

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.3.259>

JCCT 2022-5-31

## 한국형 위성항법 시스템(KPS)을 활용한 메가시티 UAM 운용방안

### How to Operate UAM in Megacities Using Korean Positioning System

조상근\*, 차도완\*\*, 이돈구\*\*\*, 이동민\*\*\*\*, 심준학\*\*\*\*\*, 박상혁\*\*\*\*\*

**Sang Keun Cho\*, Do wan Cha\*\*, Don Goo Lee\*\*\*, Dong Min Lee\*\*\*\*,  
Jun Hak Sim\*\*\*\*\*, Sang Hyuk Park\*\*\*\*\***

**요약** 우리나라는 도시화의 진전으로 수도권, 중부권 및 동남권 중심으로 메가시티가 형성되고 있다. 또한, 미래 신성장 동력산업으로 메가시티에서 운용할 수 있는 도심항공 모빌리티(UAM) 개발에 박차를 가하고 있다. 이와 함께, 우주 강국으로 도약하기 위해 2035년까지 자체적인 위성항법시스템(KPS)을 구축할 예정이다. 따라서 도심항공 모빌리티와 한국형 위성항법시스템에서 제공하는 위치정보 서비스를 복합하여 활용한다면 미래 메가시티에서 안정적으로 도심항공 모빌리티를 운용할 수 있을 것이다.

**주요어** : 메가시티, 도심항공모빌리티(UAM), 한국형 위성항법시스템(KPS)

**Abstract** As urbanization progresses in Korea, megacities are being formed around the metropolitan area, the central area, and the southeast area. In addition, it is accelerating the development of urban air mobility (UAM) that can be operated by Mega City as a new growth engine industry in the future. At the same time, in order to become a space powerhouse, Korea plans to establish its own Korean positioning system (KPS) by 2035. Therefore, if urban air mobility and location information services provided by the Korean positioning system are used in combination, urban air mobility can be stably operated in future megacities.

**Key words** : Megacity, Urban Air Mobility(UAM), Korea Positioning System(KPS)

#### 1. 서론

메가시티(Megacity)는 1,000만 이상의 인구가 거주하고, 이들이 활동하는 인공구조물이 준비하며, 이들의 삶을 윤택하게 하기 위해 다양한 기반시설과 라이프 라인

(Life Lines)이 네트워크화된 거대도시다[1]. 4차 산업혁명의 주요기술(AI, IoT, Cloud, Big-data, Mobile)이 덧입혀짐에 따라 메가시티는 점차 스마트화되고 있다. 이러한 경향은 과학기술의 발전에 따라 점차 깊어질 것으로 보인다.

\*정회원, 정회원, 육군대학 전략학처 교관 (제1저자)  
\*\*정회원, 배재대학교 드론로봇공학과 조교수 (참여저자)  
\*\*\*정회원, 한국항공우주연구원 선임연구원 (참여저자)  
\*\*\*\*정회원, 육군 제12항공단 단장 (참여저자)  
\*\*\*\*\*정회원, 육군대학 지상전 교관 (참여저자)  
\*\*\*\*\*정회원, 우석대학교 군사학과 조교수 (교신저자)  
접수일: 2022년 4월 18일, 수정완료일: 2022년 4월 29일  
게재확정일: 2022년 5월 1일

Received: April 18, 2022 / Revised: April 29, 2022  
Accepted: May 1, 2022  
\*\*\*\*\*Corresponding Author: plbas@hanmail.net  
Dept. of Military Science, WooSuk Univ, Korea

우리나라의 서울-경기도는 약 2,500만 명이 거주하는 세계적인 메가시티다[2]. 또한, 세종시를 중심으로 한 중부권(세종-대전-충남-충북)과 부산을 중심으로 한 동남권 메가시티(부산-울산-대구-경남-경북)가 새롭게 형성되고 있다. 이처럼 우리나라의 정치, 경제, 사회, 문화 등은 향후 수도권, 중부권 및 동남권 메가시티를 중심으로 재편될 것으로 전망된다[3]. 이처럼 메가시티와 4차 산업혁명의 이슈가 맞물리자 새로운 교통수단으로 드론택시와 같은 도심항공교통(Urban Air Mobility, UAM)이 주목을 받고 있으며[4], 이는 공중기동로를 이용하는 UAM은 메가시티의 고질병 중 하나인 교통체증을 해소할 수 있다는 기대 때문이다.

하지만, 메가시티는 복잡한 인공구조물 구조, 다양한 민간요소, 변화무쌍한 도시기후 등 공중 기동체인 UAM 운용을 가로막는 도전요인이 즐비하다[5]. 반면, 메가시티 내외부에 형성된 하천이나 수로는 고속 공중기동을 가능하게 하는 기회요인으로 작용할 수 있다.

이와 같은 도전요인을 상쇄하고, 기회요인을 극대화하면서 UAM을 안정적으로 운용하기 위해서는 오차가 최소화된 위치정보가 매우 중요하다. 이와 관련하여 최근 우리나라 과학기술정보통신부가 2035년을 목표로 한국형 위성항법 시스템을 구축하기 위해 KPS(Korean Positioning System) 사업을 추진하고 있다[6]. 따라서 본 연구에서는 KPS가 제공하는 위치정보 서비스를 활용하여 이를 극복할 수 있는 방안을 구체적으로 제시하고자 한다.

## II. KPS가 제공하는 위치정보 서비스

KPS는 과학기술정보통신부가 지난 2018년에 착수하여 2035년을 목표로 서울을 중심으로 반경 1,000km 지역에 대한 위치정보 서비스를 제공하는 한국형 위성항법 시스템이다[7]. 이를 위해, 과학기술정보통신부는 한국항공우주연구원(KARI)과 한국전자통신연구원(ETRI)과 협력하여 2027년부터 정지궤도위성 3기와 경사궤도 위성 4기를 순차적으로 발사하고, 2035년부터 본격적인 위치정보 서비스를 제공할 예정이며[8], 한국형 위성항법 시스템 적용 범위는 아래 그림 1과 같다.

이와 같은 KPS는 GPS(Global Positioning System)와 GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System)와 유사한 ‘상용 위성항법시스템 서비스’와 이로부터 발생한

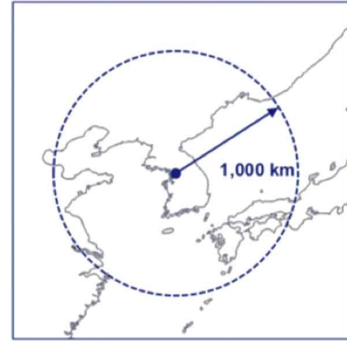


그림 1. 한국형 위성항법 시스템 서비스 범위  
Figure 1. Korean Positioning System Service Coverage

위치 오차를 보정한 정보를 사용자에게 송신하는 ‘국제민간항공기구 표준 보강서비스’를 제공하며 경도(Longitude), 위도(Latitude) 및 표고(Altitude)에 대한 위치정보를 미터(m) 및 센티미터(cm) 단위로 제공하는 ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’와 COSPAS-SARSAT처럼 조난 신호를 수신한 후, 관련 위치정보를 지상기지국과 조난 지점 주변의 선박이나 항공기에 송신하는 ‘탐색구조 서비스’도 제공한다[9].

특히, ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’는 ‘상용 위성항법시스템 서비스’보다 정밀한 위치정보를 제공하여 향후 민·관·군의 자율주행, 무인체계, 정밀타격 분야 등의 발전은 가속화될 것으로 보인다. 더 나아가 충돌 회피 기술도 진일보할 것으로 보인다. 따라서 KPS에서 제공하는 ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’를 활용한다면 다양한 형태와 규모의 인공구조물과 기반시설이 밀집된 메가시티에서 안정적으로 UAM을 운용할 수 있는 방안을 탐색할 수 있다.

## III. UAM의 KPS 위치정보 서비스 활용방안

서로 다른 두 체계를 하나로 통합하기 위해서는 상호운용성(Interoperability)을 갖출 수 있도록 기반체계를 구축해야 한다. 통상적으로 인공위성 중심의 기반체계는 우주체계, 지상체계, 그리고 이 둘을 연결하는 연결체계로 구성된다[10]. UAM이 KPS로부터 ‘상용 위성항법시스템 서비스’와 ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’를 제공받기 위한 기반체계는 다음과 같다.

첫째, 지상체계(교통통제센터 + IoT 센서)이다. 지상체계는 KPS로부터 위치정보를 수신받는 교통통제센터와 센서(Sensor)로 구성된다. 전자는 KPS로부터 위치

정보를 수신받는 모든 UAM의 운행을 통제하는 역할을 한다. 이와 같은 교통통제센터는 고도별 또는 지역별로 운용될 수 있다. 후자는 KSP로부터 수신받은 위치정보를 실시간 UAM에 송신하여 위치정보를 보정하게 한다. 메가시티는 인공구조물과 기반시설이 밀집되어 있어서 고속으로 기동하는 UAM의 충돌 가능성은 상존하기 때문이다.

향후, 메가시티에서는 UAM과 함께 자율주행차량도 운행될 것이다. 따라서 전술한 센서는 일종의 IoT (Internet of Things) 센서처럼 메가시티 곳곳에 설치되어 네트워크화될 것으로 보인다. 이때 도로 좌·우측에 일정 간격으로 설치된 가로등과 블록 단위 중앙 건물의 옥상에 센서를 설치한다면 메가시티 내부와 상공을 통과하는 UAM은 위치정보를 실시간 보정할 수 있을 것이다. 둘째, 연결체계(KPS → UAM & IoT ↔ UTM)이다. 연결체계는 전술한 우주체계(KPS)와 이로부터부터 위치정보를 수신받는 지상체계를 연결하는 채널(주파수)을 의미한다. 셋째, 교통관리체계(지능형 항로·원격 통제)이다. 교통관리체계는 UAM의 안정적인 운행을 위해 항로, 교통량, 구역 등을 통제할 수 있는 다양한 시스템이 융복합된 복합체(System of Systems)이다.

KPS가 아무리 정밀한 위치정보를 UAM에게 제공하더라도 UAM의 항로 이탈로 인한 다른 UAM과의 충돌 및 인공구조물이나 기반체계와의 충돌 가능성을 완전히 배제할 수는 없다. 메가시티에서는 악기상(안개, 스모그, 미세먼지 등), 국지적인 이상기상(빌딩풍, 다운버스트 등), 휴먼 에러 등의 상황이 언제든지 발생할 수 있기 때문이다.

이와 같은 상황을 방지하기 위해 UAM은 아래 그림 2처럼 기준 항로를 중심으로 형성된 사각기둥 형태의 지정된 공간(사각기둥로) 안에서만 기동하도록 통제되어야 한다. 이 사각기둥로의 네 꼭지점에 대한 위치정보(경도, 위도, 표고)는 지상(인공구조물, 기반시설)에 설치된 IoT 센서에 의해 실시간 최신화되고, 이것은 UAM에 장착된 스크린에 3차원 가상현실(VR) 또는 증강현실(AR) 이미지로 가시화된[11].

즉, UAM이 통제된 사각기둥로를 벗어날 경우, 즉시 기준 항로로 원상복구될 수 있도록 하는 원격제어시스템이 갖춰져야하며 사각 기둥로 안에서 UAM 간 충돌을 방지하기 위해서도 상호 접근을 경고하고, 통제된 거리 이내로 접근 시 자동적으로 상호 일정 거리를 유지하는 위와 동일한 시스템이 필요하다.

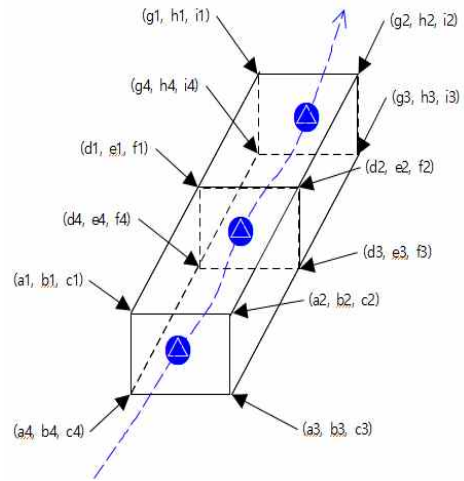


그림 2. 사각 기둥로  
 Figure 2. Square Pillar Furnace

#### IV. KPS 위치정보를 활용한 UAM 운용 방안

UAM은 메가시티 상공, 메가시티 내부나 주변에 형성된 하천 상공, 메가시티 내부를 가로지르는 도로 위 등을 이용하여 기동할 수 있다. 본 장에서는 KPS가 제공하는 ‘상용 위성합법시스템 서비스’와 ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’의 위치정보를 이용하여 전술한 3개의 상황에서의 UAM 운용 방안을 제시하고자 한다.

##### 4.1 상황 #1 : 메가시티 상공 통과 시

메가시티에는 다양한 형태와 규모의 인공구조물이 존재한다. 측면에서 바라봤을 때, 인공구조물이 형성하는 공체선이 불규칙한 이유가 여기에 있다. 이로 인해, 메가시티 내부의 인공구조물 평균 높이보다 높은 고층 빌딩 밀집지역을 비행금지지역으로 지정하고 UAM 항로를 선정할 필요가 있다.

이때, 메가시티 상공에는 고층빌딩 이외에 UAM의 기동을 방해하는 장애물이 없기 때문에 KPS로부터 제공되는 ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’보다 위치정보의 오차범위가 비교적 넓은 ‘상용 위성합법시스템 서비스’만으로도 안전한 비행이 가능할 것이다.

더 나아가 위와 같은 이유로 항로 중앙에 형성되는 사각 기둥로도 비교적 넓게 지정해도 무방할 것이다. 전술한 것처럼 고층빌딩 이외에 UAM의 기동을 방해하는 장애물이 없기 때문이다. 이와 같은 전제로 메가시티 상공에서 KPS의 ‘상용 위성합법시스템 서비스’를 활용한 UAM 운용 방안을 시나리오식으로 구체화하면 다음과

같다.

① KPS는 위치정보(경도, 위도, 표고)를 UAM, 산악 지역이나 인공구조물 옥상에 설치된 센서와 교통통제 센터로 송신한다.

② UAM은 KPS로부터 위치정보를 실시간 수신받으면서 지정된 항로의 사각 기동로를 따라 공중기동한다. 사각 기동로는 국지적인 이상기상 등과 같은 상황 발생 시 비행안정 시간을 확보하고, 인공구조물과의 충돌을 방지하기 메가시티 공제선으로부터 100m 상공에 설정한다. 또한, 고층빌딩 지역과 같은 비행 금지구역을 회피하고, 이로부터 최소 100m 이상 이격되게 설정하여 충돌 가능성을 최소화한다.

③ 사각 기동로를 따라 기동하는 UAM은 인공구조물 옥상에 설치된 3개 이상의 센서들로부터 위치정보를 수신받아 경도, 위도 및 표고를 실시간 보정하여 비행안정성을 향상시킨다.

④ 동일한 항로를 따라 비행하는 UAM은 자동제어 센서가 작동하여 사각 기동로를 벗어나지 않도록 통제되고, 상호 충돌을 방지하기 위한 최소안전거리가 유지된다.

⑤ 교통통제센터는 KPS로부터 UAM의 위치정보 수신 상태를 관제하고, 인공지능 기반의 원제어시스템을 가동하여 UAM에 장착된 자동제어 센서를 통해 UAM의 공역, 항로, 교통량, 이·착륙 등을 통제한다. 이와 함께, 사이버나 전자공격 등이 감지되면 자동적으로 IP와 주파수를 전환할 수 있는 지능형 네트워크 방호 시스템을 가동한다[12].

#### 4.2 상황 #2 : 하천 상공 통과 시

메가시티 내부 또는 주변에는 하천이 발달되어 있다. 하천 좌·우측에는 상당한 너비의 하상이 발달되어 있다. 무엇보다도 하천 상공에는 교량 이외에 UAM의 공중기동을 가로막는 장애물을 존재하지 않는다. 이로 인해, 하천 상공에서는 지형이나 전과간섭으로 인해 네트워크 단절 상황이 발생할 가능성이 낮다. 이와 같은 이유로 UAM은 상황 #1처럼 KPS가 제공하는 ‘상용 위성합법시스템 서비스’를 활용하여 하천 상공을 고속기동로로 활용할 수 있다[13].

위치정보를 수신받는 센서는 교량(중앙, 양쪽 끝)에만 설치해도 충분할 것이다. 전술한 것처럼 하천 상공은 가시선(Line of Sight)이 충분히 확보되기 때문이다.

이와 같은 이유로 UAM은 KPS로부터 ‘상용 위성합법시스템 서비스’만을 제공받아도 안정적인 운용이 가능할 것이다. 그럼에도 하천 주변의 인공구조물과의 충돌 가능성을 최소화하기 위해 교량의 가장 높은 곳으로부터 100m 상공에 항로(사각기동로)를 설정할 필요가 있다. 이때, 사각 기동로는 전술한 하천의 지형적 특성으로 상황 #1과는 다르게 너비를 강폭 만큼, 높이를 군사용 비행체가 운용되는 1,000ft(약, 300m)이하로 확대해도 무방할 것이며 UAM은 하천 상공에서 거의 자유비행에 가깝게 운용할 수 있다.

#### 4.3 상황 #3 : 메가시티 내부 통과 시

UAM이 메가시티 내부를 통과 시 첫 번째 상황보다 충돌 가능성이 높다. 메가시티 내부의 공중기동로는 주요 도로를 따라 형성되어 있고, 그 주변에는 인공구조물(좌·우측)과 가로등, 가로수, 전선 등과 같은 기반시설(아래)이 위치하고 있기 때문이다.

이로 인해, UAM은 상황 #1·2보다 정밀한 위치정보가 필요하다. 즉, UAM이 메가시티 내부를 통과 시 KPS의 ‘미터(m) 및 센티미터(cm) 서비스’를 제공받아야 하는 것이다. 상황 #3의 시나리오는 상황 #1과 유사하다. 다른 점은 UAM이 통과하는 사각 기동로가 도로 상공에 형성되고, 인공구조물 옥상에 설치된 센서들로부터는 미터(m) 단위 위치정보를, 가로등에 설치된 센서들로부터 센티미터(cm) 단위 위치정보를 실시간 제공받아 경도, 위도 및 표고를 정밀하게 보정한다는 것이다. 전술한 내용을 종합하여 UAM의 메가시티 내부 통과 시 시나리오를 제시하면 다음과 같다.

① KPS는 미터(m) 단위 위치정보를 인공구조물 옥상에 설치된 센서와 교통통제센터로, 센티미터(cm) 단위 위치정보를 UAM과 가로수에 장착된 센서로 송신한다.

② 메가시티 도로 상공을 통과하는 UAM은 인공구조물 옥상에 설치된 3개 이상의 센서들로부터 미터(m) 단위 위치정보를 실시간 수신받아 기본 항로(사각기동로)를 유지한다. 사각기동로는 크기를 ‘가로 10m×세로 10m’로 한정하고, 도로(정중앙)로부터 100m 상공에 설정한다. 이때 인공구조물과의 충돌 가능성을 낮추기 위해 너비 40m 이상의 광로(廣路) 상공에서만 UAM의 비행을 허용한다.

③ 사각 기동로를 통과하는 UAM은 가로수에 설치된

3개 이상의 센서들로부터 센티미터(cm) 단위 위치정보를 실시간 수신받아 경도, 위도 및 표고를 정밀하게 보정하여 비행 안정성을 향상시킨다.

## V. 결론 및 시사점

4차 산업혁명시대의 도래로 인간의 삶은 점점 윤택해지고 있다. 1,000만 명 이상의 인구가 밀집되어 있는 메가시티도 예외는 아니다. 이와 관련하여 드론택시나 PAV(Personal Air Vehicle)와 같은 UAM이 메가시티의 주요 교통수단으로 주목받고 있다[14]. 미래 메가시티의 교통혁명을 주도할 수단으로 UAM이 거론되고 있는 것도 이와 무관하지 않다.

이와 같은 추세를 반영하여 본 연구에서는 2035년 각종 위치정보 서비스를 제공할 한국형 위성항법시스템(KPS)과 연계한 UAM 운용 방안을 시나리오 형태로 제시하였다. 특히, KPS가 제공하는 ‘상용 위성항법시스템 서비스’와 ‘미터(m)급 및 센티미터(cm)급 서비스’를 활용하는 방안을 우주체계, 지상체계 및 연결체계의 상호관계 속에서 구체화하였다.

본 연구는 UAM의 청사진과 반대되는 도전요인도 함께 제시하였다. 특히, 사이버·전자공격으로 UAM이 항로를 이탈하거나 상호 충돌할 경우 메가시티에 준비한 인공구조물과의 2차 충돌로 이어져 최악의 경우 대규모 사회재난으로 이어질 수 있다[15]. 이처럼 KPS의 위치정보를 활용하여 UAM을 운용하는 하나의 방안을 제시했을 뿐이다. 이와 같은 연구가 축적된다면 미래 메가시티에서 KPS와 연계한 UAM의 안정적인 운용 방안을 최적화할 수 있을 것이다.

## References

[1] <https://en.m.wikipedia.org/wiki/Nagorno-Karabakh>  
[2] <https://em.guadiumpress.org/the-conflict-between-armenia-and-azerbaijan-is-increasingly-taking-religiousovertones/amp/>  
[3] <https://www.qsw.waw.pl/en/publikacje/analyses/2-16-04-06/four-day-war-nagorno-karabakh>  
[4] <https://www.bbc.com/news/world-europe-54483963.amp>  
[5] [https://youtube.be/-J\\_ynT0xurE](https://youtube.be/-J_ynT0xurE)(Israel Aerospace Supplies Harop Loitering Munitions to Two Asian Countries!)

[6] <https://www.aa.com.tr/en/science-technology/top-azerbaijan-official-hails-turkeys-bayraktar-drones/2153505>  
[7] <https://defense-blog.com/news/azerbaijan-military-turns-soviet-biplane-aircraft-into-drones.html?amp>  
[8] <https://youtu.be/a-atOb2HLEk>  
[9] <https://defense-blog.com/news/azerbaijan-military-turns-soviet-biplane-aircraft-into-drones.html?amp>  
[10] <https://www.facebook.com/militarium.net/photos/4388829321170615>  
[11] Topchubashov Center. (2020). Game of drones in the South Caucasus: How did the winter come. p. 5.  
[12] Andrew F. Krepinevich, Jr. (1994). Cavalry to Computer: The Pattern of Military Revolutions. The National Interest. p. 30.  
[13] [https://worldpopulationreview.com/countries/countries-by-gdp\(GDP Ranked by Country 2021\)](https://worldpopulationreview.com/countries/countries-by-gdp(GDP Ranked by Country 2021))  
[14] [https://www.globalfirepower.com\(2021 Military Strength Ranking\)](https://www.globalfirepower.com(2021 Military Strength Ranking))  
[15] ROKA. (2020), Army Vision 2050.