

## ADS-B 신호를 이용한 ILS 최종접근 구간의 항공기 항적 이격 분포 도출

# The Deviation Distribution of Target on the ILS Final Approach Segment Using ADS-B Message

구성관<sup>1</sup> · 이영종<sup>2</sup> · 신대원<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한서대학교 항공학부 항공레저산업학과

<sup>2</sup>국토교통부 서울지방항공청

SungKwan Ku<sup>1</sup> · Young-Jong Lee<sup>2</sup> · DaiWon Shin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Aviation Leisure & Industry Management, School of Aeronautical Science, Hanseo University, Chungcheongnam-do 357-953, Korea

<sup>2</sup>Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Seoul Regional Aviation Office, Incheon 400-718, Korea

### [요 약]

ADS-B는 레이더에 비하여 높은 정확도와 빠른 갱신 주기를 제공하여, 레이더를 대체하거나 보완할 수 있는 기술이다. 최근 증가하는 항공교통량과 이에 따른 정확한 감시의 요구에 의하여 ADS-B가 실제 항공기 운영에 적용되고 있다. 본 논문은 항공기가 운항 중 상시 송신하는 ADS-B 신호를 활용한 공한 인근 지역에서 정밀 감시가 가능한지 확인하기 위한 자료 수집과 일부 데이터에 대한 분석을 수행하였다. 이를 위하여 정밀계기 착륙 접근하는 항공기의 ADS-B 항적을 수집하고, 최종접근 구간에서 항적의 분포 특성에 관한 분석을 수행하였다. 분석결과 ADS-B 항적은 활주로 중심선 연장선에 대하여 평균 이격 거리 -0.04 m, 표준편차 6.71 m 이고, 또한 비교적 정확한 감시정보의 제공이 가능함을 확인하였다.

### [Abstract]

ADS-B can provide high accurate position information and faster update rate than Radar system and it is a technique that can supplement or replace the Radar. Recently ADS-B has been applied to the actual aircraft operation because to increase air transportation traffic and required to high accurate surveillance. In this study, we surveyed analysis of position deviation distribution analysis and received actual ADS-B trajectory data for conformed precise surveillance on the near airport area using ADS-B message. For that, we received the precision instrument approach ADS-B trajectory data using instrument landing system, and can analyse about target deviation distribution on the final approach segment about precision instrument approach. The result of analysis is mean distance of target deviation -0.04 m and standard deviation 6.71 m on between ADS-B target and extended runway centerline. Also that is to conformed the ADS-B message trajectory available to provide relatively exact surveillance information.

**Key word** : Automatic dependent surveillance - broadcast, Trajectory analysis, Target deviation, Instrument Landing System final approach segment, Surveillance.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.5.403>



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 3 October 2015; Revised 6 October 2015

Accepted (Publication) 15 October 2015 (30 October 2015)

\*Corresponding Author; DaiWon Shin

Tel: +82-41-671-6245

E-mail: [dwshin@hanseo.ac.kr](mailto:dwshin@hanseo.ac.kr)

## I. 서론

3차원 공간을 비행하는 항공기는 자신의 위치를 명확히 알고 있어야 주변의 장애물로부터 안전을 보장하는 이동을 할 수 있다. 시계비행규칙 (VFR; visual flight rule)을 따르는 항공기는 항상 지상의 목적물을 조종사가 눈으로 확인하며 비행해야 하며, 이러한 목적물을 확인할 수 없는 낮은 시정의 기상 상태를 비행하는 항공기, 일정한 고도 이상을 비행하는 항공기 또는 상업 운송용 항공기는 지상의 장비 또는 위성으로부터 수신되는 신호를 바탕으로 자신의 위치를 확인하는 계기비행규칙 (IFR; instrument flight rule)에 의하여 비행해야 한다.

계기 비행시 참조하는 항행안전시설의 종류는 지상의 기지국 및 장비로부터의 신호로 항로 비행 또는 공항의 접근시 사용하는 VOR (VHF omni-direction range), NDB (non-direction range), ILS (instrument landing system)가 대표적이며, 최근에는 GPS (global positioning system)로 대표되는 GNSS (global navigation satellite system)를 사용하는 위성기반 항행으로 보편화 되고 있는 추세이다.

ADS-B (automatic dependent surveillance - broadcast)는 GNSS 항행장비의 일종으로 GPS 신호에 기반을 둔 항공기 자신의 위치 정보 - 위경도 및 고도 등을 주변의 항공기 또는 지상의 관제시설에서 확인할 수 있도록 비행 중 지속적으로 송신하는 것으로, 해당 장비가 설치된 항공기의 위치는 주변 항공기 또는 관제시설 등 해당 신호의 수신할 수 있는 환경을 갖춘 곳에서는 상시 송신 항공기의 정보를 확인할 수 있다.

본 논문은 항공기에서 송신하는 ADS-B 신호를 활용하여 공항 인근의 항공기 위치에 대한 정밀한 감시가 가능한지 확인을 위한 자료의 수집과 일부 데이터에 대한 분석을 수행하였다. 이를 위하여 정밀계기 착륙 접근하는 항공기의 ADS-B 항적을 수집하고, 활주로 최종접근 구간에서 항적의 분포 특성에 관한 분석을 수행하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 항공기 계기접근 절차에 대한 개요와 3장에서 ADS-B 개요에 대해서 설명하고, 4장에서 실제 항공기 ADS-B 항적에 대한 수집 분석 과정에 대하여 설명한 후 실제 항적에 대한 분석한 결과를 기술하였으며, 5장에서 결론을 제시하였다.

## II. 항공기 계기접근 절차

### 2-1 계기접근 개요

계기비행절차 (instrument flight procedures)는 계기 비행하는 항공기에 대하여 이동 경로(track)를 위한 위치 정보를 제공하고 지상 장애물과 최소 일정수준 이상의 거리 (MOC; minimum obstacle clearance)를 보장함으로써 안전한 항공기 운항을 보장하기 위하여 계기비행절차 설계기준에 만족 하도록 절차를 구

성한 것을 의미한다[1]. 이중 공항에 착륙하기 위하여 접근하는 것을 계기접근이라고 하며, 착륙 접근시 사용하는 항행안전시설의 종류와 항행안전시설로부터 제공받는 유도 정보(방위 및 고도 등)에 따라 상세히 구분된다. 특히, 유도 정보 중 수직 정보의 제공 여부에 따라 정밀계기접근과 비정밀계기접근으로 구분하며, 정밀계기접근의 경우 안개, 강우 등으로 인한 저시정 환경에서도 비정밀접근에 비하여 안전한 유도가 가능하여 운영의 제약조건(시정제한, 착륙결정고도 등)이 낮아진다.

### 2-2 계기착륙시스템(ILS)

국제민간항공기구 (ICAO)에서 규정하고, 대부분 국가의 공항 및 비행장에서 항공기 정밀접근 착륙에 사용되는 시스템으로, 1950년대부터 적용되어 현재까지도 표준 장비로 사용되고 있다. 활주로 중심선을 기준하여 유도를 위한 좌우를 정보를 제공하는 전파와 활주로 착륙지점 (touch down zone)을 기준으로 일정한 활공각에 대한 유도 정보를 제공하는 전파를 사용하여, 목적 활주로까지 항공기에 대한 수평 및 수직 유도 정보를 제공한다.

지상시설은 항공기에 수평방향 정보를 제공하는 localizer, 수직방향 정보를 제공하는 glide slop, 활주로까지의 거리 정보를 제공하는 market beacon 및 DME가 함께 구성된다[2]. ILS는 특성상 주변 장애물에 의한 전파반사 등으로 인한 전파 품질 저하로 유도정보의 정확도가 저하되어 장비와 안테나 등의 설치 및 운용조건이 까다롭고, 항공기 착륙 접근시 이륙 항공기의 대기는 전파 영향이 없는 곳에 위치시켜야 하므로 활주로 수용량에도 영향을 미친다. 또한, 비교적 좁은 방위각 정보와 고정된 활공각 정보의 제공으로 인하여 운영의 유연성이 떨어진다는 한계점이 있다[3]. 표1은 ILS 등과 같은 정밀접근 시스템의 범주별 정확도 요구조건을 나타낸 것이다[4].

표 1. 정밀접근 범주별 정확도 요구조건[4]  
Table 1. Accuracy of precision approach category[4].

Category	Accuracy	Integrity		Alert Limit	Continuity	Availability
		Alert time	Pr(HMI)			
LPV (APV1.5)	H: 16 m V: 20 m	10 s	$2 \times 10^{-7}$ / Approach	H: 40 m V: 50 m	$5.5 \times 10^{-5}$ / approach	0.99 ~ 0.99999
APV-2	H: 16 m V: 7.6 m	6 s	$2 \times 10^{-7}$ / Approach	H: 40 m V: 20 m	$5.5 \times 10^{-5}$ / approach	0.99 ~ 0.99999
CAT-I	H: 16 m V: 4 ~ 7.6 m	6 s	$2 \times 10^{-7}$ / Approach	H: 40 m V: 10 ~ 20 m	$5.5 \times 10^{-5}$ / approach	0.99 ~ 0.99999
CAT-II	H: 6.9 m V: 2.0 m	2 s	$2 \times 10^{-79}$ / Approach	H: 17.4 m V: 5.3 m	$4 \times 10^{-6}$ / 15 s	0.99 ~ 0.99999
CAT-III	H: 6.1 m V: 2.0 m	1 ~ 2 s	$2 \times 10^{-70}$ / Approach	H: 15.5 m V: 5.3 m	H: $2 \times 10^{-6}$ / 30 s V: $2 \times 10^{-6}$ / 15 s	0.99 ~ 0.99999

### 2-3 ILS 접근절차 및 최종접근구간

ILS 접근절차는 ICAO Doc 8168 Vol II. Aircraft operation에 서 규정된 기준에 의하여 설계되며, 미국은 별도의 계기접근절차 기준인 FAA TERPs (terminal instrument procedures)에 규정된 규칙에 의하여 설계된다. 일반적으로 ILS 접근절차는 첫 접근지점 (IAF; initial approach fix)에서 중간접근지점 (IF; intermediate fix)까지의 첫 접근구간 (initial approach segment), 중간접근지점(IF)부터 최종 접근지점 (FAF; final approach fix)까지의 중간접근구간 (intermediate segment), 최종접근지점 (FAF)부터 결심고도 (DH; decision height) 위치까지의 최종 접근구간 (final approach segment) 및 결심고도(DH) 위치부터 실 패접근대기위치 (missed approach holding point)까지의 실패 접근구간 (missed approach segment)로 구성된다.

최종접근구간은 활주로의 정상적인 착륙을 위하여 착륙을 결심하는 고도 또는 위치까지 안전하게 항공기의 수평유도 및 강하가 이루어지기 위하여 활주로 연장선상으로 일정한 거리는 직선 구간으로 구성하도록 규정되어 있으며, 항공기는 활주로 연장선을 기준으로 일정한 유도를 받으며 안전하게 착륙하는 것을 보장할 수 있어야 한다. 일반적인 정밀접근의 경우 조종사가 결심고도에서 활주로 또는 활주로 유도등을 인식하지 못하여 안전한 착륙을 보장할 수 없는 경우 착륙을 포기하기 실

패접근을 수행해야 하며, 이러한 일련의 모든 단계에서는 항공기가 장애물과 충돌되지 않도록 장애물과의 최소이격거리 (MOC)를 보장할 수 있도록 설계 기준이 제정되어 있다.

ILS 접근 시에는 안전한 착륙을 위하여 최종접근 구간에서 활주로까지 수평적으로 직선 비행을 하도록 규정되어 있다. 이를 위하여 최종접근 구간의 진입 위치에서도 직선 비행을 수행하기 위해 최소한 이전 구간인 중간접근 구간에서부터는 항공기가 직선 비행을 수행 할 수 있도록 접근절차가 설계되어야 하며, 설계기준(ICA0 Doc 9830)에도 요구되어 있다.

그림1은 항공정보고시보 (AIP; aeronautical information publication) 중 ILS 접근 절차[5]에 대한 정보를 제공하는 것으로, 해당 업무와 관계된 조종사, 관제사 등 모든 관련자들은 반드시 해당 절차를 기준으로 하여 업무를 수행해야 한다.

### III. ADS-B

#### 3-1 ADS-B 개요

ADS-B는 무선데이터링크를 통하여 항공기가 자신의 정보 (현재 위치, 고도, 속도, Callsign 등)를 지속적으로 발송하는 시스템이다[6]. 기존의 감시 기술인 레이더를 보완, 대체하기 위하여 개발된 감시 기술로 효율적인 공역활용, 저시성 상태 제약 감소, 지상 감시 기능 강화, 혼잡시 안전성 강화 등을 목표로 개발되었다[7]. 초기 ADS-B는 항공교통관제기관에 의해 감시 및 상황인식 강화가 목적 이었고 특히 기존의 레이더에 비하여 저비용이면서 공역 및 지상이동 감시가 가능하며, 레이더 통달 범위 밖의 감시업무 불가지역(예, 대양지역 등)에서도 효과적으로 적용될 수 있으며, 호주의 경우 기존 레이더업무가 제공되지 않는 지역에서 ADS-B 감시업무를 제한적으로 적용하고 있다 [8].

ADS-B의 핵심 기술은 위성항법시스템으로 GNSS를 이용하여 항공기 자신의 위치, 고도, 속도, 방향 등을 확인하고, GNSS 사용이 불가하거나 추가적인 정보가 필요한 경우 항공기에 탑재한 다른 항법시스템에 의하여 측정된 값을 ATM (air traffic management) 감시 정보처리를 위해 감시 장비와 자동화 장비 사이의 정보 교환을 위하여 Eurocontrol에서 정의한 표준 프로토콜인 ASTERIX (all purpose structured eurocontrol surveillance information exchange) 형식에 따르는 메시지로 생성하여, 이를 규격에 정해진 장비의 카테고리에 따른 일정한 주기(예 - 1090ES 항공기 callsign 5초 간격, 위경도 위치 1초 간격 등)로 1090ES (extended squitter), UAT (universal access transceiver), VDL mode 4 (very high frequency data link mode 4) 등 ADS-B 무선데이터링크 방식에 따라 방송한다[7]. ADS-B 메시지를 수신할 수 있는 지상시설 및 수신기와 CDTI (cockpit display of traffic information)를 장착한 항공기는 수신된 신호를 바탕으로 송신한 항공기의 항적 위치, 고도, 상태 등의 정보를 실시간으로 확인할 수 있다.

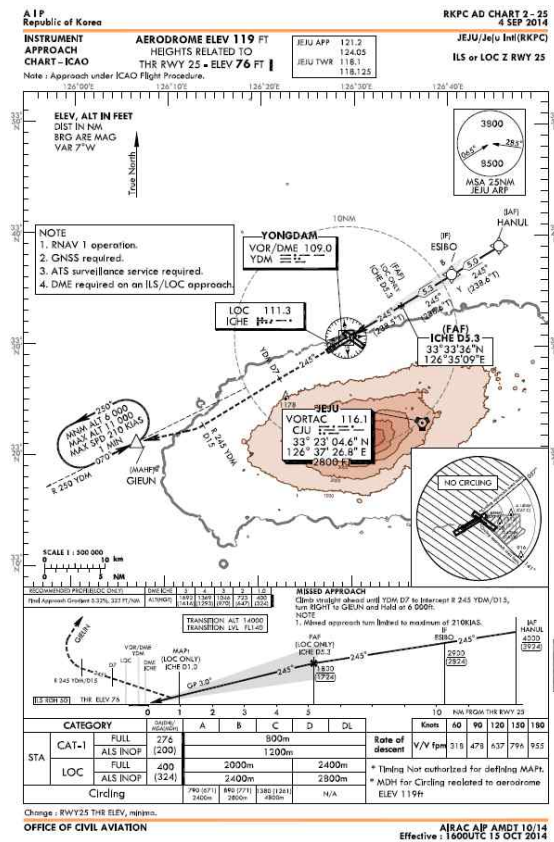


그림 1. ILS 접근 절차[5]  
Fig. 1. ILS approach chart[5].

**표 2. ADS-B 관련 RTCA 규격 리스트[10]**  
**Table 2. List of RTCA ADS-B standard[10].**

Number	Standard
DO-242A	Minimum aviation system performance standards for automatic dependent surveillance broadcast(ADS-B)
DO-249	Development and Implementation planning guide for automatic dependent surveillance - broadcast(ADS-B)
DO-260B	Minimum operational performance standards for 1090MHz Extended squitter automatic dependent surveillance - broadcast(ADS-B) and traffic information services(TIS-B)
DO-263	Application of airborne conflict management : detection, prevention & resolution
DO-282B	Minimum operational performance standards for universal access transceiver(UAT) automatic dependent surveillance - broadcast
DO-286B	Minimum aviation system performance standards(MASPS) for traffic information service - broadcast(TIS-B)
DO-289	Minimum aviation system performance standards(MASPS) for aircraft surveillance applications(ASA)
DO-302	Minimum operational performance standards(MOPS) for surveillance transmit processing(STP)
DO-303	Safety, performance and interoperability requirements document for the ADS-B non-radar airspace(NRA) application
DO-312	Safety, performance and interoperability requirements document for the in-rail procedure in oceanic airspace(ATSA-ITP) application
DO-314	Safety, performance and interoperability requirements document for enhanced visual separation on Approach (ATSA-VSA)
DO-317B	Minimum operational performance standards(MOPS) for aircraft surveillance applications system(ASAS)
DO-318	Safety, performance and interoperability requirements document for enhanced air traffic services in radar-controlled area using ADS-B surveillance (ADS-B-RAD)
DO-319	Safety, performance and interoperability requirements document for enhanced traffic situational awareness during flight operations(ATSA-AIRB)
DO-321	Safety, performance and interoperability requirements document for ADS-B airport surface surveillance application (ADS-B-APT)
DO-322	Safety, performance and interoperability requirements document for ATSA-SURF application
DO-323	Safety, performance and interoperability requirements document for enhanced traffic situational awareness on the airport surface with indications and alerts(SURF IA)
DO-328A	Safety, performance and interoperability requirements document for airborne spacing - flight deck interval management(ASPA-FIM)
DO-338	Minimum aviation system performance standards(MASPS) for ADS-B traffic surveillance systems and applications (ATSSA)
DO-348	Safety, performance and interoperability requirements document for traffic situation awareness with alerts(TSAA)
DO-354	Safety and performance requirements document for CDTI assisted visual separation(CAVS)
DO-358	Minimum operational performance standards(MOPS) for flight supplement information services-broadcast(FIS-B) with universal access transceiver(UAT)
DO-361	Minimum operational performance standards(MOPS) for the flight interval management(FIM)

**3-2 ADS-B 표준규격**

항공전자장비는 표준적인 기능, 성능 등을 정의하기 위하여 표준규격(standard)이 고시되어 있으며, 일반적으로 RTCA (radio technical commission for aeronautics)에서 고시한 규격 (standard)이 국제적인 표준으로 활용되고 있다. RTCA는 미국의 비영리기관으로 항공기와 항공전자시스템과 관련되어 항공 당국(FAA), 항공기 및 장비제작사, 학계 및 연구 자료 등을 토 대로 관련 기준의 제정 및 발간을 하며, 이러한 기준은 개발자의 개발지침과 감항 당국의 검증 지침 등으로 활용되고 있다 [9]. 표2는 2015년 9월 현재 ADS-B와 관련된 RTCA 규격을 정리한 것이다[10].

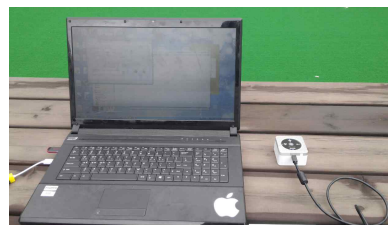
**3-3 감시정보의 ADS-B 활용**

호주와 같은 일부 국가에서는 ADS-B를 레이더의 감시가 미치지 못하는 지역에서 레이더의 보완 수단으로 사용하고 있다. 미국의 경우도 현재 미국의 거의 모든 지역에서 ADS-B를 활용한 감시와 정보 제공 (FIS-B/TIS-B) 서비스를 하고 있는 등 ADS-B 활용이 증가하고 있는 추세이다. 우리나라에서도 주무 부처인 국토교통부에서 ADS-B 장비의 국내 개발에 대한 연구 개발을 진행하였으며, 이와 별도로 소형항공기의 안전한 감시와 운영을 위한 ADS-B장비 보급에 대한 계획을 수립하고 있다.

**IV. 항적 자료 수집 및 분석**

**4-1 ADS-B 항적 자료 수집**

분석에 필요한 항공기 ADS-B 항적정보는 항공기가 비행 중 송신한 정보를 지상에서 수신하였다. 이를 위하여 2015년 6월 중 특정일에 국내공항 중 단일 활주로 이착륙 횟수가 가장 많은 J공항 인근에서 오전 5시 30분부터 오후 4시까지 ADS-B 신호를 그림 2와 같이 PC와 상용 수신기로 수신 장비를 구성하여 수신하였다. 수신된 데이터는 LABVIEW 프로그램을 사용하여 수신시간을 포함하는 메시지로 변경하여 그림 3과 같이 텍스트 파일로 저장하고, 분석에 필요한 정보의 추출과 분석을 수행하기 위하여 MATLAB 프로그램을 사용하였다. 분석을 위한 코드(code)는 향후 연구에서도 사용 가능하다.



**그림 2. ADS-B 신호 수신장비**  
**Fig. 2. ADS-B signal receiver.**

파열(F)	편집(E)	서식(O)	보기(M)	도움말(H)
1080003	07:59:10	10852.389		
1080004	07:59:10	10852.400		
1080005	07:59:10	10852.411	7E3DFF000042AFE013C05F08BF7FC0000041FBACC17FC000004234AE1	
1080006	07:59:10	10852.420		
1080007	07:59:10	10852.430		
1080008	07:59:10	10852.440		
1080009	07:59:10	10852.450	7E140071C23217D68259F6BD030977092FF3A90054574237303120200	
1080010	07:59:10	10852.459	7E140079A07617CC1759E24E088800FF00C000443455337313130200	
1080011	07:59:10	10852.469	7E140071BF4417E3895A10800A29880ACFF3AA0041424C38303131200	
1080012	07:59:10	10852.479	7E14007500071781C55A65C16409661F20001A0058415835313820200	
1080013	07:59:10	10852.489	7E3C77000370301DC3F7951ECC000000003A500000073C4800070D6	
1080014	07:59:10	10852.499		
1080015	07:59:10	10852.509	7E3DFF000042B07050CC05E0F67FC0000041FBACC17FC000004234AE1	
1080016	07:59:10	10852.519		
1080017	07:59:10	10852.529	7E008181434300000000BCA87E	
1080018	07:59:10	10852.539	7E0A0000000017D55659F26DFFF9000008000000000000000000000	
1080019	07:59:10	10852.549	7E0B00DF7FFF1705E7E	
1080020	07:59:10	10852.559		
1080021	07:59:10	10852.569		

그림 3. 수신된 데이터(예)  
Fig. 3. Example of received data.

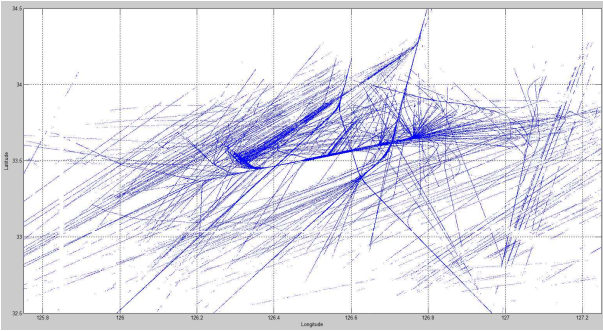


그림 4. 수신된 ADS-B 항적  
Fig. 4. Received ADS-B trajectory.

그림 4는 수신된 전체 모든 데이터의 항적데이터를 도식한 것이다. 데이터 수신은 그림과 같이 ADS-B 메시지를 송신하는 모든 항공기에 대해서 수신하였다. 현재 국내에서는 주파수 문제 등으로 인하여 ADS-B UAT는 사용할 수가 없으므로, 모든 수신 데이터는 ADS-B 1090ES로 확인할 수 있다.

#### 4-2 분석 방법

수집된 자료의 분석은 그림5와 같은 절차를 사용하였다. 수신 장비를 사용하여 ADS-B 자료를 수신 및 저장하고, 수신된 전체 자료에서 수신시간, Callsign, 위경도, 고도 정보만 추출한

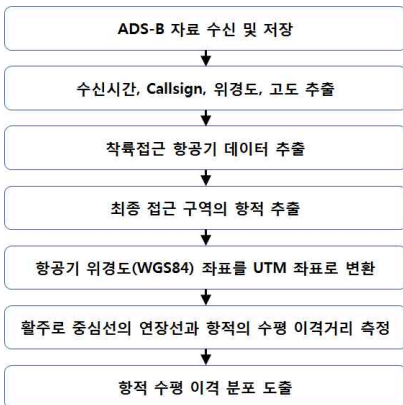


그림 5. 분석 절차  
Fig. 5. Analysis procedure.

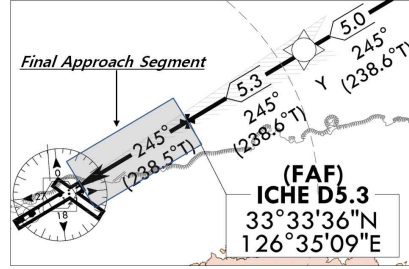


그림 6. 최종접근 구간  
Fig. 6. Final approach segment.

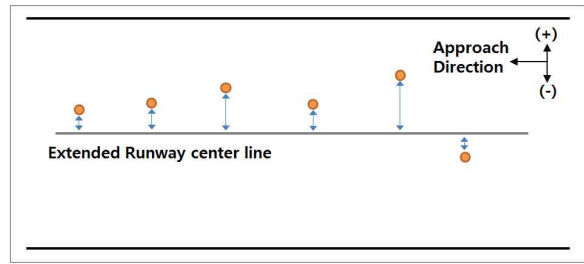


그림 7. 활주로 중심선 연장선과 항적의 이격 거리 측정 방법  
Fig. 7. Method of deviation distance on extended runway center line and target trajectory.

후, 해당 공항에 항공기 출도착 스케줄을 활용하여 착륙 접근하는 항공기의 데이터만 추출한다. 그 중 분석 범위인 최종 접근 구역의 항적을 추출하고, 분석을 위해 항공기 위경도 데이터는 공항기준점 (ARP; airport reference point)으로 부터의 상대적 UTM (universal transverse mercator grid) 좌표로 변환한 후 활주로 중심선의 연장선과 항적의 이격 거리를 측정하여, 항적의 수평 이격 분포를 도출하였다.

그림 6은 분석의 범위인 최종접근 구간 (final approach segment)을 나타낸 그림이다. 최종접근 구간에서 활주로 연장선 기준의 좌우 분포를 도출하기 위하여, 그림 7과 같이 착륙접근 방향(항공기 진행 방향)을 기준으로 우측을 (+)값, 좌측은(-)값으로 적용하여 활주로 중심선 연장선과 항적의 이격 거리를 측정하였다.

#### 4-3 분석 항적

J공항에 착륙 접근을 위한 항적 중 90편의 비행 항적을 ADS-B 수신기로 수신하였다. 해당 시간 동안 착륙 접근하는 모든 항적을 수집할 수는 없었는데, 이는 국내에서 운항하는 운송용 항공기중 일부 항공기는 ADS-B 장비를 장착하고 있지 않기 때문이다. 수신된 항적 중 위치 좌표의 오류로 인하여 분석에서 제외된 항적은 4편이었으며, 유효한 항적은 86편, 항적수 8,512개이다.

그림 8은 수신된 항적의 공항기준점으로부터 x축과 y축 거리를 도식한 것으로, 모든 항적이 ILS 유도신호에 의해 활주로 중심선의 연장선을 따라 비행하는 것을 확인할 수 있다. 그림 9

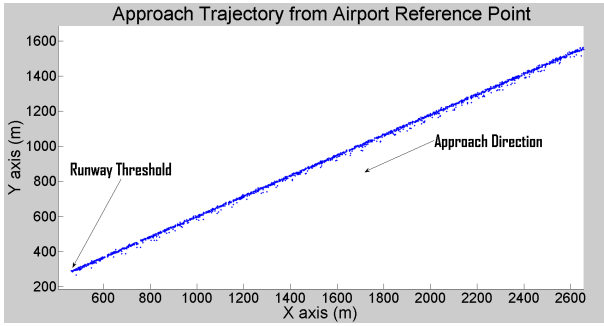


그림 8. 공항기준점으로 부터의 수신항적 위치  
**Fig. 8.** Approach Trajectory from Airport Reference point.

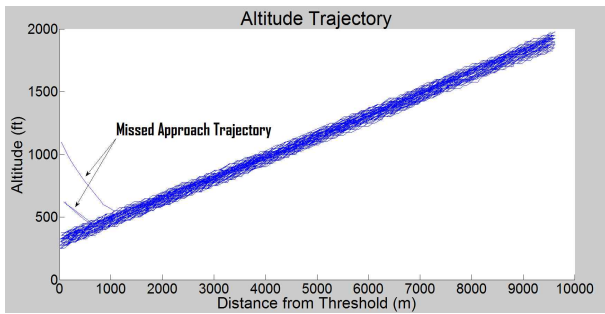


그림 9. 수신 항적의 고도  
**Fig. 9.** Altitude of trajectory.

는 수신된 항적의 활주로 시단부터의 거리별 고도를 도식한 것으로 ILS 유도신호를 따라 일정한 활공각을 가지며 비행한 것을 확인할 수 있으며, 일부 항공편은 실패접근의 수행으로 착륙 접근 중 재상승한 것도 확인할 수 있다.

**4-4 분석 결과**

분석에 사용된 항적인 총 86편의 8,512개의 항적에 대하여 최종접근 구간에서 활주로 중심선의 연장선과 항적의 이격 거리를 측정된 결과는 표3과 같으며, 평균 이격 거리 -0.04 m, 표준편차 6.71 m, 최댓값 42.03 m 및 최솟값 -34.40 m 이다.

그림 10은 이격 거리를 분포로 도출한 것으로, 그림에서 확인할 수 있듯이 항적의 분포 형태는 평균을 기준으로 일정한 형태의 좌우 증모양을 가지는 정규분포로 최댓값과 최솟값에 해당하는 꼬리 값으로 갈수록 분포된 항적의 수가 극히 적은 것을 확인할 수 있다.

**표 3.** 이격 거리 측정 결과

**Table 3.** Result of target and centerline deviation distance.

Element	Measurement result
Mean (m)	-0.04
Standard deviation (m)	6.71
Maximum (m)	42.03
Minimum (m)	-34.40

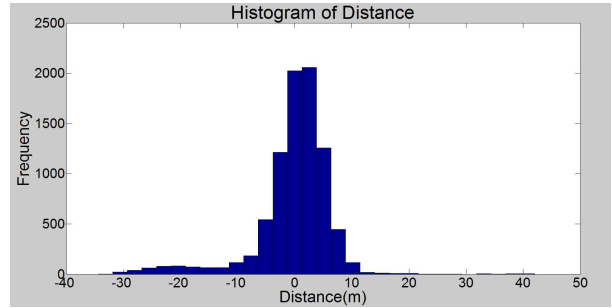


그림 10. 항적과 중심선 이격 거리 히스토그램  
**Fig. 10.** Histogram of deviation distance between target and centerline.

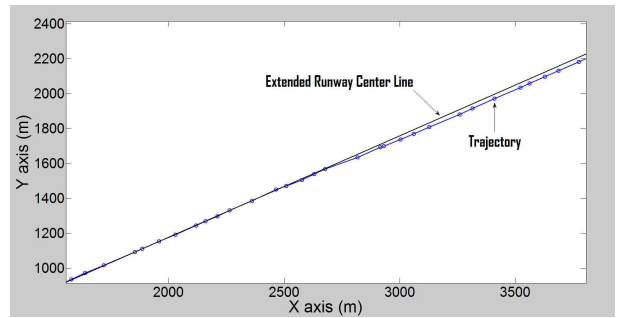


그림 11. 상세 항적(예)  
**Fig. 11.** Example of detailed trajectory.

그림 11은 분석 항적 중 중심선 좌측으로 최대 이격된 비행편의 상세한 항적이다. 그림에서 확인하는 것과 같이 이격된 상태에서도 활주로에 가까워질수록 중심선으로 수렴하는 것을 확인할 수 있다.

수신된 90편의 항적 중 분석에서 제외된 4편의 항적은 그림 12와 같다. 이들 항적은 중심선으로부터 200 m 이상 이격된 항적으로 항적은 이격되어 있으나, 수신된 항적으로 항공기 이동 상태를 확인한 결과 이격된 거리를 일정하게 유지한 상태에서 정상적으로 착륙한 것을 확인하였다. 이들 항적인 항공기에 탑재된 장비의 이상 또는 항공기 GPS 장비의 영향 등으로 ADS-B가 송신한 위치 신호의 오류로 추측되나, 수신부에서 송신부의 오류를 파악하는 것이 힘들고 항공편에 따라 오류의 정도가 다르게 나타나 본 논문에서는 상세한 분석을 수행할 수 없었다.

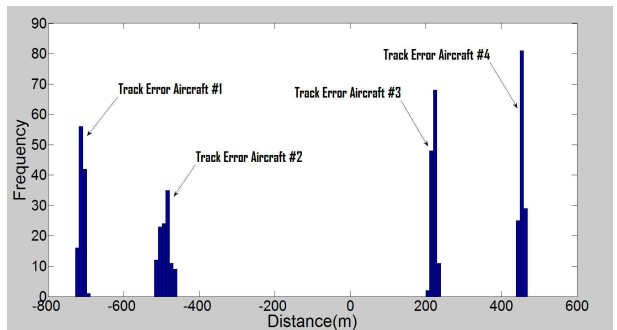


그림 12. 위치 오류로 분석에서 제외된 항적  
**Fig. 12.** Trajectory of excepted analysis due to error.

## V. 결 론

본 논문은 항공기에서 송신하는 ADS-B 신호를 활용한 공항 인근의 항공기 위치에 대한 정밀한 감시가 가능한지 확인을 위한 자료의 수집과 일부 데이터에 대한 분석을 수행하였다. 이를 위하여 정밀계기 착륙 접근하는 항공기의 ADS-B 항적을 수집하고, 활주로 최종접근 구간에서 항적의 분포 특성에 관한 분석을 수행하였다.

분석을 위해 국내공항 중 단일 활주로 이착륙 횟수가 가장 많은 J공항 인근에서 ADS-B 신호를 수신하여 자료를 수집하고, 정밀계기 접근 최종접근구간에서 활주로 중심선 연장선과 항공기 항적의 이격 거리를 측정한 결과 평균 이격 거리 -0.04 m, 표준편차 6.71 m로 비교적 활주로 중심선의 연장선을 잘 따르는 것을 확인할 수 있었고, 이는 항공기의 크기와 미터급 이상인 GNSS 신호의 오차를 고려하면 비교적 정확한 감시정보를 제공할 수 있음을 의미한다. 또한 이격 거리 최댓값 42.03 m, 최솟값 -34.40 m이며, 최대 이격 거리의 항공기도 활주로에 가까워지면 중심선에 수렴하는 것을 확인하였다. 항적에 대한 분포 특성은 수평거리 기준으로 평균을 중심으로 좌우로 종모양을 이루고 꼬리 값으로 갈수록 빈도수가 작아지는 정규분포의 형태를 가지는 것을 확인하였다.

하지만, 필수장비로 지정되어 있지 않은 ADS-B 장비를 탑재하지 않은 일부 항공편에 대해서는 정보를 수신할 수 없었고, 수신된 90편의 항적중 약 5%인 4편의 항적은 항공기에서 송신한 ADS-B 신호에 포함된 항공기 위경도 위치 정보가 오류를 가지는 상태로 수신되어, 운항 중인 모든 항공기의 정확한 정보를 확인할 수 없다는 한계도 확인하였다. 이는 향후 ADS-B 장비가 모든 항공기에 필수적으로 탑재되고, GNSS 신호 또는 항공기 자체적인 신호 오류의 감시, SBAS(satellite based augmentation system), GBAS(ground based augmentation system)와 같은 정밀도를 높이기 위한 보정을 통하여 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서의 도출된 항적 분석 결과는 향후 관련 분야의 장비 개발시 고려되거나, 장비 기능의 적합성을 위한 시뮬레이션 및 항공교통 시뮬레이션 등에 입력 자료로 활용될 수 있으나, 본 연구의 한계로 수행하지 못한 수신된 정보 자체의 안정성, 신뢰성과 정확성의 확인에 대한 부분, ADS-B 신호를 송신하지 않는 항공기의 정보, 기존 레이더와의 정밀 정확도 비교, 국외 사례와 같이 감시정보의 보완 및 대체 장비로의 적절한 사용 방안 또는 방법에 대한 연구가 지속 검토와 연구가 필요할 것이며, 레이더에 비하여 저렴한 비용으로 주변 항공기 위치 정보의 획득이 가능한 ADS-B를 활용한 소형항공기 비행 안전의 증진과 보완에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 중소기업청 산학연 첫걸음기술개발사업 ‘경량항공기/초경량비행장치용 충돌 경보 시스템 및 비행 시험 기술 개발’ 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] ICAO Doc 8168 Vol II, Aircraft operation - construction of visual and instrument flight procedures, International Civil Aviation Organization, Nov. 2014
- [2] B. S. Ku, W. R. U Kim, Y. H. Ju and G. Y. Hong, "Comparison of ILS and GBAS through flight test in Taean aerodrome and Kimpo airport," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 19, No. 3, pp. 192-198, Jun. 2015.
- [3] Y. I. Park, Design and analysis of autoland guidance and control system using ILS, Master's degree dissertation, Ulsan University, Ulsan, Korea, Feb. 2002.
- [4] G. Y. Hong, M. S. Ji and C. W. Lee, Plan of certificate process development for ground based augmentation system, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, Korea, R&D/ 09 Aviation-Navigation05, pp. 9, Jan. 2010
- [5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Aeronautical information service [Internet]. Available: <http://ais.casa.go.kr>
- [6] D. H. Kim, G. Y. Hong and K.R. Oh, "A study on benefits of ground operational test using ADS-B in Taean airport," *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, Vol 15, No 2, pp. 25~31, Jun. 2007
- [7] I. S Song, E. M Jang, W. O Yoon and S. B. Choi, "A design and implementation of an ADS-B monitoring system capable of displaying air traffic situation," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol 18, No 4, pp.278~287, Aug. 2014
- [8] ICAO, ADS-B Study and implementation task force, Brisbane, Australia, 24-26, March. 2003
- [9] S. K. Ku and H. J. Baik, "Case study on safety assessment standard for A-SMGCS," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 18, No. 6, pp. 562-568, Dec. 2014
- [10] Radio Technical commission for aeronautics(RTCA). List of available documents September 2015 [Internet]. <http://www.rtca.org/Files/ListofAvailableDocsMarch2013.pdf>



**구 성 관 (SungKwan Ku)**

2014년 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사수료  
2009년 9월 ~ 2014년 2월 : 한국산업기술시험원 기계시스템본부 연구원  
2014년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공레저산업학과 조교수  
※ 관심분야 : 항공교통, 시험평가인증, 시뮬레이션, 안전성평가



**이 영 종 (YoungJong Lee)**

2015년 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 박사수료  
1995년 10월 ~ 현재 : 국토교통부 서울지방항공청  
※ 관심분야 : 항공교통, 공항, 항공교통흐름관리, 항공정보



**신 대 원 (DaiWon Shin)**

1999년 : 프랑스 국립응용과학원(INSA) (공학박사)  
2001년 2월 ~ 2005년 12월 : 한국항공우주연구원 선임연구원  
2006년 1월 ~ 2010년 2월 : 교통안전공단 항공안전처장  
2010년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공레저산업학과 교수  
※ 관심분야 : 항공안전, 항공인증, 경량항공, 항공운항