

<解説>

RNAV의 현재와 미래 The present and future of RNAV

김필수*, 신대원*,

The present and future of RNAV

P.S. Kim, D.W. Shin*

목 차

I.	서	론
II.	항법의 정의 및 종류	
III.	RNAV의 개 요	
IV.	RNAV 항행 시스템	
V.	RNAV 계기접근절차	
VI.	VNAV의 활 용	
VII.	RNAV의 발전 방향	

Abstract

In this overview of RNAV(Area Navigation) covers the general notion of air navigation, the general concept of RNAV and Navigational facilities or elements to achieve RNAV. also, this overview includes RNAV operations on instrument approaches with GPS, VNAV(Vertical Navigation) operations and the future of RNAV.

Key Words : 항법(Air Navigation), RNAV(Area Navigation), LNAV, GPS,
VOR(VHF Omni-directional Range), DME(거리측정장비)

* 정회원 한국항공우주연구원 품질인증센터 항공인증그룹
연락처, E-Mail : pskim@kari.re.kr
대전시 유성구 어은동 45

I. 서론

1928년 Long Island의 Mitchell 공항에서 Jimmy Doolittle에 의해 항공기 계기에만 의존하는 계기비행 시험으로서 항공기 계기만으로도 안전한 비행 및 항법을 할 수 있다는 것을 증명한 이후 계기비행을 위한 기술 발전은 NDB(Non-directional radio beacon)를 이용한 항법을 거쳐 현재의 VOR(VHF Omni-directional Range)을 이용하는 항법으로 발전되었다. 그러나 현재의 VOR 및 NDB 기반의 항법은 통상적으로 해당 시설의 상공을 통과하는 방법으로 구성되어 운용적 측면에서 비효율을 초래하고 있으며 또한 제한적인 공역 내에서 증가하는 항공교통의 수요에 대처하고자 각각의 무선허법 시설을 통과하지 않아도 출발지에서 목적지까지 조종사가 의도하는 데로 비행할 수 있는 항법인 RNAV(Area Navigation)가 등장하게 되었다.

II. 항법의 정의 및 종류

1. 항법의 정의

항법(Air Navigation)이란, NASA(National Aeronautics and Space Administration)의 정의에 따르면 “지구표면에 대한 항공기의 상대적 위치를 결정하고 원하는 방향을 유지하기 위한 기술”(“The art of determining the geographic position, and maintaining the desired direction of an aircraft relative to the earth's surface”)이라고 표현되며 항법을 하는 주요 목적은 다음의 4가지를 실현시키기 위한 것이다.

- Where am I?
- How fast am I going?
- In which direction is the destination ?
- How far is it the destination ?

2. 항법의 종류

항공을 위한 항법의 종류는 현재까지 크게 Pilotage, Celestial Navigation, Dead Reckoning, Radio Navigation, Inertial Navigation으로 5종류가 있으며 다음과 같다.

- 가. 대지항법(Pilotage): 지형을 관찰하고 지상 참조물 등을 육안으로 관측하여 기준을 잡아 현재 위치를 결정하는 방법
- 나. 천체항법(Celestial Navigation): 예전부터 내려오는 항법의 한 방법으로서 별, 태양 등의 천체를 이용하여 자신의 위치를 결정하는 방법
- 다. 추측항법(Dead Reckoning): 예상경로를 따라 비행시간과 속도 등을 계산하고 예측한 통과거리 등을 감안하여 현재 위치를 결정하는 방법
- 라. 무선허법(Radio Navigation): 항행안전무선시설에서 항공기 탑재 수신 장비로 정보를 수신하여 현재 위치를 결정하는 방법이다. 무선허법은 해당 항행안전무선시설이 설치되어 있는 위치에 따라 지상기점무선허법(Ground-Based Radio Navigation)과 위성기

점무선항법(Space-Based Radio Navigation) 2종류로 나누어지며 기반참조시설 및 장비는 아래와 같다.

1) 지상기반 무선항법(Ground-Based Radio Navigation)

- NDB (Non-directional radio beacon)
- VOR/DME (VHF Omni-directional Range/Distance-Measuring Equipment)
- TACAN (Tactical Air Navigation)
- LORAN (Long Range Navigation)
- OMEGA 등.

2) 위성기반 무선항법(Space-Based Radio Navigation)

- GNSS(Global Navigation Satellite System) (ICAO)
 - GPS (Global Positioning System) (미국)
 - GLONASS (러시아),
 - Galileo (유럽)

마. 관성항법(Inertial Navigation): 관성항법 장치가 항공기의 가속도 및 방향변화를 감지하고 비행거리를 계산하여 출발지와의 상대거리를 산출함으로써 자신의 위치를 결정하는 방법

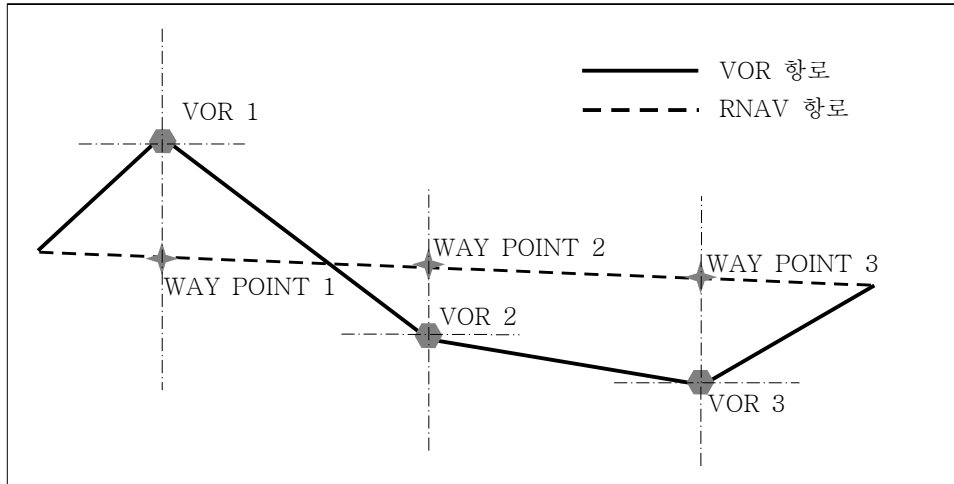
III. RNAV(Area Navigation)의 개요

1. RNAV

현재 주로 사용되는 VOR이나 NDB 등을 기반으로 행해지는 무선항법은 출발지점과 목적지점 사이의 각 항행안전무선시설을 통과하면서 행해졌지만 RNAV, 즉 지역항법의 개념은 각각의 무선항법 시설을 통과하지 않고도 출발지에서 목적지까지 조종사의 의도대로 비행할 수 있는 항법으로 항행안전무선시설의 통달범위 이내 또는 항공기에 탑재된 항법장비의 성능한도 내에서 항행안전무선시설 및 항공기 장비를 이용하여 항공기를 조종사가 원하는 항로로 운항할 수 있는 항법으로 정의되며 제공 정보에 따라 3가지로 구분된다.

- 2차원 RNAV : Horizontal Plane(LNAV)
- 3차원 RNAV : Horizontal Plane(LNAV) + Vertical Plane(VNAV)
- 4차원 RNAV : Horizontal Plane + Vertical Plane + Time

2차원 RNAV는 LNAV(Lateral Navigation)라 불리기도 하며 수평면상의 보통 위도와 경도 또는 어느 VOR/DME에서의 방위(Radial)와 거리로 설정되어져 있는 지리적인 위치로 결정되는 WPT(Way Point) 사이에서 자신의 방향 및 거리 정보를 제공한다. 3차원 RNAV의 경우에는 2차원 RNAV에서의 수평면에 대한 정보에 고도관리 등을 위한 수직적인 정보, 즉 VNAV(Vertical Navigation)를 제공한다. 마지막으로 4차원 RNAV는 3차원 RNAV의 정보에 시간관리 개념이 포함된 것으로서 현재 상태로 목적지점까지 걸리는 시간 또는 제한된 시간 내에 어떻게 목표지점에 도달할 수 있는가에 대한 정보를 제공한다.



<그림 1> RNAV 항로와 VOR 항로의 비교

그림 1은 RNAV를 이용한 항법과 VOR을 이용한 항법을 비교한 것으로 그림에서와 같이 VOR항법은 각각의 VOR시설을 통과하도록 설정되어 있지만 RNAV항법의 경우에는 두 지점 간 직선으로 항로를 설정할 수 있으므로 VOR항로에 비해 시간과 거리를 단축할 수 있다.

2. 항공기 요구 장비

가. 요구 장비

RNAV항법 수행에 있어 WPT 사이를 유도하는데 사용되는 장비는 다음의 3가지로 구분될 수 있다.

- 항공기 센서 수신기: VHF 수신기, UHF수신기, GPS수신기 등
- 항법데이터를 포함한 컴퓨터: FMC(Flight Management Computer) 또는 ADC(Air Data Computer) 등
- 시현장치(Display): CDU(Control Display Unit), ND(Navigation Display) 또는 MFD(Multi Function Display) 및 데이터 시현계기 등

이 장비들은 통상 자동조종장치라 불리는 Automatic Flight Control System에 연결되어 있고 RNAV는 다음의 항행 시스템을 기반으로 운영된다.

- VOR/DME, VOR/VOR, DME/DME
- GNSS/GPS(Global Navigation Satellite System/Global Positioning System)
- INS/IRS(Inertial Navigation System/Inertial Reference System)
- LORAN-C(Long Range Navigation-C)
- OMEGA

나. FMS(Flight Management System)

FMS는 비행 중 조종사의 효율적인 운항관리 및 업무 부담을 줄여주기 위하여 개발되었

는데 일반적으로 FMC(Flight Management Computer), CDU(Control Display Unit), ND(Navigation Display) 등으로 구성된다. 그림 2는 통상적으로 사용되는 CDU 및 ND의 형상이다. FMS는 항법, 대기상태, 연료 소모율 등을 감지하여 조종사에게 항공기 운항 관리에 필요한 정보를 제공해 주며, 항법을 위한 항로, FIX, WPT 등의 데이터베이스를 저장하고 있고, GNSS/GPS나 INS/IRS 등으로부터의 정보를 통해 항공기의 정확한 위치를 FMC에서 계산해준다. 예전의 FMS가 VOR이나 INS/IRS에 기반을 두고 운용했던데 비해, 최근의 FMS는 GPS 위성으로부터의 정보를 포함하여 운용되고 있다.



<그림 2> Control Display Unit 및 Navigation Display

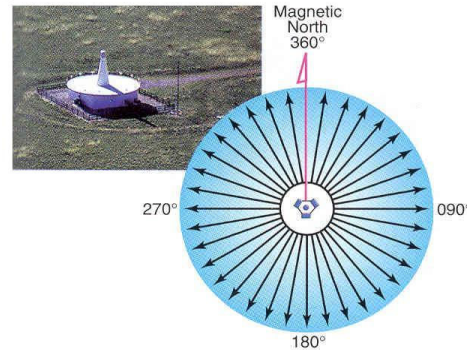
IV. RNAV 항행 시스템

1. VOR/DME

가. VOR

VOR은 DME와 함께 사용되어 현재 RNAV 항법을 수행하는데 가장 일반적으로 사용되는 항행안전무선시설이다. VOR은 108.00MHz~117.95MHz의 VHF주파수 범위에서 운영되며 간섭이 상대적으로 적은 항법 시스템으로 알려져 있다. 그러나 VHF전파의 직진성으로 인하여 가시선(line of sight)의 제한이 있으며 이것은 VOR의 설치 및 전파 수신에 장애요인이 되고 있다. VOR은 방향정보만 제공하지만 거리 정보를 제공하는 DME를 함께 설치하여 방향 및 거리정보를 모두 받을 수 있는 VOR/DME를 구성할 수 있으며 군에서 사용하는 TACAN에 VOR을 함께 설치하여 운영하는 VORTAC 등으로도 구성될 수 있다.

VOR 시설은 전 방향으로 무선파를 방사하는데 이 무선파를 매 1°씩 나누어서 사용하고 이것을 “Radial” 이라 부른다. 그러므로 VOR에는 모두 360가지의 Radial이 있는 셈이다. 그림 3은 VOR의 전 방향 360가지 Radial을 그림으로 나타내고 있다.



<그림 3> VOR 전 방향 Radial

VOR은 통달거리와 도달고도에 따라 다음의 3가지 등급으로 나누어진다(표 1).

<표 1> VOR의 등급

등급	수신범위	비고
Terminal VOR (TVOR)	1000ft~12,000ft AGL 이하 25NM	공항 지역
Low altitude VOR (LVOR)	1000ft~18000ft AGL 이하 40NM	항로구성. 18,000ft AGL 이상에서는 같은 주파수를 쓰는 다른 VOR과 간섭을 일으킬 수 있음
High altitude VOR (HVOR)	1,000ft~14,500ft AGL 40NM 14,500ft~18,000ft AGL 100NM 18,000ft~45,000ft AGL 130NM 45,000ft~60,000ft AGL 100NM.	항로 구성

나. DME

DME는 DME장비로부터 항공기까지의 거리를 측정하는 장비로 962MHz~1213MHz의 UHF주파수 대역을 사용하며 보통 VOR, TACAN, ILS등과 함께 장착되어 조종사가 자신의 위치, 상황 등을 좀더 쉽게 해석하는데 도움을 준다. 그러나 DME시설로부터의 거리정보는 지면에 대한 절대적인 직선거리가 아닌 지상시설과 항공기 간의 사선거리이기 때문에 항공기 고도가 높을수록 실제의 거리와 DME 거리정보와는 많은 차이가 있게 된다.

다. GNSS(Global Navigation Satellite System)/GPS(Global positioning system)

GNSS는 미국 GPS와 러시아 GLONASS를 이용한 중심위성과 보정 시스템이 결합된 시

스텝이다. GNSS의 핵심요소 중 하나인 GPS 위성군은 24개의 위성으로 이루어져 있으며 이 중 21개가 항법에 사용되며 3개의 위성은 예비위성이다. 위성의 주기는 약 12시간(11시간56분)으로 고도 20,183~20,187Km에서 운영되며, 지구 적도면과 55도의 각도를 이루고 6개의 궤도면에 각각 4개의 위성이 배열되어 있다. 위성의 궤도는 지구를 커버하는 범위, 위성의 수명 등을 고려하여 12시간 주기궤도로 확정되었으며, 이와 같은 위성위치배열은 지구상의 어느 위치에서도 위치결정에 필요한 최소 가시위성 숫자인 4개의 위성을 항상 관측할 수 있게 한다. 이에, GPS 수신기는 항공기의 입체적인 위치, 속도, 시간을 계산하기 위해 4개 이상의 GPS 위성으로부터 자동적으로 신호를 받는다. 모든 GPS 위성에서 발사되는 신호는 반송파(Carrier), PRN(Pseudo-Random Noise)코드, 항행메시지(Navigation Message) 등 세 가지 종류의 신호로 구성되어 있는데, 이 중 PRN코드에는 C/A코드(Coarse Acquisition Code)와 P코드(Precise Code) 두 가지로 나누어진다. 민간 사용자는 미 국방성에서 보안 이유로 위성의 시계 빠르기를 조작하거나, 위성의 위치정보를 틀리게 함으로써 고의로 C/A코드에 SA(Selective Availability)가 적용된 시스템을 이용하고 있으며, 이 경우 위치결정의 정확도가 군용보다 상대적으로 낮아져, 수평 100m 수직 140m에 95%의 시간동안의 정확성을 갖는다.

각각의 GPS 위성에는 GPS 정확도의 생명인 4개의 원자시계가 탑재되어 있으며 최근까지 쏘아 올린 Block II 위성은 두 개의 세슘 원자시계와 두 개의 루비듐 원자시계를 갖추고 있다. 이들 시계는 하루에 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 만큼의 오차를 갖고 있고 BLOCK IIR 위성부터는 이를 $10^{-14} \sim 10^{-15}$ 까지 개선하려 하고 있으며 오차를 줄이기 위하여 미국 Colorado Springs의 Master Control Station에서는 위성을 감시하고 어떠한 오차가 감지되었을 경우에 수정할 수 있는 기능이 있다.

GNSS/GPS의 장점은 지금까지 지상에 설치되었던 장비와는 달리 전 세계적인 통달 범위를 가지고 대기 중 신호의 전달이나 지형상의 문제, 항공기에 설치된 수신 안테나 등의 문제로 인한 신호의 간섭이 없다. 그러나 GNSS/GPS의 신뢰성 문제로 인해 지금까지는 GPS의 정보와 그 외의 다른 지상항행안전무선시설로부터의 정보가 상이할 때에는 지상항행안전무선시설을 기준으로 항법하게 되어있다. 하지만 2000년 5월 1일부터 미 국방성이 GPS 위성의 SA신호(고의잡음신호)를 제거함으로써 보다 높아진 정확도에 대한 신뢰성과 더불어 지속적인 GPS의 발전으로 항공기가 대양을 횡단할 때 사용되는 INS/IRS 대신에 GNSS/GPS가 주 항법장비로 사용될 가능성이 크고, 또한 적용되는 보정 시스템에 따라 현재의 CAT I 정밀접근 뿐 아니라, CAT II, CAT III 정밀접근도 가능한 시스템 개발을 위해 노력하고 있다.

라. INS(Inertial Navigation System)

관성항법(INS)장치는 지상의 항행안전시설로부터의 도움 없이 자신이 처음 받은 위치정보를 가지고 독립적으로 항행 할 수 있는 항법시스템이다. INS는 항공기의 정확한 위치, 고도, 방향 이외에 두 WPT사이의 항공기 Track과 거리를 바탕으로 계산된 도착예정시간, 지상속도, 바람 정보 등을 제공하고 이에 따른 지침을 조종사에게 제공한다.

INS는 Inertial platform, Interior accelerometers, Computer의 3가지로 구성되는데,

Inertial platform은 2개의 자이로스코프(gyroscope)로 구성되어 항공기의 움직임을 감지한다. Interior accelerometer는 공간상의 원점을 유지하며, 항공기의 움직임의 정도와 방향의 변화 등을 감지하여, Inertial platform과 Interior accelerometer에서 감지한 정보를 Computer로 보내게 되고, Computer는 지구의 자전, 항공기의 위치변화, 속도, 선회를 등을 계산하여 항공기의 Track을 보정하게 된다.

INS의 정확도는 전적으로 항공기 처음 위치 설정에 의존하기 때문에 조종사는 항공기가 지상에서 움직이기 시작하기 전 항공기의 정확한 실제 위치와 INS의 초기 위치를 정확히 설정하는 것이 매우 중요하다.

INS는 시간이 지남에 따라 오차가 늘어나는데, 일반적으로 초기 설정이 정확하다고 가정하면 대개 시간당 1~2NM의 오차를 갖으며 비행 중에 GPS 또는 VOR 등의 항행안전시설을 이용하여, 항공기 위치를 보정할 수도 있다.

현재 INS는 대양 항행의 주 항법장비로 이용되고 있으며, INS의 발전형태인 IRS(Inertial Reference System)도 사용되고 있다.

마. LORAN-C(Long range navigation-C)

장거리 무선향법시스템의 하나로 해상, 육상, 항공기 등의 폭넓은 이용범위를 가지고 있는 시스템으로 Long Range Navigation에서 유래되어 LORAN이라 명명되었다. LORAN은 기지국으로부터 펄스신호를 발사하여 돌아오는 신호의 시간차를 이용하여 거리를 측정하는 원리를 사용한다. LORAN-C 시스템은 하나의 주국(Master Station)과 중국(Secondary Station)을 포함, 최소 3개국 이상(보통 4개국)으로 하나의 체인을 구성한다. 현재 전 세계적으로 우리나라가 운영하는 코리아 LORAN-C 체인을 포함하여 25개 체인(78개 송신국)이 운영되고 있다. 사용 주파수는 90~110KHz의 저주파 대역이며, 이용범위는 약1,200마일(2,200km)이다. LORAN-C 시스템은 지상기지국의 거리에 비례하여 오차가 커지며, 수신기와 송신기 사이의 위치, 지표면 상태에 따라 오차가 커진다. 그러나 근거리에서 LORAN-C는 상대적으로 정확도와 신호 강도가 좋기 때문에 비정밀접근에 사용될 충분한 잠재성을 가지고 있으나 미국은 LOANC-C의 사용을 일반항공의 시계비행에만 국한하고 있다.

바. OMEGA

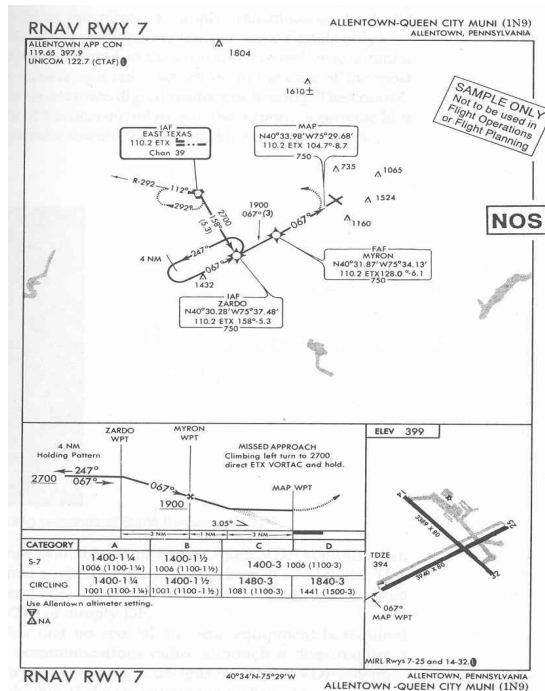
OMEGA는 전 세계적으로 8개의 VLF(Very Low Frequency)파를 송출하는 기지국들의 네트워크로서 선박의 항해나, 항공기의 공중항법을 위해 쓰여 진다. 기지국들은 정확한 때에 맞추어 10~13KHz 정도의 VHF 파를 송출한다. 저주파는 수천마일까지의 넓은 범위에서 사용이 가능하다는 장점이 있는 반면, 위상의 속도, 지구 극점의 흡수, 태양의 활동, 강우활동의 정전기, 그 외, 전기적 작용 등의 영향으로 신호의 정확성이 떨어지게 된다. OMEGA 네트워크의 신호는 보통 2~4NM의 오차를 갖고, RNAV 항로 비행에서 사용될 잠재성을 가지고 있지만, 그 오차로 인해 RNAV 계기 접근절차에는 사용될 수 없다.

V. RNAV 계기접근 절차

1. RNAV 계기접근 절차

현재까지 개발된 RNAV 계기접근절차는 VOR 등을 기준으로 함으로서 강하각(Glide Path) 정보를 제공하지 않는 비정밀 접근(Non-precision approach)에만 국한되었다. 또한 다른 계기접근절차와 마찬가지로 RNAV를 이용한 계기접근을 하는 경우에도 해당공항에 RNAV 계기접근 절차의 수립되어 있어야 하고 항공기에는 RNAV 접근절차를 수행하기 위해 필요한 항공기 탑재 장비 있어야 한다.

그림 4와 같이 현재까지의 RNAV 계기접근절차는 WPT(Way Point)로 구성되어 있으며 각 WPT는 경도 위도 상의 좌표나 VOR/DME로부터의 방위 및 거리로 설정되어있다. RNAV 접근절차의 장점으로는 새로운 접근절차 설정을 위해 신규 VOR 등의 추가설치나 설치되어진 VOR/DME의 위치에 상관없이 VOR/DME에서의 정보 등을 기준으로 하는 WPT로서 해당 공항에 맞는 최적의 접근 코스를 설정할 수 있고, 조종사에게 향상된 상황 인식을 제공할 수 있다는 점이다.

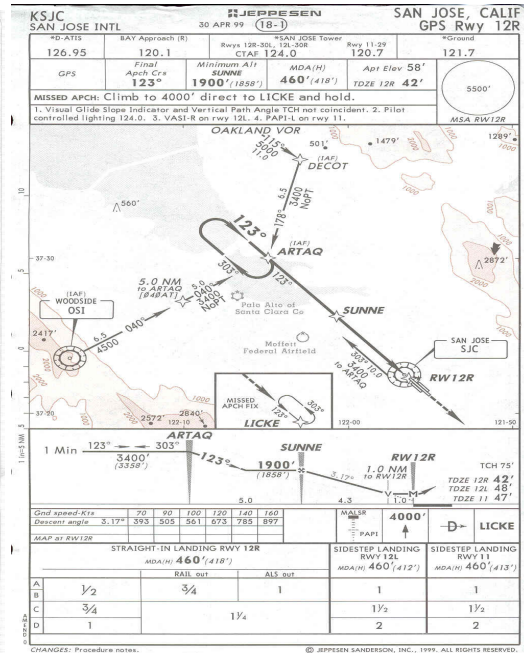
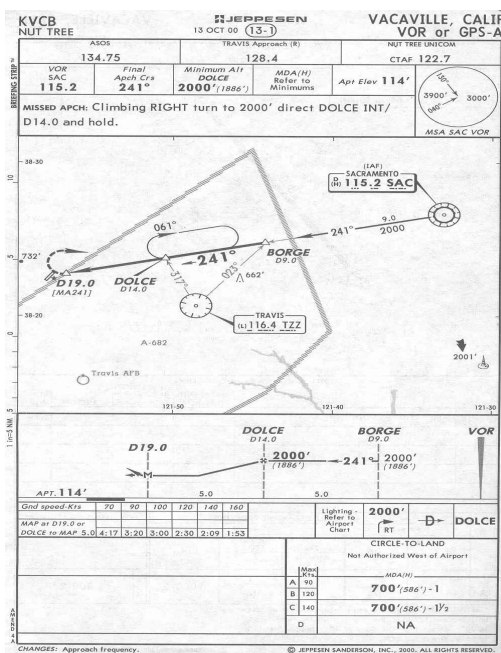


<그림 4> RNAV 계기접근절차

2. GPS 계기접근 절차

미국에서는 VOR/DME를 이용한 RNAV 접근절차에서 GPS 접근절차라고 불리는 GPS를 이용한 RNAV 접근절차가 많이 이용되고 있는 추세이며, GPS 계기접근(GPS Approach)은 크게 "GPS overlay Approach" 방식과 "GPS stand alone Approach"의 두 가지 방식으로 나

뉘어 진다. GPS overlay Approach는 기존의 Localizer Type의 시설을 제외한 항행안전무선시설을 기본으로 GPS를 계기접근에 이용하는 방법이며, FAA가 GPS를 민간이 운용할 수 있도록 허가한 1994년 이후에 기존의 VOR 등을 이용한 계기접근 절차를 기본으로 GPS를 함께 사용함으로써, GPS의 신뢰성을 VOR 같은 다른 항행안전시설로서 보완하였고, 새로운 GPS 계기접근 절차를 따로 수립하지 않음으로서 새로운 계기접근절차를 수립하기 위한 제원과 시간을 절약할 수 있었다. 그 이후 GPS의 성능이 우수해짐에 따라 GPS overlay approach방식과 더불어 VOR과 같은 항행안전시설의 도움을 받지 않고 단독으로 계기접근을 수행하는 GPS stand alone approach방식이 시작되었는데 GPS단독으로 접근절차를 설계할 수 있음으로 인하여 최적의 접근절차를 설정할 수 있다는 것이 GPS stand alone approach방식의 최대의 장점이다. 그러나 GPS stand alone방식의 GPS approach를 수행하더라도 여전히 GPS 신호의 신뢰성의 문제로 기존의 항행안전시설을 사용하여 GPS 신호의 이상 유무를 감시해야 한다. Jeppesen사의 Approach Chart에서 GPS overlay approach방식은 그림 5에서 제시된 KVCB공항의 “VOR or GPS-A” 계기접근절차와 같이 기본이 되는 VOR 접근절차에 GPS를 같이 사용함으로써 기존의 VOR 계기접근 절차와 비교하여 계기접근절차상의 상이점 별로 없음을 알 수 있다. 반면에 GPS stand alone approach 방식은 그림 6의 KSJC 공항의 “GPS Rwy30L” 접근절차와 같이 독립적인 GPS 계기접근절차를 수행할 수 있다. 또한 앞으로 GPS 보정 기술이 발달함에 따라 현재까지 비정밀 접근 방식으로만 국한되던 GPS 접근이 ILS와 같이 강하각 정보를 제공하는 정밀접근(Precision approach) 방식을 지원하는 형태로 발전할 것이다.



<그림 5> GPS overlay Approach chart <그림 6> GPS stand alone Approach chart

VI. VNAV(Vertical Navigation)의 활용

1. VNAV의 활용

VNAV는 보통 FMS 기능의 한 부분으로 고도관리의 유용한 도구로 항공기의 상승이나 하강 시 설정되어진 두 지점간의 원하는 고도 변화에 대한 정보를 컴퓨터로 계산하여 수직 경로 또는 하강률의 형태로서 조종사에게 제공해 준다. 예를 들어, 조종사가 FL250로 항로 비행을 하던 중, ATC에서 20NM전방의 어떤 항로상 VOR FIX까지 고도 16,000ft MSL로 하강하라는 지시가 있을 경우 조종사는 FMS의 CDU의 VNAV 페이지를 열고 하강을 시작할 시작점과 하강을 끝내는 지점을 지정해 준다. 그런 후 시작고도와 하강이 끝나는 고도(여기서는 각각 FL250와 1,6000ft)를 입력해 주면, 컴퓨터가 기압, 바람영향, 항공기 속도 등을 고려하여 계산된 분당 하강률을 나타내 주게 된다. 또한 다른 방법으로, 조종사는 자신이 원하는 하강율(예, 3°)을 지정하여 입력할 수 있는데, 이 때에는 항공기가 지정된 하강율(예, 3°)로 하강할 경우 지정된 고도에 이르렀을 때의 도착지점이 FMS CDU와 ND에 표시되게 된다.

현재 VNAV는 계기비행의 각각 SID (Standard Instrument Departure), 항로 비행(En-route), STAR (Standard Terminal Arrival Route), 계기접근 등에 사용되고 있으며 앞으로는 GPS 및 보정신호를 가지고 정밀접근 수행을 위한 강하율 제공도 수행할 수 있을 것이다.

2. VNAV의 오차

VNAV에서의 오차는 대부분이 FMS에서 사용되는 거리 정보와 항공기 고도계로부터 나오는데, 현재 FMS의 VNAV가 거리정보를 계산하는 방법은 보통 VOR/DME로부터의 방위 및 거리정보이며 GNSS/GPS, INS/IRS에서의 정보를 사용하는 경우도 있다. 그러나 VOR/DME, GNSS/GPS, INS/IRS들은 각각의 특성으로 인해 고유의 오차를 가지고 있고 이 오차들이 VNAV에서도 적용된다. 특히 DME같은 경우는 DME에서 받는 정보가 지상 DME시설로부터 항공기까지의 사선거리이기 때문에 항공기의 고도 등에 따라 오차가 커지게 된다. 또한 항공기 고도계도 자신의 오차를 지니고 있는데 조종사는 이 고도계의 오차를 줄이기 위해 정기적으로 자동 또는 수동으로 고도계 수정을 하게 된다.

VII. RNAV의 발전 방향

현재의 RNAV의 관심은 VOR 등의 기존의 지상기반 항행안전시설을 사용 하던 RNAV 항법에서 전 세계적인 위성항행시스템(CNS/ATM)으로의 전환에 따른 GNSS/GPS를 사용하는 RNAV로 옮겨가고 있다. 또한 지역적인 RVSM(Required Vertical Separation Minimum)의 시행과 GNSS의 정밀도 및 정확도 등에서의 가시적인 성과와 이의 점진적인 이행으로 RNP(Required Navigation Performance) 단축이 가능해 질 것으로 예상됨에 따라 GNSS를 이용한 항로상의 항법 및 계기접근 시 비정밀접근 및 CAT I, II, III 기준에 준하

는 정밀접근의 구현에 집중되어 지고 있다. 또한 VNAV도 GNSS 및 이에 대한 보정시스템의 발전으로 GNSS에서 제공하는 고도정보를 받아 더 정확한 VNAV를 실현 할 수 있게 될 것이다.

우리나라의 항로는 대부분 군 훈련공역들 사이에 위치하고 있으며 이러한 형상은 지속적으로 증가하고 있는 항공운송에 많은 걸림돌이 되고 있는 상황이다. 현재 우리나라에서 시행하고 있는 RNAV는 인천과 김포공항의 일부 SID(NOPIK 1S, MALPA 1A, NOPIK 1A, MARPA 1W, MALPA 1W)와 일부 STAR(NOPIK 1A, KARBU 1S, BULLS 1T, NUMDA 1T, MALPA 1A, NUMDA 2W, NUMDA 2E) 등에만 적용되고 있으며 아직 항로비행에는 적용되고 있지 않고 있다. 이에 우리나라 공역의 효과적인 공역운영 및 관리를 위하여 새로운 개념의 공역관리 및 설계가 필요하며 기존에 설치되어있는 VOR/DME를 근간으로 하는 RNAV 항공로의 개발 및 국제적 추세인 New CNS/ATM 기술을 이용한 RNAV 항로 및 접근절차 등의 활성화에 지속적인 연구개발이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) FAA Order FO 8200.1.c200 Section 209, "Area Navigation(RNAV)", 2000.7
- 2) FAA Advisory Circular AC 20-129, "Airworthiness Approval of Vertical Navigation (VNAV) Systems for use in the U.S. National Airspace System(NAS) and Alaska", 1988.9
- 3) ICAO CIRCULAR 267-AN/159, "Guidance for the introduction and operational use of the global navigation satellite system(GNSS)", 1997
- 4) FAA Advisory Circular AC 91-92, "Long-Range Navigation", 1994.9
- 5) FAA Advisory Circular AC 90-92, "Guidelines for the Operational Use of Loran-C Navigation Systems Outside the U.S. National Airspace System(NAS)", 1993.2
- 6) FAA Order FO 8260.48.c3 Section 3, "Lateral Navigation", 1999.4
- 7) <http://www.allstar.fiu.edu/aero/RNAV.htm>
- 8) <http://loran9930.go.kr>