

태안 비행장과 김포공항 비행시험을 통한 ILS와 GBAS 비교

Comparison of ILS and GBAS Through Flight Test in Taeon Aerodrome and Kimpo Airport

구본수¹ · 김우리¹ · 주요한¹ · 홍교영^{2*}

¹한서대학교 대학원 항공시스템학과

²한서대학교 항공전자공학과

Bon-Soo Koo¹ · Woo-Ri-Ui Kim¹ · Yo-Han Ju¹ · Gyo-Young Hong^{2*}

¹Department of Aircraft system Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 357-953 Korea

²Department of Avionics, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 357-953 Korea

[요 약]

현재 대부분의 공항에서 운용중인 계기착륙시스템(ILS; instrument landing system)은 시스템 특성상 단일경로로 운영되어, 다수의 항공기를 수용하기에는 한계가 있다. 이러한 한계점을 해결하기 위해 GNSS를 이용한 위성항법시스템인 GBAS가 개발되었다. GBAS는 ILS 보다 위치 정확도도 높고 단일경로가 아닌 다수의 경로를 이용하여 착륙이 가능하기 때문에, 다양한 착륙절차를 수행할 수 있다. 이에, 본 논문에서는 환경적인 요건과 공역 제한 때문에 ILS 설치가 불가피한 태안비행장에 가상 ILS 절차를 수립한 후 cessna skyhawk 172를 이용하여 가상 ILS 절차와 curved approach 절차를 비교하는 비행시험을 하여 curved approach에 대한 장점을 확인 하였다.

[Abstract]

Since instrument landing system currently operating in most airports is operating in single-pass, it is not possible to accommodate a large number of aircraft. A satellite navigation system GBAS using a GNSS has been developed to solve these limitation when air traffic increases. GBAS is better than the ILS in position accuracy and capable of landing through multiple paths rather than a single path, the aircraft can perform varied landing procedures. In this paper, after we established a virtual ILS procedures at Taeon Airfield in which ILS installation is impossible due to environmental requirements and airspace restrictions, flight test was performed by Cessna Skyhawk 172 to compare the virtual ILS procedures and curved approach procedure and the advantage of curved approach was confirmed.

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

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.3.192>



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 May 2015; Revised 2 June 2015

Accepted (Publication) 24 June 2015 (30 June 2015)

*Corresponding Author; Gyo-young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

I. 서 론

2003년 이후 세계 항공기 시장은 연 평균 7.5%의 지속적인 성장을 이어왔으며, 세계 항공 수요는 2011년부터 2015년까지 연 평균 5.0%의 성장을 기록할 것으로 예측된다. 국내의 경우 2013년 3분기의 항공 교통량이 2012년 3분기 대비 평균 8.6% 증가했을 만큼 항공기 교통량이 지속적으로 증가하고 있다[1]. 이와 같이 지속적으로 증가하는 항공교통량에 대한 수용능력이 요구되는데 반해, 현재 국내의 대부분 공항에서 사용 중인 계기 착륙시스템(ILS)은 시스템 특성상 다수의 항공기를 동시에 수용할 수 없어 증가하고 있는 항공 교통량 처리능력은 한계에 달하고 있다. 이에 1990년대부터 미국 및 유럽 선진국을 중심으로 위성항법시스템(GNSS; global navigation satellite system)을 기반으로 한 위성항법지역보강시스템(GBAS; ground based augmentation system)에 대한 연구가 진행되어 오고 있다. GBAS는 공항근처 20 NM 반경 이내에 위치한 항공기에 CAT-I/II/III 급의 정밀위치서비스와 정밀 접근서비스를 제공하는 시스템으로, 위성항법보정시스템(DGNSS; differential global navigation satellite system) 원리를 응용하여 GBAS 지상국들에서 생성한 의사거리 보정정보와 의사거리 보정정보의 무결성을 검증하기 위한 파라미터 및 착륙비행경로를 항공기에 제공한다. GBAS는 계기착륙시스템(ILS; instrument landing system)와 달리 한 공항에 한 개의 시스템으로 활주로의 수에 관계없이 요구하는 기능과 성능을 제공하고 곡선접근이 가능한 장점을 보유하고 있으며, 기존시스템보다 정확도가 향상되어 공항의 이착륙 효율을 현격히 증대시킬 수 있다. 이와 같은 장점 때문에 연료절감, 대기오염감소, 공항주변 소음감소 등의 효과를 얻을 수 있다[2],[3].

이에 세계 여러 나라는 각국 GBAS 시범공항에 GBAS 장치를 도입 및 설치하여 자국에서의 GBAS 운용성 및 적합성 연구를 활발히 진행해오고 있다. 국내의 경우도 국토교통부 지원 하에 항공우주연구원을 중심으로 2010년 9월부터 GBAS CAT-I 시스템을 운용기술 개발 연구를 진행 하고 있으며, 이를 통해 2013년 7월 김포국제공항(이하 김포공항)에 Honeywell사 SLS-4000의 설치를 하였다. 설치된 장비는 2013년 7~8월경에 지상시험 평가를 수행 하였고, 2014년에 비행시험이 완료 되었다[3].

본 논문에서는 현재 지형특성과 제한구역 때문에 ILS 설치가 불가능한 태안비행장에서 가상 ILS 절차를 수립하여 가상 ILS 절차 운용 시와 GPS를 이용한 곡선접근을 비행시험을 통한 비교 분석과, 시뮬레이션을 이용하여 김포공항 ILS와 GLS를 비교 분석하여 GBAS 장점을 확인하였다.

II. 본 론

2-1 계기 착륙 시스템(ILS)

ICAO에서 제정한 세계적인 표준방식인 ILS는 공항에 진입하는 지역 전파에 의한 표준경로를 만들어 이에 따라 항공기를 유도하는 시스템으로 1950년부터 적용 되어 현재까지 사용되어지고 있다. 따라서 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, 활주로시단까지 거리를 알려주는 marker beacon으로 구성되어 있다.

Localizer는 활주로의 중심선을 항공기에 제공하며, 방사선호 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 150 Hz의 변조도보다 많아져서 코스에서의 편이각도에 비례하여 변조도차(DDM; difference in depth of modulation)가 증가한다. 즉 정상적인 코스는 90 Hz와 150 Hz의 DDM이 0이 되어야 한다.

Glide slope의 방사선호 주파수는 329~335 MHz의 1개파로 90 Hz 및 150 Hz의 진폭변조파이며, 활공 각은 보통 3도로서 하강각의 위쪽 방향으로 90Hz, 아래쪽 방향으로 150 Hz로 항공기의 활공 각 경로를 알려주게 된다. 정상적인 각도에서는 DDM이 0이 되어야 한다.

Marker beacon은 ILS의 코스에 따라 정밀 진입을 하는 항공기에 대하여 활주로에서 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 이루어져 있다 [3].

ILS는 전파 특성상 주변 장애물에 의한 전파반사의 영향으로 전파의 질이 저하되기 때문에 설치 작업이 까다롭고 계기 착륙 시 착륙대기 항공기의 원거리 주기로 인해 공항자체의 수용능력을 떨어뜨린다. 또한, 매우 좁은 방위각과 고정된 활공 각을 제공하기 때문에 STOL기나 회전익 항공기의 고각도 진입과 segment 및 curved approach에 부적합하여 산악지대 등 지형조건이 좋지 못한 곳은 설치 할 수 없는 한계점이 있다 [4].

2-2 GBAS(ground based augmentation system)

GBAS는 CAT-I, II, III급의 비행단계에서 요구하는 정확도, 무결성, 연속성 및 가용성의 성능 조건을 만족하며 접근과 이착륙에 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 초단파 데이터 방송(VDB; VHF data broadcast) 장치로 구성된다. 항공기 탑재 시스템은 MMR(multi mode receiver)을 통해 지상 송신 정보를

획득하여 위성착륙시스템 (GLS; GNSS landing system)과 FMS (flight management system)를 통해 계산된 유도 정보를 다양한 형태로 조종사에게 제공해주도록 되어있다[6]. 공항에 설치된 GBAS 기준국의 수신기들은 GPS 신호를 수신하여 DGPS를 활용하여 GBAS 지상국에서 생성한 의사거리 보정정보와 의사거리 보정정보의 무결성을 검증하기 위한 파라미터 및 착륙비행 경로를 항공기에 송출하여 공항의 활주로에 정확히 착륙하게 도와준다.

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 등 이 가능하다. 이러한 장점 때문에 연료절감, 대기 오염 감소, 공항 주변 소음 감소 등의 효과를 기대할 수 있다 [7].

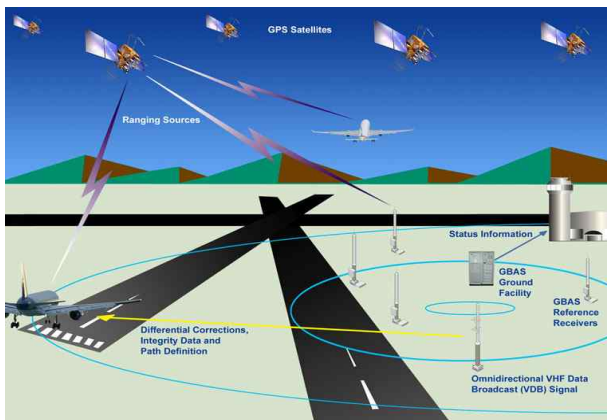


그림 1. GBAS 개념도
Fig. 1. GBAS concept.

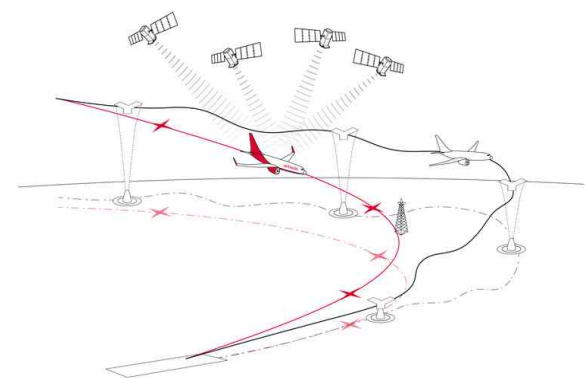


그림 2. Curved approach 개념
Fig. 2. Curved approach concept.

2-3 ILS vs GBAS

ILS는 주파수 혼잡으로 인한 혼선문제가 심각하며, 시스템 특성상 일정한 구역 내에서 항공기의 단일 비행경로로 구성되어 다수의 항공기가 동시에 착륙하지 못하며, 활주로 방향별로 장비들을 설치하여야 하는 한계점이 있다. 하지만 GBAS의 경우 한 공항내의 단일 시스템으로 구성 되어 지기 때문에 ILS 보다 설치/운영비용이 저렴하며, 항공기 위치 정확도가 ILS에 비해 높아, 착륙을 위해 공항으로 접근을 할 경우 약 3°의 glide path 각도 대신 다양한 각도의 기준 값들과 위치 정보를 제공하여 단일 경로가 아닌 이론상으로 192개의 접근 경로를 구성하는 것이 가능하다. 하지만 기존에 곡선 항로 절차를 이용하여 착륙 할 경우 관제사가 포인트 포인트마다 관제를 해준 값을 이용하여 착륙을 유도를 하여 조종사나 관제사의 업무로드가 많다. 하지만, GBAS 같은 경우 정밀한 자기 위치 값을 통하여 운항하기 때문에 관제사 업무 또한 감소 할 수가 있다. GBAS는 이러한 장점으로 항공 교통량이 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 할 경우도 항공기가 활주로에 안전하게 이착륙을 할 수 있도록 유도 할 수 있다 [4],[7].

2-4 태안 비행장 가상 ILS 분석

현재 태안비행장 경우 환경적인 문제와, 공역 제한으로 인해 설치가 불가능한 태안 비행장에 가상 ILS 절차를 수립하였다. 가상 ILS 절차이기에 장애물에 대한 검토가 이루어지지 않아 절차에 대한 안전성 검증은 필수적으로 요구되며 현재 운영 중인 GPS 절차에 의거하여 각 픽스의 고도를 설정 하였다. 태안 비행장 ILS 가상 절차를 설계하기 위해 활주로 15방향과 33방향에 가상의 DME 장비(I-TAN, I-GOM)를 활주로 15, 33방향과 동일선상에 위치시켜 설계 하였으며, 각 픽스까지의 거리는 활주로 끝에서부터 거리와 동일하며, 첫 접근구간을 활주로 연장선상으로 위치했을 경우, 활주로 15방향에 첫 접근 픽스의 고도는 4,000 ft이며 5NM의 폭을 가진 보호구역시 형성되고 이 보호구역과 체공구역이 ACMI A공역을 침범하며, 33방향 경우 R97B 공역을 침범하게 된다. 그렇기에 공역 간 협조가 이루어 지지 않을 경우 절차의 수립은 불가능하게 된다.

III. 시험 결과

3-1 태안비행장 Curved approach & ILS 비행시험

비행시험은 태안 비행장에서 SKYHAWK-C172S 항공기로 수행하였다. 비행시험은 가상 ILS 절차를 이용할 때와 GPS를 통한 curved approach를 이용해 착륙 하였을 때의 경로를 확인

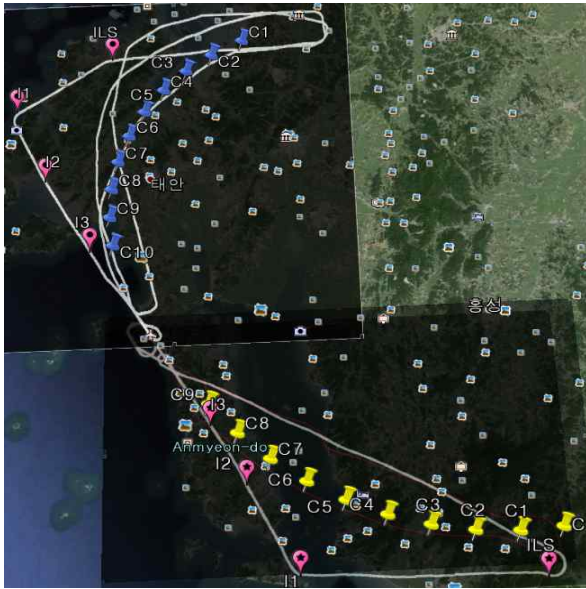


그림 8. 태안 RWY ILS vs curved approach
 Fig. 8. Tae'an RWY ILS vs curved approach.

표 2. 태안 RWY 15 ILS & curved approach 좌표
 Table 2. Tae'an RWY 15 ILS & curved approach coordinate.

RWY 15 ILS	RWY 15 Curved approach
36°52'35.56"N 126°15'15.16"E	36°52'55.88"N 126°23'55.38"E
36°49'23.70"N 126°8'49.50"E	36°52'1.60"N 126°21'48.39"E
36°44'55.02"N 126°10'53.97"E	36°51'1.63"N 126°20'3.98"E
36°40'31.20"N 126°13'56.23"E	36°49'49.70"N 126°18'31.96"E
/	36°48'27.45"N 126°17'14.42"E
	36°46'56.76"N 126°16'13.11"E
	36°45'19.68"N 126°15'29.44"E
	36°43'38.41"N 126°15'4.40"E
	36°41'55.27"N 126°14'58.54"E
	36°40'12.59"N 126°15'12.02"E

그림 8에 은 curved approach 포인트, 은 가상 ILS 절차 포인트를 나타내는 포인트이고 선은 항공기가 실제 비행을 한 경로를 나타내고 있다. Google earth를 이용하여 RWY 15에 대한 ILS 절차와 curved approach 절차를 이용하여 임의의 포인트부터 태안 비행장까지 거리를 비교해보니 ILS는 53.90 km curved approach는 38.93 km로 약 15 km정도 차이가 있는 것을 확인하였다.

표 3. 태안 RWY 33 ILS & Curved approach 좌표
 Table 3. Tae'an RWY 33 ILS & curved approach coordinate.

RWY 33 ILS	RWY 33 Curved approach
36°21'28.74"N 126°41'44.42"E	36°23'29.50"N 126°42'41.27"E
36°22'4.90"N 126°26'55.58"E	36°23'21.78"N 126°40'2.91"E
36°26'56.96"N 126°23'50.07"E	36°23'30.11"N 126°37'21.01"E
36°30'14.54"N 126°21'39.29"E	36°23'53.13"N 126°34'41.31"E
/	36°24'30.55"N 126°32'5.87"E
	36°25'21.89"N 126°29'36.69"E
	36°26'26.48"N 126°27'15.69"E
	36°27'43.50"N 126°25'4.67"E
	36°29'11.95"N 126°23'5.31"E
	36°30'50.71"N 126°21'19.16"E

3-2 김포공항 GLS simulation

김포공항은 실질적으로 ILS와 GLS 절차를 비교하는 비행시험에 어려움이 있어 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션으로 진행 하였다. 그러나 이는 단순 항법 정밀도만 기준으로 한 가상 절차로 현재 김포공항 32R 첫 접근지점 (IAF; initial approach fix)인 HANWO, HOKAN, MECKO 세 방향에서 접근 가능하고, 각각의 첫 접근 구간의 길이는 약 10 NM로 동일하다. 중간 접근픽스(IF; intermediate fix)인 MOBAK을 단계강하 픽스(SDF; step down fix)를 거쳐 최종 접근 픽스 (FAF; final approach fix)인 KENJA로 구성이 되어져있다. 현재 김포공항 32R은 관악산과 삼성산 때문에 단계강하 픽스를 설정하지 않을 시 장애물을 피할 수 없기 때문에 절차 설계가 불가능하게 된다[7]. 본 논문에서는 세 방향의 접근지점 중 서쪽에서 접근하는 IAF HANWU 지점에서의 GLS 절차를 이용하여 거리 단축된 절차를 통하여 현재 ILS 절차와 비교하는 시뮬레이션을 하였다. GLS 절차는 ILS를 이용한 계기접근 절차와 같이 정밀 접근절차에 해당한다[9]. 비행경로를 단축하기 위해서 조정할 수 있는 구간은 첫 접근구간 및 중간접근 구간이며 최종접근 구간은 변경하더라도 거리 단축의 효과를 볼 수 없다. 만약 첫 접근 픽스인 HANWU를 그대로 유지한 상태에서 거리를 단축하기 위해서는 중간 접근 픽스를 이동하여 중간접근 구간을 단축시키는 방안만 가능하게 된다. 그런데 장애물인해 단계 강하 픽스인 SS365와 SS367은 반드시 존재해야하기 때문에 조절이 불가능하다. 결국 MOBAK-SS365구간에서 단축을 하여야 하지만 이 구간은 선회가 발생하기 때문에 최소 안정화거리의 제

약이 발생되어 현재 설정되어져 있는 최소거리를 적용하면 최대 0.8 NM이 감소되어질 수 있다. 거리를 조금 더 단축하기 위해서 중간 접근구간에서 운항속도를 IAS (indicated air speed) 속도를 220 kt로 제한하면 약 1.3 NM까지 단축이 가능하다. 그림 10은 현재 ILS 절차와 거리 단축을 적용한 GLS 절차 시뮬레이션이다. 시뮬레이션결과 약 19.41초 차이가 생기는 것을 확인 하였다.

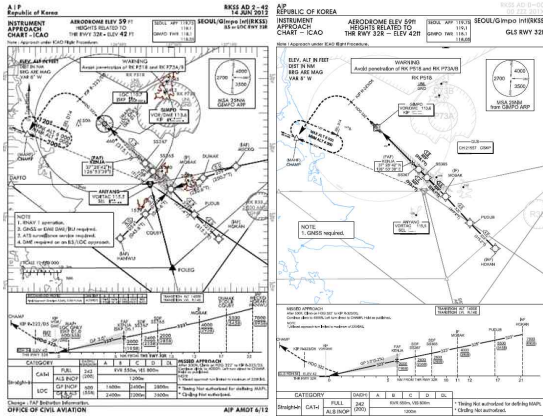


그림 9. 김포공항 RWY 32R ILS & GLS 차트
 Fig. 9. Gimpo airport RWY 32R ILS & GLS chart.

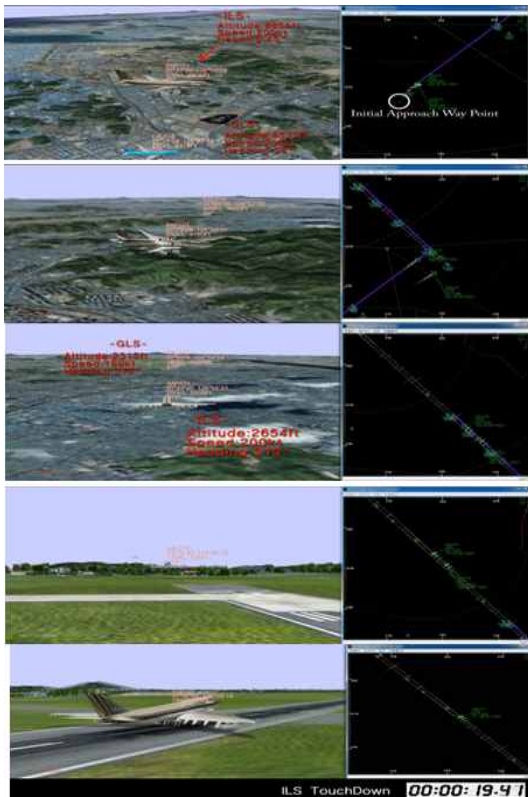


그림 10. 김포공항 RWY 32R ILS vs GLS Simulation
 Fig. 10. RWY 32R ILS vs GLS Simulation in Gimpo airport.

IV. 결 론

본 논문에서는 현재 국내의 대부분 공항에서 사용 중인 ILS 와 GBAS를 비교하는 비행시험과 시뮬레이션을 하여 그 시험 데이터를 분석하여 GBAS 장점을 확인 하였다. 현재 환경적인 문제와, 공역 제한으로 인해 ILS 설치가 불가능한 태안 비행장에 가상 ILS 절차를 수립하여, 가상 ILS 절차와 curved approach 절차를 이용하여 비행시험으로 비교하였다. 비행시험 결과 GBAS가 거리상 ILS 절차보다 약 15 km정도 감소되며, 그에 따른 항공기 소음, 연료소모량 등이 감소하게 되는 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다. 또한 GBAS를 이용한 착륙절차는 제한 구역이 많은 태안 비행장 같은 경우 정확한 위치정보를 이용하여 제한공역의 영향을 받지 않고 다수의 착륙경로를 이용할 수 있을 것이다.

한편 김포공항 경우에는 실제 GLS 절차 및 curved approach 절차를 수행할 수 없어 B737 항공기 모델을 이용한 시뮬레이션을 이용하였으며, 단순히 항법정밀도만 이용한 route 간격을 줄인 단순 GLS 절차와 기존 ILS 절차를 비교해보면 RWY 32R 경우 19 초 정도 감소되어지는 것을 확인 하였다. 이에 세계 항공수요가 계속 증가 하고 있는 추세로 볼 때 ILS를 이용한 착륙 서비스를 GBAS로 대체하게 된다면 많은 이득이 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 한서대학교에서 지원한 교내연구과제의 지원 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 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.
- [2] H. S June, D. M Kim, and C. H Yeom, "Study on the environment building for GBAS approval system technology development", *The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*, pp. 1554-1557, Nov. 2010.
- [3] M. S Jeong, J. W Bae, and H. S Jun, "A study on ground and flight testing for GBAS ground system implementation", *Journal of the Korean Society for Aeronautical Science and Flight Operation*, Vol. 22, No. 2, pp. 16-26, Jun. 2014.
- [4] Y. I Park, Design and analysis of autolandng guidance and control system using ILS, Master's degree dissertation, Ulsan

University, Ulsan, Korea, Feb. 2002.

- [5] H. S. June, A study on improving GBAS performance and reliability using the analysis of regional environmental factors, Ph.D. dissertation. Pusan University, Busan, Korea, Feb. 2010.
- [6] G. Y. Hong, Authentication technology development project final report in GBAS, Hanseo University Arithmetic Consortium, R&D/09 aviation-navigation 05, Jan. 2010.
- [7] 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 Technology, GBAS-2011-A-001, pp. 477, 2013.
- [8] M. Steen, T. Feuerle, M. Stanisak, T. Yoshihara, and P. Hecker, "GBAS curved approach procedures advantages, challenges and applicability", ICAS, 28th International Congress of the Aeronautical Sciences, 2012.
- [9] D. H. Kim, W. Y. Kim, and M. S. Jie, "A Study on the risk assessment criteria to be applicable for establishing flight procedure design process", *The Korean Society for Aviation and Aeronautics*, No. 1, Vol 21, pp. 51~56, Mar. 2013.



구 본 수 (Bon-Soo Koo)

2013년 3월: 한서대학교 항공전자학과 (공학사)
2013~현재: 한서대학교 대학원 항공기시스템학과 석사과정
※ 관심분야 : 항공기 시스템, 비행시험



김 우 리 얼 (Woo-Ri-Ui Kim)

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



주 요 한 (Yo-Han Ju)

2014 2월: 한서대학교 항공기계학과 (공학사)
2014~현재: 한서대학교 대학원 항공기시스템학과 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