

## 차세대 ACAS 시스템 국내 도입 전략 제안

# A Proposal for Domestic Implementation Policy of Next Generation ACAS System

임 상 석

한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

**Sang-Seok Lim**

School of Avionics, Telecommunication and Computer Engineering, Korea Aerospace University, Seoul 412-791, Korea

### [요 약]

현행 ACAS-II는 여러 차례 개선을 통하여 기능이나 관리제도가 많이 향상되었으나 여전히 대형 공중충돌사고는 끊이지 않고 있다. 이에 국제민간항공기구(ICAO)는 ACAS-II의 당면 문제를 근본적으로 해결하기 위해 2015년을 목표로 미래공중충돌회피시스템 ACAS-X의 개발에 착수하였다. 이와 같은 ACAS-X의 국제 표준화에 대응하여 본 논문에서는 ICAO의 ACAS 기술표준과 개발동향을 검토하고 근래에 발생한 4건의 대형 공중충돌사고를 분석하여 도출된 결과를 토대로 미래공중충돌회피시스템의 국내 도입에 필요한 방안을 제시한다.

### [Abstract]

Though the functions and operational procedures of current ACAS-II are upgraded several times owing to technical advancement, so far the mid-air collision accidents never come to an end. Recently to solve the major issues of ACAS-II, ICAO began to develop a future ACAS (Airborne Collision Avoidance System ) by the year 2015. Accordingly in order to prepare for international standardization of the future ACAS, in this paper a policy is proposed for domestic implementation of the future ACAS based on the results from studying the technical standards and future development trends of ACAS.

**Key word :** ACAS, TCAS, Mid-Air Collision, Resolution Advisory, ICAO Standards

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2014.18.1.1>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Received** 20 November 2013; **Revised** 18 February 2014

**Accepted** 31 December 2013

**\*Corresponding Author; Sang-Seok Lim**

**Tel:** +82-02-300-0139

**E-mail:** sslim@kau.ac.kr

## I. 서론

미국에서 발생한 수건의 공중충돌 사고에 대응하여 1950년대에 FAA에서 개발한 TCAS가 ICAO의 채택으로 국제표준으로 되었으며 수 차례의 기술적 성능개선과 운용기준의 보완으로 많은 공중충돌 사고를 방지하는데 크게 기여하였다. 그러나 지난 20여 년간 항공수요의 급격한 증가로 항공기의 수는 지속적으로 증가하고 있으나 이에 대비한 ACAS 시스템은 별로 개선되지 못하였다. 결국 2000년대에도 여러 건의 대형 공중충돌 사고가 발생하여 큰 인명손실과 경제적 피해가 발생하였고 전 세계에 큰 충격을 안겨 주었다.

ICAO는 1980년대 후반에 범세계적 운용평가 위원회를 구성하여 TCAS-II 초기버전의 실제 성능 평가를 수행하여 장비와 소프트웨어를 개선하였다. 1990년 4월 버전 6.02의 운용에 들어갔고 1993년 버전 6.04a를 발표하였다. 이 새 버전은 저고도 및 level-off 상황에서 발생하는 정가신 오류경보를 감소시키는 데 기여하였다. 그 다음 해에 FAA 감항당국은 TCAS-II 버전 6.04a로 갱신토록 결정하였고 이어서 1995년 ICAO는 부속서 10에 SARPs(표준 및 실무권고지침)를 발간하였다.

1996년 인도 뉴델리 상공에서 보잉747과 일류신76의 공중충돌사고는 전 세계적으로 ACAS의 탑재를 의무화하는 촉매제가 되었다. 아프리카 나미비아에서 1997년 Luftwaffe Tu154 항공기와 미국 공군 C141 항공기 간 공중충돌 사고가 발생함에 따라 미국은 군용수송기에도 TCAS-II 장착을 의무화하게 되었으며 동년 12월에는 TCAS-II 버전 7.0의 설계를 완료하였다. 이 버전 7.0은 더 개선되어 항공관제 시스템에 적합하도록 개량되었는데 가장 괄목할 만하게 보완된 사항은 수평 미스 거리 필터 및 25 피트 수직 추적의 적용, 더 정교한 다중항공기 위험 로직[1], 최소고도분리간격기준(RVSM)의 축소에 대한 운용 부합성 및 전자파 간섭의 감소이다.

그러나 공중충돌 사고는 그치지 않았으며 2001년 일본 상공에서 NMAC(근접비행사고)가 있었으며, 일 년도 못되어 독일 위버링겐 상공에서 공중충돌 사고로 탑승객 전원이 사망하는 참사가 발생하였다. 이 후에 또 다시 2006년 브라질에서 B737과 Legacy600 항공기의 공중충돌사고로 737편의 승객 155명 전원이 사망하였다. 이에 충격을 받은 유럽과 미국 FAA는 공동의 노력으로 ACAS-II 버전 7.1을 개발하게 되었다.

이와 같은 국제사회의 계속된 개선 노력에도 불구하고 아직도 ACAS에는 여러 가지 해결해야 할 문제점이 남아 있다. 한편 현재 세계적으로 항공업계는 경량 항공기 및 무인기의 활성화를 앞두고 공중충돌 문제가 더욱 시급한 안전사안으로 거론되고 있으나 국내에서는 별로 주목을 끌지 못하고 있다. 이에 본 논문에서는 ACAS 현황과 국제동향을 살펴보고 실제 사고사례분석을 통하여 미래 공중충돌회피시스템의 국내 도입 전략을 제시한다.

## II. ACAS 국제 표준 및 동향

### 2-1 ACAS-II 버전 7.1의 표준화

EUROCAE와 RTCA가 공동으로 ACAS-II 버전 7.0의 충돌 회피 로직의 2가지 안전관련 문제 (RA 반전 로직의 성능 및 수직속도 조정 RA에 대한 부정확한 조종사 대응)를 파악하여 개선한 것이 이 최소운용성능표준(MOPS)[2]에 적용되었으며, 그 결과로 FAA와 EASA는 ACAS-II 버전 7.1의 기술표준규정을 각각 TSO 및 ETSO(Doc ED-143)에 반영하여 발간하였다. ACAS-II 버전 7.1은 버전 7.0의 문제점을 해결하기 위해 다음과 같이 개선[3]되었다.

#### 1) 새로운 회피경고 “Level off, level off”의 추가

버전 7.0의 “Adjust vertical speed, adjust”라는 RA (회피경고)에 대해 조종사가 바르게 대응(회피 기동)하지 않는 것을 방지하기 위해 새로운 회피경고 “Level off, level off”(항공기의 수직 속도를 0 ft/min로 감소시킴)로 대체하였다. 이 속도 감소는 다음 비행고도 (즉 FL200, FL210 등)까지 기다리지 말고 즉시 수행되어야 하는데 “Level off, level off” RA는 초기 회피경고로 또는 두 항공기 간 수직거리가 감소하면 발행될 수 있다. 추가로 이 새로운 “Level off, level off” RA(그림 1)는 ACAS (수직속도지시기의 녹색부분에 머물 동안의 수평 구배) 때문에 유발하는 고도 편차를 최소화 시킬 것이며 이것은 관제사의 부담을 감소시킬 수 있다.

#### 2) 회피 경고 반전 로직 개선

두 항공기 모두 ACAS-II를 탑재한 경우 RA 협력이 수행되는 경우, 이 중 한 항공기가 RA 경고에 바르게 대응하지 않음이 탐지되면 RA에 순응하는 항공기는 RA 반전 기동을 하도록 RA가 변경된다[4]. 만일 두 항공기 중 한 항공기만 TCAS-II를 탑재한 경우에는 버전 7.1은 이 상황을 인식하여 미 탑재 항공기가 TCAS-II 탑재 항공기와 동일한 수직방향으로 기동하면 RA

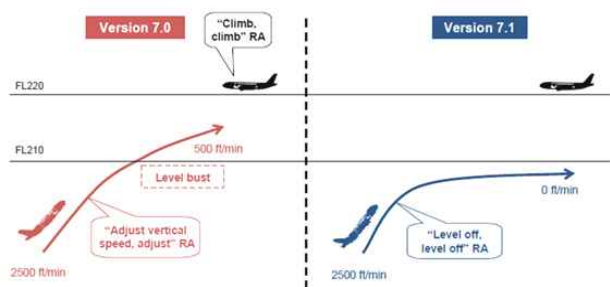


그림 1. 버전 7.1의 신규 레벨오프 로직  
Fig. 1. New “Level off, level off” RA

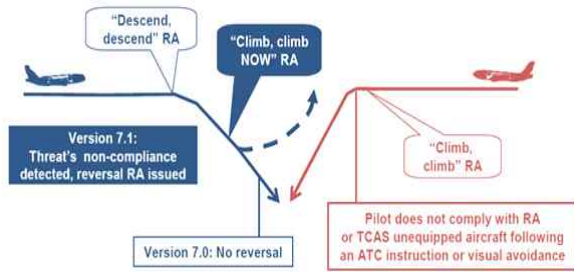


그림 2. 버전 7.1의 개선된 RA 반전 로직  
 Fig. 2. RA reversal logic in the version 7.1

반전 기동을 하도록 지시한다. 이 RA 반전 로직(그림 2)은 승무원에게는 당연한 것으로 보일지라도 실제로는 안전도를 크게 향상시킬 것이다.

**2-2 유럽의 ACAS 도입 정책**

2010년까지 유럽은 약 11,000기의 TCAS-II 버전 7.0의 장착을 완료하였고, 3월에 EASA는 ACAS-II 소프트웨어 버전 7.1을 위한 NPA No. 2010-03을 고시하였다. 이에 대한 의견을 수렴하는 동안 EASA는 9월에 CRD(의견대응문서)를 발표하였다.

2011년 말 유럽위원회는 유럽공역에 대해 현재 버전 7.0을 탑재한 모든 항공기는 2015년 12월 1일부터 그리고 최대이륙중량 5700 kg 이상 또는 좌석 19석 이상의 모든 항공기는 2012년 3월 1일부터 ACAS-II 버전 7.1을 의무적으로 탑재하도록 유럽설치규칙(European Commission Regulation) 1332/2011을 고시하였다.

**2-3 ICAO의 ACAS 표준화 동향 및 전망**

**1) ACAS-II 버전 7.1의 장착 시한**

버전 7.1에 대한 ICAO의 권고는 신규장착의 경우는 2014년 1월 1일까지이며 의무적으로 장착이 요구되는 항공기의 경우에는 늦어도 2017년 12월 31일까지 모두 새 버전으로 교체하도록 규정되어 있다.

**2) ACAS 무인기 탑재를 대비한 ICAO 동향**

(1) 민간, 군용 무인기(UAV) 또는 원격조종 항공기(ROA)의 사용이 증가함에 따라 발생하는 문제는 공중충돌사고 위험의 증가이다. 이에 대한 대책의 하나로 무인기에 ACAS를 장착하는데 대한 관심이 증가하고 있다. 무인기 운용자들은 ACAS는 무인기에게 충돌방지 기능을 제공할 수 있어서 무인기 지상조종사에게 상황인식에 도움을 제공할 뿐만 아니라 항공기장비요구사항에 대한 국제적인 기준을 만족시킴으로써 일반 공역출입 이용을 용이하게 한다고 주장해왔다.

(2) 일반 공역출입 이유는 두 가지 요인에 근거를 하고 있다.

첫째, 가장 큰 무인기는 2005년도 ICAO 필수요건 중 중량요건을 만족하며, 둘째는 만일 무인기가 표준항공기처럼 항공관제시스템과 교신할 수 있다(무인기가 표준항공기와 동일한 장비를 장착할 수 있다)면 무인기 운전자 입장에서는 무인기 운용을 허용해도 된다고 믿기 때문이다.

(3) 한편으로는 ACAS에 대한 ICAO의 필수요건이 무인기에 대한 필수요건이라고 해석할 어떤 근거도 없다는 주장도 있어 검토가 필요하다.

(4) 무인기의 운용허가를 승인하기 전에 필요한 사항은 ACAS가 무인기 안전에 미치는 영향성 평가로 추가적인 안전 및 결과 분석에 대한 검토이다.

(5) ACAS 장착에 관한 여러 가지 선택사항 및 장단점, 문제점 및 안전성 등 주요 논점은 참고문헌[5] 7.3절에 기술되어 있다.

**3) 미래 ACAS 관련 동향**

**(1) ACAS-III 기술 기준 및 개발 계획 유보**

ACAS-II 수직 RA 회피 기동에 추가적으로 수평 회피 기동을 제공 가능한 ACAS-III 운용 및 기술적 요구사항은 아직 확립되지 않은 상태이며 따라서 ACAS-III SARPs와 개발계획도 없다. ACAS-III 초기 개발 노력은 능동적 질문기술이 충분한 방위 정확도를 제공하지 못할 뿐만 아니라 RA 수평기동으로 얻어지는 이득이 매우 미미한 것으로 평가되었기 때문에 종료되었다. 평가 결과에 의하면 통계적으로 RA 경보의 90%가 수직 회피기동이 더 효과적이며, RA 10%는 수직 또는 수평 회피기동이 동일하게 효과적이며, 수평 회피기동이 더 효과적인 경우는 2~3%(심지어 이 경우 수직 회피도 여전히 만족스러움)에 불과함이 확인되었고 따라서 ACAS-III에 대한 비용대비 안전성 효과는 미미한 것으로 인식되었다.

**(2) ACAS-X 개발 계획**

자유비행이 허용되는 차세대항행시스템의 도입에 대비하여 현재는 ACAS-X로 명명된 미래 충돌회피시스템 개발 연구가 진행되고 있다. 개발 및 인증까지 고려한다면 ACAS-X[6]는 2020년대 중반 이전에는 상업적으로 도입되기 어려울 전망이다. 현 시점에서 ACAS-X가 수평 회피 기동을 제공할지 여부는 불분명하다.

**(3) ADS-B 기술의 응용 계획**

미래의 항공기공중충돌회피시스템은 ADS-B 기술을 사용할 수도 있으며 그 핵심 사안은 다음과 같다.

- ACAS 또는 타 미래충돌회피시스템의 분리간격 보장 시스템에 대한 독립적 운용 가능성 정도
- ACAS에서 ADS-B 데이터의 이용
- 공역 이용자가 ACAS 질문을 지원하기 위해 모드 A/C/S를 유지해야 할 필요성 정도 및 장비 교체에 필요한 잠재적 시간
- 다른 충돌회피시스템 (즉, 범용 항공, 무인항공기, 헬기) 또는 미 탑재시스템 간의 협력

### III. 항공기 공중충돌사고 사례 분석

ACAS 시스템의 개량과 기술기준의 보완에도 불구하고 2000년 이후에도 다수의 공중충돌 사고가 발생하였다[7]. 그 중에서 큰 문제점이 부각된 4가지 해외사고에 대해 그 원인을 분석한다.

#### 3-1 일본항공 공중충돌 준사고 분석

**사고 개요:** 2001년 1월 31일 김해국제공항을 출발해 나리타 국제공항으로 비행하던 JL958(DC-10)편 여객기와 하네다 공항에서 오키나와 나하공항으로 향하던 JL907(B747)편 여객기 사이에 일본 스루가만 상공에서 발생한 초 근접비행사고(접근거리 100m 이하 추정) 또는 준사고(Near-Miss incident)이다. TCAS 회피경보가 울리자 JL907 편 조종사는 TCAS 지시와 상반된 관제사의 지시를 따라 하강을 하던 중 충돌위험을 육안으로 발견하자 즉각 급강하 기동함으로써 사고는 간신히 피할 수 있었으나 돌발적인 급강하 기동으로 탑승객 427명 중 9 명이 중상, 91명이 경상을 입었다. 한편 JL958편 조종사는 TCAS RA 지시에 따라 하강비행을 계속하였으며 다행히도 승객 250명 중에 부상자는 없었다.

**사고 분석:** 이 사고는 도쿄관제소 훈련관제사가 과중한 관제업무를 담당하여 실수한 점, 훈련감독 관제사의 훈련지도 미 이수, 이로 인한 지도능력 미숙 및 항공편명의 오인이 근본 원인으로 보고되었다. 한편 907편 조종사 또한 TCAS 대응훈련 부족과 판단오류로 TCAS지시가 아닌 관제사 지시를 따른 것도 사고에 기여하였다. 이 사건을 일본 국토교통성은 항공사고로 지정하고 운항규정을 개정하는 등 제도를 정비하고 ICAO에 유사사고를 방지하기 위한 신속한 조사를 요청하였다. 이에 ICAO는 신속한 대응을 앓고 있다가 1년 반 후 또 다시 독일 상공에서 TCAS와 관제 지시가 모순 된 결과로 인해 항공기 공중충돌로 탑승객 전원이 사망하는 사고가 발생하자 뒤늦게 조사에 착수하는 우를 범하였다.

#### 3-2 독일 위버링겐 상공 공중충돌 사고 분석

**사고 개요:** 2002년 7월 1일 바시키르항공 2937편(Tu-154M)은 모스크바에서 바르셀로나 공항으로 비행하고 있었으며, DHL611(B757-23APF)편 화물기는 바레인을 출발하여 브뤼셀 공항으로 가기 위해 고도 36000피트로 비행하고 있었다. 두 항공기가 독일 남부 위버링겐 상공에 이르렀을 때 TCAS는 회피경보를 발령하였고 611편 조종사들은 이 지시를 따라 하강을 개시하였으나 관제사가 2937편을 관제하고 있었기 때문에 즉각 관제사에게 하강한다는 사실을 통보하지 못하였다. 한편 이때 관제를 담당하던 취리히 관제소의 유일한 항공교통관제사인 페터 닐센은 두 자리에서 동시에 관제 업무를 수행하고 있었기 때문에 두 항공기가 충돌위험에 빠지기 직전까지도 상황을 전혀 파악하지 못하였다. 그는 위험에 처한 2937편의 항로와 교

차하는 항로로 접근하는 611편을 발견하고 충돌을 방지하기 위해 2937편에 1000피트 하강하라고 지시하였다. 이 지시에 따라 2937편 러시아 조종사들이 하강을 시작하지 불과 몇 초 후에 2937편 TCAS에서 상승하라는 회피경고 지시가 발령되었으나 러시아 조종사들은 상승하라는 TCAS 지시를 무시하고 그 반대로 관제사 지시를 따라 계속했고 TCAS의 상승하라는 경고를 전혀 모르고 있었던 관제사 닐센은 (611편의 하강사실을 모르는 채로) 2937편에게 하강지시만 반복하였고 결국 두 항공기는 공중충돌 하였다. 611편의 수직안정판이 2937편의 주 날개 앞부분을 직각으로 관통하는 형태로 충돌하자 2937편의 투폴레프기는 폭발과 함께 여러 조각으로 분해되어 추락했으며, 611편은 수직안정판의 80% 정도가 사라져 조종사들의 필사적 노력으로 7km를 더 비행한 후 70도로 하강하여 동체, 엔진, 꼬리 날개가 모두 분리되었다. 여객기 2937편의 탑승객 69명과 화물기 611편의 조종사 2명을 합하여 71명(탑승객 전원)이 사망한 대형 참사로 기록되었다.

**사고 분석:** 공중충돌위험 상황에서 TCAS 지시와 관제사 지시가 상반되는 경우 TCAS지시가 우선이라는 국제표준 수칙을 준수하지 않은 것이 이 사고의 근본 원인이며, 또 다른 요인으로는 TU-154M 비행 매뉴얼에는 TCAS의 지시와 ATC의 지시가 상이한 경우에는 반드시 관제사의 지시를 따르도록 잘못 규정되어 있었다는 점이다.

#### 3-3 브라질 상공 공중충돌 사고 분석

**사고 개요:** 2006년 9월 29일 골 항공사의 GOL1907(B-737)편은 브라질 북서부 아마조나스 주 마나우스를 떠나 수도 브라질리아로 가던 중 13인승 소형 레저시 항공기(N600XL)와 공중에서 충돌하여 마토 그로소 주 북부 페이소테 데 아제베도 시에서 남동쪽으로 200km 떨어진 지점에 추락하여 탑승자 155명 모두 사망하였다. 한편 레저시 항공기의 경우 상파울루 주 상 조제 도스 캄포스를 출발해 미국으로 가던 중 연료 주입을 위해 마나우스를 거칠 예정이었고 공중충돌 사고로 기체 일부가 파손(윙릿손상)된 채로 인근 세라도 카심보 지역 공항에 비상 착륙했으며 다행히 탑승자 7명의 인명피해는 발생하지 않았다.

**사고 분석:** 사고 당시 기상 상태가 양호하고, 두 항공기 모두 신형이며 TCAS-II를 탑재하고 있었던 점을 감안할 때 공중충돌 사고가 발생한 상황은 납득하기 어려운 남미 최악의 사고였다. 사고원인으로는 먼저 블랙박스 비행기록을 분석한 결과를 보면 브라질리아의 제 1관제탑은 레저시가 보잉 737기와 충돌하기 전에 5차례나 경고 신호를 보냈지만 레저시 조종사들이 TCAS 응답기의 작동을 고의적으로 중지시키고 15분간 응답하지 않은 것으로 밝혀졌는데 이는 시스템의 오류가 아닌 레저시 조종사의 부주의가 사고원인임을 입증하는 것이다. 또한, 이 사고에 대한 다른 원인으로 레저시 조종사와 관제탑 간의 통신이 언어문제로 원활하게 소통하지 못한 문제가 있었다고 알려졌다. 한편, 브라질의 열악한 관제사정과 나쁜 수신상태 그리고 과도한 업무와 충분한 훈련을 받지 못한 관제사

들이 이 관제를 담당한 것도 사고의 원인으로 밝혀졌다. 관제사가 된지 1년 반 정도인 담당 관제사는 사고지점 부근에서 N600XL기에게 비행고도를 미리 지정된 36000피트로 낮추라는 지시를 하지 않은 실수를 범하였다.

### 3-4 경량항공기 및 무인기 공중충돌 사고 분석

2013년 6월 캐나다 밴쿠버에서 100마일 정도 떨어진 네인폴 주립공원 캠프장 상공에서 Cessna 150 경량항공기와 글라이더가 공중충돌하여 탑승자 4명(각 항공기 2명씩)이 사망하였다. 2011년에는 아프가니스탄에서 수송기(MC-130)와 무인기(RQ-7)가 공중충돌하는 사고로 인명 피해는 없었으나 수송기는 비상착륙을 할 수 밖에 없었다. 이에 대해 FAA는 유인 항공기들이 탐지 신뢰도를 높일 수 있도록 무인기에 TCAS를 탑재하는 것은 사실상 어렵다는 것이 연구결과 확인된 바 있다고 AOL Defense에 통보하였다. 그 이유는 TCAS는 기본적으로 조종사 탑승 항공기를 대상으로 설계되어 디스플레이 상에 표시되는 정보를 기반으로 조종사가 판단하는 방식으로 설계되었고 결과적으로 방위각, 고도변화율 정확도 같은 회피기동을 위한 정보를 스스로 제공해 주지 못하기 때문이다. 따라서 미국에서는 무인기를 운용하려면 FAA의 승인을 받도록 규정하고 있으나, 호놀룰루 항구에서 구입한 무인기를 호놀룰루 공항 인근에서 승인없이 운용한 법규위반 사례도 발생하였다. 이와 같은 사건들은 현재 무인기의 운용으로 인한 공중충돌사고에 대한 위험성을 일깨워주며 이에 대한 대책이 시급함을 알려주는 사례이다.

## IV. 미래 ACAS 시스템 도입 전략 제안

ACAS에 대한 국제표준과 실제 사고를 분석하고, ICAO, 미국 FAA 및 유럽연합의 충돌회피성능 개선에 대한 정책과 추진전략 등을 기반으로 미래 ACAS시스템의 국내 도입과 운용에 필요한 대응 전략을 제시하면 다음과 같다.

### 4-1 조종사 오류로 인한 사고 예방 대책

ACAS의 충돌회피시스템의 알고리즘이나 기술기준 등 시스템에 대한 문제들은 꾸준히 검토되고 개선이 되어 왔다. 그럼에도 불구하고 ACAS 운용상 가장 큰 애로사항은 조종사의 오류로 인하여 여전히 충돌사고나 근접비행사고가 아직도 발생하고 있다는 점이다. 이를 해결하기 위해서는 효율적인 조종사 훈련에 대한 재검토가 필요하며 효과적인 교육훈련을 위해서는 실제와 동일한 여러 사례에 대한 사고분석을 토대로 한 실감 교육훈련이 반드시 필요하며 이를 위한 체계적인 교육훈련 및 관리제도의 개선이 이루어져야 한다.

### 4-2 경량 항공기 및 무인기 관련 대응 방안

19인승 이상 좌석을 갖는 항공기 또는 최대이륙중량 7,500kg 초과 항공기의 경우 공중충돌 사고 방지를 위해 요구되는 ACAS 장착에 대한 국내 법규<sup>1)</sup>는 어느 정도 갖추어져 있다고 볼 수 있으나 문제는 ACAS 탑재가 의무화 되지 않은 경량/소형 항공기, 무인기 및 군용항공기이다.

아직까지 우리나라 및 외국에서도 일반 공역에서 민간 무인기를 자유롭게 운용하도록 하는 법제도는 정비되어 있지 않으며 선진국에서는 도입을 서두르고 있는 실정이다. 그러나 무인기의 신뢰도가 상승되고, 다양한 임무 수행이 가능한 기술들이 보편화 되는 시점에서는 운영비, 운영의 용이성 등 무인기의 많은 장점으로 인하여 국내에서도 그 수요가 급증하는 시점이 도래될 것으로 예상된다. 이를 위해서는 신뢰성 있는 충돌회피 기술의 개발이 필수적이며 또한 이를 체계적으로 인증할 수 있는 인증기술 개발과 관련 제도가 마련되어야 한다.

### 4-3 관제 오류에 대한 대응 방안

제3절의 실제사고 분석으로 확인된 바와 같이 ACAS관련 대부분의 공중충돌사고는 관제사의 RA에 대한 과실, 관제시스템 미비 및 관제사 과로(또는 과중한 업무 부담) 등이 원인으로 분석되었다. 이 문제의 해법은 공중충돌예방을 위한 관제 규정의 보완과 개선된 관제사 교육 훈련 프로그램의 개발과 재교육 및 철저한 관리 및 감독으로 분석된다. 한편 2009년 국내 국정감사자료에 따르면 2000년 이후 2009년까지 ACAS에 의한 충돌경고(RA)는 262회 발생되었고 이 중 군용항공기에 의한 경고가 136회로 가장 높게 나타났다. 충돌 경고가 잦다는 것은 대형사고 발생 위험이 높다는 것을 나타냄으로 이를 미연에 방지할 관련법 개정이 요구된다.

따라서 이에 대한 구체적인 방안으로는 관제사에게 ACAS RA 경보에 대하여 실제상황에 대한 대응훈련을 실시하는 것이 필요하며, 이런 훈련프로그램의 개발에 필요한 실제 RA 데이터를 수집하기 위해서 실시간 RA 모니터링 네트워크의 구축 또한 시급히 추진되어야 한다.

### 4-4 미래 ACAS 신기술 확보 방안

항공기 탑재 공중충돌회피시스템과 지상기반의 안전망 ICAO 자문위원회의 AN-conf/12-WP/12에 기술된 바와 같이 ACAS는 항공기 탑승자를 위한 최후의 안전망으로써 전 세계적으로 공익안전을 도모에 크게 기여해 왔다. 최근의 ACAS-II 버전 7.1은 새로운 회피 로직으로 개선된 항공기 수직승강속도 감시와 보완된 RA(회피경보) 음성지시를 통해 더욱 강화된 회피 기능 및 승객보호를 제공하게 되었다. 그럼에도 불구하고 ACAS 성능 및 효율성은 여러 다른 시스템, 운용 및 성능 한계에 따라 크게 영향을 받는다[5]. 이들 한계성은 응답기 고장, 고도보고 불능, 전과고도계에서 산출되는 데이터 종류, ACAS 프로그램 단자(pin) 설정, 다중 항공기에 대한 RA, 수평 회피

1) 항공법시행규칙 제135조의2(사고예방장치 등)

기동 제한, 타 충돌회피 시스템에 대한 우선순위, 그리고 ACAS 미 탑재 항공기/소형기/무인기에 대한 RA 등으로 미래 충돌회피 시스템에서 해결되어야 할 과제이다.

국내에서는 지금까지 ACAS 시스템에 대한 기술 및 제도 개선에 대한 체계적인 연구가 논의된 바 없으나 향후 국내 항공산업의 활성화와 공중충돌사고 예방을 위해서는 관련 문제에 대한 적극적인 연구개발이 촉진되어야 한다. 또한 이미 미국에서 미래충돌회피시스템으로 개발되고 있는 ACAS-X에 대한 현황 파악 및 구체적인 분석을 통해 국내 도입 방안을 수립해야 한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 현행 ACAS 기술표준 및 향후 국제 동향에 대해 기술하고 2000년 이후 발생한 공중충돌 사고 4건을 분석하였다. 이 사고분석과 국제동향 파악을 토대로 미래 공중충돌회피시스템의 국내 도입을 위한 방안을 제시하였다. 공중충돌사고의 직접적인 원인으로 분석된 조종사 오류와 관제사 과실을 방지하기 위한 교육 훈련 프로그램 개발 및 ACAS RA 모니터링 네트워크의 구축을 제시하였다. 경량항공기와 무인기 등의 활성화로 인한 사고 예방 대책으로는 소형항공기가 일반화되어 있는 미국과 유럽의 제도를 참고하여 미비한 국내 법규의 보완을 제안하였다. ICAO에서 미래의 공중충돌회피시스템으로 개발하고 있는 ACAS-X의 국내 도입을 대비한 전략으로는 ACAS 기술기준 및 운용제도 개선을 위한 국내 연구개발 체계를 구축하고 활성화함으로써 우리나라 실정에 부합하는 방안을 수립할 것을 제시하였다.

## 감사의 글

본 논문은 국토해양부(제2012-551호) 2012 ICAO 전략의제 대응연구 “항공기 공중충돌회피 시스템(TCAS-II)의 성능개선에 대한 기준연구”의 일부지원에 의해 수행되었으며 지원에 감사드립니다.



### 임 상 석 (Sang-Seok Lim)

1976년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)  
 1984년 10월 : Univ. of Ottawa 전자공학과 (공학석사)  
 1990년 3월 : Univ. of Ottawa 전자공학과 (공학박사)  
 1976년 3월 ~ 1982년 7월 : ADD 연구원  
 1990년 5월 ~ 1995년 2월 캐나다 RMC, DREO 책임연구원  
 2005년 3월 ~ 2006년 2월 : CRC Canada 연구교수  
 1995년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 교수  
 \* 관심분야 : 항공전자시스템, 공중충돌회피시스템, GNSS, IMA, 임베디드소프트웨어 인증

## 약 어

- ACAS** Airborne Collision Avoidance System
- ABS-B** Automatic Dependent Surveillance- Broadcasting
- EASA** European Aviation Safety Agency
- FAA** Federal Aviation Administration
- ICAO** International Civil Aviation Organization
- MOPS** Minimum Operational Performance Standards
- RA** Resolution Advisory
- RVSM** Reduced Vertical Separation Minimum
- SARPs** Standards and Recommended Practices
- TCAS** Traffic Alert and Collision Avoidance System
- TSO** Technical Standard Order
- ETSO** European Technical Standard Order

## 참고문헌

- [1] T. B. Billingsley, I. P. Espindle, J. D. Griffith, TCAS Multiple Threat Encounter Analysis, MIT Lincoln Lab, Lexington, MA. Project Report ATC-359, 2009.
- [2] RTCA, Minimum Operational Performance Standards for Traffic Alert and Collision Avoidance System II (TCAS II) version 7.1, RTCA Inc., RTCA DO-185, 2008.
- [3] EUROCONTROL, “ACAS II Bulletin version 7.1 is coming”, ACAS II Bulletin No. 14, 2012.
- [4] A. D. Zeitlin, T. Arino, J. Kuchar, “Improvement the resolution Advisory Reversal logic of the traffic Alert and Collision Avoidance System”, in *Proceeding of the 25th Digital Avionics Systems Conf.*, IEEE/AIAA, Portland OR, 2006.
- [5] ICAO, Airborne Collision Avoidance System (ACAS) Manual (2nd Edition), ICAO, Doc 9863 AN/461, 2012.
- [6] RTCA, Recommendations for Future Collision Avoidance Systems, RTCA Inc, RTCA DO-337, 2012.
- [7] KADA, “Hanggong Tongge (Sege-pyeon)”, Korea Civil Aviation Development Association, (<http://www.airtransport.or.kr>), 2011.