

# 국가공역체계에서 무인항공기 통합운영에 대한 동향

김중욱\* 김도현\*\*

## Challenges; Interoperability of UAV in the NAS

Kim Joong-Wook\*, Kim Do-Hyun\*\*

### Abstract

The utilization of UAV and the activities of diverse widening, now the challenge was how to operate and integrate UAV safely in the NAS. The purpose of this study is to look around the trend for interoperability of UAV in the NAS and to provide its implications and the future direction of integrated operating airspace focusing on U.S. where R&D and demand of UAV are the most in the world.

### 초 록

무인항공기의 활용도가 다양해지고 그 활동영역도 넓어지는 지금, 준비해야 하는 당면과제는 어떻게 유인항공기 공역에서 무인항공기를 안전하고 원활하게 통합 운영할 것인가이다. 따라서 현재 무인항공기의 연구개발 및 수요가 가장 많은 미국을 중심으로 무인항공기 통합운영에 관한 연구동향을 살펴보고 그 시사점 및 향후 공역 통합운영에 대한 방향 및 고려사항을 제시하고자 한다.

**Key words** : 무인항공기(UAV), 국가공역체계(NAS), 공역(Navigable Airspace), 통합운영(Interoperability) NextGen(차세대 항공교통관리시스템)

## 1. 서 론

무인항공기 시장은 전 세계적으로 증가추세에 있다. 2005년 무인기 생산국은 43개국, 제작기수는 544기에서 2009년 기준 51개국, 총 1190대로 증가하였고, 무인항공기 시장은 군수용(47.8%),

민·군겸용(17%), 민수용(10%)이 전체의 약 75%를 차지하고 나머지는 개발 및 연구목적으로 제작되었다. 미 공군은 2003년 이후 무인항공기의 사용이 급증하여 2010년에는 비행시간 50만 시간 이상을 예상하고 있으며 2013년까지 110만 비행시간이 계획되어 있다.

\* 김중욱, 항공우주연구원 스마트무인기기술개발 사업단

\*\* 김도현, 한서대학교 항공학부 부교수  
dhkim@hanseo.ac.kr

이 비행시간 중 대부분은 소형 무인항공기로 그 중에서도 Group 1)에 속하는 무인항공기가 전체 비행시간 중 약 77%를 차지할 것이고, 무인항공기의 90%는 E 및 G등급 공역에 운항할 것으로 예상하고 있다[1].

무인항공기 시장의 성장과는 달리 사고율은 유인항공기에 비해 기종별로 10만 비행시간당 10~100배 이상 높은 수치를 보이고 있으며 그 원인으로는 동력 및 추진계통(35%), 조종계통(25%), 통신계통(11%) 등 기계적 결함에 의한 사고가 전체의 71%로 나타났고, 인적요인에 의한 사고는 약 20% 수준으로 조사되었다[2]. 유인항공기 사고의 주요 원인이 인적요인(70~80%)에 의해 발생함을 감안하면 무인항공기의 사고는 대부분 기계적 결함에 그 원인을 두고 있으므로 이러한 종류의 사고는 기술의 발전과 경험의 축적으로 충분히 극복하리라 예상되고 있다.

그러나 무인항공기의 활용도가 다양해지고 그 활동영역도 넓어지는 지금, 준비해야 하는 당면과제는 어떻게 무인항공기를 유인항공기 공역에서 안전하고 원활하게 통합 운영할 것인가에 대한 문제로 무인항공기 시장을 주도하고 있는 선진국들조차 이 문제를 시급하게 풀어야 할 사안으로 인식하고 있다. 따라서 현재 무인항공기의 연구개발 및 수요가 가장 많은 미국을 중심으로 무인항공기 통합운영에 관한 연구동향을 살펴보고 그 시사점 및 향후 공역 통합운영에 대한 방향 및 고려사항을 제시하고자 한다.

## 2. 공역 운영현황

### 2.1 공역운영

1992년 이전 미국의 공역등급체계는 사용목적에 따라 약 20여개의 공역으로 구분하고 있었으나 ICAO에서 규정하는 지금의 공역체계를 갖춘 것은 1993년부터이다[그림 1]. 현재 공역등급은 A~G까지 7개의 공역으로 나뉘는데 A, B, C,

D, E공역은 관제공역(Controlled airspace)이고 G공역은 비관제공역이다. A공역은 다른 공역에 비해 가장 제약이 많은 관제공역(positive control area)으로 IFR 항공기(계기항장자격을 갖춘 조종사)만 진입할 수 있고 모든 항공기에 대하여 항공교통관제기관으로부터 항공기 분리업무가 제공된다. 반면에 G공역은 가장 덜 제약을 받는 공역으로 업무부하(workload)가 허용되는 경우에만 조업업무가 제공된다[3].

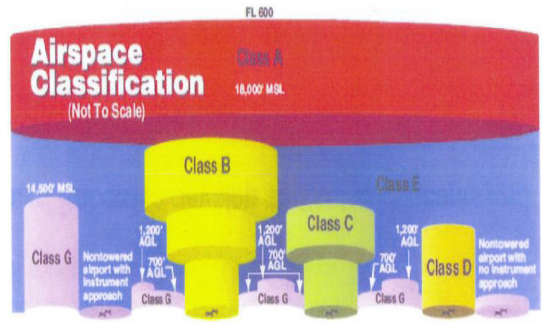


그림 1. 미국공역등급체계도 (1)

### 2.2 공역통합운영의 문제점

유인항공기는 그림 2에서 보는 바와 같이 출발 공항에서 지상이동을 시작하는 시점부터 목적공항 게이트에 도착하기까지 전 운항과정을 항공교통관제기관의 관제 및 조업업무를 제공받게 된다[4].

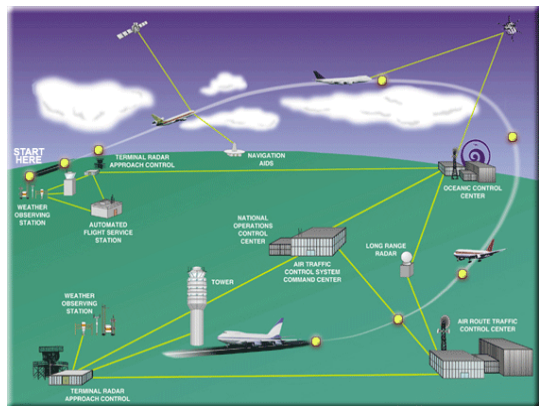


그림 2. 유인항공기 공역

1) 운영고도 1,200피트 AGL 미만, 중량 21파운드미만, 비행속도 100 노트(IAS) 미만의 무인항공기

따라서 무인항공기 역시 항공교통관제기관과의 유기적 연계는 항공안전 및 원활한 흐름유지를 위해 필수적으로 요구되게 된다. 그러나 유인항공기 공역체계에 무인항공기가 통합 운용되는 데는 현재 항공교통관제(Air Traffic Control)에 영향을 미치는 몇 가지 문제점이 있다[5]. 첫째, 무인항공기는 소위 'link loss' 동안 무인항공기 조종사와의 통신 또는 관제기관과의 링크를 잃어버릴 가능성이 있다. 이 경우 무인항공기는 사전에 수립된 절차(통신연결시도, 안전하게 착륙하거나 불시착할 장소로 이동)에 따라 수행하겠지만 link loss 절차는 비행에 따라 다양하여 항공교통관제기관에 혼란을 야기할 소지가 많다.

둘째, 내부 및 외부조종사에 의해 통제되는 무인항공기는 관제사가 발부한 허가에 따라 기동하는데 지연(delay)이 발생한다는 것이다. 이러한 지연은 통신위성에 의해 발생할 수도 있고, 조종사가 지상통제시스템(Ground Control System)에 정보를 입력하는 시간에 의해 발생할 수 있다.

셋째, 유인항공기에 비해 속도와 같은 성능상의 차이가 있다는 것이다. 이러한 성능 차이는 관제기관이 수렴하는 두 항공기를 분리하는데 어려움을 초래하게 된다.

넷째, 성능상의 차이 이외에도 바람과 같은 외부요인에 의해 RVSM<sup>2)</sup> 공역에서의 운항요건에 따르지 못한다. 따라서 유인항공기와 다른 수직분리기준을 적용해야하는 문제가 발생할 수 있다.

미국은 이러한 문제를 해결하기 위하여 공역통합을 위한 무인항공기시스템(UAS) T/F 팀을 운영하고 있다. 이 팀은 시스템의 통합, 운항지원, 정책 및 절차수립 그리고 NextGen 및 국제적 협의 등 4개 부서로 나누어 주로 탑재용 및 지상용 감시/회피장비 개발, 모니터링과 시뮬레이션 및 평가 그리고 NexGen 및 타 기관과의 연계 등을 수행하고 있다.

### 3. 무인항공기 통합운용 요건

현재 운용 중인 무인항공기는 안전상의 이유로

매우 제한되고 한정된 공역에서만 운용되고 있는데 공역체계 내에서 통상적인 통합운용이 이루어지기 위해서는 다음과 같은 요건들이 충족되어야 한다.

- 감지 및 회피(Sense & avoid)
- 감항성(Airworthiness)
- 운용기준 및 절차
- 장비(Equipage)
- 조종사 자격요건

미국은 위 5개 조건에 대해 기간별로 운용요건 충족방안 마련을 위한 계획을 그림 3과 같이 수립하여 수행 중에 있다. 감지 및 회피 요건은 중·단기계획으로 하나의 해결방안을, 장기적으로 5개의 방안을 제시할 계획이고, 감항성 요건은 단기계획으로 하나의 방안을, 운영기준 및 절차는 중기에 5개까지 방안을 마련한 후 장기에 한가지 방안으로 통합할 계획이며, 장비요건 및 조종사 자격요건은 중기 및 단기에 하나의 해결방안을 마련할 계획이다.

Pillars	Time			
	Current (Today)	Near (< 18 mo)	Mid (18 Mo thru FYDP)	FAR (>FYDP)
Sense-and-Avoid (SAA)	●	One Solution	One Solution	Five Solutions
Airworthiness (AW)	●	One Solution	One Solution	One Solution
Ops Stds & Procedures (OSP)	●	One Solution	Five Solutions	One Solution
Equipage (EQ)	●		One Solution	
Pilot Qualifications (PQ)	●	One Solution		

그림 3. 운용요건 로드맵 [1]

#### 3.1 감지 및 회피(Sense & Avoid)

감지 및 회피는 무인항공기가 비행하는데 있어 다른 항공기나 물체를 탐지하고 이를 회피하는 것으로 안전운항에 가장 기본적인 요건이다. 감지 및 회피 관련 탑재 감지장비로는 그림 4에서 보는 바와 같이 관성항법장비(INS), ADS-B, Air-to-air Radar Subsystem(AARSS), TCAS 및 광학시스템(EO/IR)이 이용되고 있고 감지데이터 통합을 통해 최적의 충돌회피(Jointly optimal Collision Avoidance; JOCA) 기동을 자체적으로 또는 조종사(운용자)에

2) Reduced Vertical Separation Minimum 약어.

의해 권고되도록 구성되어 있다.

충돌회피는 무인항공기를 중심으로 한 최소한의 구역에서 무인항공기가 적절한 기동을 통해 충돌 회피를 할 수 있는 무인항공기시스템의 기능을 말하며, 자체분리(Self separation)의 의미는 항공기 분리기준에 따라 충돌회피를 할 수 있는 충분한 간격을 유지해 운용하는 기능을 말한다. 이를 위해서는 무인항공기를 중심으로 한 일정한 공간이 필요하게 되는데, FAA 충돌회피 공간이 필요하게 되

적용하고 있으나 아직 무인항공기시스템에 대한 운항안전기준은 수립되어 있지 않다. 향후 무인항공기 감항증명은 유인항공기와 동등한 수준의 규정을 적용할 것으로 예상되며, 추가적으로 무인항공기시스템에는 지상통제시스템, 통신 링크, 데이터 보안, 발사 및 회수장치, 자율시스템 및 소프트웨어 인증 등도 필요할 것으로 보고 연구가 진행 중이다.

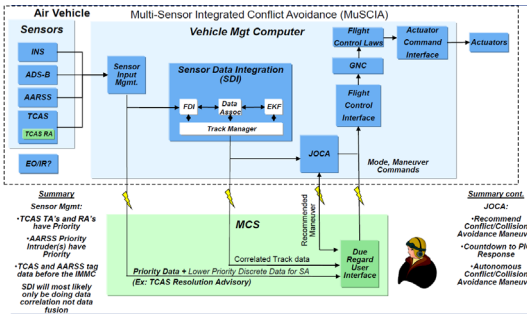


그림 4. 감지 및 회피 체계도

는데, FAA 충돌회피 워크숍을 통해 잠정적으로 결정한 개념은 그림 5와 같다.

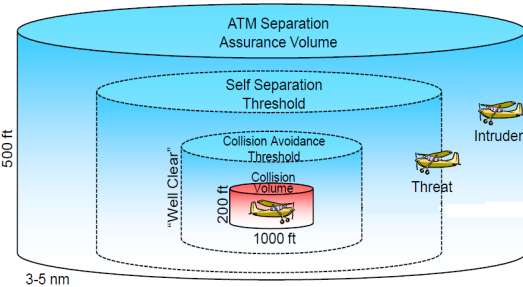


그림 5. 충돌회피 구역

### 3.2 감항성(Airworthiness)

감항성 규정은 승무원, 승객 그리고 지상의 인명 및 재산에 대한 위험을 최소화하도록 항공기가 제작되어야 함을 의미한다.

미국은 현재 민간용 무인항공기에 대해 FAA 8130.7 특별감항증명의 실험항공기 감항기준을

### 3.3 운용기준 및 절차

무인항공기 운용기준 및 절차에는 유인항공기와 마찬가지로 운항에 필요한 기준 및 절차를 비롯하여 비행절차, 항공교통관제 및 통신절차, 비상시 운용절차 등 다양한 기준과 절차가 필요하다.

미국 무인항공기 운영기준 및 절차요건에는 대원칙이 있다. 먼저 무인항공기 운용을 위해 유인항공기의 불필요한 제한이나 공역이용에 제한을 유발하지 않도록 운영기준 및 절차를 수립하고, 새로운 운영기준 및 절차의 제정보다는 현행 규정에 가능한 순응하도록 하며, 선례를 만들어 감으로써, 국제적 룰 모델이 되도록 면밀히 검토하고 있다.

이를 위해 현존하는 무인항공기 시스템 프로그램에서 얻은 자료와 유인항공기의 기준에서 무인항공기에 적용할 수 있는 맞춤형 기준 및 절차, 경험정보, NATO 문서 그리고 학계 및 연구기관의 자료를 바탕으로 운영기준 및 절차를 수립하고 있다[그림 6].

#### Development of UAS Criteria/Standards from many sources

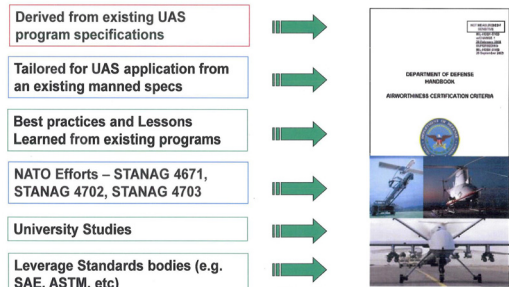


그림 6. UAS 기준 및 절차개발

### 3.4 장비(Equipage)

무인항공기가 유인항공기 공역을 비행하기 위해서는 기존의 시스템(절차, 규정, 시설, 공역, 요건 등)에 모든 것을 맞추어나갈 수밖에 없으며, 이에 따라 필요한 각종 장비를 탑재하여야 한다. 그러나 기존에 유인항공기에 맞춰 개발된 장비(항행 장비, 무선통화장비, 트랜스폰더 등)들은 중·소형의 무인항공기에 장착하기에는 크고 무거운 단점이 있다. 따라서 무인항공기에 맞는 소형, 저전력 장비가 개발될 필요가 있으나 이에 대한 시장 수요, 개발 비용, 기술 등이 관건이다. 항공전자장비의 경우 기술의 발전으로 대부분 소형화가 가능하나, 트랜스폰더는 송출 출력과 안테나 때문에 소형화에 어려움이 있다[2].

### 3.5 조종사 자격요건

무인항공기 조종사는 기본적으로 무인항공기를 조종(통제)하고, 운용환경에서 항공교통관제기관과 소통하여 안전하게 무인항공기를 운용할 수 있는 능력이 있어야 한다. 따라서 무인항공기 조종사는 운용환경(공역, 고도 등), 무인항공기의 크기 및 임무의 복잡성에 따라 유인항공기와 같은 차등화된 자격요건(가령, 조종사(pilot)와 운용자(operator) 등)이 필요할 것으로 예상된다. 현재 무인항공기 조종사는 내부조종사와 외부조종사로 나누고 있는데, 모든 조종사(또는 운용자)는 어떠한 형태로든 인증과정이 필요할 것이라는 것이 지론이다.

## 4. 공역통합운용 계획 및 연구

### 4.1 NextGen<sup>3)</sup>

무인항공기와 관련 하여 NextGen은 현재 CNS (Communication, Navigation, Surveillance)는 지상 장비를 기반으로 하는 항공교통관제(ATC)에서 위

성을 기반으로 하는 항공교통관리(ATM)로의 변화를 주도하고, 또한 무인항공기를 NAS(국가공역 체계)에 완전히 통합하여 운영할 수 있게 변화를 이끄는 계획을 말한다[그림 7].



그림 7. 차세대 시스템(NextGen)의 목표

현재 무인항공기시스템에서 NextGen 시행의 문제점으로는 우선 공역통합운용에 대한 검증부족과 무인항공기에 대한 항공교통관제(ATC)의 의견을 들 수 있다.

ATC에서는 허가(clearance)에 대한 무인항공기의 수행반응과 충돌회피 장비(TCAS, MSAW 등)의 운용에 대해 유인항공기와 같은 신뢰를 갖지 못하고 있다. 또한 무인항공기의 성능(상승 및 하강 성능 등)과 지시대기속도(IAS)가 유인항공기에 비해 차이가 있으며 결정적으로 탑승조종사의 see & avoid가 아닌 sense & avoid로 인한 안전성에 대한 논쟁 등으로 아직까지 무인항공기에 관한 한 NextGen 계획에서 검증되어야 할 사항들이 산재해 있다.

### 4.2 통합운용을 위한 HITL 시뮬레이션

2009년에 MITRE 연구소에서는 Human-In-The-Loop(HITL)<sup>4)</sup>시뮬레이션과 실험을 통해 무인항공기시스템의 국가공역체계로의 통합을 둘러싼 여러 논쟁들을 검토하고 정량화하려는 노력이 이루어졌다[6].

연구방법으로 그림 8에서 보는 바와 같이 항공교통센터와 접근관제소 소속 관제사로 포커스그룹을

4) 인간 상호작용에 관한 모델로 가상모델링 또는 시뮬레이션을 이용함. HITL은 인적요인 조건에 순응해야 하며, 시뮬레이션에서 인간은 시뮬레이션의 한 부분으로 결과에 영향을 미침.

3) Next Generation Air Transportation System의 약어.

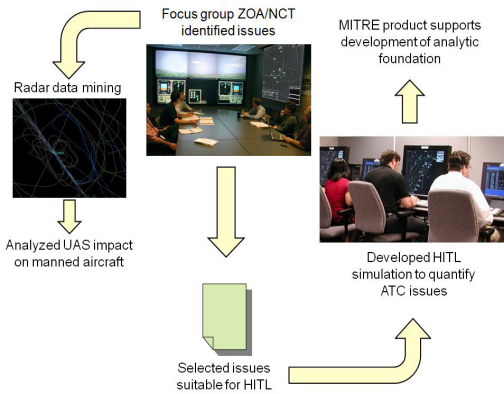


그림 8. HITL 연구방법

구성하고, 오클랜드(ZOA) 공역 내 무인항공기 (Global Hawk)의 레이더 자료(45회)를 수집한 뒤, 마지막으로 HITL 시뮬레이션을 MITRE 통합 ATM연구소에서 실시하였다. 이 연구의 목적은 무인항공기로 인한 관제사의 업무부하(workload) 변화와 기동 지연에 대한 관제사의 허용오차를 측정하고 link loss의 영향에 대한 실험과 근접상황 발생시 무인항공기와 유인항공기 중 기동지시에 대한 관제사의 선호도를 정량적으로 확인하는 것이었다.

연구결과, 무인항공기 대수가 증가함에 따라 업무부하는 증가하는 것으로 나타났고 무인항공기에 RVSM을 적용하지 못함에 따라 업무부하의 증가로 이어졌다고 조사되었다. 또한 시뮬레이션 된 섹터(sector)에서 안전하게 처리할 수 있는 무인항공기는 대부분 3대 정도로 응답하였다[그림 9].

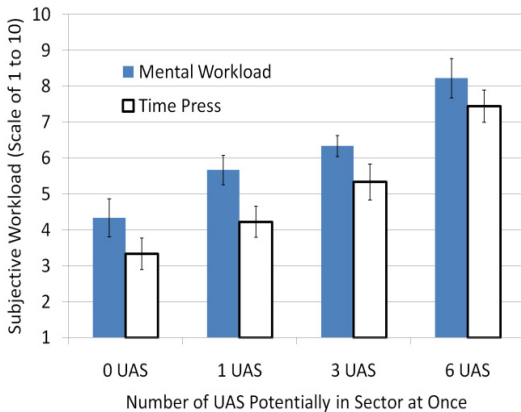


그림 9. 통합운영에 따른 관제사 업무부하

기동지연의 경우 시뮬레이션 전 브리핑에서는 무인항공기가 30초까지 기동지연이 있을 경우 운용조건으로 허용할 수 없다고 평가 되었으나, 시뮬레이션 결과 일부 관제사는 30초 지연이 발생하는 것조차 인식하지 못하는 결과를 보였다.

link loss는 시나리오마다 한 번씩 관제사별로 총 3회 발생시켰고 관제사들은 이로 인해 업무부하가 증가했다고 응답했다. 흥미로운 결과로는 무인항공기가 Squawk 7600을 맞춘 것을 인지하지 못하는 경우도 있었고 무인항공기가 Squawking을 한 후 조종사가 ATC에 통보하기까지 약 1분가량이 소요된 것으로 분석되었다.

관제사들은 실험 전 선호도조사에서는 항공기 조우시 무인항공기보다는 유인항공기를 기동시키는 편을 선호하였으나 시뮬레이션동안 발부된 관제지시들을 분석했을 때 관제사들은 유인항공기보다 무인항공기에 더 많은 지시를 발부한 것으로 나타났고, 방법으로는 무인항공기의 경우 고도 변경을, 유인항공기는 기수 변경을 지시한 것으로 분석되었다.

결과적으로 이 연구는 공역의 통합운영에 대한 논쟁을 정량적으로 검토하고자 하였고, 특히 A등급 공역에서의 무인항공기 운용특성 및 관제사들과 각기 다른 국가공역체계 이용자들 간의 상호작용을 확인하는데 도움을 준 연구로 평가된다.

### 4.3 NAS로의 통합운영 접근 전략

무인항공기가 유인항공기 공역 즉, 현재 운영되고 있는 국가공역체계(NAS)에서 통상적으로 운용되기 위해서는 관련 제도와 시설 구축이 필요하다. 따라서 미국은 이러한 국가공역체계에 무인항공기가 운용되도록 하기 위해 총 5가지의 전략을 수립하고 있다.

- Line-of-Sight Operations
- Terminal Area Operations
- Lateral Transit Operations
- Vertical Transit Operations
- Dynamic Operations

위 제시된 모든 운용전략은 단기, 중기, 장기 3

가지 단계로 구분 이행계획을 수립하고 있는데, 단기계획으로는 가시거리 내 운용전략을, 중기계획으로 접근관계구역 운용전략, 수평 및 수직이동 운용전략을, 그리고 장기계획으로 역동적 운용전략을 수행할 수 있도록 계획하고 있다.

**4.3.1 Line-of-Sight Operations**

Line-of-Sight Operations는 무인항공기 운용시 조종사가 직접 눈으로 확인하면서 항공기를 운용할 수 있어야 한다[그림 10].

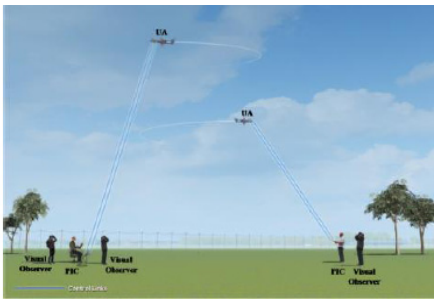


그림 10. 가시거리 내 운용전략

운용 가능한 영역은 D, E, G공역으로 항공교통량이 많지 않고 시계비행 위주로 비행하는 영역에서 운용하는 전략이다.

**4.3.2 Terminal Area Operations**

Terminal Area Operations는 B, C, D 등급 공역에서 항공교통량이 많은 B등급 공역을 제외한 터미널 주변의 공역에서 지상에 있는 항법장비를 이용하여 무인항공기를 운용하는 전략으로 Line-of-Sight 운용보다 넓은 범위에서 운영이 가능한 전략이다[그림 11].

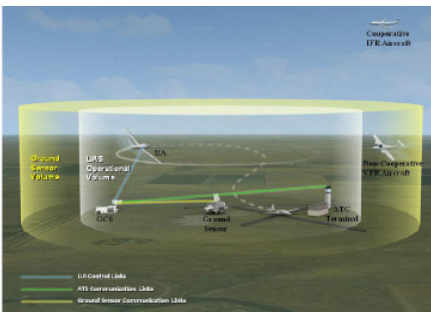


그림 11. 접근관계구역 운용전략

**4.3.3 Lateral Transit Operations & Vertical Transit Operations**

Lateral Transit Operations & Vertical Transit Operations는 Terminal Area Operations에서 보다 수평과 수직 방향을 확장시킨 범위에서 운용하는 전략이다.[그림 12,13] 여기에서는 항공기의 분리를 보다 3차원적으로 분리하여 다른 무인항공기 이외에 유인항공기와의 분리도 할 수 있는 전략으로 A, C, D, E 등급 공역에서 운영이 가능하다.

Lateral Transit Operations는 지상 감지장비의 통달 범위 내에 위치한 무인항공기 운용구역으로 연결 회로를 통하여 이동하여 운영하는 전략이며, Vertical Transit Operations는 지상 감지장비의 통달 범위 내에 수직으로 상향된 고도범위에서 무인항공기를 운용하는 전략이다.

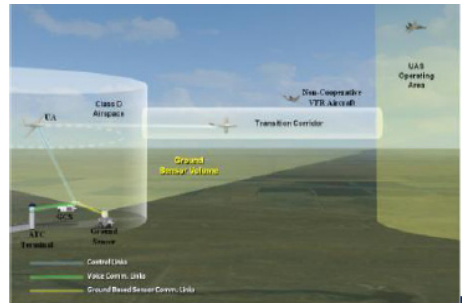


그림 12. 수평이동 운용전략

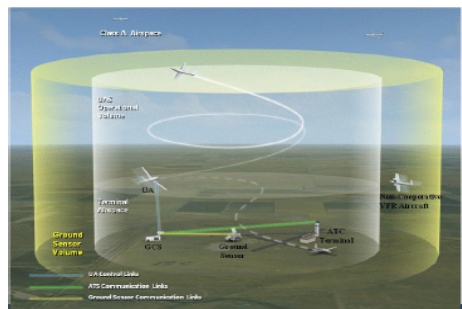


그림 13. 수직이동 운용전략

**4.3.4 Dynamic Operations**

Dynamic Operations은 위에서 제시한 3가지 전략보다 더 넓은 범위에서 운용이 가능하게 할 수 있는 전략으로 터미널 주변에서는 항공기 내

에 장착되어 있는 항법장비 또는 지상에 있는 항법장비를 이용하고 터미널 주변을 벗어나 A등급 공역 등에서 운영을 할 경우에는 위성을 통하여 운영하는 전략이다. 모든 공역에서 운영이 가능하며, 무인항공기 운영에서 가장 최종적인 목표를 나타내고 있는 전략이다[그림14].

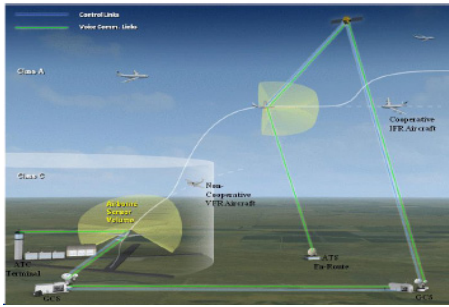


그림 14. 역동적 운용전략

공역의 통합운영 체계는 ATO (Air Traffic Organization)와 AVS(Aviation Safety)를 중심으로 COA (Certificate of Authorization), 운영절차(Operations Procedures) 그리고 공역 허가(Airspace Approval)에 대한 부분 및 감항성, 관련 규정, 자격증명, 실험인증 등에 대해 검토하고 필요한 요구 조건은 NextGen과 운영계획에 반영하고 있다.

또한 이에 대한 활동 프로그램은 단기계획으로 모델링, 시뮬레이션, 실험, 공역운영절차, 요구 분석, 기준개발, 지상실험 및 평가 등 기술적인 부분에 치중하고, 이를 바탕으로 NextGen의 일환으로 Sense & Avoid, Human-System 통합, 안전 분석, 지휘통제 및 통신, 그리고 자격증명 및 감항성에 대한 기준을 갖추는 것으로 계획하고 있다.

#### 4.4 NAS와 UAV 안전한 통합운용

위에서 살펴본 쟁점 및 문제점은 국가공역체계에서의 안전한 무인항공기 통합운용을 이루고자 검토된 사안들로 각 분야에서 연구들이 진행 중에 있다. 현재까지의 연구는 무인항공기 통합운용에 대한 안전성에 관한 연구로, 그림 15에서 보는 바와 같은 체계로 이루어지고 있다.

#### 5. 결 론

무인항공기의 활용도가 다양해지고 그 활동영역도 넓어지는 지금, 준비해야 하는 당면과제는 어떻게 무인항공기를 유인항공기 공역에서 안전하고 원활하게 통합 운영할 것인가에 대한 문제로 체계화된 계획에 따라 검토를 통해 이루어야 할 과제이다.

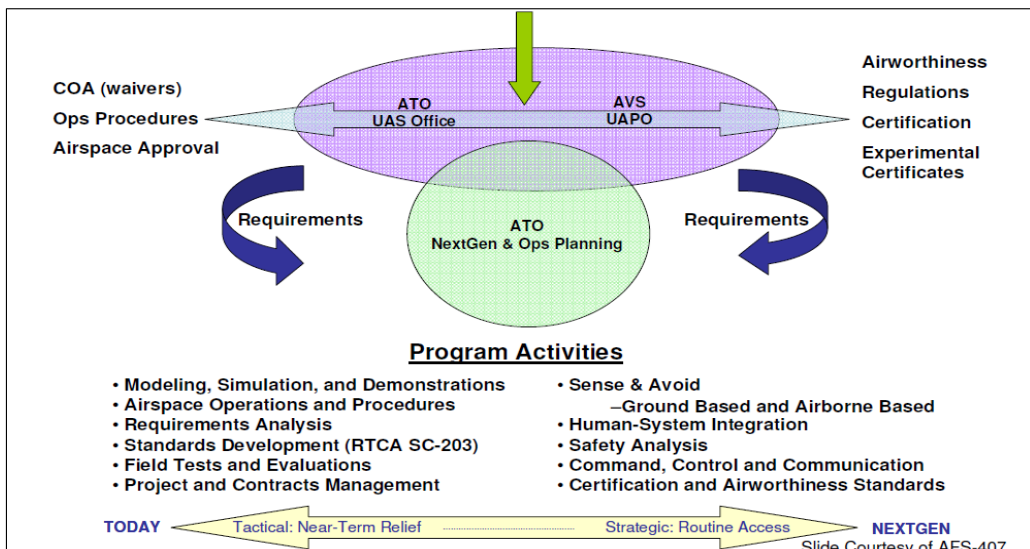


그림 15. 안전한 공역 통합운용 계획(7)



무인항공기가 국가공역체계에서 통합 운영되기 위해서는 감지 및 회피, 감항성, 운용기준 및 절차, 장비, 조종사 자격요건 등 충족되어야 할 많은 요건들이 존재하고 있으며 이들에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 특히 이러한 연구는 현재 무인항공기에 대한 연구 및 개발투자가 가장 많은 미국 주도하에 이루어지고 있다. 미국에서는 'NextGen'이라는 Plan을 통하여 CNS의 발전을 바탕으로 무인항공기가 교통량이 적은 공항에서부터 점차적으로 넓은 범위의 공역에서 통합 운영할 수 있는 방안을 체계적으로 제시하고 있으며 또한 ATC와 무인항공기의 비행성능에 대한 연구도 Human-In-the-Loop (HITL) 시뮬레이션 연구를 통하여 방안을 모색 중에 있다. 따라서 무인항공기 시장의 후발주자들에게 좋은 롤 모델이 될 수 있으며 또한 선행연구 결과 및 동향을 통하여 국내 무인항공기 개발사업은 물론 향후 공역 통합운용을 계획하고 추진하는데 근간으로 삼아야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Gerald R. Sayer, "Remotely Piloted Aircraft Operations in the National Airspace System", AUVSI, Denver, CO, 2010.8.
2. 교통안전공단, "무인항공기 안전관리제도 구축 연구", 국토해양부, 2009
3. M. S. Nolan, "Fundamentals of Air Traffic Control", 5th edition, 2010
4. 김도현, 양한모, "항공교통개론", 항공대출판부, 2008
5. Douglas M. Marshall, "International Regulation of Unmanned Aircraft Operations in Offshore and International Airspace", AUVSI, Denver, CO, 2010.8.
6. John Helleberg, David Maroney, "UAS operations in the NAS: HITL simulation and experimentation", MITRE corporation, 2009).
7. Ronald Stroup, "Delivering NextGen UAS/NAS Interoperability challenges", AUVSI, Denver, CO, 2010.8.