

## 시뮬레이터를 이용한 태안비행장 Curved Approach에 대한 고찰

# Consideration on Taeon Airport Curved Approach Using the Simulator

구본수<sup>1</sup> · 진향식<sup>2</sup> · 정명숙<sup>2</sup> · 박수복<sup>1</sup> · 홍승범<sup>1</sup> · 홍교영<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한서대학교 항공시스템학과

<sup>2</sup>한국항공우주연구원

Bon-Soo Koo<sup>1</sup> · Hyang-Sig Jun<sup>2</sup> · Myeong-Sook Jung<sup>2</sup> · Soo-Bog Park<sup>1</sup> · Seung-Beom Hong<sup>1</sup> · Gyo-Young Hong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Aircraft System Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 357-953, Korea

<sup>2</sup>CNS/ATM.Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 305-806, Korea

### [요 약]

현재 사용 중인 계기착륙장치(ILS)는 시스템 특성상 동시에 다수의 입항하는 항공기가 사용하기 어렵고, 활주로 방향별로 장비들이 설치되어야 한다. 또한 착륙하는 항공기들이 일정한 구역에서 단일 비행경로만으로 착륙절차가 구성되어야 한다는 한계점이 있다. 이에 항공 교통량이 증가하게 된다면 입항하는 항공기들의 체공 시간이 더욱 증가하게 될 것이다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 GNSS를 이용한 착륙시설로 GBAS가 개발 되었다. 본 논문에서는 비행시험 전 시뮬레이터를 이용하여 태안 비행장에서 실제 사용하고 있는 항공기 착륙절차와 Curved approach를 이용한 절차를 비교 하였다. 비교 결과 Curved approach 절차를 이용하게 되면 기존절차보다 비행시간이 감소되어 연료 및 소음공역회피 등과 같은 효과가 일어 날 수 있을 것으로 판단된다.

### [Abstract]

Current ILS is difficult for the many aircraft to access to the system at the same time because of it's system. And the equipments should be installed at the direction of every runway. Also, There is limitation that landing procedures must be have of only ILS single course when the aircraft land on the ground. hereupon, The more air traffic exist, the longer delay time of flight be. GBAS using the GNSS has been developed to overcome those limitations. Before flight test in Teean airport, this paper compares the taeon approach procedure and curved approach procedure by using the simulator. Comparison study shows that curved approach procedure takes less flight time ,low fuel conspmsion and make it possible to avoid noise airspace more than original procedure.

**Key word** : ILS, GNSS, GBAS, Curved approach, Approach procedure.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2014.18.4.288>



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 25 June 2014; Revised 23 August 2014  
Accepted (Publication) 21 August 2014(30 August 2014)

\*Corresponding Author; Gyo-young Hong

Tel: +82-2-2209-3671

E-mail: kiathgy@hanseo.com

## I. 서론

현재 사용하고 있는 이·착륙시설은 증가하는 항공교통량을 감당하기 어려움에 따라 인공위성을 이용한 항행시스템으로 CNS/ATM(communication navigation surveillance /air traffic management) 개념이 개발이 되었다 [1]. 기존에 계기 착륙장치로 사용하고 있는 계기착륙장치(ILS; instrument landing system)는 시스템 운용 특성상 다수의 항공기가 입항 할 경우 체공시간이 증가하게 되는 한계점이 들어 날 것이다. 이에 항법시스템(navigation)중 위성 위성항법 시스템(GNSS; global navigation satellite system)을 이용한 위성항법지역보강시스템(GBAS; ground based augmentation)이 개발이 됐다[2].

현재 대부분 공항에서 착륙시스템으로 운용중인 ILS와는 달리 GBAS는 설치 요구 조건이 간단하며, 활주로 방향별로 장비를 설치할 필요 없이 한 공항에서 단일 시스템으로 요구하는 성능을 제공하여 초기 설치 및 운용유지 비용이 ILS 보다 적다는 장점을 보유 하고 있으며, 또한 정확도가 향상되어 공항의 이·착륙 효율을 현저히 증대 시킬 수 있는 시스템이다 [2]. 이처럼 많은 장점이 있는 GBAS는 현재 시범공항인 김포공항에 설치되어 비행시험을 진행하고 있으며 또한 한서대학교 태안비행장에서 GBAS를 기반으로 한 Curved approach 절차를 이용한 비행시험도 같이 진행하고 있다. Curved approach 절차는 착륙 시 더 짧은 거리를 비행하게 하여 항공기 연료 효율을 증가시키고 공항 주행구역 소음감소에 도움을 줄 수가 있다. 비행시험을 진행하게 될 한서대학교 태안비행장 경우 지형 특성과 제한공역의 영향을 받아 ILS를 설치하지 못하고 GPS를 이용하여 착륙절차를 사용하고 있다.

본 논문에서는 ILS 와 GBAS에 간단한 설명과, 한서대학교 태안 비행장에서 Curved approach 비행시험 전 시뮬레이터를 이용하여 실제 사용하고 있는 절차와 Curved approach 절차를 비교하는 시험을 진행 하였다.

## II. 본론

### 2-1 계기 착륙 시스템(ILS)

ILS는 ICAO에서 항공기의 전파에 의한 정밀 진입용 지원시설로서 세계적인 표준방식이며 1950년부터 적용 되어 현재까지 사용되어지고 있다. ILS는 공항에 진입하는 지역의 공간에 전파에 의한 표준경로를 만들어 이 표준 경로에 따라 항공기를 유도하는 시스템이다. ILS는 전파의 표준경로를 만들어주는 지상시설과 이 전파를 수신하여 표준경로의 위치를 지시하는 지상 장치가 필수적이다. 지상시설은 항공기에 수평방향의 유도 정보를 제공하는 Localizer, 수직방향의 유도 정보를 제공하는 Glide slope, 활주로의 시단까지의 거리를 알려주는 Marker beacon으로 구성이 되어져있다.

Localizer는 활주로의 중심선을 항공기에 제공하며, 방사신호 주파수는 108~112 MHz의 1개 전파이며 90 Hz 및 150 Hz의 진폭 변조파이다. 반사파는 진입 항공기가 활주로를 향해 활주로 중심선상(진입코스)의 좌측에 있는 경우에는 90 Hz의 변조도가 150Hz의 변조도보다 많아져서 코스에서의 편이각도에 비례하여 변조도차(DDM; difference in depth of modulation)가 증가 한다. 즉 정상적인 코스는 90 Hz와 150 Hz의 DDM이 0이 되어야 한다.

글라이드슬로프의 방사신호 주파수는 329~335 MHz의 1개 파로 90 Hz 및 150 Hz의 진폭변조파이며, 활공각은 보통 3도로서 하강각의 위쪽 방향으로는 90 Hz, 아래쪽 방향으로는 150Hz로 항공기의 활공각 경로를 알려주게 된다. 정상적인 각도에서는 DDM이 0이 되어야 한다.

마커 비컨은 항공기가 ILS의 코스에 따라 정밀 진입을 하는 항공기에 대하여 활주로서 특정의 거리에 도달한 것을 전달하기 위해 변조파로서 진폭 변조된 75 MHz의 선형 수직지향성 전파를 위쪽 방향으로 방사하는 것이다. 마커는 보통 O/M(out marker), M/M(middle marker), I/M(inner marker)로 나뉘지게 되며 각각의 주파수는 O/M 400 Hz, M/M 1300 Hz, I/M 3000 Hz와 변조코드로서 이루어져있다 [3].

ILS는 전파 특성상 주변 장애물에 의한 전파반사의 영향으로 전파의 질이 저하되기 때문에 설치 작업이 까다롭고 계기착륙 시 착륙대기 항공기의 원거리 주기로 인해 공항자체의 수용 능력을 떨어뜨린다. 또한, 매우 좁은 방위각과 고정된 활공각을 제공해 줌으로써 STOL이나 회전익 항공기의 고각도 진입과 Segment 및 Curved approach에 부적합하여 공항수용 능력을 떨어뜨리며 산악지대 등 지형조건이 좋지 못한 곳은 설치할 수 없는 단점이 있다 [4].

### 2-2 위성항법지역보강시스템(GBAS)

GBAS는 CAT- I, II, III급의 비행단계에서 요구하는 정확도, 무결성, 연속성 및 가용성의 성능 조건을 만족하며 접근과 이·착륙에 대한 서비스를 수행하는 위성항법보강시스템이다 [5].

GBAS는 위성 시스템, 지상시스템, 항공기 탑재시스템으로 구성된다. 지상시스템은 보통 2-4개의 GNSS 기준국 수신기, 보정정보를 계산하는 프로세서와 보정정보와 최종접근경로(FAS; final approach segment)정보를 방송하는 VDB 장치로 구성되며 항공기 탑재시스템은 MMR(multi mode receiver)을 통해 지상 송신 정보를 획득하여 위성착륙시스템(GLS; GNSS landing system)나 FMS(flight management system)를 통해 계산된 유도 정보를 다양한 형태로 조종사에게 제공해주도록 되어 있다[6]. 공항에 설치된 GBAS 기준국의 수신기들은 GPS 신호를 수신하여 DGPS를 활용하여 GBAS 지상국에서 생성한 의사거리 보정정보와 의사거리 보정정보의 무결성을 검증하기 위한 파라미터 및 착륙비행경로를 항공기에 송출하여 공항의 활주소에 정확히 착륙하게 도와준다.

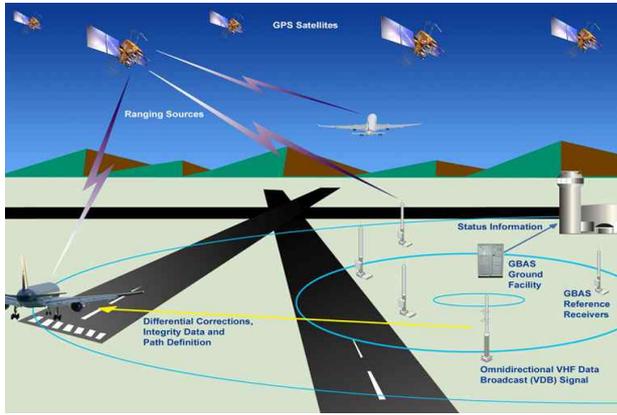


그림 1. GBAS 개념도  
Fig 1. GBAS Concept

GBAS는 기존 시스템과 비교하여 정확도가 향상되어 비행 분리간격을 축소시켜 주행공역에 항공기 수용능력의 확대가 가능하다. 또한, ILS가 수행 할 수 없는 Multiple glide paths and thresholds, Offset approach, Guided missed approach and departure, Multiple concurrent operation, Curved approach 등이 가능하다. 이러한 장점 때문에 연료절감, 대기 오염 감소, 공항 주변 소음 감소 등의 효과를 기대할 수 있다 [4].

1) Multiple glide paths and thresholds

지정된 포인트를 따라 착륙을 하는 ILS와 달리, GBAS 경우 항공기가 착륙을 위해 공항으로 접근을 할 경우 약 3°의 Glide path 각도 대신 다양한 각도와 기준 값을 제공할 수 있다 [4].

2) Guided missed approach and departure

ILS 경우는 착륙을 할 때에만 도움을 주지만, GBAS 경우는 착륙뿐만 아니라 환경적인 요인이나 관제사의 실수, 조종사의 실수 등으로 복항을 해야 할 경우에도 항공기가 활주로에 안전하게 이·착륙을 할 수 있도록 해준다 [4].

3) Multiple concurrent operation

여러대의 항공기를 동시에 운영할 수 있는 것을 의미한다. 즉 GBAS는 하나의 장비로 여러대의 항공기를 안전하게 유도할 수 있다. ILS 경우 시스템 특성상 하나의 활주로에 대하여 하나의 항공기만을 유도할 수 있는 반면 GBAS는 한 활주로에 대해 이론상으로 192개의 항공기 유도가 가능하게 해준다 [4].

4) Paralled approach

활주로 2개가 나란히 놓여 있는 활주로를 Paralled runway라고 부른다. Paralled approach란 병렬 활주라 상에서 유도 및 접근법을 의미한다. Paralled approach는 GBAS만 가능한 것은 아니다. ILS도 Paralled approach가 가능한데 GBAS와는 달리 ILS는 활주로 당 한 개의 로컬라이저가 설치되어야 한다는 단점이 존재 하지만 GBAS는 하나의 공항에 단일 시스템으로도 가능하다 [4].

2-3 ILS와 GBAS 비교

ILS는 주파수 혼잡으로 인한 혼신문제가 심각하고, 활주로 방향별로 장비들을 설치하여야 하며, 일정한 구역 내에서 항공기의 단일 비행경로만을 구성 하여야 하지만 GBAS의 경우 한 공항내의 단일 시스템으로 구성이 되어 지기 때문에 ILS 보다 설치/운영비용이 저렴하며, 항공기가 착륙을 위해 공항으로 접근을 할 경우 약 3°의 glide path 각도 대신 다양한 각도와 기준 값 들을 제공하여 단일 경로가 아닌 이론상으로 192개의 접근 경로를 구성이 가능하다. 따라서 항공기의 수요량이 증가하더라도 여러 가지의 경로로 착륙 유도가 가능해져 공항의 효율성이 증가 될 수 있다. 또한, ILS의 경우 착륙을 할 경우만 도움을 주지만, GBAS 경우는 착륙뿐만 아니라 환경적인 요인이나 관제사의 실수, 조종사의 실수 등으로 복항을 해야 할경우도 항공기가 활주로에 안전하게 이·착륙을 할 수 있도록 유도 할 수 있다 [3],[4].

2-4 Curved Approach 관한 기본연구

필수항행성능(RNP; Required navigation performance)접근 절차 중 곡선 항로를 이용한 절차가 있다. 이 절차는 “Radius-to-fix legs“으로 불리는 한 점을 기준 일정한 반경으로 선회하여 활주로에 진입하는 절차이다. 이러한 절차는 항행 데이터베이스에 입력이 되어 있으며, 보통 치명적인 장애물 지역을 피하기 위해 시행되는 절차이다. 지상에 고정되어진 시설에 의존하고 정해진 루트대로 접근해야 하는 ILS와는 다르게 GBAS는 유동적인 접근이 가능하므로, 지형지물에 국한된 제약사항을 해결 할뿐만 아니라, 운항거리 감소로 인한 많은 장점이 있다. 또한 ILS를 이용하여 곡선 항로 절차를 이용하여 착륙 할 경우 관제사가 포인트 포인트마다 관제를 해준 값을 이용하여 운항하여 착륙을 유도 하지만, GBAS 같은 경우 정밀한 자기 위치 값을 통하여 운항하기 때문에 관제사 업무 또한 감소 할 수가 있다.

GBAS Curved approach 와 비슷한 예로 스톡홀름 Arlanda 공항 RWY26에 RNP AR을 적용한 결과 기존 PRNAV STAR보다 11NM 이상 단축이 되면 수평 수직의 최적화, 소음지역 감소 이산화탄소 평균 배출량의 감소 등에 장점을 확인할 수 있었다.

Curved approach에 의한 항공기 이동경로 감소도 또한 스톡홀름 Arlanda 공항에서 얻은 결과와 비슷한 결과가 예상되며 이로 인해 얻어지는 긍정적 영향 또한 적지 않을 것으로 판단 되어진다. 또한 복잡한 장애물이 존재하는 공항에서도 조종사의 부담을 완화 시킬 수 있는 항로를 설계 가능할 것으로 보여진다 [4],[7].

## 2-5.시뮬레이터 구성 및 시스템

curved approach 절차와 한서대학교 태안비행장에서 실제 운용 하고 있는 절차를 시뮬레이션으로 비교하기 위하여 기존에 구축되어있는 비행관제 시뮬레이터를 활용하였다.

### 1) 시스템구성

시뮬레이터의 시스템은 그림 4 와 같이 server PC와 client PC, 네트워크 장비로 구축 하였다 [2].

### 2) 소프트웨어 구성

시뮬레이터 소프트웨어는 그림 과 같이 DB, 기초 Data, 시나리오를 제어하는 환경 설정 모듈과 항로, 항공기 도착 및 출발 절차, 접근 절차 등을 구현하고 시현하는 레이더 스크프 모듈, 3D 영상 및 사운드 구현하는 이미지&사운드 모듈 그리고 시나리오 이벤트 실행, Recording 등을 제어하는 서버모듈 및 기상 환경을 제어하는 기타 모듈로 구성되어 있다.

server tray 어플리케이션을 구동중인 상태의 server에 client들이 TCP/IP handshake를 체결한 이후에는 UDP로 데이터를

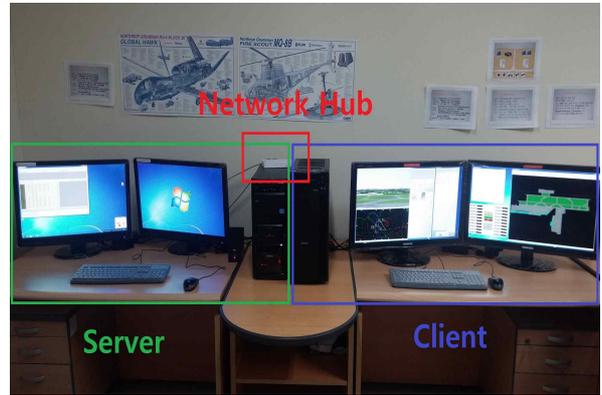


그림 4. 시뮬레이터 시스템 [2]  
Fig 4. Simulator system [2].

전송하며, 권한 제한을 둔 메모리를 사용함으로써 통신상 데이터의 안정성과 접근성을 동시에 보장할 수 있도록 설계 되었다 [2].

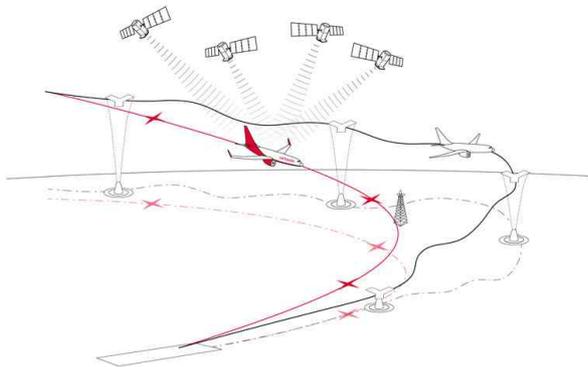


그림 2. Curved Approach 개념  
Fig 2. Curved approach concept.

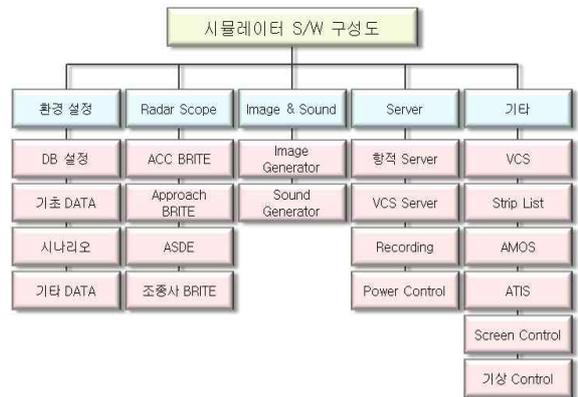


그림 5. 시뮬레이터 소프트웨어 구성도 [2]  
Fig 5. Simulator software block diagram [2].

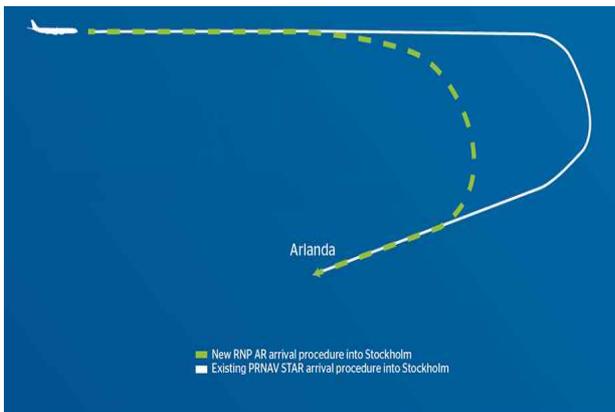


그림 3. 새로운 RNP AR과 기존 PRNAV STAR 비교  
Fig 3. Compare with new RNP AR and PRNAV STAR.

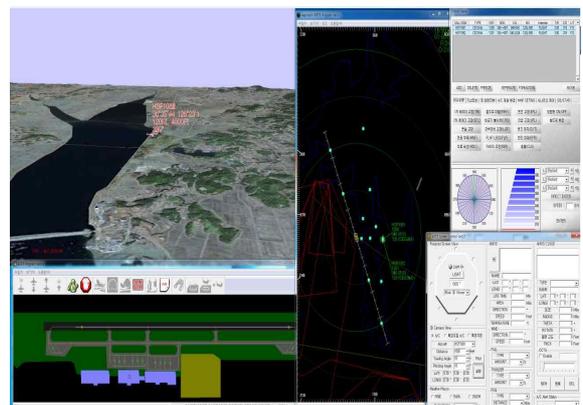


그림 6. 시뮬레이터 프로그램  
Fig 6. Simulator program.





그림 12과 그림13의 첫 번째 사진은 같은 포인트에서 시작하여 한 대는 태안비행장에서 운용되는 절차를 입력하고 다른 한 대는 curved approach 절차를 입력하여 출발하는 사진이다. 두 번째 세 번째 사진에서는 시간이 지날수록 curved approach 절차를 입력한 항공기가 더 빠른 시간에 활주로에 착륙하는 것을 확인 할 수 있다.

시험 결과 GBAS를 기반으로 하는 curved approach 절차가 기존에 사용되고 있는 절차보다 비행시간이 줄어들어 주행구역이 줄어들어, 소음지역, 연료사용량 감소가 나타날 것으로 보여 진다. 또한 curved approach 절차는 GBAS 기반으로 단일 경로의 절차가 아닌 여러 개의 절차를 이용하여 항공 교통

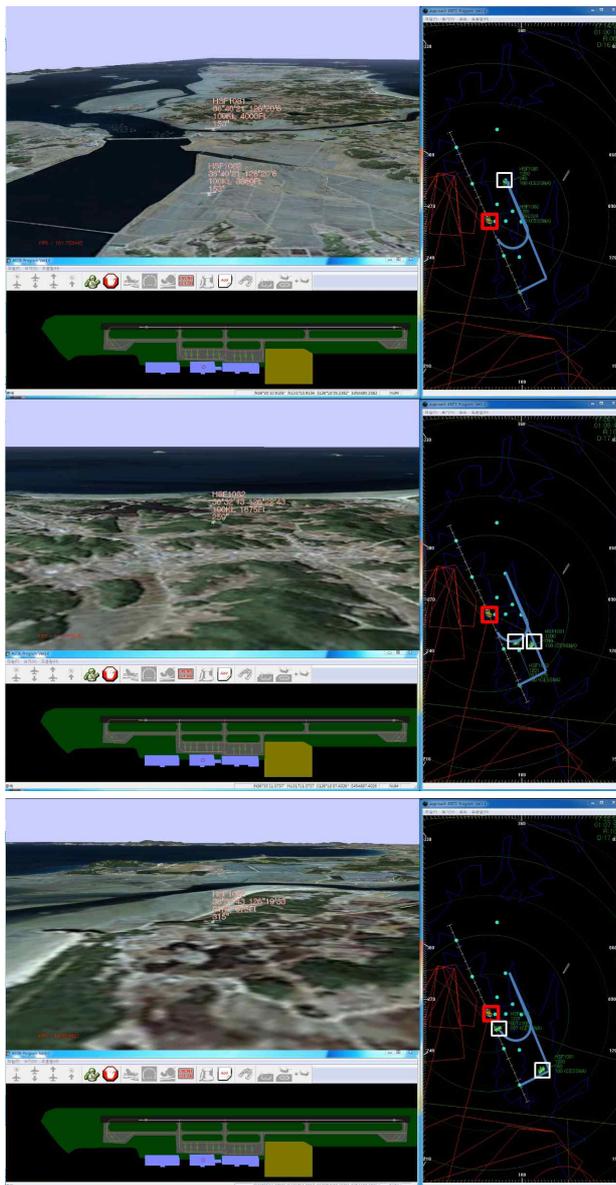


그림 13. 태안비행장 활주로 33 방향  
Fig 13. Taeon airport RWY 33.

량이 증가하더라도 유연성 있는 공항운용을 할 수 있을 것이라 판단 된다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 한서대학교 태안비행장에서 GBAS를 기반으로 한 curved approach 절차에 대한 비행시험을 진행하기 전에 시뮬레이터를 이용하여 기존절차와 curved approach 절차를 비교하는 시험을 진행 하였다. 태안 비행장 기존 절차에 따라 착륙을 하게 되면 정해진 waypoint를 찍어 공항 활주로에 착륙을 하여야 하지만 GBAS를 기반으로 한 curved approach 절차는 DGPS를 통해 정확한 위치정보를 이용하여 정해진 waypoint 없이도 착륙이 가능하다. 따라서 공항 주행지역이 감소하게 되어 항공기 소음, 줄어든 비행시간에 따른 연료 소모량이 감소하게 되는 효과를 볼 수 있을 것으로 판단 된다.

또한, curved approach 시험을 진행한 태안 비행장 같은 경우 근처에 제한 구역이 많아 단일경로로 운용이 되고 있어 다수의 항공기가 입항을 할 경우 홀딩을 하는 현상이 발생이 되어 체공시간이 증가되어질 것 이다. 하지만 GBAS를 기반으로 한 curved approach를 이용하게 된다면 제한구역의 영향을 덜 받아서 여러 종류의 경로로 착륙을 할 수가 있게 된다. 이에 추후 시험에는 다양한 방향, 속도, 고도, 거리를 이용하여 제한구역에 의해 착륙절차에 제한이 많은 태안 비행장에 항공 교통량이 증가하여도 홀딩하지 않고 여러 가지 착륙절차로 착륙 할 수 있는가에 대한 시험을 진행 할 예정이다. 또한 시뮬레이터를 확인된 시험내용에 대하여 한서대학교 항공기 Cessna를 이용하여 실제 비행시험에 적용하여 curved approach 시험을 진행할 예정이다.

#### 감사의 글

본 연구는 2014년도 국토해양부지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] C. H. Kim, J. C. Jeong, and J. Y. Kang, "A Study on CNS/ATM and performance based navigation," *The Korean Society for Aviation and Aeronautics*, Vol. 18, No.1, pp 45-50, 2010.
- [2] S. B. Bae, A study on the implementation of simulator for flight test of GBAS approach procedure, Master's dissertation, Hanseo Univ., Choongcheongnam-do, Korea, 2014.
- [3] Y. I. Park, Design and analysis of autoland guidance and control system using ILS, Master's dissertation, Ulsan

Univ., Ulsan, Korea, 2002.

[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 Univ. Aviation Techni., GBAS-2011-A-001, p. 477, 2013.

[5] H. S. June, A study on improving GBAS performance and reliability using the analysis of regional environmental

factors, PH. D dissertation, Pusan Univ., Busan, Korea, 2010.

[6] G. Y Hong, Authentication technology development project final report in GBAS, Hanseo Univ. Arithmetic Consortium, R&D/09 Aviation-Navigation 05, 2010.

[7] M. Steen, T. Feuerle, M. Stanisak, T. Yoshihara, and P. Hecker, "GBAS curved approach procedures: advantages, challenges and applicability," ICAS, 28<sup>th</sup> International congress of the aeronautical sciences, 2012.



**구 분 수 (Bon-Soo Koo)**

2013년 3월: 한서대학교 항공전자학과 졸업 (공학사)  
 2013~현재: 한서대학교 항공기 시스템학과 석사과정  
 ※관심분야 : 항공기 시스템



**전 향 식 (Hyang-Sik Jun)**

1988년 2월: 부산대학교 전기공학과 (공학사), 1992년 2월: 부산대학교 전기공학과 (공학석사)  
 2010년 2월: 부산대학교 전기전자공학과 (공학박사)  
 1991년~1999년: 대우중공업(주) 대리  
 2000년~2003년: 한국항공우주산업(주) 선임과장  
 2004년~현재: 한국항공우주연구원 책임 연구원 및 CNS/ATM 팀장  
 ※ 관심분야: GNS/ATM, 위성항법, 항공전자



**정 명 숙 (Myeong-Sook Jung)**

2007년 2월: 한국항공대학교 항공우주공학과 (공학사)  
 2009년 2월: 한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 (공학석사)  
 2010년 2월 ~2011년 9월: 국방과학연구소 연구원  
 2011년 9월 ~현재: 한국항공우주연구원 연구원  
 ※ 관심분야: 위성항법, CNS/ATM



**박 수 복(Soo-Bog Park)**

1992년 2월 한국항공대학교 항공운항학과(공학석사)  
 1992년 5월~ 1995년 5월:Long Beach Flight Academy .INCFlight Instructor  
 2001년 10월 ~ 현재: 한서대학교 항공운항학과 교수 및 비행교육원장  
 ※관심분야 : 항공운항, 운항관리, 비행시험



**홍 승 범 (Seuing-Beom Hong)**

2003년 8월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과(공학박사)  
 2004년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수  
 ※관심분야 : 항공전자, 컴퓨터 비전, 항공 시뮬레이터, 항공사고



**홍 교 영 (Gyo-Young Hong)**

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