

Global Report

도심항공교통(UAM) 시장 분석

1. 개요
2. 시장분석
3. 대중적 수용성
4. 규제 환경
5. 잠재적 진입 장벽
6. 향후 방향

1. 요약

본 보고서는 도심항공교통(UAM)의 실행 가능성과 잠재적인 장애요소 및 해결방안에 대해 소개하고 있다. 첫째, 보고서 작성을 위한 입력자료는 100명 이상의 무인항공기시스템(UAS), 수직이착륙기(eVTOL) 관련 현장 전문가들의 인터뷰와 윈드시어(비행기 착륙시 발생하는 돌풍)와 배터리 저장 효율과 같은 50개 이상의 입력 변수값을 사용하였으며 미국내 5개 대도시에서 2,000건 이상의 소비자 및 기업 조사 결과를 집계하였다. 둘째, ARMD(Aeronautics Research Mission Directorate)에서 미래 변화에 따라 다양하게 업데이트가 가능하도록 실제 경제 모델 및 사용자 인터페이스를 구성하였으며, 이를 통해 UAM 적용 케이스별로 10개의 주요한 변수를 검토하는데 활용할 수 있도록 하였다. 세 번째는, 이 보고서에서 가장 핵심적인 UAM 시장분석으로서 2030년을 손익분기점의 기준으로 평가하였고 UAM 적용성을 확보하는데 필요한 기술, 규정 및 인프라를 검토하였다. 또한 잠재된 대중 접근성과 가능한 해결방안 및 진입장벽에 대한 설명을 제시하였다.

보고서에는 5개의 기본 원칙으로 다음의 내용과 같이 제시되어있다.

1. 유연성: UAM은 빠르게 진화하고 있기 때문에 이에 맞추어 동적인 보고서가 요구됨
2. 도전성: 기술과 규정 제약의 경계를 넓히도록 가장 도전적인 케이스로 평가해야 함
3. 공정성: 편향된 답변 결과를 피하기 위해 OEM, 구성품 제조사, 인프라 지원사, 운영자, 규제기관과 같은 다양한 이해관계자들을 포함시켜야함
4. 완결성: 기체와 지원 장비뿐만 아니라 전체 시스템 비용이 포함되어야 함
5. 소비자 고려: 가격은 UAM의 저변확대에 가장 큰 장애가 될 수 있기 때문에 소비자 및 기업들이 지불할 수 있는 수준의 비용을 고려해야 함

UAM의 활용방안 중 가장 도전적인 3가지 케이스에 대해 집중적으로 분석하였다.

- 1 case: 라스트-마일 배송

5파운드 미만의 화물을 로컬 유통 허브로부터 배송장소까지 신속하게 배송하는 것이다

- 2 case: 에어메트로(Air metro)

지하철과 버스와 같이 현재의 대중교통수단과 유사하게 정기적으로 탑승 스케줄과 정해진 코스로 운행하는 형태이다. 자율운행으로 2~5명까지 탑승가능하며 평균적으로 여정당 3명의 승객을 운송할 능력을 가지고 있다.

- 3 case: 에어택시

에어택시는 준 유비쿼터스(door-to-door) 개념으로 사용자가 호출 및 특정 장소에서 탑승하여 목적지까지 비행으로 옥상 정류장에 수직이착륙(VTOL)하는 형태로 운행된다. 에어메트로와 유사하게 2~5인까지 자율주행으로 탑승 가능하다. 에어메트로와 차이는 에어 택시는 소비자가 원하는 시간과 장소를 부정기적으로 운영한다는 것이다. 평균적으로 여정당 1명의 승객을 운송한다.

2. 시장분석 (by McKinsey & Company)

마케팅 분석에 사용된 모델은 소비자 혹은 기업의 요구사항, UAM 제작 비용, 날씨조건 및 기술적 제한 사항 등이 포함된 데이터들을 UAM의 3개의 케이스 각각에 대해 알고리즘으로 적용하였다. 또한 200명 이상의 관련 전문가들의 인터뷰들과 2,000건 이상의 소비자 및 기업들의 응답 조사와 마케팅 전문기관의 데이터와 논문들을 포함하고 있다.

UAM 시장성에 대한 이코노믹 모델은 하기와 같이 구성될 수 있다.

$\text{소비자 수요} + \text{운송기체, 인프라 및 운전자 지원} + \text{타이밍(투입시기)} = \text{시장성}$

소비자들의 수요는 목표 시장, 소비자의 지불 의사 및 기술 가용성에 의해 주도된다.

UAM의 목표시장은 2030년 기준 미국내 15개 도시에 거주하는 소비자들이며 시장은 이 소비자들에 의해서 더욱 성장될 것으로 예측된다. 요구사항들은 15개의 미국내 도시와 5개(뉴욕, 달라스, 워싱턴 D.C, 샌프란시스코, 디트로이트) 대도시에서 조사되었다. 또한 지불 비용과 요금률에 대한 선정은 2,500명 이상의 응답자들을 통해 조사되었다. 소비자들이 지불하는 비용은 UAM의 속도, 가격, 편리성에 의해 결정된다. 향후에 목표시장에서는 무인 자동차, 무인 카셰어링, 로보 택시, AGV와 같은 서비스를 제공할 수 있는 기술을 선호할 것이다.

UAM 공급은 OEM, 인프라 및 운전자 비용 구조의 기능으로 되어있다. 비용구조의 모델을 수준별로 세분화하면 인프라는 항공교통관리 시스템, 서비스센터, 이착륙장, 도킹스테이션등이고 OEM은 센싱 시스템, 자율비행, 기체가격, 인증비용등을 포함한다. 마지막으로 운전자(operator)는 운용인증, 연료 비용, 보험, 경영관리시스템과 같은 비용으로 세분화되어있다.

경제성 모델에는 수요와 공급 변수외에 중요한 몇 가지 가정이 추가되어있다. 세부적으로 구분해보면 운용형태, 기체 사양 및 기술, 인프라, 법적 규정에 대한 가정을 제시하고 있다. 운용형태로는 라스트-마일 배송 및 에어메트로의 경우 배송점, 수직이착륙장 거리는 평균 20분(door to door), 에어택시의 경우 평균 10분으로 기준하고 에어메트로의 여정당 승객3명 에어택시는 1명을 기준으로 가정하였다.

기체 사양은 배송 혹은 운송에 대한 기체운용 시간에 따른 배터리 효율로 판단할 수 있으며 기술, 인프라 및 법적규정으로 무인교통(관제)시스템, 소음관리, 자율화의 기술, 인프라(충전소, 센싱 시스템등) 기술의 비용, UAM 운용에 따른 규정과 인증절차등이 포함된다.

• 라스트-마일 배송

- 2030년까지 수익성 있는 잠재적인 시장을 예측하며 UAS의 수요가 크게 증가할 것이다.
- 기체 형태는 5파운드 수준의 탑재가 가능한 소형 무인비행체(UAS)로 왕복 반경 10 마일내로 운영이 가능하다
- 요구되는 기술은 배터리 기술, 자율비행 기술, 전기추진기관 및 GPS 수신율의 개선 등이 요구된다.
- UAS 라스트-마일 배송의 2030년 시장 전망으로는 2030년부터 손익분기점에 이르러 배송건수가 5억 건에 달하고 40,000대의 기체와 배송 건당 비용이 \$4.2로 책정될 것으로 전망하고 있다

• 에어메트로

- 해당 규정이 사전에 마련된다면 2030년까지 수익성 있는 잠재적 시장이 열릴 가능성 있음
- 기체의 형태는 2~5인까지 탑승이 가능한 무인 자율비행 수직이착륙기로 최대 1,000파운드 중량까지 탑재가 가능하며 최대 왕복 반경 10~70마일내로 운영이 가능하다. 이를 위해서 100~300개의 수직 이착륙 비행 정거장의 설치와 한 번에 평균 3~6대의 수직이착륙 기체가 충전 가능한 충전소 및 서비스센터의 구축이 요구된다. 요구되는 기술은 라스트-마일 배송의 기술과 동일하게 요구된다.
- 에어메트로의 시장전망은 2028년 손익분기점에 이르러 1억3천만 명의 승객을 수송하고 4,100대의 기체가 존재하며 승차 비용은 \$50수준으로 전망된다.
- 2030년에는 7억4천만 명의 승객과 23,000대 기체로 증가하고 승차비용은 \$30수준으로 감소할 것이다

• 에어택시(제한적)

- 높은 투자비용으로 인해 2030년까지 어디서나 자유롭게 수직이착륙이 가능한 비행장과 함께 광범위한 에어택시 시장이 형성되지는 않을 것이다. 그러나 에어택시 서비스는 개인용 및 사업용으로 제한된 지역에서 운영이 가능하다 (예를 들어 교외에서 맨해튼 도심까지 운행)
- 에어 택시의 기체 형태, 탑재 가능중량, 비행거리 및 요구기술은 에어메트로와 동일하다. 다만 door to door 서비스가 가능한 고밀집된 수직이착륙 승강장의 구축이 요구된다.
- 2030년 시장전망으로는 수직이착륙 승강장의 구축에 따른 초기 투입비용으로 매우 높은 에어택시 비용으로 부담될 것으로 예측된다. 가장 최적으로 예측비용으로는 수직이착륙 승강장당 연간 비용이 30만 달러(약 3억 3천만 원) 투입되고 승강장의 거리당 간격이 밀집될수록 에어택시의 요금이 상승하게 된다.

예시) 2.5분*(0.3마일**)의 승강장 간격으로 설치했을 경우 에어택시 요금은 1,912달러이며 최대 17분(2마일) 간격일 경우 131달러로 감소하게 된다.

*00분-도보로 승강장 까지 시간, **00마일-승강장 간 거리 기준

따라서 승강장간의 거리에 따라 밀집될수록 높은 비용을 투입하여야 한다.

3. 대중적 수용성 (by McKinsey & Company)

설문조사에 참여한 2,500명가량의 소비자중 무인 기술에 대해 익숙하다고 25%가 응답하였다. 약 25% 소비자가 서비스 개시이후 UAS 배송 및 수직이착륙 플랫폼을 사용하지 않을 것으로 응답하고 있다. 이러한 결과는 설문조사에 참여한 전체 소비자중 절반 이상은 잠재적으로 배송 서비스 및 UAM 사용이 친숙하다는 의미를 내포하고 있다

소비자들이 무인항공 플랫폼을 사용하는데 있어서 우려되는 대중적 문제점은 5가지의 카테고리로 분류할 수 있다.

- 1) **안전**: 자율비행 기술 불신, 안전시스템 미인식
- 2) **프라이버시**: 시민 단체들은 광범위한 UAM 적용으로 프라이버시를 침해될 것을 우려
- 3) **일자리보안**: 자율 기술로 인해 다양한 산업에서 일자리를 잃게 되는 우려
- 4) **환경문제**: 배터리 폐기물 축적, 야생동물에게 미치는 영향
- 5) **소음 및 시각적 방해**: 시장에 확장됨에 따라 주거지역 내에서 소음 및 시각적 방해로 반발이 예상

이러한 문제들은 3단계에 걸쳐 순차적으로 해결할 계획이다. (1단계(2018-2020): 자율비행의 안전, 개인정보 보호, 2단계(2020-2025): 일자리 창출, 환경문제, 3단계(2025-2035): 소음 및 시각적 방해)

또한 하기의 3가지 전략으로 접근할 것이다.

- 1) R&D 기술: UAM 선정시 개선을 위한 핵심기술 투자, 소음저감 및 안전 시스템 기술에 집중, 안전 규정 수립(예: FAA에서 통제)
- 2) 통합 메시징 캠페인: UAM 파트너십을 활용하여 UAM 이해자간 의견을 조정, 대중의 우려사항을 해결하고 혜택을 강조함
- 3) 관련그룹의 적극적 참여: UAM에 반발하는 조직(그룹)을 식별, 포럼을 개최하며 공동 솔루션을 제시

4. 규제 환경

• 규제 환경 개요

오늘날의 UAM의 규제 환경은 기체 및 운영의 종류에 국한되지 않는다.

- 라스트-마일 배송은 매우 제한적이며 규제 면제 및 허가인증(COA)을 통해서만 허용됨
- 에어메트로 및 에어택시는 기존의 유인 헬리콥터 형태의 서비스로만 허용되고 있음

그러나 라스트-마일 배송의 경우 DOT의 통합시험 프로그램(Integration Pilot Program; IPP)을 통해서 확장할 수 있는 기회를 열어주고 있다. 라스트-마일 배송, 에어메트로, 에어 택시를 가능케 하기 위해서는 아래와 같이 해결해야 할 5가지 주요 규제항목이 있다.

- 1) 항공교통 및 항공기 운영 관리
- 2) 기체 개발 및 생산
- 3) 공역 설계 및 구현
- 4) 개인용 기체 관리 및 운용
- 5) 커뮤니티 통합

대부분의 규제 요건은 FAA, DOT와 DHS가 관할하는 연방수준에서 제시되고 있다. 중요한 변경사항이 없는 경우 규정을 제정하는데 걸리는 일정은 라스트-마일 배송은 단기간(2~5년), 에어메트로 및 에어택시의 경우 중장기간(10년 이상)이 소요될 것으로 예측된다. 안전관리시스템(SMS)과 자체 산업 규정을 채택할 경우 일정을 앞당기는데 도움이 되겠지만 요구되는 규정을 제정하는 절차까지는 상당한 장벽이 예상된다.

라스트 마일 배송 작업은 우선적으로 면제 및 시험평가를 통해 제한적으로 수행되고 있지만 업계는 FAA와 긴밀히 협력하여 테스트를 가능하게 하는 규제 경로를 구축하고 있다. 라스트 마일 배송 활동은 많은 회사가 시험과 초기 운영을 시작함에 따라 국제적으로 속도를 높이고 있다.

그러나 DOT 통합시험 프로그램 (IPP)은 미국에서 라스트 마일 배송 운영 및 테스트를 강화할 수 있는 더 많은 기회를 열었다. 앞으로 라스트 마일 배송 작업에는 5 가지 주요 규제 항목에 대한 발전이 절실하다.

에어메트로 및 에어 택시 시장과 가장 가까운 분야는 유인 헬리콥터 서비스이다. 현재 미국에는 5,660 개의 헬기장이 있으며 (대부분 공공 용도가 아님) 9,750 개의 민간 헬리콥터가 존재한다. 보다 확장 가능하고 접근하기 쉬운 에어메트로 UAM 시장을 달성하기 위해 몇 가지 주요 혁신을 거쳐야 한다.

- 안전 시스템 자동화 및 개발, 전기추진시스템의 분할, 틸터로터 상용화, 배터리 효율 개선, 새로운 인프라 설계와 규정 개발등

이러한 혁신을 위해서는 감항성에서 운영자 인증, 인프라 표준에 이르기까지 모든 것을 아우르는 기존 규제 체제에 대한 상당한 변화가 필요하다. 그러나 이 분야의 발전은 시간이 많이 걸리는 규제 프로세스, 규제 기관에 대한 자원 제약, 시간의 압박, 핵심 기술을 위한 개방형 개발, 주(state)나 지방의 선점(연방정부의 지침전 일방적인 규정등의 제정)의 이유로 일련의 도전에 직면 해 있다.

본 보고서에는 라스트-마일 배송과 에어 메트로 및 에어택시가 해결해야 될 5가지 규정 항목들에 대해 각각의 일정을 단기, 중기, 장기에 걸쳐 제시하고 있다. 라스트-마일 배송의 경우 대부분 단기와 중기에 걸쳐 완성되지만, 에어 메트로 및 에어택시의 경우 중기에 시작하여 장기로 넘어가는 항목들이 대부분이다.

UAM 규제에 대한 미래 지향적 위험 관리 접근 방식을 채택하는 것은 규제 프로세스의 효율성을 높이는 데 중요하다. 규제 당국이 점진적이고 효과적인 UAM 규제 체제를 구축하기 위해 노력할 때 채택 할 수 있는 몇 가지 원칙이 있다.

- 규제 기관간 협력 촉진
- 혁신적인 공공 민간 파트너십 개발
- 성과기반 규정 채택
- 미래 지향적 위험 관리 접근 방식 구현
- 지방의 정책 인정

- 신 항공분야에 적합한 새로운 방법 개발

5. 잠재적 진입 장벽

Georgia Tech Aerospace Systems 디자인 연구소와 Crown Consulting사에서 제시한 UAM의 운용 형태 케이스별 각각의 시장 진입 장벽 요소는 안전과 보안, 경제, 수송요구, 대중 접근성 측면으로 구분하였으며 세부 내용은 하기와 같다.

<UAM 운용 케이스별 시장 진입 장벽>

시장 후보	라스트-마일 배송 2030년 상용화 가능 (손익 분기점)	에어메트로 2028년 상용화 가능(손익 분기점)	에어택시 2030년부터 자본 가치가 높은 개인 및 기업이 집중 된 지역에서 가능
안전과 보안	탐지 및 회피, GPS denied 기술, 날씨 완화, UTM 기 술 BVLOS, 감항성, UTM 인증, 사람 위의 비행, 고 도 제한, 운영자 인증, 식 별, 환경 제한 (예 : 소음, 시각 소음), 비상 절차에 대한 규제 요구 사항 , 데 이터 보안	탐지 및 회피, GPS denied 기술, 날씨 완화, UTM 기 술 BVLOS, 감항성, UTM 인증, 사람 위의 비행, 중 량 및 고도 제한, 운영자 인증, 식별, 환경 제한 (예 : 소음, 시각 소음), 비상 절차에 대한 규제 요구 사 항 , 데이터 보안	탐지 및 회피, GPS denied 기술, 날씨 완화, UTM 기 술 BVLOS, 감항성, UTM 인증, 사람 위의 비행, 중 량 및 고도 제한, 운영자 인증, 식별, 환경 제한 (예 : 소음, 시각 소음), 비상 절차에 대한 규제 요구 사 항 , 데이터 보안
경제	배터리 기술, 자율비행기 술, 인프라(배송점, 배송 허 브, 도킹/충전소,UTM)	배터리 기술, 자율비행기 술, 전기추진기관, 인프라 (수직이착륙 포트, 충전소, 서비스센터, UTM	배터리 기술, 자율비행기 술, 전기추진기관, 인프라 (수직이착륙 포트 혹은 door to door 서비스, 충전 소, 서비스센터, UTM
수송 요구	자율 및 유인배송 서비스 (Fedex, UPS, 아마존)과 경쟁	지하철, 버스, 자전거 택시, 카셰어링과 경쟁	지하철, 버스, 자전거 택시, 카셰어링과 경쟁
대중 접근성	안전기록, 프라이버시, 일 자리, 환경위험, 소음 및 시각적 방해에 대한 입증 필요	좌동	좌동

6. 향후 방향

- 의미 있는 분석결과를 도출하기 위해서 특정 적용 케이스 (예: 에어메트로) 측면에서 UAM을 평가하는 것이 중요하다.
- 특정 UAM 적용 케이스에 대해 실현 가능성을 결정하기 위해 복합적인 생태계를 고려하여 접근하는 것이 필요하다.
 - 이를 위해 이 연구에 활용 케이스별로 감지시스템 비용부터 배터리 효율성, 미국 15 개 도시의

- 날씨 추정 데이터등을 포함하여 100 개 이상의 가정을 사용함.
 - UAM에 대한 숙제 중 가장 중요한 대부분을 차지하는 것은 여러 정부 기관의 규제 또는 정책 관련과 이에 따른 기술 해결임
- 아직은 UAM 연구 계획을 조정할 수 있는 기회가 있다.
 - 대중 혹은 개인은 아직 UAM 산업에서 두드러지지 않고 있음
 - 시장 수요자들은 아직 각 UAM 케이스별 전망에 확신을 갖고 있지 않음
- UAM에 대한 대중들의 수용 여부는 지역 정책, 이권 단체 및 연구(예: 소음문제)가 각각 중요한 역할을 하기 때문에 대중의 의견을 수렴하는 것보다 더욱 복잡 할 수 있다.

<원문제목> URBAN AIR MOBILITY (UAM) MARKET STUDY

<원문출처> NASA Urban Air Mobility