

論文

공항용량 향상을 위한 위성항법기반 평행 접근 연구

신권상*, 여송희**, 이형복**

GNSS-based Parallel Approaches to Increase Airport Capacity

Gwon-sang Shin*, Song-hee Yuh** and Hyung-bok Lee**

ABSTRACT

Simultaneous parallel approaches in all weather conditions should be applied to manage efficiently increasing volume of air traffic flow and solve the problem of delayed arrivals. But All of the airports which have closely-spaced parallel-runways in Korea don't meet the interval-standards for IFR parallel approaches. In that regard, more accurate and safer System should be applied for the Korean airports. GNSS was adopted as an international standard of the next-generation navigation system and many studies and master plans have been activated by stages in Korea. In this paper, the current state of the domestic airports will be analyzed focusing on the interval of parallel runways and future specification of both flight operation system and air-side management will be recommended.

Key Words : Simultaneous Parallel Approach(동시평행접근), Flight Operation System(항공운항시스템), Air-side Management(공항 이동지역 관리)

1. 서 론

최근 항공 수송량과 물동량의 증가로 인해 허브공항의 구역 및 공항의 혼잡도가 증가하고 있고, 저비용항공사의 급속한 성장으로 국내 지방공항의 항공교통량도 증가하는 추세이다. 항공운항기술의 발달과 항공사 및 공항공사의 체계적인 운영시스템에도 불구하고 증가된 항공교통량을 최적으로 처리하고 있지 못하여 여전히 공항의 도착지연 문제는 해결되지 않고 있다.

항공기 도착지연은 항공사의 수익에 악영향을 미치고 공항공사의 고객신뢰도를 떨어뜨리는 주범일 뿐만 아니라 공항이 국가의 관문인 점을 고려할 때, 국제 신인도를 떨어뜨릴 수 있다. 특히

환승공항에서의 도착지연은 여타공항에서의 2차, 3차적인 도착지연을 야기하게 되므로 연쇄적인 손실을 불러온다. 도착지연의 원인을 분석한 결과, 가장 주된 원인은 기상(69%), 공항의 용량(14%)순이다[1].

이들 중 공항의 용량 문제의 경우 공항공사나 항공교통관제센터, 항공사, 기타 연구기관 등의 노력을 통해 이를 해결할 수 있는 여지와 그 기대효과가 크다. 따라서 본 논문에서 위성기반 항공운항시스템을 통해 공항의 용량을 늘릴 수 있는 방안에 대해 살펴보고자 한다.

우리가 다룰 공항의 제한적인 용량 및 그 수용성에 대한 문제의 이면에는 계기비행항공기에 대한 분리 메커니즘이 있다. 현재에는 관제사가 계기비행항공기의 최종접근단계를 감시하고 항적 분리를 책임지고 있다.

특히 평행활주로에서의 항공기 동시접근 시엔 항공기의 후류(Wake Turbulence), 바람, 레이더 감시 시스템의 정확성, 조종사의 인적요인, 관제사의 작업부하 등의 문제로 인하여 운항안전을

2013년 12월 17일 접수 ~ 2014년 06월 20일 심사완료
논문심사일 (2014.03.14, 1차)

*대한민국 공군

**한국항공대학교 항공운항학과

연락처, E-mail : shinnnnn@naver.com

경기도 고양시 덕양구 항공대학교 76

보장하기 위한 그 제약사항들이 늘어난다.

또한, 현재 국내의 평행활주로를 가진 공항은 총 7개로, 가장 간격이 넓은 인천공항의 경우 15L와 15R 간격이 1,358ft(414m)이고 간격이 가장 좁은 대구공항의 경우 420ft(128m) 밖에 되지 않아 이들 모두 계기비행항공기의 평행접근에 부적합하다.

그럼에도 불구하고 평행활주로에서 항공기들이 안전하게 동시접근을 할 수 있다면 항공교통흐름이 보다 원활해져 도착지연을 획기적으로 줄일 수 있고, 보다 효율적인 항공교통흐름관리가 이루어질 수 있다. 궁극적으로 이는 공역의 혼잡도를 줄임과 동시에 공항의 수용력을 크게 증대시키는 효과를 갖는다.

이를 위해 평행활주로 접근에 Global Navigation Satellite System(GNSS) 기술을 이용한다면 현 ILS 기반 평행접근보다 정밀하고 안전한 접근이 가능하고 나아가 전천후접근이 가능하다.

이에 본 논문에서는 평행접근을 가능하게 하는 GNSS에 대해 알아보려고 한다. 본 논문에서 중점적으로 다룰 GNSS는 DGPS와 ADS-B를 이용해 평행접근 시 GPS기반으로 항공기가 독립적으로 자신과 인접항공기의 위치를 파악하여 정밀하게 접근할 수 있는 "Free Flight" 시스템이다.

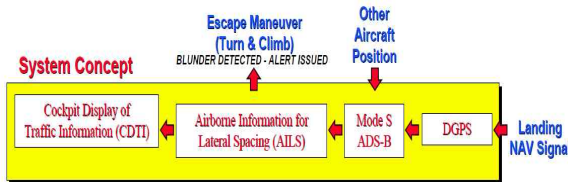


Fig. 1 System Concept of Free Flight Applying GNSS

2. 본 론

2.1 현행 평행접근 분리기준

2.1.1 시계비행항공기(VFR)

시계비행접근 최종단계에서 항공기간의 안전한 간격 분리 및 적절한 항공기후류에 의한 분리 간격은 조종사에게 그 책임을 부여하고 조종사는 충돌 탐지를 위해 시각적으로 검색을 해야 한다. 만일 위협이 감지되었다면 일련의 회피기동절차에 따라 적절한 행동을 취해야 한다[4].

이 때, 평행활주로의 중심선 간격이 700ft(213m)

이상 분리되어 있으면 독립접근이 가능하다.

2.1.2 계기비행항공기(IFR)

계기비행항공기간 분리는 최종접근단계에서 관제사에게 그 책임이 있고 모든 안전요구사항이 ILS 계기접근을 기준으로 설정된다[4].

평행활주로 간격이 2,500ft(762m) 미만일 때는 각 활주로를 비독립·단일 활주로로 간주하고 평행접근이 불가하며 항공기후류에 의한 분리 기준을 적용하여 대각선 형태로 시차를 둔 분리를 적용한다.

간격이 2,500ft(762m)에서 4,300ft(1,311m) 사이일 때는 마찬가지로 비독립 평행활주로로 간주하고 시차를 둔 대각선 형태의 분리를 적용한다. 단 Precision Runway Monitoring(PRM) 시스템을 갖추었을 경우 No Transgression Zone(NTZ)를 설정하고 최종 모니터링 관제사를 투입을 전제로 독립된 접근이 가능하다.

평행활주로 간격이 4,300ft(1,311m) 이상일 경우에는 NTZ가 좀 더 여유롭게 설정되고 독립된 접근 및 출발이 가능하다[5].

2.2 항공기 후류(Wake Turbulence)에 의한 영향

2.2.1 종적분리기준

항공기 후류는 항공기 날개 끝에서 발생하는 강하게 회전하면서 흐르는 와류형(渦流形) 후류로, 뒤따르는 항공기의 안정된 진행을 방해한다. 이로 인한 현행 분리기준은 항공기의 최대이륙중량을 기준으로 설정된다. Boeing 747과 같은 Heavy(MTOW가 136,000kg 이상) 항공기 뒤에 따르는 Heavy 항공기는 4mile의 분리간격을 유지해야 하며, Medium(MTOW가 136,000kg미만 7,000kg이상) 항공기는 5mile의 간격을 유지해야 한다[6].

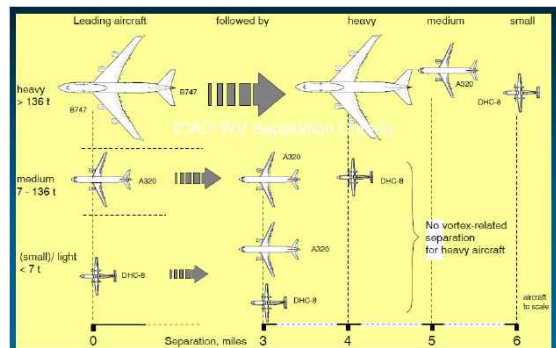


Fig. 2 ICAO Standards of Separation Minimum Considering Airplane Weight

2.2.2 횡적분리기준

항공기가 평행접근 시에는 두 활주로 간의 간격이 2,500ft(762m)를 넘을 경우 인접 항공기에 대한 항공기 후류에 의한 영향은 없는 것으로 간주하고 독립접근이 가능하다. 이와 동시에 안전성을 위해 한쪽 항공기가 3도의 편류각을 갖고 접근할 것이 권장되고 있다[8].

하지만 활주로 간격이 2,500ft(762m) 미만일 경우에는 선행항공기의 접근 경로보다 상위의 고도에서 접근하는 방법이 요구되고 있다. 이는 독일의 프랑크푸르트 공항에서 적용되는 방법과 동일하다.

2.3 해외 공항의 평행접근 사례

2.3.1 독일의 프랑크푸르트(Frankfurt) 공항

프랑크푸르트 공항의 경우 평행접근이 가능하도록 한 쪽 활주로 시단을 안쪽으로 이설하는 활주روی설말단(Displaced Threshold)를 설치하였다. 이를 통해 동시접근 중인 타 항공기에 비해 작은 제트항공기가 타 항공기의 후류를 피해 조금 더 높은 활공각을 갖고 접근할 수 있게 되었다. 이를 High Approach Landing System 그리고 Dual Threshold Operation이라고 한다.

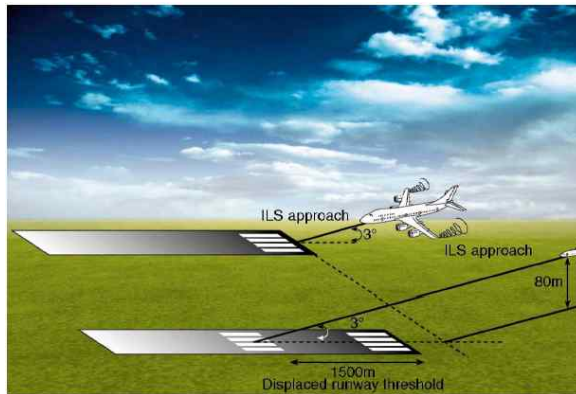


Fig. 3 Parallel Approaches at Frankfurt Airport

위 방법은 상용제트기(Business Jet)의 교통량이 많은 공항에 적합하다. 하지만 현재 국내의 상용제트기 산업은 진입단계로, 단지 5개 기업에서 7대의 상용 제트기만을 운항하고 있을 정도로 그 교통량이 미미하다[9]. 따라서 위와 같은 방법은 국내의 여건에 적합하지 않다.

2.3.2 미국의 샌프란시스코(San Francisco) 공항

샌프란시스코 공항의 경우 활주로 중심선 간격이 750ft(229m)이다. 따라서 과거 이 공항에서는 기상조건이 허락하지 않는 경우 한 활주로만을 착륙에 이용하였다. 과거, 활주로 신설이 논의 되었으나 경제적·정책적인 이유로 인해 취소되었다.

현재 샌프란시스코 공항에서는 Simultaneous Offset Instrument Approach라는 시스템이 이용되고 있다. 이는 정밀한 레이더 시설을 설치하여 매 1초의 간격으로 항공기의 위치를 파악한다. 평행접근 중 항공기이탈이 감지되면 관제사는 조종사에게 수정절차를 지시한다.

이 시스템은 관제사가 항공기의 이탈을 감지하고 조종사에게 수정절차를 요구할 수 있는 충분한 시간을 필요로 한다. 이렇게 지연되는 시간은 안전성 측면에서 완벽하지 않을 뿐만 아니라 장비와 인력 모두 비용이 높아 공항운영 측면에 있어서 비경제적이라고 판단된다.

2.4 국내공항의 평행활주로 현황 및 ILS 기반 평행접근의 문제점

2.4.1 국내공항의 평행활주로 현황

국내의 평행활주로를 가진 공항은 총 7개로 시계비행항공기의 평행접근이 가능한 공항은 인천, 김포, 청주, 사천 4개 공항이다.

하지만 이들 공항 모두 계기비행항공기의 독립적인 평행접근은 불가능하다.

Table 1. Domestic Parallel Runway Width

공항	활주로 방향	활주로 간격
인천	15L-33R / 15R-33L	1,358ft (414m)
김포	14L-32R / 14R-32L	1,181ft (360m)
청주	06L-24R / 06R-24L	761ft (232m)
사천	06L-24R / 06R-24L	746ft (227m)
김해	18L-36R / 18R-36L	689ft (210m)
광주	04L-22R / 04R-22L	635ft (194m)
대구	13L-31R / 13R-31L	420ft (128m)

상위의 공항들에서 계기비행 평행접근 기준치를 만족하는 공항운영이 이루어지도록 하려면 중심선 간격이 4,300ft(1,311m)를 초과하는 활주로를 추가적으로 건설하거나 활주로 제원 변경을 위해 재건설해야 한다. 하지만 이는 현재 국내 공항들이 확보하기 어려운 넓은 건설 부지를 필요로 하고 주변 거주민들과의 갈등 또한 무시할 수 없다.

특히 김해 공항과 같이 주변 지형이 산악인 공항의 경우 공항의 안전성을 확보하기 위한 법률적·기술적 제약사항인 장애물 제한표면 적용에 저족을 받게 된다.

2.4.2 ILS 기반 평행접근의 문제점

기존 ILS 장비의 경우 각도의존성(angular dependence)에 의해 평행접근 경로 상의 특정지점에서 전파간의 오버랩(overlap)이 발생한다. 평행활주로 폭 2,500ft(762m)를 기준으로 활주로 말단으로부터 5.4mile 지점에서 전파의 오버랩이 발생하고 이 지점에서 주파수의 파동이 합성되거나 상쇄되는 전파간섭현상이 발생하여 그 안전성을 보장할 수 없다.

2.5 PRM

2.5.1 PRM의 개념

PRM은 고정밀 레이더 시스템으로 동시에 평행활주로를 향해 계기접근을 하는 것을 고속으로 감시하는 장치이다. PRM에 이용되는 다변측정감시시스템(Multilateration)은 쌍곡선 위치 측정법을 이용하여 항공기로부터 최소 네 개 이상의 수신기로 전송된 1,090MHz의 트랜스폰더 신호의 도달 시간차(TDOA, Time Difference of Arrival)를 계산하여 항공기의 위치를 측정한다.

2.5.2 PRM을 이용한 분리

PRM을 갖춘 공항에서는 평행활주로 간격이 비독립접근 기준치에 해당하는 2,500ft(762m)에서 4,300ft(1311m) 사이라 하더라도 독립접근이 가능하다. 이를 통해 성수기나 악천후에서 공항의 수용력을 PRM 비적용 공항 대비 30% 증가시켜준다[10].

PRM을 사용하면 항공기는 인접 항로를 따라 독립적으로 접근할 수 있다. 이 때 평행활주로 사이에 위치되어있는 너비 610m의 NTZ는 ILS 접근을 하는 항공기들 간의 안전이격거리를 제공

한다. 만약 한 항공기가 NTZ를 관통할 경우, ILS 접근경로를 벗어나도록 유도하는 "Break Out" 절차가 관제사에 의해 즉시 발동된다.

2.5.3 PRM의 한계

PRM의 정밀도는 기존의 레이더 시스템보다 월등히 뛰어나지만 여전히 관제사의 항적분리에 의존하게 되고, 관제사의 상황판단에 소요되는 시간과 더불어 관제사의 지시에 반응하는 조종사의 인지능력에 소요되는 시간은 평행접근의 최종 접근 단계에 있어서 큰 위험을 야기할 수 있다. 따라서 인적요소의 개입여지를 줄이고 실시간으로 항공기의 위치 파악이 가능한 GPS 시스템이 평행접근에 이용되어야 한다.

2.6 ADS-B

2.6.1 ADS-B의 개념

ADS-B는 Automatic Dependent Surveillance - Broadcast의 약어로 방송형 자동종속장치를 뜻한다. 이는 수신자가 항공기의 정보를 공유하는 차세대 감시시스템으로 조종사가 매번 수동으로 작동할 필요 없이 항공기가 자동으로 GPS에 의해 계산된 정보를 수신자에게 전송한다.

이러한 정보는 항공기의 위치 감시에 이용되고 ADS-B에 맞는 적절한 수신기를 갖추면 누구나 정보를 받을 수 있다. ADS-B 장치를 탑재한 항공기의 트랜스폰더(Transponder)가 GPS로부터 신호를 수신하면 항공기의 위치와 함께 고도, 속도, 목적지, 날씨, 지형, 장애물, 기체정보 등을 1초에 2회씩 수신자에게 디지털신호로 전달한다.

2.6.2 ADS-B를 이용한 평행접근

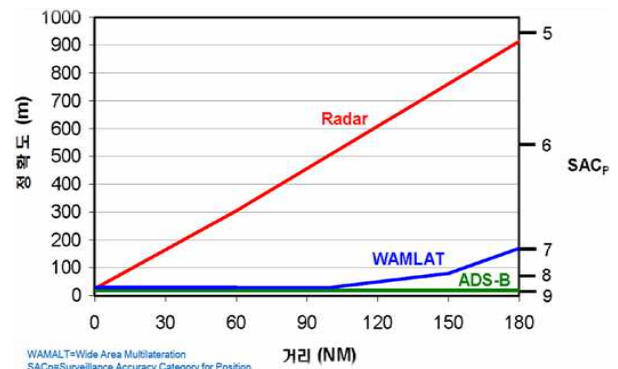


Fig. 4 Comparison of Accuracy between Radar and ADS-B System

ADS-B 시스템은 기존의 레이더감시시스템과 비교하여 전파불감지역이 발생하는 문제점이 없고 GPS를 이용하는 감시시스템이므로 공항으로부터의 거리와 관계없이 일정한 정확도를 보장한다.

ADS-B 시스템을 평행접근에 적용하면 활주로 진입 시 다른 항공기의 위치, 항적, 예상되는 진로방향, 고도 정보가 관제사, 지상국, 타 항공기의 조종사 모두에게 자동 전달되므로 두 항공기가 근접했을 경우 조종사에게 경보할 수 있는 Traffic Collision Avoidance System(TCAS)와 병용하여 일련의 알고리즘을 적용하면 안전성을 증대할 수 있다.

항공기가 평행접근 시 TCAS/Mode S와 ADS-B로부터 얻은 각각의 정보들을 상호 비교하여 이들 정보가 일치할 경우 TCAS 경보는 발동되지 않고 안전하게 착륙 가능하다. 하지만 어느 한쪽 항공기라도 이탈(Blunder)이 시작될 경우 분리절차 혹은 실패접근절차가 지시되고 TCAS 경보는 재개된다.

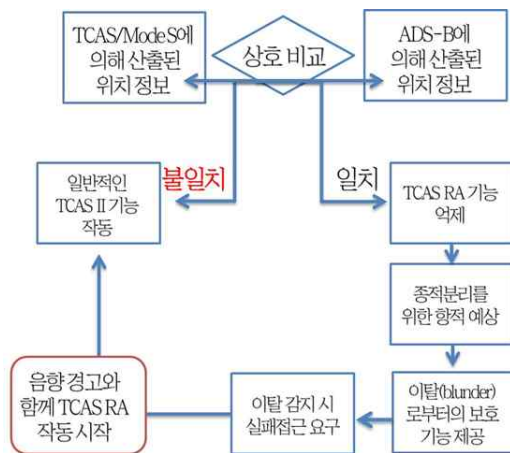


Fig. 5 Approaches Algorithm Applying TCAS and ADS-B System

2.6.3 ADS-B의 국내·외 적용 현황

미연방항공청은 2020년 8월 11일까지 미국 Class A, B, C 관제권을 비행하는 항공기에 ADS-B 설치를 의무화하였고 순차적으로 Class D, E 등 수천피트 상공에서도 의무화할 계획이다. 또한 2025년까지 GPS 및 최신컴퓨터장비를 이용한 관제시스템을 구축, 정착시킬 계획이다.

현재 미국에서는 플로리다 남부, 켄터키 주(州) 루이빌 상공, 필라델피아, 알래스카 등의 지역에서 ADS-B 수신기를 장착한 항공기에 대한 정보 서비스가 이루어지고 있다. 나아가 올 해까지 미

국 전역에 ADS-B 지상국이 설치될 예정이다.

국내의 경우 국토교통부를 주축으로 2014년까지 86억 원을 투자하여 저가형 ADS-B를 개발하고 있다. 우리나라처럼 산악지역이 많은 경우 기존 장비의 전파 불감 지역이 많았으나 위성기반 시스템의 경우 이러한 전파 불감 문제를 획기적으로 해결할 수 있기 때문에 그 효용성이 크다.

2.7 CDTI

2.7.1 CDTI의 개념

Cockpit Display of Traffic Information(CDTI)은 ADS-B 시스템에 의해 얻은 정보를 항공기 조종석에 제공하는 계기이다. 평행접근 중 CDTI는 평행접근 항공기의 위치, 거리, 속도, 선행항공기와의 근접 속도 등의 정보를 제공함으로써 조종사가 타 항공기를 식별하고 적절한 분리가 이루어지는지 확인할 수 있도록 돕는다.

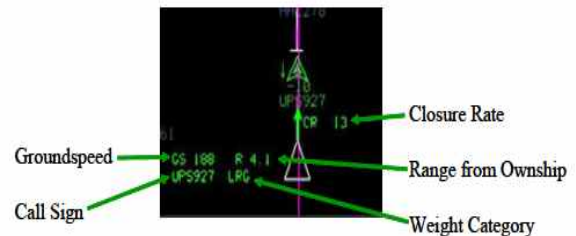


Fig. 6 Information Indication Screen

2.7.2 CDTI 사용절차

CDTI를 사용하기 위해 설정해야하는 첫 번째 장비인 Control and Display Unit(CDU)은 자항공기의 계획된 최종접근 속도와 착륙활주로 방향, 그리고 동시 평행접근 중인 타항공기의 호출부호, 최종접근 속도, 착륙활주로 방향과 같은 정보를 입력하고 평행접근 모드로 Flight Management Computer(FMC)를 설정하기 위한 화면이다. 일련의 정보들은 조종사에 의해 입력되거나 ADS-B를 통해 자동적으로 전송받을 수 있다.

CDU에 정보가 입력된 후 평행접근 모드로 "ARM" 상태가 되면 Primary Flight Display(PFD)가 평행접근 모드가 설정되었음을 알리고 속도에 대한 명령, Protection Zone, 항공기의 위치를 알리는 화살표와 같은 정보가 계기상으로 나타난다.

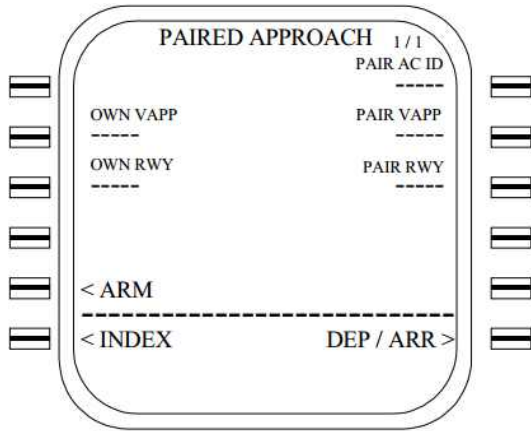


Fig. 7 CDU Page for Parallel Approach

자항공기가 계기 상에서 녹색 괄호로 표시하는 안전경계를 넘을 경우 괄호의 색이 빨간색으로 변하며 “x” 표시가 뜬다. 이 경우 조종사는 PRM 시스템 하에서 관제사가 “Break Out” 절차를 지시할 때와 마찬가지로 접근경로를 즉시 이탈해야 한다.

2.8 DGPS

2.8.1 DGPS의 개념

Differential Global Positioning System(DGPS)는 상대측위 방식의 GPS 오차 보정 기술로, 이미 알고 있는 기준점 좌표인 고정위치에서 GPS 위성 신호를 수신해 오차들을 보정하여 정확한 위치를 얻는 시스템이다. DGPS는 오차보정을 위한 고정위치의 종류에 따라 정지궤도위성을 이용하는 Space Based Augmentation System(SBAS)과 지상보정 기지국을 이용하는 Ground Based Augmentation System(GBAS)으로 분류한다.

특히 GBAS는 지상에 GPS 수신국을 설치하여 위성신호를 받아 오차를 보정한 후 그보정 값을 지상의 무선통신망을 이용하여 사용자에게 제공하는 방식이므로 기준국의 수가 많을수록 수 cm 까지 오차를 감소시킬 수 있고 지연오차가 없어 항공용으로 적합하다고 평가받고 있다.

2.8.2 DGPS를 이용한 평행접근

DGPS는 ILS 장비에서 발견되는 각도의존성을 갖지 않으므로 활주로 시단(Threshold) 5mile 이상 이전부터 일정한 너비의 강하경로를 제공하기 때문에 이상적인 직선접근이 가능하다.

미국의 GBAS를 이용한 비행실험결과, 관제사의 항적분리 개입 없이도 항공기가 독립적으로

위성과 기지국으로부터 받은 정보를 이용해 동시 접근 중 99.99%의 확률로 정상 운항이 가능했다. 현재 독일과 미국에서 시범적으로 Cat-1 등급을 받아 운영하고 있으며 향후 Cat-3 등급으로 그 정밀도를 올릴 계획이다[20].

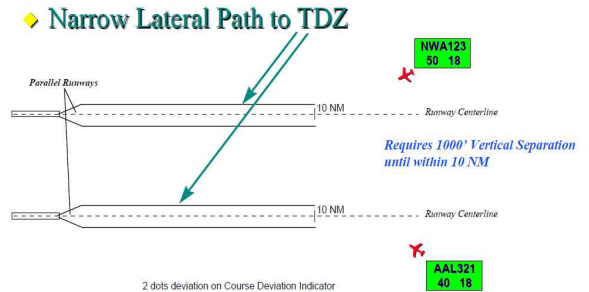


Fig. 8 Lateral Path Applying DGPS

DGPS 적용을 통해 최종접근 항로가 직선화됨에 따라 운항시간이 단축되므로 연착을 방지할 뿐만 아니라 그간 수입에 의존해왔던 항법장비를 국내 장비로 대체할 수 있다는 이익이 있다.

특히, 공항운영 측면에서 살펴보았을 때는 ILS 시스템의 경우 활주로 개수만큼의 장비를 설치해야 하지만, DGPS 시스템은 하나의 기지국이 공항 전체를 커버할 수 있기 때문에 시설의 추가적 설치가 불요하므로 비용절감 효과가 크다.

3. 결 론

CNS/ATM기반 항행시스템은 기본적인 비행 및 관제절차의 변경 없이 고품질의 항적정보를 실시간으로 제공한다. 항공기는 관제사의 적극적인 개입 없이도 안전하게 공항에 접근 및 착륙할 수 있게 되고, 관제사의 역할은 항공교통량과 항적을 관리하고 모니터링 하는 것으로 변모한다.

이로써 VFR 항공기의 안전성은 물론이고 계기비행기상상태에서도 750ft(229m)의 활주로 중심선 간격을 가진 공항에서 평행접근이 가능하다.

이를 통해 공항의 수용력은 기상조건에 좌우되지 않고 항상 일정하게 유지될 수 있고 거시적인 공항관리 측면에 있어서도 매우 긍정적이다. 따라서 향후 항공사는 항공기의 GPS 장비 장착을 의무화해야 하며 공항공사 역시 DGPS의 보정국이나 ADS-B의 지상국을 설치하고 평행접근 절차를 공고해 운영하는 등의 노력이 필요할 것이다.

참고문헌

- 1) FAA and ARP Consulting L.L.C, FAA's 2001 Aviation Capacity Enhancement (ACE) Plan, Dec. 2001
- 2) Steven J. Landry and Amy R. Pritchett, Examining The Feasibility of Paired Closely-spaced Parallel Approaches, Georgia Institute of Technology, 2002
- 3) Boeing corporate, Technology Designed to Make Airline Schedules Robust to Weather, Version 2.0, Jan. 1998
- 4) 김장환, 강자영, 자유비행 환경에서의 항공기 분리보장을 위한 충돌 탐지 및 해결 방법에 대한 고찰, 한국항공운항학회, 제 18권 제 3호, 30th. Sep. 2010
- 5) FAA, Aeronautical Information Publication, Twenty-second Edition, Mar. 2013
- 6) Wake Net Europe Workshop, Frankfurt Airport Capacity Enhancement Program, Dec. 2004
- 7) Bernd Korn, Chrstiane Edinger, Gunnar Schwoch, Hayung Becker, Helge Lenz and Robert Geiser, Flight Trial Evaluation of Automated Paired Approaches onto Closely Space Parallel Runways, Institute of Flight Guidance German Aerospace Center, Nov. 2012
- 8) Randall S. Bone, B. Oscar Olmos and Anad Mundra, Paired Approach: A Closely Spaced Parallel Runway Approach Concept, MITRE Corporation's Center for Advanced Aviation System Development
- 9) 김경호, 우리나라 비즈니스 제트 산업 구조 분석에 관한 연구, 한국항공대 항공·경영 대학원 항공경영학과, Feb. 2010
- 10) Dawn M. Elliot and R. Brad Perry, NASA Research for Instrument Approaches to Closely Spaced Parallel Runways, NASA Langley Research Center
- 11) Mike Jackson, Chrstine M. Haissig and Bill Convin, An Integrated DGPS/ADS-B Airborne Alerting System for Closely Spaced Parallel Approaches, Honeywell Technology Center
- 12) Peter J. Radzikowski, Non-Radar Surveillance Multilateration, Electronic System Group, Apr. 2010
- 13) 강자영, CNS/ATM Lecture Note, 한국항공대학교 항공운항학과, Mar. 2013
- 14) ORT Organization, Differential GPS, NATO OTAN
- 15) Viggo Butler and Robert W. Poole, Increasing Airport Capacity Without Increasing Airport Size, Reason Foundation, Mar. 2008
- 16) FAA, NextGen Implementation Plan, Mar. 2011
- 17) Edwards A, Lester and R. John Hansman, Benefits and Incentives for ADS-B Equipage in The National Airspace System
- 18) Randall S. Bone, Cockpit Display of Traffic Information (CDTI) Assigned Visual Separation (CAVS): Pilot Accepability of a Spacing Task During a Visual Approach, MITRE Corporation's Center for Advanced Aviation System Development, McLean, VA
- 19) Sharon Houck, Andrew Barrows, Bradford Parkinson, Per Enge and J. David Powell, Flight Testing WAAS for Use in Closely Spaced Parallel Approaches, Department of Aeronautics and Astronautics, Standford University
- 20) Abdulmalik Al-Bulushi, Narin Chau, Robert Eftekari, Ryan Graziano and Amon Tarakemeh, Closely Spaced Parallel Approaches in Terminal Airspace