

VFR 선회접근공항에서의 GNSS 적용 연구

Application of GNSS to a Visual Approach Airport

강자영* (항공대학교), 김연명(교통개발연구원)

I. 서론

우리나라 총 16개 공항중 10개공항은 민군 공용공항으로 군공항의 운용 및 지형특성상 민간항공기의 이착륙을 위한 계기착륙시설과 준계기착륙시설이 혼용되고 있다[1]. 특히 산악지형이 많은 우리나라 대부분의 공항 및 활주로에는 기존의 계기착륙시설의 제한이 많고, 정밀접근 및 이착륙을 위한 계기비행 능력의 부족이 국내 항공안전의 위협요인이 되고 있다. 이에 본 연구는 지형적인 영향으로 인해 항공기의 정상적인 이착륙에 제한을 받고 있는 Visual 선회접근 공항에 대해 GNSS 비정밀접근 및 정밀접근의 적용에 대해 검토해 보기로 한다. 본 연구에서는 현재까지 발행된 ICAO 및 FAA의 규정 및 절차에 기초하여 김해공항을 모델로 하여 GNSS 계기비행에 대한 시나리오를 구성하였다. 이 시나리오에서 GNSS 비정밀접근은 기본 GNSS시스템만으로 가능하고, GNSS 정밀접근은 지상에 보정시스템 및 VHF 데이터 방송시스템이 구축된 경우에 가능하다. 또한 본 논문에서는 GNSS 정밀접근에 핵심이 되는 VHF 데이터 방송시스템에 대한 설계요구사항들이 도출되었다.

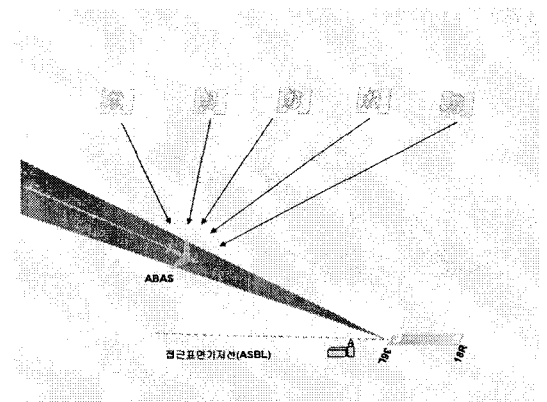
II. 선회접근공항의 GNSS 계기비행 응용

1. GNSS 비정밀 접근

본 연구에서 정의하는 GNSS 비정밀 접근은 GPS의 표준측위서비스(SPS)만을 이용할 수 있는 항공전자장비를 탑재한 항공기에 의해서 실행되는 접근비행을 의미한다. <그림 1>은 GNSS를 이용한 비정밀 접근의 개념을 나타낸 그림으로서, 항공기는 지상의 보정시설에 의존하지 않고 기본 위성항행시스템만을 활용한다. 현재 항공기 탑재 GNSS 수신장비는 여러 가지

가 개발되어 있으나 여기에서는 TSO-C129a Class A1을 만족시키는 장비를 고려한다[2].

김해공항에 출입하는 항공기 탑재 GNSS장비의 표시 정보는 숫자표시 정보(Numeric Display Information)와 비숫자표시 정보(Non-numeric Display Information) 등 2가지로 되어 있는 경우를 고려할 수 있다.



<그림 1> 김해공항의 GNSS 비정밀접근 개념도

숫자 표시 정보: 항공기 탑재장비의 크로스 트랙 편차를 나타내는 숫자표시 및 전기적 출력의 해상도는 1.0nm 이하의 편차에 대해 0.01nm 이라고 가정한다. 트랙각도오차(TAE)는 원하는 트랙과 실제트랙 간의 차이를 말하며, 트랙각도오차의 값은 가장 가까운 1°로 계산하여 표시한다.

비숫자 표시 정보: 탑재장비는 <표 1>과 같이 연속적으로 화면표시 또는 전기적 출력을 제공하여야 한다. 활성화 되는 운용모드에 따라 적합한 형태의 비숫자 표시 정보가 도시된다. 탑재장비에는 비숫자 눈금 민감도가 제공되어

있어서 조종사는 표시 민감도를 수동으로 선택할 수 있으며, 비행계획전에 조종사가 수동으로 다른 눈금 민감도를 선택할 때 접근모드의 선택이 취소되고 이에 대한 적절한 표시가 이루어진다.

<표 1> 화면 표시 요구사항

구분	항로	터미널	비정밀접근
전체눈금 편향(+nm)	5.0	1.0	0.3
판독성(표시기능만 적용,nm)	≤1.0	≤0.1	≤0.03
최소인식이동거리(표시기능만 적용,nm)	≤0.1	≤0.01	≤0.01
전체눈금의 전기적출력해상도백분율(±)	1%	1%	1%
중심 표시의 정밀도(±nm)	0.2	0.1	0.01
표시 또는 전기적출력의 선형도(±)	20%	20%	20%

비정밀 접근 경유점 입력: 조종사는 탑재장비에 0.01초보다 높은 해상도로 경유점 좌표를 위도, 경도로 입력하여 표시할 수 있다. 탑재장비에서 한 경유점을 다른 경유점에 대한 거리 및 방위로 입력할 수 있는 기능이 있는 경우 경유점 입력 해상도는 0.1nm과 0.1° 이상이 된다.

비정밀 접근경유점 저장: 탑재장비의 항법 데이터베이스는 갱신이 가능하며, 이 DB에는 최소한 IFR운용이 인가된 김해공항, VOR, VORTAC, NDB 등의 시설, 항공로 및 터미널 차트와 Standard Instrument Departures(SID) 또는 Standard Terminal Arrival Routes(STAR) 등에 도시된 모든 경유점 위치에 대한 위도 및 경도 정보가 0.01초보다 높은 해상도로 입력된다. 수동조작으로 탑재장비 DB에 항법데이터의 입력이나 갱신은 할 수 없으나 장비내에 사용자가 정의한 데이터의 저장은 보호된다. 항법 DB는 간행된 비정밀 계기접근절차 (LOC, LOC-type Directional Aid(LDA), Simplified Directional Facility(SDF) 제외)에 포함된 모든 경유점과 교차점을 포함하고 있어야 한다.

조종사는 탑재장비에 모든 경유점, 교차점, 항행보조시설을 저장해야 하며, 간행된 비정밀 계기접근절차 차트에 도시된 바와 같이 선택된 접근에 대한 정확한 순서로 그들을 나타내야 한다. 경유점들의 순서는 적어도 선택된 IAF, IF (있는 경우), FAF, MAP, MAHP로 구성되어야 한다. 다중 IAF를 가진 절차에 대해서 장비는

모든 IAF를 나타내야 하며, 조종사가 원하는 IAF를 선택할 수 있고, 원하는 IAF가 선택되면 접근절차의 나머지 경유점들이 해당 순서대로 자동 삽입될 수 있다. 비정밀 접근절차에서 FAF 또는 MAP로 이용되는 경유점들은 적합한 접근 모드가 운용될 수 있도록 유일하게 식별되어야 한다.

조종사는 간행된 계기접근절차와 관련된 데이터의 수정을 할 수 없다. 체공패턴 및 절차선회를 제외한 접근모드에 있을 때 탑재장비는 MAP까지 정의된 각 종료점들간의 경로들을 이용하여 원하는 전체 비행경로를 수립해야 한다. 탑재장비에는 활성비행계획의 한 부분으로 활성 경유점을 포함하여 최소 9개의 구분된 경유점들을 입력, 저장, 지정할 수 있다. 조종사는 활성 비행계획의 한 부분으로 실패접근을 포함한 선택된 접근을 완성하기 위해 필요한 항법 DB로부터 경유점들을 순차적으로 저장하고 지정할 수 있다. 항법 DB에는 경유점들을 계기접근 절차, SID 또는 STAR가 요구하는 바와 같은 근접비행(Fly-by)이나 통과비행(Fly-over)으로 구별하기 위한 코드화가 되어 있어야 하며, 계기 접근절차에서 MAP, MAHP를 정의하는 경유점들은 통과비행으로 코드화 되어야 한다.

경유점/Leg의 순서 매김: 탑재장비에는 현 위치 방향으로부터 어떤 지정된 경유점으로 비행할 수 있는 기능이 있는데, 이 기능은 조종사가 한번의 동작으로 가능하다. 또한 체공장주 및 절차선회를 할 수 있는 기능이 있는데, 이러한 기능의 활성화는 적어도 i) 자동 경유점 순서 매김에서 수동 순서 매김으로 변경이 가능하고, ii) 조종사가 미리 하나의 경유점을 지정한 후 원하는 코스를 선택할 수 있고, iii) 활성비행계획상의 모든 연속된 경유점들이 동일한 방법으로 순서가 매겨지고, iv) 조종사가 지정된 픽스 이전에 언제든지 미리 자동 경유점 순서매김으로 복귀하고 기존 비행계획을 계속할 수 있다.

전자지도에 적절한 상황인지 표시기능이 없을 경우에는 탑재장비는 MAWP로부터 MAHWP로 자동 경유점 순서 매김이 방지되어 있다. 승인된 전자지도 표시가 있는 장비를 제외한 장비의 코스 유도는 그 다음 목표 경유점을 수동으로 선택할 때까지 내향 트랙의 연장범위와 MAWP로부터의 거리가 표시되어야 한다. 조종사는 MAP 이후에 다음 경유점으로서의 수동

순서 매김을 두 번 이내의 동작으로 할 수 있다.

2. 김해공항 GNSS 비정밀 접근 시나리오

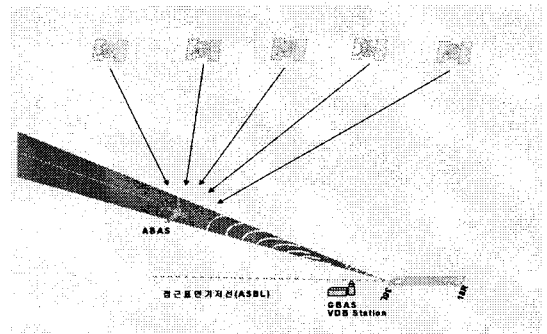
김해공항으로부터 30nm의 반경거리에 있을 때 탑재장비는 터미널 완전성 성능모드로 맞추어져야 하며, TSO-C129a를 만족시키는 장비는 수동 또는 자동 접근을 지원한다. 수동 접근 모드인 경우 항공기가 김해공항으로부터 30nm 반경거리에 있을 때 접근활성 경보를 나타낸다. 이 경보 표시 후에 조종사는 한번의 조작으로 접근모드를 활성화시킬 수 있으며, 접근활성 경보와 동시에 조종사가 수동으로 기압고도세팅을 삽입하도록 하는 경보가 표시된다. 자동 접근 모드인 경우 김해공항의 FAF 내향 3nm 이전에 접근모드가 활성화 되고, 공항으로부터 30nm 이상의 거리에서는 자동으로 활성화되어서는 안 된다. (만일 자동고도입력이 기압수정고도데이터를 사용하지 않는다면) 접근 활성화 표시와 함께 수동 기압세팅에 대한 경보가 조종사에게 표시된다.

접근이 활성화 될 때 장비는 5nm의 비슷자 표시 민감도에서 1nm의 민감도로 매끄럽게 변경된다. 김해공항의 FAF 내향 3nm의 거리에서 항공기 탑재장비에는 자동 비슷자 표시 민감도 변경을 나타내는 경보가 표시된다. 접근이 미리 활성화되지 않았다면, 접근 활성화 경보는 반복된다. 김해공항의 FAF 내향 2nm에서 접근이 활성화된다면 항공탑재장비는 접근하는 동안 위성의 기하학적 배치가 적절함을 자동 입증(RAIM기능)해야 할 것이다. 김해공항 FAF에서 1nm의 비슷자 표시민감도는 0.3nm 민감도로 매끄럽게 변경된다.

3. 김해공항 GNSS 정밀접근 시나리오

본 연구에서 정의하는 GNSS 정밀접근은 GPS의 표준측위서비스(SPS) 및 보정시스템으로부터 신호를 수신할 수 있는 항공전자장비를 탑재한 항공기에 의해서 실행되는 접근비행을 의미한다. <그림 2>는 GNSS를 이용한 정밀접근의 개념을 나타낸 그림으로서, 항공기는 GBAS와 VHF통신 링크를 이용하여 지상으로부터 보정정보를 수신한다. 김해공항은 군공항이므로 GBAS의 VHF 시설은 참고문헌[3]를 따르면 될 것이다. 현재 항공기의 GNSS 수신장비

는 여러 종류가 개발되어 있으나 여기에서는 TSO-C129a, TSO-C145[4] 및 146[5]을 만족시키는 장비를 준용한다. GNSS 정밀접근절차 방법은 비정밀 절차와 유사하므로 수신기 및 모드 설정에 대한 기술은 생략하고, 본 절에서는 GNSS 정밀절차 유지에 필요한 지상시스템 설계 구축에 대한 내용을 중점적으로 다루기로 한다.



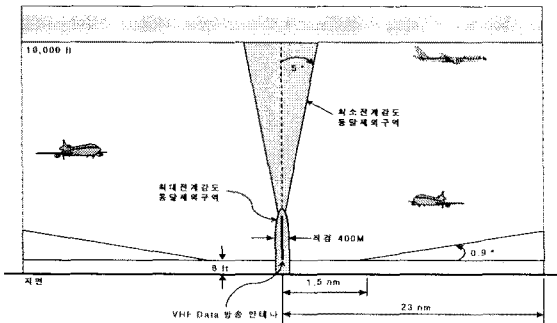
<그림 2> GNSS 정밀접근 개념도

지상시스템의 통달범위는 시스템의 VHF 데이터 방송(VDB) 전계요구사항이 충족되는 공역의 용적으로 정의된다. 근거리보정시스템지상설비(LGF)는 CAT I을 지원하기에 필요한 수준의 서비스를 제공하고, 터미널 공역운용을 지원하기 위한 완전성을 만족시켜야 한다. 전방위 신호인 VDB는 터미널 및 표면 항법, 감시, 차분 보정측위서비스 정보를 필요로 하는 기타 사용자들을 수용할 수 있어야 한다. VDB 사용자 공역주변의 지형 또는 장애물 등에 의해 장애를 받을 수도 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.

VDB 통달범위 설계: LGF는 중심 높이가 25ft 이하인 1개의 안테나를 사용하는 최소전계강도요구사항을 충족시켜야 한다. LGF는 i) 국지 지형 또는 장애물에 의한 LOS 차단이 없을 때, ii) On-채널의 규정된 전력이 경보 하한에 맞추어질 때, 또는 iii) 다음과 같은 최소 통달범위에 있을 때 최소전계강도 요구사항을 만족시켜야 한다. 즉 수평 통달 범위는 VDB 안테나 둘레의 360도 전방위 범위에 걸쳐 100m에서 시작하여 23 nm까지이다. 또한 수직 통달 범위는 VDB 안테나로부터 반경 1.5nm이내에서는 안테

나가 설치된 지면 위 8ft 지점의 수평면과 그 수평면 위 85도 이상의 원추면과 AGL 10,000ft로 둘러싸인 공간, VDB 안테나로부터 반경 1.5nm에서부터 23nm까지의 범위에서는 AGL 10,000ft와 수평면 위 0.9도의 원추표면으로 둘러싸인 공간이다. LGF는 <그림 3>에 규정된 바와 같이 통달범위 내에서 VDB안테나로부터 200m에서 시작하여 어떤 방향으로도 최대전계강도 요구사항을 초과해서는 안된다.

김해공항에서 VDB장비가 설치될 위치는 상기 통달 범위를 고려하여 선정해야 할 것이다. VDB장비는 36L방향으로 진입하는 비행기에 충분한 신호를 제공할 뿐만 아니라 비행기가 활주로 상공을 선회할 때 비행기가 최소전계강도 통달 제외구역에 놓이지 않도록 설치한다.



<그림 3> VHF 데이터 방송 통달 범위설계

무선주파수 전송 특성 요구사항: LGF는 타원편파(EPOL)신호와 수평편파(HPOL)신호를 방송할 수 있어야 한다. EPOL 또는 HPOL 신호를 전송하기 위한 선택은 안테나와 전력 세팅을 변경함으로써 선택될 수 있어야 한다. 수평편파 신호에 대한 최소전계강도는 $215 \mu V/m$ ($-99dBW/m^2$) 이하가 되어서는 안되고, 최대전계강도는 $350 \mu V/m$ ($-35dBW/m^2$) 이상이 되어서도 안된다. 수직편파신호에 대한 최소전계강도는 $136 \mu V/m$ ($-103dBW/m^2$) 이하가 되어서는 안되고, 최대전계강도는 $221 \mu V/m$ ($-39dBW/m^2$) 이상이 되어서는 안된다. VDB 방송과 주파수는 108-117.975 MHz 대역을 사용해야 한다.

가장 낮게 선정 가능한 채널은 108.25MHz이어야 하고, 가장 높게 선정 가능한 채널은 117.960MHz이어야 한다. 선정 가능한 주파수간

의 분리는 25MHz이어야 하며, Spurious 및 대역 외 방사를 포함한 불요방사는 FAA-E-2937A Table 3-4에 주어진 수준을 충족시켜야 한다. VDB 동조 및 이산 신호의 전체 전력은 $-53dBm$ 보다 커서는 안된다. 바이너리 데이터는 각기 3개의 연속 비트로 이루어진 기호로 조합될 수 있어야 한다. 데이터 끝은 burst의 최종 3비트 기호를 만드는 것이 필요한 경우 2개의 fill bit까지 삽입할 수 있어야 한다.

정확도 요구사항: GNSS 신호는 ICAO SARP Annex 10에 주어진 바와 같이 각 적용 분야에 대해 정확도 요구사항을 만족시켜야 한다.

완전성 요구사항[3]: 지상시스템은 CAT I 정밀접근, 지역항법, 차분보정측위(DGPS) 서비스를 사용하는 다른 목적의 용도를 지원하기 위한 완전성을 만족시켜야 한다. 어떤 완전성 할당은 운용에 따라 상이한 요구사항을 가질 수 있으며, 이에 대한 내용들은 아래의 규정과 같다.

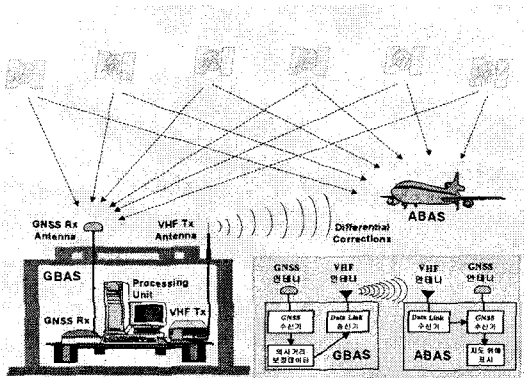
i) 지상시스템의 완전성 위협도

- CAT I 정밀접근 위협도: GBAS는 거리정보 또는 시스템 고장으로 인한 오류성 정보를 3초 이상 송신할 확률은 항공기가 Approach 하는 동안 어느 시점에서든 150초 동안 1.5×10^{-7} 을 초과해서는 안된다.
- DGPS 서비스: GBAS는 거리정보 또는 시스템 고장으로 인한 오류성 정보를 3초 이상 송신할 확률은 어느 시점에서든 1시간 동안 9.9×10^{-8} 을 초과하지 않아야 한다.

ii) 완전성 감시 항목

- 신호품질 감시, 데이터 품질 감시, 수신기 작동 감시, 다중 수신기의 일관성 검색, VHF 통신채널 감시

GBAS 인터페이스: GBAS는 GNSS 수신기 및 안테나, VHF 데이터 송신기 및 안테나, 데이터 생성 프로세서 등으로 구성되고, ABAS는 GNSS 수신기 및 안테나, VHF 데이터 수신기 및 안테나, 데이터 생성 프로세서 및 디스플레이 등으로 구성되며, 신호의 송수신을 위해 <그림 4>과 같은 유무선 인터페이스를 가져야 한다. GNSS 수신기에는 신호의 품질을 감시하는 루틴이 포함되어야 한다.



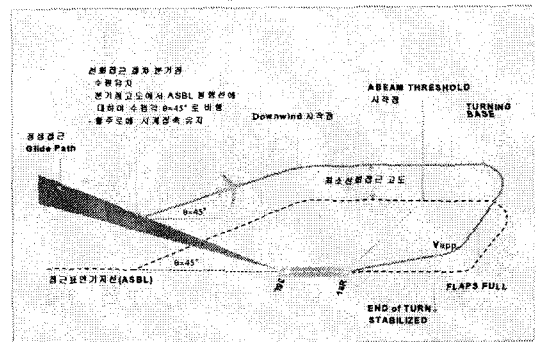
<그림 4> GBAS 인터페이스

4. 김해공항 GNSS 선회착륙 시나리오

VFR 선회착륙 절차: <그림 5>은 김해공항의 VFR 선회착륙절차를 나타낸 개념도로서, RWY-36L로 직진입하는 비행기는 ILS를 이용한 계기접근 및 착륙이 가능하다. 그러나 기상 여건 등으로 인하여 직진입이 적합하지 않을 때에는 36L로 계기접근을 하던 비행기는 선회절차를 따라서 RWY-18R에 착륙을 시도해야 한다. 선회접근시 비행기는 ILS 36L Clear를 받고 비행하다가 700feet(A, B, C 항공기)~1100feet(D 항공기) 강하하면서 활주로가 보이면 활주로 좌측으로 벗어나면서 배풍로에 진입해야 한다. 활주로와 시계접촉을 계속하면서 Base 선회를 하고, 시계착륙을 준비해야 한다. 최초 시계접촉 이후에도 조종사는 선회접근을 실행하기 위해 MDA/H를 비행하는 동안 활주로 진입턱, 진입등 시설, 활주로 식별 표지물 등과 지속적인 육안접촉을 가져야 한다. 정상조작으로 정상 강하율을 유지하여 착륙하려는 활주소에 강하를 시작할 수 있는 위치에 이를 때까지 최소선회접근고도 또는 그 이상을 유지해야 한다. 선회착륙은 직진입착륙과 방향이 반대이기 때문에 MDA에 이르러 활주로를 확인하고 착륙인가된 활주로를 향하여 선회가 이루어지는 과정에서 안전이 보장되는 최저치는 직진입착륙 시보다 높게 설정되어야 할 것이다. 원칙적으로 선회접근에 대한 실패접근구역은 특별히 따로 수립되지 않는다. 시정이 불량하거나 운고가 매우 낮은 상태에서 조종사가 착륙활주소에 대한 시각 참조물을 상실했을 때는 조종사는 계기접근절차에 설정된 실패접근절차를 따라야 한다. 조종사는 즉시 고도를 높이면서 선회

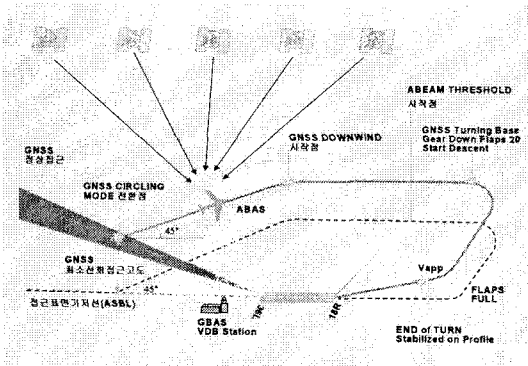
비행을 하고, 실패접근로 진입을 시도하고, 실패접근로 진입 후에는 정상적인 절차를 따라야 할 것이다. 실패접근로 선상에서는 장애물로부터 충분한 보호를 받을 수 있으나 이의 지역의 비행로에서는 안전을 보장받을 수 없다.

항공기가 Downwind Leg에서 Base Leg로 선회하는 시점을 실기하고, 바로 실패접근절차를 이행하지 않은 채 계속 비행을 할 경우 근처에 있는 산들과 충돌할 위험성이 있다. 따라서 선회착륙시 계기시설에 의한 안전한 착륙방안을 모색할 필요가 있으나 ILS와 같은 기존의 유도시설들은 선회착륙에 적용하기가 거의 불가능한 실정이다. 그러므로 장애물이나 지형으로 인한 유도신호의 송신 및 수신에 제한이 없고, 항공기의 선회 또는 곡선비행을 지원할 수 있는 새로운 형태의 계기유도 방법을 이용할 필요가 있다.



<그림 5> 김해공항 VFR 접근 개념

GNSS 선회착륙 절차: ILS는 지상의 고정된 위치에 설치되기 때문에 그 방향성과 통달범위 때문에 신호의 송수신에 상당한 제약이 따르고, 특히 비행기가 선회비행시 사용할 수가 없다. 이에 비해 GNSS 신호는 2만Km 지구 상공에서 지구 하방으로 방사되기 때문에 ILS처럼 신호 수신 방향의 제약이나 지형 및 장애물에 의한 신호차단이 적다. 따라서, GNSS는 우리나라와 같이 산악지형이 많아 ILS를 이용하기가 어려운 특수환경의 공항에서도 3차원 정밀 유도방법을 제공할 수 있는 능력을 갖추고 있다. <그림 6>은 김해공항에 적용한 GNSS 선회착륙절차의 개념을 도시하고 있다.



<그림 6> 김해공항 GNSS 선회접근 절차 개념

본 연구에서 제안하고 있는 GNSS를 이용한 계기선회착륙절차에 대한 가상 시나리오는 다음과 같다.

- 조종사는 미리 김해공항의 착륙 가능 활주로에 대한 GNSS 데이터 및 비행절차를 숙지해야 하며, 비행장, 활주로, 접근절차 및 초기접근픽스를 선택한다.
- 김해공항 접근시 관제탑으로부터 RWY-36L에서 RWY-18R로 선회착륙을 인가받았을 경우 조종사는 비행기(ABAS)의 GNSS 장비를 Circling 모드로 전환하고 이에 따라 GNSS에 의한 선회착륙절차를 시도한다.
- 비행기는 GNSS 수신장비에 내장된 김해공항 활주로에 대한 위치정보 및 선회패턴을 따라 조종되므로 비행기는 GNSS 계기선회절차에 의하여 18R에 유도착륙을 하게 된다.
- 김해공항에 GBAS가 설치되었을 경우 조종사는 GNSS 보정정보를 이용하기 위해 공항 접근을 시작하기 전에 김해공항에 설치된 GBAS의 VHF 데이터 방송국(VDB Station) 주파수에 ABAS 수신기 채널을 동조시켜야 한다.
- GNSS 수신장비에는 비행기 등급에 따른 GNSS 최소선회접근고도, GNSS Downwind 시작점, GNSS Base 선회지점, GNSS 선회종료점 등에 대한 위치정보가 들어 있으며, 이들의 절차에 따라 순차적으로 비행기의 GNSS 표시장치에 표시되어야 한다.
- 조종사는 표시장치에 나타난 비행기의 순차적 위치를 확인하고, 오류가 발견될 시에는 바로 실패접근절차를 이행하여야 한다.

- GNSS가 표준항행시스템으로 확정될 경우 GNSS 접근이 이루어지는 동안 기존의 지상 기반 항행안전시설들은 작동시킬 필요가 없으며, 비행기에 탑재되는 해당 항공전자시스템 역시 작동시키거나 감시할 필요가 없다.

III. 결론

본 연구는 지형 특성상 ILS에 의한 착륙이 불가능하여 VFR 선회착륙이 요구되는 공항에 대해 GNSS를 이용하여 선회착륙을 함으로써 착륙시 안전성 향상을 위한 목적으로 수행되었다. 현재 GNSS를 이용한 이착륙 방식은 정식으로 채택된 방법이 아니기 때문에 기존의 항행안전시설에 대한 보조 수단으로 이용되고 있지만, 실제로 많은 민간항공기에서 그 이상으로 활용이 되고 있다. 특히 우리 나라는 많은 공항의 특정 활주로에서 기존의 방법에 의한 계기착륙이 불가능하여 항공기의 이착륙 안전성이 문제점으로 제기되고 있기 때문에 이에 대한 대책으로 각 공항별로 GNSS를 이용한 비행절차에 대한 연구가 상당히 필요한 실정이다. 본 논문에서는 현재까지 간행된 ICAO 및 FAA의 GNSS 관련 기준 및 절차를 분석하고, 김해공항을 모델로 하여 GNSS를 이용한 비정밀접근, 정밀접근, 선회착륙 등에 대한 일반적 절차를 연구하였다. 또한 GNSS 정밀접근을 위한 지상시설의 설계 및 설치가 필요한데, 본 논문에서는 VHF 데이터 방송(VDB)시설에 대한 설계조건, 무선주파수 전송요구조건 등을 도출하였다. 본 연구에 대한 후속으로 VDB 스테이션의 위치를 결정하기 위한 공항별 지형특성 및 전파환경에 따른 실측분석이 요구되고, 관련 기준에 대한 세부 연구를 통한 제도의 수립이 필요하다.

참고문헌

- 1) 교통개발연구원, 한국항행학회, 탐스코리아 엔지니어링, "지형상 시계착륙 활주로 계기착륙기술 개발, 최종보고서," 건설교통부, 2004. 4.
- 2) TSO-C129a, Airborne Supplemental Navigation Equipment Using GPS, US.DOT
- 3) FAA-E-2937A, Category I LAAS Ground Facility, US DOT, 2002.4.17.
- 4) TSO-C145, Airborne Navigation Sensors

- Using the GPS Augmentation by the WAAS, 1998.5.15.
- 5) TSO-C146, Stand-alone Navigation Equipment Using the GPS by WAAS, 1999.10.6.
 - 6) ICAO PANS Doc 8168-OPS/611(Procedures for Air Navigation Services-Aircraft Operations), 1993.
 - 7) FAA Order 8260.38A, Civil Utilization of GPS, US DOT, 1995.4.5.
 - 8) FAA Order 8260.38A Chg. 1, Civil Utilization of GPS, US DOT, 1997.8.14.
 - 9) FAA Order 8260.48, RNAV Approach Construction Criteria, US DOT, 1999.4.8.
 - 10) FAA Order 8260.50, LPV Approach Procedure Construction Criteria, US DOT, 2002.9.6.
 - 11) FAA Order 8260.3B United States Standard for Terminal Instrument Procedures, 2002