

태안비행장 GBAS Curved Approach 비행시험에 관한 연구

A Study on GBAS Curved Approach Flight Test in Taean Airport

김우리열·홍교영*

한서대학교 항공전자공학과

Woo-ri-ul Kim · Gyo-young Hong*

Department of Avionics Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do 357-953, Korea

[요 약]

전 세계적으로 급속하게 증가하는 항공교통량으로 인해 ICAO는 기존의 항행장비를 위성항법 기반으로 대체해 나가고 있으며, 이의 일환으로 기존의 ILS를 이용한 이착륙 서비스를 GBAS 로 대체할 계획을 수립 하였다. GBAS는 활주로까지 항공기를 유도하는 정밀 접근 서비스와 공항 주위의 정밀위치정보 서비스를 제공하는 위성항법 보강시스템을 이용하여 ILS와 달리 한 개의 시스템으로 활주로의 수에 관계없이 요구 성능을 제공할 수 있으며 curved approach가 가능하다는 장점을 보유하고 있다. 본 논문에서는 태안비행장 비행시험을 통한 ILS접근 절차와 GBAS curved approach 절차를 비교하여 비행시간 단축 및 연료 감소효과를 분석 하였으며 실제 비행시험을 통하여 이를 측정 확인 하였다.

[Abstract]

Due to the rapid increase in air traffic worldwide, ICAO has replaced the existing navigation equipment with equipment based on satellite navigation. As a part of that work, ICAO was planning to replace conventional takeoff and landing service using ILS with GBAS. Unlike ILS, GBAS which uses precision approach service inducing aircraft to airport and satellite based augmentation system providing precise position information service surrounding airport is capable of providing a required performance by only a system, regardless of the number of systems, and has an advantage that it is possible curved approach. In this paper, fuel reduction of ILS approach procedures and GBAS curved approach procedures is estimated and determined by flight test in Taean Airport.

Key word : Global navigation satellite systems, Ground based augmentation system, Instrument landing system, Curved approach.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.1.1>



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 30 January 2015; Revised 2 February 2015

Accepted (Publication) 23 February 2015 (28 February 2015)

*Corresponding Author; Gyo-young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

I. 서 론

국제민간항공기구(ICAO; international civil aviation organization)에서는 전 세계 항공교통량이 여객기 기준으로 2030년 까지 현재 3000만대에서 6000만대로 2배가량이 증가하게 될 것이라 예측하고 있다. 늘어나는 항공 교통량을 고려할시 계기 착륙시스템(ILS; instrument landing system)은 운용 특성상 다수의 항공기가 입항 할 경우 유동적인 대처가 불가능하기 때문에 항공기 간의 착륙 시간간격이 늘어나 효율적이지 못하다. 또한 비행장 활주로 끝단마다 장비를 설치해야 하기 때문에 초기 설치비용이 많이 들어가며, localizer와 glide slope 신호를 수신하기 위해 넓은 공간을 차지하게 된다. 이처럼 전 세계적으로 급증하는 항공 교통량을 처리하기에 기존 ILS을 이용한 항공기 착륙서비스는 이착륙 효율성 및 경제적 측면에서 많은 한계가 있다. 이에 국제민간항공기구는 기존의 항행장비를 위성항법 기반으로 대체해 나가는 전략을 추진하고 있으며, 이 과정에서 위성항법지역보강시스템(GBAS; ground based augmentation system)이 개발 되었다[1]. 위성항법 보강시스템은 DGNSS (differential global navigation satellite system) 원리를 응용하여 GBAS지상국들에서 생성된 의사거리 보정정보와 의사거리 보정정보의 무결성을 검증하기 위한 파라미터 및 착륙비행경로를 지상의 송신기로부터 VHF무선 데이터 링크를 통해 차등 보정 메시지를 방송하는 방식으로 인근 23NM 반경의 공항에 navigation 정보 및 정밀한 접근 서비스를 제공하는 장비이다 [2],[3]. GBAS는 ILS에 비해 향상된 정확도와 항공기의 이착륙 효율을 증대시킬 수 있으며 설치가 제한되는 지역에서도 운용이 가능하기 때문에 현존 ILS을 대체할 수 있을 것으로 보인다.

본 논문에서는 태안비행장 가상 ILS 접근 절차와 GBAS의 curved approach 절차에 따라 비행시험 및 비행시험 후 얻어지는 연료 소모량의 이득을 항로에 따라 비교분석 하였으며, 실제 비행을 통하여 이를 측정 하였다.

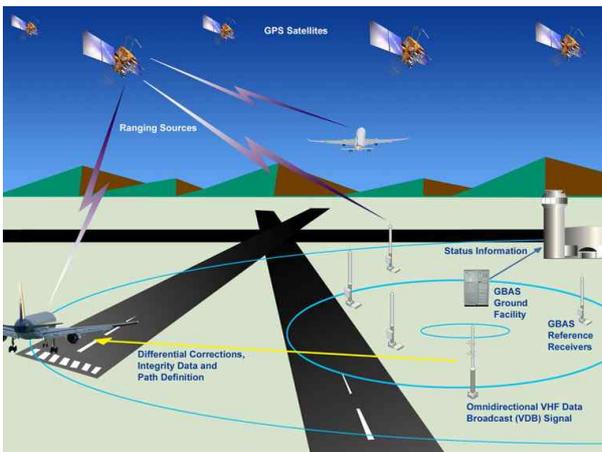


그림 1. Ground based augmentation system의 개념도
 Fig. 1. Concept of ground based augmentation system.

II. 본 론

2-1 ILS의 한계

기존의 ILS는 GBAS에 비해 전파 특성상 안테나 전면의 평탄지역 및 장애물 제한지역이 넓어 설치 조건이 까다롭고 설치 비용이 고가이기 때문에 설치비용이 장비 가격을 초과하는 경우가 많다. 또한 주변 장애물에 의한 전파반사의 영향으로 전파의 질이 저하돼 설치 작업이 까다롭고 계기 착륙 시 착륙대기 항공기의 원거리 주기로 인해 공항자체의 수용능력이 떨어진다. ILS는 localizer와 glide slope를 사용하여 매우 좁은 방위각과 고정된 활공각 만을 제공하기 때문에 STOL기나 회전익 항공기의 고각도 진입과 segment 및 curved approach에 부적합하여 공항수용 능력을 떨어뜨리며 산악지대 등 지형조건이 좋지 못한 곳은 설치할 수 없다[4].

2-2 GBAS

위성항법지역보강시스템(GBAS)은 터미널 구역에서 활주로까지 항공기를 유도하는 정밀접근서비스와 공항 주위에서 정밀위치정보 서비스를 제공할 수 있는 위성항법 보강시스템이다. 국제민간항공기구는 1990년대 초에 지상기반 항법시설의 단점을 극복하기 위하여 위성항법보강시스템인 GBAS와 함께 조종사의 GNSS 데이터 확인을 돕기 위해 추가적인 정보를 제공하는 ABAS(aircraft based augmentation system)와 정지궤도위성을 사용하여 GNSS 위치 데이터의 정확도와 신뢰도를 높인 SBAS(satellite based augmentation system)를 국제기술표준으로 채택하였다[4]. GBAS는 그림 1과 같이 지상국(ground station)과 항공기 탑재장비로 구성되고 지상국은 정밀하게 측지된 위치에 설치된 다중 안테나와 기준국, 데이터를 처리하는 지상시설 및 VHF 데이터 방송 송신기로 구성된다. 공항에 설치된 GBAS 기준국의 수신기들은 GPS 신호를 수신하여 의사거리 보정정보를 계산한다. GPS를 활용한 GBAS는 L1 주파수에 탑재된 C/A 코드 정보만을 사용하며, 지상국은 비행안전을 위해 위성부분과 지상부분의 오류를 검출하고, 의사거리 보정 정보, 무결성 관련 정보 및 항공기 접근 경로를 제공한다[5]. GBAS는 ILS와 달리 한 공항에 한 개의 시스템으로 활주로의 수에 관계없이 요구하는 성능을 제공하고 곡선접근이 가능한 장점을 보유하고 있으며, 정확도가 향상되어 공항의 이착륙 효율을 현격히 증대시킬 수 있다. 이와 같은 장점 때문에 연료 절감, 대기 오염 감소, 공항주변 소음 감소 등의 효과를 얻을 수 있다[4].

2-3 curved approach

curved approach는 필수항행성능(RNP; required navigation performance)의 핵심으로 곡선 항로(curved flight tracks)를 이용한 절차이다. 이는 “radius-to-fix legs”으로 불리는 한 점을 기준

일정한 반경으로 선회하여 활주로에 진입 하는 절차이다. 이러한 선회는 항행 데이터베이스에 입력이 되어 있으며, 치명적인 장애물 지역을 피하기 위해 행해진다. 지상에 고정되어진 시설에 의존하기 때문에 정해진 루트대로 접근해야 하는 ILS와는 다르게 GBAS는 유동적인 접근이 가능하므로, 지형지물에 대한 제약사항을 해결 할뿐만 아니라, 운항거리 감소로 인한 많은 장점이 있다[6].

2-4 절차 구성

ILS와 GBAS curved approach 의 비교를 위해 태안비행장에 각 절차상의 루트를 설정하였다. 비행시험을 하게 될 기체는 CESSNA 항공기를 사용하여 비행시험을 하였으며 auto pilot 기능을 사용하여 비행시험을 진행하였다.

1) ILS 절차 구성

비행시험이 진행될 태안비행장은 ILS 시설이 없는 VFR공항이기 때문에 그림 2와 같이 가상의 위치에 ILS 장비가 존재한다는 가정 하에 경로상의 위치(이하 fix)에 따른 속도와 고도를 고려하여 절차를 구성하였다. 그림 3은 ILS 절차에 대한 비행 루트를 나타내며 대한민국 항공로를 지나는 항공편이 태안비행장에 착륙할 시를 고려하여 루트를 설정 하였다. 태안비행장은 좌측으로 R-108을 비롯한 제한구역 및 우측으로 서산 공군 기지가 위치하기 때문에 이를 피하여 각 fix를 설정하였으며, NAMJA에서 IAF(initial approach fix)로 STAR(standard terminal arrival routes)절차를 진행하기 위해 임의의 NAMJA-1, NAMJA-2를 설정하였다. IAF 로 진 입후 ILS 절차에 따라 RKTA RWY 15로 진입하도록 구성하였다.

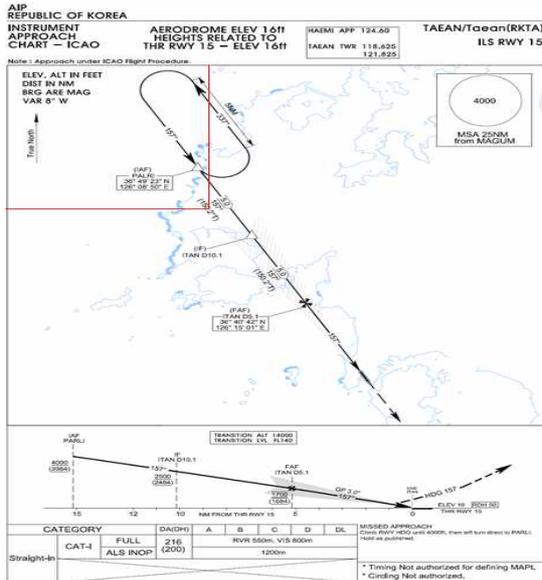


그림 2. RWY15 가상 instrument landing system 접근 chart
 Fig. 2. RWY15 virtual instrument landing system approach chart.



그림 3. Instrument landing system 절차 비행 시나리오
 Fig. 3. Instrument landing system flight procedures scenario.

표 1. Instrument landing system fix 좌표

Table 1. Instrument landing system fix coordinate.

fix	위도(LAT)	경도(LONG)
NAMJA	36°43'48.00"N	126°58'46.00"E
NAMJA-1	36°53'15.82"N	126°29'58.51"E
NAMJA-2	36°52'35.56"N	126°15'15.16"E
IAF	36°49'0.22"N	126° 8'16.00"E
IF	36°44'40.05"N	126°11'21.43"E
FAF	36°40'19.88"N	126°14'26.86"E

2) curved approach 절차 구성

그림 4와 같이 태안비행장 ILS 접근절차와의 직접적인 비교를 위해 curved approach 루트를 설정하였으며 ILS 절차와 마찬가지로 NAMJA에서 STAR 절차를 통해 NAMJA-1의 루트를 거쳐 IAF 로 진입한 뒤 curved approach를 수행하여 RWY15로 진입할 수 있도록 설정하였다.

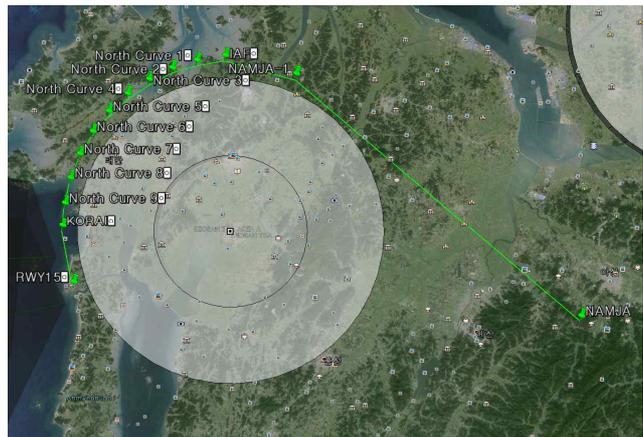


그림 4. Curved approach 비행 시나리오
 Fig. 4. Curved approach flight scenario.

표 2. Curved approach fix 좌표

Table 2. Curved approach fix coordinate.

fix	위도(LAT)	경도(LONG)
NAMJA	36°43'48.00"N	126°58'46.00"E
NAMJA-1	36°53'15.82"N	126°29'58.51"E
IAF	36°52'55.88"N	126°23'55.38"E
North Curve 1	36°52'1.60"N	126°21'48.39"E
North Curve 2	36°51'1.63"N	126°20'3.98"E
North Curve 3	36°49'49.70"N	126°18'31.96"E
North Curve 4	36°48'27.45"N	126°17'14.42"E
North Curve 5	36°46'56.76"N	126°16'13.11"E
North Curve 6	36°45'19.68"N	126°15'29.44"E
North Curve 7	36°43'38.41"N	126°15'4.40"E
North Curve 8	36°41'55.27"N	126°14'58.54"E
North Curve 9	36°40'12.59"N	126°15'12.02"E
KORAI	36°38'41.30"N	126°15'37.40"E

3) ILS와 curved approach 절차 비교

태안 비행장은 항공로에서 RWY 15로 진입 시 서산 훈련장의 영향을 받기 때문에 이를 피하여 ILS 절차로 진입할 때 거리상 손해를 볼 수밖에 없는 위치에 있다. 따라서 서산 훈련장을 피해 curved approach 절차 수행 시 단축된 거리로 비행을 할 수 있다. Google Earth에 각 fix의 좌표 값을 입력하여 거리측정을 하였다. ILS 절차를 수행하였을 시 NAMJA-1부터 RWY15 까지 거리는 33.87 NM (62.2 km) 이며, 항공기의 속도가 230 km/h로 일정하다고 가정 하였을 시 CESSNA 항공기의 연비 7.7 km/l에 따라 8.08 l (2.13 gal)의 연료가 소모될 것으로 예상된다 [7]. curved approach 절차를 수행하였을 시 마찬가지로 NAMJA-1부터 RWY 15까지의 거리는 25.9 NM (47.97 km)이며 6.23 l (1.65 gal)의 연료가 소모될 것으로 예상된다. 최종적으로 curved approach 절차 수행 시 ILS보다 비행거리상 7.97 NM (14.23 km)이 줄어들며 1.85 l (0.48 gal)의 연료가 절약될 것으로 예측 된다.

2-5 비행시험

비행시험 데이터 수집을 위한 탑재 장비는 GPS antenna와 수신기 및 배터리로 구성되며, GPS 수신기와 배터리 및 컴퓨터를 모듈화 하여 항공기에 탑재 하였다. 비행시험은 한서대학교 비행교육원에서 이루어 졌으며, CESSNA 항공기의 auto pilot 기능을 사용하여 비행 전 각 fix를 입력한 뒤 full auto pilot을 수행하였다. 그림 5-8은 auto pilot 기능을 사용하여 실질적으로 비행한 루트를 나타내며 절차 구성단계에서 만든 시나리오와 매우 흡사하게 비행시험이 이루어 졌음을 알 수 있다. 일반 항공기의 경우에도 시나리오 구성에 따른 비행시험 진행에 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

1) ILS 비행시험

그림 5는 ILS 절차수행 시 조종석 내부를 촬영한 것을 캡처한 것으로 항공기가 NAMJA-1으로 진입하였을 때의 연료 소모량을 나타낸다. 그림 6은 RWY 15로 진입하였을 때의 연료 소모량을 나타내며 두 그림을 비교하여 연료 소모량을 알 수 있다.

ILS 절차 수행 시 33.87 NM (62.2 Km)NM의 거리를 비행하였으며 19분 51초의 시간이 소요되었고 약 1.9 gal의 연료가 소모되었다.

2) curved approach 비행시험

그림 7과 그림 8을 비교하여 NAMJA-1에서 RWY 15까지의 연료 소모량을 알 수 있다. curved approach 절차 수행 시 25.9 NM (47.97 km)NM의 거리를 비행하였으며 13분 43초의 시간이 소요되었고 약 1.4 gal의 연료가 소모되었다.



그림 5. NAMJA1에서의 instrument landing system 비행시험 조종석 내부 촬영

Fig. 5. Instrument landing system flight test cockpit snapshot at NAMJA1.



그림 6. RWY15에서의 instrument landing system 비행시험 조종석 내부 촬영

Fig. 6. Instrument landing system flight test cockpit snapshot at RWY15.



그림 7. NAMJA1에서의 curved approach 비행시험 조종석 내부 촬영

Fig. 7. Curved approach flight test cockpit snapshot at NAMJA1.



그림 8. RWY15에서의 curved approach 비행시험 조종석 내부 촬영

Fig. 8. Curved approach light test cockpit snapshot at RWY15.

3) ILS와 curved approach 절차 비행시험 비교

ILS 와 curved approach 절차를 통한 비행시험을 각각 진행하였다. curved approach 절차를 수행하였을 시 ILS 절차를 수행하였을 때 보다 약 7.97 NM (14.23 km)의 거리를 단축할 수 있었으며 6분 8초의 시간과 1.89 l (0.5 gal)의 연료를 절약할 수 있었다. 이는 Google Earth를 사용하여 측정한 거리와 항공기의 평균 운항 속도를 고려하여 예측하였던 값과 비교할시 약 96%의 정확도를 나타낸다고 할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 기존에 사용 중인 ILS 절차와 향후 적용될 GBAS curved approach 절차를 통한 착륙 절차 수행 시 향상된 연료 소모량의 직접적인 비교를 위해 한서대학교 태안비행장

에서 비행시험을 수행하였다. 비행시험은 CESSNA 항공기의 auto pilot 기능을 사용하여 RKTا RWY 15 방향으로 ILS 와 curved approach를 통한 착륙절차를 각각 비행시험을 수행하였으며, 정해진 포인트에서 착륙지점까지 걸리는 시간과 이에 따른 실질적인 연료 소모량의 차이를 실험을 통하여 입증하였다. RWY 15 방향 접근 시 curved approach를 이용한 착륙은 ILS를 사용하였을 때보다 6분 8초 의 시간이 단축 되었으며 이에 따른 연료소모량은 1.89 l(0.5 gal)감소된 것을 확인하였다. 이에 본 연구를 통하여 GBAS의 장점이 가시적으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 한국항공진흥협회의 항공특성화대학 지원사업의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] M. S. Jeong, "Analysis of GPS signal environment for GBAS siting in Gimpo international airport," *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 41, No. 1, pp 70-78, Jan. 2013.
- [2] H. C. Choi, "Study on the plan of the test and evaluation for approval of GBAS ground system", *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Yongpyeong: Korea, pp.1407-1411, Nov. 2011.
- [3] FAA. Satellite Navigation - Ground Based Augmentation System (GBAS) [Internet]. Available: http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/
- [4] S. H. Kim, Y. H. Joo, S. B. Bae, S. H. Choi, S. H. Yoon, D. G. Kim, D. H. Kim, and S. B. Park, Establish approach procedure of GBAS and implement of simulator for the flight test of GBAS approach procedure based on GBAS CAT-I (III), Hanseo University. Aviation technical document., GBAS-2011-A-001, 2013.
- [5] H. S. Jun, A study on improving GBAS performance and reliability using the analysis of regional environmental factors, Ph. D, Pusan university, Busan, Korea, Jun., 2010.
- [6] B. S. Goo, "Consideration on Taean Airport Curved Approach Using the Simulator," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol 18, No. 4, pp.288-295, Aug. 2014.
- [7] Paul Jackson MRAeS, "Jane's All The World's Aircraft 2004-2005 & Jane's Fighting Ships 2004-2005," *Jane's Information Group*, p.629, 2006.



김 우 리 얼 (Woo-Ri-Ui Kim)

2014년 2월 : 한서대학교 항공전자학과 졸업 (공학사)
2014년 ~ 현재 : 한서대학교 항공기 시스템학과 석사과정
※ 관심분야 : 항공기 시스템



홍 교 영 (Gyo-Young Hong)

1993년 3월 ~ 2001년 : 대한항공 항공기술연구소 선임 연구원
2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
※ 관심분야 : 비행시험, 항공통신, 항공기 시스템