

차세대 항공 감시시스템의 국제동향 및 시사점

International Trends and Implications of Next Generation Air Surveillance Systems

전제형^{1*}, 송제환¹, 송병흠²

한국항공대학교 운항관리학과 대학원¹, 한국항공대학교 운항관리학과 교수²

초 록

본 논문은 CNS/ATM의 항공감시 업무(Surveillance)의 내용을 소개하고 있다. ICAO(International Civil Aviation Organization)가 권고한 GNSS(Global Navigation Satellite System)기반의 인프라 구축 및 연구개발을 포함하는 내용의 글로벌 항공계획(Global Air Navigation Plan: GANP) 개념을 기반으로 미국과 유럽에서 현재 진행되고 있는 차세대 감시시스템의 최근동향 및 운용개념 수립과 관련 연구개발 진행 현황을 정리하였다.

1. 서론

항공기 감시업무는 초기에는 대부분이 관측자의 시계(visual)관측을 통한 보고위주로 운용되었으나 감시 장비 개발로 이후 1차, 2차 레이더 및 지상감시레이더에 의존하여 이루어져 왔다. 그러나 이러한 지상레이더 시스템은 장애물과 기상 영향으로 음영지역이 존재하여 필연적으로 항적을 탐지하지 못하는 사각지대가 발생하게 된다. 기존의 지상레이더는 모든 항공기를 탐지하는데 한계점에 도달한 반면 항공수요는 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization; ICAO)의 전망과 같이 매년 약 4.6%의 항공수요가 지속적으로 증가될 것으로 보인다[1].

이에 따라 국제항공사회는 ICAO를 중심으로 항공교통량증가에 따른 항공안전사고의 위험에 대처해야하는 공동의 목표를 갖게 되었다.

해당 배경에서 효율적인 공역관리 및 안전운항을 위한 새로운 감시체제의 연구, 인프라 구축의 필요성을 인식한 ICAO는 1983년FANS(Future Air Navigation)을 구성하게 된다. 이후 1991년 제10차 항행회의를 통해 차세대항법인 CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance /Air Traffic Management)의 개념을 승인 하였고 1992년 제29차 총회에서는 CNS/ATM에 대한 국제 표준의 제정 및 전환운용 계획을 수립하게 된다[2].

CNS/ATM은 차세대 항법시스템으로 항공교통량을 첨단 감시 시스템을 이용하여 효율적으로 수용하고 운항 안전성을 확보하는데 그 목적을 둔다. 또한 ICAO는 1998년 GNSS(Global Navigation Satellite System)기반의 인프라 구축 및 연구개발을 포함하는 내용의 글로벌 항공계획(Global Air Navigation Plan GANP)을 공표하였다[3].

그러나 당초의 계획보다 CNS/ATM 연구개발 및 인프라 구축은 기술의 개발에 따른 소요 비용의 증가와 인증 국가 간의 이해관계로 인하여 다소 지연되고 있지만 주요 항공선진국들을 중심으로 자국 내에서 ICAO의 국제표준 및 권고방식에 따라 해당분야의 연구와 시범운영들이 활발하게 진행하고 있다.

국내에서도 국토교통부 주체로 국가 연구개발 사업들이 진행되고 있지만 항공연구 분야의 인프라의 부족으로 인하여 대부분의 핵심기술들을 항공선진국에 의존하고 있는 실정이다.

국내의 경우도 항공 여행수요의 증가, 저가 항공(Low Cost Carrier: LCC) 활성화 및 경항공기, 경량항공기의 증가로 항공감시 체제의 확립이 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 CNS/ATM의 감시시스템(Surveillance System)에 초점을 맞추어 항공감시 시스템의 종류 및 특성을 소개하고 주요 항공선진국의 운영 현황 및 사례를 통하여 국내의 항공인프라 구축 방안 및

감시체제의 확립 방안을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 차세대 항행 시스템

CNS/ATM은 날로 증가하는 항공교통량과 장애물 및 악 기상상황에서도 음영지역 없이 정확한 항공정보를 제공하기 위한 항행시스템으로 GNSS와 데이터 통신기술 기반으로 공역의 교통량 수용 능력 확대, 운영비용 절감, 안정성 향상 위한 시스템으로 통신, 항법, 항공감시, 항공교통관리로 구성 된다[4].

각 구성 항목의 표준을 국제적으로 적용하기 위한 기준으로 ICAO는 GANP Doc9750을 정립하였고 차세대 항공교통시스템의 조화로운 발전을 위해 항공교통전환계획(Aviation System Block Upgrades: ASBU)을 제시하였다. ASBU는 CNS/ATM 도입을 위한 구성별 각Module에 따라 표준을 제시하고 있다[5].

Table 1. CNS/ATM Components

| Category | Components | Goal |
|--|---|--|
| Communication Digital Radio to handle Reduced Channel Spacing and Data link | 8.33 kHz VHF Voice, SATCOM, CPDLC, ATN, VDL, HFDL | Air Traffic Management Transition from ATC to ATM with the Ultimate Goal of Free Flight. |
| Navigation Better Horizontal/Vetical Position Accuracy to Enable Reduced Separation | RNP RVSM Protected ILS | |
| Surveillance Enhanced Situational Awareness, Collision Avoidance, Automatic Position Reporting | Mode S TCAS ADS-B | |

Source: J. Kang (2007.7.) Korea-ICAO GNSS Course Lecture Note: Introduction to CNS/ATM

항공 감시분야에서는 Module 0, Module 01에서 지상 관제시스템(Advanced Surface Movement Guidance and Control System: ASMGCS)의 적용, ADS-B, 2차 레이더를 통한 항공기의 관제를 요구하고 있으며 GANP

Appendix 5에서는 감시분야의 지상기반, 공역기반의 감시시스템의 도입 시기 및 내용을 명시하고 있다[6].

2.2 항공 감시 시스템

항공 감시시스템이란 항공기의 위치, 고도, 방향의 정보를 파악하는 것으로 이를 바탕으로 공역의 정보 및 장애물, 기상현상 등의 정보를 수집하여 항공기의 추적 및 분리 업무를 수행하는 것으로 조종사와 관제사의 상황인지능력을 향상시키는 것이다[7].

일반적인 항공감시는 음성보고, 시각적 관측, 레이더, 데이터링크 등이 사용되지만 대부분 레이더를 사용하고 있다. 그러나 최근에는 자동 종속감시(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast: ADS-B), 상황인식 데이터 바탕으로 위치 파악 및 분리를 수행하는(Traffic Collision Avoidance System: TCAS)등과 같이 보다 신뢰성을 확보할 수 있는 감시 체계로 발전하였고 점차 인공위성 및 데이터 링크 기반의 시스템으로 전환되어지고 있다[6].

2.2.1 2차 감시레이더

(secondary surveillance radar: SSR)

기존의 1차 감시 레이더(Primary Radar)는 전파를 송신하고 반사에 의해 수신된 신호를 바탕으로 물체를 식별한다. 따라서 기상 및 장애물 등 환경의 제약을 받으며 항공기, 고도의 정보 식별이 불가능하다.

그러나 2차 감시 레이더(SSR)의 경우 트랜스ponder(Transponder)를 사용하여 항공기와 지상국, 항공기 상호간에 공기의 위치, 거리, 방위 및 항공기 식별, 고도의 정보 또한 식별 가능하다. SSR은 질문기, 수신기, 트랜스ponder로 구성되며 Mode A는 항공기를 식별, Mode C는 고도 정보를 제공한다. 그러나 Mode A/C 트랜스ponder를 장착한 항공기간의 상호 간섭현상이나 다수의 SSR의 운용에 의한 응답신호로 인해 탐지의 오류가 발생하게 된다.

이와 같은 문제점을 보완하기 위해 개발된 트랜스ponder Mode S의 경우 항공기에 24비트 주소를 할당하여 질문신호에 항공기 위치식별을 질문

함으로 해당되는 항공기만 응답하게 된다.

Mode S는 항공기 식별정보만 전송하는 ELS(Elementary Surveillance), 운항 백터를 포함하는 EHS(Enhanced Surveillance)와 동기화 없이 위치정보를 랜덤하게 전송하는 ES(Extended Squitter)로 발전을 거듭하는 과정에서 1090ES가 개발되었으며 이를 ADS-B에 활용하게 되었다[8].

2.2.2 자동중속감시시설

ADS-B는 Mode S의 장애물의 차폐로 인한 신호 감소 문제와 수동적 트랜스폰더에 정보에 의존하는 SSR 레이더의 문제를 해소하기 위해 개발되었다. ADS-B는 항공기의 식별부호, 위치, 속도, 헤딩등과 같은 정보데이터를 조종사의 개입 없이 항공기가 자동으로 전송하며 주변공역의 상황을 시각적으로 인지할 수 있다[9].

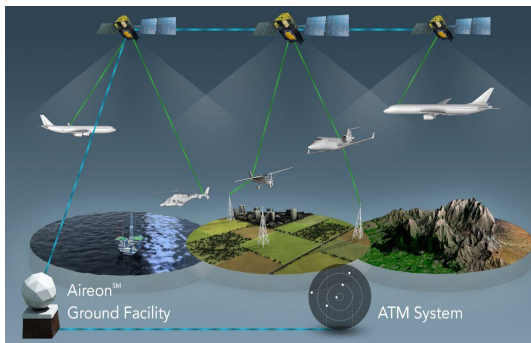


Fig 1. ADS-B System

Source: Juliet Van Wagenen(2015) Regional, Satellite TODAY

ADS-B는 일반적으로 데이터의 정보 제공 방향성에 따라 "ADS-B OUT"과 "ADS-B IN"으로 구분할 수 있다.

ADS-B OUT의 경우 GPS 정보를 사용하여 항공기의 위치정보를 전송하는 것을 말한다. 이때 항공기의 위치 정보의 정확도를 지상국에서 정확히 판단하기 위해 항공기의 위치 및 속도정보의 정확성에 대한 정보도 함께 전송된다. 또한 지상국으로만 전송하는 것이 아니라 무지향성 안테나로 모든 방향으로 주기적 방송을 하는 것으로 공역 내의 다른 항공기에서도 정보를 수신할 수 있다.

그러나 해당 정보를 수신하기 위해서는 추가적

인 장비를 장착하여야 하는데 이것이 ADS-B IN이다. 수신된 정보는 조종석에서 CDTI(Cockpit Display Traffic Information)를 통하여 시각적으로 확인할 수 있다[10][11].

2.2.2.1 데이터 링크

ADS-B는 Mode S기반 확장스퀴터(Extended Squitter: 1090ES)데이터링크 및 범용접속 송수신기(Universal Access Transceiver: UAT) 데이터링크를 모두 제공한다.

1090ES는 1090MHz 주파수를 사용하며 데이터 정보의 생성, 교환, 보고 어셈블리 기능으로 구성된다.

UAT는 UHF 대역인 982MHz를 사용, 단일채널로 운용되며 1초단위의 프레임을 시분할 하여 다중접속가능하다. 전반부는 기상기반 정보 서비스에 할당하며 후반부는 ADS-B에 할당된다[9].

Table 2. ADS-B Datalink Comparison

| 구분 | 1090ES | UAT |
|--------|-----------------------|-----------------------|
| 분류 | 항행안전무선시설 | 항공정보통신시설 |
| 국제기술기준 | ICAO Annex 10, vol. 4 | ICAO Annex 10, vol. 3 |
| | RTCA DO-260B | ICAO Doc 9861 |
| | Eurocae ED-129 | RTCA DO-282B |
| 서비스 | ADS-B | ADS-B/TIS-B/FIS-B |
| 주파수 | 1090MHz | 987MHz |
| 전송률 | 1 Mbps | 1.04 Mbps |
| 대역폭 | 11MHz | 1.3 MHz |
| 수신감도 | -88dBm | -94dBm |
| 특징 | 기존 Mode S 사용가능 | 탑재구성품의 경량화 |
| | 오류검출 기능 | 오류 정정 가능 |

ADS-B는 지상용 장비와 항공기 탑재장비로 당국의 인증을 받아야한다. 다만 1090ES의 경우 항공기에 탑재하기 위해서는 별도의 인증과정을 추가적으로 거쳐야하나 UAT는 휴대용으로 별도의 인증이 불필요하다.

ADS-B의 경우 항행시스템의 편차에 의한 영향을 최소화 할 수 있으나 위성용 기반으로 하는 항행의 신뢰성의 문제로 인하여 ICAO는 ADS-B의 감시데이터를 사용할 경우 데이터의 유효성을 검증할 수 있는 장비의 사용을 권고하고 있다[6].

2.2.3 다변측정감시 시스템

다변측정감시 시스템(Multi lateration: MLAT)은 각 노드로부터의 거리를 측정하여 위치를 계산하는 삼각측량의 기법의 쌍곡선 위치추정을 사용한다. 지상에 다수에 센서를 설치하여 Mode S 트랜스폰더에서 전송하는 응답신호가 지상의 수신기에 도달하는 시간차(Time Difference Of Arrival: TDOA)를 이용하여 항공기의 위치를 파악하는 SSR 감시기법으로 ADS-B의 위성신호의 변조에 취약점을 보완한 기법이다. MLAT는 공항 감시를 위해 사용되는 LAM(Local Area Multilateration)과 항로감시 목적을 위해 사용되는 WAM(Wide Area Multilateration)으로 구분할 수 있다[12].

MLAT는 기존의 레이더와 달리 장애물의 차폐와 악 기상으로부터의 영향이 적으며 매우 정밀한 감시가 가능하다. 그러나 이는 지상수신기의 배치상태와 개수에 따라 차이가 발생할 수 있다. 또한 트랜스폰더의 Mode A, B, C 그리고 ADS-B의 신호를 모두 사용할 수 있어 항공기에 추가적 장비의 탑재가 불필요하며 항공기의 각각의 정보를 지상에 제공하며 항공기간의 정보 공유도 가능하다. 또한 수신기의 설치, 유지보수 비용이 저렴하다[8].

Table 3. Surveillance Systems Comparison

| 구분 | SSR | ADS-B | MLAT |
|----------|---------------------------|------------------------|----------------------------------|
| 감시방법 | 비협동 독립 | 협동 종속 | 협동 독립 |
| 기반 | 전파 송수신 차 | 위성기반 | 다수의 수신 안테나 |
| 측정범위 | 200~250NM | 200~250NM | 170NM |
| 오차 | R:0.03NM Az:0.07deg | 0.1 NM | 0.1NM |
| 탑재장비 갱신율 | 불필요 4초 | 필요 높음 | 불필요 1초 이하 |
| 특징 | 측정거리에 따른 오차 발생 음영지역 발생 | 측정거리 오차 없음 위성 신뢰성영향 | 측정거리 오차 없음 다중 수신기 운영으로 시스템 복잡 |

Source: 국토교통부 CNS TODAY(2015)

2.2.4 다중 고정 1차 감시레이더

MLAT, ADS-B와 같은 감시시스템의 경우 송신기를 장착하지 않은 항공기에 대한 감시가

불가능하다. 이러한 항공기들은 일차감시레이더를 통한 감시만 가능하지만 앞서 언급한대로 악 기상, 장애물 차폐, 저고도 탐지에 대한 한계가 있다. 최근 무인항공기가 이슈화 되고 있는 가운데 이러한 문제를 보완하기 위해 Euro control은 일차감시레이더를 대체할 수단으로 다중고정일차 감시레이더(Multi Static Primary Surveillance Radar: MPSR)의 연구 개발이 진행 중이다[6].

MPSR의 기본 원리는 MLAT의 원리와 동일하지만 UHF 송수신기를 사용하며 각기 다른 전파를 송출하여 항공기에 반사된 전파의 교차점을 분석하여 위치 및 속도를 탐지하는 방법에 차이가 있다. 또한 기상의 영향이 적은 UHF를 사용함으로 오차를 줄일 수 있으며 MLAT와 마찬가지로 수신기의 배치와 개수에 따라 정밀성의 향상이 가능하다. 해당 시스템을 MLAT와 병행하여 사용할 경우 감시시스템의 정밀성이 매우 높게 향상될 것으로 예측하고 있다[6].

2.3 항공 선진국의 동향

2.3.1 미국

미국의 경우 NexGen(Next Generation Air Transportation System)의 계획의 일부로 항공기 감시시스템의 관한 연구개발이 가장 활발하게 진행 중이다. FAA는 ADS-B의 실용화 연구개발을 통한 시험평가를 실시하였고 이를 바탕으로 관제서비스를 제공하는 공역을 운항하는 항공기는 ADS-B OUT 장비의 탑재를 의무화하였고 2020년까지 공역을 비행하는 모든 항공기에 ADS-B장착을 의무화하였다. 또한 GPS의 문제로 인하여 ADS-B의 운영이 불가할 경우를 대비하여 현재 아틀란타 공항을 포함한 35개소의 공항에 ADS-B와 MLAT를 병행하여 사용하는 ASDE-X 시스템을 운영 중이다[13].

MLAT의 접근관제 및 항로관제에 활용하기 위해 알래스카의 Juneay공항에 설치하여 시범 운영을 실시하였다. 해당 공항은 관제레이더가 없고 산악지형으로 인하여 항공관제를 통한 접근이 어려운 공항에 속하였으나 WAM의 도입을 통하여 현재 5NM의 간격 분리의 관제가 제공되고 있다. 2단계 구축사업으로 콜로라도 지역을 시험지역으로 2013년부터 1090ES와 UAT 모두 적용이 가능한 ADS-B와 WAM의 통합운용을 실시하고 있

으며 FIS-B, TIS-B 기능까지 포함하고 있다. 이를 통해 미국은 모든 종류의 항공감시시스템을 통합하여 네트워크화 하여 운영효율 및 안정성을 대폭 증대하는데 목적을 두고 있다[13].

2.3.2 유럽지역

유럽 지역 또한 미국과 마찬가지로 ADS-B 와 MLAT를 주축으로 감시시스템의 연구개발을 진행하고 있으며 ADS-B활용을 위한 항공기 탑재의 의무화 법령을 공포하였다. 그 내용으로 5700Kg 이상 250Knot/h 이상의 항공기의 경우 2015년 1월 기준으로 ADS-B OUT 기능을 모두 갖춘 상태이다. 그 외의 항공기의 경우 2017년 12월까지 ADS-B OUT 기능을 의무화 하였다. MLAT의 경우 산악지형에 위치한 오스트리아의 Innsbruck 공항을 첫 번째로 프라하, 체코, 라트비아, 독일, 프랑스, 영국 등지에서 WAM을 운영 중이며 EU와 Eurocontrol 공동 ATM 마스터플랜 감시부문 로드맵으로 2021년까지 지속적으로 ASDE, MLAT, WAM의 구축방안을 제시하고 있다[6] [14].

3. 결 론

공역을 감시, 통제, 관리하는 항공교통관제시스템이 항공교통량의 급격한 증가를 해결 방안으로 차세대항공교통관제시스템으로 변화하고 있다. 따라서 효율적인 항공교통관제시스템의 운영을 위해서는 항공교통관제 시스템의 변화와 관련기술 개발 동향을 지속적으로 파악하는 것이 중요하다.

ICAO의 차세대항행시스템의 전환 계획에 따라 항공 감시시스템 또한 지상기반에서 위성기반으로 급격하게 전환하는 반면 위성의 신뢰성 문제에 대한부분도 함께 고려하고 있다.

미국, 유럽과 같은 주요 항공선진국에서는 이를 대비하여 위성 및 지상기반의 항공감시시스템을 통합하여 하나의 네트워크로 통일하는 방안으로 운영효율 및 안정성을 증대를 모색하고 있다.

국내 항공 감시분야의 경우에도 노후 된 지상 감시 레이더의 교체를 계획하고 있으며 음영지역의 해소를 위해 MLAT도입의 추진하고 있다. 또한 저고도 소형항공기의 효율적인 관리 및 안전운항을 목적으로 ADS-B의 UAT 개발을 완료

시범운영 중에 있다.

그러나 아직 초기 도입단계로 인프라를 구축하는데 많은 시간과 비용이 소요 될 것으로 예상된다. 따라서 도입 초기단계부터 ADS-B 와 MLAT를 공항지역의 여건에 맞게 각각 운영하는 것 보다는 앞서 언급한 선진국의 사례에서처럼 하나의 시스템이 다른 시스템을 보완하는 통합운영의 시스템의 인프라를 구축하는 것이 바람직할 것이다. 이와 함께 차후 공역에 운항하는 모든 항공기의 감시시스템의 취득 정보를 통합 운영 할 수 있는 데이터베이스 및 총괄 운영기관의 구축이 수반되어야 할 것이다.

또한 이를 위해 국내에도 ADS-B를 운송용 및 중소형 경량 항공기에 의무적으로 적용하는 의무 법령의 제정도 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 국토교통부의 [날다 프로젝트]의 지원으로 작성 되었습니다.

참고문헌

- [1] ICAO. (2007). outlook for Air Transport to the Year 2025, Cir313 AT/134, 33-39
- [2] Galotti, V. P. (1997). The Future Air Navigation System (FANS).
- [3] ICAO. (2002). "Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems ,Second Edition, Doc 9750 AA/963.
- [4] ICAO. (2007). "Global Air Navigation Plan 3rd Edition, Doc 9750.
- [5] Jae Chul Kim, JinSeo. Pack (2015). Air Traffic Direction and Policy Research Projects. Monthly traffic, 33-40.
- [6] Woo-Chun Mun.(2014). Air surveillance systems technology trends. CNS TODAY, 42-55.
- [7] Arnold, G. L., Bailey, K. D., Lindsay, J. W. W., & Smithson, J. A. (1962). U.S. Patent No. 3,047,861. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [8] Tae-Sik Kim, & Jae-Won Jang. (2013). Technology Trends on the Multilateration of

Aeronautical Surveillance. *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, 11(2), 24–32.

[9] Scardina, J. (2002). The approach and basis for the FAA ADS-B link decision. FAA.[Online]. Available: <http://www.faa.gov/asd/ads-b>.

[10] McCallie, D., Butts, J., & Mills, R. (2011). Security analysis of the ADS-B implementation in the next generation air transportation system. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 4(2), 78–87.

[11] Jun Hyung Lee, Hyun su Kim, You Choul Hwang & Ja-Young Kang. (2011). ADS-B Application to Military Aircraft. *Institute of Control, Robotics and Systems Conference*, 7th, 533–540.

[12] Weedon, R. J. (2012). U.S. Patent No. 8,232,913. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[13] Sutton, F. N., & Lindsay, K. S. (2015, April). Workload-based congestion prediction. In *Integrated Communication, Navigation, and Surveillance Conference (ICNS)*, 2015 (pp. S4–1). IEEE.

[14] Taboso, P. (2015, April). Airborne MultiLATERation (AMLAT). In *Integrated Communication, Navigation, and Surveillance Conference (ICNS)*, 2015 (pp. 1–44). IEEE.