된 시작품의 신뢰도 향상을 위한 연구와 지상/비행시험 등이 검증·인증 추진과 함께 이뤄질 전망이다. 기체·부품·미래형 요소기술의 경우, 민간 항공교통체계로 인정받기 위해 필수적으로 시범인증(민간 인증을 위한 설계-제작-평가-검증 등)을 기반으로 하는 연구개발이 추진될 계획이다.

현재 이를 위해 관계부처가 유기적으로 협력하고 있으며, KAIA는 범정부 UAM 정책협의체의 R&D워킹그룹 주도기관으로서, K-UAM 기술로드맵의 단계별 추진 전략에 기반한 후속(2단계 등) 사업을 기획해 추진하고자 한다.

4. 맺음말

이상 소개한 K-UAM 기술개발 로드맵은 UAM 기술 선점을 위한 청사진이며, 이는 미래 항공교통 부문의 게임 체인저(Game Changer)가 될 수 있다. 현재국토교통부가 먼저 항행과 인증, 인프라 부문부터 예타사업을 착수하고 있다. 이어 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 등에서 고려할



[그림 5] K-UAM 국가전략기술 프로젝트 기술 범위(안전운용체계)

기체 및 부품 단위 기술개발도 원천기술로서 해당 기업들에 지원된다면, 공급에서 운영까지 완성되는 실질적 산업 생태계를 완성하고, 이는 부품인증까지 이어지는 다부처 융합연구로 이어질 수 있을 것이라 생각한다.

또한, UAM의 표준화를 위한 노력도 매우 중요하다. 앞서 기술한 운용 전 주기 핵심부문 중 ① 기체 및 부품에 대한 기술표준, ② 항행교통관리에 있어 항행안전시설 및 통신에 대한 각종 SW/HW 표준화, ③ 버티포트, 인프라 관련 시설이나 충전시스템의 표준화 등이 필요하다.

단, UAM은 항공분야에 해당하기에, 안전을 위한 관련 항공인증체계(인증기준)에서 확정된 표준을 따르는 것이 선결조건이다. 세계 최초 기술의 표준화도 중요하지만, UAM은 승객의 안전이 가장 담보돼야 하므로 EUROCAE(European Organisation for Civil Aviation Equipment, 유럽민간 항공시설기구), ASTM(American Society for Testing and Materials, 미국 재료시험협회) 등 항공분야 글로벌 표준단체와 같이 표준화 연구 및 활동을 진행해야 한다.

TTA도 국내 최고 ICT 표준화 및 시험인증기관으로서, UAM 분야 글로벌 사실표준화기구 신설을 위해 UAM 포럼 등을 지원하는 중인 것으로 알고 있다. 이는 매우 고무적인 활동이라 생각한다.

향후 우리가 UAM 생태계를 주도하기 위해서는 국내외 항공 관련 연구기관, 현대차, 한화 등 기업계, SK텔레콤, KT 등 항행 관련 통신업계와 함께 글로벌표준화를 위한 전략을 수립해 조속히 이행해야 한다. 이와 더불어 UAM 관련 글로벌 기술 기반, 예를 들어 하늘길(corridor) 운영을 위한 3차원 입체격자와 같은 공간정보에 대한 표준을 확보하는 것 등이 필요하다고 본다.

현재 항공기 기술개발은 보잉, 에어버스와 같은 메이저 제작사에 종속돼 있다. 이 때문에 부품 진입장벽은 물론, 기체와 연관된 통신, 관제, 항법과 같은 운용체계마저도 이들에 의존하는 기술 종속을 우리는 수십 년째 체감하고 있다. 현재 부상하는 UAM도 같은 길을 답습하지 않았으면

한다. 앞서 로드맵에서처럼 지금부터의 10년이 UAM 기술 선점을 위한 결정적 시기라 본다. 국내 산업계와 정부, 학계가 연구개발과 정책적 뒷받침을 위해 머리를 맞대고 팀워크를 이뤄야 한다. 우리의 반도체 산업처럼 세계 모빌리티 시장에서 K-UAM이 선도할 수 있는 기회가 지금이라고 생각한다.

※ 출처: TTA 저널 제212호