

무인기의 공역 진입 요건

오수훈*, 구삼옥**

Requirements for the Introduction of UAVs into Airspace

Soo-Hun Oh*, Sam-Ok Koo**

Abstract

Though it's expected that the demand for commercial UAVs will surpass that for military UAVs in the near future, the lack of regulations and infrastructures prevents commercial UAVs from being operated in the airspace where manned aircraft are operated. In this study, international research trends to prepare for it and the requirements brought up as a result of those research are described.

초 록

가까운 장래에 민수용 무인기의 수요가 군수용 수요를 앞지를 것으로 예상되고 있으나, 민수용 무인기를 유인기가 운용 중인 공역에서 동시에 운용하기 위한 제도 및 시설의 미비가 걸림돌로 부각되고 있다. 이에 대비하기 위한 국제적인 연구 동향과 그 결과로 제시되고 있는 요건을 살펴보았다.

키워드 : 무인기(UAV), 공역(airspace), 감지 및 회피(sense and avoid), 신뢰도(reliability)

1. 서 론

현재 운용 중인 대부분의 무인기는 군용으로 쓰여 MOA(Military Operation Area)와 같은 제한적인 공역에서만 운용되어 왔으나 무인기 기술이 성숙되고 민수용 무인기의 수요가 증가함에 따라 무인기를 유인기와 함께 일반 공역에서 통상적으로 운용하기 위한 제도적/시설적 기반 구축의 필요성이 증가하고 있다. 이러한 인프라의 미비는 무인기의 상용화를 위한 상업적 투자를 제한하는 동시에 사용자 입장에서 무인기를 이용한 경제적인 서비스를 누릴 권리를 제한하고 있는

실정이다.

2004년말 현재 전 세계 37개국에서 400여개의 무인기 개발 프로그램이 진행 중에 있으며 공역 진입을 위한 인프라만 구축된다면 민수용 무인기 시장의 성장률이 군수용을 추월할 것으로 예견되고 있다. (그림 1, Forecast International, 2004)

이에 대비하기 위하여 선진국에서는 민수용 무인기의 공역 진입을 위한 다각적인 연구를 수행하고 있는데, 이러한 연구 동향을 살펴보고 연구 결과로 제시되고 있는 구체적인 진입 요건을 살펴봄으로써 공역 진입 관점에서 민수용 무인기 개발을 위한 고려 사항을 제시하고자 한다.

* 체계종합그룹/oshtiger@kari.re.kr

** 체계종합그룹/sam@kari.re.kr

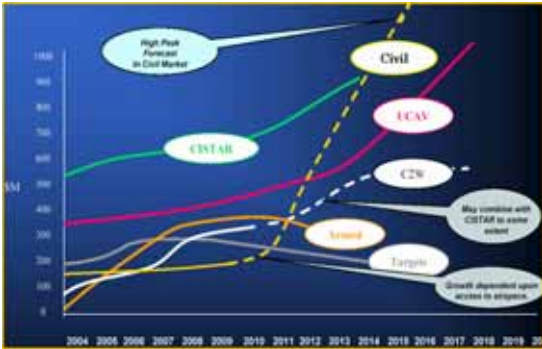


그림 1. 세계 무인기 시장규모 예측

- AeroVironment
- Aurora Flight Sciences
- Boeing
- General Atomics
- Lockheed Martin
- Northrop Grumman

본 프로그램의 목표는 5년 이내에(2004~2009) HALE 무인기를 유인기가 운행 중인 공역 내에서 정기적으로, 안전하고, 신뢰성 있게 운용하기 위한

- 표준, 규정, 절차 개발
- 관련 기술을 개발 및 시연
- 초기 인프라 구축 등이다.

2. 국제 연구 동향

2.1 국제 연구 동향

무인기 선진국들은 향후 민수용 무인기 시장의 선점을 위하여 무인기의 공역 진입 요구에 즉각적으로 대응하고 있는데, 특히 미국의 NASA와 유럽의 EURO UVS를 중심으로 무인기의 공역 진입을 위한 제도적/기술적 연구가 다각적으로 진행 중에 있다.

공역은 유인기가 선점한 상태이므로, 유인기에 요구되는 것과 동일한 요건을 무인기에 적용한다는 것이 기본적인 추세이며 단, 유인기에 적용되는 요건이 무인기의 특성상 그대로 적용될 수 없기 때문에 이를 변용하기 위한 연구가 중점적으로 진행 중에 있는 상태이다.



그림 2. ACCESS 5 프로그램

2.2 ACCESS 5 [1]

미국에서는 NASA를 중심으로 ACCESS 5 프로그램을 통하여 5년 이내에 HALE (High Altitude Long Endurance) 무인기를 일반 공역에서 정기적으로 운용하기 위한 연구를 수행하고 있다. 주관 기관인 NASA 이외에도 정부 기관으로 FAA, DoD, DHS (Department of Homeland Security)가 참여하고 UNITE (UAV National Industry Team)라는 다음 6개의 무인기 개발 업체가 참여하고 있다.

HALE 무인기를 프로그램의 대상으로 한 이유는 동급의 무인기가 다른 급에 비하여 상대적으로 기술 수준이 성숙되어 있고, 운용 고도가 대부분의 유인기가 비행하는 고도 이상이기 때문에 무인기를 공역에 진입시키는 데 있어서 가장 안전하기 때문이다. (그림 3)

본 프로그램은 다음과 같은 4단계의 점진적인 목표를 달성하는 것으로 계획되어 있으며, 현재 2단계까지만 예산이 배정된 상태이다. (그림 4)

- 1) 제한적인 고도 40000 ft 이상에서의 운용
- 2) 제한적인 고도 18000 ft 이상에서의 운용
- 3) 고도 18000 ft 이상에서의 운용
- 4) 비상 착륙을 위한 무인기용 공항 접근

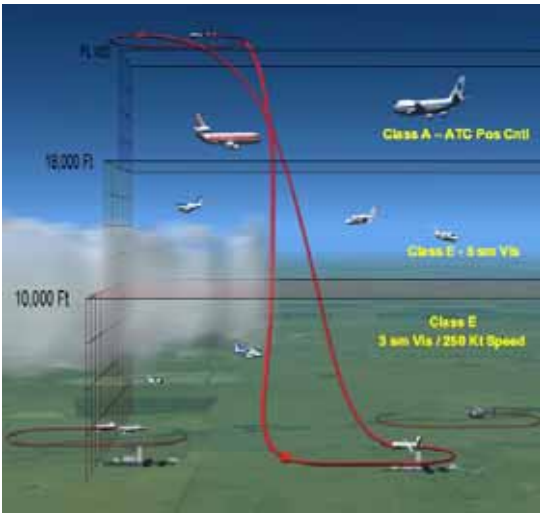


그림 3. 항공기별 운용 고도



그림 4. 단계별 목표



그림 5. UCARE 조직도

표 1. UCARE WG별 연구 분야

구분	연구 분야
WG I Integration	- Applications & Classification - Standard & Certification - Infrastructure - Public Relations & Information Dissemination
WG II Industrial Products	- Aircraft - Command, Control, Comms - Control Station - Ground Support Equipment
WG III Operations	- Air Traffic Management - Training & Qualification - Legal Matters & Insurance - Regulations & Standards - Flight Testing & Qualification - Commonality Issues

2.3 UCARE [2]

구체적인 단기 목표를 가지고 연구 중인 미국과 달리 유럽에서는 체계적이고 종합적인 접근 방식으로 연구를 수행하고 있다. UCARE(UAVs Concerted Actions for Regulations)라는 다국적 프로그램을 통하여 EURO UVS 산하에 3개의 Working Group을 두고 무인기의 공역 진입 문제를 연구하고 있는데(그림 5) 각각의 Working Group은 표 1과 같이 영역별로 연구를 분담하도록 구성되어 있다.

각 그룹별 연구목표는 다음과 같다.

WG I : Integration

- 잠재적 임무와 수요자를 정의
- 무인기 분류 기준을 설정
- 용도별 운용 시나리오 개발
- 운용 목적에 따른 인증 등급의 분류
- 무인기 운용을 위한 인프라 정의

WG II : Industrial Products

- 현존 기술 Survey

- 가까운 미래에 구현 가능한 기술 식별
- 시장 성숙도에 근접한 솔루션 제시
- 개발 및 생산 표준 제정

WG III : Operations

- 유럽의 ATM 프로그램 모니터링
- 운용 관련 요건 제정
- Eurocontrol, FAA, JAA 및 NATO의 의견 통합
- 운용절차 및 안전절차 제안
- Field Activity Survey (사고 기록 등록 등)

3. 공역 진입 요건

3.1 공역

공역은 일반적으로 표 2와 같이 3가지로 구분할 수 있다.[3] 현재 운용 중인 대부분의 무인기가 군용이기 때문에 Special Airspace에서 운용되고 있으며 민수용 무인기가 본격적으로 활용되기 위해서는 Controlled 및 Uncontrolled Airspace에서의 운용을 위한 제도가 확립되고 관련 시설이 구축되어야 한다.

표 2. 공역 분류

구분	Controlled	Uncontrolled	Special
특징	ATC 통제	통제 없음	MOA 등
비행규칙	IFR / VFR	VFR	-
충돌방지 책임	ATC (IFR) 조종사(VFR)	조종사	관련기관

ATC : Air Traffic Control

IFR : Instrument Flight Rules

VFR : Visual Flight Rules

이러한 공역의 분류에 기상 조건을 연계시키면 표 3과 같은 분류표를 만들 수 있다.

현재 운용 중인 대부분의 무인기는 Special Airspace에서 IFR 비행규칙을 이용하여 비행하는 형태이기 때문에 'Controlled Airspace in IMC'

조건이 무인기가 가장 쉽게 진입할 수 있는 공역 조건이 될 것으로 판단된다.

표 3. 공역 및 기상조건별 고려 사항

구분	Controlled in IMC	Controlled in VMC	Uncontrolled in VMC
비행규칙	IFR	IFR/VFR	VFR
충돌방지 in IFR	ATC NAVAIDS	ATC NAVAIDS	-
충돌방지 in VFR	-	See and Avoid	See and Avoid
Transponder	의무 장착	의무 장착	의무 장착 아님
무인기 관련	무인기의 일반적 운용 형태	최소한 Cooperative Sense and Avoid 능력 필수	Non-Cooperative Sense and Avoid 능력 필수

IMC : Instrument Meteorological Conditions

VMC : Visual Meteorological Conditions

NAVAIDS : Navigational Aids

'Controlled Airspace in VMC' 조건의 공역에 진입하기 위해서는 Sense and Avoid(3.2.1 참조) 기능을 갖추는 것이 선결되어야 하며, 본 공역 조건에서 운용되는 모든 항공기는 Transponder를 의무적으로 장착하고 있기 때문에 최소한 Cooperative 방식의(3.2.1 참조) Sense and Avoid 기능을 갖춘 무인기만 진입이 허용될 수 있을 것이다.

'Uncontrolled Airspace in VMC' 조건의 공역은 ATC의 통제 없이 운용되는 공역으로서 주로 소형 항공기들이 조종사의 시계에 의지하여 비행되는 공역이므로 무인기가 진입하기 가장 어려운 공역 조건이 될 것으로 예상된다. 본 공역에서 운용되는 항공기는 Transponder 장착이 의무 사항이 아니기 때문에 Non-Cooperative 방식의(3.2.1 참조) Sense and Avoid 기능을 갖추는 것이 본 공역 진입의 필수 요건이 될 것이다.

3.2 진입 요건

현재까지의 연구에 따르면 무인기가 일반 공역에서 운용되기 위한 요건 중 주요 사항은 일반적으로 다음과 같이 정리되고 있다.

- Sense and Avoid
- 신뢰도 (Reliability)
- ATC와의 음성 통신
- 비상 회수 (Emergency Recovery)
- 승무원 인증 (Aircrew Certification)
- 감항 증명 (Airworthiness Certification)

3.2.1 Sense and Avoid

일반 공역에서의 항공기 관제는

- ATC의 관제지시에 따른 비행 (음성통신)
- 항행안전에 필요한 장비
- IFR 계기/장비 및 IFR 비행절차
- Detect, See and Avoid 기능

등의 수단에 의하여 이루어지며, 공역에서 항공기간의 충돌을 방지하기 위한 수단은 그림 6과 같은 순위로 적용된다.

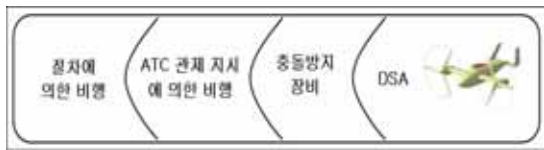


그림 6. 충돌회피 우선순위 [4]

사전에 규정된 절차에 의한 비행 규칙을 지키는 것이 최우선이며, 그 다음으로 ATC의 관제지시에 따르고, 충돌회피를 위한 보조장치에 의존하며 마지막 수단으로 조종사의 "Detect, See and Avoid"에 의존하도록 되어 있다.

사람이 탑승하지 않는 무인기의 경우 이러한 규칙이 적용되는 공역에 진입하기 위한 가장 큰 장애물 중의 하나가 바로 'Sense and Avoid' (무인기에서는 See 대신에 Sense를 사용) 능력을 갖추는 것이다. 이를 위해서 무인기에 장착할 수 있는 여러 가지 형태의 센서가 연구되고 있는데 [4], 센서의 특성에 따라 표 4와 같이 분류할 수

있다. Cooperative 방식은 다른 항공기에도 유사한 장비가 탑재되어야 제 기능을 발휘하는 단점이 있지만, 탐지거리와 범위가 우수한 장점이 있고, Non-Cooperative 방식은 다른 항공기와 독립적으로 기능할 수 있지만 탐지 능력에 있어서 상대적으로 열세에 있다는 단점이 있다.

표 4. Sense and Avoid용 센서

분류	장비 예	장단점
Non Cooperative	EO/IR	- 소형 / 저가 - 환경 제약 (시계)
	Radar	- 고가 / 고전력 - 환경 제약 없음 - 탐지범위 협소
Cooperative	TCAS ADS-B	- 소형 / 저가 - 탐지 거리/범위 우수 - 모든 항공기에 적용필요

현재 미국 및 유럽에서 다양한 센서를 유/무인기에 장착하고 비행시험을 통하여 적용 가능성을 연구 중에 있는데 상세한 내용은 참고문헌 4를 참조하기 바란다.

최근 유/무인기에 적용할 충돌회피용 센서의 성능을 규정하는 최초의 규격이 발표되었다.[5] 규격의 목적은 유인기의 See and Avoid와 대등한 안전 수준을 가지는 충돌회피용 센서의 성능을 규정함으로써 센서 개발자들에게 기준을 제시하는데 있으며, Non-Cooperative 방식의 센서로만 그 대상을 한정하였다. 주요 성능 규정을 살펴보면 다음과 같다.

- 탐지 거리 : 탐지 후 회피 기동을 통하여 최소 500 ft의 Miss Distance를 확보할 수 있어야 함
 - 탐지 범위 : 수평 ±110deg / 수직 ±15 deg
 - 통신두절 및 통제 불능 조건에서도 안전하게 회피기동이 수행될 수 있어야 함
 - 공중 충돌 확률 : 100만 비행시간당 0.51회 이하 (General Aviation급 유인기 수준)
- ※ Miss Distance : 최소 근접 거리

3.2.2 신뢰도

인명 및 시설의 보호를 위하여 공역에서 운용되는 유인기에는 일정 수준 이상의 신뢰도를 갖출 것을 요구하고 있는데 보통 10만 비행시간당 Class A Mishap(항공기 추락 또는 인명 피해 또는 100만불 이상의 재산피해를 야기하는 사고) 발생 확률로 정의하며 그 수준은 다음과 같다.

- General Aviation : 1회 이하
- Commuter : 0.1회 이하
- Passenger : 0.01회 이하

따라서 무인기도 진입을 목표로 하는 공역에서 운용 중인 유인기와 최소한 동급의 신뢰도를 확보해야만 해당 공역에서의 운용이 가능할 것으로 판단된다.

현재까지는 무인기의 신뢰도가 유인기에 비하여 현저히 낮은 편인데 이는 낮은 수요 때문에 무인기용 부품 시장이 형성되지 않은 관계로 이용 가능한 부품의 신뢰도 자체가 낮았으며, 대부분의 무인기가 유인기에 비하여 소형, 경량급으로서 유인기와 같은 수준의 다중화 설계 적용이 곤란하기 때문이다. 현재까지의 무인기 사고 원인 통계에 따르면 그림 7과 같이 추진계통 및 비행제어계통이 대부분을 차지하고 있는데, 이 역시 부품의 신뢰도 문제에 기인한 것으로 무인기 수요가 증가하고 기술이 성숙됨에 따라 신뢰성 있는 부품 개발에 적극적인 투자가 이루어지면 점차 해결될 것으로 예상된다.

미국의 군용 무인기 운용경험을 토대로 작성된 무인기 사고율 추이는 그림 8과 같으며 운용 경험의 증가에 따라 점진적으로 신뢰도 향상이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 미 국방부는 무인기 신뢰도 향상 목표를 다음과 같이 제시하고 있는데[6] 군용이라는 특수성을 감안하더라도 무인기 신뢰도 향상이 간단하지 않은 문제임을 시사한다. (10만 비행시간당 Class A Mishap 기준)

- FY 09 : 20회 이하
- FY 15 : 15회 이하

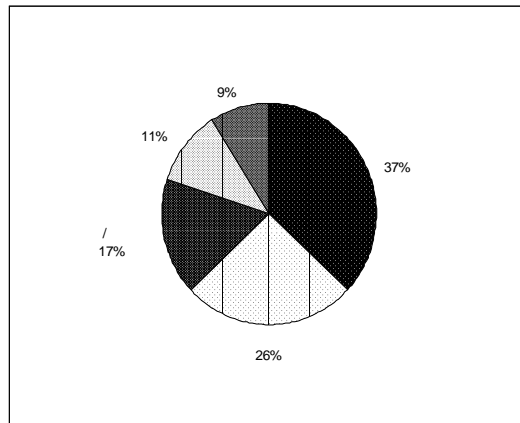


그림 7. 무인기 사고 원인 통계 (6)

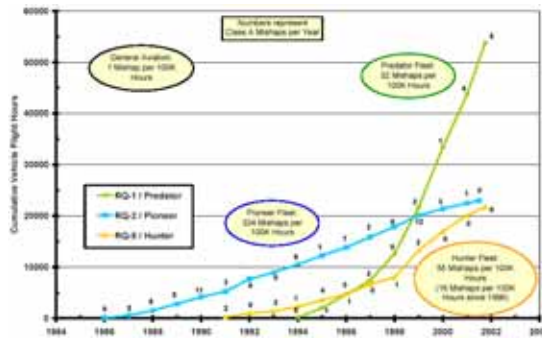


그림 8. 무인기 사고율 추이 (6)

3.2.3 ATC와의 음성통신

일반 공역에서의 항공기 관제 원칙에 따르면 절차에 의한 비행 다음의 우선순위로 ATC의 음성통신 지시에 따라야하므로 무인기의 경우에도 지상의 조종사가 ATC와 음성통신 할 수 있는 수단이 마련되어야 한다.

GCS(Ground Control Station)와 ATC간 통신 가시선이 확보될 경우에는 LOS(Line of Sight) 통신이 이루어지면 되지만 일반적으로는 통신가시선 확보를 기대할 수 없기 때문에 비행체에 음성통신 중계기를 장착하여 BLOS(Beyond LOS) 통신이 가능하도록 하여야 한다.

비교적 최근에 개발되어 운용중인 무인기들의 경우(Global Hawk, Predator, Fire Scout) LOS

및 BLOS Channel을 동시에 확보하는 것이 일반적인 추세이다.

미국 Aero Telemetry Corporation에서는 이미 무인기를 위한 음성통신 중계기를 개발하였으며 주요 사양은 다음과 같다. [7]

- Model : VRS-5910 Voice Relay System
- 통신거리 : 500 mile
- Remote Frequency Control (Up/Down)
- Mil Spec
- 중량 4.2 Lbs

본 제품은 자체의 통신채널을 별도로 확보하고 있기 때문에 기존에 개발이 완료된 무인기 시스템에도 장착 공간만 허용된다면 적용이 가능한 Turn-key 방식이다. 음성통신 중계기를 무인기 시스템과 함께 개발할 경우에는 Data Link 채널에 음성을 같이 전송하는 방식을 고려할 수 있을 것이다.

3.2.4 비상 회수

조종사가 탑승하지 않는 무인기는 통신두절이나 고장 등의 비상시에도 안전하게 비행체를 회수할 수 있는 수단이 필요하다.

통신 두절 시에는 비행체 스스로 사전에 지정된 위치로 귀환하는 능력을 요구할 것이고 이는 이미 대부분의 무인기에 적용된 기술이다. 다만, 자동 귀환 비행 시에 다른 항공기와 충돌 위험성을 어떻게 제거할 수 있을 것인가에 대한 고려가 필요하다.

귀환이 불가능한 고장(엔진 정지 등)이 발생한 경우에는 피해를 최소화하기 위해서 비행을 즉각 중단시킬 수 있는 기능을 요구하게 될 것으로 보이며 일반적으로 낙하산이나 폭약의 탑재가 거론되고 있다.

3.2.5 승무원 인증

무인기의 경우 비행 탑승자가 없으므로 승무원(Aircrew) 보다는 종사자(Operator)라는 표현이 적절할 것이다. 내/외부조종사를 포함한 모든 운용자의 인증을 요구할 것으로 예상되고 있다. [8]

3.2.6 감항 증명

비행체의 경우 유인기와 동등한 수준의 규정을 적용할 것으로 예상되며, 특기할 사항은 비행체 이외에도 Data Link, GCS(Ground Control Station) 및 Launch & Recovery Equipment도 그 대상이 될 것으로 예상되고 있다. [8]

Data Link는 Flight Control / Flight Management System의 일부로 간주할 수 있기 때문에, GCS는 비행 중에 비행체의 일부분으로 간주할 수 있기 때문에 감항 증명의 대상으로 간주되고 있다. Launch & Recovery Equipment는 안전에 치명적인 영향을 미치는 결과를 초래할 수 있으므로 감항 증명의 대상으로 거론되고 있다.

4. 결 론

무인기 기술의 성숙과 함께 민수용 무인기의 수요가 증가함에 따라 무인기를 유인기와 함께 일반 공역에서 통합 운용하기 위한 제도적/시설적 기반 구축의 필요성이 증가하고 있으며 미국(NASA) 및 유럽(Euro UVS)을 중심으로 무인기의 유인기 공역 진입을 위한 연구가 다각적으로 진행 중에 있다.

유인기에 요구되는 것과 동일한 요건을 무인기에 적용한다는 것이 기본적인 추세이고, 다만 무인기의 특성상 그대로 적용될 수 없는 항목에 대한 변용을 위한 연구가 중점적으로 진행 중이며 현재까지 연구를 통하여 제시되고 있는 주요 진입 요건을 살펴보았다.

본 글에서 제시된 요건은 아직 확정된 바 없는 일반적 예측에 불과하며, 공역 운영 특성상 보수적일 수밖에 없는 규정 및 법률 제정 절차와 현재의 무인기 기술/신뢰도 수준을 감안할 때 근시일 내에 제도적 정비와 시설 기반 구축이 완료되기를 기대하기는 어려울 것으로 판단된다.

그러나 향후 무인기 선진국 진입을 위하여 동 분야에서의 세계적인 연구 추세를 지속적으로 추적하고, 규정 제정에 적극적으로 동참하는 한편,

이를 무인기 설계 요건에 반영하려는 노력은 지속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. ACCESS 5 홈페이지
<http://www.access5.org>
2. UCARE 홈페이지
<http://www.ucare-network.org/>
3. Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH,
"Integration of Unmanned Aerial Vehicles
into Future Air Traffic Management",
2001.
4. 최주원, "민간 무인기의 충돌회피 기술개발
동향", 항공우주산업기술동향, 제2권 제1호,
2004, pp 143.
5. ASTM F2411-04, "Standard Specification
for Design and Performance of an Airborne
Sense-and-Avoid System", American
Society for Testing and Materials, 2004.
6. "Unmanned Aerial Vehicles Roadmap
2002-2027", Office of the Secretary of
Defense, 2002.
7. Aero Telemetry사 홈페이지
<http://www.aerotelemetry.com>
8. "A Concept for European Regulations for
Civil Unmanned Aerial Vehicles", The
Joint JAA/EUROCONTROL Initiative on
UAVS, 2004.