

항공사의 TAPS 활용 방안과 기대효과 고찰

A Review on the Implementation of TAPS: Airlines Application Plan and Expected Effectiveness

배인석*, 김효중

한국항공대학교 항공교통물류학과

초 록

항공 운송량의 증가로 운항 중 예상치 못한 난류(Turbulence)에 직면하는 경우도 증가하고 있다. 이로 인한, 손님/승무원의 부상, 화물 손상, 항공기 효율성 하락 등으로 많은 Cost가 발생하고 있으며, 항공 안전에도 치명적인 위협이 되고 있다. 하지만, 이에 대한 정보는 운항 중인 항공기의 조종사기상보고(Pilot Weather Reports, PIREP)에 의존하여 발생 지역을 예측하고 있으나, 보고시간 지체에 따른 부정확한 위치, 주관적인 강도 예측으로 실제 유사 지역을 운항하는 항공기에 도움을 주는데 한계가 있다.

금번 논문에서 TAPS(Turbulence Auto PIREP System)의 원리와 실제 운영하는 항공사의 활용 방안을 고찰하여, 정보의 자동 송/수신을 통한 실시간 난류 정보 제공으로 위험 요인을 사전 인지하여 제거할 수 있는 방안을 살펴보고자 한다.

1. 서 론

국내 항공사는 항공 운항편수의 증가에 따라 항공기 안전 운항과 밀접한 연관이 있는 기상정보의 활용과 예측을 통한 사전 예방을 위하여 많은 투자를 하고 있다. 대한항공은 항공기 안전운항과 승객의 쾌적한 비행을 위해 사내 기상 전문가 그룹을 운영하면서 항로 위험 기상정보를 제공하는 기상감시 분석을 위한 통합시스템을 비롯하여 승무원 브리핑용 기상제공 시스템, 비행계획시스템과 연동된 기상분석 시스템 등을 개발하여 기상 조건에 맞는 운항절차를 개발하고 위험기상 분석을 통한 운항 안전도를 높이는 등 기상시스템 개발에 투자하고 있다.[1] 제주항공은 운항 안전성을 강화하기 위해 국내 LCC(Low Cost Carrier, 저비용항공사) 중에서는 처음으로 항공기상 감시 시스템을 도입하여, 취항 중인 아시아태평양 지역의 각 공항과 항로상의 기상 정보를 실시간으로 분석해 제공함으로써 운항 준비과정이나 운항 중에 직면할 수 있는 기상으로 인한 각종 위험 요소를 줄이는 노력을 하고 있다.[2] 아시아나항공도 항공기가 운항하는 전 공항과 노선의 강풍과

강설, 태풍과 난기류 정보를 파악해 악기상 상황을 사전에 피하도록 조치하는 종합통제센터를 구축하여 안전 운항과 경제적 운항을 도모하고 있다.[3]

이와 같이 항공사의 항공기상에 대한 투자로 안전도가 높아지고 있으나, 2014년 12월 인천공항을 출발해 미국 델러스로 향하던 아메리칸항공 여객기가 난기류를 만나 최소 12명이 중경상을 입은 사례에서 확인할 수 있는 바와 같이 비행 중 기단간의 온도차, 제트기류의 측면, 산악지역을 순환하는 빠른 공기흐름 등을 통해 생성되는 난류로 인한 예기치 못한 피해를 회피하기에는 어려움이 상존하고 있다. 항공기 조종사들이 난류에 대하여 비행 중에 일어 날수 있는 일반적인 현상으로 항상 대비하고 있다고 하나, 기내에 난기류가 다가오고 있음을 측정할 수 있는 장비가 없으므로, 조종사들은 기상 상태를 인식하고 판단하는 능력을 배우고 훈련하는 것으로 갑작스럽게 발생하는 난기류에 대응하고 있다.[4] 항공사는 운항브리핑 시에 항로상 악기상 정보에 난기류 지역 예측 자료를 포함하여 제공하고 있으며, 비행계획서에도 난류 예측 지역을 수치로 표시하여 제공하고 있다.

물론, 항공기 제작사인 보잉에서는 난기류가 심각한 문제이긴 하지만 탑승객들이 좌석에 벨트를 착용하고 앉아있는 한 안전하다고 한다. 항공기는 2.5G(지구 중력의 2.5배)를 견딜 수 있도록 설계되어 있으며, 일반적으로 폭풍 구름을 발생시키는 힘은 항공기에 1G 이상의 힘을 가하는 경우가 드물기 때문이라고 밝혔다.[5] 그러나, 난류지역을 항공기가 통과하면 흔들림으로 인하여 탑승한 승무원이나 승객은 불편감을 느낄 뿐만 아니라 부상을 입을 수도 있다. 극도로 강한 난류에 조우되면 항공기는 조종이 불가능 해지고 기체가 파손되는 등의 심각한 피해가 발생되어 치명적인 사고로 이어질 수도 있다.[6] 특히, 청천난류(Clear Air Turbulence, CAT)는 그 예측이 어려운 실정이다.

이와 같이 항공기 운항에 위험 요인이 되고 있는 난류를 예상하는 것은 관측 자료와 참고할 수 있는 자료의 부족 등으로 인해 예보자의 지식과 경험이 없이는 대단히 어려운 실정이다. 그 동안 국내에서는 조종사관측(PIREP) 자료의 분석과 이를 활용한 항공기상 예보의 검증이 있어 왔으나 항공기의 위치와 비행시간, 고도 등이 항공예보 지역과 일치하지 않은 경우가 많아 항공예보에 대한 검증은 고층 자료를 이용한 난류지수 계산식에 의해 이루어져 왔다.[6] 또한, 항공 난류 예측성을 향상시키기 위하여 장기간 조종사 기상 보고 자료를 이용한 한국형 항공 난류 예측 시스템 개발도 진행되고 있다.[7]

이와 같이 항공사는 기상 상황 확인을 위하여 많은 투자를 하고 있으며, 학계에서도 실제 상층의 정확한 정보 확보를 위하여 조종사관측(PIREP) 자료를 활용한 많은 연구가 진행되고 있으나, 연속적인 흐름의 특성을 가지고 있는 대기의 불안정한 상태를 감지하고, 빠른 시간 내에 주변의 운항하고 있는 항공기에 정보를 제공하기에는 한계가 있다.

동 논문의 목적은 난류로부터 부상자 발생을 방지하기 위하여 난류에 대하여 정리하고, 난류의 위치와 강도를 자동으로 송수신할 수 있는 TAPS(Turbulence Auto PIREP System)의 원리와 항공사의 활용 방안과 기대 효과에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 본론

2.1 난류 정의

난류(亂流, Turbulence)란 크고 작은 공기덩어리가 방향이나 속도, 강도 등이 불규칙하게 변하면서 소용돌이치는 현상으로 정의하고,[6] 항공난류는 대기 중 난류 요란이 항공기에 직접적으로 영향을 주어 항공기가 급격히 흔들리는 현상으로 정의 된다. 이러한 항공난류 중 레이더 에코 또는 대류운과 같이 사전에 인지 가능한 경고 없이 맑은 하늘에 급작스럽게 발생하는 것을 청천난류(Clear Air Turbulence, CAT)로 정의한다.[7]

2.2 난류 강도

난류의 강도는 객관적으로 결정하기는 곤란하나, 수직방향의 가속도의 정도를 중력가속도 g 를 사용하여 표시 한다. 비행기가 받는 충격은 비행기의 속도와 크기, 중량, 안정도, 등의 특성에 좌우 한다. FAA는 난류 강도를 약정도(Light), 중정도(Moderate), 심한정도(Severe), 극심한정도(Extreme) 로 구분한다. 대기의 운동을 기계적으로 측정하여 결정하기 보다는 통상 비행 중 항공기의 흔들림을 운항 승무원이나 승객의 체감, 기내 물건의 움직임, 항공기의 반응에 기초를 두고 분류하고 있다. [8]

2.3 조종사기상보고(PIREP)

Intensity	Aircraft Reaction	Symbol
Light	Loose objects in aircraft remain at rest.	
Moderate	Unsecured objects are dislodged. Occupants feel definite strains against seat belts and shoulder straps.	
Severe	Occupants thrown violently against seat belts. Momentary loss of aircraft control. Unsecured objects tossed about.	
Extreme	Aircraft is tossed violently about, impossible to control. May cause structural damage.	

Fig 1. Turbulence Intensity

조종사기상보고(Pilot Weather Reports, PIREP)라 함은 비행 중에 조종사가 조우한 기상현상 보

고를 말한다.[9] 운항 중인 항공기로부터 오는 기상 정보 보다 더 시기적절한 리포트는 없다. 사실, 운항 중인 항공기는 실제 착빙이나 난류 상태를 관측할 수 있는 유일한 수단이다. 기상 브리핑을 수행하는 운항관리사나 기상 예보관들 뿐만 아니라 조종사들도 PIREP을 환영한다. 조종사들은 비행을 계획하고 준비하는 다른 조종사들을 지원하기 위하여 관측된 정보가 좋고 나쁜지 리포트 해야 한다. 이러한 정보는 항공 분야에서 더욱 정확한 기상 예보를 할 수 있도록 도움을 준다.[10] PIREP은 비행안전에 영향을 주는 특별한 기상 상황에서 ATC가 조종사에게 요청하는 내용이며, 이는 ATC가 파악하지 못하는 비행 기상 상황에 관해 정보를 요구하는 것이다.

2.4 PIREP의 활용 한계

1966년 National Committee for Clear Air Turbulence에서 CAT를 대류운 외부에서 직면하는 난류로 포괄적으로 정의하고, 조종사에게 어떤 단서나 경고도 없이 갑자기 빈번하게 발생하는 위험 요소로 알려져 왔기에 FAA는 운항승무원, 운항관리사 등 항공종사자들을 위하여 청천난류(CAT)의 다양한 형태와 패턴을 공지하고 대기상의 Turbulence를 회피하기 위한 경험적 방법을 제공했다.[11]

CAT에 효율적이고 효과적으로 대응하기 위한 시스템을 구축하고 PIREP 정보를 활용하기 위한 다양한 노력에도 불구하고, 지속적으로 난류로 인한 운항 중 기내 환자가 운항편의 증가와 함께 지속되자 FAA는 이를 방지하기 위한 다양한 방안을 제공하였다.[10] 그 중에서 기존 PIREP 제공 방식의 한계를 해결하기 위한 방안으로 항공기에 장착된 장비를 통하여 위험한 난류 events를 실시간으로 발생하여 자동으로 보고할 수 있는 새로운 시스템에 대하여 언급하였다. 항공기에 장착된 ACARS를 통하여 대기의 난류 events를 객관적인 값으로 자동 Downlink하고 범위를 개선할 수 있는 방법을 연구하였으며, 이와 같은 노력을 통하여 조종사의 주관적인 PIREP에서 보다 객관적이고 정확한 난류 정보를 얻을 수 있으며, 기존 30분 이상 걸리던 PIREP 수집이 실시간으로 가능하게 되었다. 또한, 발생한 난류의 위치를 비행계획서의 WAYPOINT 주위에서 실제 좌표

정보를 확인할 수 있도록 하였다. 하지만 실시간 난류를 조우한 항공기로부터 수신한 다양한 PIREP를 해당 지역을 운항하는 운항편에 실시간으로 제공하기 위해서는 한계가 있었다. [10]

2.5 TAPS의 이해

TAPS(Turbulence Auto PIREP System)는

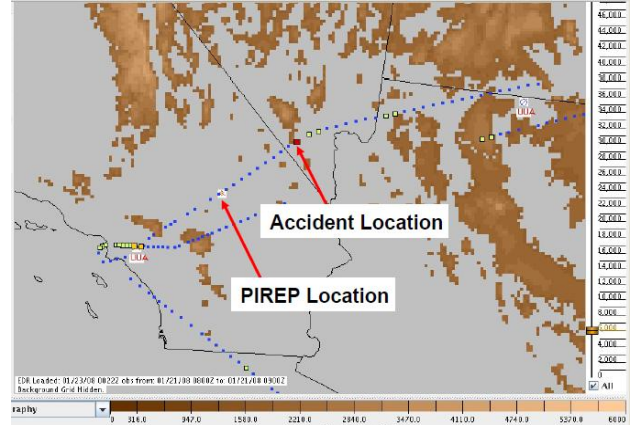


Fig 2. PIREP의 위치 Error (Severe Encounter with Significant PIREP Location Error)

기존 PIREP으로 수신된 난류 event를 자동으로 발생된 지역 주변의 항공기에게 전달하는 시스템이다. 항공기에 장착된 센서(DFDR Data)가 난류를 감지하여 일정 값 이상일 시에 자동으로 정보를 Downlink 하고, 실시간 비행 중인 항공기에 PIREP 정보를 자동으로 전달할 수 있다. 기존 PIREP은 항공기가 난류 지역을 진입하여 나올 때까지 한번 보고되지만, TAPS는 ACARS를 통하여 매 30초 마다 연속적으로 정보를 전달한다. 이 정보가 지상 시스템에 입력되어 시간과 위치가 분석되면 민간 기상 정보 제공사와 연동되어 개발되어 있는 기상정보시스템상의 항공기 감시 시스템과 연동되어 일정 범위 이내에 운항하는 운항편에 정확한 위치 정보를 포함한 난류 정보를 발송한다. 운항 중인 항공기는 인접지역의 실시간 난류 정보를 접수하여 기상 레이더에도 표출되지 않은 악기상 정보를 수신하여 Seat Belt 사인과 안내 방송을 함으로써 위험 요인을 사전 제거할 수 있다.[12]

2.6 TAPS 원리

TAPS는 수직가속도로 Root Mean Square-g (RMS-g)를 사용한다. 항공기의 가속도계로부터 측정된 데이터가 ACMS(Aircraft Condition Monitoring System)에 전달되면, TAPS Software로 분석한다. RMS-g와 EDR(Eddy dissipation Rate)을 계산하여 RMS-g가 일정값 (0.2 RMS-g, Moderate)을 초과하면 자동으로 ACARS를 통해 지상으로 Downlink되어 기상시스템에 입력되고, 항공기 감시 시스템과 연동되어 이벤트가 발생한 주변의 항공기에 전달된다. 민간 기상사업자들은 항공사들과 연계하여 MAP 상에 시각적으로 표출하고 ALERT를 생성한다. RMS-g는 특정 운항 상태에서 항공기의 수직가속도의 표준편차를 이용한다.[13]

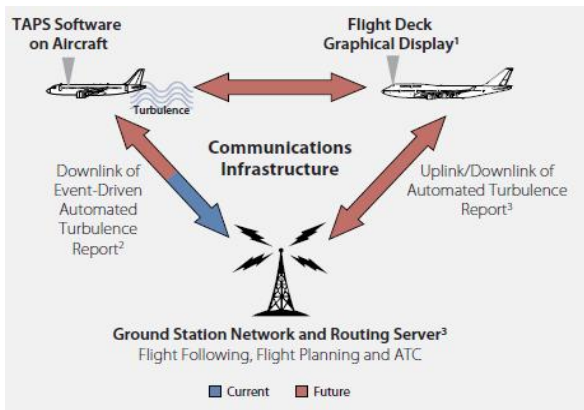


Fig 3. TAPS의 정보 전달 체계

항공기의 ACMS에 있는 DFDAU(Digital Flight Data Acquisition Unit, 디지털 비행자료 획득 장치)에 Hazard Metric Algorithm이 포함된 Software를 심어 ACARS를 통해 지상으로 자동 Downlink하고 지상시스템에서 주변 항공기에 Uplink하여 ACARS 프린터에 정보가 인쇄된다. Advisory 지역은 보고된 위치로부터 고도 +/- 2,000 feet, 30~60분 유효 시간의 원통 형태로, 발생 이벤트에 대한 논의사항도 포함되어 나타낸다.

주관적인 PIREP을 대체하여 객관적인 대기상의 난류 관측 값을 증폭하기 위하여 대기의 난류 metric인 EDR(Eddy Dissipation rate) 값을 사용하여 항공기에서 측정하는 RMS-g 값으로 변

환할 수 있으며, 보고 위치 정확도를 평균 50km에서 2~3km 이내로 높일 수 있다. 이러한 실시간 EDR 정보는 실제 PIREP 위치 정보의 에러를 감소 시킬 수 있다.

2.7 TAPS 활용 및 기대 효과

현재 항공사에서 TAPS를 활용하고 있는 사례를 통해, 시스템 활용으로 얻을 수 있는 실제 기대 효과가 무엇인지 확인할 수 있다.

2.7.1 American Airlines

American Airlines는 2007년부터 TAPS에 관심을 가지기 시작하였으며, 미국의 WSI(Weather Service Incorporated, 미국 민간 기상사업자)사와 협력하여 실시간 난류 Alert 정보를 활용하고 있다. 항공기가 난류 지역에 진입하여 RMS-g가 일정값 이상을 초과하면, 동 지역을 벗어나기 전까지 매 30초 간격으로 정보를 전달한다. 난류 정보가 없을 시에도 매 20분 간격으로 정보를 전송하여 항공기의 안정적인 운항을 감시하고 있다. 현재 B737/B767/B757 항공기에 활용하고 있으며, 2015년 말에 B777, 2016년에는 A320 계열에 확대해 나갈 계획이다.

운항관리사는 항공기 감시 MAP 상에 TAPS 정보를 시각적으로 확인하고 Alert 정보를 확인할 수 있으며, 실시간 난류 정보를 운항승무원에게 브리핑 하고 있다. 운항승무원은 최신 TAPS 정보를 수신하여 항로 및 고도를 조정하고 SEAT BELT SIGN을 표시한다. 또한, Severe 난류 지역 진입에 따른 로그북 기입 횟수가 줄어들어 정비 점검회수도 감소하는 효과가 있으며, 운항승무원들은 TAPS의 분석 자료에 만족하고 활용에 동의하고 있다. 또한, B737 기종의 경우 승객 및 승무원 부상사고가 2013년 대비 2014년에 25% 감소, B757/767 기종의 경우 2013년 대비 2014년에 50% 감소하였다고 발표하였다.[12]

2.7.2 Dragon Air

Dragon Air는 2010년 이후 난류로 인한 부상 사례를 연구하였다. 발생하는 사례의 76%가 예상치 못한 상황에서 Seat belt sign이 꺼진 상태, 54%가 순항 단계, 부상자의 90%가 뒤쪽 캐빈 또는 갤리에서, 심각한 부상자의 90%는 통로에서

넘어져서 발생하였으며, 부상 승무원은 30일 이상의 병가가 발생하였다. Dragon Air는 TAPS를 통해 사전에 난류 정보를 캐빈에 알리고 심한 정도를 인지하여 항공기의 구조 점검이 요구되는지에 대한 경고 정보를 확보할 수 있다고 판단하여 2014년 8월부터 실제 운영 중이다. 이를 통하여 난류로 인한 부상 사례가 감소하였음을 확인하였고 동아시아 지역에 유일하게 TAPS 정보를 활용하고 있음을 홍보에 활용하고 있으며, 보다 많은 항공기에 설치하여 더욱 활용도를 높이기 위하여 계획하고 있다고 발표하였다.[14]

Table 1. The results of TAPS Live

2014	발생사례	부상승무원	부상 손님
Jan-Jun	13	13	1
Jul-Dec	8	12	0

3. 결론

운항 중인 항공기는 대기 기상 상태에 민감하게 반응하므로, 운항 전 각종 항로상 기상 예보를 참고하여 안전한 비행을 위해 노력한다. 최신 기상 레이더를 통해 대기의 기상 상태를 모니터링하며 비행하고 있으나, 예상치 못한 난류에 조우하고 있다. 이를 해소하기 위하여 정부기관, 항공사, 민간기상 정보회사들이 오랜 기간 PIREP을 보완하기 위한 TAPS 시스템을 개발하고 기종별로 성과를 내고 있다. 동 논문에서는 TAPS의 기본 원리와 활용 방안에 관하여 고찰하였으며, 구체적인 수학적 원리에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 또한, TAPS 시스템을 통한 보고들이 국제 항공로에서 아직 부족한 실정므로, 더 많은 항공사들이 동 프로젝트에 참여하고 함께 정보를 공유 한다면, 운항 중 심각한 난류에 직면하여 발생하는 환자수를 감소시킬 수 있겠다. 향후, 항공기의 기내 장비의 개선으로 보다 많은 기종의 항공기에 시스템을 장착하여 항로상의 악기상을 사전 회피할 수 있도록 진행하고, 특히, 국내 항공로상의 난류 정보를 수집하여 국내로 입항하는 항공기에 자동 전달할 수 있는 시스템을 구축할 수 있는 방안에 대하여 추가 연구가 필요하겠다.

현재 미국에서는 TAPS의 활용에 대하여 지속적으로 진행하고 있으나, 아시아 지역에 대해서는 일부 항공사가 시범적으로 활용하는 단계에 머물러 있으므로, 국적 항공사들도 관심을 가지고 협업해 나갈 수 있도록 진행이 필요하겠다.

참고문헌

- [1] 한국기상산업진흥원, 2011, “날씨를 알면 경영도 맑음”, p9
- [2] 경남일보, 2013년 7월 24일, “제주항공 시스템 개선에 100억 투자한다”
- [3] 조선비즈, 2014년 10월 31일, 날씨경영...중합통제센터
- [4] 아시아투데이, 2014년 12월 22일, “난기류, 터블런스 와 여객기 안전운항”
- [5] Travel mole, 2013, Flight Turbulence: Is it dangerous?
- [6] 이흥열, 2007, 공역 및 항공로상의 난류예측
- [7] 김정훈, 2012, 기상청 현업 통합모델과 조종사기상보고 자료를 이용한 한국형 항공난류 예측 시스템 개발
- [8] FAA, 2010, Aviation Weather Services, Advisory Circular 00-45G
- [9] 국토해양부, 2009, 훈령 제118호, 항공교통 관제업무운영 및 관리지침
- [10] FAA, 2007, Preventing Injuries Caused by Turbulence, Advisory Circular 120-88A
- [11] FAA, 2015, Atmospheric Turbulence Avoidance, Advisory Circular 00-30B, 1997
- [12] Brennan Scott, Turbulence Auto PIREP System
- [13] Larry B Cornman, “Airborne in Situ EDR Theory and Background”, National Center for Atmospheric Research, Print.
- [14] Jon Horwood, 2015, TAPS A Turbulence Solution for Dragon Air