論文

소형항공기의 고밀도 운용방안 연구

김현수*, 유병선*, 강자영*

The Study on Small Aircraft Transportation System in Higher Volume Opreations

Hyunsu Kim*, Byeong-seon Yoo*, Jayoung Kang*

ABSTRACT

This paper summarizes the HVO concept and procedures, presents a summary of the research and results, and outlines areas where future HVO is required. This concept enables people to get their destinations through shortest paths with advanced air traffic control system and equipments. The concept′′s key feature is that pilots maintain their own separation from other aircraft using air-to-air datalink and on-board software which are needed for supporting flight information present on the high Way in the sky display and airborne internet. By assigning Self-Controlled Area which assume pilot have separation responsibility, controllers evaluated SATS HVO concept as a successful method on the view of reduced workload and increased traffic level on high volume operation.

Key Words : Personal Air Vehicle (개인용 비행체), Small Aircraft Transportation System (소형항공기 운용시스템), High Volume Operation (고밀도 운용), Self Controlled Area (자가 관제 지역), Airport Management Module (공항 관리 모듈), HighWay In the Sky(전파항로) Airborne internet(항공인터넷)

1. 서 론

라이트 형제가 비행기를 발명한 이래 100년 동안 항공산업은 폭발적으로 성장해 왔다.
항공교통이 가지고 있는 신속성과 원거리 이동성 등 장점이 이용객의 요구에 충족된 결과로 향후 지속적인 성장이 예견되고 있다. 또한 지상교통의 혼잡으로 정상속도 이하로 운행하는 차량이 급증함에 따라 발생하는 시간가치의 손실, 유류비용의 증가 등으로 발생하는 교통혼잡 비용은 국내의 경우 2006년 기준 연간 24조 6210억으로 (한국교통연구원 추정)국민 1인당 약 51만원[1]이 지출되고 있다. 이와 같은 흐름을 볼 때 가까운 미래에 상대적 장점을 보유한 항공 교통이 지상교통 수요의 일부를 대체할 것으로 예측된다.

2011년 현재 미국 등 항공선진국 뿐만 아니라 중국 등 신흥 국가들을 중심으로 항공 산업은 가파르게 성장하고 있으며. Airbus와 같은 상업용 항공기 제작사에서는 전세계적으로 2030년까지 매년 약 4.8% 이상의 항공수요 증가를 예측하고 있다.[2] 이로 인해 증가된 교통량을 처리할 수 있는 관제수요 또한 높아지고 있어 20년 후인 2030년 경에는 현재의 2배 수준으로 증가할 것으로 예상하고 있다.[2]

현재 항공운송이 가장 활발한 미국의 경우, 보잉, 에어버스 등 대형항공기 제작사의 항공기 뿐만 아니라 4인승에서 50인승내외의 소형기를 이

2011년 5월 23일 접수 ~ 2011년 06월 26일 심사완료
* 한국항공대학교
교신저자, E-mail : bsyoo@kau.ac.kr
경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1

용한 지점간 항공운송이 활발히 운영되고 있으며 소형기의 경우 내연기관의 신뢰도 및 운항가능거리에 따라 피스톤 및 터보 프롭 기관 소형기의 경우 단거리(300NM내외)항공운송수단으로, 터보팬, 소형제트 항공기의 경우 중, 장거리(1200NM 내외)상업용 항공운송수단으로 선호되고 있으며 향후 대형기 이외에도 개인용 항공기, 소형 에어 택시, 전세 항공기 등 다양한 소형기 운용이 활발해져 소형기의 운송 분담률이 증가할 것으로 예측하고 있다.[3] 그러나 증가된 교통량에 대한 교통서비스는 만족스러운 성장을 보여주지 못하고 있는 실정으로, 상대적으로 교통량이 적은 비관제 공황을 활발하게 활용하는 방안이 연구, 검토 되고 있다.

Table 1. 교통수별별 운용시 경제성 비교[4]

	자동차	상업용 항공기	소형항공기
거 리	300 마일	200 마일*	200 마일*
이 동 절 차 및 시 간	6 시간	차량이동 : 1시간 수 속 : 1시간 활주대기 : 30분 비 행 : 1시간 장주대기 : 미정 수 화 물 수 령 : 미정 차량이동 : 30분	차량이동 : 10분 수 속 : 5분 비 행 : 1시간 수화물 수령 및 수 속 : 5 분 차량이동 : 20분
소 요 시 간	6 시간	4시간	1시간 40분
상 대 속 도	50 m/h	50 m/h*	120 m/h
비 용	$35	$400	$150

지점간 이동거리 산출기준 : 차량-도로망, 항공-비행계획서

Table 1은 미국 연방항공청(FAA)과 미국 항공우주국(NASA)의 공동으로 실행했던 소형항공기 고밀도 운용(Small Aircraft Transportation System High Volume Operation; SATS HVO)을 적용한 공항 주변 공역에서의 항공관제 타당성에 대한 연구 결과의 일부로 미국 펜실바니아주 Westhester에서 버지니아주 Langley Reserch center까지 교통수단별 이동 시간, 속도, 경제성 등을 비교한 자료로 항공교통이 지상교통과 비교해 공간의 직선 이동에 따른 이동거리와 시간의 우위를 점하고 있음을 보여준다. 그러나 상업용 항공교통의 경우 경제성과 효율성 증대를 위해 운용되는 HUB-Spoke 시스템의 과부하로 2010년 기준으로 평균 30분의 비행지연을 양산하고 있으며[2][3], 안전 및 보안에 따른 탑승 지연, 공항 접근을 위한 경제적 손실 등의 이유로 지상교통수단에 대한 시간적, 경제적 우위를 지속적으로 점유하는 것이 어려운 현실에 직면하고 있어

현재 운용되거나 등장하게 될 소형 항공기를 이용한 다양한 항공교통의 변화를 통해 대안을 모색하고 있으며 그 중 대표적 예가 Personal Air Vehicle(PAV)와 같은 미래의 항공교통수단이다.[5]

본 논문에서는 향후 운용될 소형기의 안전성, 효율성 향상을 위한 세부 기술 및 운용형태를 제시하고 NASA의 시나리오 실험 결과를 소개함으로서 미래 고밀도 공역환경에서의 소형기 운용에 대한 기초 연구를 목적으로 한다.

2. 본 론

현재까지 소형항공기 운용 부담율의 수요와 향후 운용을 위해 다양한 연구가 진행되었고 Next Generation Air Transportation System(NGATS) 내에서의 운용에 대한 영향분석과 같이 기 계획된 항공교통정책에 적용 가능성에 대한 연구도 진행중에 있다.

이들 연구에서 향후 운용될 소형기의 비행체 및 운용 계획을 참조해 볼 때 대표적 차세대 소형기는 3차원 교통망을 이용, Door to Door과 같이 최단 경로를 실현하여 평균 이동시간이 단축 가능하며, 개인용 소형기의 경우 LSA(:Light Sport Airplane)급 항공기와 비슷한 수준의 교육을 통해 조종 자격을 취득할 수 있는 조종 용이성과 더불어 2인의 운항승무원이 운용 하는 상업용 항공기와 비슷한 정도의 안전성을 보유하고, Instrument Meteorological Condition(IMC) 상황에서도 운용이 가능한 비행체로 설정 한다.

실제로 다양한 소형기 비행체에 대한 연구는 미국을 중심으로 NASA 등 연구 기관에서 일부 시험용 기체를 생산, 연구가 진행되었으며 현재 Terrafugia와 Moller사 등 상업용 제조사를 통해 Dual-Mode의 Terrafugia Transition과 Moller Skycar와 같은 개인용 소형항공기가 양산, 판매될 계획이다.

기체에 대한 성능 요구 조건은 고강도 경량의 복합 소재를 사용하고 경량, 소형의 기체이며, 고효율, 고신뢰성의 엔진을 탑재한 저가의 비행체로 탄도(로켓발사) 항공 기체 낙하산 등을 활용한 저가의 안전성을 보유한 기체가 될 것으로 예상하고 있다.

반면에 미래 소형기 운용의 요구조건은 현재보다 현재 수준보다 상대적으로 향상된 안전성, 개인용 소형기의 경우 비숙련 조종사의 업무량 감소를 위한 다양한 장비를 탑재, 관제 및 감시 기능을 위한 추가적 장비를 요구된다. 아울러 미래 환경에서는 다수 항공기가 존재하는 고밀도의 공역 운용을 위해 현 관제시스템보다 한 발 앞선

새로운 관제시스템의 필요할 것으로 예상된다.

위 조건을 비행과정 및 형태로 분류 해보면 기상상황에 제약을 받지 않으며, 항공교통량이 고밀도인 지역에서 운용되고, 항로비행 중 비행체와 운항에 대한 안정성이 향상을 위해 외부 모니터링이 가능하며, 한명의 조종사만으로 운용이 가능한 형태로 기술할 수 있다

이에 진보된 비행 안전성 향상 시스템이 요구되며 비행 안전성 향상을 위해 항공기에 탑재되는 구성요소들로는 실시간 항공전자 시스템 모니터링 및 비행 중 시스템 오류 감지와 복구 기능을 적용한 비행체 안전성 확보를 위한 기술요소, 항로 및 공역에서의 항공기 간의 적절한 분리 및 관제를 위해 CNS/ATM을 이용한 성능기반항행(PBN) 및 자유비행 개념을 이용할 수 있는 운항 안전성 향상 기술요소, 공항 주변에서는, 더욱 증가되는 항공기 항적들을 적절히 분리 및 관제할 수 있도록 지원하는 고밀도 교통지역내 소형항공기 운용(Small Aircraft Transportation System High Volume Operation; SATS HVO)기술요소로 구분할 수 있으며. 각 기술요소별 세부기술은 다음과 같다.[6]

Table 2. 기술요소별 세부기술 비교

• 비행체 안전성 확보를 위한 기술요소
· 시스템 FDIR(Fault Detection, Isolation and Recovery) 장비 · 자동 시스템 백업 기능 및 데이터 복구 장비
• 운항 안전성 향상 기술요소
· 정확한 위치 정보 수신을 위한 장비 (예: GNSS 수신기) · 정보를 화면에 표시하는 장비 (예: Multi-Function Display) · 충돌 방지 및 경보 장비, 데이터 전송 및 수신 장비 (예: ADS-B, Data Link), · 비행정보 융합을 위한 항공통신, ADS, WFIS, ATFM, ASM, Airborne ATM을 지원하는 통합 ATM 구축 장비 · 전파항로 운용 지원 장비 (예: Head-Up Display; Enhanced Vision System, 3D Virtual Flight Path) · 위성항행시스템이 도입시까지 항로, 접근, 출도착의 PBN(RNAV, RNP) 요구사항 지원 장비 · 양방향 데이터링크(Two-way Data Links), 자동조종 데이터 링크(Automation-pilot datalink), 통신 인터페이스(Communication interfaces) 장비
• 고밀도 교통지역내 소형항공기 운용 기술요소
·착륙 순차 정보를 제공하는 공항관리 시스템 (Airport manegement module; AMM) 장비 ·PAV의 비관제 공역 운용 및 고밀도 운용을 지원하는 IPv6 ATN 장비

위에서 제시된 기술을 항행지원 시스템으로 재분류 해보면 조종석에서 운항 정보를 재구성하고 지원하는 증강 현실 구현 및 통합 시스템, 감시, 관제, 운항정보의 실시간 지원 및 전송을 위한 데이터 전송 시스템, 고밀도 지역 안에서의 관제 시스템 운용으로 요약할 수 있다.

2.1. 전파항로

전파항로는 PAV 기본 개념인 손쉬운 조종성과 안전성 확보 지원하기 위해 조종석 안에 증강현실을 이용하여 3차원 시각 항로 및 항적 정보를 통합적으로 제공하여 차량만큼 손쉽고 안전한 비행을 지원한다.

전파항로 시스템을 활용하여 조종사의 목적지를 선택할 수 있으며 항공 지도 디스플레이를 클릭하거나 음성으로 목적지 공항 이름을 호명하고 자동으로 비행계획을 작성하게 된다. 항공기는 항공 웹 서비스에 자동 접속하여 최신의 기상, 항법, 공항, 항공기 성능 데이터를 실시간으로 수신하고 항공기 DB에 미리 저장된 대부분의 데이터를 이용하여 비행을 계획하고 항행할 수 있다. 또한 NOTAM 등과 같은 경보 및 경고내용을 수신하여 현재 비행정보를 디스플레이 함으로써 조종사가 필요한 운항 정보를 지속적이고 효과적으로 제공한다.

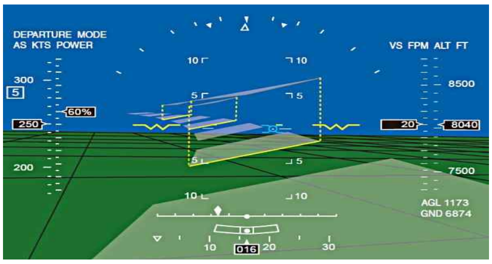


Fig. 1 다기능 시각 디스플레이 [7]

Fig. 1은 고도, 속도 등 기존 Glass Cockpit이 제공하는 비행 데이터와 그래픽 비행경로시스템이 접목된 형태로 항공기가 가상의 경로를 따라 비행할 수 있으며 위와 같은 형태의 직관적 조종석 디스플레이는 지형 및 장애물의 3차원적 도시 등 사실적이고 직관적인 시각 정보를 제공하며 타 항공기, 기상 조건, 비행금지구역, 공항 등을 나타내는 2차원 이동 지도 등을 시현할 수 있다

또한 저시정 착륙시 접근경로에 대한 가상의 3차원 항로정보와 GPS를 활용하여 고도정보를 포함한 위치정보를 시각적으로 제공함으로서 착륙접근의 무결성을 높일 수 있다.

2.2. 항공인터넷

감시, 관제, 운항정보의 실시간 지원 및 전송을 위해 ATC에 의존하여 항행하는 현재의 항행 시스템은 한계를 나타낸다. 이를 극복하기 위해 미래의 PAV는 탑재 장비를 이용하여 독립적으로 감시 및 합법 데이터를 획득, 전송하게 된다. 뿐만 아니라 항공기는 인근 타 항공기로 정보 전송, 수신하는 능력을 보유하여 항공기 상호간의 감시가 가능하고 각각의 S/W 컴포넌트들은 인터넷상에서 운용되며 XML 포맷의 항공데이터를 포함한 항공 웹 서비스를 이용하여 공역내에 방송하게 된다. 이는 현재의 ADS-B와 같은 감시 기술에서 진보된 형태로 감시 데이터 뿐만 아니라 항행에 관련된 거의 모든 데이터의 이동을 나타내며 이를 통해 좀 더 향상된 운항능력을 보유할 수 있다. 필수 지원 interface는 기존의 데이터 링크보다 많은 정보를 쌍방향으로 전송할 수 있는 항공인터넷(Airborne Internet: AI)로 정의한다[8]

GPS, ILS, DME 등 전파를 사용한 항행 지원 시설 신호정보를 인터넷 기반의 항공인터넷을 활용하여 추가적으로 전송할 수 있으며 기존 32bit IPv4 프로토콜에서 확장된 128bit IPv6 프로토콜을 활용하여, 이동체 인터넷의 안정성을 높이는 동시에 상업용 항공기의 경우 다양한 기내 오락 서비스를 지원이 가능하다. 항공인터넷을 이용하여 탑재 데이터 DB에 항법 및 항행정보를 이동 시간 동안에 지속적으로 업데이트하여 다양한 비행 환경에 적절히 대응하는 비행안전성을 확보가 가능하며, 업데이트 정보의 경우 비행추적 정보, 조종사 보고 기상 조건(PIREPs), 장비성능 데이터 및 고장, 관제사-조종사 통신 마크업 언어(CPCML) 등으로 상용 인터넷과 같은 동일한 기술을 사용하는 개인용의 안전하고 신뢰성 있는 peer-to-peer(P2P) 항공기 통신망 구축이 가능 할 것으로 예상된다. 운용방식은 기존의 무선랜 기반 인터넷과 동일한 형태로 Network내의 각각의 IP를 보유한 항공기 및 지상기반를 이용하여 WLAN 형태로 운용된다. P2P Network의 경우 Network 내 이용자가 직접 연결하고 정보를 교류하고 검색함으로써 모든 참여자가 정보 공급자인 동시에 정보사용자가 되는 형태이다

항공인터넷은 고고도 상업용 항공기에 사용할 목적으로 Network구축계획을 마련하고 이미 10여년 전부터 구체적인 방안에 대한 연구가 진행 중 이며 일부 항공사에서는 도입한바 있다.

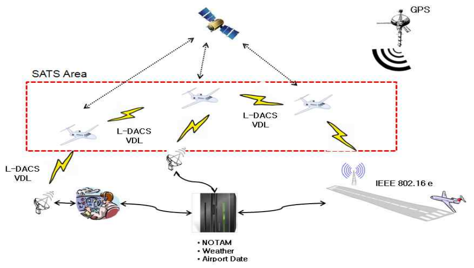


Fig. 2 항공인터넷 개념[9]

항공인터넷의 구축방안은 몇 가지 형태로 구분된다[8]. 위성을 이용하여 무선 데이터를 전송하는 Boeing 방식, 지상기반 시설을 이용하는 Aircell 방식, 항공기간 Aerosat Network방식이 대표적이며. 위성을 이용하여 무선 데이터를 전송하는 Boeing 방식의 경우 현재 운용 중인 대양지역 등의 위성통신과 동일한 형태로 최대 Download 가능 속도는 20 Mbps, Upload는 1 Mbps로 현재 상용 지상인터넷과 비교할 때 속도와 경제성이 현저한 차이를 보여 2006년 이후 계속 진행 되지 않고 있다.

Aircell방식은 지상 기반의 안테나 시설과 Aircell 안테나를 이용하여 기존 인터넷의 Router처럼 데이터를 전송하는 방식으로 위성을 이용하는 방식에 비해 적은 비용과 다양한 적용이 가능하다. 기존 인프라를 이용해 북미지역에서 적용할 계획으로 북미이외의 지역에서는 추가적 인프라 설치를 요구하고 있으며 지상기반시설을 설치할 수 없는 대양지역에서 전송이 어려움에 따라 Airbore internet 표준이 될 수 있을지는 미지수이다. 다른 방식으로는 AeroSat으로 각각의 항공기는 독립된 Router로서 항공기간의 전송 방식을 이용하여 지상과 항공기, 항공기와 항공기간 데이터를 전송하는 방식으로 지상 또는 위성 중계없이 공중에서 45Mbps의 속도와 각각의 Router간의 중계만으로 반경 300NM의 지역에 이용이 가능하다.

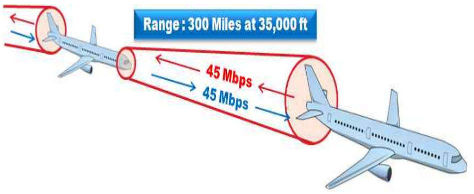


Fig. 3 항공기 기반 항공 인터넷[9]

이와 동시에 항공기 뿐만 아니라 해양에서도 가시선 외부나 지상기반 안테나의 고장시 Aerosat을 이용한 중계가 가능하여 다각적인 이용이 예상된다. 현재까지 경제성 및 운용 환경의 유연성 등을 고려해 볼 때 항공기 기반 항공인터넷 구축 방안이 경제적이며 효율적일 것으로 예측된다. 또한 저고도로 운용 되는 PAV의 경우 고고도의 상업용 항공기를 활용함으로서 경제성을 확보할 수 있다.

고속데이터 송신을 위한 반송파 대역으로는 항로지역에서 Air to Air의 경우 L-band(960~1164 ㎒), VDL Mode4, 또는 UAT, 공항지역에서는 IEEE 802.16e를 통해 C-band (5091~5150㎒)를 사용한다[10]

2.3 공항 관리 시스템

소형항공기 고밀도 운용개념에는 새롭게 정의된 항공기 운항공역 즉, 자체 관제구역(Self Controlled Area;SCA)가 등장한다. 자체 관제구역은 최초 접근지점(IAF), 중간 접근지점(IF) 및 최종 접근 지점(FAF)으로 구성된 T 모양의 형상을 포함하는 최종 접근 지점(FAF)의 반경 15NM내 공역으로 설정하는데, 현재 미국 공역내에서 운영중인 GPS-T Approach와 매우 유사한 형태를 보인다.

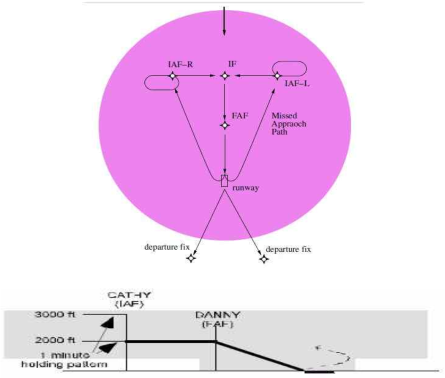


Fig. 4 자체 관제구역[11]

IMC상황에서 SCA는 관제탑과 1, 2차 레이더가 없는 공항 주변에 위치하고 있다. 공항에 진입하는 항공기는 표준 IFR 비행계획을 제출한 후 Air Traffic Control의 분리 서비스를 제공받게 된다. SCA 내에서는 조종사가 다른 항공기(비슷한 수준의 장비 장착)와의 분리에 대한 책임을 갖고, 항공기에 장착된 장비와 절차를 이용하여 접근 및 착륙을 수행한다. 고밀도 교통지역내 소형항공기 운용 하에서는 항공관제의 제한에도 불구하고 한 번에 한 대의 항공기가 아닌 다수의 항공기가 비관제 공항의 공역에 진입하여 착륙하게 된다.

AMM 기본 개념은 자체 관제지역내에서 다른 항공기에 대하여 항적분리와 침로에 대하여 조종사가 책임을 가지며 공항관리시스템은 오직 도착 sequence만을 제공하고 충돌에 대한 감시정보는 제공하지 않는다. 다만 자체 관제지역 내에 진입항공기의 경우 항적 분리를 위한 오직 현행 TCAS와 비슷한 형태로 접근경로상의 항공기에 대하여 충돌 위험 지시 및 권고만을 지원하고 출발 항공기에 대하여는 sequence를 제공하지 않는다. 이와 함께 HVO 절차에서는 도착항공기의 위치와 상관없이 데이터 또는 통신 두절시 Procedure가 지정되지 않고 상황에 적절한 특정 위치를 지정하여 시현장치를 통해 제공한다.

간단이 설명하자면 IAF주변 5nm 또는 접근 예정 지점 5분 전, 기내에 탑재된 항공전자장비를 통해 공항관리 시스템으로 현위치를 고려하여 자체 관제구역 진입 허가를 요청한다. 요청을 수령한 공항관리시스템은 항공기성능과 기상조건 등을 고려하여 순차관제 정보를 제공하고 아래와 같이 접근 절차에 대한 정보를 데이터를 통해 전송한다.

Message: ““Entry: Vertical(진입종류); IAF ANNIE(최초접근 지점); Follow N12345(등록기호); GPS-03 MAHF CATHY(실패접근체공지점)”
Pilot response: inform ATC of entry message from AMM, request descent into SCA, notify ATC when entering the SCA[12]

이때 AMM은 ADS-B를 장착한 IFR을 이용하여 도착하는 항공기에 대해 오직 순서정보를 제공한다. 출항절차는 현재 절차를 준용한다고 가정하고 AMM에 의한 간섭을 받지 않는다. 이와 동시에 AMM은 항공기간의 분리 정보를 제공하지 않는다.

Automatic Dependent Surveillance Broadcast(ADS-B) surveilance, two-way datalinks, automation-pilot datalink communication interfaces 그리고 cockpit displays of traffic information 등 의 장비를 적절하게 갖춘 항공기는 SCA에 접근하기 위해 교통 고밀고 지역 규정에 의거 접근을 요청 한다.

AMM은 지상기반 자동화 시스템으로 지정 공항에 설치되어 항공기 성능, 위치 정보, 바람, 실패접근의 요구량 및 미리 정해진 SCA 운영 규칙에 따라 순차 정보(Sequencing Information)만을 제공

하고, 이를 SCA 내부에 있는 조종사들에게 데이터 링크를 통해 전달한다. 기본적인 원리는 먼저 도착하는 항공기에 우선권을 주는 방식(First-come-first-serve method of arrival)으로 착륙을 요청하는 도착 항공기들의 ETA를 비교하여 SCA로 들어올 것인지, SCA 밖에서 대기(holding)할 것인지를 통보해준다. 순차정보는 기본적으로 진입항공기의 속도, 바람의 영향 등 복합적인 조건을 고려하여 먼저 진입한 항공기에 대하여 제공되는 것을 원칙으로 하고 있다.[13] [14]

SCA에 공간이 생기게 되면 AMM은 대기 중인 차 순위 항공기에게 출입을 허가하게 된다.

만약 착륙도중 복행 또는 착륙실패의 경우 항공기는 자동적으로 새로운 순번을 부여받거나, 다른 approach를 이용할 수 있으며 SCA를 벗어날 수 있게 된다.

ATC는 SCA 외부의 en route 공역에서만 관제한며. 파일럿은 SCA에 들어가기 위해서는 반드시 ATC에게 release절차를 수행하게 되며 AMM은 SCA안에서 동시에 최대 4대의 항공기에 착륙순서를 제공하고 필수장비를 장착하지 않은 항공기가 SCA 외부에 도착했을 때에는 SCA에 다른 접근항공기가 없을 때까지 SCA 외부 또는 내부의 장주고도에서 대기절차를 수행한다.

SCA에 항공기는 SCA 안쪽에서 운용할 수 있는 허가를 받게 되며 개념은 Fig.5와 같다.

AMM은 매우 간단한 시스템으로 결과적으로, 한정적인 순서정보 업무만을 제공하며. 항공기가 SCA에 들어오기 전에 ATC의 관제에 즉각적으로 반응할 수 있고 또 항공기가 스스로가 분리 및 감시를 이행할 수 있다고 가정 하에 운용된다.

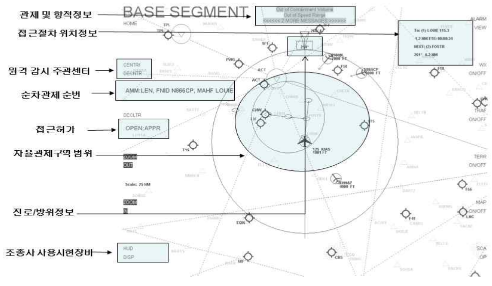


Fig. 5 항공기내 AMM 순차정보 가상시현

Fig 5는 기내 시현 장치에 공항관리 시스템으로부터 획득한 순차정보 및 항행관련 정보를 시현한 것으로 전파항로 운용 정보를 조종사가 직관적으로 인지할 수 있도록 GPS 시현장비에 추가적 교통정보를 탑재한 것이다.

2.4 SATS HVO 타당성 실험 분석

NASA에 의해 실험된 SATS HVO 프로그램은 미국인의 98%가 소형 공항의 30분 거리 이내에 거주하고 있어 소규모 공항에 대한 접근성이 용이하다는 전제로 소형 항공기와 5,000 여개의 비관제 공항을 이용하는 항공수송 네트워크로 최종적으로 door-to-door를 실현하기 위한 방안으로 여행시간을 10년 내에 현재의 1/2로, 25년 내에 2/3까지 줄이는 것을 목표로 계획 되었다.[3]

현재 Tower가 없는 공항에서의 항공기 운용을 살펴보면 최소한의 항공관제 서비스만 제공되고 있는 것을 알 수 있다. 즉, VFR에 의거하여 비행하는 조종사는 Common Traffic Advisory Frequency(CTAF)를 이용하여 위치와 의도를 맹목방송하며 타 항공기와의 분리를 유지하고, 계기기상조건(IMC)에서는 IFR 절차에 따라 항공기 이착륙이 한 번에 한 대(One-in, One-out)로 제한되어 운영된다.

이에 반해 SATS HVO는 IMC상황에서도 Radar가 없거나, 비관제 공항 주변의 공역에서 동시다발적인 항공기 운영이 가능하도록 하기 위해 정립되었으며, 접근 항공기에서 운용지역의 항공기에 대한 모든 감시정보가 탑재 전자장비에 시현되어지는 것을 가정하고 수립되었다.

이 중 소형항공기 고밀도 운용(Small Aircraft Transportation System HVO; SATS HVO)을 적용한 공항 주변 공역에서의 항공관제 타당성에 대해 미국 연방항공청(FAA)과 미국 항공우주국(NASA)의 Langley 연구센터(LaRC)에서는 2004년 10월 18일부터 12월 19일에 걸쳐 총 세단계의 실험을 실시하였다[16] 실험대상인 소형항공기는 향후 운용될 다양한 형태의 소형항공기를 포함하는 개념으로서, 관제요구조건이나 운항성능, 요구되는 탑재장비 등 대부분의 조건이 비슷하거나 동일하며 운용 조건 및 적용시스템 또한 비슷하거나 동일한 수준으로 정의 했다.

실험은 실험방법, 실험설계 및 데이터분석기술을 독립변수로 설정하여 1단계(Terminal Sector), 2단계(En Route Sector), 3단계(En Route Sector - Linked Condition)로 진행되었고 도출되는 자료의 객관성을 제어하기 위해 미리 다음과 같은 가설들을 설정하였다.

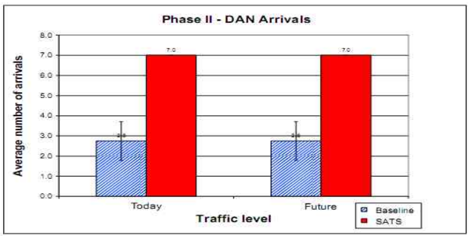
- SCA에서 완전무결한 SATS 환경이 존재함. 즉, 모든 항공기들은 소형항공기 안전성 향상을위한 장비요구를 충족시키고 스스로 항적분리에 책임을 짐.
- 두 공항에서 SCA의 크기는 최종 접근픽스에서 1

5마일 반경으로 동일함.

- 항공기가 SCA에 진입한 이후부터 관제사는 항공기에 대한 책임이 없음.
- 장비고장 등 비정상상황은 없음.
- 실패접근은 SCA 내에서 완벽히 수행되어야 하고 적극관제공역에는 영향을 주지 않음.

종합적인 측면에서 SATS HVO는 관제사들에의 업무를 줄일수 있었으며 특히 SCA에 진입하는 항공기의 관제에서 해방됨으로 인해 관제사들은 섹터 안의 다른 항공기에게 더 많은 주의를 기울일 수 있게 되었다. 베이스라인과 SATS조건에서 설정된 SCA의 대체항로에 대해서는 수치상으로 별다른 차이점을 나타내지 않았다.

Table 3. 도착 항공기 비율 변화(SCA단계)[17]



주어진 베이스라인과 SATS 시나리오에서 교통수준은 동일하였으며 SATS항공기가 SCA에 진입 후 조종사에게 분리책임이 이양되어 관제사 작업량은 감소하였다. 결론적으로 SATS 시나리오 동안 실험에서 관제사들이 조금 더 이른 시간에 관제이양을 하는 것이 가능했으며 이에 따라 적극관제하의 항공기 수는 감소하였다.

SATS 항공기가 SCA로 전이되는 동안 이 항공기들에 대한 지상에서의 허가전달은 필요하지 않았으며 또한 SCA에서 수행된 실패접근패턴은 실패접근에 대한 관제사의 부담을 없애주었다.

또한 예상했던 바와 같이, SATS 운용기간 동안 도착항공기 비율(작업량)은 현저하게 증가하였으며, 이것은 관제탑이 운용되지 않는 공항공역으로 한 번에 한 대 이상의 항공기가 착륙할 수 있게 만든 기본적 절차상의 변화에 따른 것이라고 볼 수 있다. 또한 조종사들의 교통정보 획득 시간과 직관에 따른 반응 시간이 감소됨으로서 운항 안전성이 향상되었음을 확인할 수 있다.

3. 결 론

항공수요의 증대와 지상교통량의 포화는 소형항공기의 다양한 운용을 앞당길 것으로 예측된다. 기존 상업용 대형항공기와 함께 운용될 다양한 소형항공기는 접근성뿐만 아니라 상업용 항공기 수준의 안전성을 보유 하여야 하며 복잡한 HUB공항이 아닌 접근성이 용이한 비 관제 공항을 중심으로 운용될 것이다.

ADS-B 감시시스템, 양방향 데이터 통신, 오토파일럿, 데이터 통신 인터페이스, CDTI 등의 항적 및 감시기능을 탑재한 소형항공기는 항공인터넷을 활용하여 운항 중 감시 및 기상 정보 등 항행정보를 업데이트하여 독립적 안전성을 보유하고 기존의 전파항로를 향상된 기술의 전파항로 프로그램이 대체할 것이다. 또한 SATS 프로그램 실험을 통해 고밀도 운용 지역 내에서 소형항공기의 공항관리시스템을 이용한 무인ATM 가능성이 검증되었다고 할 수 있다.

요컨대 전파항로 운용을 위한 기술요소와 항공 인터넷을 이용한 항행 데이터 융합, 공항관리시스템의 성능 향상은 여러 형태의 소형항공기운용에 필수 조건임에 틀림없다.

현재 항공 산업 전반에서 진행 중인 기술연구는 근시일내에 이러한 필수요건을 충족시킬 수 있으리라 기대한다. 그러나 소형항공기 활용 다각화를 위해서 장비에 대한 적절한 수준의 가격경쟁력 확보 등 풀어야할 과제가 남아있다. 또한 공항관리시스템 에 대한 추가적인 알고리즘 모델개발을 통해 탑재장비와 통신기술을 활용한 고밀도 운용 환경에서 소형항공기 운용 기술표준화를 유도할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

[1] 지식경제부 미래형 PAV 개발 선행연구보고서 2010. 4

[2] Nan Shellabarger Director, Aviation Policy & Pl-ans, FAA, 2010미래의 항공 교통 US FY 2011-2031 2011. 2

[3] S. Tsach. “A VISION FOR THE FUTURE EVOLUTION OF AIRCRAFT.“ 24TH INTERNATION-AL CONGRESS OF THE AERONAUTICAL SC-IENCES 2004 ICAS

[4] www.c3daero.com/presentations/ TheFutureOfAviation.ppt

[5] Magyarits, S., Racine, N., Hadley, J., “Air Traffic Control Feasibility Assessment of Small Aircraft Transportation System (SATS) Higher Volume Operations (HVO)“, DOT/FAA/CT- 2005 May
[6] Young-jin Kim, Ja-young Kang, Byeong-seon Yoo. Concept of SATS Higher Volume Operations and Air Traffic Control Systes 2010. 11
[7] 심상현, 강자영, 이상철, 유병선, 김도현, 염찬홍, “PAV 관제시스템 및 항공전자 기술 분석”, 한국항공우주학회 추계학술발표회, 2009. 11.13
[8] www.ahrtp.com/RSS-JSfeeds/Fly_By...Wire.htm
[9] Ralph Yost,Airborne Internet/Collaborative Information Environment: Societal Trends Make NOW the Right Time to Create the “Network In The Sky” 2004
[10] Project Management Enterprisesc AirborneInternet and the NASA/SATS Simulation and Integration Test Bed (SIB)2003. 10. 15
[11] Anand Bhadouria, ''Airborne Internet - [12]Gary W. Lohr and Dan Williams, Markrt & Opportunity '' Januuary 2007 Considerations in the Integration of Small Aircraft Transportation System Higher Volume Operations (SATS HVO) into the National Airspace System (NAS) AIAA 2005-7313
[13] Brian T. Baxley, Daniel Williams, Maria Consiglio and Cathy Adams “The Small Aircraft Transportation System, Higher“Volume Operations Concept and Research Summary, AIAA 2005-7379
[14] C. Rihacek, M Sajatovic, Frefqentis AG 'B-AMG -Bloadband Aeronatics Multi carrier Communication' 2008 IEEA
[15] Magyarits, S., Racine, N., Hadley, J., “Air Traffic Control Feasibility Assessment of Small Aircraft Transportation System (SATS) Higher Volume Operations (HVO)“, DOT/FAA/CT- 05/26, 2005 May
[16] Victor A. Carreño, “Concept for Multiple Operations at Non-Tower Non-Radar Airports During Instrument Meteorological Conditions”, Proceedings of the 22nd Digital Avionics Systems Conference, DASC 2003, October 2003, pages 10
[17] Abbott, T., Jones, K., Consiglio, M., Williams, D., & Adams, C., “Small aircraft transportation system, higher volume operations concept: Normal operations“. NASA/TM-2004-213022., 2004, August