

論文

비행궤적기반운항 국제표준제정 및 적용방향에 대한 연구

이근영*

A Study on the development and Implementation of International Standards on Trajectory Based Operations (TBO)

Gun-Young Lee*

ABSTRACT

Modern Air Traffic Management has been shifted from the conventional vector-based clearances to trajectory based operations (TBO) concept which utilizes four-dimensional trajectory based on the internationally interoperable information using Globally Unique Flight Identifier (GUFID). This study reviews the development for TBO-related standards and Flight Information Exchange Model (FIXM), which has been discussed by the ICAO Air Traffic Management Requirements and Performance Panel (ATMRPP). In addition, plans for the next step with TBO and the Republic of Korea's participation on the Mini-Global Demonstration were also introduced.

Key Words : TBO(비행궤적기반운항), ATM(항공교통관리), 4DT(4차원항적관리), SWIM(통합항공정보관리)

1. 서 론

국제항공운송은 글로벌 경제위기 등 위해요인이 있는 기간을 제외하고는 통상 연 5%의 성장을 지속해 왔으며, 항공기 제작사인 보잉사 및 에어버스사는 향후 25년 이내에 현재 운항하고 있는 항공기의 두 배가 되는 수의 항공기 운항을 전망하고 있다. 한정된 공역에 증가되는 항공기 운항을 수용하기 위한 방법 중의 하나로 검토되고 있는 기술이 비행궤적기반운항(TBO: Trajectory Based Operation)이다.

TBO는 국제민간항공기구(ICAO)의 미래항행시스템 전환계획(ASBU: Aviation System Block Upgrade)을 근거로 진행되는 사업으로 ICAO 항공교통관리요건 및 이행패널(ATMRPP: Air Traffic Management Requirement and Performance Panel)

2014년 08월 11일 접수 ~ 2014년 09월 20일 심사완료
논문심사일 (2014.09.10, 1차)

* 국토교통부 항공정책실 국제항공과
연락처, E-mail : airsafe@korea.kr
세종특별자치시 도움 6로 11

워킹그룹에서 미래 항공교통관리 체계를 효과적으로 지원하기 위하여 항행업무 개념정립 및 관련된 국제기준 마련을 위한 논의를 진행하고 있다. ICAO ASBU 스케줄에 의하면 TBO는 2015년까지 정보교환을 위한 국제표준을 정하도록 기획되어 있어 우리나라도 관련 기술개발 과정에 적극적으로 참여하고 국제표준을 합리적으로 제정하는데 기여함은 물론 실질적인 이행에 차질이 없도록 준비할 필요가 있다.

2. 본론

2.1 비행궤적기반운항

비행궤적기반운항(TBO)은 항공교통관리(ATM: Air Traffic Management)의 일환으로 ATM 시스템의 효율적인 개선을 위하여 보다 정확하고 정밀한 궤적을 제공하는 개념이다. 여기서 궤적(trajjectory)은 「항공기가 한 지점에서 다른 지점으로 이동함에 있어 수반되는 위도(latitude), 경도(longitude) 및 고도(altitude)의 변화를 포함

하는 비행경로」라고 정의된다(Charles Marcus. Butin(2014)). 항공기의 효율적 운항관리를 위해서는 비행계획에 시간(time) 요소를 추가한 4DT(Four Dimensional Trajectory) 개념이 도입되었다. 현재까지는 항공기 운영자가 제출하는 비행계획을 항공교통관제기관은 first come first serve 우선순위로 접수하고 비행 중 발생하는 상황에 대하여는 관제사가 조종사에게 음성으로 비행경로를 변경토록 지시하는 형태로 운영되어 왔다. 이러한 형태의 운항은 날로 증가하고 있는 항공기 운항을 과학적이고 효과적으로 운영하기에 미흡하다. 따라서 모든 운항과 관련된 객체들이 데이터 통신을 통해 항공기 운항 계획을 조율하고 변경하여 최적의 공통분모를 찾고자 하는 노력이 TBO의 출발이었다.

항공기의 궤적변경은 항공기 운영자와 조종사 및 항공교통관제기관간의 협의(negotiation)에 의해 시작된다. 비행계획의 수립은 비행계획(flight planning), 스케줄(scheduling), 항공보안(airspace security), 분리(separation) 및 항공교통 수요와 용량의 균형 등이 고려되어야 하며, 가장 효율적인 궤적을 완성하기 위해 항공기 운영자와 항공교통 관제기관의 협력과 협의가 효과적으로 이루어져야 한다.

2.2 비행계획기반 운항의 단계

비행계획기반 운항은 사전협의(Pre-negotiation), 협의(Negotiation), 확정 (Agreement), 실행 (Execution)의 4가지 단계로 구분된다.

2.2.1 사전협의단계(Pre-negotiation Phase)

항공기 운영자 입장에서 볼 때 사전협의 단계는 궤적의 목표를 정의하는 것에서 시작하며 영업목적에 최적으로 부합되는 궤적을 지원하기 위하여 집중화되고 공유된 정보를 활용한다. 이 과정에서 비행 route에 걸쳐있는 수많은 장애요인(constraints)을 피하기 위한 기획궤적(intended trajectory)을 생성할 수 있으며 항공기 운영자는 여러 개의 기획궤적에 우선순위를 부여하여 궤적옵션세트(TOS: Trajectory Option Set) 형태로 관제기관에 제출하게 된다. Fig. 1은 constraints에 따라 다양한 alternate trajectory 가 만들어질 수 있음을 보여준다.

2.2.2 협의 단계(Negotiation Phase)

항공관제기관은 데이터 전송을 통해 항공기

운영자로부터 접수한 TOS에 대하여 예상되는 장애를 근거로 궤적분석을 실시하게 된다. 만약 궤적의 실행이 어렵다는 판단이 되는 경우 항공기 운영자에게 우선순위가 높은 TOS를 거부하는 사유를 첨부하여 반송한다. 이 경우 항공기 운영자는 협의 및 수정과정을 거쳐 사업목적에 부합하는 우선순위가 높은 궤적을 만드는 노력을 지속하게 되며 항공교통관제기관과의 협의가 성공적으로 완료될 경우 다음 단계로 넘어갈 수 있다.

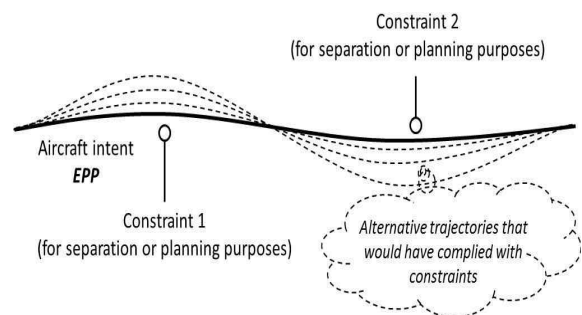


Fig. 1 Constraints and Alternative trajectories (자료원 : ATMRPP-WG/26-WP/632, June 27, 2014)

2.2.3 확정 단계(Agreement Phase)

확정단계는 기획된 궤적을 수락하는 간단한 절차이다, 확정된 궤적의 변경이 필요한 경우에는 다시 협의단계로 돌아가게 된다. 확정된 궤적이라도 조종사가 거부하는 경우가 있는데 예를 들면 궤적이 악 기상에 조우하게 되어 조종사가 안전한 운항에 문제가 있다고 판단되는 경우 궤적을 거부(reject) 할 수 있으며 이 경우에도 다시 협의 단계로 돌아가게 된다.

2.2.4 실행 단계(Execution Phase)

실행단계 동안 항공기는 성능범위 내에서 관제기관의 지시에 따라 궤적을 유지하게 된다.

항공기의 자동화 시스템은 궤적의 유지는 물론 진행사항의 모니터링 역할을 한다. 만약 항공기가 관제지시 대로 운항하지 못하게 되는 경우 조종사는 관제기관에 통보하고 새로운 궤적을 협상하여야 한다. 이러한 협상은 실제적인 궤적변경 이전에 이루어지는 것이 바람직하다. 그러나 항공기의 안전운항을 위하여 즉각적인 조치를 필요로 하는 경우(예 : 공중충돌경보시스템 발동)는 궤적 협의를 생략하고 즉각적인 조치가 이루어져야 한다.

2.3 운항관리 의사결정 단계

항공기의 운항관리는 일반적으로 운항관리센터(FOC: Flight Operation Center)에서 실시하게 되며 길게는 1년 전 부터 비행이 기획되고 비행 전 1 - 2일부터 taxi-out 할 때까지 전술적인 운항 기획이 이루어진다. 비행 중에도 모니터링과 지속적인 운항계획의 변경이 이루어 질 수 있으며 이러한 의사결정 단계는 ICAO 매뉴얼 즉 Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management (Doc 9971)과 ICAO 회람 The Air Traffic Management Service Delivery Management Circular (ATM SDM, Cir 335)에 기술되어 있고 Table 1에 정리하였다.

Table 1. FOC Processes (time horizon)

Doc9971	Doc9971	Cir335	FOC Processes
Strategic Activities	Years	Long term	Scheduling
Scheduling Activities	One year to months	Mid-short term	Scheduling
Nominal Operational Planning	Months to a day or two	Mid-short term	Scheduling Flight Planning
Tactical Operational Planning	Day or two, to taxi-out	Mid-short term	Flight Planning
Flight Operations	Off-block, Flight, On-block	Tactical	In-flight Monitoring and Ops Control

2.4 비행계획기반운항 지원을 위한 정보전달

현재까지는 항공기 운영자(운항관리사 또는 운항관리센터), 관제사, 조종사간의 정보전달은 대부분 음성통신을 통해 이루어 졌으며 최근에는 데이터 통신을 활용해 음성통신을 대신하고자 하는 노력이 진행되고 있다. Fig. 2는 현행 비행계획 지원 정보전달 시스템을 설명하고 있다.

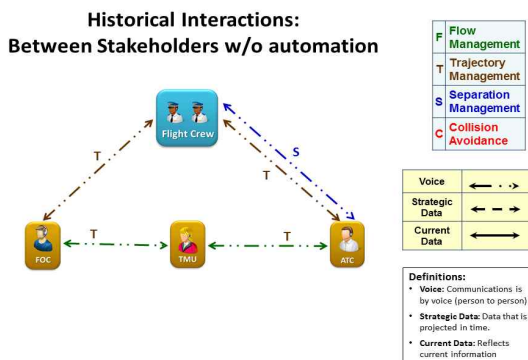


Fig. 2 Information Flow in Support of Trajectory Operations – Historical (자료원 : TBO concept of operations, June 13, 2014 – FAA)

미래의 4DT 비행계획 운항의 지원을 위해서는 현재와 같은 음성통신 위주의 정보전달 체계로는 한계가 있으므로 이 부분에 대한 획기적인 개선이 필요하게 된다. 항공기운영자(FOC)와 항공교통관제기관(ANSP) 간에는 수많은 계획이 제시되고 협의(negotiated) 되어야 하므로 데이터 통신을 활용한 정보의 전달 및 자동화를 통한 효율적인 조정이 필요하게 되었다. 그림 3.을 통하여 변경될 통신 및 의사결정 과정을 알 수 있다.

2.5 비행정보 교환모델(FIXM: Flight Information eXchange Model)

ICAO 항공교통관리요건 및 이행패널(ATMRPP)은 TBO의 성공적 추진을 위해 비행정보 교환의 중요성을 인식하고 비행정보 교환 모델 전환관리 위원회(FIXM CCB: FIXM Change Control Board)를 구성하고 구체적인 개발을 추진하고 있다. 동 위원회는 2013년에 구성되었으며 Airservice Australia, Eurocontrol, JCAB, MATS, NAV CANADA, SESAR, US FAA, IATA가 참여하고 있다. FIXM v1.0은 2012년 8월에 ICAO 2012 Flight Plan information with Globally Unique Flight Identifier(GUFI)를 지원하기 위해 발간되었다. FIXM v2.0은 Exchange of fleet prioritization, TFM(Traffic Flow Management), CDM(Collaborative Decision Making) 요소를 포함하여 2013년 8월에 발간되었다.

FIXM v3.0은 4D Trajectories 와 Additional Surface Data를 보완하여 2014년 8월에 발간될 예정이며 Road Map은 Fig. 4에 나타난 바와 같다.

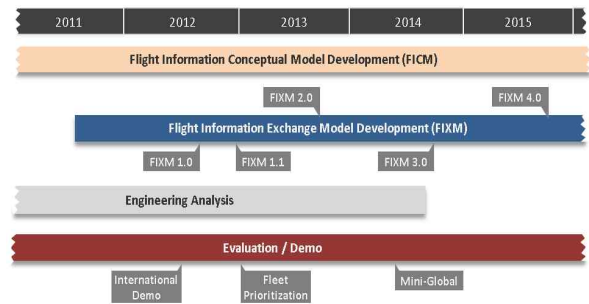


Fig. 4 FIXM Current Road Map(자료원 : <http://www.fixm.aero>)

FIXM에서 다루는 Aeronautical data resource 는 다음과 같다.

- Location Indicator(aerodrome)
- Navigational Aid(Navaid)
- Waypoint
- ATS route
- Flight Information Region(FIR)
- Aircraft Type Designator
- Standard Instrument Departure(SID)
- Standard Terminal Arrival Route(STAR)

협력적 운영환경 조성을 위한 운항·교통 흐름정보 공유(FF-ICE: Flight and Flow Information for the Collaboration Environment)는 TBO 성공을 위한 기본개념으로 Fig. 5에는 pre-departure, Fig. 6에는 In-Flight 때 관련 당사자 간 데이터 공유 형태를 정리하였다.

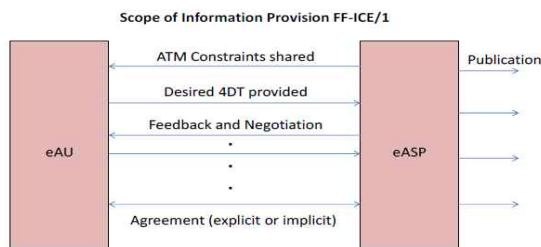


Fig. 5 Scope of pre-departure 4DT information provision during FF-ICE Step 1 (자료원 : ATMRPP-WG/26-WP/627, June 27, 2014)

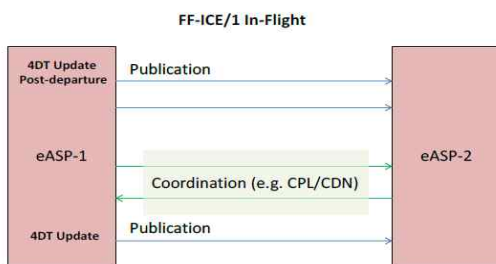


Fig. 6 Scope of In-Flight 4DT information provision during FF-ICE Step 1.(자료원 : ATMRPP -WG/26-WP/627, June 27, 2014)

2.6 Mini Global Demonstration

TBO의 실질적인 실현을 위해서는 Demonstration을 통한 검증이 필수적이다. ATMRPP는 호주에서 출발하여 미국으로 도착하는 Fig. 7과 같은 비행편을 TBO 시범사업으로 적용하는 계획을 세웠다.

이 프로젝트에는 미국, 싱가포르, 일본, 캐나다, 포르투갈, 태국, 인도 호주 및 대한민국이 참여하고 있다.

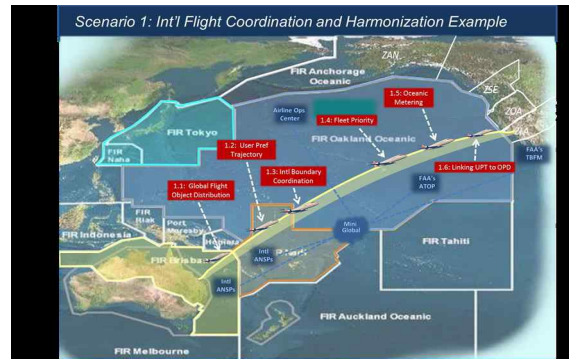


Fig. 7 International Flight Coordination and Harmonization Example(자료원 : ATMRPP - WG/26-WP624, July 7, 2014)

Mini Global에서 확인하고자 하는 능력은 다음과 같은 7가지 항목이다.

Capability 1. Global Flight Object Distribution (FIXM 등 data를 관제기관 등과 공유하는 능력)

Capability 2. User Preferred Trajectories(음성통신을 사용하지 않고 항공기 운영자가 관제기관과 negotiation, evaluation, collaboration 및 approval 단계를 실시)

Capability 3. International Boundary Coordination (관제기관 간 항공기 이양 시 데이터 교환으로 실시)

Capability 4. Fleet prioritization(국제항공운송 단계에서 항공사에서 정한 우선순위 데이터 적용)

Capability 5. Oceanic Metering(도착공항 혼잡 완화를 위한 대양 상공에서의 궤적변경)

Capability 6. Linking User Preferred Trajectories to Optimized Profile Decent(상기 5개 항목들을 적용한 최적 궤적을 실현하기 위한 데이터 링크 능력)

2.7 TBO 선결과제

TBO 적용에 따른 편익은 매우 크지만 선결해야 할 과제도 적지 않다. 우선 4차원 항적관리를 위해서는 항공기에 탑재되는 장비의 정확성은 물론 데이터 통신능력이 문제가 된다. ICAO는 항공사의 자발적 참여를 독려하기 위해 BCBS (Best-Capable-Best-Served)개념을 주장하고 있으나 현재 운영되고 있는 항공기는 TBO 운영에 필요한 장비를 장착한 항공기와 미 장착 항공기가 함께 운영되고 있음을 감안하여 다양한 장비장착 환경하에서의 TBO 운영의 효과와 문제점에 대한 추가적인 면밀한 검토가 필요하다. 또한 TBO 운영은 Mixed Mode 환경에서 비행정보를 교환해야 하는데, ICAO에서는 Mixed Mode 운영 시 발생할 문제점들을 사전에 면밀히 검토 하고 있다. 아울러

TBO의 성공은 국제적으로 호환 가능한 데이터의 생성 및 교환 과정에서 상호협력과 협조가 성패의 열쇠가 될 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 TBO 개념과 진행사항을 살펴 보았다. 미래 항공운송을 제한된 공역에서 수용하기 위해서는 데이터 통신을 활용한 최적의 비행궤적을 추구하는 TBO 개념은 선택의 문제가 아니고 필수적 요소이다. 우리나라 역시 TBO의 설계단계에서부터 적극적으로 참여하여 항공운송산업의 지속적 성장을 도모하여야 하겠다. TBO가 성공할 경우 철도, 해운과 같은 다른 모드의 교통수단에도 적용하여 가장 안전하고 경제적인 운영을 도모한다면 그 활용도는 매우 높다고 할 수 있다. Mini Global Demonstration에 참여하게 된 것을 계기로 정부, 항공사, 공항공사 및 학계·연구계가 함께 TBO의 설계, 운영, 확산에 노력해야 할 시점이다.

참고문헌

- 1) ICAO, Manual on Flight and Flow - Information for a Collaborative Environment(FF-ICE) Doc 9965 (2012)
- 2) ICAO, Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management Doc 9971(2012)
- 3) ICAO, The Air Traffic Management Service Delivery Management Circular Cir 335(2013)
- 4) ICAO, Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management, Doc 4444 15th edition(2012)
- 5) FAA, Trajectory Based Operations(TBO) Concept of Operations (2014)
- 6) FIXM, ATS Message Content to FIXM Logical Model Map Ver.1(2014)
- 7) FIXM, Globally Unique Flight Identifier(GUFI) Requirements Ver.2.1(2014)
- 8) ICAO ARMRPP WG/26-WP/620, WP/623, WP/625, WP/626, WP/627, WP/628, WP/629, WP/630, WP/631, WP/632(2014)
- 9) <http://www.fixm.aero>