

# ATM (Air Traffic Management) 진입을 위한 무인기 요구조건

## Requirements of UAV into ATM (Air Traffic Management)

권민상\*, 김중욱\*\*, 양홍모\*, 서성원\*, 박영복\*

\*(STX 레이다시스 (주)), \*\* 한국항공우주연구원

### 1. 서 론

현재 UAV 시장은 군수시장을 통해 빠른 속도로 성장하고 있으며, 근래의 군사적 충돌지역에서의 UAV 적용 사례들은 UAV 기술이 많은 부분에서 괄목할 만한 발전을 이루어냈음을 보여주고 있다. 또한, 군수시장을 통해 개발된 무인항공기 관련 기술들은 탐색구조, 환경감시, 공해감시, 날씨관측, 화재관측, 지도제작, 해안과 국경감시, 국가 기간시설 감시, 공중중계, 항공정찰등과 같은 잠재적 민간 적용분야에 쓰일 것이다.

그러나, 현재 민간 UAV 시장은 크게 증가하지 못하고 있으며 주요 장벽[1]으로 민간 UAV를 위한 인증 절차와 법규들이 현재 거의 정의되어 있지 않으며, 주파수/공역 등의 제약 그리고 민간 UAV의 운용을 지원하는 ATM 법규와 절차가 만들어지지 않고 있으며 그로인해 ATM으로 UAV가 통합되었을 때의 문제점 역시 연구가 되고 있지 않다는 점이다.

그러나 UAV는 빠른 속도로 발전하고 있으며 신뢰성의 장비를 탑재한 더 이상 소모성이라고 볼 수 없는 기체들도 등장하고 있다. 이와같이 다양한 UAV의 개발, 그리고 계획된 개발 계획에 의해 ATM 운용 조건은 점점 악화되고 있다. 따라서 근 미래의 UAV의 ATM으로의 통합은 피할 수 없는 현실이므로 이에 대한 연구가 시급히 요구된다.

### 2. 본 론

#### 2.1 민간 UAV를 위한 인증 절차와 법규 - UAV의 분류

민간 UAV를 위한 인증 절차와 법규는 우리나라에서는 현재 전무한 실정이다. 유럽, 호주 등에서 절차와 법규 제정을 위한 연구가 시작되고 있다. 절차와 법규의 제정을 위한 첫 단계는 서론에서 언급하였듯이 UAV를 구분하는 것이다. 구분의 기준은 무게, 크기, 운동량 등 다양한 기준이 존재한다. 가장 일반적인 기준은 무게이며, UAV의 ATM과의 통합을 위해서도 무게는 매우 중요한 구분의 기준이다.

소형 UAV는 ATM의 요구조건을 만족할 수 있는 전자장비의 탑재가 거의 불가능 하다. 중형 UAV 역시 추가적인 개량 없이는 역시 많은 문제점을 야기할 것이다. 현재 무인기를 위한 ATM에 관련된 장비들 (TCAS/ACAS, 트랜스폰더, 음성 중계 장치, 항공용 등화 등)은 개발 단계이며 그 중량, 성능, 신뢰도 등을 유인기와 동일 혹은 그 이상의 수준으로 만족시키는 것은 현재의 기술 수준으로는 불가능 하다. 또한 UAV에 장착이 가능한 소형, 저 전력 소모의 장비가 개발되어야 할 것이다.

#### 2.2 민간 UAV를 위한 인증 절차와 법규 - 기준의 재설정

무인기를 위한 인증 절차와 법규는 유인기의 그것과 근간이 되어야 한다. 이것은 기존의

ATM환경에 충격을 최소화하기 위해 필요한 조치이다. 그러나 유인기와 무인기는 그 적용 기준이 같을 수 없으므로 수정이 필요하다.

일례로 유인기 비행사들은 서로의 비행기가 500 피트 (약 150 미터) 정도로 접근하면 충돌의 위험을 느낀다고 한다. 유인기는 대부분 무인기에 비해서 상대적으로 크기가 매우 크므로 (우리나라의 유인기는 대부분 여객기 화물기 등 대형의 기체들이다) 멀리서 식별이 가능하나 UAV의 경우는 중형의 기체라도 거리가 멀면 육안으로 식별하기가 매우 힘들다. 따라서 충돌 위험거리는 상향 재조정되어야 할 것이다.

### 2.3 민간 UAV를 위한 인증 절차와 법규 - 세계의 동향

UAV를 위한 인증 절차와 법규의 연구가 가장 활발한 곳은 유럽이다. 영국의 CAA (Civil Aviation Authority)는 민간 공역에서의 UAV 운용에 대하여 다음과 같이 정의하고 있다. “영국 내에서의 UAV운용은 반드시 유인기의 안전과 운용 기준과 같거나 혹은 그 이상의 기준을 만족해야 한다. 따라서 UAV 운용은 유인기와 같이 안전해야만 하며 인간 혹은 공중 상 혹은 지상의 재산에 해가 되거나 혹은 위협을 초래하여서는 안 된다.”[2]

스웨덴은 UAV를 4개의 클래스로 나누고 있으며 가장 큰 사이즈인 Class 4를 다음과 같이 정의하고 있다. “이 클래스는 민간 공역에서 동시에 운용이 가능하다. 운용은 현대 유인기가 인간 혹은 지상과 바다 그리고 환경에 초래하는 안전 위협보다 큰 안전 위협을 발생시켜서는 안 된다.”[3]

이외에 핀란드, 이태리, 스위스, 호주, 일본등도 연구를 진행하고 있으며 이들의 공통된 기준은 유인기와 동등한 혹은 그 이상의 안전도를 요구하고 있다는 것이다. 이를 만족시키기 위한 기술적인 수준은 아직 미흡하다. 우리나라도 이러한 사실을 염두에 두고 인증 절차 및 법규에 관한 연구를 해야 할 것이다.

### 2.4 제약조건 - 주파수

우리나라는 현재 무선 인터넷, 휴대폰과 같은

통신기기의 확대로 사용가능한 주파수 자원이 이미 거의 포화 상태에 있다.[4] 따라서 UAV 운용을 위한 주파수 할당에도 많은 문제가 있을 것으로 예상된다. 주파수 할당 절차는 전파법에 의한 주파수 할당과 전기통신사업법에 의한 사업허가로 이원화 되어 있으며 그 절차는 주파수 할당 공고, 사업허가 및 주파수 할당 신청, 전기통신사업법에 의한 1차 심사, 가격경쟁 실시, 주파수 할당 및 사업허가 순으로 되어 있다. 대상 주파수 유효기간은 20년의 범위 내에서 정보통신부 장관이 정하도록 되어 있다.

### 2.4 제약조건 - 공역

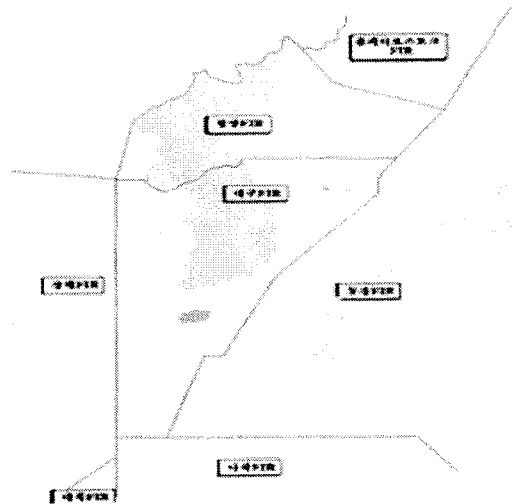


그림 1. 대한민국 공역

우리나라의 공역은 대구 FIR로 표시된다. 삼각형의 형태를 하고 있으며 면적은 약 40만 제곱킬로미터이다. 효율적인 관리를 위하여 관제 구역을 6개 구역으로 분할하여 운영하고 있으며 14개의 접근 관제 구역, 114개의 특수 공역, 그리고 16개의 항로 등으로 매우 복잡한 구조를 가지고 있다.[4] 우리나라 항공 교통량의 약 90 퍼센트가 민간 항공기이며 나머지 10 퍼센트는 군용기가 차지하고 있다. TCAS 발생은 매달 몇 건씩 꾸준히 일어나고 있으며 대부분은 이착륙 시와 군용기가 민간 항로에 접근하면서 일어난다.[5] 국토의 면적에 비해 매우 복잡한 관제

구역을 가지고 있으므로 항법장비의 신뢰성이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 또한 UAV 운용자의 ATC와의 신속하고 정확한 대처를 요구 할 것이다.

**2.5 통제 구역에서의 UAV를 위한 고려사항**

통제 구역 (Controlled Airspace)에서의 운용은 터미널 통제 구역, En-route 운용, 고고도 운용 3가지로 분류가 가능 하다[1].

터미널 통제 구역에서의 운용은 여러 문제점을 가지고 있다. UAV가 활주로와 같은 기간시설을 이용할 시에 ATC(Air Traffic Control)에 의해서 요청되는 신속한 행동 (충돌 회피 등)을 수행하기 위해서는 UAV에 음성 중계 장치가 반드시 필요할 뿐만 아니라 안전한 통신이 보장 되어야만 한다.

따라서 터미널 통제 구역에서 운용하기 위해서는 임무장비 이외의 유인기와 동일한 수준의 다양한 종류의 감지 장비들과 ATM에 연관된 장비들 (TCAS/ACAS, 트랜스폰더, 음성 중계 장치, 항공용 등화 등)이 탑재 되어야만 한다.

이것은 UAV 운용 개념에 상당한 영향을 미칠 것이다. 임무장비 이외에 추가적인 중량이 상당히 늘어날 것이 분명할 것이기 때문이다. 터미널 통제 구역에서의 운용을 염두 해 두고 있다면 설계 단계에서부터 반드시 위의 사항을 반영해야 할 것이다.

En-route상에서 UAV는 기본적으로 IFR(Instrument Flight Rules)상의 유인기와 같은 조건에서 운용된다. 지정된 고도 (저고도 혹은 고고도)까지 도달하기 위해서 UAV는 통제 구역 내에서 상승하거나 혹은 통제 구역에 도달할 때 까지 비 통제 구역에서 상승해야 한다. 두 경우 모두 UAV는 VFR(Visual Traffic Rules)상의 트래픽을 대처해야만 한다. UAV는 조종사가 없으므로 VFR 비행을 할 수가 없다. 따라서 운용자가 VFR 트래픽에 적절히 대처해야만 한다. 대처 수단에는 TCAS/ACAS (미래에는 ADS-B)와 ATC와의 음성 중계가 있을 수 있다.

이러한 감시 기술은 기술적으로 가능하지만, UAV를 위한 저 가격, 고 신뢰성, 경량을 동시에 만족시키는 장비는 현재 절대적으로 부족하

다. 이러한 제약 조건들이 진정한 자동화와 충돌방지를 지연시키고 있다.

고고도용의 UAV는 현재 그 수가 매우 적다 (글로벌 호크 등). 이들은 통상의 여객기들 보다 운용 고도가 높다. (FL600이상, 여객기는 FL300 ~ 450) 따라서 순항중에는 충돌의 위협이 없다고 할 수 있다. 다만 상승, 하강 시에 일어날 수 있는 다른 트래픽과의 이격은 필요하다.

**2.6 비 통제구역에서의 UAV를 위한 고려사항**

비 통제 구역 (uncontrolled airspace)에서의 IFR 비행은 금지되어 있으므로 이 구역에서의 UAV 운용은 현재 예상 하고 있지 않다. 다음의 고려사항은 단지 비상용이다.

비 통제 구역에서의 UAV의 운용은 ATC와 직접적인 관련이 없으나, ATM의 관점에서 고려사항이 존재한다. 비 통제 구역에서 비행중인 UAV가 의도하지 않게 통제구역으로 진입 할 수 있다. 이 경우 유인기의 경우보다 더욱 심각한 위협을 초래할 수 있다. 왜냐하면 ATC는 UAV를 직접 통제할 수 없기 때문이다. 다음의 대응책을 제시할 수 있으나 완전한 것은 아니다.

- 모든 UAV 운용자는 UAV에 수신된 ATC의 비상 주파수 연락을 항상 경청해야만 한다. 이것은 음성 중계 장치가 있다는 가정 하에서 가능하다.
- 모든 비행 전 UAV 비행 계획을 제출한다.
- 모든 UAV에 트랜스폰더(TCAS/ACAS) 장착을 의무화 한다.

**2.7 이격과 충돌 회피**

구역에서의 UAV 운용은 아래 테이블과 같은 현 규정을 따라야만 한다. 이 규정은 유인기에 현재 적용하는 기준이며 기존 ATM과의 통합 시 충격을 최소화하기 위해 UAV 역시 그 기준을 따라야 한다.

비행규칙 & 공역	VFR 과 VFR traffic 사이의 이격	IFR 과 VFR traffic 사이의 이격	IFR 과 IFR traffic 사이의 이격
비통제 공역	보고 피하기 (TCAS)	보고 피하기 (경계에서)	적용 불가
IMC 상의 통제 공역	허용 안됨	레이다 이격 (TCAS) 보고 피하기 (가능할시)	레이다 이격 (TCAS, ADS-B) 보고 피하기 (가능할시)
VMC 상의 통제 공역	보고 피하기 (TCAS)	레이다 이격 (TCAS) 보고 피하기 (가능할시)	레이다 이격 (TCAS, ADS-B)

**Table 1. 비행규정과 공역에 따른 이격 수단**  
(Integration of Unmanned Aerial Vehicles into Future Air Traffic Management, p47)

안전한 이격을 위해서 다음의 고려사항들에 대한 논의가 충분히 진행되어야 할 것이다.

1. 비행기의 상대적 위치와 속도 : 공중 경로 상에서 상대적으로 낮은 속도로 UAV가 날고 있는 경우에는 뒤로부터의 충돌의 위험이 지속적으로 존재한다. 충돌은 일반적으로 진로가 같은 두 비행기 사이에서 일어나며 대부분의 사고는 상대적으로 속도가 빠른 비행기가 속도가 느린 비행기를 추월할 때 일어난다. 통계에 의하면 공중 추돌의 35%가 0도에서 10도 내에서 일어났다. 즉 뒤에서부터 일직선으로 충돌 했다는 것을 의미한다. 오직 5% 정도만이 기수끼리의 정면충돌 이었다[6]. 일반적으로 UAV는 유인기에 비해 속도가 느리므로 이에 대한 대책이 시급하다.

2. ATC 규칙과 절차, 공역 구조 : 비행에 앞서 모든 UAV 운용자는 비행 계획을 작성해서 제출 해야만 한다. 비행 계획에는 데이터 링크를 완전히 상실할 경우를 상정하여 기체 회수를 위한 적절한 절차를 기술해야만 한다. 이외에 트래픽 요구 패턴, 교차 트랙의 개수와 위치, 고도를 변경하는 트래픽의 양, 비행기의 성능, 활주로 용량 등이 계획 단계에서 고려되어야만 한다.

3. 통신 능력 : UAV의 통신 능력은 유인기와

다르다. UAV와 ATM 간에는 3가지의 데이터 링크가 존재한다. 첫째는 UAV와 UCS (UAV 운전자)간의 링크, 둘째는 UCS와 ATC간의 데이터 링크, 셋째는 TCAS, ADS-B등의 공중 트래픽과 ATC간의 감시 데이터 링크이다[7]. UAV와 UCS간의 링크는 반드시 다중화를 이루어야 하며 전파 교란에도 대처할 수 있는 강건성을 지녀야 한다. UCS와 ATC간의 링크는 크게 음성과 데이터 통신으로 나눌 수 있다. 두가지 모두 ATM 관점에서는 반드시 필요한 항목이므로 사용이 가능해야만 한다. 마지막으로 TCAS, ADS-B등의 감시 데이터링크는 충돌회피를 위해 반드시 필요한 링크 이므로 역시 사용 가능해야만 한다.

4. 비행기 (기체) : UAV를 위한 인증 기준 (기체, 엔진, 시스템)과 유지보수 절차에 대한 논의가 필요하다. UAV는 유인기에 비해 상대적으로 크기가 작으며 속도가 느리다(우리나라의 민간 유인기의 대부분은 여객기와 화물기이다. 이들은 대형의 기체들이다). 이것은 다른 공중 트래픽과의 이격시에 문제를 야기할 수도 있다. 대부분의 UAV들은 유인기에 비해 상승/하강율이 상당히 떨어지며 회피 기동 역시 자동화가 되어있지 않다면 (충돌회피 자동화는 현재 연구 단계이다) UAV, UCS, ATC를 거치는 단계들로 인해 상당한 지연이 발생되므로 이에 대한 대책이 필요하다. 항법장비 및 필요한 추가 장비 (TCAS/ACAS, 트랜스ponder 등)를 위한 추가적인 공간 확보와 추력의 증대 역시 필요하다.

유인기와 함께 통제 공역에서 운용을 하기 위해서는 유인기에 탑재되는 대부분의 항법장비가 UAV에도 장착이 되어야 한다. TCAS/ACAS (미래에는 ADS-B)와 음성중계/통신 장치는 필수적인 요소이므로 UAV 설계 시 반드시 염두해두어야 할 것이다. 다중화 및 백업 시스템도 역시 설계 단계에 고려해야 할 사항이다.

5. 지상/위성 시스템 (감시와 항법) : UAV는 무인기 즉, 조종사가 없는 비행기이다. 조종사를 대체하기 위해 FCC, GPS, 그리고 각종 센서들이 탑재된다. 그러므로 항법 장비와 센서의 정확도와 신뢰도가 UAV의 안전한 운행에 절대적인 영향을 미친다고 볼 수 있다.

6. 인간의 능력 : 민간 통제 공역에서 UAV를 운용하기 위해서 UAV 운용자는 UAV의 운용 이외에 ATC와의 업무를 병행해야 한다. 이것은 상당한 업무량의 증가를 가져올 것이다. UAV 운용 시 발생하는 오류 또는 비상상황을 관리 하는 절차가 체계적으로 마련되어야 한다. UAV는 유인기와 비교하여 반응 시간이 상대적으로 늦을 수밖에 없으므로 이에 대한 ATC와의 협력과 훈련이 요구 된다.

## 2.8 UAV에 대한 ATM의 요구조건

1. 통제 공역에서의 UAV 운용 : UAV는 유인기와 같은 방식으로 수직, 수평, 측면 방향으로 항시 이격이 가능해야만 한다. 더불어 UAV는 모든 탑재 장비에 대해 인증을 받아야만 한다. 민간 공항에서 이/착륙이 계획되어 있다면, UAV는 공항의 지상 장비와 완벽하게 호환이 되는 장비를 탑재해야 한다. 민간 공항에서 운용 시 가장 문제가 되는 부분은 지상 운용이다. UAV는 유인기와 지상운용 차량 등이 혼합된 트래픽 내에서 이륙 준비를 해야만 한다. 주차 위치에서부터 택싱 그리고 활주로 진입까지를 UAV 단독으로 수행 해야만 한다. 이것은 현재의 UAV 시스템으로 볼 때 상당한 어려움이 따른다. 또한 단거리 이륙 능력이 있거나 지상발사 UAV의 경우 이/착륙은 ATM으로의 통합의 관점에서 추가적인 문제를 야기할 것이다[7]. 대안으로는 UAV를 위한 전용 택시 웨이를 이용하는 것이다. 이것은 일반 유인기 트래픽을 최대한 피할 수 있는 방법이 될 것이다. 또한 UAV 단독으로 주차위치에서 활주로 까지 유인기와 같은 방식으로 견인하는 방법도 있을 수 있겠다. 이러한 UAV 지상운용의 다양한 문제들로 인하여 ATM으로의 적절한 통합은 근 미래까지 실현이 불가능 할 것으로 예상된다. 민간 통제 공역에 참여하는 UAV는 민간 공항에서 이/착륙을 할 수 없으며 따로 떨어진 곳에서 해야만 한다.

2. 비 통제 공역에서의 운용 : UAV는 VFR 운용을 할 수 없을 뿐더러 VFR 트래픽에 대한 대처가 현재 기술로는 매우 미흡하다. 그러므로 비 통제 공역에서의 UAV 운용의 실현은 미

래에 가능 할 것이다.

## 3. 결론

현재의 ICAO (International Civil Aviation Organization) 규정들은 어떠한 UAV의 운용도 고려하고 있지 않다. 우리나라 역시 현재 관련 법 및 규정이 전무한 상태이다. UAV의 ATM으로의 통합에는 상당한 노력이 요구될 것이다. 즉, 관련 규정 및 법규의 연구 및 수정과 UAV에 적용될 새로운 규정 및 법규의 제정, 공역 및 주파수의 효율적인 배분, 추가적인 저 비용, 고 신뢰도, 소형의 관련 장비 (UAV용 TCAS/ACAS, 트랜스폰더, 음성 증계장비 등)의 개발이 필요할 것이다. 높은 수준의 자동화 (예: 인공지능) 역시 필수적이다[7]. 기술 수준의 한계와 관련 법 및 규정의 부재로 인해 UAV의 ATM으로의 통합은 현재로서는 불가능하다고 볼 수 있다. 그러나 UAV의 민간 통제 공역에서의 운용은 근 미래에 필연적이므로 이에 대한 준비가 필요하다.

## 후기

본 연구는 과학기술부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 연구사업(스마트무인기기술개발)의 일환으로 수행되었습니다. 본 연구를 지원해주신 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- 1) 권민상의 "UAV의 ATM으로의 통합을 위한 사전 연구", 춘계학술발표회 논문집, 한국항공우주학회, 2003.
- 2) Haddon, C.J.Whittaker, "Aircraft Airworthiness Certification Standards for Civil UAVs", CAA, 2002, pp.1-15.
- 3) Ake Sundstedt, "Introduction of Military UAV Systems in Swedish Airspace", UAV 2003 Conference, 2003, pp.21.
- 4) 국가기술지도 -총론-, 2002, pp.38-54.
- 5) [www.kotsa.or.kr/attachFile/AccidentReport\\_pds/16/2002반기보고서.pdf](http://www.kotsa.or.kr/attachFile/AccidentReport_pds/16/2002반기보고서.pdf)
- 6) [http://www.dayafss.jccbi.gov/collision\\_avoidance.pdf](http://www.dayafss.jccbi.gov/collision_avoidance.pdf)
- 7) Industrieranlagen-Betriebsgesellschaft mbH, "Integration of Unmanned Aerial Vehicles into Future Air Traffic Management", 2001, pp.1-153.