

발 간 등 록 번 호

11-1613000-003210-01



관제사 & 운항관리사 표준교재<개정판>  
Standard Air Traffic Controller & Flight Dispatcher's Handbook

# 항행안전시설

## Air Navigation Aids



국토교통부





관제사 & 운항관리사 표준교재<개정판>  
Standard Air Traffic Controller & Flight Dispatcher's Handbook

# 항행안전시설

## Air Navigation Aids



국토교통부

## 표준교재 이용 및 저작권 안내




### 표준교재의 목적

본 표준교재는 체계적인 글로벌 항공종사자 인력양성을 위해 개발되었으며 현장에서 항공안전 확보를 위해 노력하는 항공종사자가 알아야 할 기본적인 지식을 집대성하였습니다.

### 표준교재의 저작권

이 표준교재는 「저작권법」 제24조의2에 따른 국토교통부의 공공저작물로서 별도의 이용허락 없이 자유이용이 가능합니다.

다만, 이 표준교재는 “공공저작물 자유이용허락 표시 기준(공공누리, KOGL) 제3유형  ”에 따라 공개하고 있으므로 다음 사항을 준수하여야 합니다.

1. 공공누리 이용약관의 준수 : 본 저작물은 공공누리가 적용된 공공저작물에 해당하므로 공공누리 이용약관([www.kogl.or.kr](http://www.kogl.or.kr))을 준수하여야 합니다.
2. 출처의 명시 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 「저작권법」 제37조 및 공공누리 이용조건에 따라 반드시 출처를 명시하여야 합니다.
3. 본질적 내용 등의 변경금지 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 저작물을 변형하거나 2차적 저작물을 작성할 경우 저작권권을 침해할 수 있는 본질적인 내용의 변경 또는 저작자의 명예를 훼손하여서는 아니 됩니다.
4. 제3자의 권리 침해 및 부정한 목적 사용금지 : 본 저작물을 이용하려는 사람은 본 저작물을 이용함에 있어 제3자의 권리를 침해하거나 불법행위 등 부정한 목적으로 사용해서는 아니 됩니다.



## 표준교재의 이용 및 주의사항

이 표준교재는 「항공안전법」 제34조에 따른 항공종사자에게 필요한 기본적인 지식을 모아 제시한 것이며, 항공종사자를 양성하는 전문교육기관 등에서는 이 표준교재에 포함된 내용 이상을 해당 교육과정에 반영하여 활용할 수 있습니다.

또한, 이 표준교재는 「저작권법」 및 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따른 공공 저작물 또는 공공데이터에 해당하므로 관련 규정에서 정한 범위에서 누구나 자유롭게 이용이 가능합니다.

그리고 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따라 이 표준교재를 발행한 국토교통부는 표준교재의 품질, 이용하는 사람 또는 제3자에게 발생한 손해에 대하여 민사상·형사상의 책임을 지지 아니합니다.

## 표준교재의 정정 신고

이 표준교재를 이용하면서 다음과 같은 수정이 필요한 사항이 발견된 경우에는 항공교육훈련포털 ([www.kaa.atims.kr](http://www.kaa.atims.kr))로 신고하여 주시기 바랍니다.

- 항공법규 등 관련 규정의 개정으로 내용 수정이 필요한 경우
- 기술된 내용이 보편타당하지 않거나, 객관적인 사실과 다른 경우
- 오타자 및 앞뒤 문맥이 맞지 않아 내용과 의미 전달이 곤란한 경우
- 관련 삽화 등이 누락되거나 추가적인 설명이 필요한 경우

※ 주의 : 표준교재 내용에는 오류, 누락 및 관련 규정 미반영 사항 등이 있을 수 있으므로 의심이 가는 부분은 반드시 정확성 여부를 확인하시기 바랍니다.



# 목/차

<b>1장</b>	<b>항행안전시설</b>	<b>2</b>
1.1	항행안전시설 개요 .....	2
1.2	항행안전무선시설의 종류 .....	4
1.3	항공정보통신시설의 종류 .....	29
1.4	항공등화의 종류 .....	48
1.5	차세대 항행안전시설의 이해 .....	64
<b>2장</b>	<b>항공지도</b>	<b>86</b>
2.1	지구 .....	86
2.2	항공지도 일반 .....	89
<b>3장</b>	<b>공중항법</b>	<b>122</b>
3.1	공중항법의 개념 .....	122
3.2	공중항법의 종류 .....	146
3.3	항법용 계측기의 원리와 사용 .....	202
<b>부록</b>		<b>231</b>
부록 1.	관제, 이·착륙용 항행안전무선시설 현황 .....	232
부록 2.	항행안전무선시설 현황(항공로 시설) .....	233
부록 3.	항공감시 레이더시설 현황 .....	233
부록 4.	항공교통관제시스템 현황 .....	234
부록 5.	항공정보통신시설 현황 .....	235



# 1장 ▶▶ 항행안전시설

- 1.1 항행안전시설 개요
- 1.2 항공등화의 종류
- 1.3 항행안전무선시설의 종류
- 1.4 항공정보통신시설의 종류
- 1.5 차세대 항행안전시설의 이해

# 1 장 항행안전시설

## 1.1 항행안전시설 개요

### 1.1.1 항행안전시설의 개념

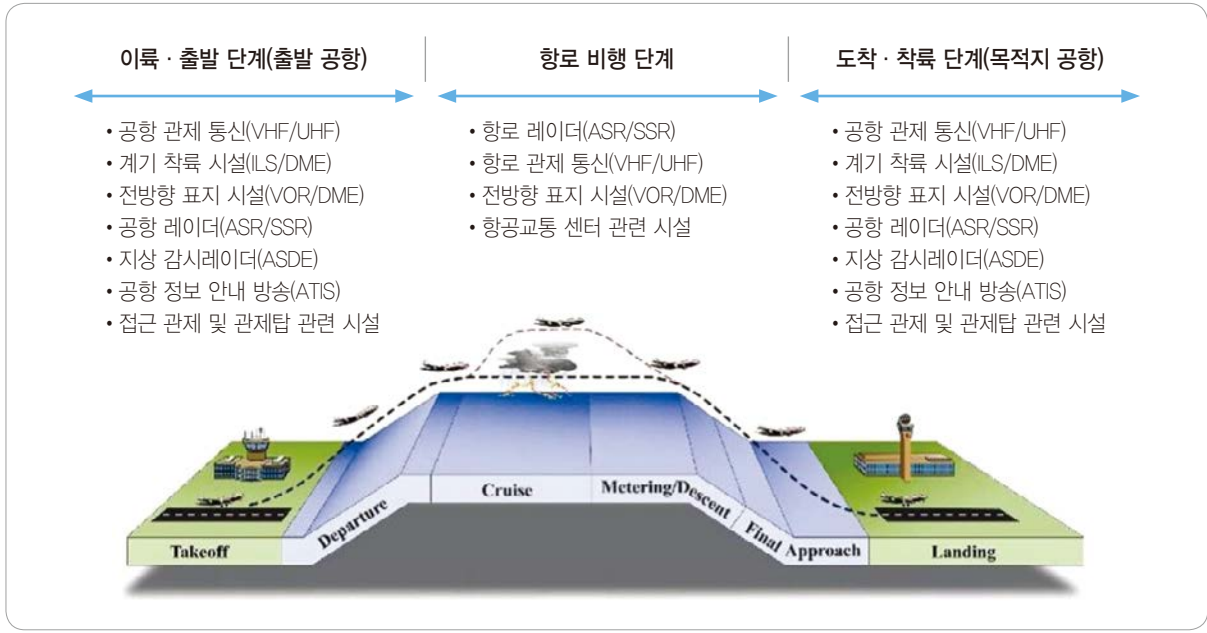
#### 1.1.1.1 항행안전시설의 법적 의미

(1) 우리나라 항공안전법 제2조 제24호에 의하면 '항행안전시설'이란 「공항시설법」 제2조 제15호에 따른 항행안전시설을 말한다.  
 공항시설법 제2조 제15호에서 '유선통신, 무선통신, 인공위성, 불빛, 색채 또는 전파(電波)를 이용하여 항공기의 항행을 지원하기 위한 시설

로서 국토교통부령으로 정하는 시설을 말한다.' 라고 정의하고 있다.

(2) 공항시설법 시행규칙 제5조에서는 법 제2조 제15호에서 '국토교통부령으로 정하는 시설'이란 항공등화, 항행안전무선시설 및 항공정보통신시설을 말한다.

(3) 이와 같이 항행안전시설은 크게 항행안전무선시설(전파를 이용하여 항공기의 항행을 지원하기 위한 시설)과 항공정보통신시설(전기통신을 이용하여 항공교통업무에 필요한 정보를 제공·교환하기 위한 시설) 및 항공등화시설(불



[그림 1-1] 운항 단계별 항행안전시설의 이용



빛, 색채 또는 형상을 이용하여 항공기 항행을 지원하기 위한 시설)로 구분한다.

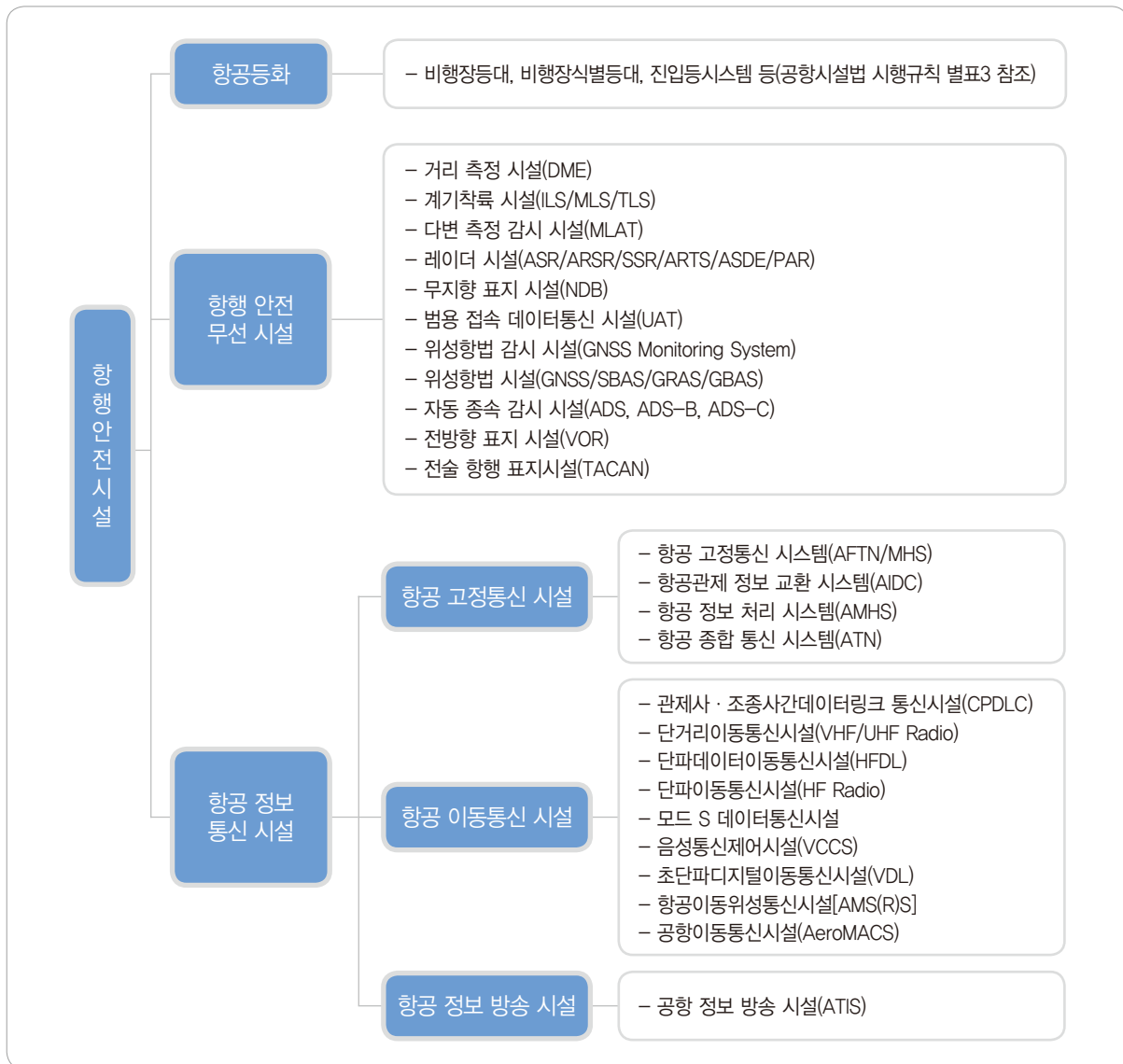
공항 접근 및 이·착륙 시 항행 지원에 필수적인 시설들로서 각 운항 단계별로 이용하는 시설은 [그림 1-1]과 같다.

1.1.1.2 항행안전시설의 구분

항행안전시설은 항공기의 운항 즉 항공로 비행,

1.1.2 항행안전시설의 종류

[표 1-1] 항행안전시설의 종류



※ 출처 : 공항시설법 시행규칙 제5조, 제6조, 제7조, 제8조

## 1.2 항공등화의 종류

### 1.2.1 항공등화의 정의

- (1) 비행장 등대(Aerodrome Beacon): 항행 중인 항공기에 공항·비행장의 위치를 알려 주기 위해 공항·비행장 또는 그 주변에 설치하는 등화
- (2) 비행장 식별 등대(Aerodrome Identification Beacon): 항행 중인 항공기에 공항·비행장의 위치를 알려 주기 위해 모스부호에 따라 켜지고 꺼지는 등화
- (3) 진입등 시스템(Approach Lighting Systems): 착륙하려는 항공기에 진입로를 알려 주기 위해 진입 구역에 설치하는 등화
- (4) 진입각 지시등(Precision Approach Path Indicator): 착륙하려는 항공기에 착륙 시 진입각의 적정 여부를 알려 주기 위해 활주로의 외측에 설치하는 등화
- (5) 활주로등(Runway Edge Lights): 이륙 또는 착륙하려는 항공기에 활주로를 알려 주기 위해 그 활주로 양측에 설치하는 등화
- (6) 활주로 시단등(Runway Threshold Lights): 이륙 또는 착륙하려는 항공기에 활주로의 시단을 알려 주기 위해 활주로의 양 시단(始端)에 설치하는 등화
- (7) 활주로 시단 연장등(Runway Threshold Wing Bar Lights): 활주로 시단 등의 기능을 보조하기 위해 활주로 시단 부분에 설치하는 등화
- (8) 활주로 중심선등(Runway Center Line Lights): 이륙 또는 착륙하려는 항공기에 활주로의 중심선을 알려 주기 위해 그 중심선에 설치하는 등화
- (9) 접지 구역등(Touchdown Zone Lights): 착륙하고자 하려는 항공기에 접지 구역을 알려 주기 위해 접지 구역에 설치하는 등화
- (10) 활주로 거리등(Runway Distance Marker Sign): 활주로를 주행 중인 항공기에 전방의 활주로 종단(終端)까지의 남은 거리를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (11) 활주로 종단등(Runway End Lights): 이륙 또는 착륙하려는 항공기에 활주로의 종단을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (12) 활주로 시단 식별등(Runway Threshold Identification Lights): 착륙하려는 항공기에 활주로 시단의 위치를 알려 주기 위해 활주로 시단의 양쪽에 설치하는 등화
- (13) 선회등(Circling Guidance Lights): 체공 선회 중인 항공기가 기존의 진입등 시스템과 활주로등만으로는 활주로 또는 진입 지역을 충분히 식별하지 못하는 경우에, 선회비행을 안내하기 위해 활주로의 외측에 설치하는 등화
- (14) 유도로등(Taxiway Edge Lights): 지상 주행 중인 항공기에 유도로·대기 지역 또는 계류장 등의 가장자리를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (15) 유도로 중심선등(Taxiway Center Line Lights): 지상 주행 중인 항공기에 유도로의 중심·활주로 또는 계류장의 출입 경로를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (16) 활주로 유도등(Runway Leading Lighting Systems): 활주로의 진입 경로를 알려 주기 위해 진입로를 따라 집단으로 설치하는 등화
- (17) 일시 정지 위치등(Intermediate Holding Position Lights): 지상 주행 중인 항공기에

- 일시 정지해야 하는 위치를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (18) 정지선등(Stop Bar Lights): 유도 정지 위치를 표시하기 위해 유도로의 교차 부분 또는 활주로 진입 정지 위치에 설치하는 등화
- (19) 활주로 경계등(Runway Guard Lights): 활주로에 진입하기 전에 멈추어야 할 위치를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (20) 풍향등(Illuminated Wind Direction Indicator): 항공기에 풍향을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (21) 지향 신호등(Signalling Lamp, Light Gun): 항공교통의 안전을 위해 항공기 등에 필요한 신호를 보내기 위해 사용하는 등화
- (22) 착륙 방향 지시등(Landing Direction Indicator): 착륙하려는 항공기에 착륙의 방향을 알려 주기 위해 T자형 또는 4면체형의 물건에 설치하는 등화
- (23) 도로 정지 위치등(Road-holding Position Lights): 활주로에 연결된 도로의 정지 위치에 설치하는 등화
- (24) 정지로등(Stop Way Lights): 항공기를 정지시킬 수 있는 지역의 정지로에 설치하는 등화
- (25) 금지 구역등(Unserviceability Lights): 항공기에 비행장 안의 사용 금지 구역을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (26) 활주로 회전 패드등(Runway Turn Pad Lights): 활주로 회전 패드에서 항공기가 180도 회전하는 데 도움을 주기 위하여 설치하는 등화
- (27) 항공기 주기장 식별 표지등(Aircraft Stand Identification Sign): 주기장(駐機場)으로 진입하는 항공기에 주기장을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (28) 항공기 주기장 안내등(Aircraft Stand Maneuvering Guidance Lights): 시정(視程)이 나쁠 경우, 주기 위치 또는 제빙(除氷)·방빙 시설(防氷施設)을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (29) 계류장 조명등(Apron Floodlighting): 야간에 작업을 할 수 있도록 계류장에 설치하는 등화
- (30) 시각 주기 유도 시스템(Visual Docking Guidance System): 항공기에 정확한 주기 위치를 안내하기 위해 주기장에 설치하는 등화
- (31) 유도로 안내등(Taxiway Guidance Sign): 지상 주행 중인 항공기에 목적지, 경로 및 분기점을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (32) 제빙·방빙 시설 출구등(De/Anti-Icing Facility Exit Lights): 유도로에 인접해 있는 제빙·방빙 시설을 알려 주기 위해 출구에 설치하는 등화
- (33) 비상용 등화(Emergency Lighting): 항공등의 고장 또는 정전에 대비하여 갖춰 두는 이동형 비상 등화
- (34) 헬기장 등대(Heliport Beacon): 항행 중인 헬기에 헬기장의 위치를 알려 주기 위해 헬기장 또는 그 주변에 설치하는 등화
- (35) 헬기장 진입등 시스템(Heliport Approach Lighting System): 착륙하려는 헬기에 그 진입로를 알려 주기 위해 진입 구역에 설치하는 등화
- (36) 헬기장 진입각 지시등(Heliport Approach Path Indicator): 착륙하려는 헬기에 착륙할 때의 진입각의 적정 여부를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (37) 시각 정렬 안내등(Visual Alignment Guidance

- System): 헬기장으로 진입하는 헬기에 적절한 진입 방향을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (38) 진입 구역등(Final Approach & Take-off Area Lights): 헬기장의 진입 구역 및 이륙 구역의 경계 윤곽을 알려 주기 위해 진입 구역 및 이륙 구역에 설치하는 등화
- (39) 목표 지점등(Aiming Point Lights): 헬기장의 목표 지점을 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (40) 착륙 구역등(Touchdown & Lift-off Area Lighting System): 착륙 구역을 조명하기 위해 설치하는 등화
- (41) 견인 지역 조명등(Winching Area Floodlighting): 야간에 사용하는 견인 지역을 조명하기 위해 설치하는 등화
- (42) 장애물 조명등(Floodlighting of Obstacles): 헬기장 지역의 장애물에 장애등을 설치하기가 곤란한 경우, 장애물을 표시하기 위해 설치하는 등화
- (43) 간이 접지 구역등(Simple Touchdown Zone Lights): 착륙하려는 항공기에 복행을 시작해도 되는지를 알려 주기 위해 설치하는 등화
- (44) 진입 금지선등(No-entry Bar): 교통수단이 부주의로 인하여 탈출 전용 유도로용 유도로에 진입하는 것을 예방하기 위해 설치하는 등화
- (45) 고속 탈출 유도로 지시등(Rapid Exit Taxiway Indicator lights): 활주로에서 가장 가까운 고속 탈출 유도로에 대한 정보를 제공하는 등화
- (46) 활주로 상태등(Runway Status Lights): 활주로에서 항공기와 항공기 또는 항공기와 차량과의 충돌을 예방하기 위해 설치하는 등화

### 1.2.2 설치 대상 항공등화의 종류

야간 착륙 또는 계기 착륙을 하는 비행장과 헬기장에 설치하는 항공등화의 구분은 다음과 같다.

[표 1-2] 비행장별 항공등화의 종류

항공 등화 종류	육상 비행장					수상 비행장	헬기장
	비계기 활주로	계기 활주로					
		비정밀 접근 활주로	정밀 CAT - I	정밀 CAT - II	정밀 CAT - III		
비행장 등대	0	0	0	0	0		
진입등 시스템		0	0	0	0		
진입각 지시등	0	0	0	0	0		
활주로등	0	0	0	0	0		
활주로 중단등	0	0	0	0	0		
활주로 중심선등				0	0		
접지 구역등				0	0		
활주로 중단등	0	0	0	0	0		
유도로등	0	0	0	0	0		
유도로 중심선등				0	0		
정지선등				0	0		
활주로 경계등			0				
풍향등	0	0	0	0	0	0	0
지향 신호등	0	0	0	0	0		
유도로 안내등	0	0	0	0	0		
도로 정지 위치등				0	0		
착륙 구역등							0

비고 : 1. "0"표는 해당 운용 등급에서 설치해야 하는 항공등화  
 2. 본 표에 "0"표시가 없는 항공등화 및 열거되지 않은 항공등화는 해당 비행장의 입지 조건 등을 고려하여 설치해야 한다.  
 3. \*: CAT-II 정밀 접근 활주로에서는 RVR 300미터 이상 350미터 미만 일 경우에 설치  
 \*\*: 관제탑이 있는 비행장에 설치

### 1.2.3 항공등화의 설치 기준

#### 1.2.3.1 비행장 등대(Aerodrome Beacon)

- (1) 야간에 사용하려는 비행장에는 그 비행장의 특징이나 시각 보조 시설 또는 비(非)시각 보조 시설이 비행장의 위치를 명확하게 구분할 수 있는지 여부를 고려하여, 운용상 필요한 경우에 비행장 등대 또는 식별 등대를 설치해야 한다.
- (2) 항공기가 주로 시계비행을 할 경우, 또는 시정이 자주 좋지 않거나 주변 등화나 지형 때문에 공중에서 비행장을 찾기 어려운 야간에 사용하는 비행장에는 다음과 같이 비행장 등대를 설치해야 한다.
- (3) 배경 조명이 어두운 지역의 비행장 내 또는 비행장 인근에 설치하되, 불빛이 장애물로 가려지지 않아야 하며, 조종사 및 관제사에게 눈부심을 발생시키지 않아야 한다. 불빛은 녹색과 백색의 섬광광 또는 백색 섬광이며, 1분간 섬광 횟수는 20~30회이고, 불빛은 모든 방위에서 보여야 한다.



[그림 1-2] 비행장 등대

#### 1.2.3.2 비행장 식별 등대

##### (Aerodrome Identification Beacon)

- (1) 야간에 사용하는 비행장으로서 다른 방법으로 비행장 식별이 어려운 경우에, 다음과 같이 비행장 식별 등대를 설치한다.
- (2) 비행장 식별 등대는 비행장 내 또는 인근의 배경 조명이 어두운 지역에 설치하되, 불빛이 장애물로 가려지지 않아야 하며, 조종사 및 관제사에게 눈부심을 발생시키지 않아야 한다.
- (3) 불빛은 녹색의 섬광등(수상 비행장의 경우, 황색 고정등)이며, 국제 모스부호에 따라 식별 문자가 1분간 발신 속도 6자부터 8자로 발신되어야 하고, 불빛은 모든 방위에서 보여야 한다.

#### 1.2.3.3 진입등 시스템

##### (Approach Lighting Systems)

- (1) 진입등 시스템의 설치 조건은 다음과 같다.
  - 1) 비계기 활주로와 비정밀 접근 활주로에는 간이식 진입등 시스템을 설치한다. 다만, 활주로가 양호한 시정에서만 사용되거나 다른 시각 보조 시설로 충분히 안내해 주는 경우에는 제외한다.
  - 2) CAT-I 정밀 접근 활주로에는 정밀 접근 CAT-I 진입등 시스템을, CAT-II 또는 CAT-III 정밀 접근 활주로에는 정밀 진입 CAT-II/III 진입등 시스템을 설치한다.
- (2) 카테고리 I 정밀 접근 활주로용 진입등 시스템
  - 1) 중심선 표시등(백색)
    - ① 활주로 시단으로부터 900m 거리까지 30m 간격으로 바렛(Barrette)을 설치한다.

2) 섬광등(백색)

- ① 주변 여건 및 시설의 특성, 기상 조건 등을 고려하여 불필요하다고 판단되는 경우 외에는 중심선 표시등의 각 바렷에 섬광등을 설치한다.
- ② 정지로 지역이 포장되어 설치하기가 어려울 경우에는 활주로 시단에서 300m 지점부터 진입 방향 중심선 표시등의 각 바렷에 섬광등을 설치할 수 있다.
- ③ 섬광등은 활주로 중심선등의 연장선상에 설치한다. 다만, 활주로 중심선등이 없는 경우

에는 활주로 중심선의 연장선상에 설치한다.

- ④ 활주로 시단 방향으로 1초당 2회씩 순차적으로 점등되어야 한다.
- 3) 횡선 표시등(백색)
  - ① 활주로 시단으로부터 300m 지점에 바렷 형태로 중심선 표시등의 중앙으로부터 좌우 양쪽으로 15m씩 총 30m 길이가 되도록 설치한다.
  - ② 바렷 내에는 8개의 등을 1.5m 간격으로 설치한다.

(3) 카테고리 II/III 정밀 접근 활주로용 진입등 시스템

1) 중심선 표시등(백색)

- ① 활주로 시단으로부터 900m 거리까지 30m 간격으로 바렷을 설치한다.

2) 측렬 표시등(적색)

- ① 활주로 시단으로부터 270m 거리까지 중심선 표시등 좌우 양쪽에 바렷 형태로 설치한다.
- ② 측렬 표시등의 종적 방향 설치 간격은 중심선 표시등과 동일하게 한다.

3) 섬광등(백색)

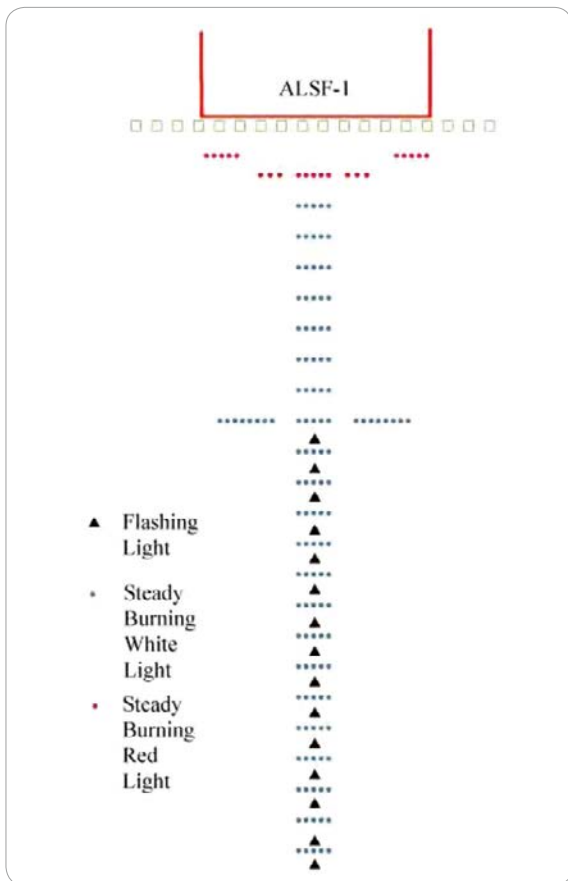
- ① 주변 여건 및 시설의 특성, 기상 조건 등을 고려하여 불필요하다고 판단되는 경우를 제외하고는 활주로 시단에서 300m 지점부터 진입 방향의 중심선 표시등의 각 바렷에 섬광등을 설치한다.

- ② 섬광등은 활주로 중심선등의 연장선상에 설치한다.

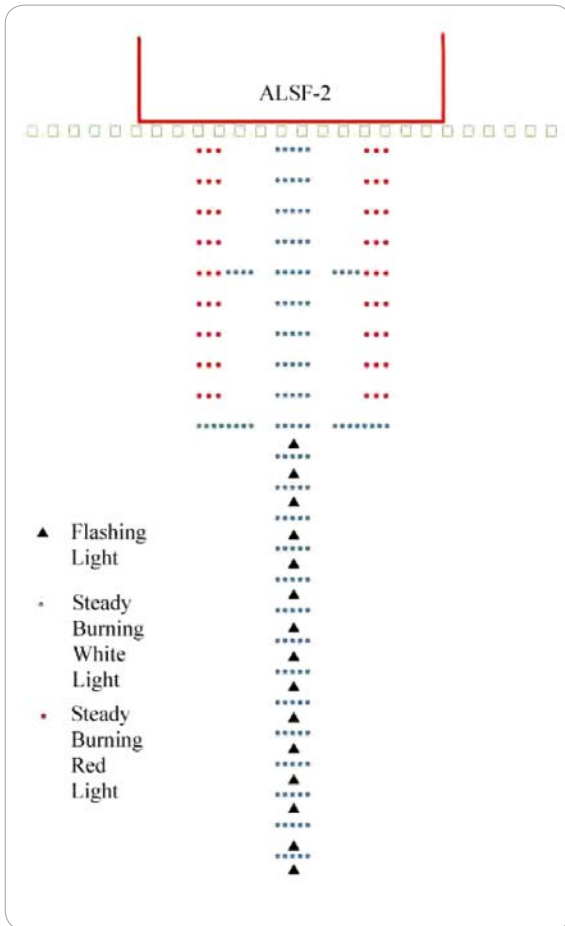
- ③ 활주로 시단 방향으로 1초당 2회씩 순차적으로 점등되어야 한다.

4) 횡선 표시등(백색)

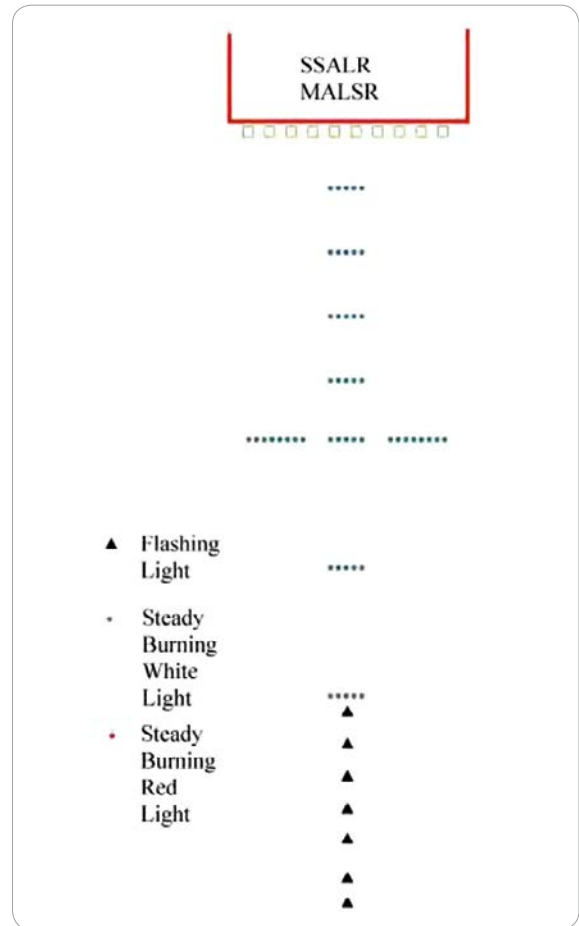
- ① 활주로 시단으로부터 150m 및 300m 지점에



[그림 1-3] 카테고리 I 정밀 접근 활주로 진입등 시스템



[그림 1-4] 카테고리 III/III 정밀 접근 활주로 진입등 시스템



[그림 1-5] 비계기 활주로 및 비정밀 접근 활주로 진입등 시스템

바렛 형태로 중심선 표시등의 중앙으로부터 좌우 양쪽에 대칭이 되도록 설치한다.

- ② 150m 지점의 횡선 표시등은 중심선 표시등과 측렬 표시등 사이에 좌우로 각각 4개의 등을 설치한다.
- ③ 300m 지점의 바렛에는 8개의 등을 설치한다.

(4) 비계기 활주로 및 비정밀 접근 활주로용 진입등 시스템

- 1) 중심선 표시등(백색)

- ① 활주로 시단으로부터 최소 420m 이상 거리까지 60m 또는 30m의 간격으로 바렛을 설치한다.

2) 횡선 표시등(백색)

- ① 활주로 시단으로부터 300m 지점에 18m, 21m 또는 30m 길이의 바렛 형태로 설치한다.
- ② 활주로 시단으로부터 420m까지 중심선 표시등을 연장하는 것이 불가능한 경우에는, 횡선 표시등을 포함할 수 있도록 300m 이상 가능한 거리까지 연장한다.





의 등 장치는 적색, 먼 2개는 백색(간이형은 각 1개)

- ② 정상 진입각보다 약간 높을 때, 활주로에 가까운 1개의 등 장치는 적색, 나머지 3개는 백색(간이형은 모든 등 장치가 백색)
- ③ 정상 진입각보다 더 높을 때는 모든 등 장치가 백색
- ④ 정상 진입각보다 약간 낮을 때, 활주로에 가까운 3개의 등 장치는 적색, 나머지 1개는 백색(간이형은 모든 등 장치가 적색)
- ⑤ 정상 진입각보다 더 낮을 때, 모든 등 장치가 적색

이루도록 배치하되, 그 평행선이 활주로 중심선으로부터 같은 거리에 위치해야 한다.

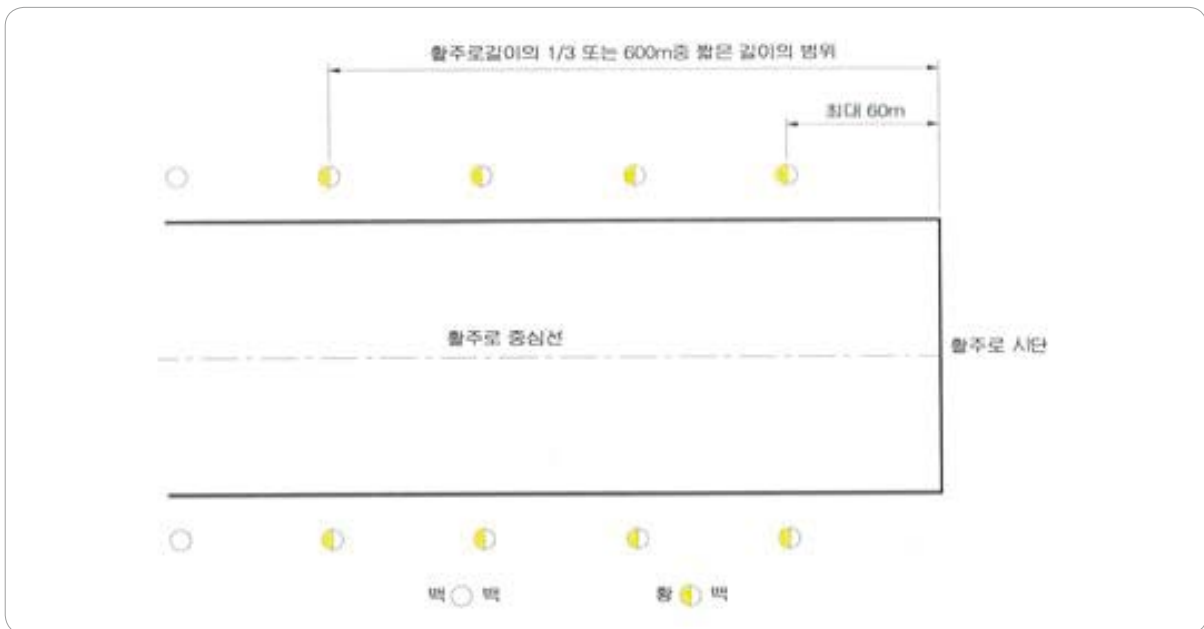
- (3) 활주로 가장자리에서 바깥쪽으로 3미터 이내에 설치해야 한다.
- (4) 서로 마주 보는 활주로등은 활주로 축과 직각을 이루는 선상에 배치되어야 한다.
- (5) 등 간격은 최대 60미터(단, 비계기 활주로의 경우, 최대 100미터)
- (6) 활주로의 마지막 600미터 또는 활주로 총 길이의 3분의 1 중 짧은 구간의 활주로등은 활주로 종단으로 진행하는 방향에서 보았을 때 황색이 보이도록 설치한다.

1.2.3.5 활주로등(Runway Edge Lights)

- (1) 모든 활주로에는 활주로등을 설치해야 한다.
- (2) 활주로 전 구간에 걸쳐 양 가장자리에 평행을

1.2.3.6 활주로 시단등(Runway Threshold Lights)

- (1) 모든 활주로에는 활주로 시단등을 설치해야 한다.



[그림 1-8] 활주로등 황/백색등 교대 설치 구간

- (2) 불빛은 활주로 바깥 방향으로 녹색이다.
- (3) 활주로 시단이 중단과 일치하는 경우, 활주로 시단(활주로 시단이 이설된 경우에는 이설 시단을 말한다)에서 바깥으로 3미터 이내에 활주로 중심선과 직각이 되도록 설치한다.
- (4) 비계기 활주로 및 비정밀 접근 활주로의 경우, 다음 방법 중 어느 하나에 따라 배열한다.
  - 1) 활주로 등렬을 기준으로 그 사이에 최소 6개의 등을 동일한 간격으로 배치한다.
  - 2) 활주로 중심선을 대칭으로 2개의 그룹 등화로 배치하고, 각 그룹의 등화는 간격이 동일한 3개 이상의 등으로 구성하며, 그룹 간의 간격은 접지 구역 표지(접지 구역등이 있는 경우에는 접지 구역등을 말한다) 간격과 동일하거나 활주로 등렬 간격의 2분의 1을 넘지 않도록 한다.
- (5) CAT-I 정밀 접근 활주로의 경우, 다음 방법 중 어느 하나에 따라 배열한다.
  - 1) 활주로 등렬을 기준으로 그 사이에 3미터의 동일한 간격으로 배치한다.
  - 2) 활주로 중심선을 대칭으로 2개의 그룹 등화

로 배치하고, 각 그룹의 등화는 간격이 동일한 3개 이상의 등으로 구성하며, 그룹 간의 간격은 접지 구역 표지(접지 구역등이 있는 경우에는 접지 구역등을 말한다) 간격과 동일하게 하거나 활주로 등렬 간격의 2분의 1을 넘지 않도록 한다.

- (6) CAT- II · III 정밀 접근 활주로의 경우, 활주로 등렬을 기준으로 그사이를 3미터 이내의 동일한 간격으로 배치한다.

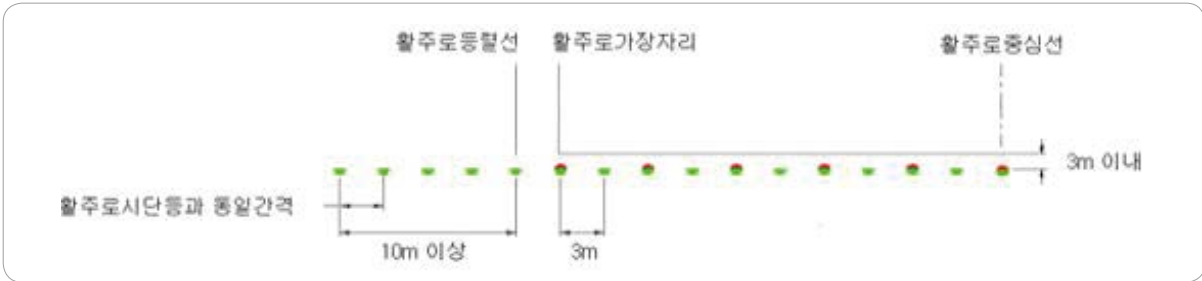
### 1.2.3.7 활주로 시단 연장등

#### (Runway Threshold Wing Bar Lights)

- (1) 활주로 시단 연장등은 정밀 접근 활주로에서 활주로 시단이 더 잘 보이도록 할 경우, 비계기 활주로 또는 비정밀접근활주로에서 시단이 이설되어 시단등이 필요하지만 시단등이 없는 경우에 설치한다.
- (2) 활주로 중심선을 대칭축으로 하여 활주로 시단 연장선에 2개의 집단으로 설치한다.
- (3) 각 집단은 활주로등의 등렬과 활주로 시단등의 등렬과의 교점에서 시작하여, 바깥쪽으로 적어도 10미터까지 5개 이상의 등을 활주로 시단등과 같은 간격으로 설치하며, 각 집단의 가장 안쪽 등은 활주로 등렬 선에 맞추어 설치한다.
- (4) 활주로 진입 방향에서 녹색으로 보이는 단방향 고정등이어야 하며, 등화의 광도 및 빔 확산은 사용하려는 활주로의 시정 및 주변 등화의 조건에 적합해야 한다.



[그림 1-9] 활주로 시단등



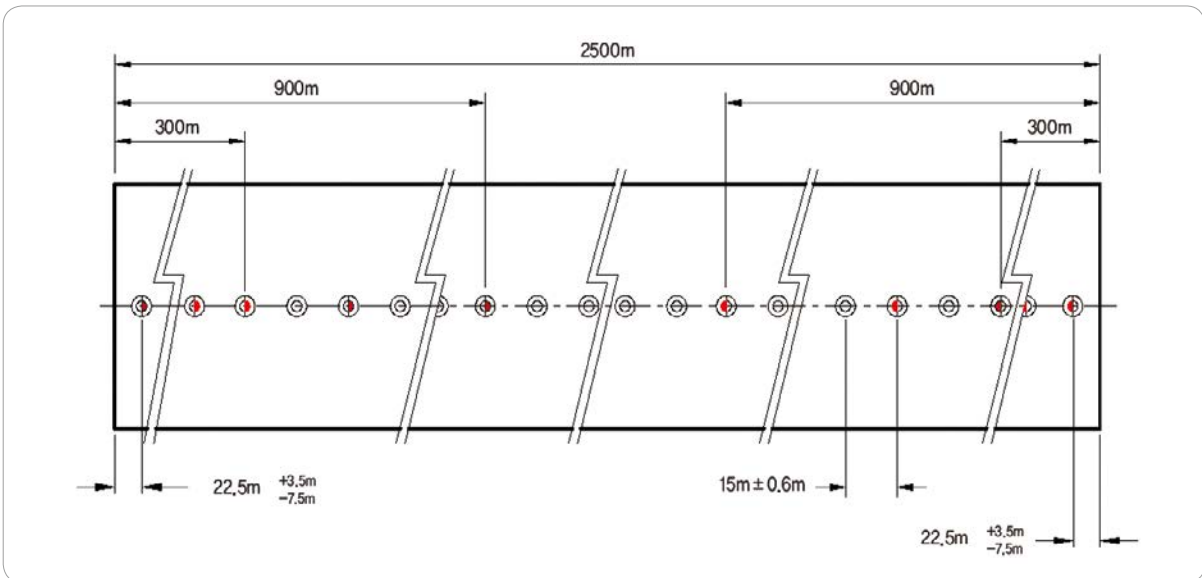
[그림 1-10] 활주로 시단등 및 활주로 시단 연장등

1.2.3.8 활주로 중심선등

(Runway Center Line Lights)

- (1) CAT-Ⅱ 및 CAT-Ⅲ 정밀 접근 활주소에 설치할 것. 다만, CAT-Ⅰ 정밀 접근 활주로나도 속도가 빠른 항공기가 이용하거나, 활주로등 등렬 사이의 폭이 50미터 이상인 경우에는 필요에 따라 설치할 수 있다.
- (2) 활주로 가지 범위가 400미터 미만이고, 이륙 시 이용되는 활주소에 설치할 것. 다만, 활주

- 로 가지 범위가 400미터 이상이고, 이륙 시 이용되는 활주로나도 이륙 속도가 빠른 항공기가 이용하거나, 활주로 등렬 사이의 폭이 50미터 이상인 경우에는 필요에 따라 설치할 수 있다.
- (3) 활주로 중심선등의 위치 및 배열 방법
  - 1) 활주로 중심선을 따라 활주로 시단에서 다른 시단까지 설치한다.
  - 2) 활주로 중심선 위에 설치하기가 곤란한 경우, 활주로 중심선 좌·우 60센티미터 이내 범위



[그림 1-11] 활주로 길이가 2,500m일 경우의 활주로 중심선등 색상 배열

에서 한쪽으로 설치한다.

- 3) 활주로 시단에서 종단까지 15미터 간격으로 배치할 것. 단, 활주로 가시 범위가 350미터 이상인 경우에는 30미터 간격으로 배치한다.

(4) 활주로 중심선등의 특성

- 1) 활주로 길이가 1,800미터 이상인 경우, 불빛의 특성은 다음 각 목과 같다.

- ① 활주로 종단으로부터 활주로 방향으로 300미터 지점까지는 진입 방향에서 볼 때 적색
- ② 활주로 종단으로부터 300미터에서 900미터 사이는 진입 방향에서 볼 때 적색과 가변 백색등이 교대로 설치
- ③ 활주로 종단으로부터 900미터 이후는 진입 방향에서 볼 때 가변 백색

- 2) 활주로 길이가 1,800미터 미만인 경우에는 활주로 종단에서 활주로 방향으로 300미터 지점으로부터 활주로 중간 지점까지 적색과 가변 백색등을 교대로 설치한다.

1.2.3.9 접지 구역등(Touchdown Zone Lights)

- (1) 접지 구역등은 CAT-II 및 CAT-III 정밀 접근 활주로의 접지 구역에 설치해야 한다. 다만, CAT-I 정밀 접근 활주로도 활주로 중심선등이 설치된 경우에는 설치한다.

(2) 접지 구역등의 위치 및 배열 방법

- 1) 활주로 시단에서 활주로 방향으로 900미터까지 바렛 형태로 설치한다.
- 2) 활주로 길이가 1,800미터 이하인 곳에서는 활주로 중간 지점까지 설치한다.
- 3) 등 간격은 30미터 또는 60미터로 할 것. 다만, CAT-I 정밀 접근 활주수에 설치된 경

우에는 등 간격을 60미터로 한다.

- 4) 바렛의 가장 내측의 등 간격은 접지 구역 표지 사이 간격과 같게 한다.

- 5) 바렛 형태로 활주로 중심선을 중심으로 양옆에 대칭으로 배치한다.

(3) 접지 구역등의 특성

- 1) 불빛은 가변백색의 고정된 단방향등
- 2) 바렛 길이는 3미터부터 4.5미터까지로, 1.5미터의 등 간격으로 3개의 등 또는 4개의 등으로 구성한다.

1.2.3.10 활주로 거리등

(Runway Distance Marker Sign)

- (1) 활주로 거리등은 이륙·착륙하는 항공기 조종사에게 활주로의 잔여 거리를 알려 줄 필요가 있는 경우에 설치한다.

(2) 활주로 거리등의 위치 및 배열 방법.

- 1) 활주로 길이 방향으로 설치하며, 시단에서 활주로 쪽으로 300미터 지점마다 설치할 것

(3) 활주로 거리등의 특성

- 1) 불빛은 검은색 배경에 백색의 고정등



[그림 1-12] 활주로 거리등

- 2) 불빛이 조종사의 눈부심을 유발시키지 않아야 하며, 다른 등화의 기능을 저해하지 않을 것

### 1.2.3.11 활주로 종단등(Runway End Lights)

- (1) 모든 활주로에는 활주로 종단등을 설치해야 한다.
- (2) 활주로 종단등은 활주로 종단에서 바깥으로 3미터 이내에 활주로 중심선과 직각이 되도록 설치한다.
- (3) 활주로 시단과 종단이 일치하는 경우에는 활주로 시단등과 활주로 종단등을 겸하여 설치할 수 있다.
- (4) 활주로 방향에서 적색으로 보이는 단방향 고정등이어야 하며, 등화의 광도 및 빔 확산은 사용하려는 활주로의 시정 및 주변 등화의 조건에 적합해야 한다.



[그림 1-13] 활주로 종단등

### 1.2.3.12 활주로 시단 식별등

(Runway Threshold Identification Lights)

- (1) 활주로 시단 식별등은 활주로 시단이 임시 또는 영구적으로 이설되거나, 주변 여건 등으로

활주로 시단 식별이 어려운 경우, 진입등 시스템이 없는 경우, 비계기 활주로 및 비정밀 접근 활주로에 설치되어 있는 진입등 시스템의 총 길이가 420미터 미만인 경우에 설치한다.

- (2) 활주로 시단 식별등은 활주로 시단 연장선에 설치한다.
- (3) 활주로 시단 식별등의 특성
  - 1) 불빛은 백색 섬광등
  - 2) 1분간의 섬광 주기는 60~120회
  - 3) 불빛은 활주로 진입 방향에서만 보여야 하며, 선회 안내를 제공하는 때는 모든 방향에서 보여야 한다.

### 1.2.3.13 활주로 선회등(Circling Guidance Lights)

- (1) 선회등은 활주로에 진입하기 위하여 선회하는 항공기가 기존의 진입등 시스템과 활주로등만으로는 활주로 또는 진입 지역을 충분히 식별하지 못하는 경우에 설치해야 한다.
- (2) 선회등은 다음과 같이 설치한다.
  - 1) 활주로 가장자리로부터 약 40미터 떨어진 지점에서 활주로 시단으로부터 활주로를 따라서 약 150미터 간격으로 설치하고, 활주로 시단으로부터 활주로 바깥 방향으로 시단의 연장선상에 약 30미터 간격으로 설치한다.
  - 2) 설치해야 하는 등화의 수는 선회 안내 기능을 제공할 수 있도록 결정한다.
- (3) 선회등의 특성
  - 1) 불빛은 백색 섬광등 또는 백색 고정 등(또는 가스방전등)으로 한다.
  - 2) 등 기구는 항공기와 접촉 시 항공기에 손상을 주지 않는 것이어야 한다.

- 3) 항공기 이륙·착륙 시 또는 주행 시, 조종사에게 눈부심이나 혼란을 주지 않도록 설계하고 설치한다.

#### 1.2.3.14 항행 안유도로등(Taxiway Edge Lights)

##### (1) 유도로등의 설치 조건

- 1) 야간에 사용하려는 활주로 회전 패드, 대기 지역, 제빙·방빙 시설, 계류장 및 그 밖의 지역에 설치해야 한다.
- 2) 야간에 사용하는 유도로에 유도로 중심선등이 없는 경우에 설치해야 한다.
- 3) 직선 구간에서 유도로 중심선등이 설치된 경우에는 유도로등을 설치하지 않고 표시물로 대체할 수 있다.
- 4) 유도로 중심선등이 없는 활주로에서 야간에 지상 활주가 목적이거나, 표준 유도 경로의 일부분을 형성하는 활주로에 설치해야 한다.

##### (2) 유도로등의 위치 및 배열 방법

- 1) 활주로 회전 패드, 대기 지역, 제빙·방빙 시설, 계류장 및 그 밖의 지역의 가장자리에서 바깥으로 3미터 이내에 설치한다.
- 2) 유도로의 직선 부분과 표준 유도 경로의 일부인 활주로에 설치하는 유도로등은 60미터 이하의 일정한 간격으로 설치할 것. 유도로의 곡선 부분에 설치하는 유도로등은 곡선이 명확하게 표시되도록 60미터 미만의 간격으로 설치해야 한다.
- 3) 활주로 회전패드에 설치하는 유도로등은 30미터 이하의 중 간격으로 일정하게 설치해야 한다.

##### (3) 유도로등의 특성



[그림 1-14] 유도로등

- 1) 불빛은 청색 고정등

#### 1.2.3.15 유도로 중심선등

##### (Taxiway Center Line Lights)

- (1) 정밀 진입 활주로 CAT-Ⅱ에서 사용하는 유도로에 설치하며, CAT-Ⅲ에서는 유도로 및 계류장에 설치한다.

##### (2) 유도로 중심선등의 위치 및 배열 방법

- 1) 유도로 중심선 표지에 우선 설치할 것. 다만, 곤란한 경우에는 유도로 중심선에서 좌·우 30센티미터 이내에서 한쪽 방향으로 설치, 직선 구간에서는 15미터 또는 30미터 이하의 간격으로 설치 곡선 부분은 직선부와 연속하여 곡선부 외측 가장자리에서 일정한 거리를 두고 배열한다.

##### (3) 고속 탈출 유도로 유도로 중심선등

- 1) 활주로에 유도로 중심선의 곡선 부분이 시작하는 지점부터 최소 60미터 전방부터 시작하여 유도로상의 곡선부가 끝나는 지점 이후까지 설치한다.

##### (4) 유도로 중심선등의 특성



[그림 1-15] 유도로 중심선등

1) 유도로 중심선등

- ① 불빛은 녹색 고정등
  - ② 양방향에서 사용하는 유도로 중심선등은 양방향에서 보이도록 해야 한다.
- 2) 탈출 유도로의 유도로 중심선등
- ① 계기 착륙 시설(ILS)의 임계/민감 지역, 또는 내부 전이 표면의 시작 지점 중 활주로로부터 더 먼 지점까지 설치하는 유도로 중심선등은 활주로 중심선에 가까운 등 기구부터 녹색과 황색을 교대로 설치하며, 그 이후부터는 녹색이 보이도록 설치해야 한다.

1.2.3.16 활주로 유도등

(Runway Leading Lighting Systems)

- (1) 활주로 유도등은 위험 지역을 피하기 위해 또는 소음 경감을 위해, 특정한 진입 경로를 따라 시각적인 안내를 할 필요가 있는 곳에 설치한다.
- (2) 활주로 유도등의 위치 및 배열 방법
  - 1) 각 등화 그룹은 3개 이상의 등의 선형 또는 군 배열 섬광등으로 해야 한다.
  - 2) 활주로 유도등은 관련 당국에 의해 진입등 시

스템이 설치되어 있다면 진입등 시스템 설치 지점까지, 또는 활주로, 활주로 조명 시설이 보이는 지점까지 설치한다.

- 3) 일반적으로 900미터 간격으로 설치하며, 최대 간격은 1,600미터 이내로 설치한다.
  - 4) 진입등 시스템이 없을 경우에는 활주로 시단부터 300미터 지점에도 설치한다.
- (3) 활주로 유도등의 특성
- 1) 불빛은 백색의 섬광등
  - 2) 1분간 섬광 횟수는 60회로 하며, 활주로를 향해 순차적으로 섬광
  - 3) 필요시 백색 고정등을 사용

1.2.3.17 일시 정지 위치등

(Intermediate Holding Position Lights)

- (1) 일시 정지 위치등의 설치 조건
  - 1) 활주로 가시 범위가 350미터 미만인 경우에 일시 정지시켜야 할 필요가 있는 위치에 설치한다.
  - 2) 일시 정지 위치등은 정지 위치 표지로부터 0.3미터 떨어진 위치에 정지 위치 표지를 따라 설치한다.



[그림 1-16] 일시 정지 위치등

(3) 일시 정지 위치등의 특성

- 1) 불빛은 진입 방향에서 황색으로 보이는 3개 이상의 단방향 등으로 구성하며, 각 등의 간격은 1.5미터
- 2) 정지 위치가 양방향에서 사용되는 경우에는 양방향에서 보이도록 설치한다.

1.2.3.18 정지선등(Stop Bar Lights)

(1) 정지선등의 설치 조건

- 1) 활주로 가시 범위가 550미터 미만인 조건에서 사용하는 활주로 정지 위치에 설치한다.

(2) 정지선등의 위치 및 배열 방법

- 1) 매립형 정지선등은 정지 위치 표지로부터 0.6미터 떨어진 지점에 설치하며, 유도로 중심선등의 등렬 선부터 설치하거나 유도로 중심선 등렬선의 좌·우 1.5미터 지점부터 설치한다.
- 2) 매립형 정지선등은 3미터의 간격으로 유도로를 가로질러 설치한다.
- 3) 노출형 정지선등은 유도로 가장자리로부터 3미터 이상의 지점에 설치한다.



[그림 1-17] 정지선등

(3) 정지선등의 특성

- 1) 활주로 정지 위치, 일시 정지 위치 또는 유도로 교차로에 접근하는 방향에서 단방향의 적색등
- 2) 정지선등은 설치 위치에서부터 5미터부터 120미터까지의 거리 사이에서 연속적으로 보여야 한다.

1.2.3.19 활주로 경계등(Runway Guard Lights)

(1) 활주로 경계등의 설치 조건

- 1) 노출형 또는 매립형 활주로 경계등은 활주로 침범 다발 지역으로 확인된 모든 활주로/유도로 교차 지역에 설치할 수 있고, 주야간 모든 기상 조건하에서 사용한다.

(2) 활주로 경계등의 위치 및 배열 방법

- 1) 활주로 중심선으로부터 비정밀 접근 활주로는 75미터 이상, 정밀 접근 활주로는 90미터 이상 떨어진 위치에서 노출형은 유도로 양쪽에, 매립형은 유도로를 횡단하도록 설치한다.

(3) 활주로 경계등의 특성

- 1) 노출형



[그림 1-18] 활주로 경계등



- ① 불빛은 두 쌍의 황색 단방향등(교대 점등)
- 2) 매립형
- ① 유도로를 횡단하여 3미터 간격으로 설치해야 하며, 불빛은 명멸하는 황색 단방향등
- 3) 불빛의 명멸 횟수는 1분간 30회부터 60회까지로 하며, 점등·소등 시간의 주기가 같아야 한다.

### 1.2.3.20 풍향등

(Illuminated Wind Direction Indicator)

- (1) 모든 비행장에는 풍향등을 설치해야 한다.
- (2) 풍향등의 위치
  - 1) 활주로 중앙부로서 계류장 부근 또는 접지 구역 부근과 같이, 비행 중이거나 이동 지역에 있는 항공기에서 잘 보이는 장소에 설치해야 한다.
  - 2) 가까운 물체로 인하여 발생하는 난기류의 영향을 받지 않아야 한다.
  - 3) 주변 지형으로 인해 현저히 다른 풍향 및 풍속이 있는 경우에는 활주로 양 시단 부근 두 군데에 설치할 수 있다.



[그림 1-19] 풍향등

- 4) 야간에 사용하려는 비행장에는 조명등이 장치된 풍향등을 설치해야 한다.
- 5) 풍향등에 항공장애표시등을 설치하는 경우에는 위에서 볼 때 다른 부분으로 인하여 가려지지 않도록 하며, 풍향등에서 가장 높은 지점에 설치해야 한다.

#### (3) 풍향등의 특성

- 1) 풍향 지시기는 끝이 잘린 원추형으로, 길이는 3.6미터 이상
- 2) 색상은 적어도 300미터 고도에서 명료하게 식별될 수 있도록 배경을 고려하여 옐로우색 또는 백색의 단일 색상

### 1.2.3.21 지향 신호등(Signalling Lamp, Light Gun)

- (1) 모든 공항의 관제탑에는 지향 신호등을 설치해야 한다.
- (2) 지향 신호등의 특성
  - 1) 불빛은 적색, 녹색 및 백색 신호로 해야 한다.
  - 2) 필요한 목표에 수동으로 조준할 수 있어야 한다.
  - 3) 어떤 색이든 모스부호로 분당 최소 4단어의 속도로 메시지 전달이 가능해야 한다.
  - 4) 지향 신호는 「항공안전법 시행규칙」 제194조 및 별표 26의 5. 무선통신 두절 시의 연락 방법 가. 빛총 신호에 따라야 한다.

### 1.2.3.22 착륙 방향 지시등

(Landing Direction Indicator)

- (1) 착륙 방향 지시등은 비행장 운용상 필요한 경우 설치할 수 있으며, 이 경우 비행장 상공에서 식별이 쉬운 곳에 설치해야 한다.

(2) 착륙 방향 지시등의 특성

- 1) 가능한 한 착륙 방향 지시등은 그림 1과 같은 T자 형태로 해야 한다.
- 2) T형의 지시등의 색상은 백색이나 오렌지색으로 해야 한다.
- 3) 야간 사용이 필요한 곳에는 T형 지시기에 조명이나 백색 등화로 그 윤곽을 표시해야 한다.

1.2.3.23 도로 정지 위치등

(Road-holding Position Lights)

- (1) 도로 정지 위치등은 활주로 가지 범위가 350미터 미만인 조건에서 활주로를 사용한다는 것을 나타내도록 활주수에 연결된 각 도로의 정지 위치에 설치한다.
- (2) 일시 정지 표시 근처의 도로 좌측 또는 우측 가장자리로부터 1.5미터(±0.5미터) 떨어진 지점의 인접한 곳에 도로 정지 위치등을 설치한다.
- (3) 도로 정지 위치등의 특성
  - 1) 불빛은 제어가 가능한 적색(정지) 및 녹색(진행) 교통 신호등, 또는 적색 섬광등으로 한다.
  - 2) 적색 및 녹색 교통 신호등을 설치 시 불빛은 관제탑에서 제어가 가능해야 한다.
  - 3) 광선은 단방향성으로 하고, 활주로 진입 방향으로 접근하는 차량의 운전자가 잘 볼 수 있도록 설치한다.
  - 4) 적색 섬광등의 주기는 1분간 30회부터 60회까지로 한다.

1.2.3.24 정지로등(Stop Way Lights)

- (1) 야간에 사용하는 정지로에는 정지로등을 설치해야 한다.

- (2) 정지로 가장자리에 활주로 등렬과 같은 선상에 활주로 등 간격과 같은 간격으로 설치한다. 또한, 정지로 끝에서 바깥쪽으로 3미터 이내의 위치에 활주로 중심선과 직각으로 3개의 등을 1.5미터 간격으로 설치한다.

(3) 정지로등의 특성

- 1) 불빛은 활주로 방향에서 적색으로 보이는 단방향성 고정등으로 한다.

1.2.3.25 금지 구역등(Unserviceability Lights)

(1) 금지 구역등의 설치 조건

- 1) 활주로, 유도로 또는 계류장 지역에서 공사등으로 인하여 항공기의 접근을 금지할 필요가 있을 경우에 설치한다.
- 2) 폐쇄된 활주로 및 유도로 또는 폐쇄된 활주로 및 유도로의 일부가 야간에 사용되는 활주로 및 유도수와 교차하는 경우에 폐쇄 구역을 알려 주기 위하여 설치한다.

(2) 금지 구역등의 위치 및 배열 방법

- 1) 가장 위협의 가능성이 있는 부근에 설치한다.
- 2) 금지 구역이 삼각형이고 최소 3개의 등을 사용하는 경우 이외에는 최소 4개의 등을 사용한다.
- 3) 금지 구역의 주위를 따라 7.5미터마다 적어도 1개의 등을 설치한다.
- 4) 폐쇄된 활주로 및 유도수를 표시하기 위하여 설치하는 경우에는 폐쇄 구역 입구를 따라서 3미터 이하의 간격으로 배열
- 5) 금지 구역이 활주로 또는 유도수 이외의 장소인 경우에는 금지 구역의 경계선 또는 중앙에 설치한다.

(3) 금지 구역등의 특성

- 1) 불빛은 적색의 고정등
- 2) 광원의 중심을 포함하는 수평면에서 위로 모든 각도에서 볼 수 있을 것. 만약 등화가 방향성을 갖고 있다면, 가능한 한 그 빔을 항공기나 지상 차량이 진입하는 방향으로 설정한다.

1.2.3.26 활주로 회전 패드등

(Runway Turn Pad Lights)

(1) 활주로 회전 패드등의 설치 조건

- 1) 활주로 회전 패드상에서 계속적인 안내를 위하여 항공기가 180도 회전을 완료하고 활주로 중심선에 정렬할 수 있도록, 활주로 가시 범위가 350미터 미만인 조건에서 설치한다.
- 2) 야간에 사용하는 활주로 회전 패드가 있는 활주소에 설치한다.

(2) 활주로 회전 패드등의 위치 및 배열 방법

- 1) 활주로 회전 패드 표지에 설치한다. 다만, 표지에 설치하기가 곤란한 지역은 표지부터 30센티미터 이내로 이격하여 설치할 수 있다.
- 2) 활주로 회전 패드 표지의 직선 구간에 설치할 경우에는 등 간격이 15미터 이하의 중 간격으로 설치한다.
- 3) 활주로 회전 패드 표지의 곡선 부분에 설치할 경우에는 등 간격이 7.5미터를 초과해서는 안 된다.

(3) 활주로 회전 패드등의 특성

- 1) 불빛은 활주로 회전 패드로 접근하거나 활주로 회전 패드상에 있는 항공기에서만 볼 수 있는 빔 크기로, 단방향성 녹색 부동광으로 해야 한다.

1.2.3.27 활주항공기 주기장 식별 표시등

(Aircraft Stand Identification Sign)

(1) 주기장 식별 표시등의 설치 조건 및 특성

- 1) 주기장 식별 표시는 가능한 한 주기장 식별 표시판으로 보충해야 한다.
- 2) 주기장 식별 표시는 주기장에 진입하기 전에 항공기 조종석에서 완전히 볼 수 있는 곳에 설치해야 한다.
- 3) 주기장 식별 표시는 황색 바탕에 흑색 문자로 구성해야 한다.

1.2.3.28 항공기 주기장 안내등(Aircraft Stand

Maneuvering Guidance Lights)

(1) 저시정 및 시계 불량 시 항공기 주기장, 포장 계류장 또는 제빙·방빙 시설 위에 항공기 주기 위치를 쉽게 알려 주기 위하여 항공기 주기장 안내등을 설치한다.

(2) 항공기 주기장 안내등의 설치 간격은 주기장 표지(Marking)를 따라 곡선부에서는 7.5미터 이하, 직선부에서는 15미터 이하

(3) 항공기 주기장 안내등의 특성

- 1) 정지 위치를 나타내는 지점의 등화는 단방향성 적색 고정등으로 한다.
- 2) 유도하려는 구간의 등화는 유도하는 구간에서 볼 수 있는 황색 고정등으로 한다.

1.2.3.29 계류장 조명등(Apron Floodlighting)

(1) 계류장 조명등은 야간에 사용하는 계류장, 제빙·방빙 시설 및 지정된 격리 장소의 항공기 주기장에 설치해야 한다.

(2) 계류장 조명등은 모든 계류장 업무 지역을 충

분히 조명할 수 있는 위치에 눈부심이 최소한도가 되도록 설치하되, 조명등의 배치 및 조명은 빛의 그늘이 최소한도가 되도록 계류된 항공기가 두 개 또는 그 이상의 방향에서 빛을 받을 수 있게 해야 한다.

(3) 계류장 조명등의 특성

- 1) 항공기의 표지(Marking)나 지표면 및 장애물 표지(Marking)에 사용되고 있는 색상이 바르게 식별될 수 있도록 배광 성능을 갖춰야 한다.

1.2.3.30 시각주기유도시스템

(Visual Docking Guidance System)

(1) 시각주기유도시스템은 주기장에서 시각 보조 시설을 이용하여 항공기 주기 위치를 정밀하게 표시하려는 때, 또는 지상 유도원과 같은 대체 유도 방법을 사용할 수 없을 때 설치해야 한다.

(2) 시각주기유도시스템의 위치 및 구성 방법

- 1) 주기 위치를 정확히 안내하기에 적절한 장소에 설치한다.

2) 시각주기유도시스템은 방위 안내 장치와 정지 위치 지시기로 구성되어야 한다.

3) 방위 안내 장치는 다음 각 목과 같이 설치해야 한다.

- ① 항공기 전방의 주기장 중심선의 연장선 또는 그 근처에 설치해야 한다.
- ② 조종사가 주기를 하는 동안 항상 방위 신호를 볼 수 있도록 하되, 곤란하다면 최소한 좌측 좌석의 조종사가 볼 수 있도록 정렬해야 한다.
- ③ 방위 안내 장치는 필요에 따라 좌측과 우측의

조종사가 사용할 수 있게 해야 한다.

4) 다음과 같이 정지 위치 지시기를 설치해야 한다.

- ① 정지 위치 지시기는 최소한 좌측 좌석의 조종사가 사용할 수 있게 해야 한다.
- ② 방위 안내 장치 옆 또는 바로 근처에 설치하여, 조종사가 고개를 돌리지 않고 두 장치를 모두 볼 수 있도록 한다.
- ③ 정지 위치 지시기는 필요에 따라 좌측과 우측의 조종사가 사용할 수 있게 한다.

(3) 시각주기유도시스템의 특성

1) 조작 장치는 가능하면 선택 조작을 거치지 않아도 모든 기종의 항공기가 사용이 가능하도록 되어 있어야 한다.

2) 조종사가 이들 장치의 고장을 알 수 있어야 한다.

3) 색상 변화를 통해 정지 안내를 하는 경우, 녹색으로 항공기의 진행을 지시하고 적색으로 항공기가 정지 지점에 도달했음을 나타내야 한다.

1.2.3.31 유도로안내등(Taxiway Guidance Sign)

(1) 유도로 안내등의 설치 조건

1) 명령 지시표지판 및 정보 표지판으로 구분하여 설치해야 한다.

2) 명령 지시, 이동 지역에서의 위치 또는 목적지 정보를 제공하되, 지상 이동 통제 시스템의 요구 조건에 맞는 정보를 제공하도록 표지판을 설치해야 한다.

3) 정해진 시간 동안만 지시 사항이나 정보를 나타내려는 경우, 또는 지상 이동 통제 시스템

(SMGCS)에 따라 미리 정해진 여러 정보를 나타낼 필요가 있을 경우에 가변 메시지 표지판을 설치해야 한다.

4) 조명을 설치해야 할 표지판은 다음과 같아야 한다.

- ① 활주로 가지 범위 800미터 미만
- ② 야간에 사용하는 계기 활주로
- ③ 야간에 사용하는 분류 번호 3 또는 4의 비계기 활주로
- 5) 야간에 사용하는 분류 번호 1 또는 2인 비계기 활주로의 표지판은 역반사 또는 조명을 설치해야 한다.

(2) 명령 지시 표지판은 항공기 또는 차량이 관제탑의 허가 없이 진행해서는 안 되는 지역을 표시하기 위해 설치되는 것으로, 활주로 명칭 표지판, CAT I · II 또는 III 정지 위치 표지판, 활주로 정지 위치 표지판, 도로 정지 위치 표지판 및 진입 금지 표지판으로 구분하여 설치되어야 한다. 또한 주변 환경 또는 그 밖의 여건상 표지를 보다 선명하게 나타낼 필요가 있는 경우에는 활주로 분류 등급에 따라 분류 번호



[그림 1-20] 유도로안내등

1 · 2인 활주로에서는 문자의 바깥쪽에 10밀리미터, 3 · 4인 활주로에서는 20밀리미터의 검은색 테두리를 부가하여야 하며, 이동 지역에서는 명령 지시 표지판에만 적색을 사용한다.

### 1.2.3.32 제빙·방빙 시설 출구등

(De/Anti-Icing Facility Exit Lights)

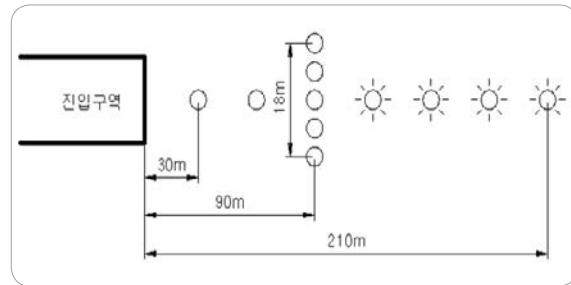
- (1) 제빙·방빙 시설 출구등은 유도도로에 인접해 있는 원격지 제빙·방빙 시설의 출구 경계에 설치할 수 있다.
- (2) 제빙·방빙 시설 출구등은 원격지 제빙·방빙 시설의 출구 경계면의 일시 정지 위치 표지로부터 내측으로 0.3미터 지점에 6미터 간격으로 일시 정지 위치 표지를 따라 설치해야 한다.
- (3) 제빙·방빙 시설 출구등의 특성
  - 1) 단방향성 황색 매립 고정등을 사용해야 한다.
  - 2) 등광은 출구 경계로 접근하는 방향을 향하도록 한다.

### 1.2.3.33 비상용 등화(Emergency Lighting)

- (1) 활주로 등화가 설치되어 있으나 예비 전원 장치가 없는 비행장에서 활주로 등화에 이상이 발생한 경우, 또는 항공등화의 고장이나 정전시 최소한 주활주로에는 비상용 등화를 즉각 사용할 수 있도록 구비한다.
- (2) 비상용 등화의 배치 기준은 비계기 활주로용 등화의 설치 기준에 준한다.
- (3) 비상용 등화의 특성
  - 1) 비상용 등화의 색상은 활주로 등화의 색상에 대한 기준에 적합해야 한다.
  - 2) 활주로 시단등과 종단등의 색상에 대한 기준

을 충족하는 것이 현실적으로 불가능한 경우, 모든 등은 가능한 한 백색가변등에 가까운 색상으로 해야 한다.

- 3) 비상용 등화는 장애물을 표시하거나 유도로 및 계류장 지역의 윤곽을 나타낼 때 사용할 수 있다.



[그림 1-21] 헬기장 진입등 시스템의 배치

### 1.2.3.34 헬기장 등대(Heliport Beacon)

#### (1) 헬기장 등대의 설치 조건

- 1) 장거리 시각 안내가 필요하지만 다른 시각 안내 수단이 없는 경우
- 2) 주위의 다른 빛으로 인해 헬기장 식별이 어려운 경우

(2) 헬기장에 가까운 거리에서 조종사에게 혼동을 주지 않도록 헬기장 근처 또는 헬기장의 높은 장소에 헬기장 등대를 설치하되, 헬기장에 가까운 거리에서 조종사에게 혼동을 줄 우려가 있는 경우 진입 또는 착륙 시 헬기장 등대를 소등한다.

#### (3) 헬기장 등대의 특성

- 1) 색상은 백색 섬광
- 2) 광선은 모든 방위각에서 보여야 한다.

#### 1) 중심선 표시등

- ① 단일 광원으로서 세 개의 등을 30미터의 간격으로 설치해야 한다.
- ② 최종 진입 경로를 더욱 명확히 나타낼 필요가 있을 경우, 횡선 표시등 뒤로 등을 추가하여 30미터 간격으로 설치하며, 이 등은 주변 여건에 따라 고정 등 또는 섬광등으로 한다.

#### 2) 횡선 표시등

- ① 진입 구역의 가장자리로부터 90미터 떨어진 위치에 18미터의 길이로 설치한다.
- ② 횡선 표시등을 구성하는 등은 진입등 시스템의 중심선 표시등을 이루는 선에 수직인 직선과 대칭을 이루도록 가능한 한 가깝게 설치하며, 등 간격은 4.5미터로 한다.

3) 주변 불빛으로 인해 진입등 시스템의 식별이 어려운 장소에 섬광등을 설치한다.

### 1.2.3.35 헬기장 진입등 시스템

#### (Heliport Approach Lighting System)

(1) 우선 진입 방향을 지정하는 것이 실용적이고 바람직할 경우에 헬기장 진입등 시스템을 설치한다.

(2) 우선 진입이 요구되는 방향으로 헬기장 진입등 시스템을 [그림 1-21]과 다음 각 호와 같이 설치한다.

#### (3) 헬기장 진입등 시스템의 특성

- 1) 비정밀 접근 활주로의 진입 구역에 설치하는 경우, 진입등 시스템 길이를 210미터 이상으로 한다.
- 2) 고정 등으로 설치하는 경우, 전방향성의 백색 등으로 한다.

- 3) 섬광등을 전방향성의 백색등으로 한다.
- 4) 섬광등의 섬광 주기는 초당 1회로 하며, 가장 바깥쪽 등에서 안쪽 등으로 진행되도록 한다.

1.2.3.36 헬기장 진입각 지시등

(Heliport Approach Path Indicator)

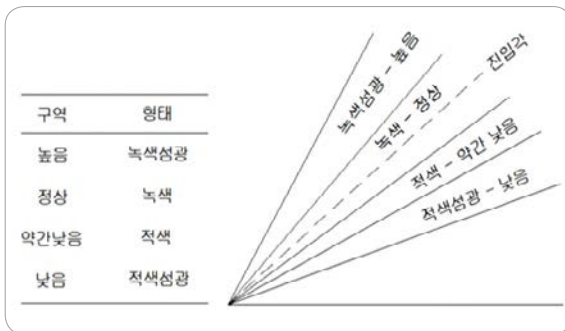
(1) 다음 각 호 중 어느 하나에 해당되는 경우로서, 특히 야간에 사용되는 헬기장에는 헬기장 진입각 지시등을 설치해야 한다.

- 1) 장애물 제한, 소음 경감, 관제상 필요 등에 의해 진입각을 특별히 지정할 필요가 있을 때
- 2) 헬기장 주변에 시각적인 지상 신호가 없을 때
- 3) 헬기 특성상 안전한 진입을 필요로 할 때

(2) 헬기장 진입각 지시등의 특성

1) 신호 형태

- ① 높음, 정상, 정상보다 약간 낮음, 낮음 등 네 가지로 구분된 신호 영역을 포함해야 한다.
- ② 신호 형태는 [그림 1-22]에 따른다.



[그림 1-22] 헬기장 진입각 지시등 신호 형태

1.2.3.37 시각 정렬 안내등

(Visual Alignment Guidance System)

(1) 다음 각 호 중 어느 하나 이상에 해당되는 경우,

시각 정렬 안내등을 헬기장에 설치하여야 한다.

- 1) 장애물 제한, 소음 감소, 또는 관제 절차상 특정한 비행 방향이 요구되는 경우
- 2) 헬기장 환경상 지상으로부터 시각 신호가 부족한 경우
- 3) 물리적으로 진입등 설치가 어려운 경우
- (2) 미리 규정된 항로를 따라 진입 구역으로 안내할 수 있도록, 진입 구역 가장자리에 우선적으로 진입이 요구되는 방향을 따라 시각 정렬 안내등을 설치한다.
- (3) 시각 정렬 안내등의 특성
  - 1) 신호 형태는 우측 편차, 정상 항로, 좌측 편차 정보를 제공하는 최소 3개의 신호 영역으로 구성된다.
  - 2) 신호 형태에 영향을 주는 장애가 발생하는 경우에는 소등한다.

1.2.3.38 진입구역등(Final Approach & Take-off Area Lights)

(1) 진입 구역등은 야간 사용 목적으로 지상에 설치한 육상 헬기장에 진입 구역이 있을 때 설치한다. 다만, 진입 구역과 이륙·착륙 구역이 거의 일치하거나 진입 구역이 명확히 표시된 경우에는 설치하지 않을 수 있다.

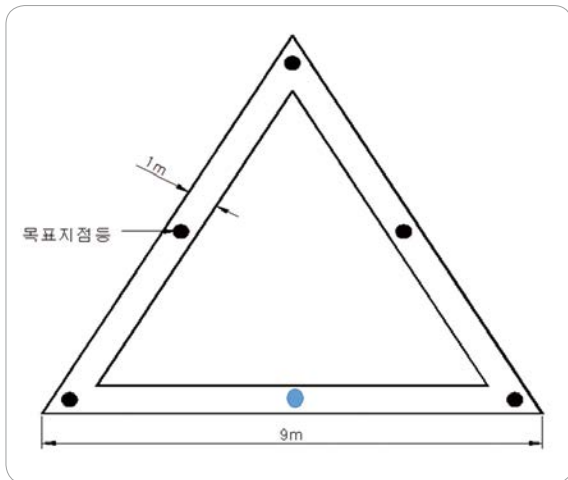
(2) 진입 구역의 형태가 정사각형 또는 직사각형인 경우, 모서리에 있는 등을 포함하여 각 변에 네 개 이상의 등을 50미터 이하의 동일한 간격으로 진입 구역의 가장자리를 따라 설치하고, 진입 구역이 원형을 포함한 그 밖의 형태인 경우에는 열 개 이상의 등을 5미터 이하의 동일한 간격으로 설치한다.

(3) 진입 구역등의 특성

- 1) 고정된 전방향성 백색등을 사용하고, 광도가 변하는 경우에는 가변백색등을 사용한다.
- 2) 설치 높이는 25센티미터 이내로 하며, 노출등이 헬기 운항에 위험 요소가 되는 경우 매립등을 사용한다.

1.2.3.39 목표 지점등(Aiming Point Lights)

- (1) 야간에 사용하는 헬기장의 목표 지점 표지에는 필요한 경우 목표 지점등을 설치할 수 있다.
- (2) 목표 지점등은 목표 지점 표지와 함께 배열한다.
- (3) 목표 지점등은 [그림 1-23]과 같이 최소 여섯 개의 전방향성 백색등으로 구성한다.



[그림 1-23] 목표 지점등의 배치

1.2.3.40 착륙 구역등(Touchdown & Lift-off Area Lighting System)

- (1) 착륙 구역등은 야간에 사용하는 헬기장에 다음 각 호와 같이 설치해야 한다.
- 1) 육상 헬기장에는 다음 각 목 중 하나 이상의

시설을 설치해야 한다.

- ① 착륙 구역 주변등
  - ② 투광기
  - ③ 착륙 구역 주변등과 투광기의 사용이 불가능하고 진입 구역등이 설치된 경우에는 발광 판넬
- 2) 옥상 헬기장 또는 수상의 헬리데크에는 다음 각 목의 시설을 설치해야 한다.

- ① 착륙 구역 주변등
  - ② 투광기 또는 발광 판넬
- (2) 착륙 구역 주변등은 착륙 구역의 가장자리로부터 1.5미터 이내의 거리에 가장자리를 따라 설치해야 하며, 헬기가 항로를 벗어날 경우 조종사에게 정보를 제공할 수 있는 형태의 직선상에 위치해야 한다. 다만, 이와 같이 설치하기가 어려울 경우에는 착륙 구역 주변등을 적절한 간격으로 일정하게 배열한다.

(3) 착륙 구역등의 특성

- 1) 착륙 구역 주변등은 녹색의 전방향성 부동광이어야 한다.

1.2.3.41 견인 지역 조명등

(Winching Area Floodlighting)

- (1) 야간에 사용하는 견인 지역에는 견인 지역 조명등을 설치해야 한다.
- (2) 견인 지역 조명등은 비행 중인 조종사에게 눈부심을 주지 않는 지역에 설치해야 하며, 조명등의 조준과 정렬은 사각 지역이 최소가 되도록 한다.

(3) 견인 지역 조명등의 특성

- 1) 광도의 분포는 지표면과 장애물 표지가 정확하게 식별되도록 한다.



1.2.3.42 장애물 조명등

(Floodlighting of Obstacles)

- (1) 야간에 사용하는 헬기장의 장애물에 항공 장애 표시등을 설치하기 어려운 경우에는 해당 장애물에 장애물 조명등을 설치하여야 한다.
- (2) 장애물 조명등은 장애물 전체를 조명할 수 있도록 배열하되, 조종사의 눈이 부시지 않도록 해야 한다.

1.2.3.43 간이 접지 구역등

(Simple Touchdown Zone Lights)

- (1) 간이 접지 구역등의 설치 조건은 다음과 같다. 다만, 접지 구역등이 설치된 경우에는 제외한다.
  - 1) 진입각이 3.5도보다 큰 경우
  - 2) 다른 요인과 결합된 착륙 가용 거리가 과주의 위험성을 증가시키는 경우
- (2) 간이 접지 구역등의 위치 및 배열 방법
  - 1) 활주로 시단에서 바라볼 때 마지막 접지 구역 표지의 위쪽 모서리에서 0.3미터 떨어지고, 이 모서리에 평행한 선분 상에 설치한다.
  - 2) 활주로 중심선을 중심으로 대칭이 되도록 좌우에 각각 2개의 등을 설치한다.
  - 3) 활주로 중심선에서 제일 가까운 좌우 각각 한 개의 등화는 접지 구역 표지의 내측 모서리의 연장선상에 설치한다.
  - 4) 접지 구역 표지가 없는 활주소에 간이 접지 구역등을 설치할 경우에는 접지 구역 표지와 동등한 정보를 제공하는 위치에 설치한다.
- (3) 간이 접지 구역등의 특성
  - 1) 불빛은 가변 백색의 고정된 단방향 등으로 한다.

- 2) 착륙하는 항공기의 조종사가 볼 수 있도록 정렬되어야 한다.

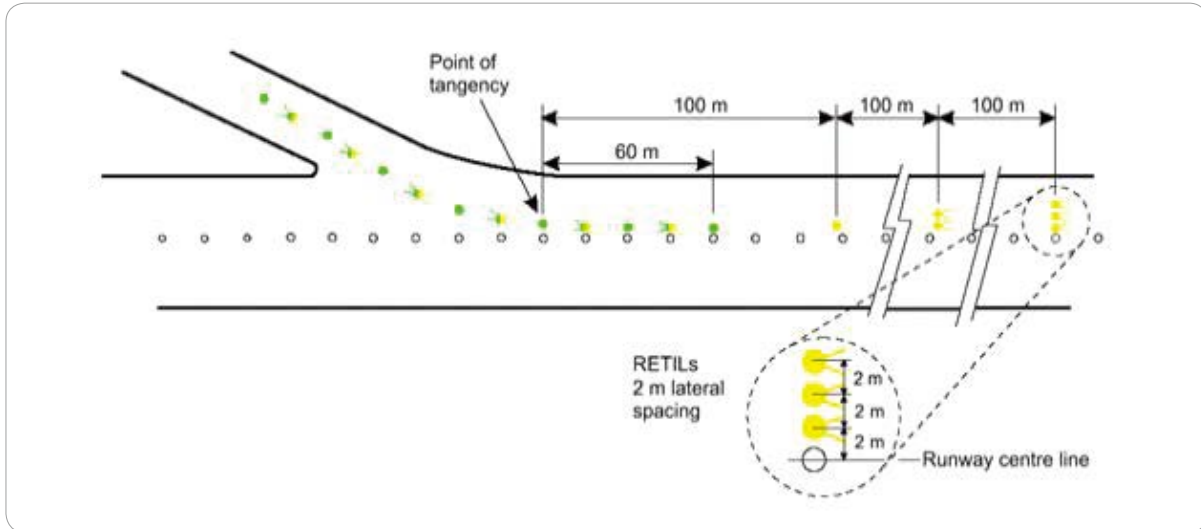
1.2.3.44 진입 금지선등(No-entry Bar)

- (1) 진입 금지선등은 교통수단이 부주의로 인하여 탈출전용 유도로용 유도도로에 진입하는 것을 예방하기 위하여, 탈출 전용의 유도도로로 사용하기 위한 유도로를 가로질러 설치할 수 있다.
- (2) 진입 금지선등은 탈출전용 유도로용 유도도로의 끝에 유도로를 가로질러 설치해야 한다.
- (3) 진입 금지선등의 특성
  - 1) 활주로 쪽으로 진입하는 방향에서 적색으로 보이는 3m 이하의 동일한 간격으로 설치한 단방향 등화이다.
  - 2) 매립형 진입 금지선등이 눈이나 비에 의하여 조종사가 식별하기 곤란하게 되거나, 항공기에 의하여 매립형 진입 금지선등 가까이 가려지는 경우에는 양쪽 가장자리에 한 쌍의 노출형 진입 금지선등을 추가로 설치한다.

1.2.3.45 고속 탈출 유도로 지시등

(Rapid Exit Taxiway Indicator lights)

- (1) 고속 탈출 유도로 지시등의 설치 조건
  - 1) 교통 밀도가 고밀도이고, 활주로 가시 범위가 350미터 미만인 활주소에 필요에 따라 설치할 수 있다.
- (2) 고속 탈출 유도로 지시등의 각 세트는 [그림 1-24]과 같이 활주로 중심선을 기준으로 고속 탈출 유도도로와 같은 측면의 활주소에 설치해야 한다.
- (3) 고속 탈출 유도로등의 특성



[그림 1-24] 고속 탈출 유도로 지시등

1) 불빛은 활주로로 접근하는 방향에서 착륙하고 있는 항공기의 조종사가 볼 수 있도록 정렬된 단방향성 황색 부동광이다.

#### 1.2.3.46 활주로 상태등(Runway Status Lights)

(1) 활주로 상태등은 활주로 침범 자동 경고 시스템의 한 유형으로, 비행장 운용상 필요한 경우 설치한다.

(2) 활주로 상태등은 활주로 진입등과 이륙 정지등으로 구성되며, 각각 단독으로 설치할 수 있지만 서로 상호 보완 될 수 있도록 설치한다.

(3) 활주로 진입등의 위치 및 배열 방법

1) 활주로와 연결된 각 유도로 교차 지점에 설치한다.

2) 2개 또는 그 이상의 활주로 정지 위치가 있는 경우, 활주로에서 가장 가까운 활주로 정지 위치를 기준으로 한다.

(4) 활주로 진입등의 특성

1) 활주로를 진입하는 항공기 방향으로 적색 고정등 매립형으로 한다.

2) 경고가 필요하다고 판단된 후에 2초 미만으로 점등한다.

(5) 이륙 정지등의 위치 및 배열 방법

1) 활주로 시작점에서 115m 떨어진 지점부터 시작하여 최소 450m 지점까지 30m 간격으로 설치한다. 추가적으로 이륙 활주(Take-off Roll) 시작 지점에 설치할 수도 있다.

2) 활주로 중심선등으로부터 양쪽 방향에 한 등씩 1.8m 간격으로 설치한다.

(6) 이륙 정지등의 특성

1) 이륙하는 항공기 정면에 보이도록 두 줄의 적색 고정등 매립형으로 한다.

2) 경고가 필요하다고 판단된 후에 2초 미만으로 점등한다.

## 1.3 항행안전무선시설의 종류

### 1.3.1 항행안전무선시설의 개념

#### 1.3.1.1 항행안전무선시설의 법적 의미

- (1) 공항시설법 제2조 제17호에 의하면 ‘항행안전 무선시설’이란, 전파를 이용하여 항공기의 항행을 지원하기 위한 시설로서 국토교통부령으로 정하는 시설을 말한다.
- (2) 국토교통부령으로 정하는 시설은 다음과 같이 거리 측정 시설(DME)부터 전술 항행 표지 시설(TACAN)까지 11가지의 종류들이 있다.(공항시설법 시행규칙 제7조)

#### 1.3.1.2 항행안전무선시설의 일반적 기능

- (1) 지상에 각종 무선 장비를 이용하여 항공기가 이륙, 운항, 착륙 과정에서 전파(주파수)로 항공기에 필요한 정보를 제공하는 시설이다.
- (2) 운항 중 모든 과정에서 항공기의 항공 정보 등을 관제사에게 제공한다.
- (3) 착륙 시에는 지상에서 발사된 전파가 항공기 계기에 표시되어 자동 착륙할 수 있도록 지원한다.

### 1.3.2 거리 측정 시설

#### (DME : Distance Measuring Equipment)

#### 1.3.2.1 거리 측정 시설(DME)의 작동 원리

- (1) 거리측정시설(DME)은 항공기에 탑재된 질문기(Interrogator)가 송신한 질문 펄스(Pulse)에 대하여 지상에 설치된 거리측정시설(DME)의 응답기(Transponder)로부터 응답 펄스

(Pulse)가 도달하는 전파 지연 시간을 계산해서 해당 거리측정시설(DME) 기지국과의 경사거리(Slant Range)를 측정하는 시설이다. 지상국 거리측정시설(DME)은 UHF(960MHz~1,215MHz)의 무지향성 안테나를 사용하며, 보통 전방향표지시설(VOR) 또는 계기착륙시설(ILS)과 함께 설치된다.

- (2) 항공기 거리측정시설(DME)의 질문기(Interrogator)는 미리 정해진 랜덤 패턴(Random Pattern) 형태로 구성된 2개의 질문 펄스(Pulse)를 일정한 주기 내에서 송신한다. 이렇게 2개의 펄스(Pulse)를 보내는 것은 간섭이나 잡음에 의한 손실을 예방하기 위함이다.
- (3) 이것을 수신한 지상 거리측정시설(DME) 응답기(Transponder)는 50 $\mu$ s시간 이후에 다른 주파수로 응답한다. 지상 거리측정시설(DME)은 해당 항공기뿐만 아니라 다른 항공기로부터의 질문 펄스(Pulse)에 대한 응답도 동일한 채널로 수행하므로, 여러 개의 펄스(Pulse)가 동시에 해당 항공기에 수신될 수도 있다.
- (4) 질문한 항공기는 처음에는 거리를 모르므로 어떤 펄스(Pulse)가 나의 응답인지 알 수 없다. 따라서 일단 가장 짧은 시간 T에 도착한 펄스(Pulse)를 선택한다. 이후, 각 질문 펄스에 대하여 T시간보다 지연된 시간 주변에 자신이 송신한 펄스(Pulse)에 대한 응답이 있는지 검사한다. 만약 없다면 시간 T를 조금 늘리면서 자신의 응답 펄스(Pulse)를 찾는다. 이 과정을



[그림 1-25] 거리측정시설(DME)

‘탐색 모드(Search Mode)’라고 한다. 탐색 모드에서는 150PPPS(Pulse Pair Per Second)의 속도로 질문 펄스(Pulse)를 송신한다.

- (5) 이후 질문 펄스에 대한 응답 펄스(Pulse)라고 믿어지는 펄스(Pulse)가 70% 이상 찾아지면, T를 고정하고 거리측정시설(DME) 표시기(Indicator)에 T를 거리로 환산하여 표시한다. 이후 항공기의 이동 속도에 맞추어 펄스(Pulse)를 잊어버리지 않도록 T를 조금씩 가변하면서 거리를 표시하는 트랙 모드(Track Mode)에서 동작하며, 계기판에는 ‘LOCK-ON’으로 표시되면서 거리 측정 시설(DME) 지상국까지의 경사거리(Slant Range)가 표시된다. 트랙 모드에서는 25PPPS의 속도로 질문 펄스를 송신하며 지상의 거리측정시설(DME) 응답기와의 통신을 유지한다.

### 1.3.2.2 거리측정시설(DME)의 기능

- (1) 항공기로부터 거리측정시설(DME)의 지상 장치까지 거리를 측정하는 데 필요한 정보를 제공한다.

- (2) 거리측정시설(DME)은 정확한 위치를 알고 있는 지상의 선택된 무선국과 항공기 간의 경사거리(Slant Range)에 관한 정보를 해리(NM; Nautical Mile) 단위로 조종사에게 제공하며, 거리에 대한 정확도는 약 0.2nm이다.
- (3) 거리측정시설(DME)은 단독으로 운용하기도 하고, 전방향표지시설(VOR)과 병설하여 항공기의 위치 정보(거리, 방위 정보)를 제공하기도 한다. 또한 계기착륙시설(ILS)의 Marker 장비 대응으로 하는 경우에는 방위각장비(Localizer), 또는 활공각장비(Glide Path)와 병설하여 착륙점까지의 거리 정보를 연속적으로 제공하는 정밀진입(Precision Approach) 지원 장비로도 사용된다.

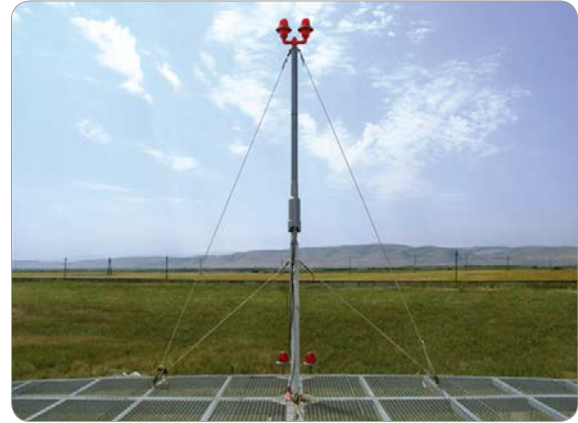
### 1.3.2.3 거리측정시설(DME)의 구분

- (1) 표준 거리측정시설(DME/N; DME Narrow Spectrum Characteristic)  
 항공로(En-route) 또는 터미널관제지역(TMA)에서 주로 사용되는 거리측정시설(DME)로서, ‘N’은 협대역 스펙트럼의 특성을 의미하는 것을 말한다. (‘W’인 광대역 스펙트럼의 특성과 구분하기 위함이다.)
- (2) 고정밀 거리측정시설(DME/P; DME Precise)  
 마이크로파착륙시설(MLS)에서 운용되는 거리측정시설(DME)로서, ‘P’ 정밀 거리 측정을 의미하며 스펙트럼의 특성은 DME/N과 동일하다.

### 1.3.2.4 거리측정시설(DME)의 기술 기준

- (1) 지상에 설치되는 표준 거리측정시설(DME/N)에 대한 것이다.

- (2) 960MHz에서 1,215MHz까지의 주파수대에서 수직 편파로 작동되어야 하고, 질문과 응답 주파수의 채널간격은 1MHz 단위로 할당되어야 한다.
- (3) 무선주파수의 안정도는 할당된 주파수로부터  $\pm 0.002\%$  이내여야 한다.
- (4) 유효방사전력은 사용 범위 내에서 약  $-83\text{dBW}/\text{m}^2$  이상이어야 한다.
- (5) 다른 시설과 같이 설치되어 운용될 경우, 기본 응답 지연 시간은  $50\mu\text{s}$ 이어야 한다.

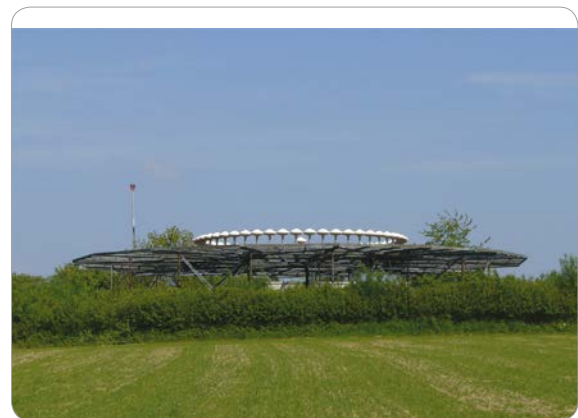


[그림 1-26] 거리측정시설(DME) 안테나

### 1.3.2.5 거리측정시설(DME)의 설치 위치

거리측정시설(DME)을 계기착륙시설(ILS), 또는 전방향표지시설(VOR)과 병설하려는 경우에는 다음과 같이 설치해야 한다.

- (1) 항행안전무선시설 중 전방향표지시설(VOR)과 거리측정시설(DME)을 병설하려는 경우에는 다음과 같이 해야 한다.
  - 1) 동축 병설: 전방향표지시설(VOR)과 거리측정시설(DME)의 안테나가 동일 수직축 상에 위치해야 한다.
  - 2) 편축 병설: 공항 지역에서 공항 접근용으로 사용하거나 높은 정확도가 필요한 절차용으로 사용하려는 경우, 전방향표지시설(VOR)과 거리측정시설(DME) 안테나의 분리 간격은 30m를 초과해서는 안 된다. 다만, 거리측정시설(DME)의 정보가 별도의 시설에 의하여 제공되는 도플러 방식 전방향 표지 시설(VOR)의 경우, 안테나의 간격은 30m 이상 분리할 수 있으나 80m를 초과해서는 안 된다.
- (2) 상기 (1) 외의 목적으로 사용하려는 경우, 전방



[그림 1-27] 전방향표지시설과(VOR) 병설 거리측정시설(DME)

향표지시설(VOR)과 거리측정시설(DME) 안테나의 분리 간격은 600m를 초과해서는 안 된다.

- 1) 운항 관리 및 무선 설비의 조작
- 2) 정비 · 수리 · 개조된 항공기 · 발동기 · 프로펠러
- 3) 장비 또는 부품에 대하여 제22조에 따라 안전성 여부를 확인하는 업무
- 4) 항공기에 사람이 탑승하지 아니하고 원격 · 자동으로 비행할 수 있는 항공기(이하 '무인 항공기'라 한다)의 운항

### 1.3.3 계기착륙시설(ILS/MLS/TLS)

#### 1.3.3.1 계기착륙시설(ILS; Instrument Landing System)의 개념

(1) 계기착륙시설(ILS)은 국제민간항공기구(ICAO)의 표준 항행안전무선시설로서 적절하게 장비가 장착된 항공기의 조종사에게 낮은 운고 및 저(低)시정 조건에서 안전하게 활주로에 착륙할 수 있도록 방위와 활공각 등을 지원하는 안내를 제공한다. 계기착륙시설(ILS)의 이용은 실질적으로 모든 기상 최저치에서 공항을 운용할 수 있도록 지원한다. 이러한 계기착륙시설(ILS)은 항공기가 착륙하는 데 필요한 방위각 정보·활공각 정보 및 마커 위치 정보 등을 신뢰성 있게 제공해야 한다.

(2) 계기착륙시설(ILS)의 구성 장비는 다음과 같다. 다만 지형적 여건, 또는 운영 여건에 따라서 일부장비의 설치를 하지 않거나 또는 유사한 기능을 가진 장비로 대체할 수 있다.

1) 감시 장치·원격제어 및 지시 장치를 갖춘 방위각 제공 시설(LLZ)

착륙 중인 항공기에게 활주로 중심선을 지시하는 전파를 발사하여 착륙 유도 정보를 제공하는 장치. 반송파는 90Hz와 150Hz로 변조되어 있으며, 활주로 진입 방향에서 보았을 때 오른쪽에서는 150Hz 변조 성분이 강하고, 왼쪽에서는 90Hz의 것이 강하며, 중심선상에서는 양쪽 성분의 크기가 같게 되어 있다.

2) 감시 장치·원격제어 및 지시 장치를 갖춘 활공각 제공 시설(GP)

활주로에 착륙하기 위하여 접근 중인 항공기

에게 가장 안전한 착륙 각도인 약 3°의 활공각도 정보를 제공하는 시설.

3) 감시 장치·원격제어 및 지시 장치를 갖춘 마커(Marker) 장비. 다만, 지형적 또는 운영 여건에 따라 거리측정시설(DME)로 대체할 수 있다. 거리 정보는 활주로 시단(Threshold)으로부터 개략적인 항공기 거리를 나타내는 정보를 제공한다. 활주로 중앙 연장선상의 일정한 지점에 설치하여 착륙하기 위해 진입하는 항공기에 수직 상공으로 전파를 발사, 진입로상의 일정한 통과 지점에 대한 위치 정보를 제공한다. 활주로로부터의 설치 위치에 따라 외측 마커(Outer Marker), 중간 마커(Middle Marker) 및 내측 마커(Inner Marker)가 있으며, 항공기는 진입 중인 마커의 상공을 통과하면 조종실 계기판의 마커 종류를 알려 주는 마커 식별 램프가 점등됨과 동시에, 해당 마커에 해당하는 고유의 신호가 울려서 활주로까지의 남은 거리를 알 수 있게 한다.

(3) 또한 항공기를 계기착륙 시설(ILS) 코스에 위치시키는 데 도움을 주도록 Compass Locator가 중방 또는 외방 사이트(Site)에 제공되며, 일반적으로 계기착륙 시설(ILS)과 관련하여 동작하도록 순서적인 섬광등이 있는 접근등(ALS; Approach Light System) 및 다른 시각 지원 시설이 제공된다.

#### 1.3.3.2 마이크로웨이브착륙시설(MLS; Microwave Landing System)의 개념

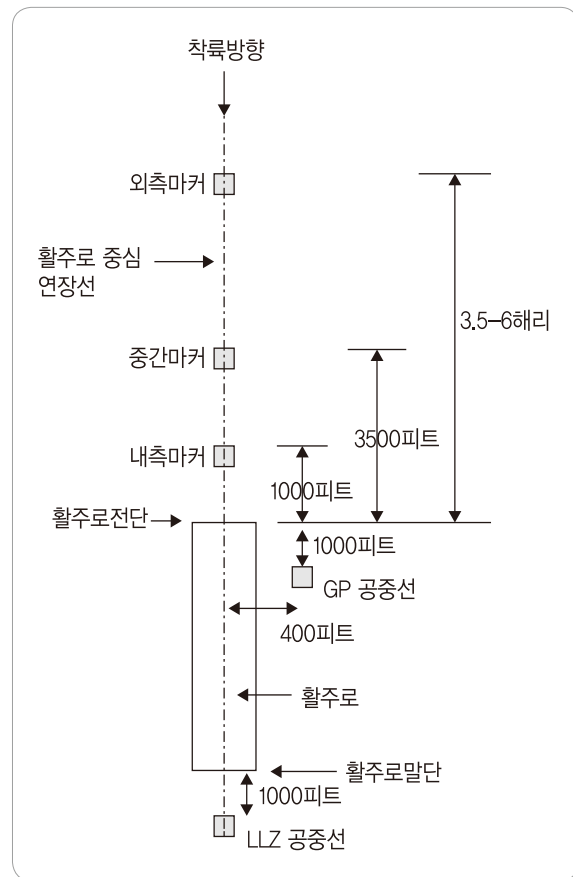
(1) 마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 국제민간항

- 공기구(ICAO)의 표준 항행안전무선시설이다.
- (2) 마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 접근로 상에서 활주로까지 항공기의 정확한 정렬과 강하를 위한 정밀한 항행 유도를 제공하며, 또한 접근시 방위각과 고도 및 거리를 제공한다.
  - (3) 가로 및 수직 유도 모두를 코스변이지시기(CDI), 또는 다목적 조종실 화상 장치에 통합되어 지시되며, 거리 정보는 거리측정시설(DME) 계기에 지시되거나 다목적 화상에 통합되어 지시된다.
  - (4) 마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 미국 내에서는 민간, 군 그리고 국제민간항공을 위해서 표준 착륙 시스템으로 계기착륙시설(ILS)을 보조한다.
  - (5) 마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 다섯 개의 기능으로 구분된다. 접근 방위각, 후면 방위각, 접근 고도, 거리 및 데이터통신이다.
  - (6) 마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 다음과 같은 기능을 갖추고 있다.
    - 1) 정밀도-마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 모든 접근과 착륙 기동을 위해서 정밀한 3차원 항법 유도를 제공한다.
    - 2) 통달 범위-정밀도는 전체 통달 범위 볼륨에 걸쳐 동일하다.
    - 3) 환경-시스템은 기상 조건과 공항 지상 교통으로부터 전파 간섭을 적게 받는다.
    - 4) 채널-마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 200개의 채널을 갖는다. 어떠한 예측 가능한 수요에도 충분한 정보를 제공한다.
    - 5) 데이터-마이크로웨이브착륙시설(MLS)은 시스템 운용에 관련된 공지 데이터 메시지를 전송한다.

- 6) 거리 정보-연속적인 거리 정보가 약 100피트의 정밀도로 제공된다.

### 1.3.3.3 트랜스폰더착륙시설(TLS; Transponder Landing System)의 개념

- (1) 트랜스폰더착륙시설(TLS)은 2차 감시레이더(SSR)인 트랜스폰더(Transponder) 장비와 계기착륙시설(ILS) 수신기를 탑재한 항공기이면, 별도의 항공기 탑재 장비 장착이나 개량 없이 정밀 접근을 실시할 수 있도록 고안된 시설로서, 미연방항공청(FAA)에서 Special



[그림 1-28] 계기착륙시설(ILS)의 위치

Category I 정밀 접근시설로 인정한 시스템이다.

- (2) 이 시스템은 지상 장비를 기반으로 하는 시스템으로서, 국제민간항공기구 부속서 제10권(ICA0 Annex 10)에 규정한 Category I 계기착륙시설(ILS)의 제반 요건을 충족한다.
- (3) 또한, 항공기 트랜스폰더(Transponder) 응답 신호를 기반으로 하여 추적(Tracking)과 계기착륙시설(ILS) 접근 시와 거의 동일한 항행 안내 신호를 제공해 준다.

### 1.3.4 다변측정감시시설(MLAT; Multilateration)

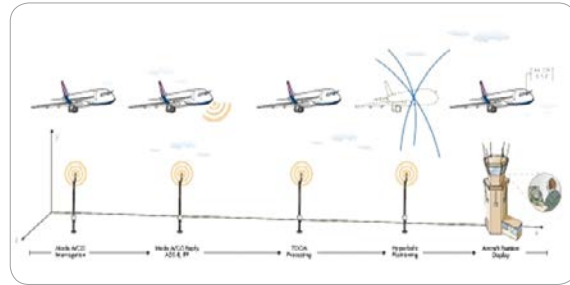
#### 1.3.4.1 다변측정감시시설(MLAT)의 기능

##### (1) 다변측정감시시설(MLAT)의 개념

다변측정감시시설(MLAT)은 2차 감시레이더(SSR; Secondary Surveillance Radar) 트랜스폰더에서 수신되는 신호의 시간차를 비교·분석하는 다변측정방식으로 항공기 또는 지상이동물체의 위치를 탐지하여 관제용 현시 장치에 실시간으로 표시하는 기능을 갖는다. 항공기에 탑재되어 있는 트랜스폰더에서 송출되는 Mode A, C, S는 물론 1090ES(ADS-B) 신호를 지상의 여러 개의 수신기로 수신하여 항공기를 탐지하고 위치를 계산한다.

##### (2) 다변측정감시시설(MLAT)의 작동 원리

다변측정감시시설(MLAT)은 일반적인 기술로서 무선 탐색, 쌍곡선 항법으로 구성이 비교적 용이하고, 신호 타이밍의 차이를 사용하여 시각적으로 측정할 수 있는 계측 장비를 이용한다. 이 측량법은 위성항법시스템(GPS)과 함께 사용되며, 삼각측량은



[그림 1-29] 다변 측정 감시 시설(MLAT)의 작동 원리

위성항법시스템(GPS)의 기초로 삼변측량 또는 거리의 절대 측정을 사용하여 비행시간, 세 개 이상의 사이트 또는 삼각측량 절대 각도의 측정을 사용한다. 또한 두 스테이션까지의 거리의 차이에 기초하여 측정하는 기법과 위치 측정을 무한 수의 결과 두 스테이션 사이의 거리의 차이를 측정하는 절대 거리 또는 각도를 측량하는 정밀 측정법이다.

- 1) 도착 시간 편차(TDOA: Time Difference of Arrival)를 이용한 감시로서 Reverse GPS원리
- 2) 항공기의 위치 및 ID 정보를 제공하며, 초당 1회의 매우 높은 업데이트 속도
- 3) 1차·2차 감시레이더(PSR-SSR)보다 더 높은 정확도(5m 미만의 정확도)
- 4) GRS(Ground Receiving Station) 필요
- 5) 3대의 수신기를 이용하여 2차원 위치 제공 (지상 이동 감시)
- 6) 4대의 수신기를 이용하여 3차원 위치 제공 (공중의 항공기 감시)
- 7) 복잡한 대형 공항일수록 20개소 이상의 GRS 필요

#### 1.3.4.2 다변측정감시시설(MLAT)의 기술 기준

- (1) 다변측정감시시설(MLAT)은 항공기 또는 지상



이동 물체의 위치를 탐지하는 ‘탐지 장치’와 탐지한 위치 등의 정보를 관제용 현시 장치에 실시간으로 표시할 수 있도록 하는 ‘자료 처리 장치’로 구성되어야 한다.

- (2) 탐지 장치는 2차 감시레이더(SSR) 트랜스폰더를 이용하여 항공기 또는 지상 이동 물체에서 송신되는 신호를 지상의 몇 개의 수신기로 수신하여 위치 및 호출 부호 등의 정보를 자료 처리 장치에 제공할 수 있어야 한다.
- (3) 자료 처리 장치는 탐지 장치로부터 받은 정보를 분석하여 항공기, 또는 지상 이동 물체의 위치 및 이동 상황을 관제용 현시 장치에 실시간으로 표시할 수 있어야 한다.

### 1.3.5 레이더시설

#### (ASR/ARSR/SSR/ARTS/ASDE/PAR)

##### 1.3.5.1 레이더시설(ASR/ARSR/SSR/ARTS/ASDE/PAR)의 개념

- (1) 레이더(RADAR)의 약자는 Radio Detection And Ranging로서, 전파를 발사하여 물체에서 반사되는 반사파를 이용하여 목표물의 존재와 그 거리를 탐지하는 무선감시 장치이다.
- (2) 레이더(RADAR)는 반사하는 전파를 이용하는 방법에 따라 아래와 같이 구분한다.
  - 1) 목표물에서 반사해 온 전파만을 이용하는 1차 감시레이더(PSR)
  - 2) 전파가 부딪친 물체에서 같은 주파수나 다른 주파수의 전파를 자동적으로 재발사하여 그 전파를 이용하는 2차 감시레이더(SSR)
- (3) 처음 레이더(RADAR)가 개발되었을 때는 무엇

보다도 고출력 증폭 기술과 레이더(RADAR)의 감도를 높이기 위한 기술들이 큰 문제점으로 대두되었으나, 현재는 이와 같은 하드웨어(Hardware)적인 기술보다는 오히려 고밀도의 정보가 내포된 신호 처리와 실시간 정보를 빠른 시간 내에 처리할 수 있는 초고속, 대용량의 신호 처리인 소프트웨어(Software) 기술이 요구되고 있다.

- (4) 레이더(RADAR)는 전파 형식, 주파수 대역 등 사용 목적에 따라 여러 종류가 있으며, 시스템이 소형, 경량화, 디지털화, 반도체화, 신뢰도 및 자동화로 다목적 다기능화가 되어 가고 있다.
- (5) 기술적으로는 고분해 능력과 신호 처리기의 고속 대용량의 집적회로 제작 기술이 발전되어 감에 따라 다기능, 다차원, 다영역 신호 처리기가 출현되어 신호를 실시간으로 처리하는 능력이 향상되어가고 있는 상황이다.

##### 1.3.5.2 레이더시설(ASR/ARSR/SSR/ARTS/ASDE/PAR)의 분류

- (1) 레이더시설은 용도에 따라 구분하면 항해용 · 항만용 · 항공용 · 항공기 탑재용 · 기상용 · 중계용 · 사격용 레이더 등이 있다.
- (2) 미연방항공청(FAA)의 항공 체계에 사용되는 레이더는 다음과 같다.
  - 1) ASR(Airport Surveillance Radar)  
: 공항 감시레이더
  - 2) ARSR(Air Route Surveillance Radar)  
: 항공로 감시레이더

3) ASDE(Airport Surface Detection Equipment) : 공항 지상 감시레이더

4) TDWR(Terminal Doppler Weather Radar) : 공항 도플러 기상레이더

5) PAR(Precision Approach Radar) : 정밀 접근 레이더

(3) 레이더는 운영상 1차 감시레이더(PSR), 2차 감시레이더(SSR) 및 레이더 자료자동처리장치(SDPS; Surveillance Data Processing System) 등으로 구성되며 레이더 자료자동처리장치(SDPS)를 통상 ‘자동화레이더단말장치’(ARTS : Automatic Radar Terminal System)라고도 한다.

1) 1차 감시레이더(PSR : Primary Surveillance Radar)

지상 장비에서 전파를 발사하면 항공기나 공중 이동 물체에 반사되어 되돌아온 신호를 이용하여 물체를 식별해 내고 그 목표물의 거리, 방위를 탐지하는 장비이다. 레이더 탐지 거리 권내에 있는 항공기에서 반사되어 온 신호를 계산하여 거리 및 방위 정보를 지상의 관제사에게 제공하여 항공기 유도를 할 수 있도록 하는 장치이다.

2) 2차 감시레이더(SSR : Secondary Surveillance Radar)

레이더 송신기에서 안테나를 통하여 질문 전파를 발사하면 항공기에 탑재된 트랜스ponder는 그 전파를 수신한 후 약 3 $\mu$ s 지연시킨 후 응답 전파를 송신하며, 지상의 수신 장비(2차 감시레이더)에서 응답 코드를 분석하여 항공기 식

별 코드, 고도, 거리 및 방위 정보를 알려 주는 장치이다.

3) 자동화레이더단말장치(ARTS : Automatic Radar Terminal System)

지역 관제소(ACC) 및 접근 관제소(APP or TRACON or RAPCON)의 관제사에게 지역(항공로) 및 접근 관제 업무 수행에 필요한 레이더 탐색 자료와 각종 비행 자료 등을 컴퓨터로 전산 처리하여, 지역(항공로) 및 접근 관제 업무 수행에 필요한 제반 자료와 항공기 안전 운항과 관련된 정보를 지속적으로 제공함으로써, 지역(항공로) 및 접근 관제 업무 수행 능력과 안전 운항 증진을 목적으로 사용되는 항공관제 자동화 시스템이다.

(4) 항공로감시레이더(ARSR : Air Route Surveillance Radar)

항공로 감시레이더(ARSR)는 1차 감시레이더(PSR)에 비해 항공로 위주로 감시하도록 변형시킨 것이며, 1차 감시레이더(PSR), 2차 감시레이더(SSR) 및 자동화 레이더 단말장치(ARTS)로 구성된다. 사용 용도에 맞추어 전파 탐지 범위를 조정하여 용도에 맞게 사용하며, 안테나를 중심으로 반경 200해리 이내의 공역에 있는 항공로상의 항공기를 감시한다.

(5) 공항지상감시레이더(ASDE : Airport Surface Detection Equipment)

항공 수요가 많거나 공항 규모가 큰 곳에서 공항 지역(활주로, 유도로, 계류장 등)의 이동 물체(항공기, 지상 조업 차량 등)의 감시 및 통제 기능으로 사용하며, 특히 악(惡)기상 조건이나 야간에 매우 유

용하게 사용되는 시설이다. 공항 지상 감시레이더(ASDE)는 공중 항공기(Air Target)보다 지상을 중심으로 탐지(Scanning)하도록 변형시킨 것이다.

(6) 정밀접근레이더(PAR : Precision Approach Radar)

항공기 착륙 접근로에 대한 항공기의 위치를 탐지하고 항공기를 착륙시키기 위해 비행장에 설치하는 장비로, 15킬로미터 이상의 범위에 있는 항공기의 고도에 대한 정보까지 얻을 수 있으며, 주로 정밀 진입용 레이더로 최종접근절차(Final Approach)에 이용한다.

1.3.5.3 레이더시설(ASR/ARSR/ASDE/PAR)의 설치 위치

- (1) 1차 감시레이더(PSR) 및 2차 감시레이더(SSR)는 다음의 요건을 갖춘 위치에 설치해야 한다.
  - 1) 가능한 한 주변에 장애물이 적어 넓은 가시거리를 제공할 수 있는 지역이어야 한다.
  - 2) 안테나에서 반지름 450m 이내에는 가능한 한 장애물이 없어야 한다.
  - 3) 가능한 한 항공기가 착륙할 때까지 탐지할 수 있는 지역이어야 한다.
- (2) 공항지상감시레이더(ASDE)는 다음의 요건을 갖춘 위치에 설치해야 한다.
  - 1) 항공기 · 차량 등의 이동 물체를 탐지할 수 있는 가시거리가 확보되는 지역이어야 하고, 가능한 한 공항 관제탑 옥상, 또는 공항 전 구역이 탐지가 되는 장소에 설치해야 한다.
  - 2) 도파관(속이 빈 금속판으로 만든 마이크로파

전송로)에 의한 손실을 최소화할 수 있도록 안테나와 장비를 가능한 한 근접하여 설치해야 한다.

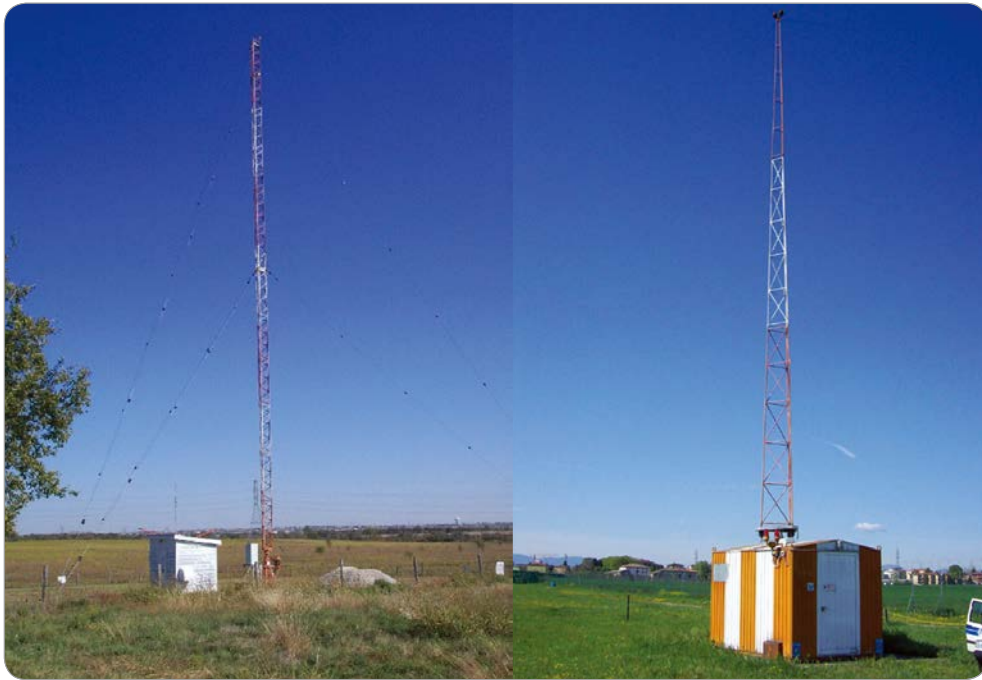
- (3) 정밀 접근 레이더(PAR)는 접지점에서 활주로 종단 방향으로 150미터(500피트) 지점을 중심으로, 활주로 중심선상 좌우  $\pm 5^\circ$  방위의 구역과 수직 각도  $-1^\circ$ 에서  $+6^\circ$ 까지의 구역을 탐지할 수 있는 위치에 설치되어야 한다.

1.3.6 무지향표지시설

(NDB; Non-Directional Radio Beacon)

1.3.6.1 무지향표지시설(NDB)의 개념

- (1) 무지향표지시설(NDB)이란 항행 중인 항공기가 목적지까지 안전하게 비행할 수 있도록 방향 정보를 무지향성(無指向性) 전파로 일정하게 계속 발사하여 항공기에 제공하는 시설로서, 무지향 표지 시설 방위(NDB Bearing)는 특정방향을 가리키는 점을 통과하는 선이다.
- (2) 무지향표지시설방위(NDB Bearing)는 항공기가 비행할 수 있는 경로를 정의하기 위하여 차트(Chart)화 되고 일관된 방법을 제공한다. 이러한 방식으로 무지향표지시설(NDB)은 전방향표지시설(VOR)과 마찬가지로 공중에 비행 경로를 정의할 수 있다. 항공기는 미리 정의된 경로를 따라 비행 계획을 완료하게 된다.
- (3) 북아메리카의 모든 무지향표지시설(NDB)이 190KHz~535KHz 사이에서 작동하지만, 항



[그림 1-30] 무지향 표지 시설(NDB : Non-Directional Beacons)

공에서 사용되는 무지향표지시설(NDB)은 190KHz와 1750KHz 사이의 주파수에서 무지향표지시설(NDB)이 작동되도록 지정하는 국제민간항공협약 부속서 10(ICAO Annex 10)에 의해 표준화되었다.

(4) 항공 항법 서비스에는 다음과 같이 4가지 유형의 무지향성 비콘(Beacon)이 있다.

- 1) 항공로를 표시하는 데 사용되는 무지향표지 시설(NDB) 경로
- 2) 무지향표지시설(NDB) 접근법
- 3) 로컬라이저 비콘(Localizer Beacon)
- 4) 로케이토 비콘(Locator Beacon)

(5) 로컬라이저 비콘(Localizer Beacon)과 로케이

터 비콘(Locator Beacon)은 계기착륙 시설(ILS)과 함께 사용된다.

### 1.3.6.2 무지향표지시설(NDB)의 기술 기준

(1) 190kHz에서 1,750kHz까지의 주파수대에서 운용되어야 하고, 주파수허용편차는  $\pm 0.01\%$  이내여야 한다. 다만, 1,606.5kHz 이상의 주파수로서 안테나의 출력이 200W 이상인 무지향 표지 시설인 경우의 주파수허용편차는  $\pm 0.005\%$  이내여야 한다.

(2) 식별 부호는 2 또는 3개의 문자로 구성된 국제 모尔斯 부호(Morse Code)를 사용해야 하고, 분당 7개 단어에 해당하는 속도로 전송되어야 한다.

(3) 정격(定格) 통달 범위에서의 최소 전계(電界) 강도는  $70\mu\text{W}/\text{m}$ 여야 한다.

### 1.3.6.3 무지향표지시설(NDB)의 설치 위치

무지향표지시설(NDB)은 계기착륙시설(ILS)의 보조용으로 사용하려는 경우에는 중간마커(MM) 및 외측마커(OM)와 같이 활주로 중심 연장선과 평행하게 설치해야 한다.

### 1.3.6.4 항공기 탑재용 자동방향탐지기(ADF)의 원리

(1) 항공기에는 선택한 무지향표지시설(NDB) 기지의 신호를 받아서 방향을 제시하여 주는 자동방향탐지기(ADF; Automatic Direction Finder) 계기가 장착되어 있다.

즉, 항공기에 탑재하여 전파의 도래 방향을 탐지하는 데 이용되는 장치이며, 지상의 무지향표지시설(NDB) 또는 일반 무선송신기에 의해 송신되는 전파의 특성을 이용하여 전파가 도래하는 방향을 자동적으로 연속 측정하여 그 결과를 계기에 표시하는 항공기 내의 장비로서, 이 장비를 이용하여 항공기가 자동으로 비행 방향을 확인한다.

- (2) 국제민간항공협약 부속서 10(ICAO Annex 10) 제1권에 의하여 규정된 내용에 의하면 허용편차 내에서 운용되는 로케이터(Locator)는 장·중파대(LF/MF) 무지향표지시설(NDB)로부터 방사된 70 $\mu$ W/m 이상의 전계 강도를 갖는 어떤 방향으로부터의 무선 신호와 원하는 신호로부터 90° 방향에서 방사된 불필요한 신호와는 자동방향탐지기(ADF)에 의해 주어지는 방위의 오차는  $\pm 5^\circ$  이내이어야 한다.
- (3) 동일 주파수상에서 15dB만큼 약한 경우
- (4)  $\pm 2$ KHz 간격의 주파수에서 4dB만큼 약한 경우
- (5)  $\pm 6$ KHz 이상에서 55dB만큼 강한 경우

### 1.3.7 범용접속데이터통신시설

#### (UAT; Universal Access Transceiver)

#### 1.3.7.1 범용접속데이터통신시설(UAT)의 개념

- (1) 범용접속데이터통신시설(UAT)의 주요 목적은 조종사에게 더 많은 상황 인식을 할 수 있는 운항 환경에 대한 데이터를 제공하여 안전 운항의 목표를 지원하는 것이다.
- (2) 항공기에서 항공교통상황, 날씨 및 기타 중요한 정보를 수신하는 동안 항공기의 위치 및 성능 데이터를 방송할 수 있다. 특히, 범용접속데이터통신시설(UAT)은 자동중속감시시설(ADS) 및 방송용자동중속감시시설(ADS-B)에 참여하는 항공기를 주기적으로 항공기의 위치 및 다른 항공기 또는 지상방송시설의 방송 정보를 감시하는 기능을 갖추고 있다. 범용접속데이터통신시설(UAT) 지상국은 범용접속데이터통신시설(UAT) 탑재 장비가 장착된 항공기로부터 송출된 방송용자동중속감시시설(ADS-B)의 방송 신호를 주기적으로 수신하며, 이 수신된 메시지는 항공기의 현재 위치, 속도 벡터, 호출 부호(Call Sign)에 관한 정보를 가지고 있다.
- (3) 지상국은 데이터를 디코딩해서 표준 ASTRIX 포맷으로 변환하고, 네트워크를 통해서 방송용자동 중속 감시 시설(ADS-B) 서버로 전달하여 항공 감시에 활용된다.
- (4) 또한 범용접속데이터통신시설(UAT)은 소형 항공기 및 감시레이더가 적용되지 않는 전국 공역 시스템의 저고도에서 작동하는 항공기에 대한 상황 인식을 크게 향상시키는 디지털라디

오시스템(Digital Radio System)이다.

- (5) 이 기술은 방송용 자동 종속 감시 시설(ADS-B) 기능을 포함하여 비행 안전에 중요한 여러 방송 데이터 서비스를 지원한다. 방송용 자동 종속 감시 시설(ADS-B) 기술은 초당 1회 명목상으로 항공기의 위치 데이터를 다른 항공기 및 지상의 공항 차량에 전달하므로 항공기가 인근 항공기 및 지상 차량을 사실상 볼 수 있는 효과를 제공한다.
- (6) 범용접속데이터통신시설(UAT)은 3MHz의 주파수 대역폭을 가지며 공대공(Air-to-Air), 공대지(Air-to-Ground) 등의 감시 및 상황별 경고등에 응용하기 위한 최적화 데이터 링크로서 방송용 자동 종속 감시 시설(ADS-B)용 데이터 링크 중에서 가장 최근에 개발된 것이다.

### 1.3.7.2 범용접속데이터통신시설(UAT)의 기능

- (1) 범용접속데이터통신시설(UAT)은 960MHz~1215MHz 대역에 적합하고, 그 대역 내에서 가장 적합한 동작 주파수를 결정한다.
- (2) 범용접속데이터통신시설(UAT)은 방송용 자동 종속 감시 시설(ADS-B)뿐만 아니라, 단지 방송-비행 정보 서비스(FIS-B)와, 교통정보 서비스를 방송 지원하도록 의도되고, 향후 필요 시 항공정보 서비스(TIS-B)도 지원하고, 부가 거리 측정 및 방위 측정 기능이 규칙에 필요한 표준 설정으로 인해, 일반 항공 사용자를 위한 가장 효과적인 응용 프로그램이다.
- (3) 공항 지역과 항공로에서 비행에 필요한 최소한의 항공 정보를 1,041667Mbps의 변조율로

978Mhz를 이용한 데이터 링크 통신 기능을 제공한다.

- (4) 자동 종속감시시설(ADS)에 참여하는 항공기는 주기적으로 다른 항공기 및 지상 시설의 방송 정보를 감시한다.
- (5) 지상국은 범용접속데이터통신시설(UAT) 장비가 탑재된 항공기로부터 송출된 자동종속감시 방송 신호를 주기적으로 수신하며 이를 통해 항공기의 현재 위치, 속도, 등록 부호 등을 확인한다.

### 1.3.7.3 범용접속데이터통신시설(UAT)의 기술 기준

- (1) 송신 주파수는 978Mhz여야 한다.
- (2) 무선주파수 안정도는 할당된 주파수로부터  $\pm 0.002\%$ (20ppm) 이상 변화하지 않아야 한다.
- (3) 항공기 또는 지상국 장치의 최대 전력은 +58dBm을 초과하지 않아야 한다.

## 1.3.8 위성항법감시시설

### (GNSS Monitoring System)

#### 1.3.8.1 위성항법감시시설(GNSS Monitoring System)의 개념

- (1) 위성항법시설(GNSS)은 현재 국방, 행정, 통신 등 경제 및 사회 전반에 활용되고 있다. 다수의 인공위성에서 발사하는 무선 신호를 이용한 고정 이동체의 3차원 측지 위치, 속도 및 시간을 제공하는 전 세계적인 무선항법이다.
- (2) 또한 지금까지의 비행 구간별로 각각 구성된 전파항법 시스템을 완전히 대체하여, 하나의 시스템으로 항공기의 이륙에서 착륙까지 전 비행 단계를 지원할 수 있다.

- (3) 위성항법 시스템은 원래 미국과 러시아가 군용으로 개발하였으나 후에 미국이 항공용으로 사용할 수 있게 개발하였다.
- (4) 그 후 유럽, 중국, 인도 및 일본 등이 독자적으로 위성항법 시스템을 개발하고 있으나 아직 정상적으로 운영하고 있지는 않으며, 이들 시스템이 제공하는 성능이 민항과 공용으로 사용하기에는 충분하지가 못하여 지상에 이들 시스템의 특성을 보강하는 시스템이 필요하다.
- (5) 위성항법시설(GNSS)은 한 개 또는 그 이상의 위성 배열과 항공기에 장착된 수신기, 지상의 감시국 및 시스템 보전성 감시 체계로 구성된다.
- (6) 위성항법시설(GNSS)은 사용자에게 지리적 위치에 관계없이 표준 측지 기준 시스템을 제공하여 운항 상태에서의 위치 결정 능력을 향상시켜 준다.

### 1.3.8.2 위성항법감시시설(GNSS Monitoring System)의 기능

- (1) 위성항법감시시설은 위성항법시설(GNSS) 신호의 가용성을 실시간으로 감시하거나, 위치 정보 제공 위성의 운용 상태 등에 대한 정보를 제공하는 기능을 갖는다.
- (2) 위성항법감시시설은 위치 정보 제공 위성의 운용 상태 등에 대한 정보를 제공하기 위하여 사용 가능한 위치 정보 제공 위성의 수를 예측할 수 있어야 한다.

### 1.3.8.3 위성항법감시시설(GNSS Monitoring System)의 기술 기준

- (1) 위성항법감시시설의 가용성은 위성항법 시설

(GNSS) 신호를 실시간으로 감시하는 방식에 따라 판단하여야 한다.

- (2) 위성항법감시시설 가용성의 판단 기준은 「국제 민간항공협약」 부속서 10(ICAO Annex 10)에 따라 평균적 위치(Average Location)에서는 수평 및 수직 99% 이상, 극단적 위치(Worst case Location)에서는 수평 및 수직 90% 이상이어야 한다.

## 1.3.9 위성항법시설(GNSS/SBAS/GRAS/GBAS)

### 1.3.9.1 위성항법시설(GNSS/SBAS/GRAS/GBAS)의 개념

- (1) 위성항법시스템(GNSS; Global Navigation Satellite System)

위치 정보 제공 위성 등을 활용하여 위치 정보 이용자에게 3차원 측지 위치, 속도 및 시간을 제공하는 기능을 갖는다. 또한 지금까지의 비행 구간별로 각각 구성된 전파항법 시스템을 완전히 대체하여, 하나의 시스템으로 항공기의 이륙에서 착륙까지 전 비행 단계를 지원할 수 있다.

- (2) 위성기반보정시스템(SBAS; Satellite-Based Augmentation System)

- 1) 위성을 기반으로 하는 위성항법보정시스템으로, 정지궤도 위성에서 전송되는 메시지를 통하여 위성항법 신호의 오차 및 무결점 정보를 제공하는 시스템이다. 즉, 위성항법시설(GNSS)의 위치 오차를 보정한 정보를 위성을 통해 사용자에게 전달하는 광역(Wide-Area)의 위성항법보정시스템이다.

- 2) 위성항법시설(GNSS)의 위성은 지상으로부터 아주 높은 고도에 위치하여 지역에 따라 시간차가 발생하고, 위성 신호가 전리층(電離層)을 통과할 때 신호가 지연되어 오차가 발생된다. 그래서 이를 수신한 지상국은 위성항법시설(GNSS) 지역에 따라 달라지는 시차와 신호 지연 차이의 오차를 정밀하게 보정하여 다시 위성에 보내고, 위성은 최종 사용자(End User)에게 보정된 정보를 전송한다.
- 3) 따라서 위성기반보정시스템(SBAS)은 정밀도(Accuracy), 신뢰성(Reliability), 가용성(Availability), 무결점(Integrity)의 측면에서 우수하다. 그리고 위성을 사용하기 때문에 광역 서비스를 할 수 있다.
- 4) 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)는 위성기반보정시스템(SBAS)과 위성항법지역보강시스템(GBAS)을 위성보정시스템의 국제 표준으로 지정하였으며, 위성기반보정시스템(SBAS)의 인증 권한은 해당 국가에 위임하였다. 우리나라가 2020년까지 오차 범위 3m 이내로 항공로를 안내해 주는 초정밀 위치정보보정시스템을 개발하여 운영하겠다고 보도 자료를 통해 밝혔다.
- 5) 국제민간항공기구(ICAO)는 위성기반보정시스템(SBAS)을 국제표준화 하고 2025년까지 전 세계 운용을 목표로 각국에 적용할 것을 권고하고 있다. 그러면서 미국의 광역오차보정시스템(WAAS)의 설계와 부합하는 메시지 포맷과 주파수를 전송해야 한다고 규정하고 있다.
- (3) 위성항법지역기반보정시스템(GRAS; Ground-based Regional Augmentation System)  
위성항법지역보강시스템(GBAS)의 기능을 1개 공항에서 주변 공항까지 보다 넓은 지역 단위로 확장시켜 운용하는 개념이다.
- (4) 위성항법지역보강시스템(GBAS; Ground Based Augmentation System)
  - 1) 위성항법시설(GNSS)으로부터 수신되는 위성 신호의 오차를 보정하고 시스템의 운용 상태를 확인해 오동작 여부를 알려 주는 지상 시스템과, 이를 초고주파 방송으로 수신해 정밀한 자기 위치를 계산하는 항공기의 탑재 시스템으로 구성된다. 공항 주변 23해리 반경에서 탐색 및 정밀 접근 서비스를 제공한다.
  - 2) 위성항법지역보강시스템(GBAS)을 항공기에 적용하게 되면 양방향 활주로를 사용할 수 있으며, 선회 접근(Circling Approach)을 가능케 해 공항 혼잡을 막고 항공운항의 안전을 확보하는 등 공항의 이·착륙 효율성을 증대시킨다.
  - 3) 위성항법 지역 보강 시스템(GBAS)은 지상 기반 송신기로부터 초고주파(VHF) 무선 데이터 링크를 통해 그것의 오차 보정 메시지를 방송하는, 기준국 공항(약 23해리 반경)의 주변에서 탐색 및 정밀 접근 서비스를 제공한다.
  - 4) 위성항법 지역 보강 시스템(GBAS)은 매우 높은 정확도, 가용성, 무결점 범주에 필요한 시스템으로 현재는 CAT-I 정도 수준이지만 결국 CAT-II 및 III 정밀 착륙 접근 방식도 지원이 가능할 것으로 예상된다.



1.3.9.2 위성항법시설(GNSS/SBAS/GRAS/GBAS)의 기술 기준

- (1) 위치정보제공위성(GPS 등)은 전 세계에 지리적 위치 정보와 시간 정보를 제공해야 한다.
- (2) 위성항법광역보정시설(SBAS 또는 GRAS)은 위성통신 또는 여러 개의 단거리 무선 데이터 통신 등을 이용하여 넓은 지역에 위치 정보 제공 위성의 보정 정보를 제공해야 한다.
- (3) 위성항법지역보강시설(GBAS)은 단거리 무선 데이터통신 등을 이용하여 공항에 접근하는 항공기에게 위치 정보 제공 위성의 보정 정보를 제공해야 한다.
- (4) 위성항법시설은 세계 지리 좌표계(WGS-84) 및 국제표준시간(UTC; Coordinated Universal Time)을 적용해야 한다.

1.3.10 자동종속감시시설(ADS, ADS-B, ADS-C)

1.3.10.1 자동종속감시시설(ADS, ADS-B, ADS-C)의 기능

- (1) 자동종속감시시설  
(ADS : Automatic Dependent Surveillance)  
항공기가 위성항법 시스템으로 탐지한 위치 정보를 인공위성을 통하여 지상의 관제소에 전송하면, 지상의 관제소는 이를 분석하여 레이더와 비슷하게 항공기의 편명, 위치, 고도, 속도 등을 화면에 나타내게 된다.
- (2) 방송용자동종속감시시설  
(ADS-B : Automatic Dependent Surveillance - Broadcasting)  
방송용자동종속감시시설(ADS-B)을 통해 항공기

의 위치를 결정하는 감시 기술로 장비를 탑재한 항공기가 인공위성으로부터 신호를 수신하면 항공기의 위치, 속도 등의 정보를 공유하는 상호 협조형 차세대 감시 시스템. 항공기가 스스로 감시 정보를 방송용 자동 종속 감시 장비를 탑재한 다른 항공기에게 일괄 송신하여 공중 또는 지상에서의 충돌 사고도 예방한다.

(3) 자동종속감시협약

(ADS-C: Automatic Dependent Surveillance-Contact Agreement)

항공기와 지상 시스템 간의 데이터 링크를 통한 정보 교환의 조건, 범위 등을 규정한다. 자동 종속 감시 협약은 자동 종속 감시 메시지 수신을 확인하기 위해 항공기와 계약을 맺은 항공교통업무 부서 간 직접 접속 방식(Peer to Peer) 관계를 필요로 한다.

1.3.10.2 자동종속감시시설(ADS, ADS-B, ADS-C)의 기술 기준

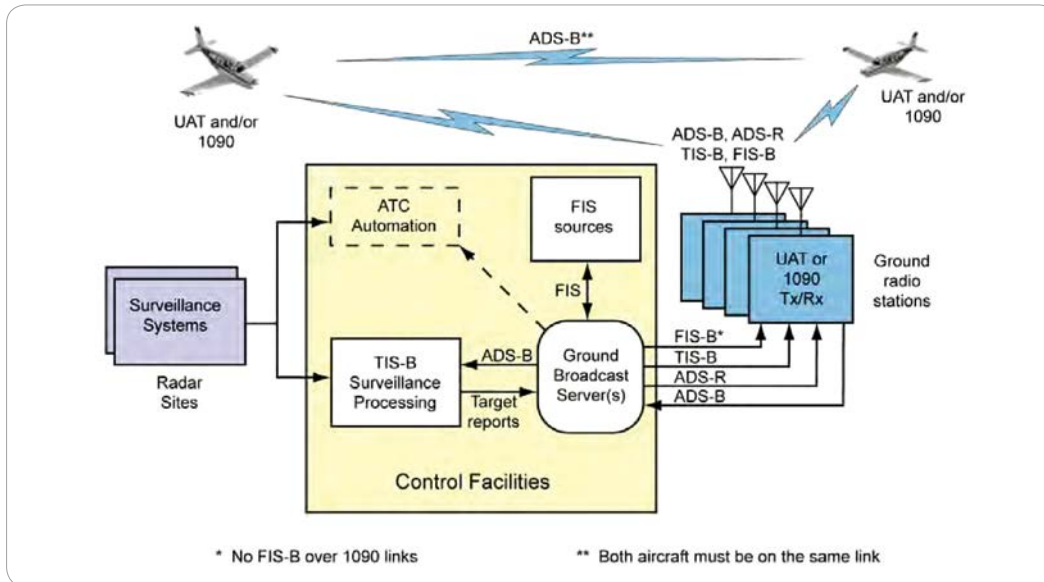
(1) 자동종속감시시설(ADS)

- 1) 자동종속감시시설(ADS)의 가용성(Availability)은 99.996% 이상이어야 하며, 무결점(Integrity)은 10<sup>-7</sup> 이상이어야 한다.

- 2) 자동종속감시시설(ADS)은 요구 접속 · 사건 접속 · 주기 접속, 또는 비상 모드 등의 형태로 운용되어야 한다..

(2) 방송용자동종속감시시설(ADS-B)

- 1) 방송용자동종속감시시설(ADS-B)의 통신 방식(Protocol)은 1,090MHz ES(Extended Squitter), 초단파디지털이동통신시설(VDL), 또는 범용접속데이터통신시설(UAT)을 사용할 수 있어야 한다.



[그림 1-31] 자동종속감시시설(ADS, ADS-B, ADS-C) 운영 체계

2) 1090MHz ES를 통하여 운용되는 방송용자동종속감시시설(ADS-B)은 TIS-B(Traffic Information Service-Broadcast)의 정보를 처리할 수 있어야 한다.

### 1.3.11 전방향표지시설

(VOR: VHF Omni-directional Range)

#### 1.3.11.1 전방향표지시설(VOR)의 개념

- (1) 전방향표지시설(VOR)은 진입 또는 항행하는 항공기에게 자북(磁北)을 기준으로 방위각 정보를 제공하여 준다.
- (2) 사용 주파수는 대개의 경우 FREQ PAIRING, 또는 CHANNEL PAIRING으로 쓰고 있다. 이는 신호의 간섭을 회피하기 위함이며, 또한 조작을 간편하게 하기 위해서다. 예를 들면 VOR/DME, LLZ/DME이고, 운용 주파수는

108MHz~118MHz(VHF대)이다.

- (3) 전방향표지시설(VOR)은 Very high frequency Omni directional Range의 약자로서, 1960년대부터 국제민간항공기구(ICAO)에서 단거리용 국제 표준 항행 지원 시설로 채용하여 무지향 표지 시설(NDB)과 함께 항행을 위한 주 표지국으로 이용되는 시설이다.
- (4) 전방향표지시설(VOR)의 지상 시설은 민간항공의 국내 항공로에서는 주 항법시설이며, 저(低)주파수 시설에서 있었던 대기의 공전 간섭이나 기타 제한이 제거된 항법 시스템이다.
- (5) 전방향표지시설(VOR)의 VHF 송신 장점으로 는 정전기의 영향이 무지향표지시설(NDB)에 비해 극히 적어서 안정하다는 것과, 코스의 정확성(+2° 이내)이 높다는 것 등이 있다.
- (6) 전방향표지시설(VOR)의 용도별 종류는 다음과 같다.

- 1) T VOR(Terminal VOR) : 공항 내 거리 측정 시설(DME)과 병설하여 비정밀 접근용(Non-Precision Approach)으로 항행안전무선시설로 사용된다.
- 2) En-Route VOR(VORTAC) : 보통 산꼭대기에 전술 항행 표지 시설(TACAN)과 병설하여 항공로용으로 사용된다.
- (7) 전방향표지시설(VOR)은 통상 신호 발생별로 분류하여 컨벤셔널 방식인 CVOR(Conventional VOR)과 도플러 방식인 DVOR(Doppler VOR)로 이루어져 있다. 그 차이점은 CVOR의 기준 위상은 FM 변조, 가변 위상은 AM 변조로 이루어지는 데 반해, DVOR의 기준 위상은 AM 변조, 가변 위상은 FM 변조로 이루어진다는 것이다. 근래에는 방위 오차를 줄이기 위해서 CVOR보다는 DVOR을 선호하는 추세이다.

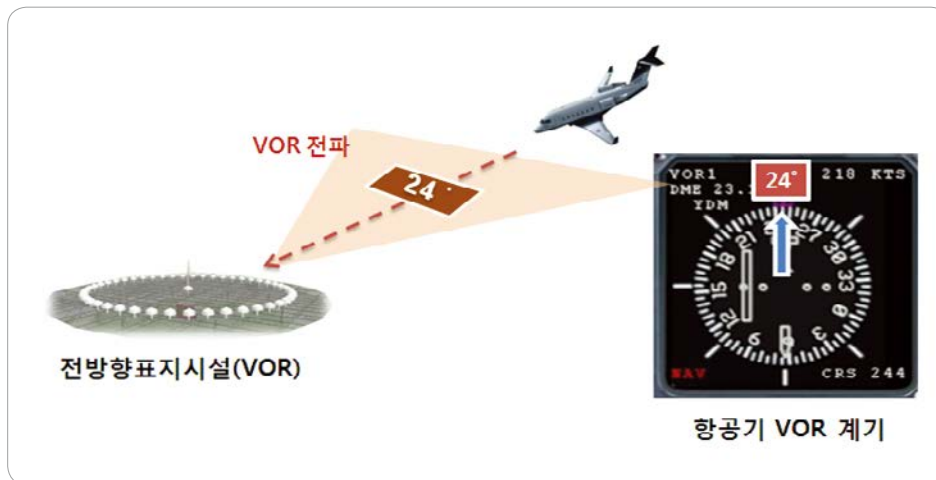
1.3.11.2 전방향표지시설(VOR)의 기능

- (1) 전방향표지시설(VOR)의 기준 위상은 AM 변조

- 방식을, 가변 위상은 FM 변조로 이루어져 있고, 방위별 가변 위상의 차이로 방위각을 구분한다.
- (2) 전방향표지시설(VOR)의 지상국은 360° 전방향으로 전파를 방사하며, 무지향 표지 시설(NDB)에 비해 정전기 및 강수 현상 등 대기의 영향이 없다는 장점이 있다.
- (3) 전방향표지시설(VOR)의 VHF 송신 특성상 가시거리 송신(Line-of-Sight) 전파의 직진성으로 인하여 장애물에 의한 전파 차단, 도달 거리의 제한 등을 보완할 많은 시설이 요구된다.

1.3.11.3 전방향표지시설(VOR)의 기술 기준

- (1) 반송파의 주파수대는 111.975MHz에서 117.975MHz까지의 주파수대에서 운용되어야 하고, 「국제 민간항공협약」 부속서 10(ICAO Annex 10)에 따라 허용되는 경우에는 108MHz에서 111.975MHz까지의 주파수대에서 운용될 수 있다. 다만, 최고 할당 가능한 주파수는 117.950MHz여야 하며, 채널 간격은 50kHz이어야 한다.



[그림 1-32] 전방향표지시설(VOR) 운용 체계

- (2) 채널 간격이 100kHz 또는 200kHz인 경우, 무선 주파수 반송파의 주파수허용편차는  $\pm 0.005\%$  여야 하고, 채널 간격이 50KHz인 경우에는  $\pm 0.002\%$  이내여야 한다.
- (3) 규정된 유효 통달 범위에서 항공기의 수신기가 만족스럽게 운용될 수 있도록 요구되는 전방향 표지 시설(VOR)이어야 한다.
- (4) 규정된 유효 통달 범위에서의 무선주파수 반송 파는 다음의 두 가지 신호로 진폭변조가 되어야 한다.
  - 1) 30Hz에 의한 주파수 변조로  $16 \pm 1$ 의 변위 비율을 가지는 일정한 진폭을 가진 9,960Hz의 부반송파
    - ① 컨벤셔널 방식 전방향 표지 시설(CVOR)의 경우에 주파수 변조(FM) 부반송파의 30Hz 성분은 방위에 관계없이 고정되어야 하며, 이를 기준 위상 신호라 한다.
    - ② 도플러 방식 전방향 표지 시설(DVOR)의 경우에 30Hz 성분의 위상은 방위에 따라 변하며, 이를 가변 위상 신호라 한다.
  - 2) 30Hz 진폭 변조 성분
    - ① 컨벤셔널 방식 전방향 표지 시설(CVOR)의 경우에 이 진폭변조 성분은 회전 전계 패턴에 의하여 발생하고 위상은 방위에 따라 변하며, 이를 가변 위상 신호라 한다.
    - ② 도플러 방식 전방향 표지 시설(DVOR)의 경우에 이 진폭변조 성분은 방위에 관계없이 일정한 위상으로 전(全)방향으로 방사되며, 이를 기준 위상 신호라 한다. 시설의 공간 전계 강도 또는 전력 밀도는  $90\mu\text{W}/\text{m}^2$  또는  $-107\text{dBW}/\text{m}^2$ 여야 한다.



[그림 1-33] 전방향 표지 시설(VOR)

- (5) 9,960Hz의 부반송파에 의한 무선주파수 반송 파의 변조도는 28%~32% 이내여야 한다.
- (6) 식별 부호는 2개 또는 3개의 문자로 구성된 국제 모스부호(Morse Code)를 사용해야 하고, 분 당 약 7개 단어에 해당하는 속도로  $1,020\text{Hz} \pm 50\text{Hz}$ 로 변조되어 송신되어야 하며, 최소한 30초 마다 3회씩 동일한 간격으로 송신되어야 한다. 이 경우에 이들 식별 부호 중 하나는 음성 식별 부호의 형태로 할 수 있으며, 전방향표지시설 (VOR)과 거리측정시설(DME)이 병설되는 경우, 거리 측정 시설(DME) 식별 부호는 전방향 표지 시설(VOR)의 식별 부호에 연동되어야 한다.

#### 1.3.11.4 전방향표지시설(VOR)의 설치 위치

- (1) 가능한 한 주변의 지형지물 또는 인공 구조물로부터 영향을 받지 않는 곳에 설치하고, 반 송파 안테나에서 반지름 300미터(1,000피트) 까지의 지면은 평탄성을 유지하거나 경사면이 4% 이내여야 한다.
- (2) 안테나에서 반지름 150m 이내 지역의 수평면 위로 1.2도의 각도 안에는 전파장애가 되는 구조물이 없어야 한다.

- (3) 지형 여건 등이 부득이한 경우, 도플러방식전 방향표지시설(DVOR)은 상기 (1) 및 (2)에 적합하지 않는 곳에 설치할 수 있으나 전방향표지시설(VOR)의 정상적인 기능에 큰 영향이 없어야 한다.

### 1.3.12 전술항행표지시설

#### (TACAN : TACTical Air Navigation)

##### 1.3.12.1 전술항행표지시설(TACAN)의 개념

- (1) 전술항행표지시설(TACAN)은 1955년 VOR 장비를 개량하여 미 해군에 의해 개발된 것으로서 UHF대(962~1,213MHz)의 펄스 전파를 이용한다.
- (2) 전방향표지시설(VOR)은 방위각 정보를, 그리고 거리 측정 시설(DME)은 거리 정보를 제공하는 데 비하여, 전술 항행 표지 시설(TACAN)은 항행 중인 항공기에서 지상국으로부터의 방위와 거리 정보를 동시에 얻을 수 있다.
- (3) 전술항행표지시설(TACAN)의 방위각 정보 시스템은 주파수나 신호의 구성이 VOR과 전혀 다르며, 전방향표지시설(VOR)은 주로 민간 항공기, 전술항행표지시설(TACAN)은 주로 군용 항공기에 의해 이용되고 있다.
- (4) 거리 정보 시스템은 거리측정시설(DME)처럼 항공기상의 질문기와 지상의 응답기로 구성되며, 질문/응답 신호, 주파수, 채널 등이 거리측정시설(DME)과 동일하다.

##### 1.3.12.2 전술항행표지시설(TACAN)의 기능

전술항행표지시설(TACAN)은 자북을 기준으로 한

방위각 정보와 지상의 기준점으로부터 항공기까지의 경사거리(Slant Range) 정보를 항공기에 제공하는 기능을 갖는다.

##### 1.3.12.3 전술항행표지시설(TACAN)의 기술 기준

- (1) 전술항행표지시설(TACAN)은 다음의 기술 기준 외에 거리 정보 제공에 관하여 거리 측정 시설(DME)과 동일한 기술 기준을 갖추어야 한다.
- (2) 방위각 정보를 제공하기 위하여 15Hz 및 135Hz의 진폭변조가 이루어져야 한다.
- (3) 15Hz의 최고 진폭이 정동방향에 위치할 경우 자북 기준 신호가 송신되어야 하고, 자북 기준 신호로부터 40°의 간격을 갖는 보조 기준 신호를 송신해야 한다.
- (4) 자북 기준 신호는 두 개의 펄스(Pulse) 간격이  $12\mu s \pm 0.1\mu s$ 이고, 펄스(Pulse) 쌍 간의 간격이  $30\mu s \pm 0.1\mu s$ 인 펄스(Pulse) 쌍들이 1초당 180개 송신되며, 보조 기준 신호는 펄스(Pulse) 쌍의 간격이  $12\mu s \pm 0.1\mu s$ 이고 펄스(Pulse) 쌍 간의 간격이  $24\mu s \pm 0.1\mu s$ 인 펄스(Pulse) 쌍이 1초당 720개 송신되어야 한다.
- (5) 신호의 송신은 방위 기준 신호, 식별 부호, 거리 질문 응답 신호, 잠음 신호의 순서여야 한다.
- (6) 운용 범위 안의 전계 강도는 거리측정시설(DME)과 같고, 통달 범위는 수평면 위로 40° 이상이어야 한다.
- (7) 방위각 정보의 오차는  $\pm 2.0^\circ$  이하여야 한다.
- (8) 전술항행표지시설(TACAN)은 전파 복사가 쉽고, 송신된 신호가 강하게 반사되지 않는 곳에 설치되어야 한다.

## 1.4 항공정보통신시설의 종류

공항시설법 제2조 제18호에 의하면 ‘항공정보통신 시설’이란 전기통신을 이용하여 항공교통업무에 필요한 정보를 제공·교환하기 위한 시설로서 국토교통부령으로 정하는 시설을 말한다.

국토교통부령으로 정하는 시설은 다음과 같이 항공고정통신시설, 항공이동통신시설 및 항공정보방송시설 등이 있다.(공항시설법 시행규칙 제8조)

### 1.4.1 항공고정통신시설

항공고정통신시설에는 항공고정통신시스템(AFTN/MHS), 항공관제정보교환시스템(AIDC), 항공정보처리시스템(AMHS), 항공종합통신시스템(ATN) 등이 있다.

#### 1.4.1.1 항공고정통신시스템(AFTN/MHS)

(1) 항공고정통신시스템(AFTN/MHS)의 개념

- 1) 항공고정통신시스템(Aeronautical Fixed Telecommunication Network)이란, 항공고정통신국 간의 항공기 운항 관련 정보를 제공하기 위해 전 세계 항공 관련 기관에 연결된 네트워크를 말한다.
- 2) 항공고정통신시스템(AFTN/MHS)은 국제민간항공기구(ICAO)에서 전 세계 각 가입국 간에 구성된 지상 통신망인 항공고정통신망(AFTN)을 통하여 항공 업무 종사자들에게 항공기 운항에 필요한 정보를 실시간으로 제공하는 시설을 말한다.
- 3) 현재 우리나라 항공고정통신시설의 통신망은

김포공항 항공고정통신센터를 중심으로 한국-일본 및 한국-중국 간의 국제 통신망, 그리고 국내 인천국제공항과 14개 지방 공항 및 항공기관, 항공사, 항공업체 등으로 구성된 국내 통신망으로 구성되어 있다.

- 4) 국제 통신망은 X.25 통신 방식을 사용하며, 국내 통신망은 김포공항의 항공고정통신센터를 중심으로 TCP/IP 기반의 ATM과 Frame Relay 방식을 사용하여 국내 가입자에게 항공 정보를 제공하고 있다.
- 5) 일반적으로 비행 계획서, 항공기 출발, 도착, 기상, 항공고시보(NOTAM) 등을 항공 관련 기관 간에 상호 교환하는 통신망이다.

(2) 항공고정통신시스템(AFTN/MHS)의 기능

- 1) 각 국가의 고정된 지점에 위치한 항공고정통신망(AFTN) 통신 센터 및 가입자 간 항공 정보(비행 계획, NOTAM, 항공기상 조난, 긴급, 수색, 구조 정보)를 교환하는 기능을 제공한다.
- 2) 송신 또는 수신 되는 정보는 조난 통신, 긴급 통신, 비행 계획 통신, 항공 관리 통보 등 국제 항공의 안전과 정상 운항에 관한 클래스 A 통보(Class A Message), 그리고 72시간 내에 출발하는 항공기의 적재 중량 및 탑승 인원 등에 관한 클래스 B 통보(Class B Message), 이렇게 2종으로 구분된다.

(3) 항공고정통신시스템(AFTN/MHS)의 기술 기준

- 1) 국내외 항공 정보교환은 문자 기반의 형식화(IA-5)된 항공 정보를 교환하여야 한다.
- 2) 모든 항공 고정통신 시스템(AFTN) 가입자는

고유한 8자리 어드레스(Address)를 부여받아야 하며, 사용 시간은 세계 표준시(UTC)를 사용하여야 한다.

- 3) 모든 항공 정보는 저장 및 전송(Store-and-Forward) 방식으로 처리되어야 하며, 처리된 항공 정보는 30일 이상 보존되어야 한다.

(4) 항공고정통신시스템(AFTN/MHS)에서 처리되는 전문의 우선순위별 종류

- 1) 조난 전문(SS)
- 2) 긴급 전문(DD)
- 3) 비행 안전 전문(FF)
- 4) 기상 전문(GG)
- 5) 비행 규칙 전문(GG)
- 6) 항공 정보 업무(AIS) 전문(GG)
- 7) 항공 행정 전문(KK)
- 8) 서비스 전문(적당한 우선순위)

#### 1.4.1.2 항공관제정보교환시스템(AIDC: ATS Interfacility Data Communication)

(1) 항공관제정보교환시스템(AIDC)의 개념

- 1) 항공관제정보교환시스템(AIDC: ATS Interfacility Data Communication)은 인접한 ATC 시스템 간의 데이터통신을 위한 프로토콜 표준으로 각 프로토콜은 ATC 시스템 간의 관제 이양 및 비행 계획 등의 정보교환을 위한 메시지 규약을 정의하고 있다.
- 2) 항공기의 관제를 한 관제권에서 다른 관제권으로 이양하는 과정으로 ACC 시스템은 시설 간 시스템 인터페이스를 구축하여 자동 절차에 의한 관제 이양을 수행함으로써 21세기 증가하는

항공교통량을 능동적으로 처리하고, 시설 간 관제 이양을 효율적으로 수행하기 위하여 항공관제정보교환시스템(AIDC) 메시지를 이용한 자동 관제 이양이 가능하도록 개발되었다.

- 3) 국제민간항공기구(ICAO) 방식의 항공관제정보교환시스템(AIDC) 관제 이양 절차는 관제사의 개입이 필요한 수동 관제 이양 절차 방식으로 시설(국가) 간에 사용하기 위해서는, 항공관제정보교환시스템(AIDC) 메시지 교환에 대한 절차가 수립되어야 한다.
- 4) 국제민간항공기구(ICAO)의 표준 항공관제정보교환시스템(AIDC) 메시지 처리 절차에 따르면, 고도 변경 사항에 대해서는 CDN 메시지를 사용하도록 되어 있으며, CDN 메시지는 수동으로 처리하도록 되어 있다.
- 5) 기존에는 음성 통신을 통해 각 관제소 간에 관제 정보를 교환하였으나, 이를 데이터통신망을 통해 여러 가지 표준 메시지를 교환함으로써 관제의 신뢰성을 높이고 항공기의 안전 운항에 많은 도움이 되고 있다.

(2) 항공관제정보교환시스템(AIDC)의 기능  
국내의 항공교통관제 기관 간에 관제를 위한 정보를 제공한다.

- (3) 항공관제정보교환시스템(AIDC)의 기술 기준
  - 1) 전기통신에 의한 방식으로 접속하여 데이터 통신을 할 수 있어야 한다.
  - 2) 지점 대 지점 간의 양방향 통신이 가능해야 한다.
  - 3) 국제표준화기구(ISO)의 개방형 상호 접속 방식(OSI)의 통신 표준 프로토콜을 사용해야 한다.

(4) 항공관제정보교환시스템(AIDC) 메시지의 종류

[표 1-3] 항공관제 정보교환 시스템(AIDC) 메시지의 종류

ABI 사전 경계 정보	Advance Boundary Information
ACP 접수	Acceptance
ADS 자동 종속 감시 시설	Surveillance ADS-C
AOC 비행장 장애물도	Airline Operational Control or Assumption of Control
ASM	Application Status Monitor
CDN 조정	Coordination
CPL 최신 비행 계획서	Current Flight Plan
EMG 비상	Emergency
EST 예측, 예정	Coordination Estimate
FAN	FANS Application Message
FCN	FANS Completion Notification
LAM 확인 응답	Logical Acknowledgement Message
LRM	Logical Rejection Message
MAC	Coordination Cancellation
MIS	Miscellaneous
PAC	Preactivation
REJ 거절	Rejection
TDM	Track Definition Message
TOC	Transfer of Control
TRU	Track Update

1.4.1.3 항공정보처리시스템(AMHS;

Aeronautical Message Handling System)

(1) 항공정보처리시스템(AMHS)

1) 항공종합통신시스템(ATN)의 하부에서 운영되는 시스템으로, 기존 Text(문자) 기반의 AMS에서 처리할 수 없었던 파일 첨부, 멀티미디어 정보 전송, 보편성, 확장성, 신기술 등이 적용된 기존 AMS를 대체할 차세대 항공정보처리 시스템이다.

2) 항공정보처리시스템(AMHS)은 Air traffic services Message Handling System의 약어로도 사용되며, 향후 항공종합통신시스템(ATN) 구축 시 항공고정통신시스템(AFTN)과 항공종합통신시스템(ATN) 망과의 연결통로이다.

(2) 항공정보처리시스템(AMHS)의 기능

기존의 항공 정보처리 통신망은 항공 정보처리 내용이 문자 정보만을 제공할 수 있었으나, 항공정보처리 시스템은 항공 종합 통신 시스템(ATN)을



[그림 1-34] 항공관제 정보교환 시스템(AIDC) 운용 개념도



이용하여 문자 기반의 정보 외에 그래픽, 파일 첨부 등 멀티미디어 정보 전송 기능을 제공을 비롯해 항공기와 지상 간의 다양한 항공 정보처리가 가능하다.

(3) 항공정보처리시스템(AMHS)의 기술 기준

- 1) 통신 프로토콜은 ITU-T X.400을 준수하여야 한다.
- 2) MTA(Message Transfer Agent), UA(User Agent), MS(Message Store), AU(Access Unit)으로 구성되어야 한다.
- 3) MTA는 메시지 전달(Transfer)과 배달(Delivery)을 담당한다.
- 4) UA는 메시지 생성, 전송(Submit)을 담당한다.
- 5) MS는 MTA와 UA 간 메시지 전달의 매개 역할을 담당한다.
- 6) AU는 MTA와 외부 장치의 접속 기능을 제공한다.

1.4.1.4 항공종합통신시스템(ATN; Aeronautical Telecommunication Network)

(1) 항공종합통신시스템(ATN)의 개념

- 1) 국제민간항공기구(ICAO)의 권고에 따라 항공사나 공항 관련 기관별로 각각 구축, 운영되던 유무선 항공통신망을 하나로 통합하여 운영하는 종합 통신망으로서 HF, VHF, 인공위성, 2차 감시 레이더를 기반으로 한 차세대 디지털 종합 통신망이라고도 한다.
- 2) 지금까지는 비행 계획 정보를 교환하는 항공고정통신시스템(AFTN), 관제용 음성 무선통신망, 관제 데이터통신망, 항공 정보 데이터 베이스망, 항공사 자체 업무 통신망 등 통신 방식이 서로 다른 데다 아날로그 기술에 기반을 둔 음성 통신 방식이 대부분이어서 데이터 및 멀티미디어 송수신에도 어려움이 있었다.
- 3) 항공종합통신시스템(ATN)은 인공위성 등을 이용한 디지털 통신망으로 전 세계의 항공통



[그림1-35] 항공종합통신시스템(ATN)의 개념도

신망을 하나로 통합하여 음성에서부터 데이터·멀티미디어까지 송수신이 가능해 항공 분야의 인터넷으로 각광받고 있다. 항공종합통신시스템(ATN)의 하부 시스템인 항공정보처리시스템(AMHS; Aeronautical Message Handling System), 단파데이터링크(HFDL: High Frequency Data link), 항공이동위성서비스(AMSS) 등을 단계적으로 구축해서 이를 통합한, 또는 통합할 계획이다.

- 4) 항공이동위성서비스(AMSS)는 패킷 서비스를 위한 항공통신망 중의 한 부분 통신망(Sub Network)으로 간주하여, 공중/지상 그리고 지상의 부분 통신망끼리 접속을 위해 서로 다른 개별적인 모든 항공통신망을 하나로 통합, 연결하는 개념이다.
- 5) 항공종합통신시스템(ATN)은 항공이동위성서비스(AMSS)를 비롯한 위성 항행 시스템의 대부분의 구축이 이루어지는 시점에서 전체적인 통신망이 완성되기 때문에 대단히 방대하고 장기적인 사업이 될 것이다. 그러나 지상에서의 업무용 데이터 이용 시에는 컴퓨터 통신망을 통한 전송이 이루어지고 있으므로 점차 확장시켜 나가는 형태로 발전이 기대된다.

(2) 항공종합통신시스템(ATN)의 기능

국제민간항공기구(ICAO)에 의해 정의된 데이터 항공통신망을 이용하여 공대지 애플리케이션(ADS-C, CPDLC, FIS)과 지대지 애플리케이션(ATIS, MHS, AIDC)의 통신 기능을 제공한다.

(3) 항공종합통신시스템(ATN)의 기술 기준

- 1) 국제표준화기구(ISO)의 개방형 상호 접속 방

식(OSI)에 기반한 공용 인터페이스 또는 인터넷 프로토콜(IPS)을 지원하여야 한다.

- 2) 항공종합통신시스템(ATN)은 ES(End System, 서버, 게이트웨이 등), IS(Intermediate System, 라우터와 같은 중간 연결 장비)로 구성된다.
- 3) IS 간 통신에서는 IS-IS 프로토콜을 사용하여야 하고, IS-ES 간 통신에서는 IS-ES 통신 프로토콜을 사용하여야 한다.

### 1.4.2 항공이동통신시설

항공이동통신시설에는 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC), 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio), 단파데이터이동통신시설(HFDL), 단파이동통신시설(HF Radio), 모드S 데이터통신시설, 음성통신제어시설(VCCS), 초단파디지털이동통신시설(VDL, 항공기출발허가시설 및 디지털공항정보방송시설을 포함), 항공이동위성통신시설[AMS(R)S] 등이 있다.

#### 1.4.2.1 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)

- (1) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)의 개념

- 1) 관제사·조종사 사이의 테스트 기반 메시지의 교환을 가능하게 한 직접 데이터 링크 애플리케이션으로, 음성 통신의 제한적 수용량을 극복하는 데 큰 역할을 한다.

- 2) 데이터통신을 위한 탑재 장비(ACARS)를 장착한 항공기만 사용 가능하다.

- 3) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)은 디지털 통신과 위성 장비를 이용

하여 조종사와 관제사 간의 통신이 데이터로 전달되는 방식으로 이루어지는 정확하고 진보된 데이터 통신 방법이다.

- 4) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)은 EUROCONTROL의 주도로 도입되었으며, 2015년까지 유럽 공항을 이용하는 모든 제트 항공기에 설치가 의무화되어 있다.
  - 5) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)을 사용할 경우, 문자를 통한 허가(Clearance) 요청 및 확보로 명확한 의사 전달을 가능하게 한다.
  - 6) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC) 공역 내에서 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)을 사용하는 항공기는 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)이 통신의 기본 수단이며, 음성 통신 절차는 Back up 수단으로 사용된다. 음성 통신으로 시작한 ATC 통신은 반드시 음성을 통해 완료해야 하며, 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)로 시작한 항공교통관제(ATC) 통신은 가능하다면 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)을 통해 완료해야 한다.
  - 7) 음성 통신은 항공기 운항 중, 지상 송신소와 HF 통화 시 잡음 및 통화 품질 불량 등으로 명확한 의사 전달 과정에서의 오류 가능성이 상시 존재한다.
- (2) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)의 기능
- 1) 항공기 성능의 최적화를 위해 고도나 속도 등

변경 요청 시 제3자에게 전달하는 형태로 수초 혹은 수분 이내에 인가를 받을 수 있다.

- 2) 공항 지역과 항공로에서 각종 항공 정보를 관제사와 조종사 간에 데이터 링크 서비스 방식으로 지원한다.
- (3) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)의 기술 기준
- 1) 사용자에 의해 입력된 정보를 시스템이 처리할 수 없는 상태일 때에는 이를 사용자에게 알려줄 수 있어야 한다.
  - 2) 국제민간항공기구의 데이터 링크 통신 기술 기준에서 정하는 표준화된 파라미터의 값과 약어를 사용하여야 한다.

#### 1.4.2.2 단거리이동통신시설

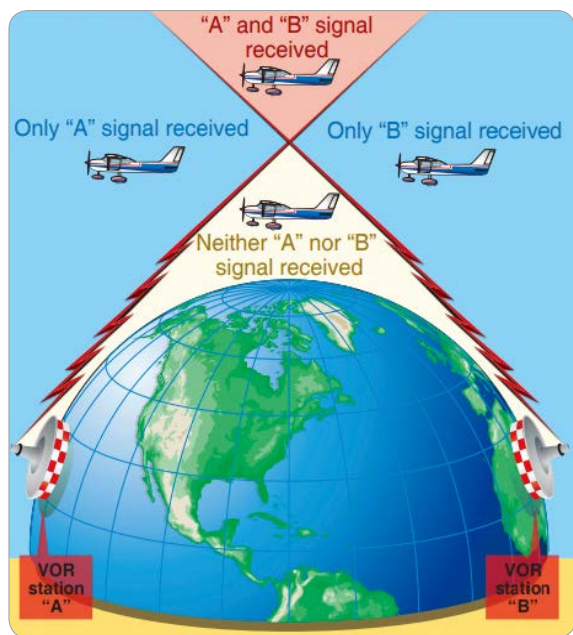
(VHF/UHF Radio; Very High Frequency/ Ultra High Frequency Radio)

- (1) 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio)의 개념
  - 1) 초단파(VHF)대, 또는 극초단파(UHF)대의 전파를 사용하는 항공 이동 무선통신이며, 항공교통관제 무선통신 시설이다. 즉, 항공기 이·착륙과 운항 중일 때 조종사와 관제사 간의 정보교환을 위하여 무선으로 음성 통신을 하는 시설이다.
  - 2) 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio)은 선박, 항공기, 자동차 등의 이동체와 고정국과의 상호 무선통신, 무선국이 이동하는 장소에 따라 육상 이동 무선, 해상 이동 무선, 항공 이동 무선 등으로 분류된다.
  - 3) 원거리 통신인 경우는 장파, 중파, 단파가

사용된다. 통신 범위가 좁은 경우는 초단파(VHF)대나 극초단파(UHF)대가 사용되며, 60MHz, 150MHz, 400MHz, 800MHz대가 주로 이용된다. 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio)은 음성통신제어시설(VCCS/E-VCCS), 녹음시설(RECORDER) 등으로 구성된다.

4) 항공교통관제(ATC) 업무를 위하여 양방향 무선통신을 하며 공항의 관제탑, 접근 관제소, 인천 항공교통관제소, 항공무선표지소 등에 설치되어 있다.

(2) 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio)의 기능  
VHF/UHF 대역의 주파수를 이용하여 관제사와 조종사 간 항공기 관제 및 운항을 위한 통신 기능을 제공한다.



[그림 1-36] 초단파 전송(VHF Transmission) 범위

(3) 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio)의 기술 기준

1) 송신 장치

- ① 무선전파는 양측파대 진폭변조 신호여야 하며, 전파 형식은 A3E이어야 한다.
- ② VHF 반송파의 주파대수는 118.0MHz에서 136.975MHz까지여야 하고, UHF 반송파의 주파대수는 225MHz에서 400MHz까지여야 하며, 주파수허용편차는 채널 간격이 25KHz 인 경우에는 해당 주파수의  $\pm 0.002\%$  이내여야 한다. 다만, 채널 간격이 50KHz인 경우에는 해당 주파수의  $\pm 0.005\%$  이내여야 한다.
- ③ 변조도는 통상적으로 85% 이상이어야 한다.
- ④ 스퓨리어스(Spurious) 발사 강도의 값
  - 송신기의 평균 전력이 25W 이하인 경우에는 25 $\mu$ W 이하여야 하며, 기본 주파수의 평균 전력보다 40dB 낮은 값이어야 한다.
  - 송신기의 평균 전력이 25W를 초과하는 경우에는 1mW 이하여야 하며, 기본 주파수의 평균 전력보다 60dB 낮은 값이어야 한다.

2) 수신 장치

- ① VHF로 사용되는 주파수대는 118.0MHz에서 136.975MHz까지여야 하고, UHF로 사용되는 주파수대는 225MHz에서 400MHz까지여야 한다.
- ② 수신 장치의 감도는 신호 대 잡음 비율을 6dB로 하기 위하여 필요한 수신기 입력 전압을 1,000Hz의 주파수로 30% 변조시킨 후 수신 장치에 입력한 경우 5 $\mu$ W 이하여야 한다.
- ③ 하나의 신호 선택도의 통과 대역폭은 1,000Hz의 주파수로 30% 변조시킨 전압을 수신 장치

- 에 입력한 경우에 6dB 이하의 폭이 할당 주파수의  $\pm 0.005\%$  이상이어야 한다.
- 3) 안테나: 안테나의 방사 특성은 수직편파여야 하며, 가능한 한 수평편파를 포함해야 한다.
- (4) 단거리이동통신시설(VHF/UHF Radio)의 설치 위치
  - 1) 단거리이동통신시설((VHF/UHF Radio)의 안테나는 가능한 한 주변에 장애물이 없어야 하며, 가지거리가 넓은 지역이어야 한다.
  - 2) 송신안테나와 수신안테나는 전파 간섭의 영향이 없도록 설치해야 한다.
- (5) 항공교통관제(ATC; Air Traffic Control)의 개념
  - 1) 비행 중인 항공기와 지속적인 교신을 통해 항공기의 이착륙 등을 통제하여 항공기 간의 충돌을 막고 안전한 비행을 유도하는 업무를 말한다.
  - 2) 주 업무는 비행기 간의 충돌을 예방하고, 항공로상의 교통을 원활히 하며, 조종사들에게 정보를 제공하는 것이다.
  - 3) 일부 국가에서는(특히, 브라질) 항공교통관제(ATC)가 보안 또는 국방의 역할을 수행하기도 한다.
  - 4) 공항 관제탑은 항공기 간의 충돌을 막는 일 외에 조종사들에게 공항 정보를 주거나, 날씨나 항법(Navigation) 정보를 주기도 한다.
  - 5) 대부분의 나라에서 항공교통관제(ATC) 업무는 공역의 대부분에 걸쳐 제공되고, 업무는 모든 이가 이용할 수 있다. 그러나 모든 경우에 조종사가 비행의 안전에 대한 최종 책임을 가지고 있으며, 긴급 상황에서는 관제사의 지시에서 벗어날 수도 있다.
- (6) 항공교통업무(ATS; Air Traffic Service)의 개념

[표 1-4] 항공교통업무(ATS)의 구분



- 1) 항공기와 차량, 장비, 상호 간에 또는 항공기와 지상 장애물과의 충돌 방지를 위한 분리 (Separation) 및 이와 관련되는 허가, 지시, 조언, 정보 등을 제공한다.
  - 2) 항공기의 이·착륙 및 지상 주행(Taxi)에 대한 허가(ATC Clearance)를 발부하고, 다른 관제 기관에서 발부한 허가를 전달한다.
  - 3) 항공교통업무 수행에 필요한 관제를 지시한다.
  - 4) 비행장 내에서 이동하는 차량, 장비, 사람에 대한 이동 및 진입에 관해 통제한다.
  - 5) 항공기가 항행에 필요한 기상정보, 항행안전 시설 정보 제공, 비행장 운영 상태 및 이용에 관한 다양한 정보를 제공한다.
  - 6) 비행장 내의 항행안전시설 및 비행장 등화 시설을 운용한다.
  - 7) 비행장 내 또는 주변의 항공기 사고에 대한 정보 수집 및 처리에 필요한 정보를 제공한다.
- (7) 지상관제소(Ground Control)의 업무
- 1) 주로 공항 내의 움직임을 담당하는 역할을 하는데, 공항 내 지상 활주 정류장이나 활주로, 비행기 대기장 등의 지역을 관제하며 항공기가 도착하는 교차 활주로나 활주로 사이, 그리고 출발 게이트를 관리하기도 한다.
  - 2) 모든 항공기, 차량 또는 도보로 이 분야에서 일하는 사람들은 공항 관제탑 관제사로부터 허가를 받아야 한다.
  - 3) 일반적으로 통신은 VHF / UHF 무전기를 통해 이루어지지만, 다른 프로세스를 사용하는 특별한 경우가 간혹 있다.
  - 4) 다른 프로세스를 사용하는 경우
    - ① 라디오가 탑재되어 있지 않은 항공기 또는 차량은 광신호(Light Signals)를 통해 공항 관제탑 관제사의 지시에 응답해야 한다. 또는, 다른 라디오와 차량의 도움을 받기도 한다.
    - ② 공항에서 일하는 사람들은 공항 관제탑 관제사와 계속 연락을 취하기 위해 손에 라디오나 헤드폰을 들고 다니기도 한다.
  - 5) 일부 더 활성화된 공항에서는 공항지상감시 레이더(ASDE)가 설치되어 항공기와 공항 내의 차량들의 움직임을 관리하는데, 주로 시야와 시력이 줄어드는 야간 시간대에 사용된다. 현재 계속 현대화되어 가고 있다.
- (8) 관제탑(Tower)의 업무
- 1) 활주로 표면에서 이뤄지는 업무에 대한 책임을 총괄하고 있다.
  - 2) 지역 관제(Local Control)는 항공기의 이·착륙을 통제한다. 또한 비행 계획이나 기후 조건(IFR 또는 VFR)에 따라 공항 교통 지역의 통과를 인가한다.
  - 3) 관제탑의 지역 관제실에서 위협을 감지하면, 착륙 항공기 조종사에게는 ‘이동 - 주의’로 명령을 내릴 수 있으며, 접근 또는 터미널 지역 관제사에 의해 접근 경로를 다시 조정할 수 있다.
  - 4) 지상관제소(Ground Control) 관제사들은 항공기 또는 차량이 활주로를 건너가게 하기 위해 지역 관제(Local Control)의 승인을 요청해야 한다.
- (9) 비행 단계별 항공교통관제(ATC)의 업무 분야

[표 1-5] 항공교통관제(ATC)의 업무 분야

비행 계획 전달	정기편에 대해서는 일상 비행 계획을 자기(磁氣) 테이프에 넣어 두고, 매일 컴퓨터에 의하여 운항 계획을 작성한다. 또한 예정 변경분과 부정기분은 그때마다 전달한다.
출발 허가	1) 컴퓨터는 비행 계획 중에서 출발 예정 30분 전의 것을 찾아내어 출발 허가를 해도 좋은가의 여부 등을 조사한 다음, 출발표를 만들어 해당 관제사에게 준다. 2) 관제사는 출발표에 따라 출발 허가를 내린다. 출발 예정 시간 10분 이상을 경과한 것에 대해서는 컴퓨터가 그 이유를 통보한다.
후속분의 출발표 작성	앞의 항공기가 이륙한 시각을 컴퓨터에 알리면 후속분의 출발표를 작성한다.
이상 접근 체크	1) 항공기로부터 수신한 위치통보점 통과와 보고 내용을 컴퓨터에 넣어 주면 이상 접근 체크를 하게 된다. 2) 이상이 없으면 이후의 예정 시각을 계산하여 기록을 한다. 3) 이상이 있으면 지체 없이 담당 관제사에게 통보한다. 4) 위치통보점 통과 예정 시각을 5분 초과하고 연락이 없을 경우에도, 늦어지게 된 이유를 관제사에게 통보한다.
강하의 승인	컴퓨터에 기억시켜 둔 내용에서 비행장 도착 예정 15분 전의 것을 발견하여 담당 관제사에게 알린다. 예정보다 30분 경과한 것에 대하여도 그 이유를 관제사에게 알린다.
비행의 종료	관제사가 공항 관제탑(Tower)에서 착륙 통보를 받고, 이것을 컴퓨터에 넣어 주는 것으로 비행은 완료한다.

1.4.2.3 단파데이터이동통신시설

(HFDDL; High Frequency Data Link)

(1) 단파데이터이동통신시설(HFDDL)의 개념

- 1) 단파데이터이동통신시설(HFDDL)은 단파(HF) 대역을 이용한 데이터 링크 기술이며, 항공용 이동통신 서비스 영역으로 할당된 2.85MHz ~22MHz 사이의 주파수 대역에서 3KHz 간격으로 서비스가 운용된다.
- 2) HF 대역의 통신은 음성 정보 교환을 위한 아날로그 통신이 주로 이용되었지만, 최근 데이터통신의 수요가 높아짐에 따라 HF Data Link(HFDDL)가 널리 이용된다.
- 3) 조종사는 공항 관제탑 관제사와의 직접 통신 대신에, ARINC(또는 SITA) 등 통신 서비스 제공 회사가 설치한 단파(HF) 지상국을 경유

하여 통신한다.

- 4) 단파데이터이동통신시설(HFDDL)은 무선주파수와 데이터 전송률에 따라 자동으로 적응 및 변화하는 프로토콜로 넓은 에러 감지 및 보정 알고리즘을 포함하기 때문에, HF 음성보다 전송 조건에 따른 민감도가 적다.
- 5) 단파데이터이동통신시설(HFDDL)은 항공종합통신시스템(ATN)의 서브 네트워크로서 작동하도록 설계된 비트 기반(Bit Based) 데이터 프로토콜을 사용하며, 또한 현재 항공사의 데이터통신 인프라와 호환성을 갖게 하기 위하여 문자 기반의 ACARS 메시지를 지원한다.

(2) 단파데이터이동통신시설(HFDDL)의 기능  
HF 대역의 주파수를 이용하여 지상의 사용자와

항공기 간에 데이터에 의한 장거리 이동통신 기능을 제공한다.

(3) 단파데이터이동통신시설(HFDL)의 기술 기준

- 1) 단파데이터이동통신시설(HFDL) 지상기지국 장비는 전송·수신·데이터 변조·복조·프로토콜 실행 및 주파수 선택 기능을 갖추어야 한다.
- 2) 단파데이터이동통신시설(HFDL) 지상기지국 장비 작동 기준은 국제 표준시의  $\pm 25\text{ms}$  이내여야 한다.
- 3) 단파데이터이동통신시설(HFDL) 반송파의 주파수대는 2.8MHz에서 22MHz까지여야 하며, 기본 주파수 안정성은 10Hz 이내여야 한다.

(4) 단파데이터이동통신시설(HFDL)의 설치 위치

- 1) 단파데이터이동통신시설(HFDL)의 송신 및 수신 안테나는 가능한 한 주변에 장애물이 없어야 하며, 가시거리가 넓은 지역이어야 한다.
- 2) 송신안테나와 수신안테나는 전파 간섭의 영향이 없도록 설치하여야 한다.

1.4.2.4 단파이동통신시설(HF Radio)

(1) 단파이동통신시설(HF Radio)의 개념

- 1) 단파(HF)의 전파를 사용하는 항공 이동 무선 통신이며, 항공교통관제 무선통신 시설이다. 장거리 항공 정보 서비스용으로 전파의 통달 거리는 HF > VHF > UHF 순이지만, 송수신 감도는 HF < VHF < UHF 순서이다.
- 2) 단파이동통신시설(HF Radio)의 음성 통신은 장거리 항공 이동통신 수단으로 오래전부터 이용되어 왔으며, 대양과 오지(Remote

Region)를 비행하는 항공기와 항공교통관제 기관 사이의 항공교통업무(ATS) 음성 통신 교환을 지원하며, 항공기와 항공사 운항 관리 센터 간의 항공 운항 관리 통신에도 사용된다.

- 3) 단파이동통신시설(HF Radio)의 음성 통신은 수천킬로미터까지의 장거리 통신이 가능하지만, 11년 주기로 활동하는 태양 흑점 활동으로 인한 자기장 교란 및 다른 자연현상에 영향을 많이 받는다. 이로 인해 HF 무선통신 장애 및 통달 거리, 그리고 가독성이 유동적이며, 어떤 주파수의 경우는 때에 따라 사용이 불가능하기도 하다.
- 4) 일반적으로 단파이동통신시설(HF Radio)의 음성 통신 시스템을 효과적으로 이용하기 위해서는 특수하게 훈련된 무선통신사(Radio Operator)와 숙련된 조종사가 필요하며, HF 음성 통신은 장거리 항공교통관제를 위한 통신 링크로 현재까지 유지되고 있다.
- 5) 단파 이동통신 시설(HF Radio) 음성 통신은 많은 잡음에 노출됨으로 인해 조종사가 항상 HF 수신기를 모니터링하는 대신에, 선택 호출 장치인 SELCAL(Selective Calling)장치에 의해 해당 항공기가 선택될 경우에만 수신한다.
- 6) 선택호출장치(SECAL; Selective Calling) 항공기 선택호출장치(SELCAL) 시스템은 국제민간항공협약 부속서 10(ICAO Annex 10)에 규정되어 있으며, 짧은 오디오 버스트톤으로 전송하게끔 정의되어 있다.
  - 두 개의 연속된 톤 펄스(Pulse)로 구성된 코드가 전송되며, 펄스(Pulse)는 중간 0.2



초 간격으로 분리되어 1초 동안 지속된다.

- 선택호출장치(SECAL)의 적절한 작동 보장을 위해 전송 되는 주파수는 반드시  $\pm 5\%$  이상의 정확도를 가져야 한다.

(2) 단파 이동통신 시설(HF Radio)의 기능  
단파(HF) 대역의 주파수를 이용하여 지상 운영자와 항공기 조종사에게 장거리 이동통신 기능을 제공한다.

(3) 단파 이동통신 시설(HF Radio)의 기술 기준

- 1) 무선전파는 단측파대(SSB) 진폭변조 신호여야 하며, 전파 형식은 J3E이어야 한다.
- 2) HF 반송파의 주파수대는 2.8MHz에서 22MHz 이내여야 하고, 전송되는 음성주파수는 300Hz에서 2,700Hz 이내여야 한다.
- 3) 항공기의 사고 조사 등을 위하여 교신 내용 녹음 장치를 설치해야 하고, 녹음 또는 재생 시 주요 장비의 동작에 영향을 주지 않아야 한다.

(4) 단파 이동통신 시설(HF Radio)의 설치 위치

- 1) 송신 및 수신 안테나는 가능한 한 주변에 장애물이 없어야 하며, 가시거리가 넓은 지역이어야 한다.
- 2) 송신안테나와 수신안테나는 전파의 간섭 등을 고려하여 설치해야 한다.

#### 1.4.2.5 모드S 데이터통신 시설

(1) 모드 S 데이터통신 시설의 개념

항공기의 기종이나 식별 코드, 비행고도를 얻을 수 있는 시설로서 모드 S 지상국과 모드 S가 장착된

항공기에 개별 질문으로 1:1 데이터링크(Datalink)로 구성되며, 지상의 질문기(Interrogator)와 항공기의 응답기(Transponder)로 구성되어 있다.

(2) 모드 S 데이터통신 시설의 기능

지상의 사용자와 항공기 간에 모드 S 방식에 의한 데이터통신을 제공한다.

(3) 모드 S 데이터통신 시설의 기술 기준

- 1) 항공기에는 개별적으로 24비트의 주소 체계가 할당되어야 한다.
- 2) 모드 S 데이터통신은 Comm-A, Comm-B, Comm-C, Comm-D의 4가지 메시지 중 하나를 사용해야 한다.

#### 1.4.2.6 음성통신제어시설(VCCS; Voice

Communication Control System)

(1) 음성통신제어시설(VCCS)의 개념

- 1) 공항 관제탑 및 접근 관제소에서 항공기 이착륙 및 항공로 관제를 위하여 외곽에 있는 관제 송수신기를 원격조정 하고, 관제소 간의 통신 기능, 유지 보수 현장 간의 인터폰 기능, 지역 관제소 및 외부 관련 기관과의 비행 정보 교환 등의 기능을 제공하는 종합 제어 시스템이다.
- 2) 이 시설은 항공직통전화시설 및 녹음시설을 포함한다.

(2) 음성통신제어시설(VCCS)의 기능

음성통신제어시설(VCCS)은 항공기 관제 업무용 단파이동통신시설(VHF/UHF Radio) · 항공 직통전

화망 등의 음성 회선 교환 및 제어 기능을 제공할 수 있어야 한다.

(3) 음성통신제어시설(VCCS)의 기술 기준

- 1) 중앙처리장치는 공항 관제탑·접근 관제소·지역 관제소 등에서 사용하는 공대지 VHF/UHF 무선통신과 직통전화 통신을 서로 다른 모듈(Module)로 자동으로 배분할 수 있어야 한다.
- 2) 직통전화 또는 무선통신 입·출력은 잘 들리도록 적절히 증폭 또는 감쇄되어 자동 기록장치(Recorder)에 연결되어야 한다.
- 3) 음성통신제어시설(VCCS)은 공대지 통신을 위한 송신, 또는 수신 무선주파수의 선택과 해제를 운영석에 할당된 패널의 버튼에 의해 이루어지도록 하여야 한다.
- 4) 음성통신제어시설(VCCS)의 전화 인터페이스 모듈은 운영자와 인근 항공관제 기관과의 음성 통신을 위한 전화통신 또는 지대지 통신을 지원하여야 한다.
- 5) 항공 직통전화 시설: 국내외 관련 항공교통관제 기관 및 항공 정보 제공 기관 간의 항공교통업무에 필요한 각종 정보를 음성 통신으로 제공할 수 있어야 한다.
- 6) 녹음 장치: 항공기의 사고 조사 등을 위하여 교신 내용 녹음 장치를 설치해야 하고, 녹음 또는 재생 시 항공기 주요 장비의 작동에 영향을 주지 않아야 한다.

(4) 음성통신제어시설(VCCS)의 설치 기준

- 1) 음성통신제어시설(VCCS)은 ICAO 부속서 제

11권 제6장에서 요구하는 공지 통신, 지대지 통신이 가능하도록 설치하여야 한다.

- 2) 음성통신제어시설(VCCS)은 항공관제 통신에 필요한 내부 음성 통신 시설 또는 외부 음성 통신 시설과의 인터페이스를 위해 컴퓨터와 연동되어 작동되도록 설치하여야 한다.

1.4.2.7 초단파디지털이동통신시설(VDL; VHF Digital Link)

(1) 초단파디지털이동통신시설(VDL)의 개념  
초단파디지털이동통신시설(VHF Digital Link)은 차세대 항공 이동통신망으로 VHF 대역의 주파수를 이용하여 항공기와 지상국 간에 항공교통, 운항 정보 등을 제공하는 시설이다.

(2) 초단파디지털이동통신시설(VDL)의 기능  
VHF 대역의 주파수를 이용하여 지상의 사용자와 항공기 간에 음성 또는 데이터에 의한 이동통신 기능을 제공한다.

(3) 초단파디지털이동통신시설(VDL)의 기술 기준

- 1) 지상기지국 반송파의 주파수대는 118.0MHz ~136.975MHz까지여야 하고, 채널 간격은 25KHz여야 하며, 주파수허용편차는  $\pm 0.0002\%$  이내여야 한다.
- 2) 안테나의 방사 특성은 수직편파여야 한다.
- 3) 모드 1부터 모드 4까지로 구분되어 운용되어야 한다.
- 4) 디지털 공항 정보 방송 시설(D-ATIS): 공항의 각종 항공 정보를 무선데이터 통신 시설을 이용하여 문자로 제공할 수 있어야 한다.

- (4) 초단파 디지털 이동통신 시설(VDL)의 설치 위치
- 1) 송신 및 수신 안테나는 가능한 한 주변에 장애물이 없어야 하며, 가시거리가 넓은 지역에 설치되어야 한다.
  - 2) 송신안테나와 수신안테나는 전파 간섭의 영향이 없도록 설치해야 한다.
- (5) 디지털공항정보방송시설(D-ATIS; Digital-Automatic Terminal Information System)
- 1) 이륙 또는 도착하는 항공기의 조종사에게 기상정보와 관제 정보를 데이터통신으로 문자화해서 실시간으로 제공하는 시스템이다.
  - 2) 항공기 조종사는 공항의 이착륙에 필요한 필수 정보를 원할 때 제공받아 미리 이착륙을 준비할 수 있어 이 시스템은 항공 운항의 필수 시설이라고 볼 수 있다.
  - 3) 디지털공항정보방송시설(D-ATIS) 서비스는 항공기 ACARS(Aircraft Communications, Addressing, and Reporting System)를 이용하여 초단파디지털이동통신시설(VDL) 등을 통해 제공되는 항공교통업무(ATS; Air Traffic Services) 데이터 링크 서비스의 하나이다.
  - 4) 디지털공항정보방송시설(D-ATIS)의 서비스를 통해 조종사는 이전과 달리 항공기 내에 탑재된 ACARS를 사용하여 문자화된 공항 정보 방송 시설(ATIS) 메시지를 VHF 데이터 링크 네트워크(Data Link Network)를 통해 항공기에서 문자(TEXT) 형태로 서비스의 수신이 가능하며, 조종사는 수신된 메시지를 쉽게 읽을 수 있다. 이 메시지는 따로 저장할 수

있으며, 종이로 출력도 가능하다.

#### 1.4.2.8 항공이동위성통신시설(AMSS)

- (1) 항공이동위성통신시설(AMSS; Aeronautical Mobile Satellite Service)의 개념
- 1) 항공이동위성통신시설(AMSS) 시스템은 항공기의 하부 시스템과 지상의 하부 시스템 사이를 정지 궤도상의 인공위성과 지상국을 이용하여 직접 연결하는 세계적인 통신 시스템이다.
  - 2) 이 시설은 항공기에 탑승한 최종 이용자와 지상에 본부를 둔 최종 이용자 사이를 데이터 및 음성 통신으로 지원하는 시스템이다. 항공기 내의 최종 이용자는 항공기에 탑승한 승객은 물론이고 항공기의 탑재 시스템도 포함되며, 지상의 최종 이용자의 대표적인 예는 항공로 관제소, 항공기를 운용하는 항공사 및 기타 공중 통신망 가입자 등이 있다.
  - 3) 항공이동위성통신시설(AMSS)은 위성에서 지향성 안테나를 이용하여 지구 표면의 특정 지역을 커버하는 통신을 제공하므로, 음성 및 데이터를 포함하는 양질의 양방향 통신을 제공할 수 있다. 그러나 복잡하고 가격이 비싼 항공 기지국용 통신 장비가 요구되며, 복잡한 통신 기술의 사용, 고가의 서비스 요금 등이 예상된다.
  - 4) 항공이동위성통신시설(AMSS)의 기능에 의해 서비스될 수 있는 통신은 크게 4가지로 구분된다. 이들은 항공교통업무(ATS), 항공 운항 관리(AOC), 항공 업무 통신(AAC) 및 항공 여객 통신(APC) 등이다.

(2) 항공이동위성통신시설(AMSS)의 기능  
 공항 지역과 항공로에서 각종 항공 정보를 패킷 데이터 서비스 또는 음성 서비스나 두 개의 서비스를 지원한다.

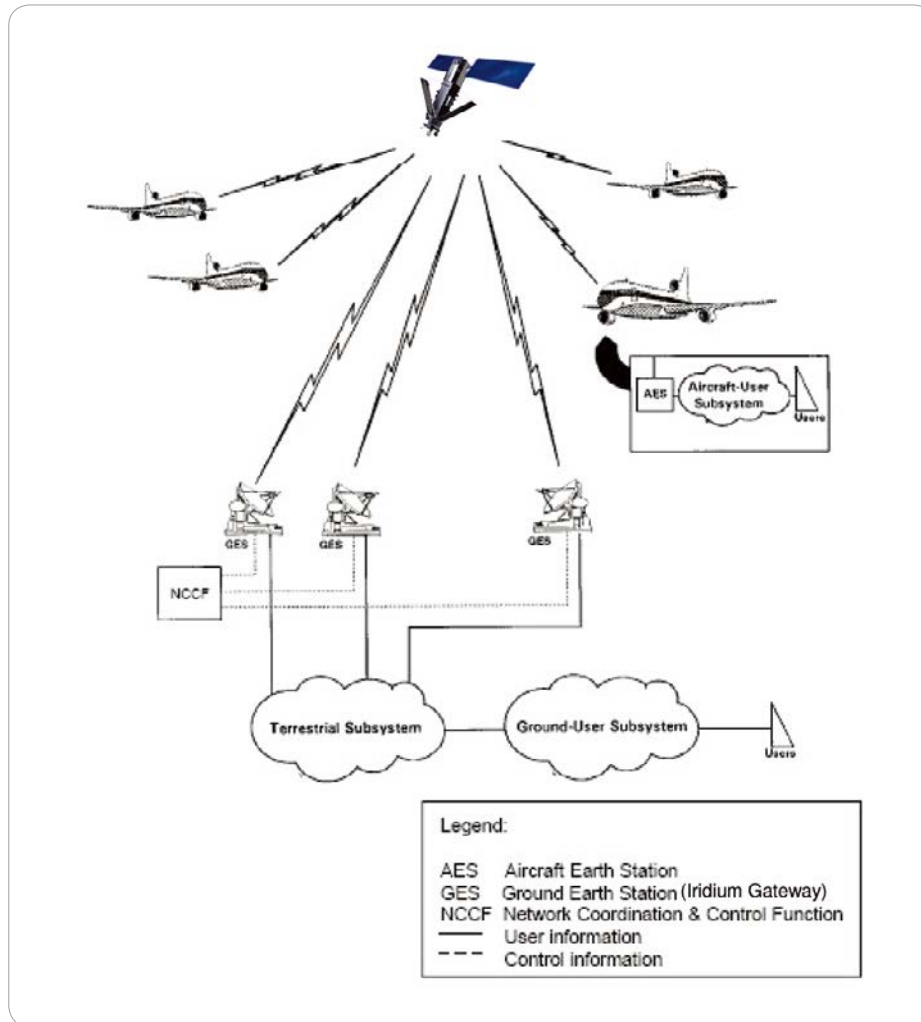
- (3) 항공이동위성통신시설(AMSS)의 기술 기준
- 1) 할당된 주파수 대역 내에서 운용하여야 하며, ITU 전파 규칙에 따라 보호되어야 한다.
  - 2) 모든 데이터 패킷 및 음성 호출은 관련 우선 순위에 따라 확인되어야 한다.
  - 3) 항공기탑재장비(AES), 지상시스템(GES) 및 위성은 항공기의 비행 방향으로 1,500km/h(800노트) 이상의 대지속도로 이동할 경우, 서비스 링크 신호를 적절히 획득하고 추적할 수 있어야 한다.(2,800km/h(1,500노트) 이상에서 획득 및 추적할 수 있도록 권고된다.)

(4) 항공이동위성통신시설(AMSS)의 장점/단점

- (5) 항공이동위성통신시설(AMSS)의 응용 분야
- 1) 항공이동위성통신시설(AMSS) 시스템의 응용 분야는 크게 항공교통업무(ATS), 항공운항관리(AOC), 항공업무통신(AAC) 및 항공여객통신(APC) 등으로 구분된다.
  - 2) 항공교통업무(ATS)와 항공운항관리(AOC)는 항공기 안전 운항에 직접 관계되는 통신으로 많은 비중을 차지하나 신중한 검토를 필요로 하는 안전 서비스 분야이다.
  - 3) 항공교통업무(ATS)와 항공운항관리(AOC)는 기존의 단파(HF)를 이용한 항공교통 관리(ATM)에 포함되었으나, 비(非)안전 서비스 분야인 항공여객통신(APC)과 항공업무통신(AAC)은 범용으로는 거의 포함되지 않았던 새로운 서비스로서 인공위성을 이용한 통신 서비스의 발달로 통신이 가능하게 되었다.

[표 1-6] 항공이동위성통신시설(AMSS)의 장점/단점 분석

항공이동위성통신시설(AMSS)의 장점	항공이동위성통신시설(AMSS)의 단점
1. 음성 및 데이터를 포함하는 양질의 양방향 통신을 제공. 2. 서비스 영역 내 어떠한 고도에서든 비행하는 항공기를 위한 통신을 제공. 3. 대기 중 및 전리층에서의 전자파에 의한 영향을 받지 않는 통신을 제공. 4. 위성에서 지향성 안테나를 이용한 지구 표면의 특정된 지역을 커버하기 위한 통신을 제공.	1. 정지궤도 위성으로 커버되지 않는 극지방을 커버하기 위해 특별한 궤도를 갖는 제3의 위성이 필요함. 2. 현재의 기술로는 대륙간 VHF 통신 장비보다 더 복잡하고 고가의 항공기 지구국 장비가 요구됨. 3. 항공기 지구국과 위성 사이, 위성과 지상 지구국 사이의 신호의 편파는 신호가 전리층을 통해 전파될 때 회전하게 되어 항공기 지구국, 위성, 지상 지구국을 위해 상대적으로 복잡한 원형 편파의 사용이 요구됨. 4. 터미널 영역에서, 일부 위성을 이용한 통신은 항공사에 의해 사용될지도 모르나, 대부분의 항공기는 비용이 저렴한 VHF 사용이 지속될 것임.



[그림 1-37] 항공이동위성통신시설(AMSS) 모델(Model)

### 1.4.3 항공정보방송시설; 공항정보방송시설(ATIS)

- 1.4.3.1 공항정보방송시설(ATIS; Automatic Terminal Information Service)의 개념
- (1) 공항에 이착륙하는 항공기에게 자동으로 활주로 방향과 정보, 기상정보, NOTAM 등 공항의 정보를 전달해 주는 서비스이다.
  - (2) 이 서비스는 항공기가 목적지로 하는 공항의

정보를 미리 알고 착륙을 준비하거나, 이륙 전에 공항 정보를 파악함으로써 조종사의 업무를 감소시켜 준다.

- (3) 보통 30분~1시간마다 데이터를 갱신하는데, 기상 상태나 활주로 변경 등이 발생할 경우에는 즉시 갱신된다.
- (4) 현재는 음성으로 방송되고 있는 ATIS 내용을 조종사의 요청에 의하여 문자 데이터(디지털

텔 방식)로 항공기에 전달이 되며, 항공기의 음성 통신 장비인 ACARS를 통하여 조종석에 출력되거나 또는 액정 화면으로 공항 정보 방송 시설(ATIS) 데이터를 볼 수 있는 시스템이다.

#### 1.4.3.2 공항 정보 방송 시설(ATIS)의 기능

공항의 각종 항공 정보를 음성에 의하여 반복적으로 제공할 수 있어야 한다.

#### 1.4.3.3 공항 정보 방송 시설(ATIS)의 기술 기준

- (1) 반송파의 주파수대는 VHF의 경우 118.0MHz에서 136.975MHz까지여야 하며, UHF의 경우 225MHz에서 400MHz까지여야 한다.
- (2) 무선전파는 양측파대 진폭변조 신호, 전파 형식 A3E이어야 하며, 변조도는  $85\% \pm 10\%$  이내여야 한다.

#### 1.4.3.4 공항 정보 방송 시설(ATIS)의 설치 위치

- (1) 가능한 한 주변에 장애물이 없어야 하며, 가시거리가 넓은 지역이어야 한다.
- (2) 송신안테나는 전파의 간섭 등을 고려하여 설치해야 한다.

#### 1.4.3.5 공항 정보 방송 시설(ATIS)의 운영 방법

- (1) 공항 정보 방송 시설(ATIS) 정보는 운항 개시 시각부터 관제사가 입력한다.
- (2) 일반적으로 정보 입력 시간은 기상정보가 1시간마다 갱신(Update)되므로 이에 따라 갱신되는데 위험 기상 시는 수시로 갱신할 수 있다.
- (3) 공항 정보 방송 시설(ATIS)는 운항 개시부터

정보 입력 순서에 따라 알파벳 A, B, C...순으로 정보를 나타낸다.

- (4) 공항 정보 방송 시설(ATIS) 정보 입력은 공항 관제탑에 설치된 기상 장비 또는 기상대로부터 접수된 기상정보를 입력하고, 기타 NOTAM 정보 등은 운영 기관에서 제공받아 입력한다.

## 1.5 차세대 항행안전시설(New CNS/ATM System; Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management System)의 이해

### 1.5.1 차세대 항행안전시설(New CNS/ATM System)의 필요성

#### 1.5.1.1 기존 항행안전시설의 문제점

- (1) 기존 항행안전시설은 비교적 항공교통량이 많지 않았던 1940~50년대에 아날로그 또는 전파항법 기술을 기반으로 개발되어 현재까지 운영해 온 시설로서, 주로 음성 통신과 전파 신호에 의존하는 항행안전시설이다. 오늘날 이 시설에 의하여 지속적으로 증가하는 항공교통량을 안정적으로 처리하기에는 부적합한 실정이다.
- (2) 기존의 음성 통신과 전파항법 기술은 전파 이용이 날로 증가하고 있어 이들의 상호 전파 간섭에 의한 혼신(混信) 장애가 잦아지고 있다. 대부분 초단파 또는 극초단파를 이용하고 있어 이들의 전파 특성상 가시거리 범위의 통달 거리를 보장하기 위해서는 일정한 지점마다 고지대 또는 전파 발사가 양호한 지역을 확보하여 동일 시설을 중복적으로 설치하여야 하는 불

합리한 점이 있을 뿐만 아니라, 설치 장소 마련에 어려움이 있으며, 설치 비용과 유지 관리 비용이 과다하게 소요되고 있다.

- (3) 조종사와 관제사 간에는 기존의 음성 통신에 의한 교신으로 정보 전달에 일부 오류가 발생되고 있으며, 대량 정보를 실시간에 신속히 주고받기가 곤란하고, 기존 항법 장비들은 산악 등 장애물의 전파 방해로 인한 서비스 불가능 구역이 많으며, 레이더(RADAR)는 가시거리 내 항공기만 탐지할 수 있어 대양 지역 등 원격지를 운항하는 항공기의 실시간 화면 감시가 불가능한 상태이다.

#### 1.5.1.2 기존 항행안전시설 관리 체계의 한계성

- (1) 기존의 각종 항행안전시설이 서로 다른 표준으로 운영되어 정보의 신속한 전달 및 공유를 위한 통합 시스템 구축이 곤란하고 항공로관제시스템(ACC), 접근관제시스템(TRACON), 항공이동통신(A/G), 항공고정통신망(AFTN) 등이 독립적으로 운영되고 있어 통합적인 항공교통 관리에 부적합하며, 국가 또는 지역 간 연계가 부족한 실정이다.
- (2) 기존의 항공로가 일정한 지점마다 설치된 지상 시설을 기준으로 구성되어 있어 직선 항공로 비행이 곤란한 관계로 비행시간과 연료 소모량이 증가하고, 공항 인근 주거 지역 등을 회피하기 위한 우회 경로 설정 등이 어려워 유연한 착륙 절차 수립이 불가능한 상태이다.

#### 1.5.1.3 차세대 항행안전시설의 개요

- (1) 현재의 항행안전시설은 한정된 공역 자원과 급

속히 증가하고 있는 항공 물류로 인하여 항공 교통 혼잡도는 매우 높아 기존 ATM 시스템의 개선과 지난 40년 동안 산업계에서 활용해 온 기존 기술로부터의 탈피가 요구되고 있다.

- (2) 차세대 항행안전시설은 2001년 11월 국제민간항공기구(ICAO)가 제정한 표준 및 권고로 기술 기준이 마련된 이후 데이터 링크와 인공위성 기술로 개발하여 전 세계적으로 구축 중인 시설로서 이러한 시설을 통해 항공 정보의 실시간 제공, 정밀한 비행 상황 감시, 정확한 항공 운항 절차 수립, 효율적 항공교통 관리 등이 가능해져서 항공 운항의 안전성과 경제성이 제고될 것으로 평가됨에 따라 세계 각국들은 차세대 항행안전시설의 글로벌 구축 사업을 추진하고 있다.
- (3) 우리나라도 국내 공역에 항공기 항행 서비스를 적정한 시기에 지원하기 위해 항공로의 주요 지점에 구축하여 주변국 공역 간 표준화된 항행 안전 체계를 확보하여야 한다.

#### 1.5.1.4 차세대 항행안전시설의 대상 및 운용 개념

- (1) 항행안전시설은 유선통신, 무선통신, 불빛, 색채 또는 형상에 의하여 항공기의 항행과 활주로 이착륙을 돕는 시설로서, 이 계획에서는 항행안전무선시설과 항공정보통신시설에 한하며 ‘항공등화’는 제외한다.
- (2) 차세대 항행안전시설(New CNS/ATM System)은 기존 시설의 이용 한계성을 개선하기 위하여 전 세계 각국이 국제민간항공기구(ICAO)를 중심으로 데이터 링크 통신 기술과 위성항법 기술을 기반으로 항공기가 언제 어디

서나 자유롭게 이용할 수 있는 새로운 운용 개념의 시설이다.

### 1.5.1.5 차세대 항행안전시설의 발전 방향

- (1) 국제민간항공기구(ICAO)는 대폭 증가가 예상되는 2020년 이후 항공교통 안전을 위하여 현행 시설의 한계를 극복하고자 첨단 데이터 링크 기술과 위성항법 기술 기반의 Global Air Navigation Plan(ICAO Doc 9750 Ver 2002)을 제시하고 각 국가에 이행을 권고하였다.
- (2) 전 세계는 국제민간항공기구(ICAO)를 중심으로 Global Air Navigation Plan 3rd Edition(ICAO Doc 9750, 2007)에 의거해 첨단 데이터 링크 기술과 위성항법 기술 기반의 새로운 기술을 개발하여 항행 시스템을 구축하고 있다.
- (3) 국내에서는 '05.12. 차세대 항행안전시설 중

합 발전 계획과 국가 위성항법 시스템 기본 발전 계획을 각각 수립하여 시행하고 있으나, 국내외적으로 New CNS/ATM에 대한 기술 개발 환경이 변화하여 당초 2010년을 목표로 추진하던 Global Air Navigation Plan의 시스템 구축 일정이 현재 시점에서 약 5년 정도 지연되어, 2007년도에 새롭게 구축 계획(Global Air Navigation Plan 3rd Edition)을 수립했다. 이에 따라 국내에서도 종합 발전 계획을 수정·보완하여 차세대 항행안전시설 구축 기본 계획을 수립, 2011년부터 2025년까지 단계적 추진 계획을 수립하고 진행 중에 있다.

### 1.5.2 차세대 항행안전시설 (New CNS/ATM System)의 개념

#### 1.5.2.1 항공통신 부문의 차이점

[표 1-7] 항공통신 부문의 현행 시스템과 차세대 시스템의 차이점

현행 시스템	차세대 시스템	
	전환 시스템	이용 목적
항공 고정통신망 (AFTN)	항공 종합 통신망 (ATN/AMHS)	각 국가의 관제 기관, 항공사 및 항공기 간에 기상정보 등의 데이터를 편리하고 신속하게 교환
직통 관제 전화 (음성)	관제 기관 간 데이터통신망 (AIDC)	관제 기관 간 항공기 관제권 이양 등에 필요한 정보를 데이터로 신속하게 교환
무선통신 전화 (음성)	사전 출발 허가 장치(D-PDC) 공항 정보 방송 장치(D-ATIS) 모드S 통신 장치	현 음성 통신 방식을 데이터 링크 통신 방식으로 업그레이드하여 항공기에 방송 *모드1급→모드2급(개선)
VHF Radio (음성)	항공 이동 데이터통신 시설 (VDL/CPDLC)	관제사/조종사 간 항공기 관제 정보를 데이터로 교환
HF Radio (음성)	항공 이동 위성통신 시설 (AMS(R)S)	원거리 비행 항공기 간 항공 정보를 데이터로 교환



- (1) 음성에 의한 개별 교신 → 고속 데이터(문자) 통합 통신/음성(비상용)
- (2) 교신 거리가 지역으로 제한 → 전 세계 권역 (GLOBAL) 통신 가능

대단히 방대하고 장기적인 사업이다.

- 4) 그러나 지상에서의 업무용 데이터 이용 시에는 컴퓨터 통신망을 통한 전송이 이루어지고 있으므로 점차 확장시켜 나가는 형태로 발전 될 것이다.

### 1.5.2.2 현행 항공통신 시스템의 운영 개념

#### (1) 항공 고정통신망(AFTN)

- 1) 항공 고정통신 시설은 국제민간항공기구 (ICAO)에서 전 세계 각 가입국 간에 구성된 지상 통신망인 항공 고정통신망(AFTN)을 통하여 항공 업무 종사자들에게 항공기 운항에 필요한 정보를 실시간으로 제공하는 시설이다.
- 2) 항공 고정통신망(AFTN)이란, 항공 고정통신국 간 항공기 운항 관련 정보를 제공하기 위해 전 세계 항공 관련 기관에 연결된 네트워크이다.

#### (3) 관제 기관 간 데이터통신망(AIDC)

- 1) 지역(항공로)관제소, 접근관제소 등의 관제기관(ATSU; Air Traffic Service Unit) 간에 데이터통신망을 이용하여 각종 관제 정보를 교환하는 장비이다.
- 2) 현재 관제 기관(C-ATSU: Controlling ATSU)에서 다음 관제 기관(Receiving ATSU)으로 CPL(Current Flight Plan), EST(Coordination Estimate), ACP(Acceptance), LAM(Logical Acknowledgement), LRM(Logical Reject), TOC(Transfer of Control), AOC(Assumption of Control) 등의 메시지를 전달한다.
- 3) 관제 기관 간 데이터통신망(AIDC)은 항공 종합 통신 시스템(ATN)의 Ground-Ground 응용으로 임의의 항공기는 지상의 관제 기관과 접속하여 항공 운항에 필요한 다양한 정보를 교환할 수 있고 관제 기관 및 항공사 간에도 접속 가능하여 항공 운항에 관련된 정보를 교환할 수 있다.
- 4) 항공교통 관리 시설 간 데이터통신인 항공 관제정보교환시스템(AIDC)은 비행정보구역 (FIR) 사이의 관제 이양 및 통신 이양을, 항공교통업무(ATS) 음성 회로망을 이용한 음성 방식으로부터 데이터에 의한 방식으로 병행 운용하기 위하여 고안된 응용기술이다.

#### (2) 항공용 HF 통신

- 1) 항공용 HF 통신은 음성 통신의 품질이 양호한 VHF 통신의 단점인 가시거리 외 사용 제한으로 원거리통신이 불가능한 통신 즉 항공기가 대양 상공이나 지상 설비의 설치가 불가능한 사막, 정글 등에 존재할 때 지상과의 통신에 이용한다.
- 2) 이 HF 통신은 HF대의 전파 특성으로 야기되는 혼신과 잡음이 존재하나 지금까지 유일한대양상의 장거리 통신 수단이었으나 주파수대의 전파특 성상 그 신뢰성이 매우 낮은 실정이다.
- 3) 이 통신은 항공기가 비행 중에 지상과의 교신을 효과적으로 안전하게 수행하기 위하여 필요한 상호 지원하에서 통신이 이루어지는 시점에서 전체적인 통신망이 완성되기 때문에

- 5) 한·일 간에 관제 기관 간 항공관제정보교환 시스템(AIDC) 연결 추진 현황
- ① 1997년 한·일 ACC 간 데이터 전송 방식을 항공관제정보교환시스템(AIDC)으로 하기로 양국 간에 합의한 후, 2006년 ATC WG 2차 회의에서 일본은 한국과 2006년 10월까지 AIDC를 구축할 것을 제안했다.(인천 ACC ↔ 동경·후쿠오카·나하 ACC)
  - ② 그 후 AIDC 연결 방안 검토 회의에서 우리나라는 양국의 통신 프로토콜이 상이한 관계로 일본이 제시한 시한 내에 양국 간 항공관제정보교환시스템(AIDC) 구축이 어려울 것임을 표명하였으며, 한·일간 항공관제정보교환시스템(AIDC) 연결 방식에 대한 논의를 통해 한·일간 AIDC는 15개 메시지 중 6개 메시지를 구축하기로 협의하고, 2007년 6월부터 구축에 착수하여 현재 한·일 간 운영 중에 있다.
- (4) 디지털-사전출발허가장치(D-PDC)
- 1) 공항의 관제 기관이 조종사에게 항공기 출발 허가를 무선 디지털 방식으로 자동 처리해 주는 장비이다.
- (5) 디지털-공항정보방송장치(D-ATIS)
- 1) 공항의 사용 활주로, 활주로 상태 정보, 관제 주파수, 기상정보 등을 항공기에 무선 디지털 방식으로 자동 전송하여 이착륙을 도와주는 장비이다.
- (6) 모드 S 데이터통신
- 1) 모드 S 데이터통신은 2차 감시레이더가 항공기와 감시 시스템을 위한 정보를 교환할 때 부수적으로 관제 이외의 정보를 첨부하여 교환하는 통신 방식이다.
- 2) 모드 S 데이터통신의 특징으로는 지대공의 경우엔 4Mbps, 공대지인 경우엔 1Mbps의 속도를 제공할 수 있다. 모드 S 데이터 링크도 차세대 항공 종합 통신 시스템(ATN)의 하부 구조로 이용될 전망이지만, 이 통신망은 모드 S 레이더가 설치된 후에 레이더의 통달 거리 내에 있는 항공기만이 사용 가능하다.
- (7) 항공 이동 데이터통신 시설(VDL/CPDLC)
- 1) VDL
    - ① 항공 이동통신용 VHF 대역인 118.000MHz-136.975MHz 사이의 채널을 이용하는 VHF 통신은 항공교통관제(ATC), 항공 운항 관리(AOC) 통신에 사용되는 중요한 무선통신 수단으로 사용되고 있다. 하지만 VHF 대역을 이용한 무선통신의 경우, 비교적 양호한 음성통화 품질에도 불구하고 통달 거리가 가시거리(LOS)로 제한되는 문제와 제한된 채널수(25KHz 채널 폭 기준 760개)로 인해 이용 가능한 주파수 자원이 한정되는 문제를 내포하고있다.
    - ② VDL Mode 2
      - 국제민간항공기구(ICAO)는 비트 기반의 향상된 메시지 무결점을 제공하고 ATIS2에 적합한 VHF 대역의 데이터 링크 시스템을 채택하기로 하고 ACARS 물리 계층(변조 방식, 데이터 전송률과 채널 접근 프로토콜)에 근거한 VDL Mode 1 기술을 개발하였다.

- 이 표준은 1996년에 적용 가능하게 되었으나 후에 부속서 10에서 삭제되었는데, 그 이유는 VHF Mode 1의 구현 계획이 존재하지 않았던 반면에, 더욱 높은 수준의 성능을 보유한 VDL Mode 2의 구현이 벌써 진행 중이었기 때문이다.

③ VDL Mode 3

- VDL Mode 3 기술은 VDL 기술 중 유일하게 음성과 데이터 전송이 모두 가능하다.
- VDL Mode 3는 Mode 2와 동일한 물리 계층을 사용하지만 TDMA 방식을 채택했다.
- 25KHz 단위의 채널을 사용하며 한 프레임에 4개 혹은 3개의 슬롯으로 분할하여 Vocoder(음성변환기: Voice Coder 의 약자)를 이용한 디지털 음성과 데이터를 동시에 사용할 수 있도록 고안했다.

- 다른 VDL 기술과 마찬가지로 항공 종합 통신 시스템(ATN)과 호환되는 서브 네트워크이며 2001년 11월에 국제민간항공기구(ICAO) 표준안이 공표되었다.
- VDL Mode 3 기술은 VHF 음성 통신에서 이미 8.33KHz로 채널 폭을 축소하여 사용하기로 결정한 유럽에서는 관심이 없었으며, 미국과 일본에서 주로 연구가 진행 중이다.
- 유럽과 달리 미국은 음성 채널의 혼잡을 VDL Mode 3 기술로 해결하기 위해 VDL Mode 3 기술 및 제품 개발에 투자하였으나, VDL Mode 3 구축과 통신 인프라 개선 사업으로의 목적으로 추진되던 구현 사업인 NEXTCOM 프로그램에서의 VDL Mode 3 구축이 현재 잠정적으로 중단된 것으로 알려져 있다.

④ VDL Mode 4

[표 1-8] VHF Digital Link 기술별 특징 비교

특성	ACARS	VDL M2	VDL M3	VDL M4
주파수(MHz)	131.55	118-137	118-137	118-137
채널 간격(KHz)	25	25	25	25
변조 방식	DSB-AM/MSK	D8PSK	D8PSK	GFSK
다중 접속	CSMA	CSMA	TDMA(CSMA)	STDMA
데이터 전송률(kbps)	2.4	31.5	31.5	19.2
디지털 음성 전송률(kbps)	N/A	N/A	4.8	N/A
운용 범위(NM)	200	200	200	200
서비스	Data	Data	Data/Voice	Data
통신 서브넷	공대지	공대지	공대지	공대지/공대공
응용 분야	AOC/ATC	AOC/ATC	ATC	ATC
비 고			데이터 전용 시 CSMA	감시용 우선

변조 방식 : Digital Modulation, 디지털 변조는 디지털 데이터를 그대로 반송파로 변조해서 전송하는 것으로 위의 VHF Digital Link에는 최소 편이 변조(MSK), 위상 편이 방식(PSK)이 포함됨

다중 접속 : 이동통신과 같은 무선통신에서 다수의 이동국과 하나의 기지국간의 제한된 전송로 용량을 분할 사용해서 상호 통신하는 방식

※ 출처 : 정보통신용어사전, 한국정보통신기술협회, ICAO Doc 9776 Manual on VHF Digital Link Mode 2

- VDL Mode 4는 초기에 CNS/ATM 애플리케이션의 항법 및 감시용 데이터 링크를 목적으로 고안했다.
- VDL Mode 4는 STDMA(Self-organizing TDMA) 기법과 GFSK 변조 방식을 채택하고 있으며 19.2 kbps의 데이터 전송률을 지원한다.
- VDL Mode 4는 다른 감시용 데이터 링크인 Mode S ES, UAT와는 달리 데이터 전송률이 작아 다수의 채널을 사용하며, 이에 따라 기본적으로 2개의 전역 신호 채널(GSC) 이외에 이용 지역 및 애플리케이션 특성에 따른 별도 채널(region and local channel)이 요구된다.
- 주로 스웨덴을 중심으로 한 유럽에서 관련 기술에 대한 연구와 시범 운영이 활발하며, 국제민간항공기구(ICAO) 표준안은 2001년 11월에 공표되었다.

2) 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)의 기능

- ① 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC) 기능은 ADS 기능과는 다르게 항공기의 조종사와 지상 ATC 센터의 관제사 사이에 이루어지는 메시지 교환 기능이다.
- ② 따라서 ADS 기능은 자동으로 이루어지는 반면, 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC) 기능은 수동으로 이루어지게 된다.
- ③ 관제사·조종사간데이터링크통신시설(CPDLC)을 사용하므로 발생하는 장점은 다음과 같다.
  - 데이터 링크(Data Link) 통신을 함으로써 음성

성 통신의 혼잡을 줄일 수 있다.

- 즉각적이고 정확한 Data의 전송이 가능하다.
- 관제 업무 처리 능력의 증대
- 항공기의 운항 시간 및 거리의 단축
- 항공기 도착 진행 절차의 단축
- 관제 중 항공기 Clearances 등의 시기의 적절성 및 효과적인 사용

④ 관제사·조종사 간 데이터 링크 통신 시설(CPDLC) 기능은 관제사와 조종사 사이에 ATC와 관련된 메시지를 기존의 음성 채널이 아닌 데이터 채널을 이용하여 송수신하는 기능을 수행한다.

- 음성 통신을 대체한 조종사와 관제사 사이의 ATC 통신
- 항공기와 지상 ATC 센터 사이의 1대1 데이터 연결
- 183개의 Uplink 메시지와 80개의 Down-Link 메시지가 정의되어 있으며, 메시지에 식별 코드가 할당되어 있다.
- 항공기가 해당 FIR 영역을 벗어날 때 관제 이양이 이루어질 차기 ATC 센터를 설정한다.
- 비트 지향형 애플리케이션
- 항공 종합 통신 시스템(ATN)은 네트워크에 대하여 OSI 모델 중 트랜스포트 계층의 프로토콜을 사용한다.
- 비트-문자 변환 기능

(8) 항공이동위성서비스(AMSS)

- 1) 통신위성을 이용한 비행기와 지상이동국(Ground Station) 사이의 통신 서비스이다.
- 2) 비행 중인 항공기와 지상 사이에 통신을 제공

하는 서비스이다. 중계기를 탑재한 정지궤도 (GEO: Geostationary Orbit) 통신위성과 지상의 기지국을 연결하는 방식으로 전 세계를 연결한다. 양방향으로 음성·데이터통신이 가능하다. 통신위성은 C·Ku·Ka밴드 주파수를 사용하는 국제 음성 통신용 위성과 달리 L밴드 주파수를 사용한다.

- 3) 서비스 영역 안을 운항하는 모든 고도의 항공기가 이용할 수 있으며, 전자파의 영향을 받지 않아 양질의 통신을 보장한다. 반면, 정지궤도 위성으로는 극지방에 서비스를 할 수 없어 극지방만을 위한 별도의 통신위성이 필요하며, 복잡하고 값비싼 기지국 장비가 필요하다는 단점도 있다.
- 4) 항공교통업무(ATS; Air Traffic Service)·항공 운항 관리(AOC; Aeronautical Operational Control)·항공 업무 통신(AAC; Aeronautical Administrative Communications)·항공 여객 통신(APC; Aeronautical Passenger Communication) 등에 사용된다.
- 5) 항공교통 서비스와 항공 운항 관리는 항공기의 안전 운항을 위한 분야이며, 항공 업무 통신과 항공 여객 통신은 안전 운항과 관계없는 새로운 통신 서비스이다. 항공기에 탑승한 승객과 항공기의 탑재 시스템 등 항공기 안의 이용자와 항공로 관제소·항공사·공중 통신망 가입자 등 지상의 이용자를 대상으로 서비스를 제공한다. 위성 전화가 대표적인 경우이며, 고속 인터넷 서비스를 제공하는 기술도 등장하였다.
- 6) 미국의 항공기 제조 회사 ‘보잉’이 실용화한 ‘Connection by Boeing’이라는 장치가 이에

해당한다. ‘Connection by Boeing’은 비행 중인 여객기 승객에게 고속·실시간 데이터 서비스를 제공한다. 이 장치를 여객기 좌석에 설치하면 승객들이 인터넷과 인트라넷, 실시간 텔레비전 방송 등을 이용할 수 있다.

- ① 항공 이동 위성 서비스 시스템은 항공기의 하부 시스템과 지상의 하부 시스템 간을 정지궤도상의 인공위성과 지상국을 이용하여 직접 연결하는 세계적인 통신 시스템이다.
- ② 이 시스템은 항공기에 탑재한 최종 이용자와 지상에 본부를 둔 최종 이용자 사이를 데이터 및 음성 통신으로 지원하는 시스템이다.
- ③ 항공기의 최종 이용자는 항공기에 탑승한 승객은 물론이고, 항공기의 탑재 시스템이 포함된다.
  - 지상의 최종 이용자의 대표적인 예는 항공로 관제소, 항공기를 운용하는 항공사 및 기타 공중 통신망 가입자 등이 있다.
- ④ 항공 이동 위성 서비스 기능에 의해 서비스될 수 있는 통신은 크게 4가지로 나뉜다.
  - 항공교통업무(ATS), 항공 운항 관리(AOC), 항공 업무 통신(AAC) 및 항공 여객 통신(APC)
- ⑤ 항공 이동 위성 서비스의 장점
  - 음성 및 데이터를 포함하는 양질의 양방향 통신을 제공한다.
  - 어떠한 고도든지 서비스 영역 내에서 비행하는 항공기를 위한 통신을 제공한다.
  - 대기 중 및 전리층에서의 전자파에 의한 영향을 받지 않는 통신을 제공한다.
  - 위성에서 지향성 안테나를 이용한 지구 표면의 특정된 지역을 커버하기 위한 통신을 제공한다.

- ⑥ 항공 이동 위성 서비스의 단점
  - 정지궤도 위성으로 커버되지 않는 극지방을 커버하기 위해 특별한 궤도를 갖는 제3의 위성이 필요하다.
  - 현재의 기술로는 대륙 간 VHF 통신 장비보다 더 복잡하고 고가의 항공기 지구국 장비가 요구된다.
  - 항공기 지구국과 위성 사이, 위성과 지상국 사이의 신호의 편파는 신호가 전리층을 통해 전파될 때 회전하게 되어 항공기 지구국, 위성, 지상국을 위해 상대적으로 복잡한 원형 편파의 사용이 요구된다.
  - 터미널 영역에서 일부 위성을 이용한 통신은 항공사에 의해 사용될지도 모르나 대부분의 항공기는 비용이 저렴한 VHF 사용이 지속될 것이다.
- ⑦ 인공위성 중계에 의한 데이터통신망은 정보 전달 특성상, 다수의 국으로 동시에 정보를 내보내는 동보성과 광역성을 가지고 있다.
- ⑧ 광역을 커버하기 위하여 인공위성의 중계 방식 도입은 필수적이며, 인공위성을 이용한 데이터 링크는 국제해사기구(IMO)가 운용 중에 있는 데이터 링크를 이용함으로써 수행될 수 있다.
- ⑨ 현재는 주로 공대지 음성 통신으로 항공교통 관리를 수행하고 있다.
- ⑩ 이러한 통신 방법은 통달 거리가 짧고 전파의 질이 떨어지는 등 문제점이 있고, 조종사와 관제사 간의 언어 장벽에 대한 문제는 물론 컴퓨터의 데이터베이스를 이용하지 못하는 결점이 있다.
- ⑪ 또한 대양 지역과 원격지 항행에서는 HF를

사용하는 장거리 통신에 의존하고 있는데, HF통신은 신뢰성이 없고 위성 항행 시스템 특별위원회에서 추진하고 있는 인공위성을 이용한 통신 방식이 도입되면 위도가 75도 이상인 극지방을 제외하고는 더 이상 사용되지 않을 전망이다.

- ⑫ 항공기 탑재 장비와 지상 장비의 성능은 가능한 한 직선 항공로를 제공하고 공역 이용을 극대화할 수 있도록 조합되어야 한다.
  - 즉 항공기에 탑재되고 있는 운항 관리 시스템(FMS)에서 생성되는 정보들을 항공교통관제에 활용해야 될 필요성이 증대되었다.
- ⑬ 항공기 운항 감시 및 식별 부호 등을 제공하는 2차 감시레이더가 항공교통관제 분야에 간단한 공지 데이터 통신의 역할을 수행하고 있으나 정보량은 극히 제한적이다.
- ⑭ 따라서 이러한 문제점들은 공중과 지상 간의 모든 통신을 국제적으로 표준화된 통신망으로 구축함으로써 해결될 수 있다.

### 1.5.2.3 차세대 항공통신 시스템의 도입 효과

- (1) 안전성 향상
  - 1) 조종사의 업무 부하 감소
  - 2) 관제사 업무 부하 감소
  - 3) 통신의 질, 속도 향상
  - 4) 혼잡한 음성주파수 사용 감소
  - 5) 실시간 원격 엔진 감시 제공
- (2) 운항 및 관제 능력 향상
  - 1) 신속한 보고의 수신
  - 2) 신속한 통신의 수신
  - 3) 정확한 보고 시간

- 4) 데이터의 정확성(언어 소통 문제 해소)
- 5) 최적 통신 경로 설정의 용이성
- (3) 경제성 향상
  - 1) 절차의 단순화로 지상 지연 감소
  - 2) 수동 조작 절차 감소
  - 3) 2명의 승무원 조종 가능성 향상
  - 4) 여객 서비스 향상

- 이착륙 시에 이용
- 2) 거리측정시설(DME)  
항행 중인 항공기에 시설 설치 지점에서 항공기까지의 거리 정보를 숫자로 제공하여 항공로 비행 및 이착륙 시에 이용
- 3) 계기착륙시설(ILS)
  - ① 가장 정밀하게 항공기의 착륙을 유도하는 시설로서 활주로 방향, 착륙 각도 및 활주로에서 항공기까지의 거리 정보를 제공
  - ② 방위각 장비, 활공각 장비, 마커 장비로 구성됨.
    - 방위각 장비(LLZ : Localizer) : 활주로 중심선 방향 정보 제공
    - 활공각 장비(GP : Glide Path) : 착륙각도 정보 제공
    - 마커 장비(IM, MM, OM) : 항공기가 착륙하는 진입로상의 특정 지점에 대한 위치 정보 제공
- 4) 전술항행표지시설(TACAN)

1.5.2.4 항법 부문의 현행 시설과 차세대 시설의 차이점

- (1) 현행 항법 시스템과 차세대 항법 시스템의 차이점
- (2) 현행 항법 시스템의 운영 개념
  - 1) 전방향표지시설(VOR)  
항행 중인 항공기에 방위각 정보(1°~360°)를 제공하는 시설로서 항공로의 구성, 공항 접근 및

[표 1-9] 현행 항법시스템

현행 시스템	차세대 시스템	
	전환 시스템	이용 목적
VOR, DME	위성항법 시설 모니터링 (GNSS Monitoring)	GPS, GLONASS, GALILEO 또는 광역 보강 시스템 신호를 모니터링하여 이들의 정상 운용 상태를 기본적으로 확인
ILS, VOR, DME	지역 보강 시스템 (GBAS)	항공기가 CAT-I 급 GBAS를 이용해 현재의 비행 상태를 확인하면서 활주로에 다중 경로로 정밀 접근 및 이착륙
		항공기가 CAT-II/III 급 GBAS를 이용해 활주로에 다중 경로로 정밀 접근 및 이착륙
VOR, DME	위성 복합 항법 (GPS, GLON AS, GALILEO 등)	항공기가 GLONASS, GALILEO 등 복합 위성항법 융합 기술의 서비스를 이용해 항공로 및 공항 상공에서 비행
VOR, DME	기내 보강 시스템 (ABAS)	항공기가 기내 자체적인 정밀 항법 장치를 이용해 현재 비행 위치를 확인하면서 항공로 비행 또는 공항 접근 비행
VOR, DME	위성 기반 보정 시스템 (SBAS)	항공기가 위성 기반 보정 시스템(SBAS)의 위성 방법을 이용해 항공로 및 공항 상공에서 정밀 비행

- ① 방위각 정보(0~360도)와 시설 설치 지점으로부터 항공기까지의 거리 정보를 제공하기 위하여 군용으로 개발되었으나, 거리 정보 제공 원리는 DME와 동일하여 민간항공용으로 사용된다.
- 5) 무지향표지시설(NDB)
  - ① 일정한 전파를 계속 발사하여 항공기에 탑재된 방향탐지기(ADF : Automatic Direction Finder)로 NDB의 설치 지점을 알 수 있도록 한다.
- (3) 차세대 항법 시스템의 운영 개념
  - 1) 위성항법시설(GNSS)
    - ① 위성항법 시설(GNSS)은 전 세계 언제 어디서나 정확한 3D 위치와 시각을 제공하는 위치 정보 시스템을 뜻하며, 현재 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, EU의 GALILEO 등이 개발 중에 있다.
    - ② 1980년대 초, 민간항공 부문에서는 날로 증가하는 항공교통량의 증대로 인해 기존의 통신, 항법, 감시 및 관제 시스템으로는 가까운 미래의 항공교통량을 감당하지 못할 것이라는 우려가 제기되었다.
    - ③ 국제민간항공기구(ICAO)는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 1983년 FANS21 특별 위원회를 설치하여 21세기 항공교통량의 폭발적인 증가에 대비하기 위한 새로운 개념의 CNS/ATM 시스템을 연구하기 시작하였다.
    - ④ FANS 특별위원회의 연구 결과에 의하여, 1991년에 9월 캐나다 몬트리올에서 개최된 제10차 국제민간항공기구(ICAO) 항행 회의에서는 기존의 항공 운항 시설을 디지털 데이터 통신 기술과 위성항행 시스템을 기반으로 하는 새로운 개념의 차세대 CNS/ATM으로 전환하는 계획(2010년 이후 실행)을 수립하게 되었다.
  - ⑤ 이에 따르면 지상 시설에 고착되어 있는 항법 시스템은 GPS 등 위성항행 시스템으로 전환되고, 레이더 및 조종사의 음성 보고에 의존하는 현재의 항공 감시 기능은 위성항행 시스템과 데이터 통신을 기반으로 하는 시스템으로 전환되어 레이더는 백업 시스템의 기능을 담당할 것으로 예상된다.
  - ⑥ 통신, 항법, 감시 기능의 일대 전환은 항공교통관제 부문에서도 많은 변화를 가져올 것으로 예상된다.
  - 2) 위성항법지역보강시스템(GBAS)
    - ① 위성항법 지역 보강 시스템(GBAS)은 국제민간항공기구(ICAO)가 2001년 11월 차세대 이착륙 시스템으로 정하고 각국에서 이를 개발하여 활용하도록 권고한 장비이다.
    - ② GPS의 위치 오차와 GPS 각 위성의 이상 유무 등을 VHF 데이터 링크로 항공기에 지속적으로 송신하고, 항공기는 GBAS가 보내는 정보를 이용하여 GPS 오차를 상쇄시키고 문제가 있는 위성은 위치 계산 시에 제외하면서 보다 정확하고 안전한 위치 정보를 이용하여 정밀한 이착륙을 하게 된다.
    - ③ 2004년 11월에 개정된 ICAO PANS-OPS Vol. II Amdt 12에는 CAT-I GBAS 정밀 접근절차 설계 기준이 도입되었다. 새롭게 도입된 GBAS 절차 설계 기준의 경우, 전체적인 절차 구성,



세부 기준, 정밀도 부분에서의 장애물의 영향을 방지하기 위한 OAS(Obstacle Assessment Surface), CRM(Collision Risk Modeling) 등 기본 골격은 기존의 계기착륙 시설(ILS) CAT-I 정밀 접근 절차의 구성과 거의 동일하며, Fix Tolerance Area의 구성 등 세부적인 위성항법 시설(GNSS) 관련 특성은 기존의 RNAVGNSS 절차의 그것을 수용하고 있다.

- ④ 위성항법 지역 보강 시스템(GBAS)은 계기착륙 시설(ILS)과 같은 100KHz대를 사용하고 있지만, 계기착륙 시설(ILS)이 하나의 활주로에 하나의 접근만을 유도할 수 있는 반면, 위성항법 지역 보강 시스템(GBAS)은 한 활주로에 대해 이론상으로 192개의 접근을 유도할 수 있으므로 계기착륙 시설(ILS) 운용에 비하여 상당한 유연성을 제공할 수 있다.
- ⑤ 현재 위성항법 지역 보강 시스템(GBAS)은 CAT-I(Category I) 정밀 접근의 정확도만을 지원할 수 있으나, 앞으로 GPS 현대화 또는 위성항법 시설(GNSS) 위성 시스템의 추가로 인한 위성항법 시설(GNSS) 위성 시스템의 정확도가 향상되면 현재의 계기착륙 시설(ILS)과 같이 CAT-II 및 CAT-III 정밀 접근 서비스도 제공할 수 있을 것으로 전망된다.

### 3) 복합 위성항법(GPS, GLONAS, GALILEO 등)

#### ① GPS

- GPS는 미 해군이 1950년대 후반부터 위성 기반 항법 시스템인 Transit, Timation 등을 운용한 경험을 바탕으로 1970년대 초에 미국 국방성이 설립한 GPSJPO에 의해 개념 연구

가 시작되어 1978년 2월에 최초의 Block I 위성이 발사되었고, 이후로 2, 3단계에 걸친 시스템 설계와 검증이 이루어졌다.

- 1993년 정상 가동이 선포된 GPS는 위성항법 시설(GNSS)의 대명사가 되었으며, 초기에는 군용으로 개발되었으나 민간에게 그 사용이 허락되어 1990년대 중반 이후부터 비약적으로 사용이 증가되었다. 더욱이 2000년 5월 미국에서 GPS SA(Selective Availability)를 제거하여 위치 정확도가 수십 미터 정도로 향상되었다.
- GPS 위성은 위성 신호 코드를 전송하고 GPS 수신기는 이 신호를 받아 수신기의 위치, 속도를 계산하게 된다. 수신기에서 측정된 거리는 오차 성분을 포함하고 있으므로 '의사 거리(Pseudo-range)'라고 부르며, 위성과 수신기 간의 거리는 전파의 전달 시간을 측정하여 구해지는데 이를 위하여 위성과 수신기 간의 시각이 정확히 동기화되어야 한다. 그러나 수신기에 사용되는 시계는 위성의 원자시계에 비하여 상대적으로 부정확한 저가의 발진기를 사용하므로 측정된 거리에는 수신기 시계 오차가 포함된다. 이를 보정하기 위하여 4개 이상의 위성에 대한 의사 거리를 이용하여 위치와 시각을 구한다.
- GPS를 구성하는 요소는 위성국(Space Segment), 위성을 제어하고 관리하는 지상국(Control Segment), 그리고 위성 신호를 수신하여 위치를 구하는 수신기(User Segment)로 구성된다.
- GPS 위성국은 기본적으로 24개로 구성되어

있으며, 지구상 어디서나 4개 이상의 위성을 관측할 수 있도록 설계되어 있다. 24개 위성은 궤도면의 기울기(inclination)가 55도인 6개의 궤도에 각각 4개씩 배치되어 있다.

- 미국은 현재의 GPS를 보다 정확하고 신뢰성 있는 정보 제공이 가능한 민간용 및 군사용 시스템으로 발전시키기 위한 GPS 현대화 계획을 추진하고 있다.

### ② GLONASS(Global Navigation Satellite System)

- 러시아의 위성항법 시스템인 GLONASS는 GPS와 마찬가지로 전 세계를 운용 범위로 하는 위치 측정 시스템으로, 4개 위성의 신호로 위치를 계산한다는 원리는 GPS와 같으나, 궤도면 수, 위성 신호 구별 방법, 반송파 주파수, 표준 시간계, 좌표계, 궤도 표현 방식이 다르다.
- 1982년 4개의 위성 발사를 처음으로 1996년 잠깐 24개 위성군의 모습을 갖추었으나, 현재는 러시아의 경제적 사유로 정상 가동이 되지 못하고 있다.
- GPS와 GLONASS 위성군을 함께 이용할 경우, GPS만을 이용할 때보다 관측 위성 수가 늘어나 위치 정확도와 신뢰성의 향상을 기대할 수 있어서 겸용 수신기에 대한 연구 개발이 진행되어 오고 있으나, 두 시스템 간의 차이점과 GLONASS의 정상 운영이 곤란하여 그 연구가 지지부진한 상황이다.
- 1999년 1월 18일, 러시아 대통령은 GLONASS의 개방과 개선을 위해 새로운 차원의 국제 협력을 도모할 것을 결정하였고 2001년 8월 20일, 러시아연방 정부는 GLONASS 운영의 민

간 이양과 GLONASS 기반의 민간 국제 협력의 GLONASS 프로그램을 승인하였다.

- 러시아는 GLONASS의 정상화와 H/W의 개선을 위해 GLONASS-M이라 불리는 개선된 위성항법 시스템을 계획하고 첫 위성 발사를 2003년 12월에 이루었으며, GLONASS-M 프로그램은 2002년에 시작되었다.

### ③ GALILEO

- 1990년대 후반, 유럽연합(EU, European Union)은 우주 개발, 교통, 통신 등 전략 분야에서 독자적인 발전을 이루기 위해 미국의 인공위성 기반 위치 측정 시스템(GPS, Global Positioning System)에서 독립된 위성항법 시스템을 구축하기로 결정하고 유럽 연합 회원국들의 기술과 자본이 투입된 새로운 위성항법 시스템인 갈릴레오 프로젝트(Galileo Project)를 추진했다.
- 갈릴레오 위성항법 시스템의 주 사업자는 유럽연합, ESA, 민간 회사들이 각 세부 과제별로 컨소시엄(Consortium)으로 구성되어 있다. 갈릴레오 위성 배치에 소요되는 비용은 약 3조 6천억 원으로 추산되며 이에 소요되는 비용은 EU와 민간 회사 컨소시엄이 공동으로 출자하게 되어 있다.
- 갈릴레오 시스템의 구성은 Global Component, Local Components, 그리고 사용자 수신기와 터미널로 크게 구분되며, EGNOS(European Geo-stationary Navigation Overlay Service)와 External Galileo-related systems components를 추가하기도 한다.
- Global Component는 3개의 MEO(Medium

Earth Orbit) 위에 30기(27 +3Active Spares)의 항법 위성으로 구성되는 위성국 항법 위성들을 모니터링하고 서비스를 제공하는 Ground Control and Mission Segment를 포함한다.

- Local Components는 정확도, 가용성, 연속성, 무결성 등에 대하여 추가적인 성능이나 기능을 더하여 지역적인 서비스를 제공하기 위하여 필요한 구성요소이다.
- 갈릴레오 프로젝트는 유럽연합 회원국뿐만 아니라 중국, 이스라엘, 모로코 등 타 지역 국가들의 참여도 활발하며, 우리나라도 2006년 9월에 한-유럽연합 간 갈릴레오 협력 협정을 체결하여 갈릴레오 프로젝트에 합류하게 되었다.

#### 4) 위성기반보정시스템(SBAS)

##### ① 위성기반보정시스템(SBAS)

- 위성항법 시설(GNSS)의 보정 시스템 중 하나로서, 지상 또는 공중파 네트워크를 통하여 연결된 다수의 기준국들이 넓은 범위에 걸쳐 위치하고 각 기준국 지점에서 관측되는 모든 위성들의 정보를 종합하여 중앙처리시스템으로 보내면 그 정보들을 종합하여 광역 보정 값을 계산하는 원리이다.
- 현재 개발되고 있는 위성기반보정시스템(SBAS)으로는 미연방항공청(FAA)에서 개발 중인 WAAS(World Wide Augmentation System), 유럽연합이 EUROCONTROL과 제휴한 유럽 우주국의 EGNOS, 일본 민간 항공국에서 개발 중인 MSAS(MTSAT Satellite

Augmentation System) 등이 있다.

- 위성기반보정시스템(SBAS)은 상대적으로 적은 수의 지상 기반 시설을 이용한다는 점과 CAT-I 수준의 정밀 접근 서비스를 광역에 걸쳐 제공할 수 있다는 점에서 매력적이지만, 시스템의 복잡성과 구축 비용 측면에서 볼 때는 모든 국가나 지역에서 이러한 보정 시스템을 채택하기에는 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다.

#### (4) 항법 분야의 차세대 항행안전시설 도입 효과

##### 1) 직선 항공로의 개척

- ① 지상 항행안전시설에 의존하지 않고 통신 기반의 감시 기능을 구현하여 북극권과 시베리아와 같이 항공교통 인프라 구축이 용이하지 않은 지역의 항공로 개척이 가능하게 되었다.

##### 2) 증가하는 항공교통 수요와 교통량에 대한 적절한 대처 가능

- ① 항공교통관제소의 항공교통량 분석 자료에 따르면, 2003년 7월 이후 국제선 교통량이 국내선을 추월하였으며 국제선 교통량은 연평균 12%씩('99~'08년 기준) 지속적으로 증가하고 있으며 국내 영공을 통과하는 항공교통량도 연평균 14%('98~'07년 기준) 정도의 꾸준한 성장세를 보이고 있다.
- ② 차세대 항행안전시설을 도입할 경우, 이러한 항공교통량의 지속적인 증가에 대비하여 공역과 공항의 수용 능력을 배가시킬 수 있다.

##### 3) 항공 안전성 및 경제성 제고

- ① 국내 민간 항공로는 군사적인 이유로 인하여

매우 제한된 구역만을 이용하고 있으며, 국토의 70%가 산악 지형인 국내의 여건상 대부분의 지방 공항이 계기착륙 시설(ILS)과 같은 지상 고정형 항행안전무선시설의 설치 및 운영이 용이하지 않은 여건이다.

② 차세대 항행안전시설의 도입은 정밀하고 다양한 접근 경로를 제공할 수 있으며, 계기착륙 시설(ILS)보다 설치 비용이 저렴하면서 동급의 정밀 접근 기능을 제공할 수 있는 효과적인 대체 수단이 될 수 있다.

4) 차세대 항행안전시설 분야 시장 진출 및 국가 위상 제고

① 차세대 항행안전시설로의 전환에 따라 신기술 표준과 이에 따르는 시스템 전환이 이루어지는 초기 단계이므로 시장 진입 장벽이 상대적으로 낮아지며 선진국과 우리나라의 기술 격차가 크지 않다는 장점이 있다.

② 차세대 항행안전시설의 특성상 우리나라가 세계적으로 경쟁력을 가지고 있는 IT 기술을 접목, 융합할 수 있는 분야이므로 적극적인 투자와 노력이 뒷받침된다면 차세대 항행안전시설 기술 개발 및 기술 우위 선점의 가능성이 있다.

③ 국내 개발을 통한 한국형 항행안전시설의 구축은 선진국 장비의 직접 도입으로 인한 막대한 시스템 구입 비용, 유지 보수 비용, 업그레이드 비용을 절감할 수 있다.

④ 국제민간항공기구(ICAO)의 표준화 활동 참여를 통하여 시장 선점이 가능한 기술을 조기에 확보하고 향후 기술 표준 활동을 선도함으로써 국가 기술력과 위상을 제고하는 기회로 삼을 수 있다.

### 1.5.2.5 감시 및 관제 부문의 현행 시설과 차세대 시설의 차이점

[표 1-10] 감시 및 관제 부문의 현행 시설과 차세대 시설의 차이점

현행 시스템	차세대 시스템		
	전환 시스템	이용 목적	
레이더 (PSR, SSR, SMR 또는 ASDE, PAR 등)	자동 종속 감시 방송 시스템 (ADS-B/TIS-B/FIS-B)	항공기가 데이터 링크를 통하여 위치·등록 기호·속도·고도 등의 정보를 주변 항공기 또는 관제 기관에 알려 주고, 관제 기관 등은 받은 정보에 의해 비행 안전 관리	
	다변 측정 감시 시설 (Multilateration)	항공기가 공항 또는 항공로 등에서 비행하는 항공기 감시 또는 교통정보 방송	
지상 이동 안내 및 관제 시스템(SMGCS)	차세대 지상 이동 안내 및 관제 시스템(A-SMGCS)	공항 지역 내에서 항공교통 밀도를 조절하고 안전성을 향상	
항공교통 관리(ATM)	차세대 항공교통 관리(New ATM)	항공교통 업무(ATS)	항공 정보관리 시스템(eAIM)과 연동하여 현재의 항공기 관제(통제)를 항공기 관리 체계로 개념 전환
		항공교통 흐름 관리(ATFM)	항공교통 밀도가 높은 지역의 섹터별 교통 밀도 조절

1.5.2.5.1 현행 감시 및 관제 시스템의 운영 개념

(1) 레이더(RADAR; Radio Detection and Ranging)

1) 1차 감시레이더(PSR)

- ① 항공기에 트랜스폰더 설치 및 운용이 불필요하다.
- ② 항공기와의 거리(Range) 및 방위각(Azimuth)을 측정한다.
- ③ ID 식별이 불가능한 비행 목표물을 탐지한다.
- ④ 4-12초의 중간 정도의 업데이트 주기 및 정확성
- ⑤ 항공교통량이 많은 터미널 지역에서 사용한다.

2) 2차 감시레이더(SSR) Mode A, C

- ① 2차 감시레이더(SSR)는 항공기와의 거리(Range) 및 방위각(Azimuth)을 측정한다.
- ② 빠른 업데이트 주기 및 정확성
- ③ 안전 경고 기능을 추가한다.
- ④ 고도 정보는 트랜스폰더에 의존하므로, 고도 데이터는 종속 감시에 속한다.
- ⑤ 데이터링크는 에러 체크 기능이 없다.
- ⑥ Mode A는 민간 항공기/군 항공기 인식용 4096개 식별 코드(ID Code)를 제공하며 가

장 보편적으로 활용 중이다.

- ⑦ Mode A는 군 항공기 인식 모드 3에 해당한다.
- ⑧ Mode C는 민간 항공기 인식용으로 항공기의 압력 고도(Pressure Altitude) 정보를 제공한다.

⑨ ICAO Annex 10 및 NATO STANAG 4193 표준

3) 2차 감시레이더(SSR) Mode S

- ① 더 높은 데이터 전송 능력
- ② 현재 운영 중인 2차 감시레이더(SSR) Mode A/C의 한계 극복으로 항공기 인식 코드 및 더 높은 고도 정밀성을 제공(100피트 → 25피트)
- ③ 재래식 2차 감시레이더(SSR) Mode A/C 및 ACAS 호환 가능
- ④ Mode S는 Mode S 서브 네트워크 구성을 위해 Mode S Specific Services와 Switched Virtual Circuit Services의 두 가지 형태로 통신을 지원한다. 여기서 Service는 항공 종합 통신망과 연동하기 위한 서브 네트워크이다.

4) Air Surveillance Radar

- ① 항공기의 식별, 항공기들의 접근 순서 결정,

[표 1-11] 2차 감시레이더(SSR)의 진화

ELS(Elementary Surveillance)	EHS(Enhanced Surveillance)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비행 ID : 8문자(KE1234)</li> <li>• ICAO 24비트 ID 비상 상황을 포함</li> <li>• 트랜스폰더 수용 능력 보고</li> <li>• 25피트 고도 보고(Mode C)</li> <li>• SPI(식별 코드 재확인)</li> <li>• 비행 상태(항공기 혹은 지상)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ELE의 모든 것을 포함</li> <li>• 항공 시스템으로부터 실시간 파라미터 추출 가능</li> <li>• ELE 및 상태 벡터 및 항공기 의도 파라미터들</li> <li>• 상태 벡터 파라미터 : Mag, HDG, Air SPD, Vertical</li> <li>• Rate(Baro, Inertial), Roll Angle, Track Angle Rate, True Track Angle, GNS SPD</li> <li>• 항공기 의도 정보 : Selected altitude of Mode Control Panel</li> <li>• of Autopilot or of the FMS</li> <li>• 구체화된 ARINC Label Reference Number</li> </ul>

개별 항공기의 접근 관제

- ② 항공교통 보안 차원에서 운용되며, 군이 운용하는 방공 레이더들과 연동
- ③ 항공기의 거리와 방위각만을 제공하는 2D 레이더와 거리, 방위각, 고도 정보를 제공하는 3D 레이더로 구분하며, 통상 반경 450킬로미터 360도 전(全)방향 감시

5) Surface Movement Radar

이착륙, 활주 및 유도로 이동 중인 항공기를 포함한 지상 이동 물체 통제

- ① En-Route Radar
- ② 최대 450킬로미터 반경의 En-Route 지역 감시
- ③ 통상적으로 L 밴드 사용

6) Precision Approach Radar

- ① 시정 0에 가까운 상황 시 항공기 착륙 유도를 위한 정밀 접근 관제
- ② 조종사에게 음성 지시를 하거나 관제용 펄스 신호를 이용한 자동 착륙 유도

(2) 지상이동안내 및 관제시스템(SMGCS)

- 1) 지상이동안내 및 관제시스템(SMGCS)은 비행장 기동 지역과 계류장 지역에 대해서 항공기가 활주로에 안전하게 이착륙하고 계류장까지 신속하고 안전하게 이동할 수 있도록 비행장 관제 업무를 지원하는 시스템이다.
- 2) 지상 이동 안내 및 관제 시스템은 크게 4가지 기능으로 구성되었다.
  - ① 감시(Surveillance) 기능

- ② 통제(Control) 기능

- ③ 경로/계획(Routing/Planning) 기능

- ④ 안내(Guidance) 기능

3) 감시 기능은 지상감시레이더(SMR 또는 ASDE)를 통해서 이루어지며, 지상감시레이더의 특성상 공항 내 건물로 인해 비(非)감시 영역이 발생하거나 기상 악화 시 오차가 커지는 문제가 있다.

(3) 항공교통관제(ATC) 시스템

- 1) 항공관제 시스템은 항공기 운항 지역에서 항공기 간의 충돌과 항공기와 장애물 간의 충돌을 사전에 방지함과 동시에, 항공기들의 운항 효율을 촉진시키고, 항공 교통의 질서를 유지하기 위한 시스템이다.
- 2) 항공교통관제(ATC)는 레이더(RADAR) 등 각종 감시 자료 처리 장치(SDP: Surveillance Data Processor)와 비행 자료 처리 장치(FDP: Flight Data Processor)로 구성된다.
- 3) 감시 자료 처리 장치(SDP)는 레이더(RADAR), 다변 측정 감시 시설(MLAT), 자동 종속 감시 방송 시설(ADS-B) 등으로부터 수신된 자료를 비행 자료 처리 장치(FDP)와 연계시켜 항공기의 현재 위치를 식별한다.
- 4) 비행 자료 처리 장치(FDP)는 공항, 항공사, 항공 고정통신망(AFTN)으로부터 수집된 비행 정보를 관련 부서에 제공하는 시스템이다.
- 5) 우리나라는 1952년 7월 미 공군이 항공관제 업무를 처음으로 시작한 이래로 1958년 1월 미 공군으로부터 항공로 관제 업무를 인수받아 운영하기 시작했다.

- 6) 1973년 7월 미국으로부터 고고도(24,000피트) 이상의 항공기에 대한 항공로 관제 업무를 인수받아 운영했다.
- 7) 1986년 한국 공군에서는 자동화 항공로 교통 관제 시스템의 현대화 사업을 추진하였으며, 1995년 3월에 공군으로부터 건설교통부로 이관되어 대구 항공교통센터를 운영하기 시작했다.
- 8) 2001년 8월에 건설교통부에서는 인천 지역의 현대화 시설로 개량된 항공교통관제 시스템을 도입, 설치한 후, 현재 지역 관제를 담당하는 항공교통센터(ACC)를 중심으로, 접근 관제를 담당하는 14개 접근 관제소 및 24개(민간 15, 군 9) 공항 관제탑이 운영되고 있다.
- 9) 모든 항공관제 시스템을 외국으로부터 도입하여 운영 중이며, 시스템 개발 업체는 Lockheed Martin, Telephonics(이상 미국), Indra(스페인), Thales(호주), Tern(아이슬란드) 등으로 다양하다.

### 1.5.2.6 차세대 감시 및 관제 분야의 항행안전시설 도입 효과

- (1) 감시 분야의 효과
  - 1) 위치 보고에 대한 오류 감소
  - 2) 비(非)레이더 공역 감시
  - 3) 비용 절감
  - 4) 확인 감시
  - 5) 비상 지원(Emergency Support)의 감시
  - 6) 공항과 활주로 이용도 개선 및 안전 향상
- (2) 관제 분야의 효과
  - 1) 강화된 종합 안전성

- 2) 시스템의 수용력 증대 및 공항 수용력의 최적 활용
- 3) 지연의 감소로 비용 절감 및 환경 개선
- 4) 유연성 및 분리 축소를 통한 공역의 효율적 활용
- 5) 관제사 업무 부하 감소 및 생산성 증대
- 6) 자동화를 통한 Human Factor Error의 발생 개선

### 1.5.3 차세대 감시 시스템의 운영 개념

#### 1.5.3.1 자동 종속 감시 방송 시설(ADS-B/TIS-B/FIS-B)

- (1) 자유비행(Free Flight)을 가능하게 하는 종속 감시 시설이다.
- (2) 공중 및 지상 이동 지역 내에서 운행되는 항공기 또는 차량에 주기적으로 상태 벡터(수평 및 수직 위치, 수평 및 수직 속도) 및 기타 정보를 방송한다.
- (3) 국제적으로 표준화된 데이터 링크
  - 1) VDL Mode 4
  - 2) Mode S 1090MHz Extended Squitter
  - 3) UAT
  - 4) VDL Mode 4가 가장 우수한 링크로 판명되었으나 Mode S 1090MHz ES를 선호하는 추세
  - 5) 비정밀 계기 활주로의 수용 능력 지원
- (4) 자동 종속 감시 방송 시설(ADS-B)의 적용 범위
  - 1) 분리, 안전망, 항공교통량 정보 등 ATC
  - 2) 비(非)레이더 환경에서 ATC 혹은 레이더 대체
  - 3) 비정밀 계기 활주로의 수용 능력 지원
  - 4) 지상 감시 활주로 및 유도로 충돌 회피



[그림 1-38] 자동 종속 감시 방송 시설(ADS-B) 운영 개념

- 5) 계류장 관리
- 6) 조종실 디스플레이를 이용한 조종사의 상황 인식 강화 및 충돌 회피

(공중의 항공기 감시)

- 4) 수신기의 수를 늘릴수록 정확도 향상
- 5) 복잡한 대형 공항일수록 20개소 이상의 GRS 필요

### 1.5.3.2 다변측정감시시설

(MLAT; Multilateration)

- (1) 도착 시간 편차(TDOA)를 이용한 감시, Reverse GPS 원리
- (2) 항공기의 위치 및 식별(ID) 정보를 제공, 초당 1회의 매우 높은 업데이트 속도
- (3) 1차-2차 감시레이더(PSR-SSR)보다 더 높은 정확도(5미터 미만의 정확도)
- (4) GRS(Ground Receiving Station) 필요성
  - 1) TDOA 측정을 통한 삼각측정(Triangulation) 원리를 활용
  - 2) 3대의 수신기를 이용하여 2차원 위치 제공 (지상 이동 감시)
  - 3) 4대의 수신기를 이용하여 3차원 위치 제공

(5) Triangulation 신호원

- 1) Mode S가 없는 항공기의 경우, 2차 감시레이더(SSR) Mode A, C(1090MHz)
- 2) 자동 종속 감시 방송 시설(ADS-B)이 없는 항공기의 경우, Mode S Squitter
- 3) 자동 종속 감시 방송 시설(ADS-B) Squitter
- (6) 다변측정감시시설(MLAT)은 1090MHz 수신기와 디코더로서 구성되며, 출력은 자동종속감시방송시설(ADS-B) 메시지를 제공한다.

### 1.5.3.3 차세대 지상이동안내 및 관제시스템

(A-SMGCS)

- (1) 차세대 지상이동안내 및 관제시스템은 4가지 기능에 대한 정밀도와 성능을 향상시킨 시스템



으로, 공항의 교통 밀도와 시정 상황 및 공항 레이아웃에 따라 5가지 레벨이 있다.

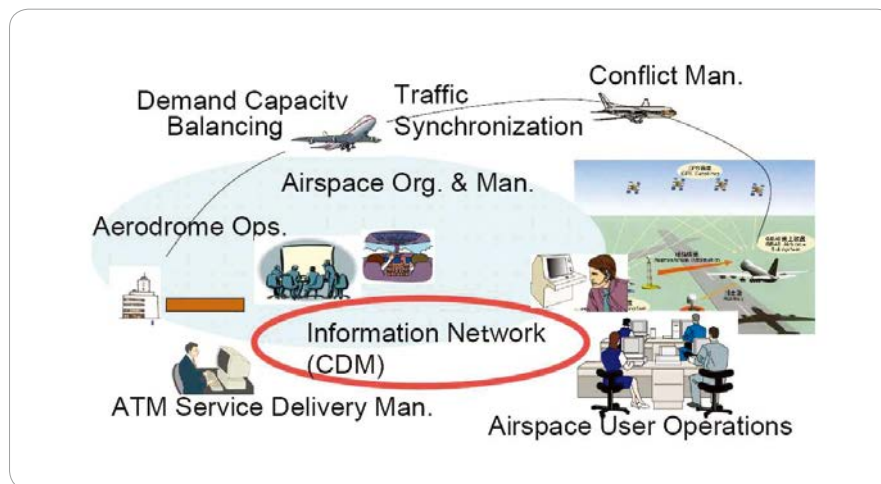
- (2) 차세대 지상이동안내 및 관제시스템의 감시 기능은 지상감시레이더 외에 차세대 감시 장비인 자동중속감시방송시설(ADS-B), 다변측정감시시설(MLAT), MWS(Millimeter Wave Sensor) 등을 사용하여 지상 감시 정밀도를 향상시켰다.
- (3) 차세대 지상이동안내 및 관제시스템의 통제 기능은 감시를 통해서 얻어진 교통 상황을 기반으로 활주로 침입, 충돌 예방 등의 기능을 수행한다.
- (4) 차세대 지상이동안내 및 관제시스템의 경로/계획 기능은 출발관리시스템(AMAN) 및 도착관리시스템(DMAN)을 활용하여 항공기의 출발과 도착을 관리하고 항공기의 이동 경로를 통제한다.
- (5) 차세대 지상이동안내 및 관제시스템의 안내 기능은 개별 항공등화 제어 및 모니터링 시스템

(ILCMS)과 연동하여 저(底)시정 상황에서 항공등화를 항공기의 신속하고 안전한 이동 안내를 위해 제공한다.

- (6) 차세대 지상 이동 안내 및 관제 시스템은 항공정보관리 시스템(eAIM)과 연동되어 항공 정보 데이터를 실시간으로 교환하고, 항공교통흐름관리(ATFM)와 연동되어 공동 의사 결정(CDM) 기능을 수행한다.

### 1.5.3.4 차세대 항공교통관리(New ATM)

- (1) 차세대 항공교통관리(New ATM)는 항공교통업무(ATS: Air Traffic Services), 항공교통흐름관리(ATFM: Air Traffic Flow Management), 공역관리(ASM: Airspace Management) 등의 통합 운영 관리 시스템이다.
- (2) 항공교통의 공역을 보다 안전하고 경제적이며 효율적으로 관리하기 위한 동적 통합 시스템
- (3) 전 세계적인 연동 운영 체계이다.
- (4) 공중과 지상에서 항공기의 이동 항적을 실시간



[그림 1-39] 차세대 항공교통 관리(New ATM) 운영 개념

정밀 추적 관리한다.

- 1) 항공기 위치, 항행 시간 등을 통한 관리
  - 2) 시뮬레이션 알고리즘을 통한 항공기 속도와 가속도 관리
  - 3) 실제 항적과 지정 항적(Assigned Trajectory) 간 차이의 최소화 관리
  - 4) 항공교통 관리자의 예측력 최대화를 위한 기준 항적 지정 관리
  - 5) 4D(위도, 경도, 고도, 시간)로 항적 관리
- (5) 항공교통 흐름 관리(ATFM)
- 1) 항공교통 흐름을 예측하여 출발 항공편을 조정하는 기능을 수행한다.
  - 2) 항공교통 요구량과 용량 간의 균형을 맞춘다.
  - 3) 항공교통의 혼잡과 지연을 최소화한다.
  - 4) 체계적인 전략 수립과 그에 따른 지역별 유기적 협동 및 실천을 수행한다.
  - 5) 항공교통흐름관리(ATFM) 내에는 흐름 관리 시스템, 위기관리 시스템 및 구역 관리 시스템 등을 포함하고 있다.
  - 6) 항공교통흐름관리(ATFM)는 군 포함 공항 관제탑, 접근 관제소, 지역 관제소, 공항 운영 기관, 항공기상 기관 및 항공사 간의 항공교통 흐름 정보에 대하여 공동 의사 결정(CDM: Collaborative Decision Making)을 한다.



# 2장 ▶▶ 항공지도

2.1 지구

2.2 항공지도 일반



## 2장

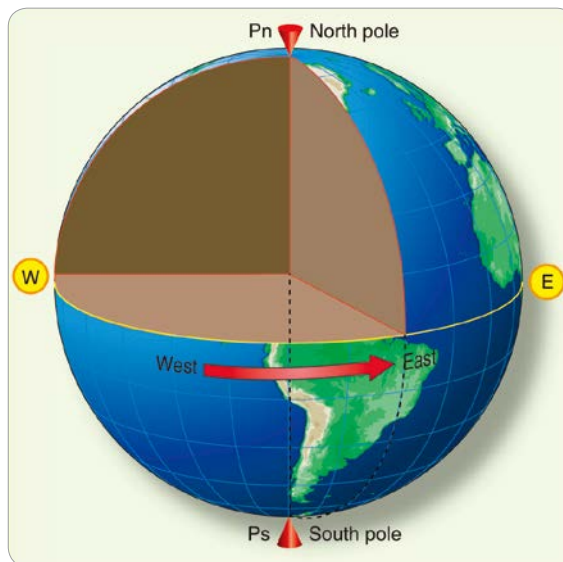
# 항공지도

### 2.1 지구

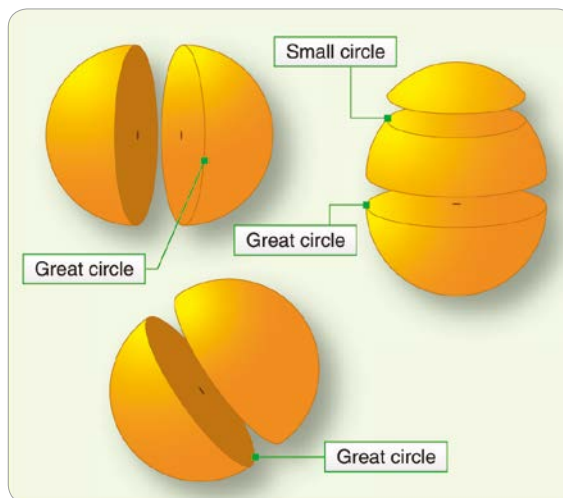
항법은 지구 표면을 나타내는 지도상의 어느 지점에서 다른 지점으로 비행하는 것이며, 어느 방향과 속도로 비행하면 목적지에 도착하는 시간이 얼마나 소요되는지 계산하는 것이므로, 위치, 방향, 거리, 시간이 항법의 중요한 4가지 요소라 할 수 있다. 위치, 방향, 거리, 시간은 지구의 모양이나 크기로부터 측정되는 것이므로 우선 지구의 형태에 대하여 알아야 한다.

#### 2.1.1 지구의 모양과 크기

지구의 모양은 항법의 목적상 완전한 구면체(Sphere)로 가정한다. 측정에 의하면 지표면의 가장 높은 산 정상에서 가장 깊은 바다의 바닥까지의 높낮이 차이는 약 12NM에 이르고, 지구의 직경은 적도에서 약 6,378,137meters이고 북극과 남극을 연결한 지구의 직경은 약 6,356,752,3142meters가 되어 그 차이가 21,384.6858meters 되는 타원체가 된다. 적도에서의 직경과 남북극에서의 차이를 ‘편율(Ellipticity)’이라 하는데, 이를 계산해 보면  $\text{편율} = \frac{21,384.6858}{6,378,137} = \frac{1}{298}$  이 된다. 즉, 지구는 적도의 반경이 지구 남북의 반경보다 약 1/298 더 큰 타원체(spheroid)이다.



[그림 2-1] 지구의 모양



[그림 2-2] 대권(Great circle)과 소권(Small circle)

2.1.1.1 대권(Great circle)과 소권(Small circle)

대권은 지구의 중심을 기준으로 하는 평면이 지구의 지표면에 그려지는 커다란 원으로서 무수히 많으며, 지구를 완전히 두 개의 부분으로 구분한다. 대권은 지구 표면상에서 가장 큰 원이 되며 대권은 어느 위치에서도 지구의 중심을 통한다. 대권(Arc of the Great Circle)상에 위치한 두 지점은 가장 가까

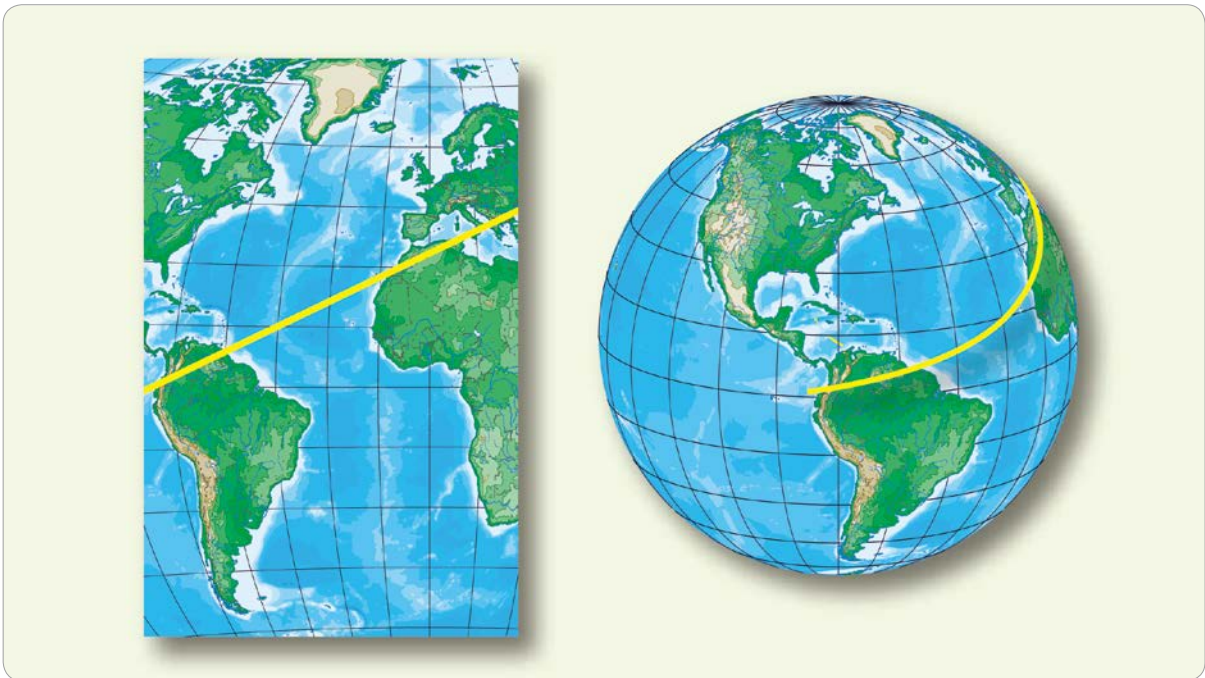
운 거리가 되며, 지구의 모양을 평면으로 펼쳐 묘사한 지도에는 이 두 지점이 직선으로 표시된다.

소권은 지구의 중심을 통하지 않는 평면이 지구 표면과 마주치는 원이며, 이것 또한 무수히 많다.

- (1) 대권항로(Great Circle Course)와 항정선(Rhumb Line)



[그림 2-3] 대권항로(Great Circle Course)



[그림 2-4] 항정선 항로(Rhumb Line Course)

지구 표면의 두 지점 간의 최단 거리는 대권의 호(arc)이며, 이것을 항로로 했을 경우 대권항로라 한다. 출발지와 목적지가 적도나 동일 자오선 상에 있는 대권항로는 그 선(일정한 위도선, 혹은 자오선)을 따라 비행하게 되면 목적지에 쉽게 도착할 수 있게 된다. 그러나 적도, 혹은 동일 자오선이 아닌 대권을 비행하게 되면 대권은 각각의 자오선과 다른 각도로 마주치게 되므로 조종사는 그 다른 각도를 항상 수정해 주어야 하므로 복잡하고 어렵게 된다. 그러나 이러한 불편이 있더라도 대권항로는 최단 거리로 비행할 수 있기 때문에 장거리 항법에 주로 사용된다.

대권항로는 최단 거리로 비행할 수 있지만 계속해서 달라지는 각도(항공기의 기수 방향)를 수정해 주어야 하는 불편한 점이 있다. 항정선(Rhumb Line)은 지구상의 두 점을 연결하는 선이 각 자오선과 동일한 각도로 교차되는 나선형 곡선인데, 이 항정선을 항로로 이용하면 대권항로보다는 긴 거리가 되지만 같은 각도(항공기 기수 방향)를 유지할 수 있으므로 계속해서 각도를 수정해 주는 불편은 없게 된다.

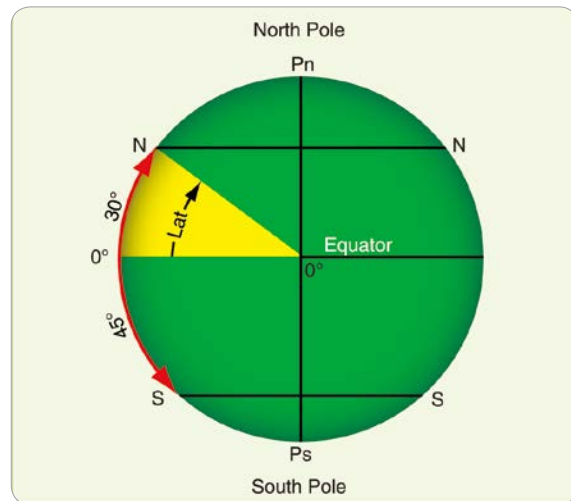
### 2.1.1.2 위도(Latitude)와 경도(Longitude)

비행 중인 항공기의 위치는 지구의 표면을 일정한 축척(지도에서의 거리와 지표에서의 실제 거리와의 비율)으로 그려 낸 지도상에 임의의 지점으로 나타낼 수 있다. 항공기의 위치는 지도상에 그려 놓은 서로 교차되는 두 직선(위도와 경도)으로부터 거리에 의해 표시될 수 있는데, 이를 ‘좌표(coordinate)’라고 한다.

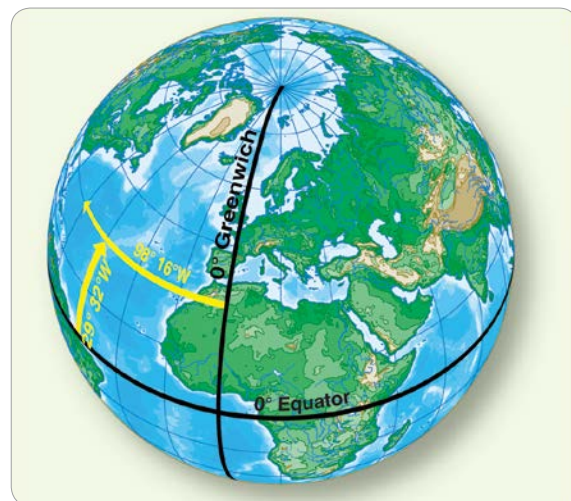
#### (1) 위도(Latitude)

지구의 북극과 남극으로부터 같은 거리에 있는 지

점을 연결한 커다란 원을 적도라 하며, 적도는 지구 중심을 통과하고 지축에 대하여 수직을 이루고 있는 지표면상의 대권이다. 위도는 아래 [그림 2-5]와 같이 적도의 중심으로부터 남쪽과 북쪽으로 구분하여 각도로 표시된다. 동일한 위도를 연결한 원은 소권이 된다.



[그림 2-5] 위도(Latitude)



[그림 2-6] 본초자오선과 적도

(2) 경도(Longitude)

지구는 자전축을 중심으로 하루에 한 번 서쪽에서 동쪽으로 자전하고 1년에 한 번 태양의 주위를 공전한다. 자전축은 지구의 북쪽(북극)과 남쪽(남극)을 통과하는데, 북극과 남극을 연결하는 선을 자오선(Meridian)이라 하고, 경도는 영국 그리니치(Greenwich) 천문대를 통과하는 본초자오선(Prime Meridians)을 기준으로 동쪽과 서쪽 방향으로 각각 180°씩 측정하여 구분한다.

## 2.2 항공지도 일반

일반적으로 지도는 선과 기호(symbols), 색깔 등을 이용하여 지구 표면의 형상을 묘사한 것이다. 항공지도(Aeronautical chart)는 일반적인 지도의 형태에 더하여 항행의 요건을 충족하도록, 항행안전시설의 위치와 항행 정보 등을 추가하여 특별히 지정된 일정 지역과 이와 같은 지역의 지형지물 및 기복(Relief)을 나타내는 지도를 말한다.

### 2.2.1 용어의 정의

다음에 정의되는 용어는 본 교재 2장과 3장에서 적용된다.

- 고도(Altitude) : 평균해수면(MSL)으로부터 측정된 수평면, 점 또는 점으로 간주되는 특정 물체까지의 수직 거리를 말한다.
- 고도별 색조(Hypsometric tints) : 고도의 범위를 표현하기 위해 사용되는 명암과 색상 농도의 연속적인 적용법을 말한다.

- 구역 최저 고도(Area Minimum Altitude, AMA) : 계기 기상 상태에서 사용되는 최저 고도로서, 일반적으로 위선(parallels)과 경선(meridians)에 의하여 형성되는 특정 지역 내에서 최소한의 장애물 회피를 제공하는 고도를 말한다.
- 기복(Relief) : 항공지도상에 등고선, 고도별 색조, 음영, 또는 지점 고도에 의해 표현되는 지구 표면 고도에 대한 높낮이를 말한다.
- 기본 지구 표면(Bare Earth) : 초목 및 인공 물체를 제외하고 수역, 빙하 및 만년설을 포함하여 나타내는 지구의 표면을 말한다.
- 등격자편차선(Isogriv) : 진북(眞北)과 자북(磁北) 간에 동일한 각도 차를 이루는 점을 연결한 지도나 도면상의 선을 말한다.
- 등고선(Contour line) : 동일한 고도의 지점들을 연결한 지도, 또는 도면상의 선을 말한다.
- 등편각(Isogonal) : 특정한 시기 동안에 동일한 자기편차를 가지는 지점들로 구성된 지도, 또는 도면상의 선을 말한다.
- 묘사(Portrayal) : 사람에게 정보를 표현하는 방법을 말한다.
- 무장애 구역(Obstacle Free Zone; OFZ) : 항행에 필요하여 설치된 소규모의 부서지기 쉬운 장애물 이외의 기타 고정 장애물이 침투하지 않는 내부 진입 표면, 내부 전이 표면 및 착륙 복행(服行) 표면과 이와 같은 표면들에 의해 둘러싸여 있는 착륙대의 일부 지역 상공의 공역을 말한다.
- 방공식별구역(Air Defence Identification Zone, ADIZ) : 항공기가 항공교통업무 제공과 관련된 절차와 더불어, 특별히 수립된 식별 및

- 보고 절차를 준수하여야 하는 일정한 범위의 특별 지정 공역을 말한다.
- 보고 지점(Reporting point) : 항공기가 위치를 보고하는 일정한 지리적 장소를 말하며, 다음 각 호와 같다.
    - 지상에 기반을 둔 항행안전시설
    - 교차점(intersection) : 항행안전시설로부터의 거리, 래디얼(radial) 및 자북을 기준으로 한 방위(bearing)로 표시된 중요 지점
    - 웨이포인트(waypoint)
  - 비행 금지 구역(Prohibited area) : 안전·국방 및 그 밖의 이유로 항공기의 비행을 금지하는 육지 또는 영해 상공에 설정된 일정 범위의 공역을 말한다.
  - 비행장(Aerodrome) : 항공기의 이·착륙 및 지상 이동을 위하여 전체적 또는 부분적으로 사용되는 육상 또는 해상의 일정 지역(건물, 시설 및 장비를 포함)을 말한다.
  - 비행 제한 구역(Restricted area) : 항공 사격·대공 사격 등으로 인한 위험으로부터 항공기의 안전을 보호하거나 그 밖의 이유로 비행 허가를 받지 않은 항공기의 비행을 제한하는 육지 또는 영해 상공에 설정된 일정 범위의 공역을 말한다.
  - 비행장 표고(Aerodrome elevation) : 착륙 지역 중 가장 높은 지점의 표고를 말한다.
  - 비행장 표점(Aerodrome reference point) : 비행장에 대해 지정된 지리적 위치를 말한다.
  - 비행정보구역(Flight Information Region, FIR) : 비행 정보 업무 및 경보 업무가 제공되는 일정 범위의 공역을 말한다.
  - 시각 접근 절차(Visual Approach Procedure) : 첫 접근 픽스로부터, 또는 적절한 경우 지정된 도착 비행로에서부터 착륙이 완료될 수 있는 지점이나 착륙이 완료되지 못할 경우 복행 절차를 수행할 수 있는 지점까지 시각 참조에 의해서 실시되는, 사전에 결정된 일련의 기동을 말한다.
  - 실패 접근 절차(Missed approach procedure) : 접근을 계속하여 수행할 수 없을 경우에 준수하여야 할 절차를 말한다.
  - 실패 접근 지점(Missed Approach Point, MAPt) : 최소 장애물 회피를 실행하도록 규정되어 있는 실패 접근 절차를 시작하여야 하는 계기접근 절차상의 특정 지점을 말한다.
  - 웨이포인트(Waypoint) : 지역 항법 비행로, 또는 지역 항법을 사용하는 항공기의 비행로를 지정하기 위해 사용되는 특정 지리적 위치를 말하며, 다음과 같이 분류된다.
    - Fly-by 웨이포인트(Fly-by waypoint). 비행로 또는 절차의 다음 구간으로 근접 진입을 할 수 있도록 조기 선회가 요구되는 항공로점
    - Fly-over 웨이포인트(Fly-over waypoint). 비행로 또는 절차의 다음 구간으로 진입하기 위해 선회를 시작하는 항공로점
  - (지리적) 위치(Position(geographical)) : 지구 표면상의 특정 지점에 대한 위치를 규정하는 수학적 기준 타원체를 기준으로 표시한 일련의 좌표 집합(위도 및 경도)을 말한다.
  - 위험 구역(Danger area) : 항공기의 비행 시 항공기 또는 지상 시설물에 대한 위험이 예상되는 일정 범위의 공역을 말한다.
  - 유도로(Taxiway) : 항공기의 지상 활주 및 비행



장의 각 지점을 이동할 수 있도록 육상 비행장에 설치한 일정한 경로이다.

- 자기편차(Magnetic variation) : 진북(眞北)과 자북(磁北) 사이의 각도 차이를 말하며, 자기편차 수치는 진북의 동쪽인지, 서쪽인지를 나타내는 값을 말한다.
- 장애물(Obstacle) : 항공기의 지상 이동을 위한 구역에 위치하거나 비행 중인 항공기를 보호하기 위하여 설정된, 표면 위로 돌출되거나 혹은 그 표면 밖에 위치하지만 항행에 위험 요소(Hazard)로 평가되는 모든 물체, 또는 그 일부를 말한다.
- 정표고(Orthometric Height) : 일반적으로 평균 해수면(MSL) 고도로 나타내는 지오이드(geoid)를 기준으로 한 특정 지점의 높이를 말한다.
- 주의 지점(Hot spot) : 충돌 또는 활주로 침범이 발생했던 실제 사례가 있었거나, 잠재적 위험이 있는 비행장 이동 지역상의 지점으로서 조종사와 운전자의 주의가 요구되는 위치를 말한다.
- 중요 지점(Significant point) : ATS 항공로, 또는 항공기의 비행경로를 구성하는 데 사용되거나 기타 항행 및 항공교통업무 목적으로 사용되는 다음의 특정한 지리적 위치를 말한다.
  - 지상 기반 항행안전시설
  - 교차점(intersection) : 지상 기반 항행안전시설로부터의 거리, 래디얼(radial), 자북을 기준으로 한 방위(bearing)로 표시된 중요 지점
  - 웨이포인트(waypoint)
- 지물(Culture) : 도시, 철도 및 운하와 같은 지구의 표면에 건설된 모든 인위적인 형상을 말한다.
- 지역 항법(Area navigation, RNAV) : 지상 또

는 위성의 항행안전시설의 운용 범위 내, 자체 탑재된 항법 장비의 성능 한계 내, 또는 이를 조합하여 원하는 어떠한 비행경로도도 항공기의 운항을 가능하게 하는 항행 항법을 말하며, 성능 기반 항행(PBN)과 성능 기반 항행의 요건을 충족하지 않는 다른 운항을 모두 포함한다.

- 지오이드(Geoid) : 평온한 상태의 평균해수면에 일치하는 지구 중력장 내의 동등한 퍼텐셜(potential) 표면으로서 육지 내부를 통과하여 계속 연장되는 표면을 말한다. 지오이드는 국지적인 중력의 교란 요소(바람의 조류, 염분, 조류 등)로 모양이 불규칙적이며, 각 지점에서 중력의 방향은 지오이드와 수직을 이룬다.
- 지오이드 기복(Geoid undulation) : 수학적인 기준 타원체로부터의 위(+) 또는 아래(-)로 나타내는 지오이드와의 거리를 말한다.
  - 세계 측지 시스템-1984(이하 'WGS-84'라 한다.) 규정 타원체와 관련하여, WGS-84 타원체 표고와 정표고 간의 차이를 'WGS-84 지오이드 기복'이라 한다.
- 지형(Terrain) : 장애물을 제외한 산, 구릉, 산등성이, 계곡, 수역, 빙하 및 만년설과 같이 자연적으로 발생한 형상을 포함한 지구 표면을 말한다.
- 최저 장애물 회피 고도(Minimum Obstacle Clearance Altitude, MOCA) : 장애물 회피가 요구되는 일정 비행 구역에 대한 최저 고도를 말한다.
- 최저 항공로 고도(Minimum En-route Altitude, MEA) : 관련 항행과 ATS 통신 시설의 적절한 수신을 제공하고, 공역 구조에 부합

되면서 필요 장애물 회피 기준을 제공하는 항공로 비행 단계를 위한 고도를 말한다.

- 측정(Measurement) : 산업 사회의 모든 분야에서 어떠한 양의 값을 결정하기 위하여 행하는 일련의 작업을 말한다.
- 측정 단위(Unit of measurement) : 같은 종류의 다른 양을 비교하여 그 크기를 나타내기 위한 기준으로 사용되는 특정 양을 말한다.
- 측지 거리(Geodetic distance) : 수학적으로 정의된 타원체 표면상의 두 지점 간 가장 가까운 거리를 말한다.
- 타원체 높이(Ellipsoid height)/측지 높이(Geodetic height) : 지구 표면상의 한 특정 지점에 대하여 타원체의 외측 표면을 따라 수직으로 측정한 기준 타원체로부터의 높이를 말한다.
- 표고(Elevation) : 평균해수면으로부터 측정된 지표면 위에, 또는 지표면에 부착된 지점 또는 표면까지의 수직거리를 말한다.
- 표시점 간격(Post spacing) : 인접하는 두 개의 표고 지점 간의 각거리 또는 선 거리를 말한다.
- 항공기 주기장(Aircraft stand) : 항공기의 주기(駐機)를 목적으로 사용하는 계류장 내의 지정 구역을 말한다.
- 항공로(Airway) : 회랑(回廊)의 형태로 설정된 관제구 또는 관제공역의 일부를 말한다.
- 항공로(ATS route) : 항공교통업무 제공을 위해 필요하며, 항공기의 원활한 소통을 목적으로 설정한 특정 항공로를 말한다.
  - 항공로(ATS route)는 항공로(Airway), 조연 항공로, 관제 항공로, 비관제 항공로, 도착 비행로, 출발 비행로 등을 말한다.

- 항공지도(Aeronautical chart) : 항행의 요건을 충족하도록 특별히 지정된 일정 지역과 이와같은 지역의 지형지물 및 기록을 나타내는 지도를 말한다.
- 항행 요건(Navigation Specification) : 지정된 공역에서 성능 기반 항행(PBN) 운항을 지원하는데 필요한 항공기 및 운항 승무원이 구비해야 할 다음 각 호의 조건을 말한다.
  - 필수 항행 성능(RNP) 요건 : 지역 항법(RNAV)에 기초한 항행 요건으로서 접두어 RNP를 부여하여 지정되며, 항공기 자체에 성능 감시 및 경고 기능이 구비되어야 한다. 예를 들어 RNP 4, RNP APCH와 같다
  - 지역 항법(RNAV) 요건 : 지역 항법(RNAV)에 기초한 항행 요건으로서 접두어 RNAV를 부여하여 지정되며, 항공기 자체에 성능 감시 및 경고 기능 구비가 필요치 않다. 예를 들어 RNAV 5, RNAV 1과 같다.
- 해리(Nautical Mile(NM)) : 정확히 1,852미터에 해당하는 길이를 말한다.
- 활주로 시단(Threshold) : 착륙을 위해 사용 가능한 활주로의 시작 부분을 말한다.

## 2.2.2 항공도의 제작 방법과 종류

### 2.2.2.1 항공도 제작 방법

#### (1) 항공지도의 제작 기준

항공지도는 다음과 같은 비행 단계에서 필요로 하는 정보를 제공할 수 있도록 발간하여야 한다.

- 1) 1단계 : 항공기 주기장에서 이륙 지점까지의 지상 활주(Taxi)

- 2) 2단계 : 이륙 및 ATS 항공로까지의 상승
- 3) 3단계 : ATS 항공로상의 순항
- 4) 4단계 : 접근을 위한 강하
- 5) 5단계 : 착륙 및 실패 접근을 위한 접근
- 6) 6단계 : 착륙 및 항공기 주기장까지의 지상 활주

(2) 항공지도의 측정 단위

- 1) 항공지도는 진북을 기준으로 하여 제작하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 거리는 최단 거리로 킬로미터(Km) 또는 해리(NM) 단위를 사용하여 표기한다.
- 3) 고도, 표고 및 높이는 미터(meter) 또는 피트(feet) 단위를 사용하여 표기한다.
- 4) 비행장의 크기 및 짧은 거리는 미터 단위로 표기한다.
- 5) 거리, 고도, 표고 및 높이를 표시하는 데 사용한 측정 단위의 종류를 각 지도의 전면에 명확하게 표기한다.
- 6) 킬로미터와 해리 및 미터와 피트에 대한 환산표는 거리, 표고 또는 고도를 표시한 지도에 반드시 기재하여야 하며, 환산표는 지도의 전면에 표기한다.

(3) 항공지도를 제작하는 데 이용되는 투영 방법

지도 투영(Projection)법은 위도와 경도로 이루어진 지구상의 가상적 좌표를 평면상으로 옮기는 방법을 말한다. 지구는 원형의 구체이기 때문에 아무리 작은 지역의 지도를 작성한다 할지라도 오차가 발생하는 왜곡을 피할 수 없다. 항공지도를 제작하는 데 이용되는 투영법(projection)은 항공지도의 사

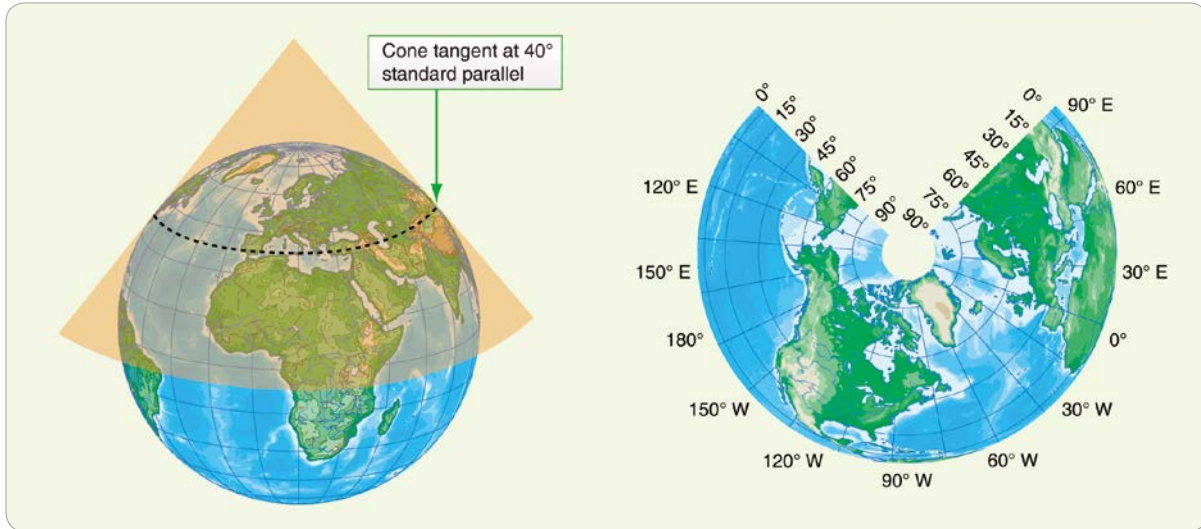
용 목적이 다양하고, 투영법에 따라 그 특성이 매우 다르기 때문에 항법의 요구 조건에 아주 적합한 것이 없지만, 일반적으로 램버트 등각 원추(Lambert Conformal Conic Projection) 투영법을 이용한다.

원추도법(Conic Projection)은 지구본의 중심에서 지구본에 씌운 원추에 경선과 위선을 투영하고 이를 다시 펼쳐 평면으로 만드는 도법이다. 원추도법은 보통 북극이나 남극의 위에 중점을 두고 중위도 지역을 나타내는 지도에 쓰인다. 원추도법의 종류는 2가지가 있다.

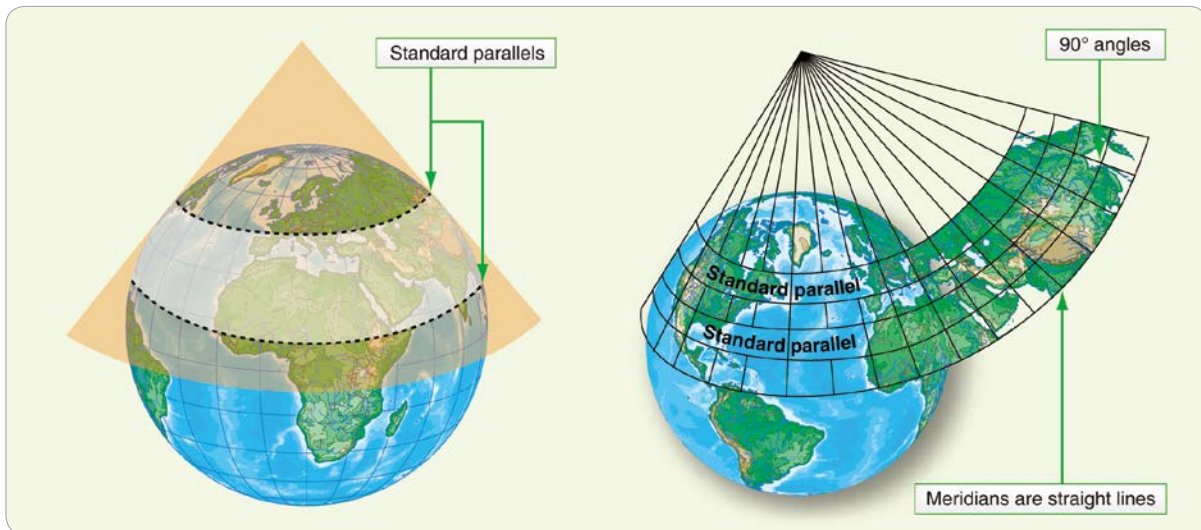
- 1) 투시 원추도법(perspective conic projection) : 한 개의 위도를 지구본에 접하도록 원추를 씌우고 투시한 도법으로서, 표준 위도에선 축척이 정확하나 남·북으로 멀어질수록 축척이 확대된다.
- 2) 램버트 정각원추도법(Lambert conformal conic projection) : 표준 위도가 2개인 원추도법으로서 투시 원추도법을 개량한 것으로, 위선의 간격을 조절해 각도의 왜곡을 없앤 방법이다. 이 도법은 그리기 쉬우며 대축척 지도에서 개별 도엽(partition)들이 잘 맞춰진다. 지도상의 직선이 대권과 매우 유사하므로 항공용 지도로 사용된다.

(4) 램버트 정각원추도법의 장점과 단점

- 1) 장점
  - ① 축척이 실제와 거의 일치된다.
  - ② 대권(Great circle)은 거의 직선으로 표시된다.
  - ③ 축척의 왜곡이 적으므로 척도는 거의 일정



[그림 2-7] 투시 원추도법(perspective conic projection)



[그림 2-8] 램버트 정각원추도법(Lambert conformal conic projection)

하다. 미국 지도의 예를 들면, 33°N와 45°N 기준에 위도선을 둔 것으로 남쪽 플로리다(Florida)에서의 오차는 불과 2%에 지나지 않는다. 30°30'N와 47°30'N 사이의 최대 오차는 0.5%에 불과하다.

- ④ 위치를 쉽게 plot 할 수 있으며, 위도와 경도로서 읽을 수 있다.
  - ⑤ 제작이 용이하다.
  - ⑥ 거리 측정이 아주 정확하다.
- 2) 단점

- ① 항정선은 정확히 나타낼 수 없는 곡선이다
- ② 위도권의 폭이 넓어짐에 따라 척도도 증가한다.
- ③ 평행선은 곡선이 된다.
- ④ 위도권의 중간 위도권에 갈수록 중간이 튀어나오는 곡선이 된다.

### 2.2.2.2 항공도의 종류

#### (1) 기능별 항공지도의 종류

ICAO ANNEX4 규정에 의한 기능별 항공지도의 종류는 다음과 같다.

- 1) Aerodrome Obstacle Chart-ICAO Type A(Operating Limitations)
- 2) Aerodrome Obstacle Chart-ICAO Type B
- 3) Aerodrome Terrain and Obstacle Chart-ICAO(Electronic)
- 4) Precision Approach Terrain Chart-ICAO
- 5) Enroute Chart-ICAO
- 6) Area Chart-ICAO
- 7) Standard Departure Chart-Instrument(SID)-ICAO
- 8) Standard Arrival Chart-Instrument(STAR)-ICAO
- 9) Instrument Approach Chart-ICAO
- 10) Visual Approach Chart-ICAO
- 11) Aerodrome/Heliport Chart-ICAO
- 12) Aerodrome Ground Movement Chart-ICAO
- 13) Aircraft Parking/Docking Chart-ICAO
- 14) World Aeronautical Chart-ICAO
- 15) Aeronautical Navigation Chart-ICAO

- 16) Plotting Chart-ICAO
- 17) Electronic Aeronautical Chart Display-ICAO
- 18) /ATC Surveillance Minimum Altitude Chart-ICAO

#### (2) 기능별 항공지도 설명

##### 1) 비행장 장애물도 [Aerodrome Obstacle Chart-ICAO Type A(Operating Limitations)]

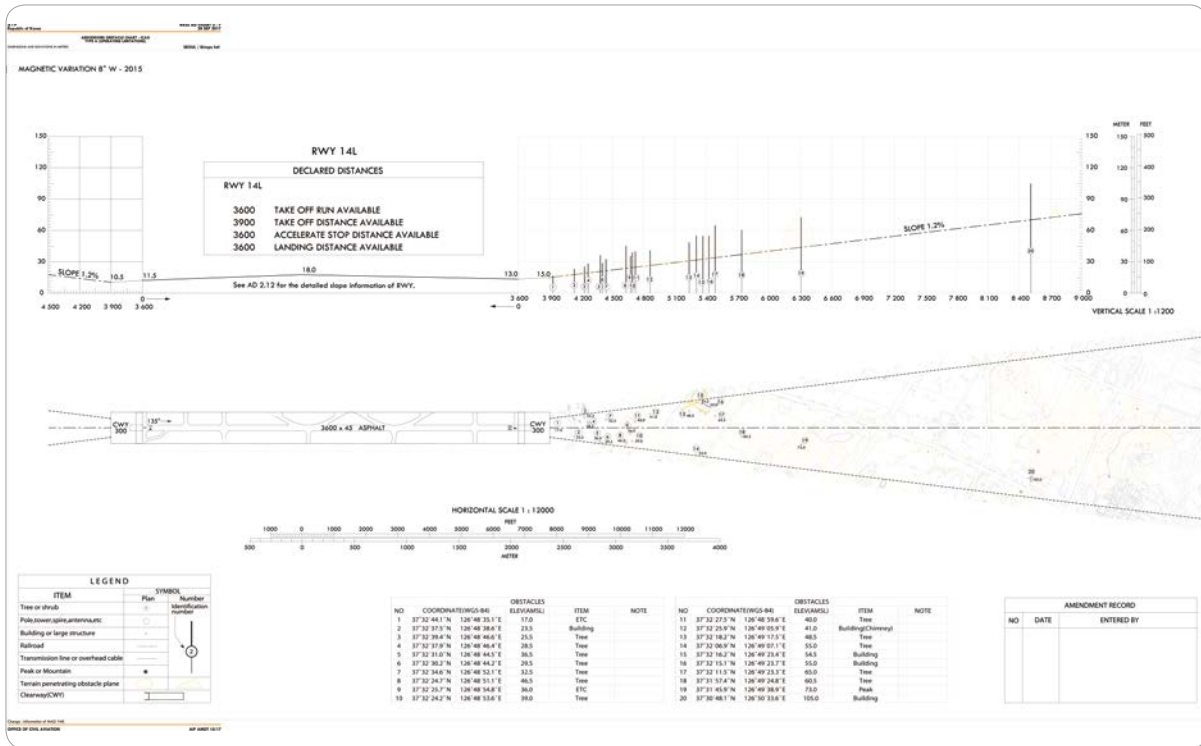
민간항공용으로 사용되는 모든 국제비행장에서는 비행장 장애물도 유형 A(운용 한계)를 제작하여야 한다. 다만, 이륙 비행로 구역에 중요한 장애물이 없는 비행장이나 비행장 지형 장애물도(전자)[Aerodrome Terrain and Obstacle Chart-ICAO(Electronic)]가 제공되는 곳에서는 제작하지 않으며, 이 지도의 수평 축척은 1:10,000~1:15,000까지이다.

이 지도에 포함되는 내용들은 이륙 비행로 구역, 장애물, 활주로 공시 거리, 평면도 및 측면도가 있다.

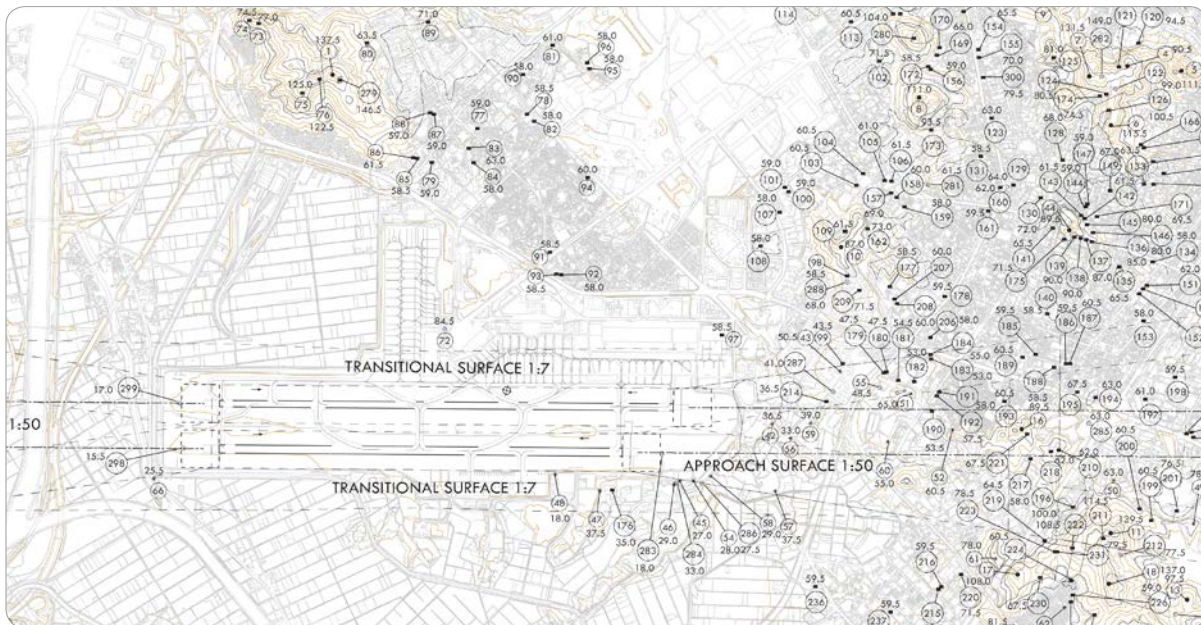
##### 2) 비행장 장애물도[Aerodrome Obstacle Chart-ICAO Type B]

이 지도는 다음과 같은 정보를 제공하는 기능을 가지고 있다.

- ① 선회 절차에 관한 최저 안전 고도를 포함한 최저 안전 고도/높이의 결정
- ② 이륙 또는 착륙 중 비상사태 발생 시 사용 절차의 결정
- ③ 장애물 회피 및 표지 기준의 적용
- ④ 항공지도 제작을 위한 기초 자료로 제공



[그림 2-9] Aerodrome Obstacle Chart-ICAO Type A(Operating Limitations) (김포공항)



[그림 2-10] Aerodrome Obstacle Chart-ICAO Type B(김포공항)

3) 비행장 지형 장애물도(전자)(Aerodrome Terrain and Obstacle Chart-ICAO (Electronic))

이 지도는 항공 데이터와 지형 장애물 자료를 통합하여 전자 지도에 표시한 것이다.

이 지도의 기능은 다음의 공중 항행을 지원할 수 있도록 제작된다.

- ① 선회 접근 절차를 포함하는 계기비행 절차 설계(선회 절차 포함)
- ② 공항 장애물의 제한과 제거
- ③ 다른 항공지도 생산을 위한 원천 데이터 제공

4) 정밀 접근 지형도(Precision Approach Terrain Chart-ICAO)

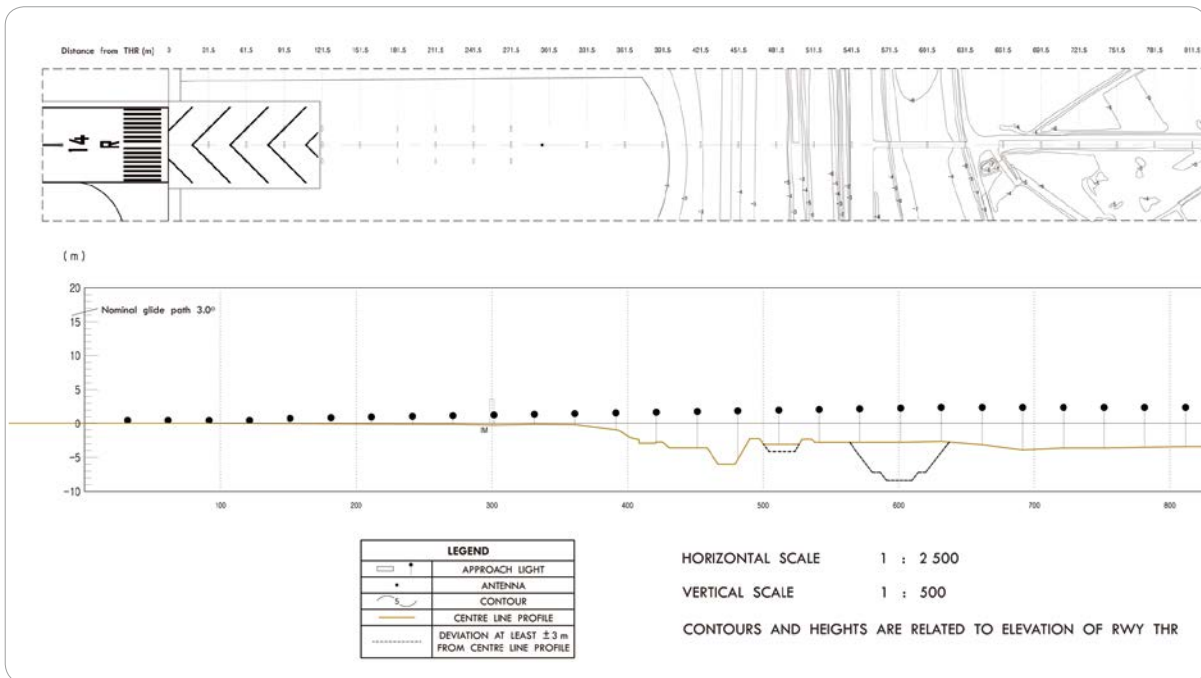
이 지도는 운영자가 최종 접근의 특정 단계에서

무선 고도계를 사용하여 결심고도를 결정하는데 미치는 지형의 영향을 평가하기 위해 필요한 세부적인 지형의 측면 정보를 제공한다.

정밀 접근 지형도를 제작할 때는 국제 민간항공에서 사용되는 공항의 모든 정밀 접근 활주로 카테고리 II와 III에 대해 제작한다. 다만, 요구되는 정보가 위에 설명한 비행장 지형 장애물도(전자)에서 제공되는 경우는 제외한다.

5) 항공로 지도(Enroute Chart-ICAO)

이 지도는 조종사에게 항공교통업무 절차를 준수하여 항공관제 항로를 따라 용이하게 항행을 할 수 있는 정보를 제공한다. 이 지도에 표시되는 방위, 진로 및 래디얼을 통상 자북을 기준으로 제작한다. 방위와 진로가 지역 항법 구간



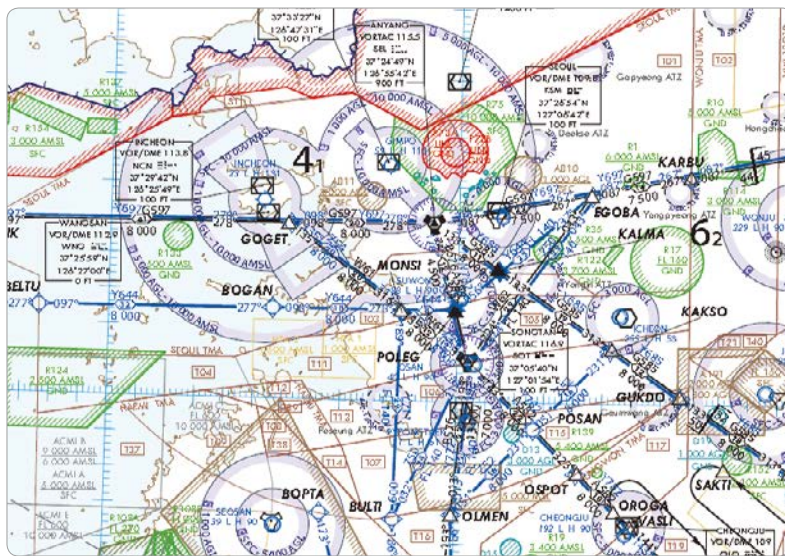
[그림 2-11] 정밀 접근 지형도(김포공항)

을 위해 진방위 값으로 추가 제공되는 경우에는 소수 첫째 자리까지 반올림하여 자복으로 표시된 값 옆에 괄호로 나타내어야 한다. 예를 들면, 290°(294.9°T)와 같이 나타낸다.

① 이 지도에 포함되는 내용은 다음과 같다.

- 계기접근을 수행할 수 있는 국제 민간항공에 이용되는 모든 비행장을 표시한다. 또한, 기타 비행장도 표시할 수 있다.
- 항공지도 업무 기관은 금지, 제한 및 위험 구역을 식별 부호 및 수직 한계와 함께 표시한다.
- 항행안전무선시설의 명칭, 식별 부호, 주파수 및 도·분·초로 구성된 지리적 좌표
- 거리 측정 장비(이하 'DME'라 한다.)의 경우, 부가적으로 30미터(100피트)단위로 표시된 거리 측정 장비 송신안테나의 표고(標高)
- 공역의 수평, 수직 한계 및 등급을 포함한 모든 공역의 표시

- 항공로 명칭, 항공로 각 구간의 양방향에 대해 1도 단위로 반올림하여 표기한 진로와 제한 사항을 포함한 항행 요건의 명칭 및 교통 흐름의 방향
- 항공관제(ATS) 항공로를 구성하지만 항행안전무선시설의 위치를 기준으로 하여 설정되지 않은 모든 중요지점과 명칭부호 및 도·분·초로 표시된 지리적 좌표
- VOR/DME를 이용하여 지역 항법 비행로를 구성하는 웨이포인트(waypoint)
- 모든 필수 보고 지점과 비필수 보고 지점 및 ATS/기상(MET) 보고 지점
- 선회 지점 또는 보고 지점을 구성하는 중요지점 간의 가장 가까운 1킬로미터 또는 1해리 단위의 거리
- 항행안전무선시설 간의 총 거리를 표시할 수도 있다.
- VOR을 기준으로 하여 구성된 항공로 구간상



[그림 2-12] 항공로 지도(김포공항 지역)



- 에 거리로 표시되는 주파수 변경 지점
- ATS 항공로상에서 50미터 또는 100피트 단위로 올림한 최저 항공로 고도와 최저 장애물 회피 고도
- 방공식별구역
- 국지 지역에 설정된 출발, 도착 비행로 및 관련 체공장주(Holding pattern)에 관한 세부 사항을 지역도, 표준 계기 출발 지도, 표준 계기 도착 지도에 표시하지 않았을 경우에는 동(同) 항공로 지도에 표시하여야 한다.
- 설정되어 있다면, 고도계 수정 지역의 경계선을 표시한다.

6) 지역도(Area Chart-ICAO)

지역도는 다음과 같은 계기비행 단계를 용이하게 수행하기 위한 정보를 조종사에게 제공하며 제공되는 정보는 항공로 지도와 유사하다.

- 비행의 항공로 단계와 비행장 접근 단계 간의 전환
- 이륙/실패 접근 단계와 순항 단계 간의 전환
- 복잡한 항공로 또는 공역의 통과 비행

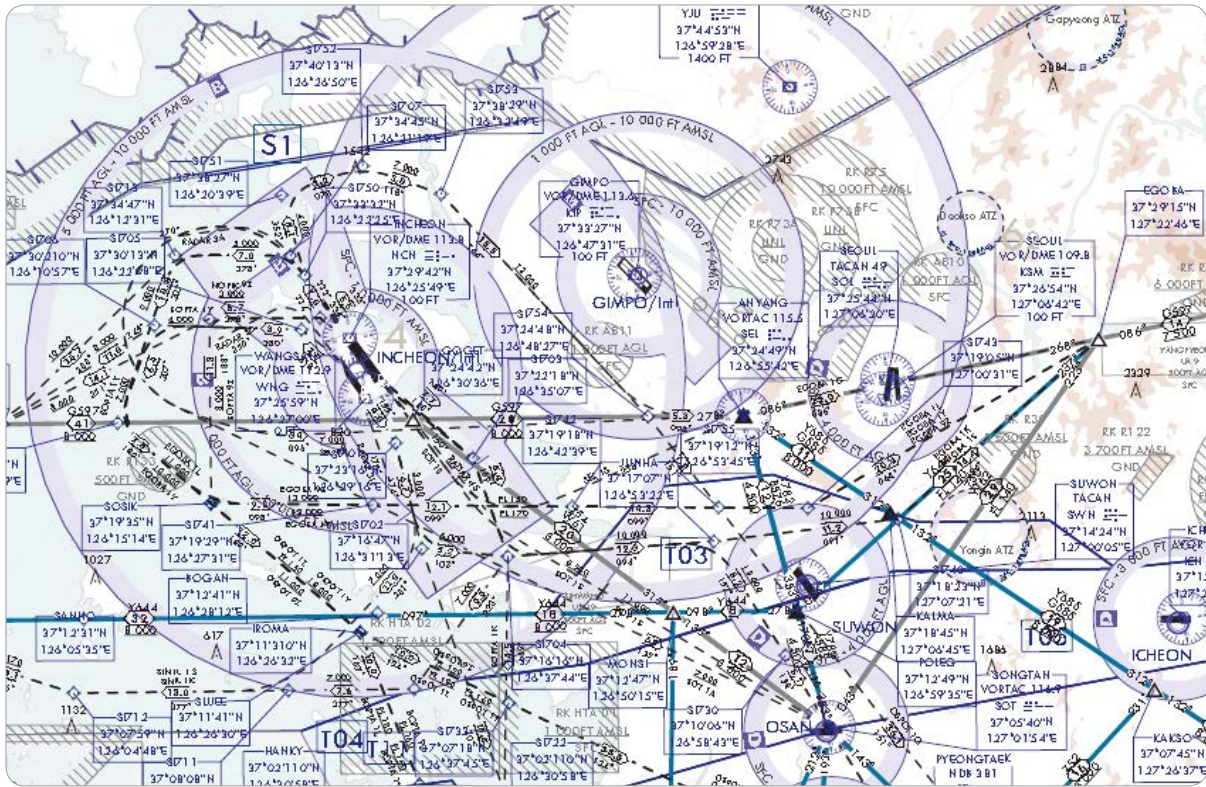
① 지역도의 지형지물 표시 방법

- 모든 개방된 수역, 대형 호수, 강 등에 대한 일반화된 해안선을 표시하여야 한다.
- 현저한 기복이 존재하는 지역에 대해서는 주 비행장 표고로부터 300미터를 초과하는 모든 기복을 완만한 등고선으로 표시하여야 하며, 등고선의 높이 값과 층의 음영은 갈색으로 표시한다. 각각의 가장 높은 등고선 내의 최고 표고를 포함하여 최고 지점의 높이를

검정색으로 나타내야 하며, 중요한 장애물도 표시한다.

② 제공되는 정보

- 방위, 진로 및 래디얼을 통상 자북 기준으로 나타낸다. 방위와 진로가 지역 항법 구간을 위해 진방위 값으로 추가 제공되는 경우에는 소수 첫째 자리까지 반올림하여 자북으로 표시된 값 옆에 괄호로 나타내어야 한다. 예를 들면, 290°(294.9°T)와 같이 나타낸다.
- 비행장 : 국지 비행로에 영향을 주는 모든 비행장을 표시하여야 하며, 적절한 곳에 활주로 형태를 나타내는 기호를 사용하여 표시한다.
- 금지, 제한 및 위험 구역 : 식별 부호 및 수직 한계와 함께 표시한다.
- 구역 최저 고도 : 위선과 경선으로 형성된 직사각형 내에 표시한다.
- 항행안전무선시설의 명칭, 식별 부호, 주파수 및 도·분·초로 구성된 지리적 좌표
- DME의 경우, 30미터(100피트)단위로 표시된 DME 송신안테나의 표고
- 입·출항 항공기 및 체공장주를 위해 필요한 국지 무선 시설
- 모든 지정 공역의 수평·수직 한계 및 해당 공역 등급
- 항공로 명칭, 지정된 항공로 및 국지 비행로 각 구간에 대하여 1도 단위로 반올림하여 표기한 진로와 체공장주 및 국지 비행로
- 항공로를 구성하지만 항행안전무선시설의 위치를 기준으로 하여 설정되지 않는 모든 중요 지점과 명칭 부호 및 도, 분, 초로 표시된



[그림 2-13] 인천공항 주변의 지역도

지리적 좌표

- 모든 필수 보고 지점과 비(非)필수 보고 지점
- 주파수 변경 지점
- 최저 항공로 고도와 최저 장애물 회피 고도
- 가장 가까운 50미터 또는 100피트 단위로 올림한 최저 레이더 유도 고도
- 당해 지역에 설정된 속도 및 고도 제한 사항
- Fly-over 중요 지점의 표시

7) 표준 계기 출발 지도(Standard Departure Chart Instrument(SID)-ICAO)

표준 계기 출발 지도는 운항 승무원이 이륙 단계에서 항공로 비행 단계까지 지정된 표준 계기

출발 비행로를 따라 비행하는 데 필요한 정보를 제공한다. 지형지물, 방위, 진로 및 래디얼 표시 방법은 항공로 지도 혹은 지역도와 같다. 제공되는 정보는 항로 지도 혹은 지역도와 같은 정보를 포함하여 다음의 것들이 추가되어 제공된다.

- ① 설정한 최저 섹터 고도 및 적용 구역
- ② 최저 섹터 고도(MSA)가 설정되지 않은 지역에서는 위선과 경선에 의하여 형성된 장방향 내에 구역 최저 고도(AMA)를 표시한다.
- ③ 다음의 사항을 포함한 표준 계기 출발 비행로
  - 비행로 명칭

- 비행로를 구성하는 중요 지점
  - 비행로 각 구간에 대하여 1도 단위로 반올림하여 표기한 진로 또는 래디얼
  - 1킬로미터나 1해리 단위로 반올림하여 표기한 중요 지점 간의 거리
  - 항공로 또는 항공로 구간에 대하여 50미터 또는 100피트 단위로 올림하여 표기한 장애물 회피 고도와 설정된 경우에는 고도 제한 사항
  - 지도가 축척에 따라 그려지고 출발을 위한 유도가 제공될 경우, 50미터 또는 100피트 단위로 올림한 최저 유도 고도
- ④ 체공장주
  - ⑤ 300미터 또는 1,000피트 단위로 올림하여 표기한 전이 고도
  - ⑥ 장애물 식별 표면(Obstacle Identification Surface)을 침투하는 근접 장애물(close-in obstacles)의 고도 및 위치
  - ⑦ 당해 지역의 속도 제한 사항(설정되었을 경우)
  - ⑧ 제한 사항을 포함한 항행 요건의 명칭(설정된 곳에서)
  - ⑨ 모든 필수 보고 지점과 비필수 보고 지점
  - ⑩ 다음의 사항을 포함하는 무선통신 절차
    - 항공교통업무 기관의 호출 부호
    - 주파수
    - 적절한 트랜스폰더(transponder) 코드
  - ⑪ Fly-over 중요 지점의 표시
- 8) 표준 계기 도착 지도(Standard Arrival Chart-Instrument(STAR)-ICAO)
- 표준 계기 도착 지도는 운항 승무원이 항공로 비행 단계에서 접근 단계까지 지정된 표준 계기 도착 비

행로를 따라 운항하는 데 필요한 정보를 제공한다. 지형지물, 방위, 진로 및 래디얼 표시 방법, 제공되는 정보는 표준 계기 출발 지도와 같다.

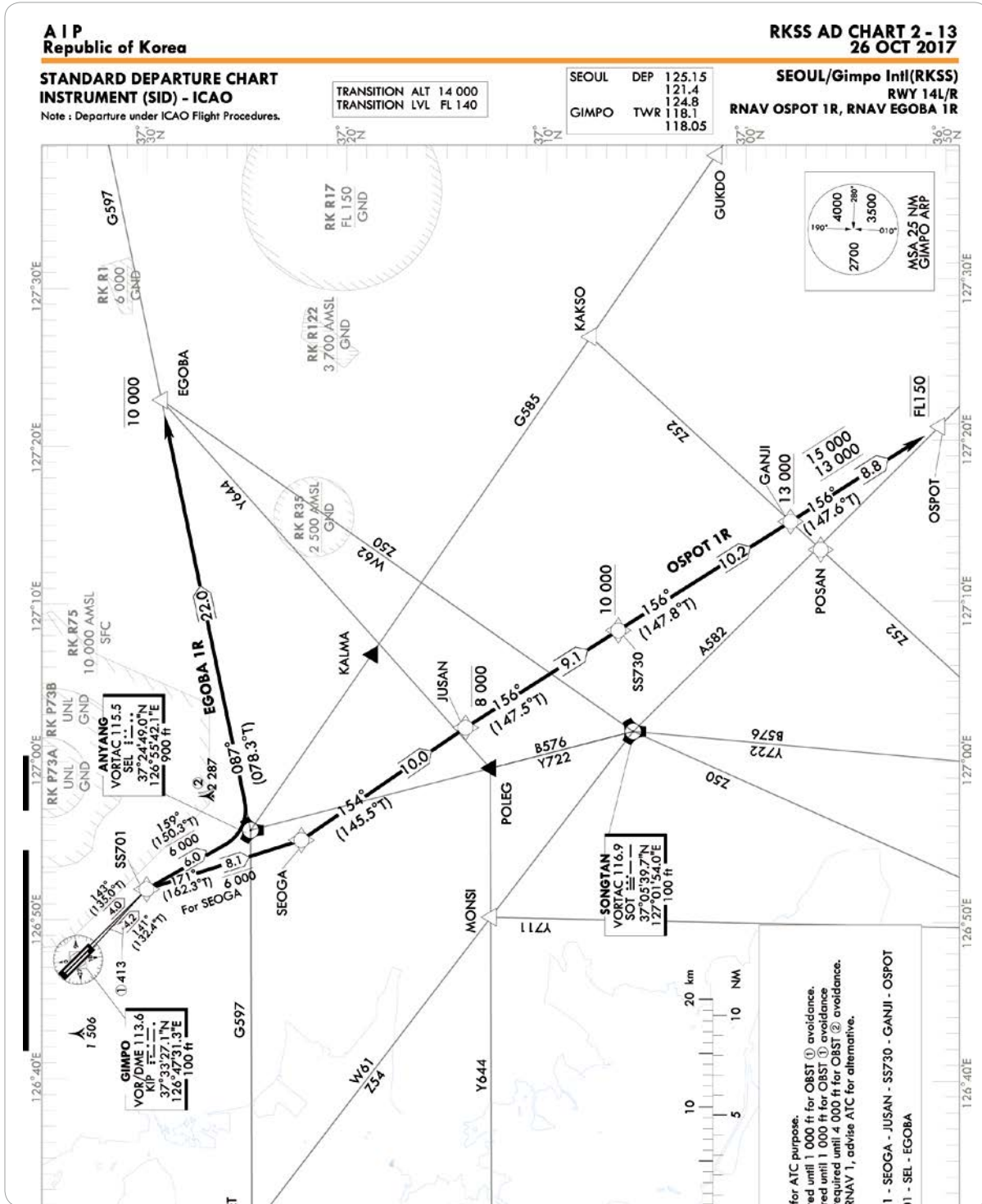
#### 9) 계기접근 지도

(Instrument Approach Chart-ICAO)

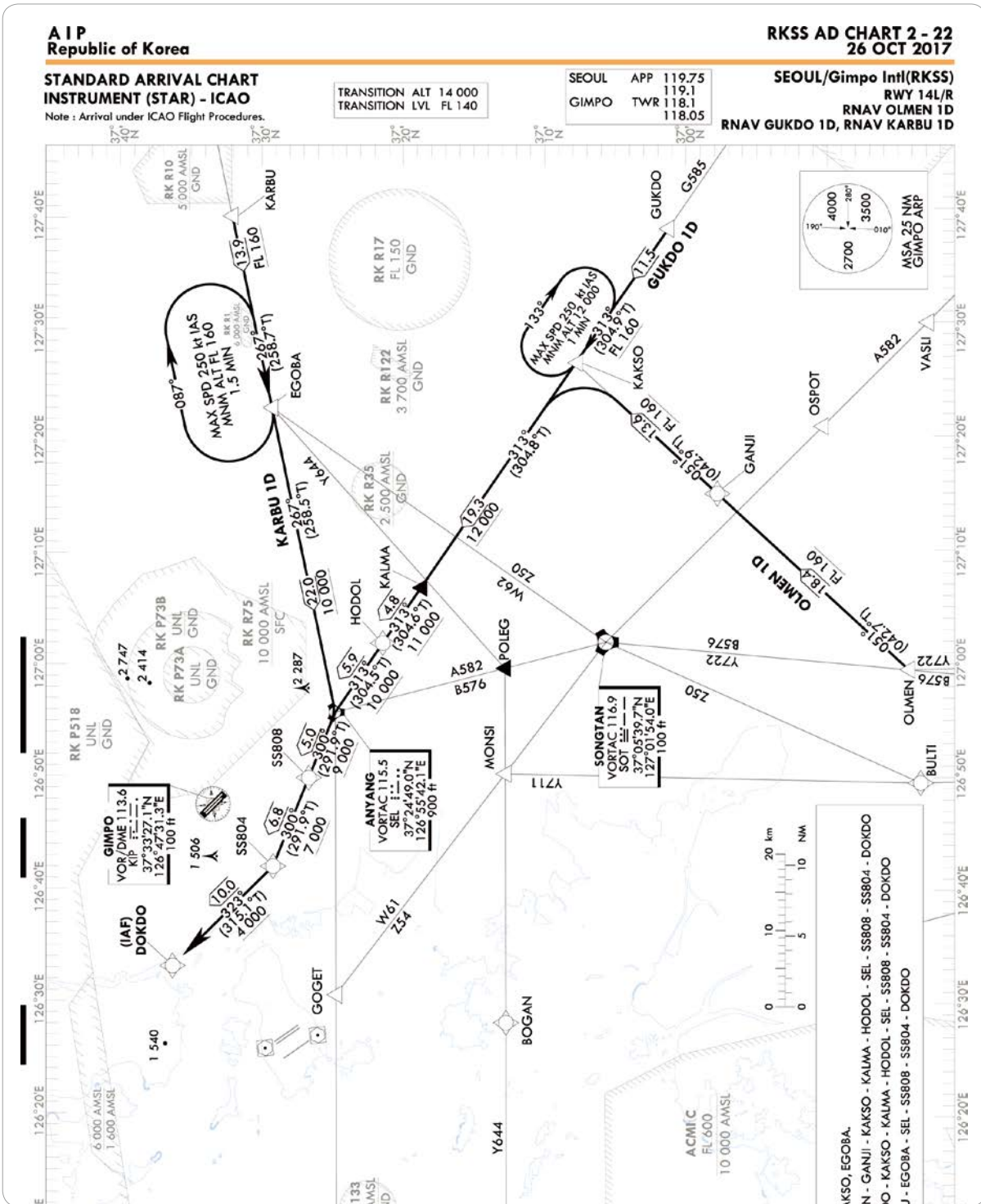
계기접근 지도는 운항 승무원에게 착륙하고자 하는 활주로 및 체공장주와 실패 접근 절차를 포함하여 승인된 계기접근 절차를 수행하는 데 필요한 정보를 제공하며 각각의 정밀접근절차와 비(非)정밀 접근 절차에 대해 개별적인 계기접근 지도를 제공한다. 중간 접근 구간, 최종 접근 구간 및 실패 접근 구간이 동일한 경우 지도상에 두 개 이상의 정밀 또는 비정밀 접근 절차를 수록할 수도 있다.

제공되는 정보는 다음과 같다.

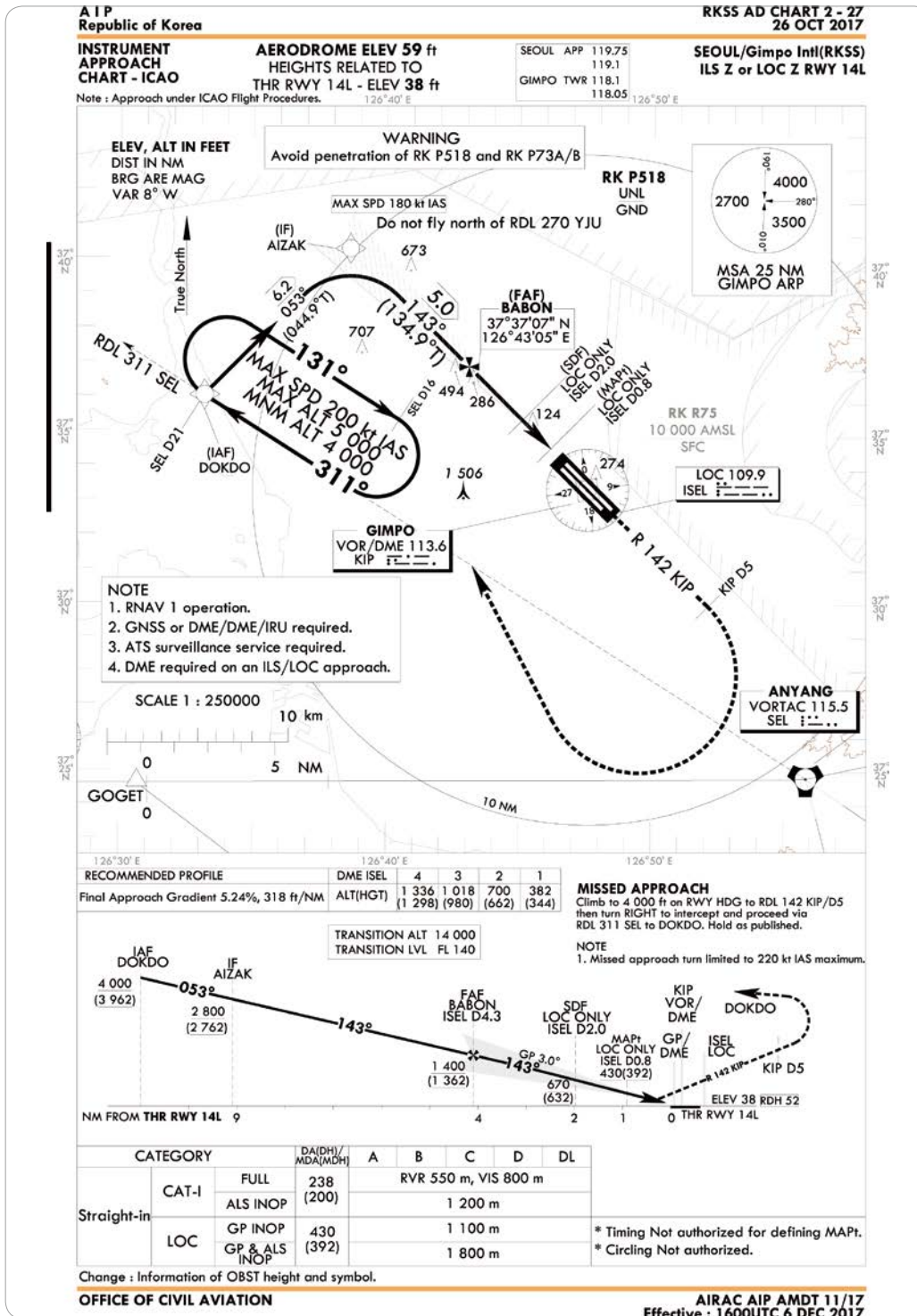
- ① 비행장
  - 공중에서 시각적으로 구별되어 보이는 모든 비행장을 적절한 기호를 사용하여 표시한다.
  - 비행장 표고는 미터 또는 피트 단위로 반올림하여 도면상 눈에 띄는 위치에 표시한다.
  - 활주로 시단 표고 및 접지 구역의 최고 표고를 1미터 또는 1피트 단위로 반올림하여 표시한다.
- ② 장애물
  - 장애물 회피 고도/높이의 결정 요인이 되는 장애물을 표시한다.
  - 장애물 표고는 1미터나 1피트 단위로 올림하여 표시한다.
  - 평균 해면 고도 이외의 기준으로 장애물 높이를 표시할 경우, 비행장 표고를 고도 기준



[그림 2-14] 표준 계기 출발 지도(김포공항)



[그림 2-15] 표준 계기 도착 지도(김포공항)



[그림 2-16] 계기접근 지도(김포공항)

으로 사용하고, 활주로 시단 표고가 비행장 표고보다 2미터(7피트) 이상 낮은 경우에는 활주로 시단 표고를 고도 기준으로 사용한다.

③ 통신 시설 및 항행안전무선시설

- 절차에 필요한 항행안전무선시설을 주파수, 식별 부호 및 진로 지정 특성과 함께 표시하고, 최종 접근로 위에 2개 이상의 항행안전무선시설이 있는 절차의 경우, 최종 접근진로 유도에 사용되는 시설을 명확히 표시한다.
- 절차에 포함되어 있는 IAF, IF, FAF, MAPt와 다른 중요 픽스나 포인트를 표시한다.
- 최종 접근 픽스는 도·분·초 단위의 지리적 좌표를 사용하여 표시한다.
- 호출 부호를 포함하여 절차 수행에 필요한 무선통신 주파수를 표시한다.
- 절차에 필요한 경우, 최종 접근과 관련된 각 항행안전무선시설로부터 비행장까지의 거리를 킬로미터 또는 해리 단위로 반올림하여 표시한다.

④ 최저 섹터 고도(MSA) 또는 터미널 도착 고도(TAA) 적용 구역을 명확히 표시한다.

⑤ 절차 진로의 표시

- 비행 방향을 지시하는 실선 화살표로 표시한 접근 절차의 진로
- 파선 화살표로 표시한 실패 접근 절차의 진로
- 접근 및 실패 접근과 관련된 체공장주 및 최저 체공 고도
- 필요한 경우, 지도 전면의 눈에 띄는 곳에 표시하는 주의 사항 문구
- 시계 기동(선회)이 금지되는 섹터의 경계선

• Fly-over 중요 지점의 표시

⑥ 다음의 자료를 나타내는 측면도를 평면도 하단에 표시한다.

- 비행장 표고 높이에 검은색 선으로 나타낸 비행장
- 비행 방향을 가리키는 실선 화살표로 표기한 접근 절차 구간의 측면도
- 파선 화살표로 표시하는 실패 접근 절차 구간의 측면도 및 절차에 대한 설명
- 전이 고도를 포함하여 절차에 필요한 고도/높이
- 절차 선회 시 제한 거리
- 역방향 경로가 인가되지 않은 경우, 절차상의 중간 접근 픽스 또는 지점

⑦ 비행장 운영 최저치

⑧ 항공기 범주별 장애물 회피 고도/높이

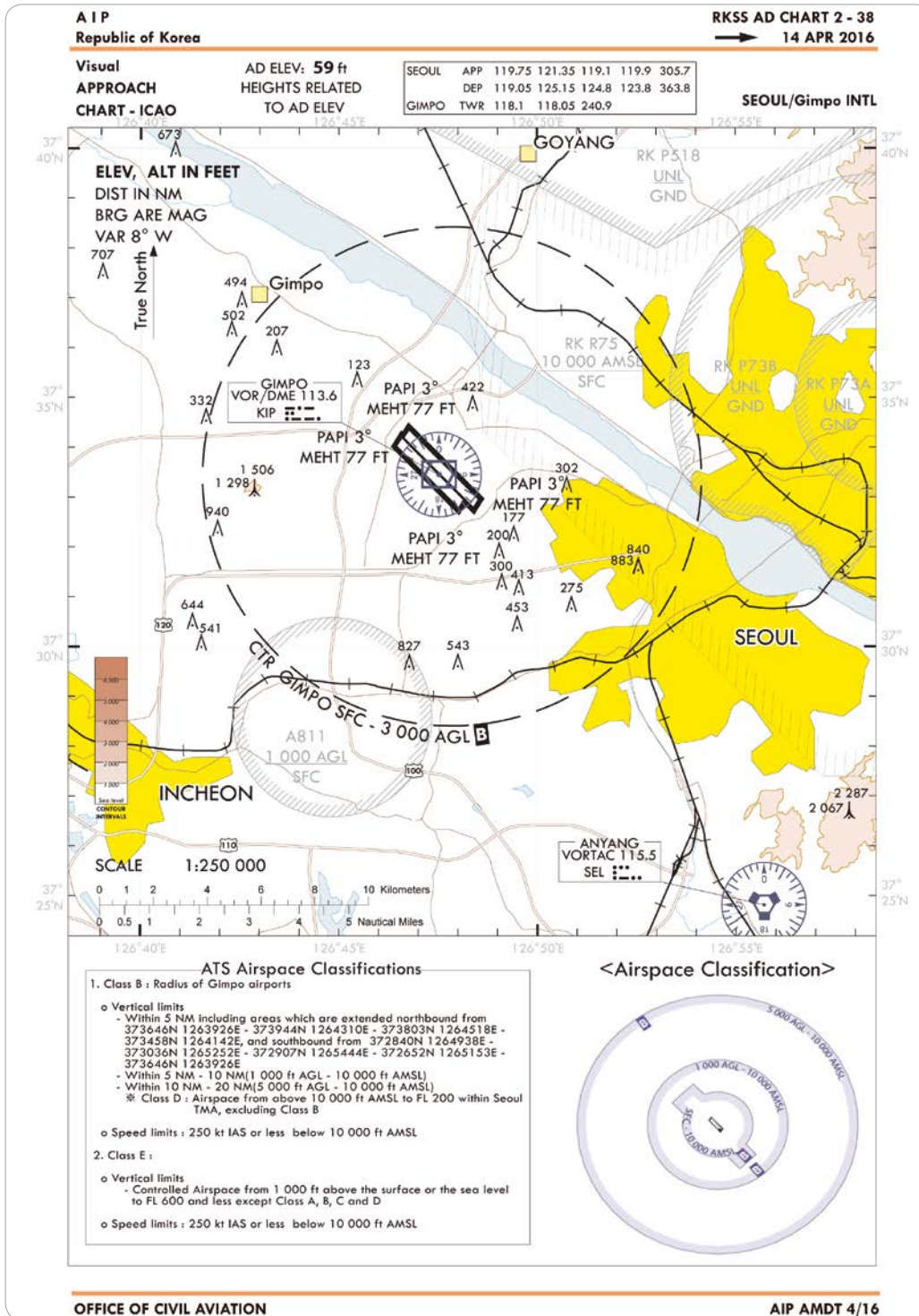
⑨ 강하율 표

10) 시계 접근도(Visual Approach Chart-ICAO)

시계 접근도는 조종사가 항공로 비행/강하 단계로부터 시각 참조에 의하여 착륙하고자 하는 활주로에 접근하기 위한 비행 단계의 전환 시에 필요한 정보를 제공한다.

다음과 같은 경우, 민간항공에 사용되는 모든 비행장에 대해 시계 접근도를 제작한다.

- ① 제한된 항행 안전 무선시 설만을 이용할 수 있는 경우
- ② 무선통신 시설을 사용할 수 없는 경우
- ③ 1:500,000 또는 그 이상의 축척으로 제작된 비행장에 대한 항공지도가 없는 경우
- ④ 시계 접근 절차가 수립되어 있는 경우



[그림 2-17] 시계 접근도(김포공항)



표시되는 지형지물, 방위 진로 래디얼 등의 표시는 다른 지도와 같으며 추가로 시계 접근 정보가 포함된다.

- ① 시계 접근 절차
- ② 시각 보조 항행 시설
- ③ 진입각 지시등(PAPI)의 위치, 종류, 최저 시선 높이(minimum eye height over the threshold of on-slope signal : MEHT)와 중심축이 활주로 중심선과 평행하지 않은 경우, 이설(移設)된 각도와 방향(예 : 오른쪽, 왼쪽)

11) 비행장 지도 혹은 헬기장 지도(Aerodrome/Heliport Chart-ICAO)

비행장/헬기장 지도는 조종사에게 다음과 같은 구간에서 항공기의 지상 이동을 용이하게 할 수 있는 정보를 제공한다.

- ① 항공기 주기장으로부터 활주로까지
- ② 활주로부터 항공기 주기장까지
- ③ 헬기 이동의 경우, 다음의 구간
  - 헬기 주기장으로부터 착지/이륙 구역 및 최종 접근 및 이륙 구역
  - 최종 접근 및 이륙 지역으로부터 착지/상승 지역 및 헬기 주기장
  - 헬리콥터 지상 및 공중 유도로
  - 공중 통과 경로

12) 비행장 지상 이동 지도(Aerodrome Ground Movement Chart-ICAO)

비행장 지상 이동 지도에 비행 승무원에게 항공기의 주기장으로의 지상 이동 및 항공기의 주

기/접현(parking/docking)을 용이하게 수행하기 위한 세부 정보를 제공한다.

13) 항공기 주기/접현 지도(Aircraft Parking/Docking Chart-ICAO)

항공기 주기/접현 지도는 유도로, 항공기 주차장 및 항공기 주기/접현 간 항공기의 지상 이동에 관한 세부 정보를 조종사에게 제공한다.

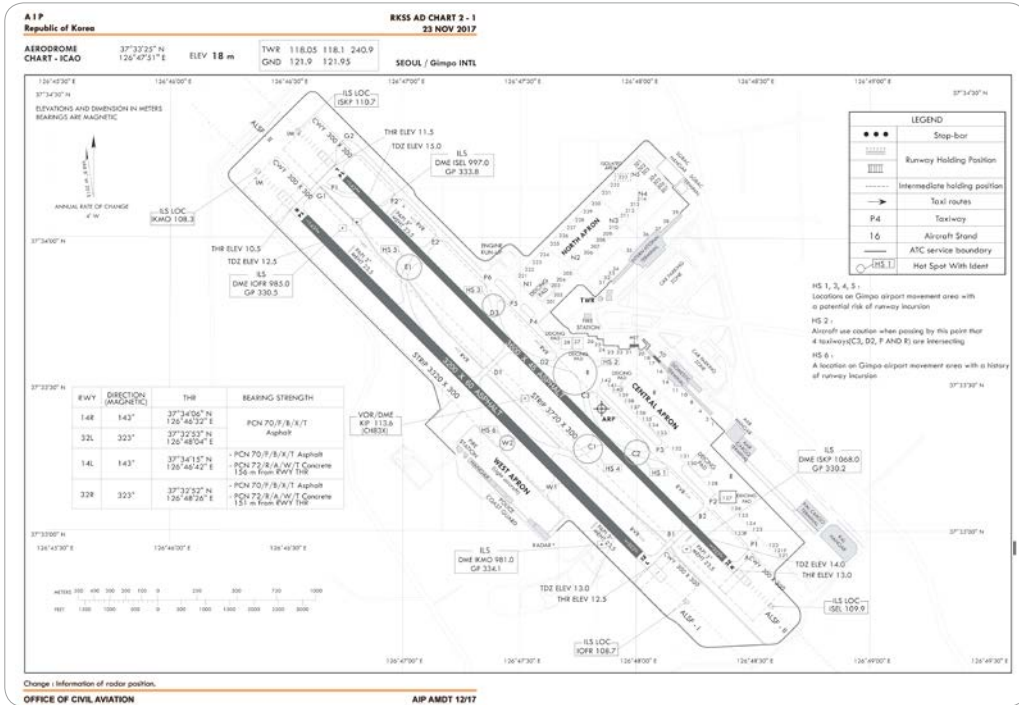
14) ATC 감시 최저 고도 지도(ATC Surveillance Minimum Altitude Chart-ICAO)

이 지도는 항공관제 감시 시스템을 사용하는 관제사에 의해 배정된 고도를 운항 승무원이 비교·검토할 수 있는 정보를 제공하며, 이 지도에는 관제 중에 배정받은 고도를 비교·검토하는 경우에만 레이더 최저 고도 지도를 사용할 수 있다는 문구를 지도의 전면에 명확하게 표시한다. 이 지도는 레이더 유도 절차가 수립되어 있고, 최저 레이더 유도 고도(MVA)를 지역도(Area chart), 표준 계기 출발도(SID) 또는 표준 계기 도착도(STAR)에 적절히 표기할 수 없을 경우에 레이더 ATC 감시 최저 고도 지도를 제작한다.

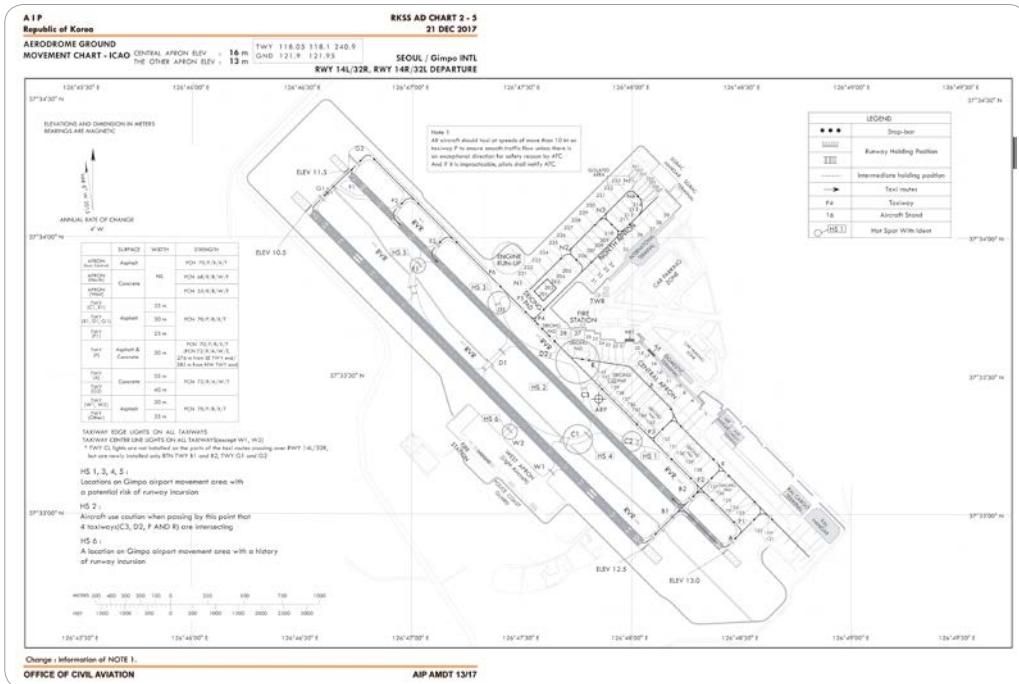
15) 항행 계획도(Plotting Chart-ICAO)

이 지도는 계획한 비행경로를 유지하기 위하여 다양한 위치 결정 방법과 추측 항법을 통해 항공기의 위치에 대한 지속적인 비행 기록을 유지할 수 있는 정보를 제공한다.

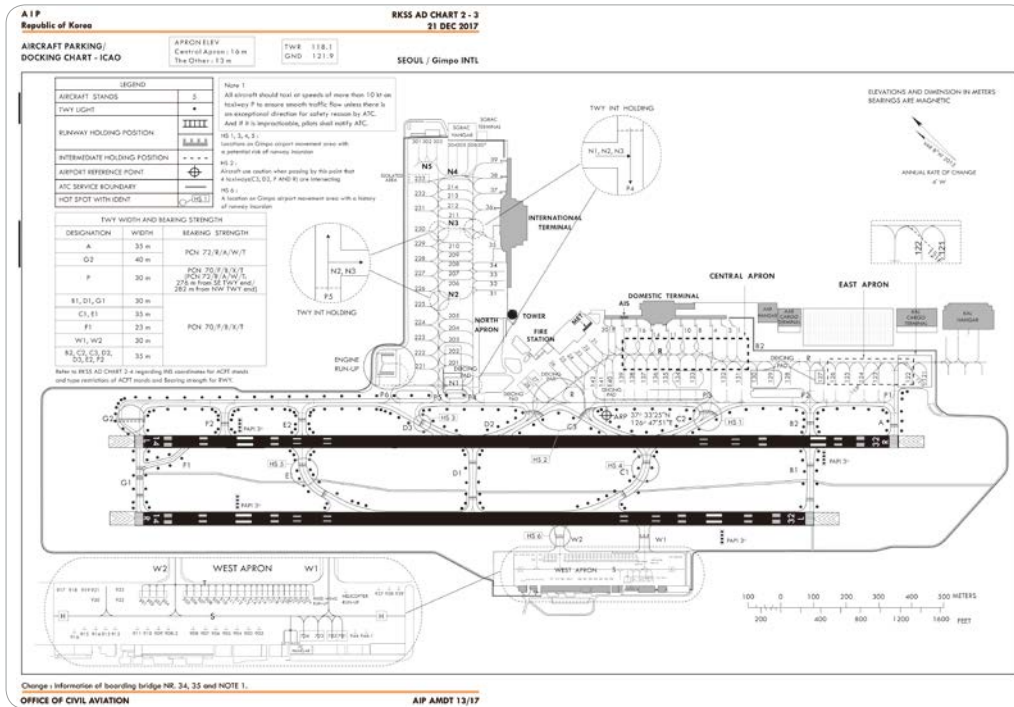
이 지도는 도시(圖示)되는 지역의 범위에 따라 1:3,000,000 내지 1:7,500,000의 축척을 사용한다.



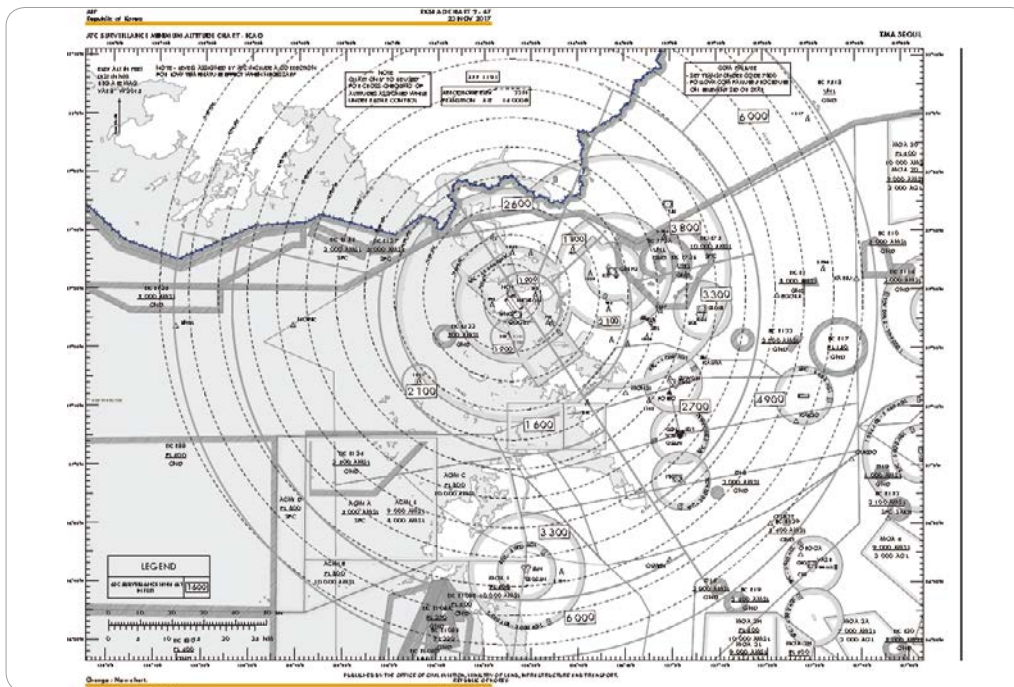
[그림 2-18] 비행장 지도(김포공항)



[그림 2-19] 비행장 지상 이동도(김포공항)



[그림 2-20] 항공기 주기/접현도(김포공항)



[그림 2-21] ATC 감시 최저 고도 지도(인천공항)

16) 항공지도(Aeronautical Chart(1:500,000)

-ICAO)

이 지도는 고고도 이외의 고도에서 저속으로 단거리 및 중거리 시계 항법을 수행할 수 있는 정보를 제공한다.

이 지도에 표시되는 내용은 다음과 같다.

- ① 건물 밀집 지역 : 도시 및 주거 지역을 시계 항법상의 중요도에 따라 행정구역 경계선이 아닌 건물 밀집 지역 경계선으로 표시한다.
- ② 철도 : 지상 참조가 될 수 있는 철도와 중요한 터널을 표시한다.
- ③ 고속도로 및 일반 도로 : 공중에서 중요한 비행로로 이용할 수 있는 도로망을 상세하게 표시하여야 하며, 건설 중인 도로도 표시한다.
- ④ 지상 참조물(Landmarks) : 자연 및 지리적 참조물, 즉 다리, 광산 구조물, 전망대, 요새, 폐허가 된 옛터, 제방, 송유관, 현저한 송전선, 영구적인 케이블카 시설, 풍력 터빈, 바위, 절벽, 낭떠러지, 모래언덕, 격리된 등대, 등대선 등이 시계 항법에 중요하다고 판단되는 경우, 지도에 표시할 수 있으며 이에 대한 설명을 기재한다.
- ⑤ 정치적 경계(Political boundaries) : 영해와 군사분계선을 표시한다.
- ⑥ 수로 측량 : 모든 해안선, 호수, 강, 지류(계절에 따른 간헐천 포함), 염수, 빙하, 만년설 등의 수로를 도면 축척과 일치하게 표시한다.
- ⑦ 지점 표고
  - 지점 표고는 선별된 주요 지점에 표시하고, 선별된 표고는 항상 주변 지역에서 가장 높

은 고도이어야 하며, 계곡의 표고와 조종사에게 특별히 이용 가치가 있는 호수의 표면 고도를 표시하고 선별된 각각의 표고는 점으로 해당 위치를 표시한다.

⑧ 비행장

- 육상 및 해상 비행장과 헬기장 등 운항상 가장 중요한 곳을 우선적으로 그 명칭과 함께 표시한다.
- 비행장 표고, 이용 가능한 등화, 활주로 표면 형식, 최장 활주로 길이 또는 채널을 지도상에 불필요한 혼란이 일어나지 않는 범위 내에서 표시한다.
- 공중에서 비행장으로 인지될 수 있는 폐쇄된 비행장을 폐쇄 비행장으로 표시한다.

⑨ 장애물

- 높이가 지상 100미터(300피트) 이상 되는 중요 장애물을 표시한다.
- 현저한 송전선과 영구 케이블카 시설 및 풍력 터빈이 시계비행에 중요한 장애물로 간주될 경우, 지도에 표시한다.

⑩ 금지, 제한 및 위험 구역을 표시한다.

- ⑪ 관제권, 관제공역, 비행정보구역 및 시계비행으로 비행하는 공역 등을 포함한 항공교통업무 체제의 중요 요소들을 해당 공역 등급과 함께 표시한다.

⑫ 방공식별구역을 표시한다.

- ⑬ 항행안전무선시설은 해당 기호와 명칭으로 표시한다.

17) 항공지도(Aeronautical Chart-FAA)

항공지도(Aeronautical Chart)는 시계비행 기

상 상태에서 항법 비행을 할 때 항공기의 위치 파악, 경로에 대한 정보, 기타 비행 안전에 도움을 주는 정보가 표시된 지도이다.

항공지도(Aeronautical Chart)는 다음의 3가지로 구분한다.

- ① Sectional Charts
- ② VFR Terminal Charts
- ③ World Aeronautical Charts

① Sectional Charts

이 지도는 1:500,000 축척의 지도로, 저고도에서 저속으로 단거리 및 중거리 시계비행 상태로 항법을 하는 데 필요한 정보를 제공하는 지도이

다. 이 지도에는 비행장, 무선향행 시설, 구역, 지형지물 등에 대한 정보가 표시되어 있다. 이 지도는 연 2회 갱신된다.

② VFR Terminal Charts

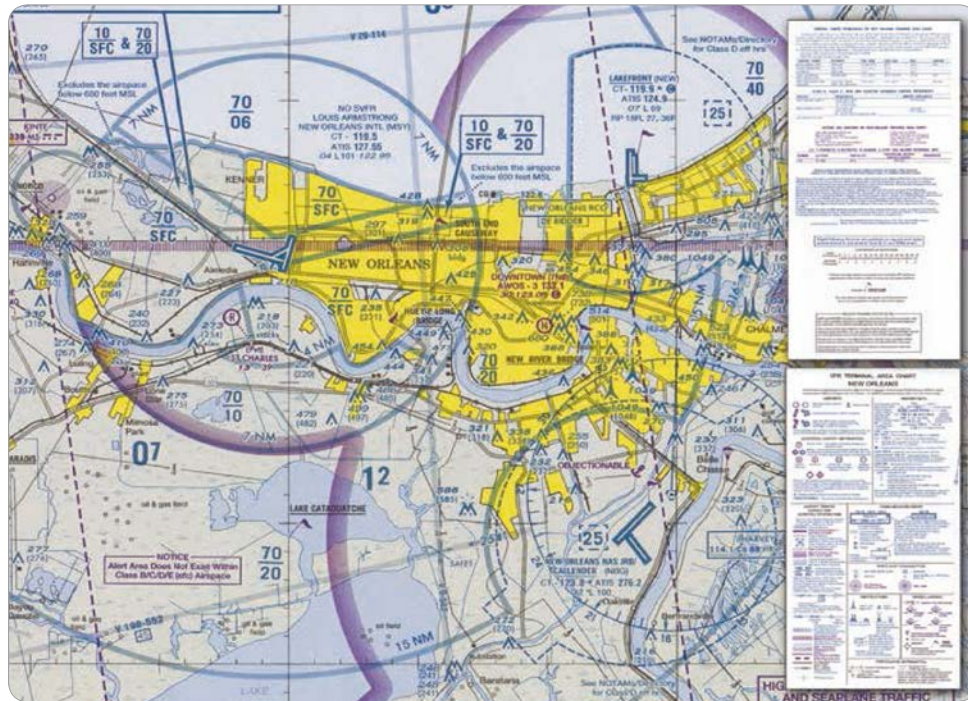
이 지도는 Class B 구역과 같이 복잡한 지역을 상세하게 표시한 1:250,000 축척의 지도이다. 이 지도는 연 2회 갱신된다.

③ World Aeronautical Charts

이 지도는 1:1000,000 축척의 지도로, 고고도에서 빠른 속도로 항법을 하는 데 이용되는 지도이다. 표시되는 내용은 Sectional Charts와 같으나, 축척이 크므로 덜 세밀하다. 이 지도는 연 1회 갱신된다.



[그림 2-22] Sectional Charts



[그림 2-23] VFR Terminal Charts



[그림 2-24] World Aeronautical Charts

### 2.2.3 항공도의 해독

#### 2.2.3.1 위치 점검 지점(Check points)

공중항법을 위해 필요한 위치 점검 지점은 저명한 지점, 또는 위도와 경도의 좌표로 설정할 수 있다. 공중항법은 항공기의 위치와 설정된 위치 점검 지점을 비교하여 경로를 수정하거나 도착 예정 시간을 계산할 수 있다. 조종사는 계획된 시간에 도착하였는지 확인하여 다음 경로를 계획된 대로 비행할 것인지, 아니면 수정하여 비행할 것인지 결정하여야 한다.

예를 들어, 위치 점검 지점에 계획된 시간에 도착하였지만 위치 점검 지점으로부터 오른쪽으로 벗어나 있다면 왼쪽에서 바람이 불어오는 것을 수정하지 못하였으므로, 다음 경로에서는 왼쪽으로 바람 수정각을 계산하여 비행하여야 한다. 또한 위치 점검 지점 상공에 정확히 도착했지만 계획된 시간보다 늦게 도착했다면 항공기는 맞바람을 맞으며 비행하였으므로, 맞바람의 영향을 수정한 대지속도(GS)를 다시 구하여 다음 경로의 예상 소요 비행시간을 계산하여야 한다.

이와 같이 위치 점검 지점은 공중항법 비행 중에 경로와 시간을 수정하여야 하는 참고 지점이므로, 조종사가 쉽게 식별할 수 있도록 지도상에서 저명한 지점을 선정하여야 한다.

위치 점검 지점은 주변의 다른 지형지물과 확연히 구별되어야 한다. 예를 들어, 특이한 모양의 호수 혹은 강줄기, 고속도로, 여러 건물들이 모여 있는 도시 등을 위치 점검 지점으로 선정하여야 한다. 자연물을 선정하는 경우, 계절마다 달라지는 모습도 고려해야 한다.

#### 2.2.3.2 항공지도의 선택(Chart selection)

정확한 항법을 위해서 속도와 고도에 따라 적절한 축척의 지도를 선택하여야 한다.

일반적으로 저고도 저속으로 비행하는 경우에는 Sectional chart(축척 1/500,000), 또는 Terminal Charts(축척 1/250,000)를 선택하며, 고고도 고속으로 비행하는 경우에는 World Aeronautical Charts(축척 1/1000,000)를 이용한다. 이 지도들은 위 [그림2-22], [그림2-23], [그림2-24]에 설명하였다.



[그림 2-25] 위치 점검 지점(호수)

### 2.2.3.3 항공지도의 해독 절차와 방법

#### (Map Reading Procedure)

##### (1) 지도 준비

지도는 진북(TN)을 기준으로 작성되어 있다. 공중 항법을 위해 계획한 경로선(Course line)은 비행 중 참고해야 하는 위치 점점 지점을 연결한 선으로 작성되어야 한다. 조종사는 지도와 지형지물을 비교하여 경로를 유지하여야 하므로, 식별할 수 있는 지형지물을 위치 점점 지점으로 선정하여야 한다. 도로, 철도, 비행장, 다리, 강 등은 좋은 점점 지점이다. 큰 도시를 위치 점점 지점으로 이용하는 경우, 정확한 항법을 위해서는 큰 도시 안에서도 쉽게 식별될 수 있는 지형지물(land mark)을 선정하여야 한다. 공중항법은 비행시간이 제한되는 연료를 탑재할 수 밖에 없으므로, 항법을 하는 데 예상되는 시간을 각각의 위치 점점 지점에서 계산하는 것이 매우 중요하다. 따라서 저명한 지점을 위치 점점 지점으로 선정하는 것은 매우 중요하다.

항법을 위해 계획하고 지도에 작성한 경로선은 자향로(MC ; Magnetic Course)이므로 비행을 위해서는 이를 자방위(MH ; Magnetic Heading)로 환산하여야 하며, 바람에 의하여 편류되었을 경우에 계획된 경로를 유지하기 위해서는 바람의 영향을 수정한 항공기 기수 방향을 구하여야 한다.

##### (2) 저고도에서 지도의 해독(Map reading while Flying at Low altitude)

저고도에서 항법을 하는 경우, 난류(Turbulence)로 인하여 지도를 해독하는 데 어려움을 겪을 수 있으며, 고도에 따라 다르기는 하지만 지형지물의 영향으로 조종사의 시야가 방해받을 수 있다. 이러

한 환경에서 지도와 지형지물을 확인하여 경로를 수정하고 예상 도착 시간을 계산하는 것은 매우 어렵다. 이를 극복하기 선회 반경을 고려한 경로선 작성, 각 구간의 초 단위의 시간 계산 등 철저하고 세밀한 비행 계획을 세워야 한다.

저고도 항법에서 또 다른 위험은 장애물과의 충돌이다. 큰 산과 같은 저명한 지형지물은 쉽게 식별할 수 있지만, 산위에 설치된 전기선, 송전탑 등은 쉽게 식별할 수 가 없다. 또한 저명한 지점이더라도 시정이 나쁠 때는 식별할 수 없게 되므로 매우 주의하여야 한다. 이러한 위험을 줄이기 위해서 지도에 표시되어 있는 경로의 구역 최저 고도(MEF ; Maximum Elevation Figures)를 확인하여 이 고도 이상을 비행할 수 있도록 하여야 한다.

##### (3) 야간비행 시 지도 해독(Map Reading at Night)

야간비행을 하는 경우, 불빛이 없는 지형지물은 분간하기 어려우며 야간의 불빛은 사물의 거리가 가깝게 느껴지게 하므로 거리를 계산하는 데 혼란을 줄 수가 있다. 또한 항공기 바로 밑에 위치한 지형지물은 잘 식별되지 못한다.

야간에는 눈의 특성으로 인하여 사물을 직접 응시하여 식별하기 어려우므로 사물의 주변을 살펴서 식별하여야 한다. 그러므로 야간 항법 시 지도와 지형지물을 비교하기 위해서 지형지물을 직접 응시하지 말고 주변의 지형지물을 이용하여 식별하여야 한다.

붉은색 등을 이용하여 지도를 볼 경우, 지도에 붉은색으로 표시된 부분은 식별할 수 없으므로 주의하여야 한다. 달빛은 달빛이 비치는 것을 보고 호수 또는 강인지, 육지인지 지형지물을 확인하는 데 도움이 될 수 있다. 도로 주위의 불빛이나 큰 도시의 불



빛 등도 지형지물을 지도와 비교 확인하는 데 도움이 될 수 있으며 비행장의 불빛 또한 위치를 확인하는 데 이용할 수 있다. 교통량이 많은 고속도로의 불빛 또한 저명한 참조점이 될 수 있다.

(4) 거리의 계산(Estimating Distance)

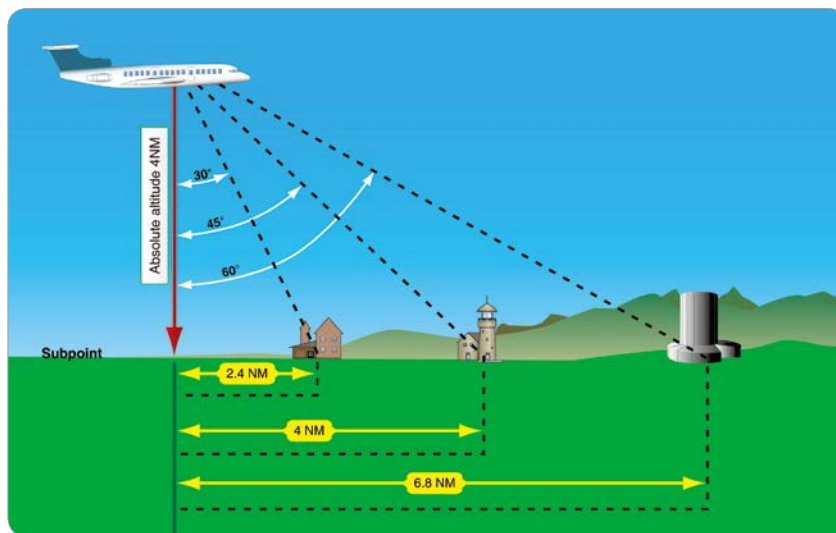
계획된 항로로부터 벗어난 정도를 알고 목적지까지 비행 예상 시간을 구하기 위해 거리를 계산하는 것은 소요되는 연료와 직접 관계가 있으므로 매우 중요하다. 비행을 하면서 지형지물과의 거리는 비행고도 및 항공기에서 지형지물을 보는 각도에 따라 다르다.

아래 [그림 2-26]과 같이 어느 고도에서 지형지물을 보는 각도가 60°라면 지형지물과의 거리는 항공기 고도의 1.7배가 되며, 45°라면 지형지물과의 거리는 항공기의 고도와 같게 되고, 30°라면 지형지물과의 거리는 항공기의 고도의 0.6배가 된다.

(5) 계절 변화에 따른 고려 사항(Seasonal Change)  
계절이 바뀌면 지형지물의 형태도 바뀔 수 있다. 한여름 건기에는 강이나 호수의 물이 말라 강이나 호수의 형태가 바뀔 수 있고, 겨울철에는 눈이 내려 모든 지형지물이 눈으로 덮여 구분할 수 없게 된다. 이런 경우에는 구부러진 강줄기, 큰 도시, 높은 산 등 좀 더 식별이 용이한 지형지물을 선정하는 것이 좋다.

(6) 등고선 해독(Contour Map Reading)

지도에 표시되어 있는 등고선은 지형지물의 높이를 나타는 것으로 동일한 높이를 연결한 선이다. 등고선 간격이 좁으면 그 지형지물의 경사가 매우 크다는 것을 나타내므로 이를 이용하여 지형지물을 비교할 수 있다. 대부분의 등고선은 높이를 나타내는 숫자가 같이 표시되어 있으며, 지도마다 다르지만 색깔로 표시되기도 한다. 일반적으로 고도가 낮은 지역은 밝은 색으로 나타내고, 고도가 높은 지역은 진한 색으로 나타낸다.



[그림 2-26] 거리의 측정

2.2.3.4 항공지도의 표시 부호(Symbols of Map)  
 다음의 항공지도 표시 부호는 지도를 해독하는

데 필수적으로 알아야 하는 것이다. 아래 그림들은  
 ICAO Annex 4를 인용하였다.

(1) 지형도(Topography)

1	Contours		8	Gravel		12	Highest elevation on chart	Alternative <b>17456</b> .17456	
2	Approximate contours		9	Levee or esker	Alternative 	13	Spot elevation	.6397 .8975	
3	Relief shown by hachures		10	Unusual land features appropriately labelled	Many small volcanoes Rock Outcrop 	14	Spot elevation (of doubtful accuracy)	.6370±	
4	Bluff, cliff or escarpment		11	Mountain pass	Active volcano 	15	Coniferous trees		
5	Lava flow					16	Other trees		
6	Sand dunes					17	Palms		
7	Sand area								
18		Areas not surveyed for contour information or relief data incomplete				Caution			

[그림 2-27] 지형도 표시 부호

(2) 수상 지역의 표시(Hydrography)

19	Shore line (reliable)		30	Abandoned canal Note.— Dry canal having landmark value.		38	Reservoir	■ Reservoir
20	Shore line (unreliable)		31	Lakes (perennial)		39	Dry lake bed	Alternative 
21	Tidal flats		32	Lakes (non-perennial)	Alternative 	40	Wash	Alternative 
22	Coral reefs and ledges		33	Salt lake		41	Shoals	
23	Large river (perennial)		34	Salt pans (evaporator)		42	Glaciers and ice caps	
24	Small river (perennial)		35	Swamp		43	Danger line (2 m or one fathom line)	
25	Rivers and streams (non-perennial)	Alternative 	36	Rice field	Alternative 	44	Charted isolated rock	+
26	Rivers and streams (unsurveyed)		37	Spring, well or water hole	perennial intermittent 	45	Rock awash	⊕
27	Rapids					46	Unusual water features appropriately labelled	
28	Falls							
29	Canal							

[그림 2-28] 수상 지역의 표시 부호

(3) 인공 건축물(Culture)

BUILT-UP AREAS		HIGHWAYS AND ROADS		MISCELLANEOUS (Cont.)					
47	City or large town		57	Dual highway		69	Pipeline		
48	Town		58	Primary road		70	Oil or gas field		
49	Village		59	Secondary road		71	Tank farms		
50	Buildings		60	Trail		72	Nuclear power station		
RAILROADS		MISCELLANEOUS		73	Coast guard station		74	Lookout tower	
51	Railroad (single track)		63	Boundaries (international)		75	Mine		
52	Railroad (two or more tracks)		64	Outer boundaries		76	Forest ranger station		
53	Railroad (under construction)		65	Fence		77	Race track or stadium		
54	Railroad bridge		66	Telegraph or telephone line (when a landmark)		78	Ruins		
55	Railroad tunnel		67	Dam		79	Fort		
56	Railroad station		68	Ferry		80	Church		
				81	Mosque		82	Pagoda	
				83	Temple				

[그림 2-29] 인공 건축물 표시 부호

(4) 비행장(Aerodrome)

84	Civil	Land		88	Joint civil and military	Land		92	Sheltered anchorage	
85	Civil	Water		89	Joint civil and military	Water		93	Aerodrome for use on charts on which aerodrome classification is not required e.g. Enroute Charts	
86	Military	Land		90	Emergency aerodrome or aerodrome with no facilities			94	Heliport Note.— Aerodrome for the exclusive use of helicopters	
87	Military	Water		91	Abandoned or closed aerodrome					
95	<p>Note.— Where required by the function of the chart, the runway pattern of the aerodrome may be shown in lieu of the aerodrome symbol, for example:</p>									
96	<p>Elevation given in the units of measurement (metres or feet) selected for use on the chart</p> <p>Name of aerodrome</p> <p>Length of longest runway in hundreds of metres or feet (whichever unit is selected for use on the chart)</p> <p>Minimum lighting — obstacles, boundary or runway lights and lighted wind indicator or landing direction indicator</p> <p>Runway hard surfaced, normally all weather</p> <p>Note.— A dash (—) is to be inserted where L or H do not apply.</p> <p>LIVINGSTONE 357 L H 95</p> <p><b>AERODROME SYMBOLS FOR APPROACH CHARTS</b></p>									
97	Aerodromes affecting the traffic pattern on the aerodrome on which the procedure is based						98	The aerodrome on which the procedure is based		

[그림 2-30] 비행장 표시 부호

(5) 항행안전시설(Radio Navigation Aids)

99	Basic radio navigation aid symbol <i>Note</i> — This symbol may be used with or without a box to enclose the data.		Electronic								
100	Non-directional radio beacon NDB		Electronic								
101	VHF omnidirectional radio range VOR										
102	Distance measuring equipment DME										
103	Collocated VOR and DME radio navigation aids VORDME										
104	DME distance	Distance in kilometres (nautical miles) to DME → 15 km → KAV Identification of radio navigation aid									
105	VOR radial	Radial bearing from, and identification of, VOR R 090_KAV									
106	UHF tactical air navigation aid TACAN										
107	Collocated VOR and TACAN radio navigation aids VORTAC		Electronic								
108	Instrument landing system ILS	PLAN VIEW  Electronic FRONT COURSE BACK COURSE PROFILE  Electronic GLIDE PATH									
109	Radio marker beacon	Elliptical  Bone Shape 	<i>Note</i> — Marker beacon may be shown by outline, or stipple, or both.								
110	Compass rose To be orientated on the chart in accordance with the alignment of the station (normally Magnetic North)		Compass rose to be used as appropriate in combination with the following symbols: <table border="1"> <tr><td>VOR</td><td></td></tr> <tr><td>VORDME</td><td></td></tr> <tr><td>TACAN</td><td></td></tr> <tr><td>VORTAC</td><td></td></tr> </table> <i>Note</i> — Additional points of compass may be added as required.	VOR		VORDME		TACAN		VORTAC	
VOR											
VORDME											
TACAN											
VORTAC											

\* *Note*— Guidance material on the presentation of radio navigation aid data is given in the Aeronautical Chart Manual (Doc 8697).

[그림 2-31] 항행안전시설 표시 부호

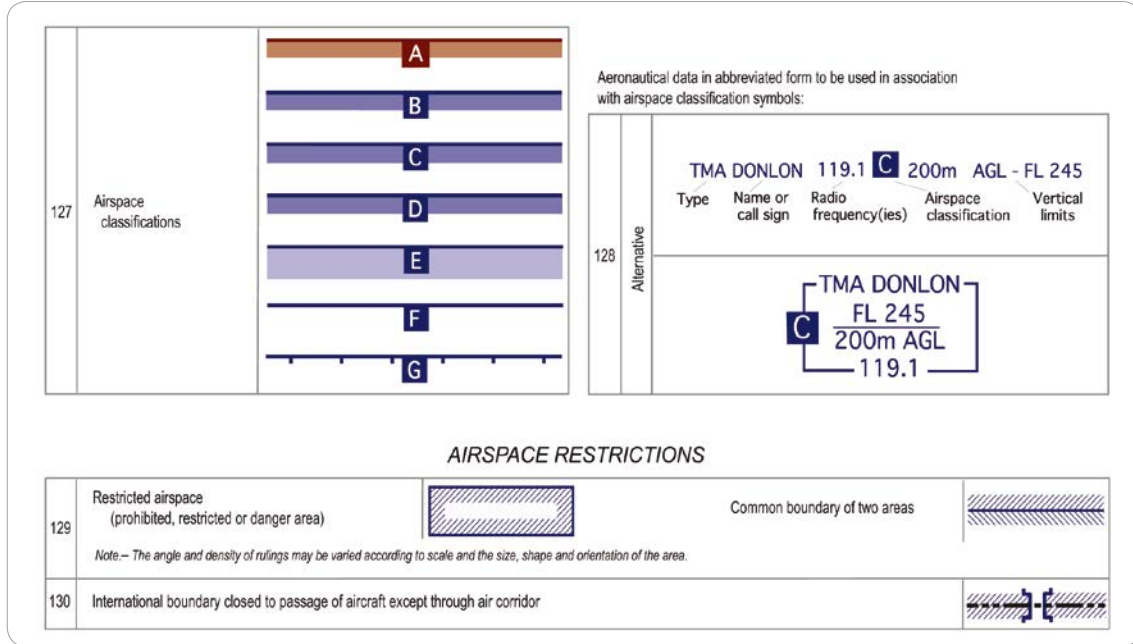
(6) 항공관제(Air Traffic Service)

111	Flight information region FIR																				
112	Aerodrome traffic zone ATZ																				
113	Control area Airway Controlled route CTA AWY	 <i>Alternative</i>																			
114	Uncontrolled route																				
115	Advisory airspace ADA																				
116	Control zone CTR																				
117	Air defence identification zone ADIZ																				
118	Advisory route ADR	 <i>Alternative</i>																			
119	Visual flight path	compulsory with radio communication requirement compulsory, without radio communication requirement recommended																			
120	Scale break (on ATS route)	 <i>Alternative</i>																			
121	Reporting point REP	Compulsory On request																			
122	Change-over point COP	 To be superimposed on the appropriate route symbol at right angles to the route																			
123	ATSMET reporting point MRP	Compulsory On request																			
124	Waypoint WPT	Flyover WPT (also used for start point and end point of a controlled turn) Fly-by WPT																			
125	Final approach fix FAF																				
126	Altitudes/flight levels	<table border="1"> <tr> <td>Altitude/flight level "window"</td> <td>17 000 10 000</td> <td>FL 220 10 000</td> </tr> <tr> <td>"At or above" altitude/flight level</td> <td>7 000</td> <td>FL 70</td> </tr> <tr> <td>"At or below" altitude/flight level</td> <td>5 000</td> <td>FL 50</td> </tr> <tr> <td>"Mandatory" altitude/flight level</td> <td>3 000</td> <td>FL 30</td> </tr> <tr> <td>"Recommended" procedure altitude/flight level</td> <td>5 000</td> <td>FL 50</td> </tr> <tr> <td>"Expected" altitude</td> <td>Expect 5 000</td> <td>Expect FL 50</td> </tr> </table>	Altitude/flight level "window"	17 000 10 000	FL 220 10 000	"At or above" altitude/flight level	7 000	FL 70	"At or below" altitude/flight level	5 000	FL 50	"Mandatory" altitude/flight level	3 000	FL 30	"Recommended" procedure altitude/flight level	5 000	FL 50	"Expected" altitude	Expect 5 000	Expect FL 50	
Altitude/flight level "window"	17 000 10 000	FL 220 10 000																			
"At or above" altitude/flight level	7 000	FL 70																			
"At or below" altitude/flight level	5 000	FL 50																			
"Mandatory" altitude/flight level	3 000	FL 30																			
"Recommended" procedure altitude/flight level	5 000	FL 50																			
"Expected" altitude	Expect 5 000	Expect FL 50																			

*Note*— For use only on SID and STAR charts. Not intended for depiction of minimum obstacle clearance altitude.

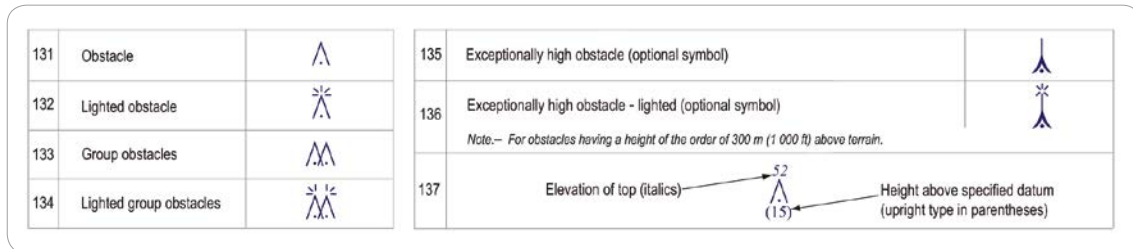
[그림 2-32] 항공관제 표시 부호

(7) 공역의 구분(Airspace Classification)



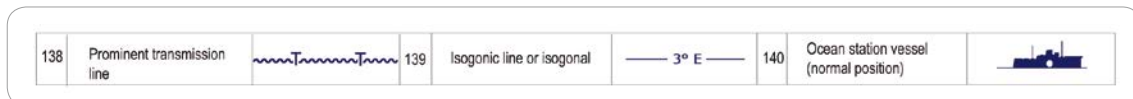
[그림 2-33] 공역의 구분 표시 부호

(8) 장애물의 표시(Obstacles)



[그림 2-34] 장애물의 표시 부호

(9) 기타 표시 부호(Miscellaneous)



[그림 2-35] 기타 표시 부호

(10) 시각 참조물(Visual Aids)

141	Marine light <i>Note 2.— Characteristics are to be indicated as follows:</i>	Alt B F	Alternating Blue Fixed	F ●	<i>Note 1.— Marine alternating lights are red and white unless otherwise indicated. Marine lights are white unless colours are stated.</i>				
				Fl G Gp	Flashing Green Group	Occ R SEC	Occulting Red Sector	sec (U) W	Second Unwatched White
142	Aeronautical ground light	★	★	Electronic	143	Lightship			⚓

[그림 2-36] 시각 참조물 표시 부호

(11) 비행장/ 헬기 착륙장 지도 표시 부호(Symbols for Aerodrome/Heliport Charts)

144	Hard surface runway		152	Pierced steel plank or steel mesh runway	
145	Unpaved runway		153	Point light	●
146	Stopway SWY				○
147	Taxiways and parking areas		154	Obstacle light	✱
148	Helicopter alighting area on an aerodrome		155	Landing direction indicator (lighted)	
149	Aerodrome reference point ARP		156	Landing direction indicator (unlighted)	T
150	VOR check-point		157	Stop bar	...
151	Runway visual range (RVR) observation site		158	Runway-holding position	Pattern A: Pattern B:

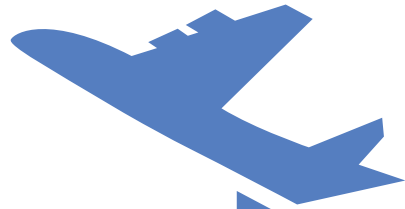
*Note — For application, see Annex 14, Volume I, paragraph 5.2.10.*

[그림 2-37] 비행장/ 헬기 착륙장 지도 표시 부호

(12) 비행장 장애물 표시부호(Symbols for Aerodrome Obstacle Charts – TypeE A, B AND C)

		Plan	Profile		Plan	Profile
159	Tree or shrub	✱	Identification number 	164	Terrain penetrating obstacle plane	
160	Pole, tower, spire, antenna, etc.	○		165	Escarpment	
161	Building or large structure	■		166	Stopway SWY	
162	Railroad	—+—+—+—		167	Clearway CWY	
163	Transmission line or overhead cable	—T—T—				

[그림 2-38] 비행장 장애물 표시 부호



# 3장 ▶▶

## 공중항법

- 3.1 공중항법의 개념
- 3.2 공중항법의 종류
- 3.3 항법용 계측기의 원리와 사용



# 3장 공중항법

## 3.1 공중항법의 개념

### 3.1.1 공중항법의 정의

공중항법은 항공기를 이용하여 한 장소에서 다른 장소로 이동하기 위해 방향, 속도, 고도 등을 계획하고 자신의 위치를 파악하여 계획된 경로를 유지하고 예정된 시간에 목적지에 도착할 수 있도록 비행의 과정을 계획하고 수정하는 과정이다.

원하는 지점으로 이동하기 위해서는 우선 자신의 위치를 알아야 하는데, 그 방법으로 우선 강, 호수, 큰 도시, 산과 같은 인간의 시력 범위 내에 있는 저명한 지형지물을 이용하여 확인할 수 있다. 인간의 이동 범위가 점차 넓어지고 특히 선박을 이용하여 항해를 하는 경우 육지에 있는 지형지물을 이용할 수 없게 됨에 따라 해와 별들을 이용하여 위치를 파악하는 방법을 알게 되고 발전시키게 되었는데, ‘항법’을 뜻하는 Navigation의 어원은 라틴어의 Navigere로서 ‘navis’(배)와 ‘agere’(움직이다, 인도하다)에서 유래되었다 할 수 있다.

1903년 12월 라이트(Wright) 형제의 동력 비행 성공으로 본격적인 항공의 역사가 시작되었으며, 항공기를 이용한 항법은 선박을 이용한 항법보다 짧은 역사이므로 선박을 이용한 항해 기술을 이용하여 발전시키고 있다.

과거에는 나침반과 시계를 갖추고 천체와 지형을

관측하여 이동 방향을 판단하고 결정하는 것이 가장 기본적인 항법이었는데, 과학기술이 발전함에 따라 항행에 도움을 주는 다양한 시설과 장비를 이용할 수 있게 되고, 최근에는 위성항행 시스템을 이용하여 간편하면서도 정확한 위치 정보를 얻을 수 있게 되어 더욱 정확하고 효율적인 항법이 가능하게 되었다.

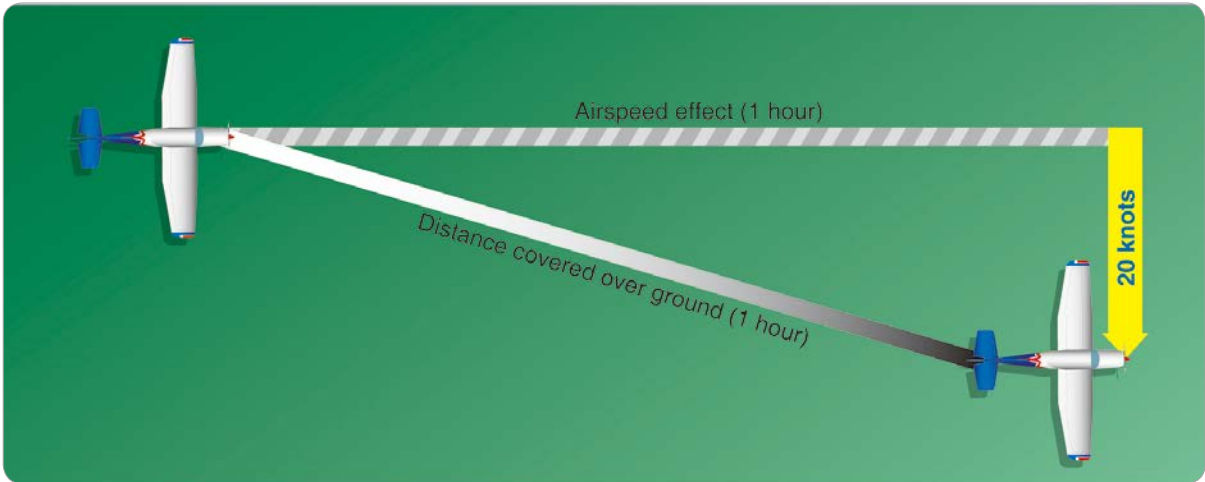
### 3.1.2 공중항법의 요소

항법은 자신의 위치를 알고 원하는 목적지까지 방향과 도착 예정 시간을 산출하는 과정이므로, 이를 위해서는 비행 중인 항공기의 현재 위치, 목적지까지의 방향과 거리, 도착 예정 시간의 산출이 항법의 주요 요소라 할 수 있다. 즉, 위치(position), 방향(direction), 거리(distance), 속도(speed), 및 시간(time)을 항법의 5가지 요소라 할 수 있다.

#### 3.1.2.1 항공기의 위치(Position)

비행 중인 항공기는 바람의 영향을 받으며 이동하게 된다. 바람의 방향과 속도는 비행고도와 위치에 따라 다르며, 바람의 영향을 고려하지 않고 비행하게 되면 항공기는 계획된 경로와 다른 위치에 있게 되고 조종을 잘못할 경우에도 시간이 지남에 따라 계획된 경로에서 벗어나게 된다. 따라서 조종사는 계획된 경로를 유지하기 위해 주기적으로 자신의 위치를 파악하여야 한다.





[그림 3-1] 바람의 영향에 의한 편류

위치를 파악하는 방법은 저명한 지형지물을 기준점으로 이용하거나, 지상에 설치된 무선향행 시설의 전파를 수신하여 무선향행 시설부터 상대적인 위치를 파악하거나, 위성을 이용하여 위치를 파악할 수 있다. 비행 중 바람의 영향을 수정하지 않을 경우 상기 그림과 같이 항공기는 계획된 항로를 벗어나게 된다.

(1) 위도(Latitude)와 경도(Longitude)

비행 중인 항공기의 위치는 지구의 표면을 일정한 축적으로 그려 낸 지도상에 임의의 지점 즉, 지도상에 그려 놓은 서로 교차되는 두 직선(위도와 경도)으로부터 거리에 의해 표시될 수 있는데 이를 '좌표 (coordinate)'라 한다.

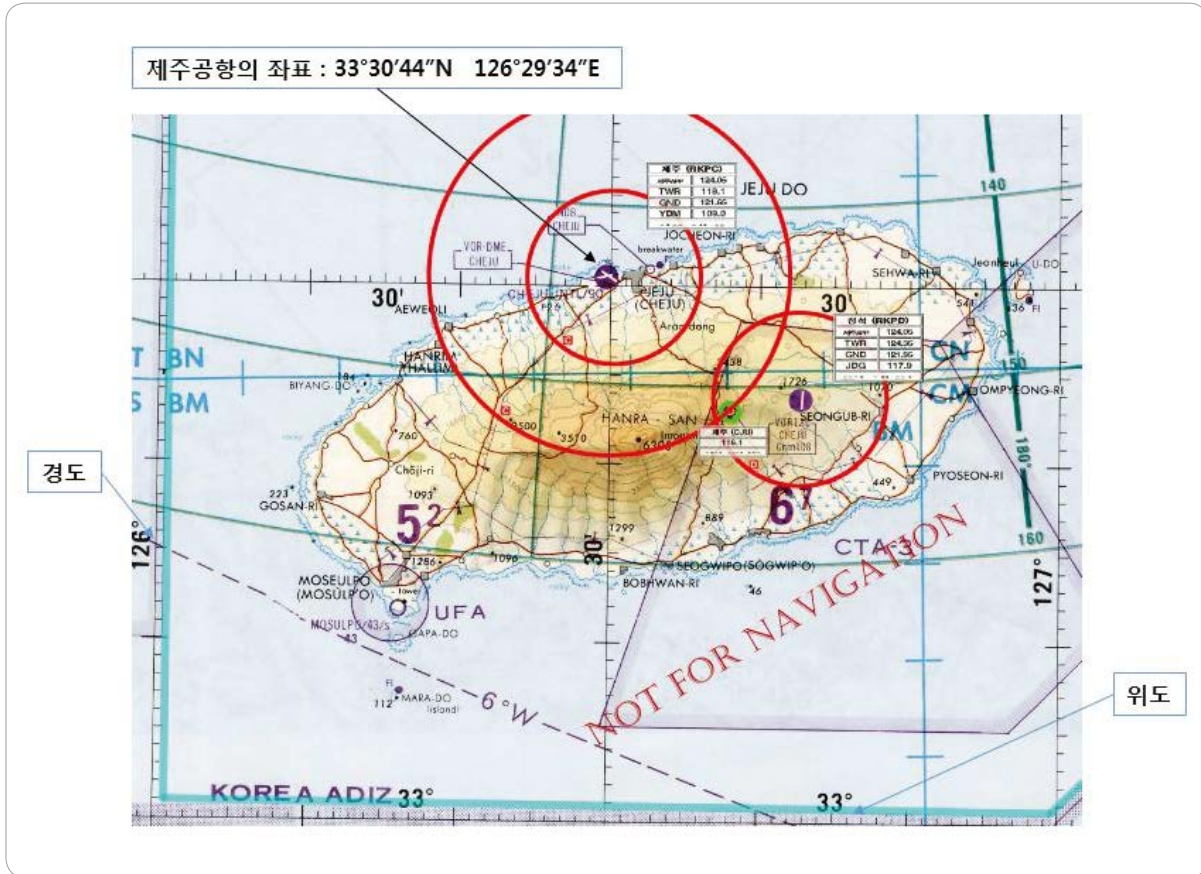
지구는 자전축을 중심으로 하루에 한 번 서쪽에서 동쪽으로 자전하고, 1년에 한 번 태양의 주위를 공전한다. 자전축은 지구의 북쪽(북극)과 남쪽(남극)을 통과하는데 북극과 남극을 연결하는 선을 '자오선(Meridian)'이라 하며, 경도는 영국 그리니치(Greenwich) 천문대를

통과하는 자오선을 기준으로 동쪽과 서쪽 방향으로 각각 180도씩 측정하여 구분한다.

지구의 북극과 남극에서 같은 거리에 있는 지점을 연결한 커다란 원을 '적도'라 하는데, 이를 기준으로 북쪽과 남쪽으로 90°씩 구분한 것을 '위도'라 한다.



[그림 3-2] 위도(Latitude)와 경도(Longitude)



[그림 3-3] 항공지도의 위도와 경도

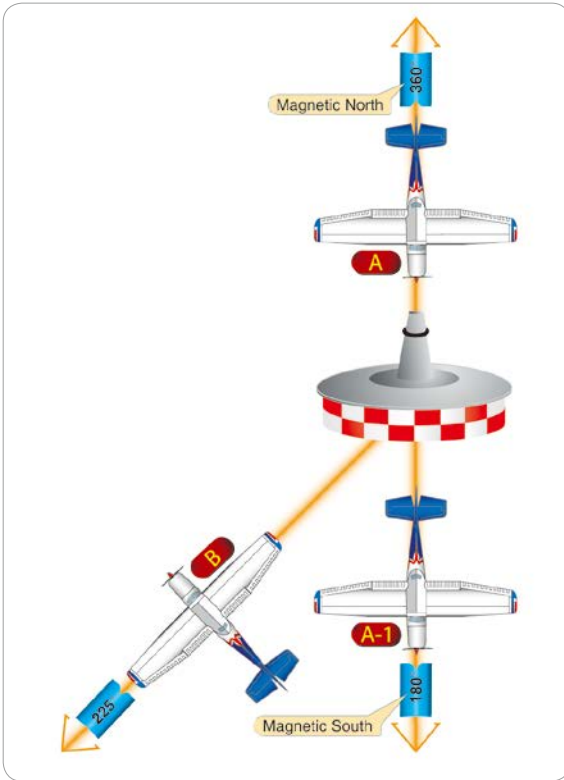
(2) 방위(Radial and Bearing)

비행 중인 항공기의 위치는 지상에 설치된 무선항행 시설(예: VOR/DME, NDB)로부터 송신되는 전파를 수신하여 지상국(Station)으로부터 상대적인 위치와 거리를 알 수 있다. 지상에 설치된 무선항행 시설로부터 항공기까지의 상대적 위치를 ‘라디얼(Radial)’이라 하며, 항공기로부터 지상국까지의 위치를 ‘베어링(Bearing)’이라고 한다. 일반적으로 라디얼은 VOR시설을 이용하여 측정된 항공기 위치를 말하며 NDB 시설을 이용하여 측정되는 위치를 베어링이라 한다.

아래 [그림 3-4]에서 항공기(A)의 위치는 VOR 기지국으로부터 북쪽 360° 레디얼에, 항공기(A-1)는 남쪽 180° 레디얼에 위치하여 있으며 항공기(B)는 남서쪽 225° 레디얼에 있다.

[그림 3-5]는 베어링을 설명한 것으로 (A)항공기로부터 070° Bearing에 NDB가 있으며, (B)항공기로부터는 100° 베어링에 NDB가 있음을 보여 주고 있다.

조종사는 VOR 혹은 NDB 기지국(Station)으로부터 항공기의 위치를 RMI 계기 [그림 3-5] 등을 이용하여 파악할 수 있다.



[그림 3-4] 무선항행 시설(VOR)로부터 항공기의 위치(Radial)



[그림 3-6] RMI(Radio Magnetic Indicator)

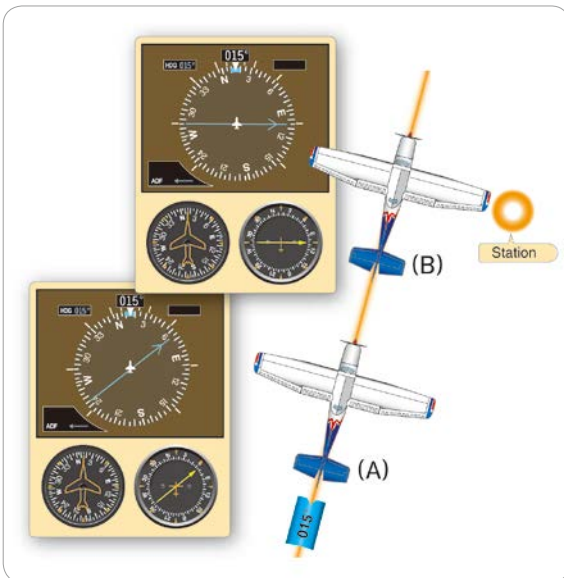
### 3.1.2.2 항공기의 비행 방향(Direction)

방향은 거리에 관계없이 항공기가 어느 지점에서부터 다른 지점으로 향하거나 움직이는 쪽을 말한다. 방향을 표시하려면 기준이 있어야 하는데 이를 북(North), 남(South), 동(East), 서(West)로 구분한다.

#### (1) Course, Heading, Track의 구분

1) 항로(Course) : 이동하려고 계획한 두 지점을 지도상에서 연결한 선을 말한다. 항로는 항로의 방향을 진북(True North)을 기준으로 하여 측정한 '진항로(TC; True Course)'와 진항로(TC)에서 편차(Variation)를 수정한 것 즉, 자북(Magnetic North)을 기준으로 측정한 '자항로' 또는 '나침반 항로(MC; Magnetic Course)'로 구분한다.

2) 항공기 기수 방향(Heading) : 항공기의 기수(항공기의 세로축)가 향하는 방향을 말하며, 그 종류는 편차를 수정하지 않은 진기수 방향(TH; True Heading), 진기수 방향에서 편차를 수정한 자기 기수 방향(MH; Magnetic



[그림 3-5] 항공기로부터 무선항행 시설(NDB)의 위치(Bearing)

Heading), 나침반 기수 방향에서 나침반의 오차를 수정한 나침의 기수 방향(CH; Compass Heading)으로 구분한다.

- 3) 항적(Track) : 항공기가 이동한 실제 경로를 말한다. 바람에 의한 편류(Drift)를 수정하지 않을 경우 계획된 항로를 벗어나게 되는데, 계획된 항로와 항적이 같도록 하기 위해서는 바람 수정각을 구하여 항공기 기수 방향(Heading)을 수정하여 주어야 한다.

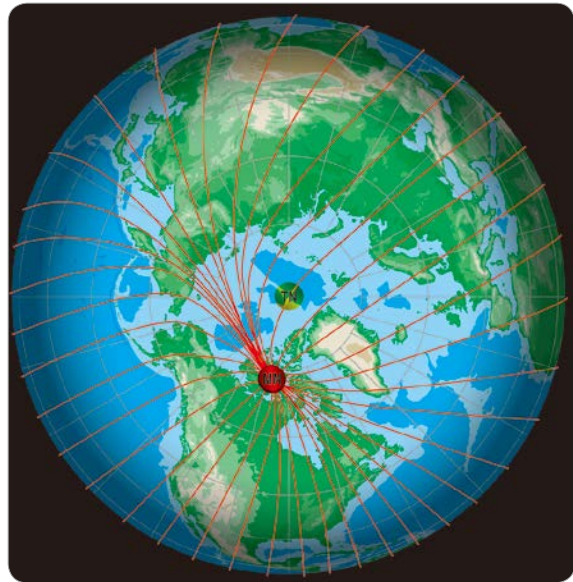
(2) 진북(True North)과 자북(Magnetic North)

진북(True North)은 지구 자전축의 중심이 되는 지리적 북쪽(Geographic North)을 말하며, 자오선이 통과하는 북쪽 끝이 된다. 지도의 북쪽은 진북을 기준으로 만들어졌으며, 진북을 기준으로 시계방향으로 360° 까지 측정하여 방향을 세 자리 숫자로 나타내고 이를 진방위(True bearing)라 한다. 진방위는 그 위치를 통과하는 자오선(경도)과 이동하려는 지점을 연결하는 선이 이루는 각도가 된다.

비행 중 항공기의 방향은 항공기에 탑재된 나침반(Magnetic Compass)을 이용하여 알 수 있다. 나침반은 자성을 띤 쇠막대를 이용하여 방향을 탐지하는 것으로 지구의 자북(Magnetic North)을 가리킨다. 자북(Magnetic North)은 자기장의 형성으로 만들어진 북쪽을 말하며, 자석의 N극이 가리키는 방향을 말한다. 자북의 위치는 조금씩 변하며 진북과 일치하지 않는다.

(3) 편차(Variation)

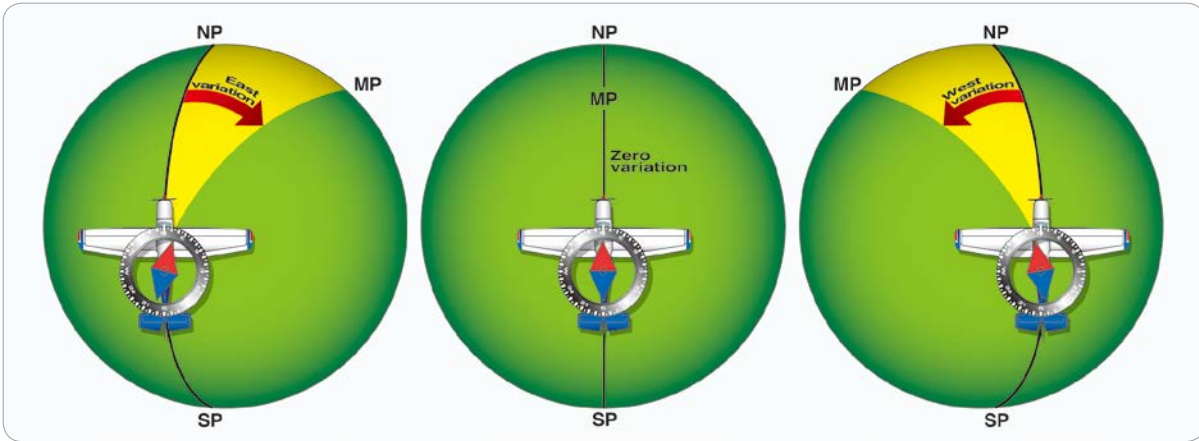
편차는 진북(TN; True North)과 자북(MN; Magnetic North)의 차이를 말한다. 항공기의 비행 방향은 나



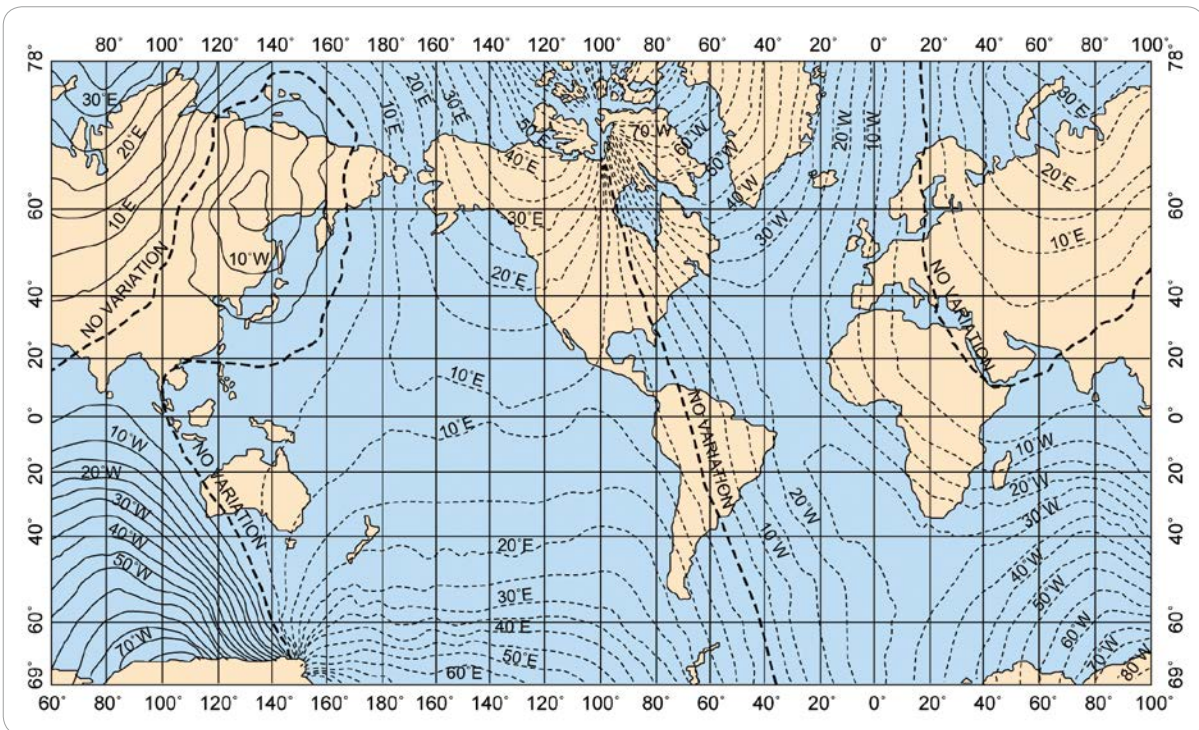
[그림 3-7] 진북(TN)과 자북(MN)

침반(Magnetic compass)으로 표시되고, 나침반은 자북에서 자남으로 흐르는 자력선(Magnetic line of force)에 정렬되어 자북(MN)을 기준으로 동, 서, 남, 북의 360° 방향으로 나타낸다. 자력선은 자오선과 비교하여 자기자오선이라 하는데, 자력선은 대단히 복잡하고 지구 자오선과 비교하여 지역에 따라 차이가 나므로 편차는 지역에 따라 다르다.

목적지까지 방향을 계획하고 비행 중에 항공기의 위치와 방향을 파악하기 위해 참고하는 지도는 진북을 기준으로 그려져 있다. 앞서 설명한 것처럼 자북과 진북은 일치하지 않고 지방에 따라 그 편차가 다르므로 나침반을 이용하여 비행하고자 하는 방향을 알기 위해서는 지도에서 진북을 기준으로 측정된 방향에다 그 지방의 편차를 수정하여 자북을 기준으로 한 방향을 구해야 한다. 지도에는 동일한 크기의 편차를 연결하여 점선으로 편차의 크기가 함께 표시되어 있다. 아래 [그림 3-10]을 살펴보면, 제주공항



[그림 3-8] 편차(Variation)



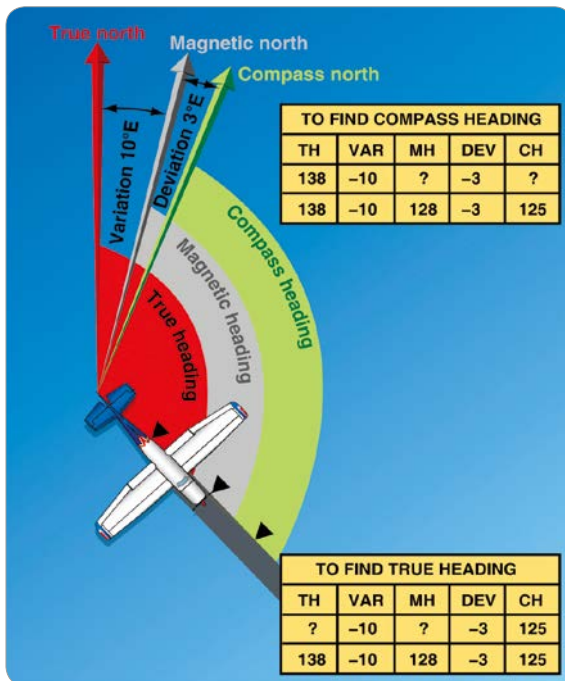
[그림 3-9] 지역에 따른 편차의 차이

지역의 편차는 6°W가 되는데 이는 제주 지역에서는 자북이 진북에서 서쪽 방향으로 6° 기울어져 있음을 의미한다.

편차를 수정하는 방법은 비행하는 지역의 편차 (Variation)가 WEST이면 진항로(IC)에서 편차만큼 을 더해 주고, 편차가 EAST이면 편차만큼 빼 준다.



[그림 3-10] 편차(Variation)의 표시



[그림 3-11] 편차의 수정

### 3.1.2.3 방향 지시계기(Heading Indicator)

공중항법에서 비행 방향을 결정하고 참고하는 방향 지시계기는 아주 필수적인 계기이다. 지도상에 경로를 설정하고 목적지까지 거리와 방향을 구하였

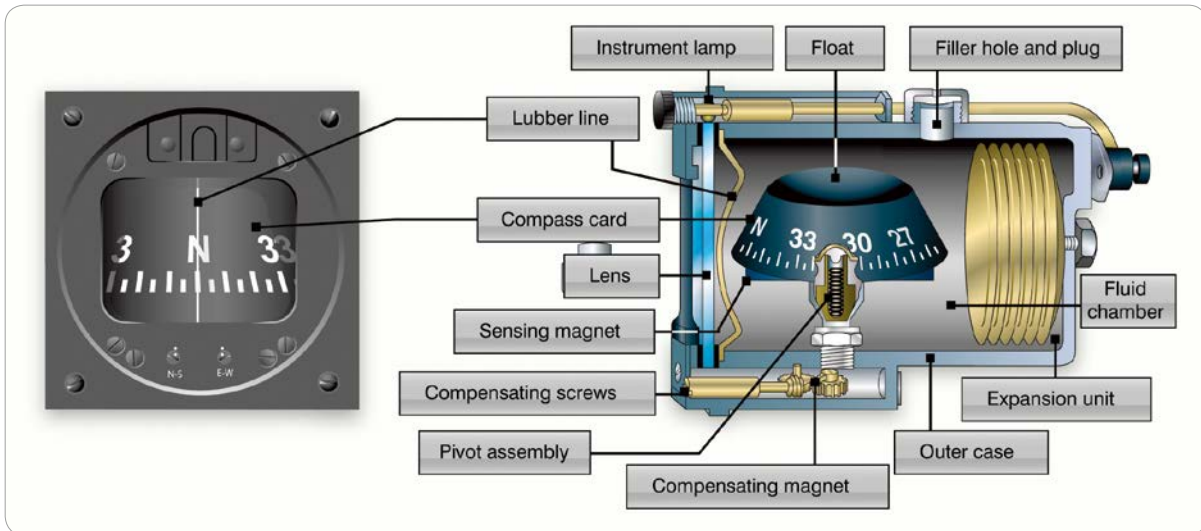
으면 조종사는 이를 바탕으로 비행하게 된다. 그러나 바람의 방향과 속도는 수시로 변하게 되어 지상에서 계획한 방향과 다르게 되므로, 조종사는 계획된 경로를 유지하기 위해 수시로 방향을 수정하여야 한다. 이를 위해 참조하는 비행계기는 방향 지시계기이다.

#### (1) 나침반(Magnetic Compass)

##### 1) 나침반의 구조

지구는 그 자체가 하나의 커다란 자석이므로 지구상의 모든 자성체에 영향을 끼친다. 나침반은 자석이 항상 지자기의 북극과 남극을 가리키는 특성을 이용하여 방향을 탐지하는 아주 기초적인 방향 지시계기이다. 나침반은 투명한 케로신(Kerosene) 용액이 들어 있는 밀봉된 용기 안에 작은 자석 막대가 자석 막대의 중심을 축으로 하여 움직일 수 있도록 플로트(Float)에 놓여 있고, 눈금 표시가 되어 있는 Compass Card가 플로트 주변에 장착되어 하얀 선(Lubber line)이 그려진 유리창을 통해 방향을 지시하는 눈금을 읽을 수 있게 되어 있다. 플로트와 카드(Card) 부품의 중심축은 스프링이 장착된 강화유리로 된 컵에 올려져 있으며, 플로트의 부력은 축에 걸리는 대부분의 무게를 지탱하고, 액체는 플로트와 카드의 진동을 완화시키는 역할을 한다. 나침반은 대략 18° 경사각까지는 비교적 정확하게 지시하나 그 이상에서는 불규칙적이고 예측할 수 없게 지시한다.

나침반의 Compass card는 기수 방향을 기준으로 방향을 지시하는 방향 지시계기와는 달리, 반대로 지시한다. 아래 그림에서와 같이, 북쪽에서



[그림 3-12] 자기나침반(Magnetic compass)

북서쪽(330°)으로 비행하고자 할 때 330°는 항공기 기수를 기준으로 하여 왼쪽에 있지만, 나침반에서는 330°를 나타내는 '33'이 'N'의 오른쪽에 있어 오른쪽으로 선회하게 하는 혼동이 생길 수 있다. '33'이 'N'의 오른쪽에 있는 이유는, 선회시 card는 가만히 있고 Compass 틀이 card 주변을 돌기 때문에 card 뒷면에서 보게 되는 것으로 생각해야 한다.

## 2) 나침반의 오차

나침반은 방향을 지시하는 가장 간단한 계기이지만 고려해야 할 몇 가지 오차가 있다.

### ① 편차(Variation)

지도는 지리학적 북쪽(진북 ; True north)을 지나는 경도와 적도를 기준으로 하는 위도로 그려져 있다. 지리학적 북쪽에서부터 측정된 방위를 진방위(True direction)라 하며, 자북(Magnetic North)을 기준으로 측정된 방위를 자방위

(Magnetic direction)라 한다. 자북과 진북은 일치하지 않고 차이가 있는데 진북과 자북의 차이를 편차(Variation)라 하며, 편차는 지역에 따라 다르다.

항공기의 방향 지시계기는 자북을 기준으로 하여 방향을 지시하므로 비행을 위해서는 지도에서 진북을 기준으로 산출한 경로의 방향을 그 지역의 편차를 수정한 자기 기수 방향(Magnetic Heading)을 알아야 한다. 편차가 West이면 진방위에서 편차를 더하고, 편차가 East이면 편차만큼 진방위에서 빼 주어 Magnetic Heading을 구할 수 있다.

### ② 자차(Deviation)

나침반 내부의 자석은 지구자기장에 정렬하여 있지만 항공기 내부의 전기 배선이나 자성화된 물체는 국소 자기장(Local magnetic field)을 발생시켜 지구의 자기장과 충돌하여 나침반에 오

FOR	000	030	060	090	120	150
STEER						
RDO. ON	001	032	062	095	123	155
RDO. OFF	002	031	064	094	125	157

FOR	180	210	240	270	300	330
STEER						
RDO. ON	176	210	243	271	296	325
RDO. OFF	174	210	240	273	298	327

[그림 3-13] Compass Correction Card

차를 발생시키게 되는데, 이로 인한 오차를 ‘자차 (Deviation)’라 한다. 자차는 지형적 위치에 영향을 받지 않고 항공기 기수 방향에 따라 다르게 영향을 받는다. 편차는 줄이거나 바꿀 수 없지만, 자차는 주기적으로 나침반 정렬(Swinging the compass)을 하여 최소화할 수 있다.

대부분의 공항에는 자기 간섭이 없는 지역에 나침반을 진북과 정렬시켜 오차를 측정할 수 있는 장소가 설치 되어 있다. 정비사는 정해진 장소에서 정확히 측정된 Magnetic heading 선에 항공기를 정렬시켜 항공기의 나침반이 지시하는 방향(heading)과의 차이를 파악하고 그 차이를 조절한다. 조절할 수 없는 오차는 Compass correction card에 기록하고, 나침반 아래에 붙여 놓아 비행 시 참고할 수 있도록 한다. 아래 그림을 예로 들면, 항공기의 Radio를 켜 놓은 상태에서 Magnetic heading 120°로 비행하고 싶다면, Compass heading 123°로 비행하여야 한다.

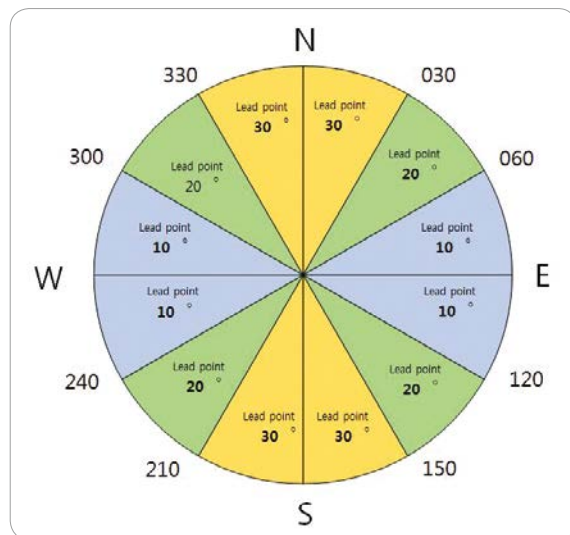
③ 북각 오차(Dip errors)

지구 자력선은 지구의 자북과 자남을 흐르게 되는데 양극 사이의 중간인 자기적도에서 자력선은 지구 표면과 평행하지만, 자북과 자남에 가까운 지역에서는 자력선이 지구 표면과 수직에

가깝게 흐르게 된다. 그러므로 지자기 극 지역에서 나침반 내부의 자석은 수평을 유지하지 못하고 기울어지게 되며, 이로 인하여 북선 오차와 가속도 오차를 유발하게 된다.

• 북선 오차(Northerly Turning Error)

위도가 높아질수록 지구 자기장이 나침반의 자석을 지표면에 대해 수직으로 잡아당기는 원인으로 인해 오차가 발생한다. 이 오차는 항공기가 북쪽 혹은 남쪽으로 향할 때 크게 나타난다. 항공기가 동쪽 혹은 서쪽으로 비행을 하다가 북쪽으로 선회를 하면 방향 지시는 지연되어 나타나게 되며, 남쪽으로 선회를 하는 경우에는 그 반대 현상으로 현재의 방향보다 앞서 지시하게 된다. 따라서 나침반을 이용하여 선회하는 경우 정해진 방향으로 정확히 정렬(Roll out)하기 위해서 북선 오차를 고려한 선도점(Lead point)를 설정하여야 한다. 북선



[그림 3-14] 북선 오차를 고려한 선회 선도점



오차를 고려한 선도점은 비행하고 있는 지역의 위도와 선회 경사각(Bank angle)에 따라 다르다.

상기 그림은 우리나라 지역에서 비행할 경우에 적용할 수 있는 선도점이다. 예를 들어 좌선회를 한 다음 360°에 정렬(roll out)하고자 한다면 선도점이 30°인 030°에서 미리 roll out을 시작하여야 하며, 우선회로 330°에 roll out하고자 한다면 선도점이 20도 전인 310°를 가리킬 때 roll out을 시작하여야 한다. 반대로 우선회하여 180°에 roll out하고자 한다면 선도점이 180°에서 30°를 지난 210°에서 roll out을 시작하여야 하고, 좌선회하여 150°에 roll out하고자 한다면 선도점이 150°에서 20°를 지난 130°부터 roll out을 시작하여야 한다.

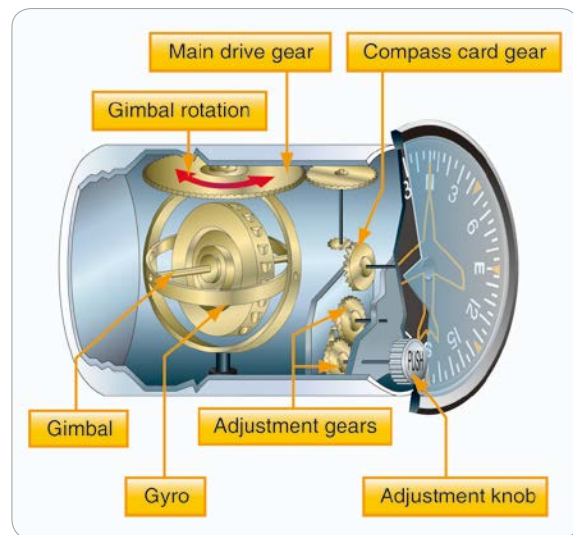
• 가속도 오차(Acceleration Error)

가속도 오차는 비행 방향이 동쪽이나 서쪽으로 비행할 때 발생된다. 나침반 내의 compass card는 고정되어 있지 않고 플로트에 올려져 있기 때문에, 예를 들어 동쪽으로 비행하는 도중 가속을 하면 compass card는 항공기 진행 방향의 뒤쪽으로 회전하려 하고 플로트(Float)는 북쪽으로 회전한다. 가속되던 속도가 다시 일정해지면 플로트는 다시 원래 상태로 회전하여 동쪽을 지시한다. 반대로 동쪽을 향해 비행하다가 감속을 하게 되면 무게추의 관성에 의해 이번에는 플로트(Float)가 항공기 진행 방향으로 앞쪽으로 회전하려 하고 카드는 남쪽으로 회전한다. 서쪽으로 비행하며 가·감속을 할 경우에도 역시 동일한 현상이 발생한다.

(2) 방향 지시계기(Heading indicator)

1) 방향 지시계기의 특성

방향(Directional) 자이로를 이용하여 비행 방향을 나타내는 방향 지시계기는 항상 일정한 자세를 유지하려는 자이로의 강직성(rigidity)을 이용한 계기이다. Directional 자이로는 처음에는 자북을 가리키지만 지구가 자전함에도 계속 자북을 가리키는 것이 아니라 일정한 자세를 유지하는 자이로의 강직성 때문에 지구의 자전과 관계없이 처음의 방향을 계속 가리키게 된다. 이로 인하여 시간이 지남에 따라 자북 방향과 일치되지 않는 오차가 발생된다. 따라서 조종사는 나침반과 방향 지시계기의 Heading을 주기적으로 비교하여 Directional 자이로가 자북과 일치하도록 수정하여야 한다. 지구는 1시간당 15°씩 자전하므로 15분마다 점검하여 3° 이상 차이가 나는 경우에는 계기비행용으로 사용할 수 없다.



[그림 3-15] 방향 지시계기(Heading Indicator)

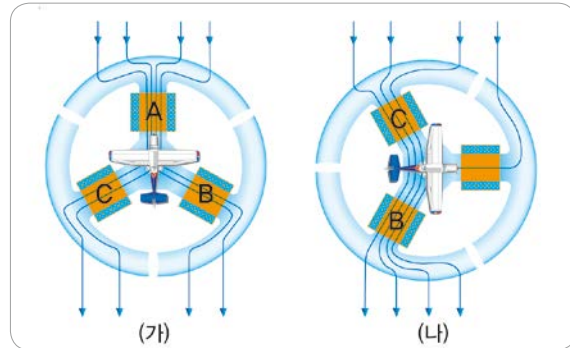
2) Flux gate

Flux gate는 비행 중 주기적으로 나침반과 비교하여 재래식 방향 지시계의 Heading을 수정하는 불편을 없애기 위해 방향 자이로(Directional gyro)가 항상 자북에 일치하도록 만들어 주는 장치이다. Flux gate는 코일(coil)을 감은 쇠막대에 자기장(magnetic field)이 흐르면 전류가 유도되는 성질을 이용한 것인데, 그림에서와 같이 Magnetic flux(어떤 면적을 통과하는 자기력선의 총합, 자기력의 밀도)를 감지하는 3개의 연철(soft iron)에 코일이 감겨져 있다. 코일이 감겨져 있는 연철에 Magnetic flux가 통과하게 되면 전류가 발생하는데, 발생하는 전류의 크기를 비교하여 항공기의 방향을 나타내게 된다.

아래 [그림 3-16]에서 A연철은 항공기의 기수 방향과 정렬되어 있으며 항공기의 방향이 바뀔 때 따라 A부분에서 감지되는 magnetic flux는 차이가 나게 되고 그에 따라 발생하는 전류의 크기도 달라진다.

그림 (가)는 항공기가 자북 방향으로 비행하는 경우를 나타낸 것으로 A부분에서 감지되는 자력선이 가장 크며, B와 C부분에서 감지되는 자력선은 A에 비하여 작다.

그림 (나)는 항공기가 동쪽 방향(East)으로 비행하는 경우를 나타낸 것으로 A부분에서 감지되는 자력선은 가장 작고, B부분에서 감지되는 자력선은 가장 크게 되며, C부분에 감지되는 자력선은 A보다는 크지만 B부분보다는 작게 되어, 이로 인하여 발생하는 전류는 그림 (가)와 다르게 되어 Heading 090°를 가리키게 된다.



[그림 3-16] Flux gate

3) Remote Indicating Compass

원격 지시 나침반(Remote Indicating Compass)은 방향 자이로(Directional gyro)로 작동되는 방향 지시계의 오차를 줄이기 위해 고안된 장치이다. 작동 원리는 방향 지시계에서 측정된 방위와 Flux gate에서 측정된 방위가 다르다면 그 차이(error signal)를 Directional gyro를 구동하는 모터에 보내어 자이로를 수정하여



[그림 3-17] Directional gyro Slaving system

Flux gate에서 측정된 방향과 일치하도록 한다. 조종사는 주기적으로 방향 지시계기와 나침반을 비교하여 다를 경우, 방향 지시계기의 자이로를 Free mode로 선택한 후 Slaving control을 참고하여 시계 방향 혹은 반시계 방향으로 선택하여 나침반의 방향과 일치하도록 수정하여야 한다. 수정이 완료되면 Free mode에서 Slave mode로 다시 맞추어야 한다.

### 3.1.2.4 거리(Distance)

#### (1) 국제 해상 마일(International Nautical Mile)

거리는 지도상에서 두 지점 간을 연결한 선의 길이이다. 일반적으로 항법에 이용되는 거리 단위는 해상 마일(NM ; Nautical Mile)이다. 해상 마일은 일반적으로 그 지역의 위도 1분 길이를 말하는데 지구는 완전한 원형이 아니므로 지역에 따라 약간의 오차가 있다. 나라나 지방에 따라 1NM의 길이가 일정하지 않다면 여러 가지 불편한 사항이 있으므로, 국제적으로 1NM의 길이를 1852Meter, 6076.1feet로 통일하여 사용하고 있으며 이를 ‘국제 해상 마일’이라 한다.

#### (2) 미국 법정 육상 마일(US Statute Mille)

미국에서는 육상에서 거리의 단위를 법령에 의하여 1SM=1,760Yards =5,280Feet로 정해 놓고 있다. 이 단위는 주로 육상을 비행하는 소형 항공기의 속도계에 사용되고 있었지만 지금은 거의 사용하고 있지 않으며 기상 시정(Visibility) 측정 단위로 사용된다.

### 3.1.2.5 시간(Time)

항공기의 위치 변화는 시간과 밀접한 관계가 있다. 시간은 지구가 하루 동안 자전하는 시간을 24시간으

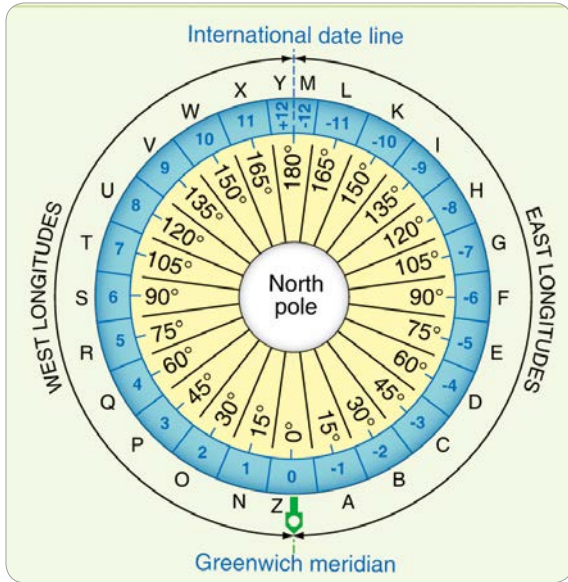
로 정하고, 그것의 1/24를 1시간으로 정하며, 태양이 어느 지방의 자오선에 일치할 때를 그 지방의 정오(12:00시)라 하고, 반대편의 자오선에 일치할 때를 자정(24:00시)이라 정한다. 그러므로 세계 각 지방에서 기준 시간(정오, 자정)은 다르게 되는데, 도시마다의 시간을 각자의 기준으로 사용하게 되면 도시 간을 빠르게 이동하는 항공기에게는 많은 혼란을 초래할 수 있다. 이러한 혼란을 방지하고 불편 없이 사용할 수 있는 표준 시간대(Standard Time Zone)와 국제 표준시(UTC : Universal Time Coordinated)를 정하였다.

#### (1) 국제 표준시(UTC : Universal Time Coordinated)

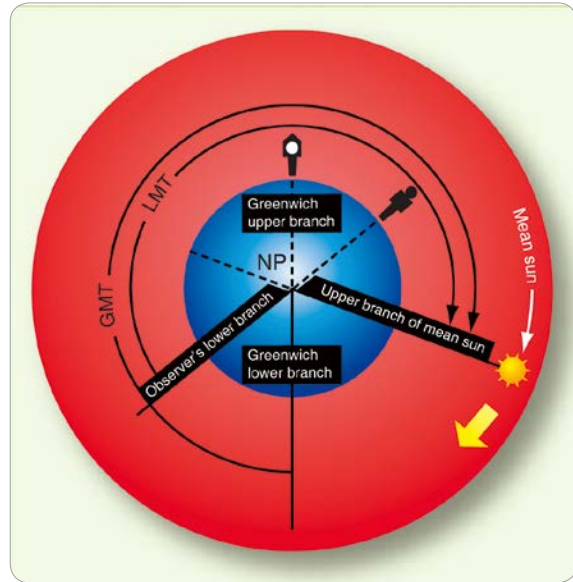
하루 24시간은 지구가 한 바퀴 자전하는 동안 흐르게 된다. 360도/24시간을 일정한 비율로 나눌 수 있다.

- 24시간 : 360도
- 1시간 : 15도
- 4분 : 1도
- 1분 : 15'(분)

1시간은 지구가 15° 자전하는 데 소요되는 시간이다. 따라서 경도 15°마다 1시간씩 부여하여 각각의 15°에 포함되는 지역에서는 같은 시간을 사용하도록 하는 것이 표준 시간대이다. 전 세계적으로 통일된 기준 시간을 맞추기 위해서는 기준이 되는 자오선을 정해야 하는데, 이를 영국의 그리니치(Greenwich) 천문대를 통과하는 자오선으로 설정하고 이 선의 동쪽과 서쪽으로 각각 12시간씩 나누는 시스템으로 결정하였으며, 이를 모든 국가가 사용하는 국제 표준시(UTC : Universal Time Coordinated)로 정하였다. 국제 표준시를 ZULU Time라 하기도 한다. 표



[그림 3-18] 국제 표준 시간대



[그림 3-19] 지방시(Local Time)와 국제 표준시(ZULU Time)의 차이

준시에 비교하여 각 지역의 시간대에서 사용하는 시간을 지방시(Local Time)라 한다.

(2) 지방시(Local Time)를 국제 표준시(ZULU Time)로 환산하는 방법

그리니치(Greenwich) 천문대를 통과하는 자오선을 기준으로 각 지역대의 기준이 되는 경도를 15로 나눈 값을 동경(East Longitude)에서는 (-)를 하고, 서경(West Longitude)에서는 (+)를 한다.

예를 들어, 우리나라의 기준 시간대는 동경 135° 이므로 135를 15로 나눈 값 9를 현재 시간에서 빼주면 국제 표준시가 된다. 즉 우리나라에서 오전 09:00시는 국제 표준시로 00:00시가 된다.

3.1.2.6 속도(Speed)

(1) 속도의 정의와 단위

속도는 항공기의 빠르기(속력)를 방향과 함께 나타

내는 양이며, 속도의 단위는 일반적으로 노트(Knots ; NM/hr)로 나타낸다. 즉 1시간에 150NM 비행하였다면 150노트로 나타내며, 200킬로미터로 비행하였다면 200Km/h(200KPH)로 나타낸다.

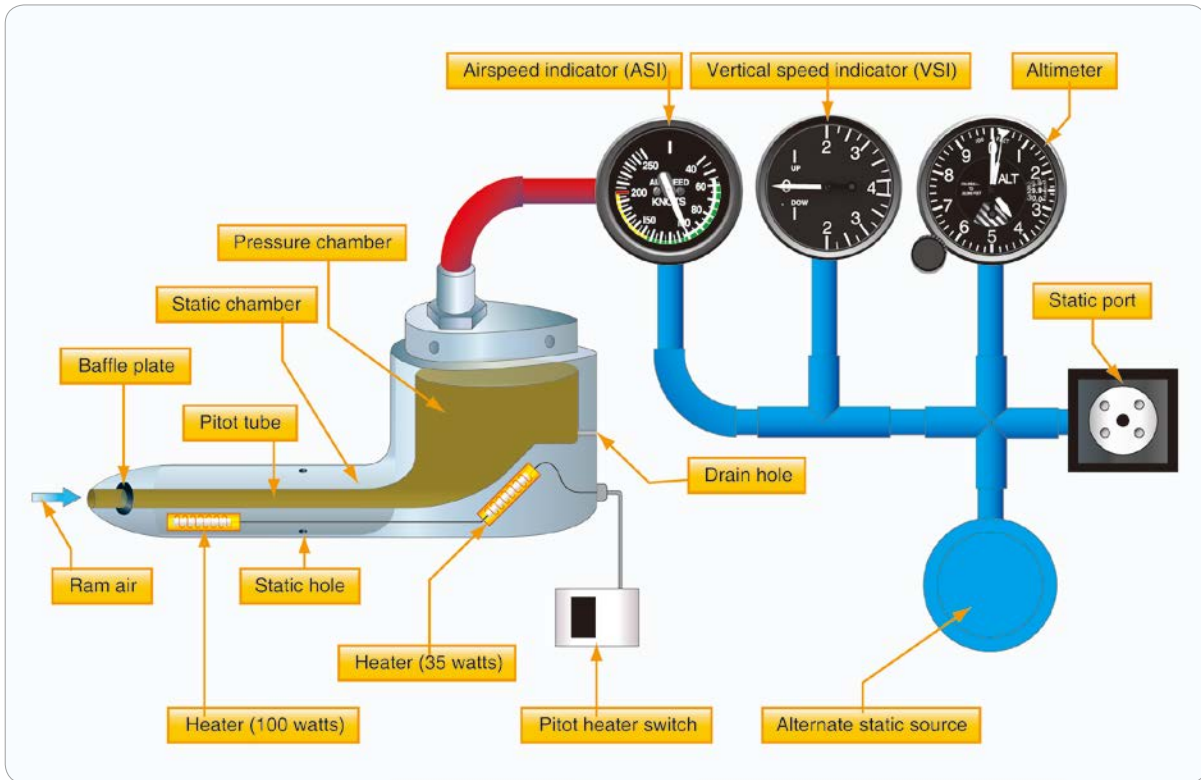
비행기가 공중을 비행하더라도 결과적으로 항공기는 지상의 지점 간을 이동하는 것이므로 항법에서 계산되는 시간은 실제 지상의 지점 간을 이동하는 시간으로 환산하여야 한다. 그러기 위해서는 공중에서 이동하는 항공기의 실제 속도(TAS; True Air Speed)에서 바람의 영향을 수정한 대지속도(GS; Ground Speed)로 환산하여야 한다.

• 속도 단위의 환산

1 Knot = 1,852 Km/hour

1 Km/hour = 0,539957 Knots

1 m/sec = 1,943844 Knots

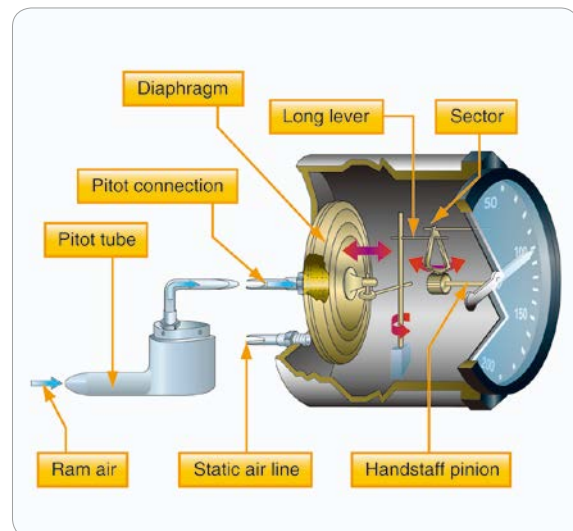


[그림 3-20] 동 · 정압 계통과 계기(Pitot static system and Instruments)

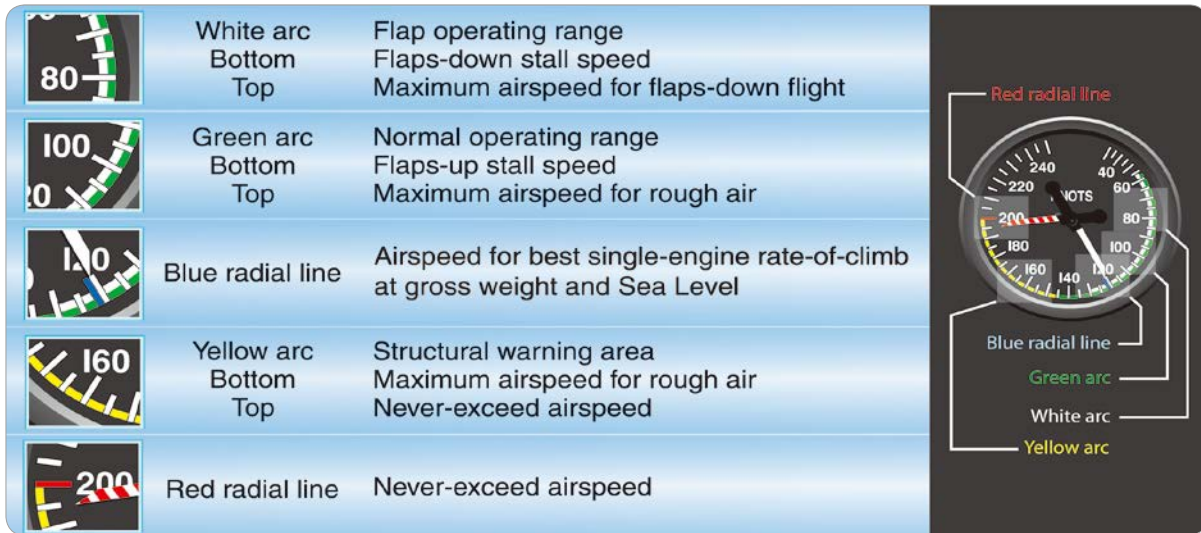
(2) 속도 측정의 원리

대기 중을 비행하는 항공기 속도를 측정하는 속도계는 항공기가 공중을 나는 전진 압력으로 발생하는 동압(Dynamic pressure)과 고도에 따라 달라지는 대기압 즉, 정압(Static pressure)의 압력차를 전달 기구(Pitot static system)를 통하여 풍압으로 환산하는 일종의 풍압계이다. 동압은 항공기에 장착된 피토투브(Pitot tube)에서 측정되고, 정압은 피토투브의 static hole 과 drain hole, 그리고 항공기 동체에 장착된 정압공(Static port)에서 측정된다.

측정된 압력 차이는 속도계 내부에 있는 공함(Diaphragm)에 전달되고 공함을 수축, 팽창시켜 공함과 연결되어 있는 바늘로 속도를 지시한다.



[그림 3-21] 속도계



[그림 3-22] 속도계 색깔 표시

(3) 속도계의 색깔 표시

속도계는 조종사가 비행하는 속도의 의미와 한계를 쉽게 인식할 수 있도록 색깔로 표시되어 있다.

위치를 수정한 속도이며, 수정 값은 항공기의 비행 교범(POH; Pilot's Operating Handbook)에 수록되어 있다.

(4) 속도의 종류

1) 지시 속도(IAS : Indicated Airspeed)

속도계에 표시되는 계기속도로서 일정한 고도를 유지 한다고 가정했을 때 지시속도는 엔진에서 발생하는 추력의 크기에 비례한다.

2) 수정 속도(CAS ; Calibrated Airspeed)

수정 속도는 계기속도에서 동·정압 계통의 장착 위치에 따라 발생하는 오차를 수정한 속도이다. 비행자세가 변화되면 공기의 압력을 측정하는 동·정압 계통, 특히 정압 계통에서 측정되는 압력이 정상 비행자세에서 얻어지는 것과 다르게 되어 실제 비행속도는 계기속도와 차이가 난다. 수정 속도는 계기속도에서 동·정압 계통의 장착

3) 등가 대기속도(EAS ; Equivalent Airspeed)

등가 대기속도는 진대기속도(TAS)를 구하기 위하여 수정 속도(CAS)에서 피토투브에 부딪히는 공기 압축 오차를 수정한 속도이다. 피토투브 입구에서 부딪히는 공기의 속도가 매우 빠르면 공기가 압축되고 그에 따라 밀도( $\rho$ )가 증가(속도를 지시하는 동압의 증가)하게 되어 속도는 실제보다 크게 지시하게 되므로, 실제 속도를 알기 위해서는 공기의 압축 오차를 수정하여야 한다. 일반적으로 고도 10,000feet, 속도 200노트 이하에서는 압축 오차가 크지 않기 때문에 압축 오차를 고려하지 않는다. [표 3-1]은 속도와 고도에 따라 등가 대기속도를 구하기 위한 수정 요소를 나타내었다.

[표 3-1] 등가 대기속도(EAS) 환산표

Pressure ALT (feet)	F. Correction Factors for TAS							
	CAS(Knots)							
	200	250	300	350	400	450	500	550
10,000	1.0	1.0	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97
20,000	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93
30,000	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.91	0.90	0.89
40,000	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.87	0.87	0.86
50,000	0.93	0.90	0.87	0.86	0.84	0.84	0.84	0.84

예) 고도 20,000feet에서 CAS 300노트 로 비행 시 등가 대기속도(EAS)는  $300 \times 0.97 = 291$ 노트 가 된다.

4) 진대기속도(TAS; True airspeed)

진대기속도(TAS)는 EAS에서 공기 밀도(외기 온도)를 수정한 속도이다. 고도를 상승할수록 공기 밀도는 희박해지므로, 동일한 계기속도(동일한 엔진 출력)로 비행하는 경우 밀도가 희박한 대기를 통과하는 항공기는 항력이 줄어들게 됨으로써 제 속도(TAS)는 계기속도보다 빠르게 된다. 진대기속도를 계기속도(IAS)와 비교하면 대략 1,000피트당 2%씩 증가한다. 예를 들어 5,000피트에서 IAS 100노트를 TAS로 환산하면 10% 증가한 110노트가 된다.

5) 마하 속도(MACH Number indicator)

항공기가 음속에 접근함에 따라, 공기의 속도가 가장 빠른 항공기 날개의 윗면을 지나는 공기 흐름은 음속 이상으로 속도가 증가하게 되고 그 결과 충격파가 발생하게 된다. 충격파가 발생되

면 항력이 급격히 증가되고, 항공기에는 진동이 발생되어 조종성이 감소되므로 조종사는 고속으로 비행할 때 항공기가 음속에 도달하는지 알아야 한다. 그러나 항공기에 장착되어 있는 속도계는 항공기의 지시 속도 혹은 진대기속도만을 표시하므로 음속을 나타내는 속도계가 따로 필요하다. 마하 속도는 항공기 진대기속도와 음속의 비를 나타내며, 이를 식으로 표현하면 진대기속도에 비례하고 소리의 속도에 반비례한다.

$$Mach = \frac{TAS}{a} \quad (TAS ; \text{진대기속도}, a ; \text{소리의 속도})$$

소리의 속도(a)는 온도에 정비례(온도 1°C 증가 시 0.6m/s 증가)하여 변화하는데, 고도가 증가하면 온도가 감소(소리 속도 a가 감소)하므로 일정한 마하수를 유지하기 위해서 진대기속도를 줄여야 한다. 예를 들어 동일한 속도 Mach .83로 비행한다고 가정했을 때 30,000 피트에서 진대기속도는



[그림 3-23] Mach Indicator

489.3 노트가 되며, 10,000피트에서는 30,000피트에 비해 온도가 높아 소리의 속도(a)가 증가하므로 Mach .83은 TAS 530노트가 된다.

소요되는 시간을 구하기 위해서는 지상에서 이동한 대지속도를 알아야 한다. 대지속도는 진대기속도에서 바람의 영향을 수정한 속도이다.

6) 대지속도(GS; Ground Speed)

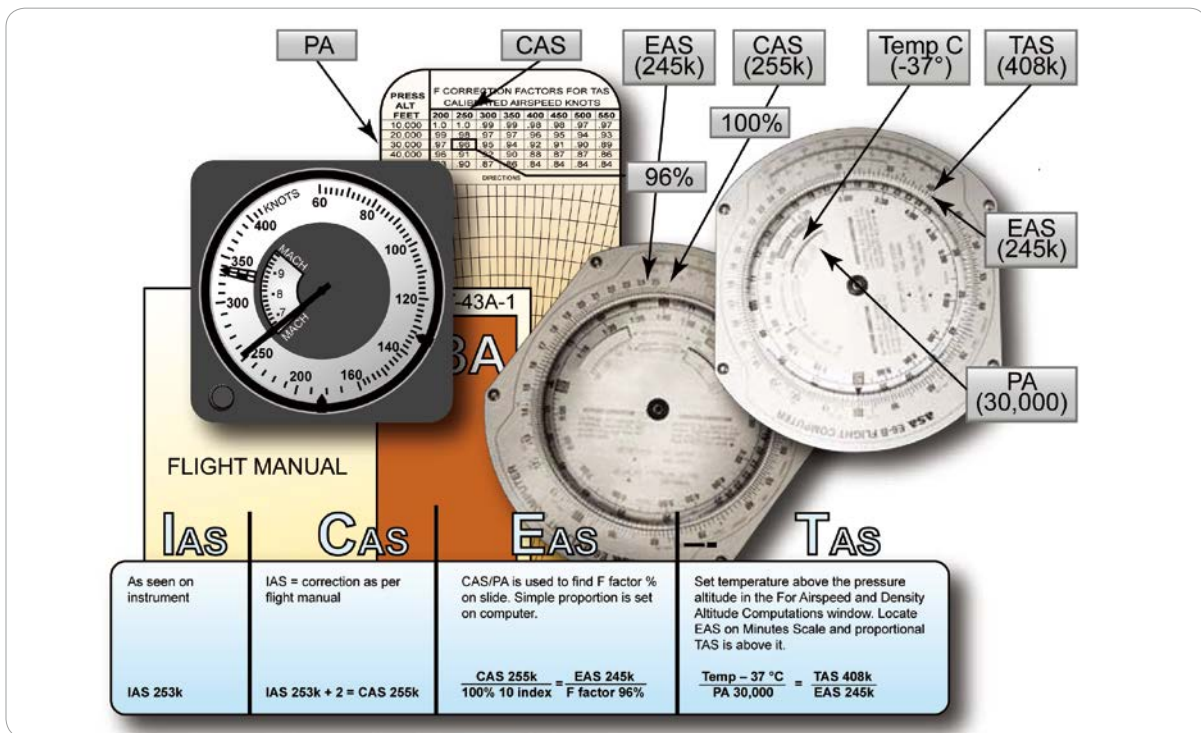
항법을 하는 데 중요한 것 중의 하나는 목적지까지 도착하는 시간을 알아야 한다는 것이다. 목적지까지 도착 예정 시간을 알아야 그에 소요되는 연료의 양을 계산할 수 있고, 계산 결과 탑재된 연료량이 부족하면 비행경로 중에 연료 보급이 가능한 공항을 선택하여 연료를 보급받을 수 있도록 비행 계획을 수립하여야 한다. 공중에서 비행을 하지만 항법은 지도상의 한 지점에서 목적지까지의 지상 경로를 이동하는 것이므로, 목적지까지

(5) 진대기속도(TAS)를 구하는 방법

진대기속도는 항공기가 대기 중을 통과하는 실제 속도이며, 공중항법은 목적지까지의 시간을 계산하여야 하므로 진대기속도를 반드시 알아야 한다. 위에서 설명한 것처럼 진대기속도는 등가 대기속도(EAS)에서 공기 밀도를 수정한 것이므로 ICE-T의 순서대로 구할 수 있다.

아래는 항법용 컴퓨터(DR Computer)를 이용하여 진대기속도를 구하는 과정이다.

다음의 조건에서 진대기속도는



[그림 3-24] 항법용 컴퓨터(DR Computer)를 이용하여 진대기속도 구하는 과정



Given: PA = 30,000'

Temperature = -37 °C

IAS = 253 knots

Flight Manual Correction Factor = 2 knots

IAS=253knots

CAS = 253+2=255knots

EAS = 255 × 0.96=245knots

TAS = DR Computer의 PA(기압 고도)창에 - 37 °

C를 맞추고 안쪽(inner circle) 눈금 245와 만나는 바깥 눈금 408노트가 진대기속도이다.

### 3.1.2.7 고도(Altitude)

#### (1) 비행고도의 선택

비행고도는 지구 평면의 어느 기준면으로부터 항공기까지의 수직 높이이다. 정해진 비행고도를 꼭 유지하여야 하는 것은 장애물로부터의 회피와 항공기 간 간격 분리 등 안전을 위해 반드시 필요하다. 항법에 적절한 고도는 비행 안전과 최적의 순항 성능을 얻을 수 있는 고도를 선택하여야 한다. 비행 안전을 위해 우선적으로 비행경로상의 장애물을 회피할 수 있고 다른 항공기와 충돌 예방, 결빙 고도 회피 등을 고려한 안전한 비행고도를 정해야 하며, 더 불어 최적의 순항 성능을 얻기 위해 바람 방향과 온도를 고려한 비행고도를 정해야 한다.

#### (2) 국제표준대기

대기의 기상 조건은 지역과 시간에 따라 수시로 변하므로 항공기의 성능 문제를 계산하거나 비교하기 위해서는 참조해야 할 표준대기 조건을 설정할 필요가 있다.

Altitude (feet)	Standard Pressure (millibars)	Standard Pressure (inches of mercury)	Standard Temperature (°C)	Standard Temperature (°F)
60,000	71.7	2.12	-56.5	-69.7
59,000	45.2	2.22	-56.5	-69.7
58,000	79.0	2.33	-56.5	-69.7
57,000	82.8	2.45	-56.5	-69.7
56,000	86.9	2.57	-56.5	-69.7
55,000	91.2	2.69	-56.5	-69.7
54,000	95.7	2.83	-56.5	-69.7
53,000	100.4	2.96	-56.5	-69.7
52,000	105.3	3.11	-56.5	-69.7
51,000	110.5	3.26	-56.5	-69.7
50,000	116.0	3.42	-56.5	-69.7
49,000	121.7	3.59	-56.5	-69.7
48,000	127.7	3.77	-56.5	-69.7
47,000	134.0	3.96	-56.5	-69.7
46,000	140.6	4.15	-56.5	-69.7
45,000	147.5	4.35	-56.5	-69.7
44,000	154.7	4.57	-56.5	-69.7
43,000	162.4	4.79	-56.5	-69.7
42,000	170.4	5.04	-56.5	-69.7
41,000	178.7	5.28	-56.5	-69.7
40,000	187.5	5.54	-56.5	-69.7
39,000	196.8	5.81	-56.5	-69.7
38,000	206.5	6.10	-56.5	-69.7
37,000	216.6	6.40	-56.5	-69.7
36,000	227.3	6.71	-56.3	-69.4
35,000	238.4	7.04	-54.3	-65.8
34,000	250.0	7.38	-52.4	-62.2
33,000	262.0	7.74	-50.4	-58.7
32,000	274.5	8.11	-48.4	-55.1
31,000	287.4	8.49	-46.4	-51.6
30,000	300.9	8.89	-44.4	-48.0
29,000	314.8	9.30	-42.5	-44.4
28,000	329.3	9.72	-40.5	-40.9
27,000	344.3	10.17	-38.5	-37.3
26,000	359.9	10.63	-36.5	-33.7
25,000	376.0	11.10	-34.5	-30.2
24,000	392.7	11.60	-32.5	-26.6
23,000	410.0	12.11	-30.6	-23.0
22,000	427.9	12.64	-28.6	-19.5
21,000	446.4	13.18	-26.6	-15.9
20,000	465.6	13.75	-24.6	-12.3
19,000	485.5	14.34	-22.6	-8.8
18,000	506.0	14.94	-20.7	-5.2
17,000	527.2	15.57	-18.7	-1.6
16,000	549.2	16.22	-16.7	1.9
15,000	571.8	16.89	-14.7	5.5
14,000	595.2	17.58	-12.7	9.1
13,000	619.4	18.29	-10.8	12.6
12,000	644.4	19.03	-8.8	16.2
11,000	670.2	19.79	-6.8	19.8
10,000	696.8	20.58	-4.8	23.3
9,000	724.3	21.39	-2.8	26.9
8,000	752.6	22.22	-0.8	30.5
7,000	781.8	23.09	1.1	34.0
6,000	812.0	23.98	3.1	37.6
5,000	843.1	24.90	5.1	41.2
4,000	875.1	25.84	7.1	44.7
3,000	908.1	26.82	9.1	48.6
2,000	942.1	27.82	11.0	51.9
1,000	977.2	28.86	13.0	55.4
Sea level	1,013.2	29.92	15.0	59.0

[그림 3-25] 표준대기 상태

표준대기 상태는 해면 고도에서

대기압 : 29.92in.Hg(1013.2mb), 온도 :15℃(59°F).

무 게 : 14.7 lb/in<sup>2</sup>이며 고도가 상승함에 따라

온 도 : 1000피트당 2℃(3.5°F)감소

대기압 : 1000피트당 1.00in.Hg 감소(고도 30피트 증가함에 따라 1hPa 감소)한다.

예를 들어, 5000feet의 표준대기 온도는 1000피트당 2℃ 감소하므로 5℃(15℃-10℃=5℃가 된다. 만일 5000feet의 실제 온도가 -5℃라면 표준대기 상태보다 10℃ 낮게 된다.

(3) 고도 측정 원리

1) 기압 고도계

고도계의 내부에는 속이 비어 있고 주름진 청동 아네로이드 캡슐(Aneroid Capsule)이 있으며, Capsule 내부에는 29.92inHg의 기압이 채워져 있다. Aneroid에는 크기 변화에 따라 고도

를 지시하는 바늘이 연결되어 있다.

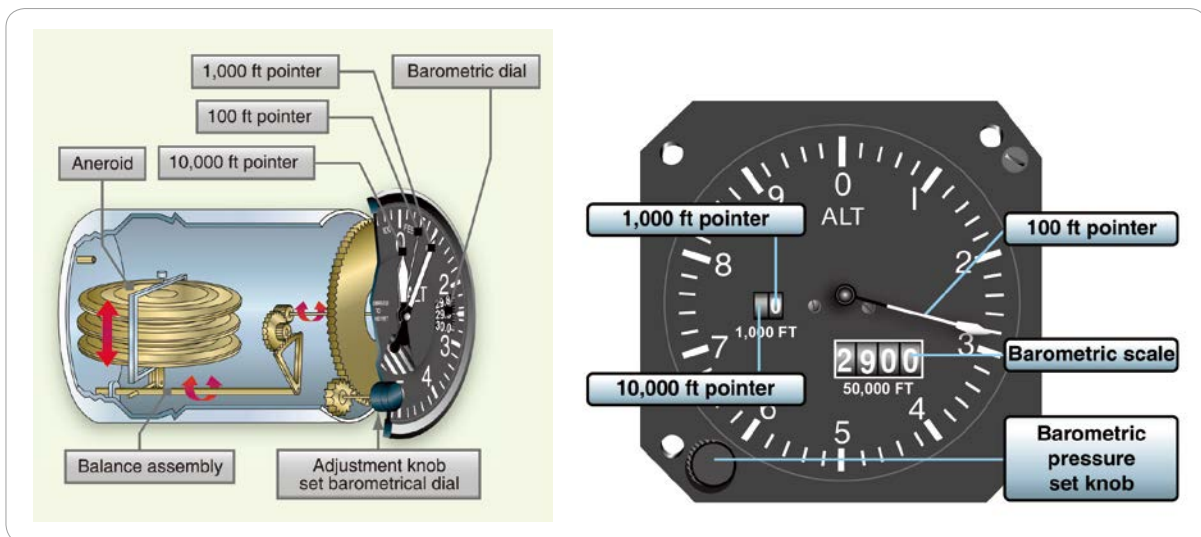
고도계는 정압공(Static Port)과 연결되어 있어 비행하고 있는 항공기 주변의 공기 압력이 고도계 내부로 전달되어 Aneroid를 수축, 팽창하도록 한다.

예를 들어, 고도가 증가하면 공기의 정압은 감소되므로 상대적으로 압력이 큰 Aneroid는 팽창하여 고도가 증가함을 가리킨다.

2) 전파고도계(Radar Altimeter)

레이더 고도계 또는 Radio 고도계라고 불리는 전파고도계는 지형지물로부터 항공기까지의 고도를 나타낸다. 측정 원리는 전파를 지형지물로 보내어 전파 신호가 항공기에서 지상까지 도달했다 돌아오는 이동 시간을 계산하고 그것을 지시계에 Feet 단위로 환산하여 표시한다.

전파고도계에는 Decision Height/Decision Altitude(DH/DA)나 Minimum Descent



[그림 3-26] 기압 고도계



[그림 3-27] 전파고도계

Altitude(MDA)를 설정할 수 있어, 항공기가 이 고도에 도달했을 때 계기에 불이 켜지고 소리를 들을 수 있다. 전파고도계는 Ground Proximity Warning Systems(GPWS) 및 비행 지시기(Flight Director)와 연동된다.

(4) 고도계의 오차(Altimeter Errors)

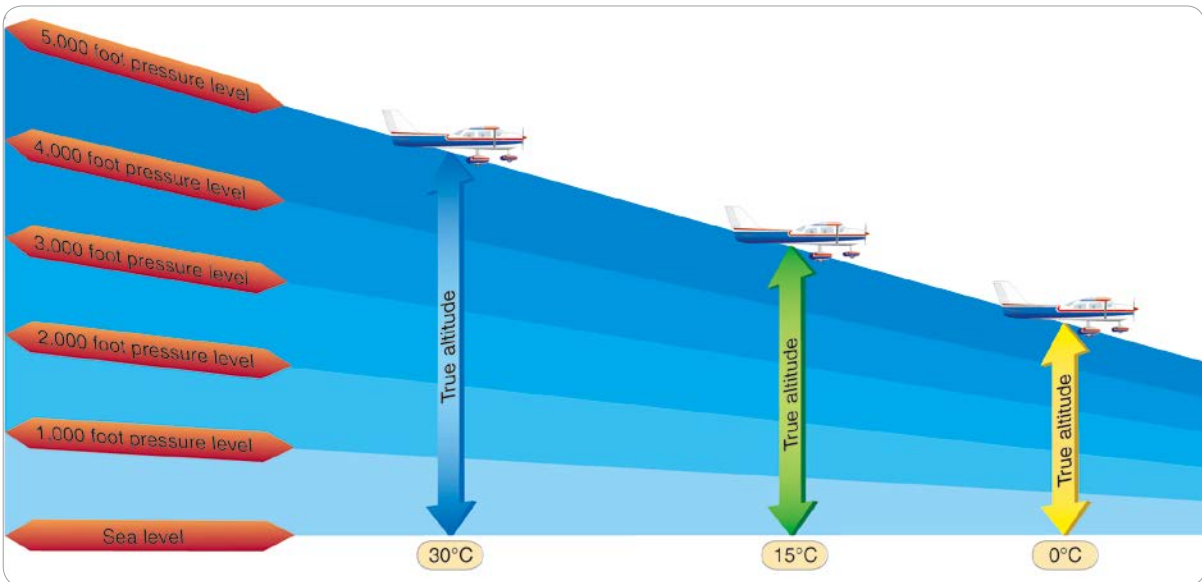
1) 기계적인 오차(Mechanical Error)

고도계 자체의 기계적인 오차로서 측정된 기압치를 고도계의 Kollsman window에 set(QNH) 하였을 때 고도계에 지시된 고도와 비행장 표고가 75feet 이상 차이가 나면 그 고도계는 계기비행용으로 사용할 수 없다.

2) 고유 오차(Inherent Altimeter Error)

① 외기 온도에 따른 오차

고도계는 고도가 증가함에 따라 일정 비율로 감소하는 정압(Static pressure)을 측정하여 그 크기를 고도로 환산하여 조종사에게 알려 주는 계기이다. 정압은 공기의 밀도에 비례하며 공기 밀도의 크기는 기압이 동일하다고 가정했을 때 온도에 반비례한다. 즉 온도가 높을수록 공기 밀도는 작아지게 된다. 고도계는 해수면의 대기 상태



[그림 3-28] 고온 지역에서 저온 지역으로 비행할 경우 실제 비행고도

		Height Above Airport in Feet													
		200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000
Reported Temp °C	+10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	30	40	60	80	90
	0	20	20	30	30	40	40	50	50	60	90	120	170	230	280
	-10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	290	390	490
	-20	30	50	60	70	90	100	120	130	140	210	280	420	570	710
	-30	40	60	80	100	120	130	150	170	190	280	380	570	760	950
	-40	50	80	100	120	150	170	190	220	240	360	480	720	970	1,210
	-50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	450	590	890	1,190	1,500

[그림 3-29] 저온 지역에서의 비행고도 수정치

가 국제표준대기 상태(ISA)의 온도인 15°C를 측정 기준으로 하고 있으나, 고도가 증가함에 따라 공기 밀도에 영향을 주는 외기 온도에 대한 보정은 없다. 따라서 동일한 기압 지역에서 대기의 상태가 표준대기 상태가 아니면 지시되는 고도가 동일하더라도 실제 비행고도는 다르게 된다.

동일한 기압 지역에서 온도가 각각 다른 지역을 비행하는 항공기의 고도를 살펴보면 표준대기 상태보다 온도가 높은 지역에서의 실제 비행고도는 고도계의 지시 고도보다 높게 되며, 온도가 낮은 지역에서의 실제 비행고도는 고도계의 지시 고도계보다 낮게 된다. 그 이유는 기체 방정식에서 온도가 낮아지면 일정한 압력(P)을 유지하기 위해서는 공기의 분자 수(n; 공기 밀도)는 증가하여야 하므로 고도계의 지시를 일정(기압이 동일)하게 유지하기 위해 항공기의 실제 비행고도는 공기 밀도가 증가되도록 낮은 고도를 비행하게 된다.

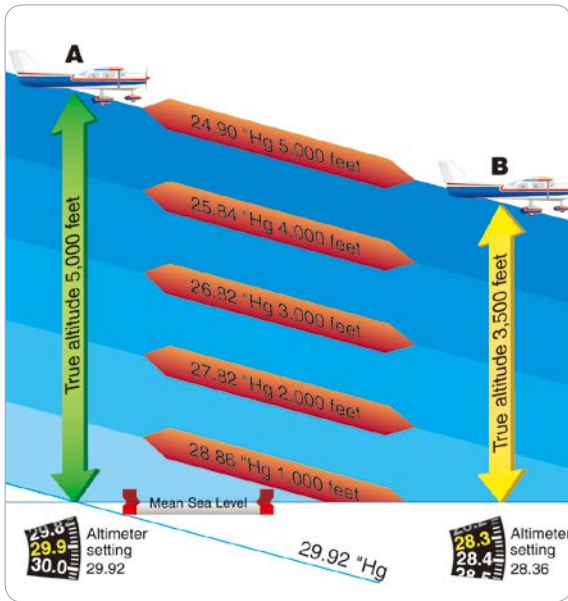
따라서 온도가 낮은 지역을 비행할 때 실제 비행고도는 지시되는 고도보다 낮아 장애물에 근

접하게 되므로 위험한 상황을 초래할 수 있다. 다음의 표는 매우 추운 지역에서 비행하는 경우 추운 온도에 따른 고도 오차를 수정할 수 있도록 알려 주는데, 예를 들어 현재 온도가 -50°C인 어느 공항 계기접근 절차의 FAF의 고도가 600피트라 하면 조종사는 이 고도를 지키기 위해 그 공항의 현재 Altimeter setting 후 180피트를 수정한 780피트로 FAF를 통과하여야 한다.

② 비표준 기압에 따른 오차

현재 비행하고 있는 지역과 비행하고자 하는 지역의 기압(QNH)이 다를 경우, 그 지역의 기압을 맞추지 않고 비행하는 경우에 지시되는 고도와 실제 고도는 다르다. 특히 고기압 지역에서 저기압 지역으로 비행할 경우, 저기압 지역의 QNH를 맞추지 않고 비행을 할 경우에 실제 비행고도는 지시되는 고도보다 낮아지게 된다.

예를 들어, QNH가 29.92inHg인 'A'지역의 5,000feet에 있는 항공기가 그보다 기압이 낮은 28.42inHg인 저기압 'B'지역으로 비행할 경



[그림 3-30] 고기압 지역에서 저기압 지역의 QNH를 수정하지 않고 비행할 경우

우, 'B'지역의 새로운 QNH로 변경하지 않고 29.92inHg를 유지한 상태로 5,000feet를 유지하며 비행할 경우에 고도계는 계속 5,000feet를 지시하지만, 항공기의 실제 고도는 그보다 낮은 고도(3,500feet)로 비행하게 된다. 왜냐하면 'B' 지역의 평균해수면의 기압은 28.42inHg이지만, 고도계는 변경하지 않은 29.92inHg의 기압치, 즉 해수면 1,500feet 아래로부터 높이가 측정되기 때문이다.

이를 방지하기 위해서 조종사는 항상 가장 가까운 비행장의 최신 QNH를 맞추어야 한다.

## (5) 고도의 종류

### 1) 지시 고도(Indicated Altitude)

고도계(Altimeter)로부터 읽혀지는 고도를 말한다.

### 2) 진고도(True Altitude)

평균해수면(MSL : Mean Sea Level)으로부터 항공기까지의 높이를 말하는 것으로 항법 지도에 표시되는 공항, 지형, 장애물들의 표고(Elevation)는 모두 진고도(True Altitude)로 표시된다. 비행 중에 진고도는 해당 지역의 평균 해수면 기압을 고도계의 기압 수정창(Altimeter setting window)에 맞추므로써 알 수 있다.

### 3) 절대고도(Absolute Altitude)

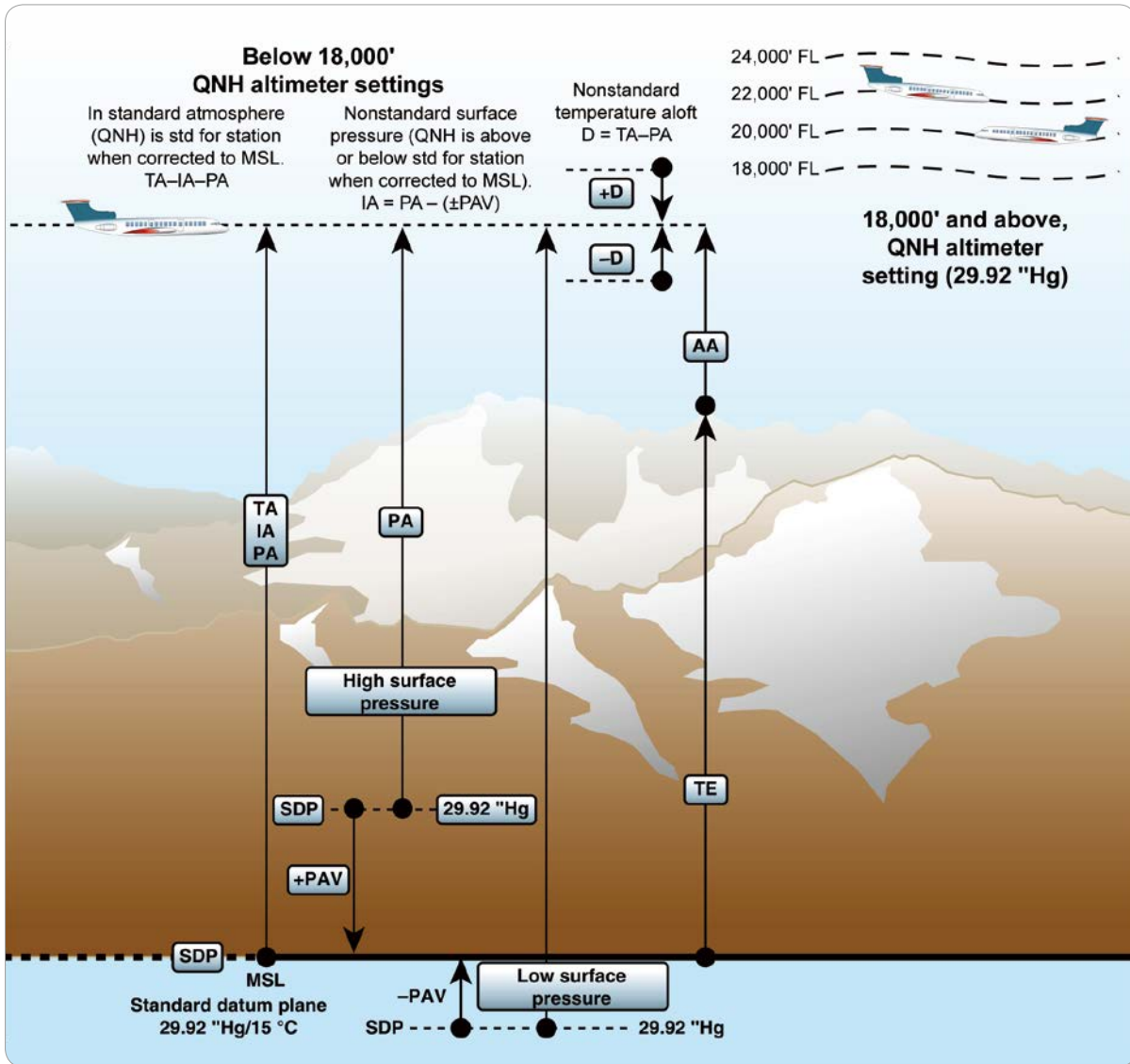
지형이나 지표면으로부터 항공기가 떨어져 있는 수직거리를 말하는 것으로 항공기에 장착된 레이더 고도계(Radar Altimeter)부터 전파를 발사하여 발사된 전파가 항공기 아래에 있는 지형지물에 부딪혀 반사되어 돌아올 때까지의 시간을 측정하여 알 수 있다.

### 4) 기압 고도(Pressure Altitude)

고도계(Altimeter)의 기압 수정창(Altimeter setting window)에 그 지역의 평균해수면의 기압 대신 표준대기압 29.92inHg으로 맞추었을 때 지시되는 고도를 말한다. 기압 고도는 밀도고도(Density Altitude)와 진대기속도(TAS) 등을 산출하는 데 필요한 고도이다.

### 5) 밀도고도(Density Altitude)

밀도고도는 기압 고도에서 공기 밀도를 수정한 고도이다. 공기 밀도는 대기압에 따라 달라지며, 대기압이 일정하다면 공기 밀도는 온도에 따라 달라진다. 대기의 상태가 표준대기 상태(Standard Condition)라면 기압 고도와 밀도고



[그림 3-31] 고도의 종류

도는 서로 같아지지만, 만일 온도가 표준대기 상태보다 더 높다면 밀도고도는 기압 고도보다 더 높아진다.

밀도고도는 항공기 이착륙 거리, 상승, 순항 성능과 진대기속도, 시간당 연료 소모량 등을 결정하므로 반드시 파악하고 있어야 한다.

(6) 전이 고도와 수직 분리 간격 축소

1) 전이 고도(Transition Level)

지구의 대기 상태는 장소에 따라서, 또는 일정한 장소이더라도 시간에 따라 달라지므로 일정한 고도를 유지하기 위해서 조종사는 해당 지역의 평균해수면 기압치를 항상 고도계의 기압 수

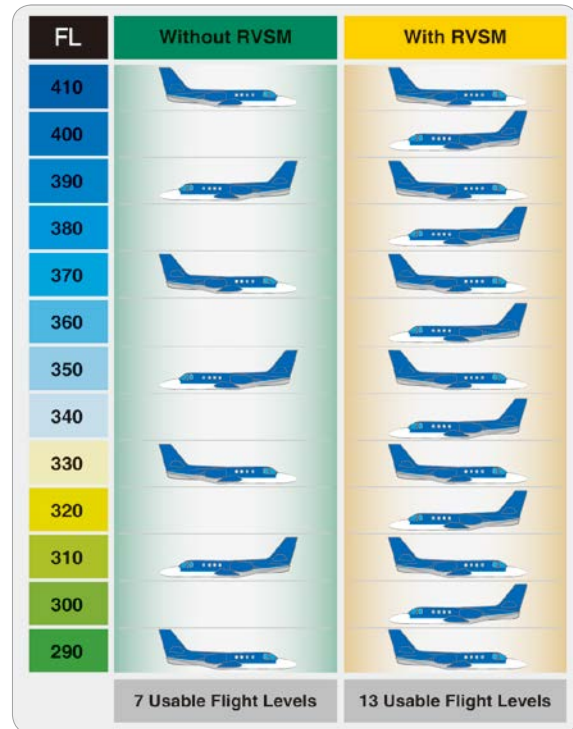
정창(Altimeter setting window)에 맞추어야 한다. 이를 바꾸어 말하면 장거리 순항 비행 상태에 해당 지역의 평균해수면 기압치를 수정하지 않고 비행하는 경우, 일정한 고도로 비행하고 있다 하더라도 지역마다 기압 차이로 인해 고도계에 표시되고 있는 고도와 실제의 고도는 다를 수밖에 없다. 즉, 동일한 지역에서 비행하는 항공기가 동일한 기압치를 맞추지 않고 비행하게 될 경우, 각 항공기가 다른 고도를 가리키고 있더라도 실제로는 같은 고도를 비행하게 되어 공중 충돌을 일으킬 가능성이 존재하게 되므로 안전에 심각한 문제가 발생하지 않도록 하는 기준이 필요하게 되는데, 이를 전이 고도(Transition Altitude, Transition Level)라 한다.

전이 고도란 일정한 고도 이상에서 임의로 설정해 놓은 ‘높이 기준’으로 그 지역을 비행하는 모든 항공기는 실제 그 지역의 평균해수면 기압과 상관없이 29.92inHg인 값으로 기압 고도계를 보정하도록 즉, 기압 고도를 설정하도록 한 고도이다.

전이 고도는 나라마다 다르며, 우리나라는 14,000피트를 전이 고도로 정하고 있다.

2) 수직 분리 간격 축소 기법(RVSM; Reduced Vertical Separation Minimum)

수직 분리 간격 축소 기법(RVSM)은 고도 FL290~FL410까지의 고고도 공역에서 항공기 간의 최저 수직 분리 기준인 2,000피트를 1,000피트로 축소 적용하여 효율적인 공역 활용을 통해 수용 능력을 증대시키기 위한 방법이다. RVSM 운용 요건은 다음과 같다.



[그림 3-32] 수직 분리 간격 축소 기법

- ① 별도로 작동되는 고도계 2개 이상(지상에서 고도계 Check시 비행장 표고와 75피트 이상 차이가 있으면 안 됨)이 장착되어 있어야 하며, 두 고도계는 200피트 이상 차이가 나면 안 된다.
- ② Auto pilot 1개 이상 장착되어 있어야 하며, Turbulence나 Gust가 없는 상황에서 오차가 ±65피트 이내이어야 한다.
- ③ Altitude Alert System 1기 이상 장착되어 있어야 하며, 조종사가 지정된 고도를 벗어날 때 200피트 이내에서 경보를 줄 수 있어야 한다.
- ④ RVSM과 연동되는 TCAS 장치를 장착하여야 한다.

## 3.2 공중항법의 종류

### 3.2.1 지문항법(Pilotage Navigation)

#### 3.2.1.1 지문항법의 개념

지문항법은 시계비행 상태에서 항공기 외부로 보이는 저명한 지형지물과 지도를 대조하여 계획된 경로상의 점검 지점(Checkpoint)을 확인하고 항공기의 위치를 결정한 다음 항공기의 비행 방향을 결정하여 목적지를 찾아가는 항법이다. 지문항법은 주로 외부 참조물을 이용하여 비행하지만 추측항법과 무선항법을 같이 활용하는 것이 일반적이다.

지문항법은 지상의 저명한 지점을 지도와 지속적으로 비교하여 현재 위치를 확인하여야 하므로 경로상의 점검 지점은 저명한 것, 예를 들어 강, 호수, 기차길, 고속도로, 도시 등을 선정하는 것이 좋다. 또한 비행을 하는 동안 바람의 영향을 수정하지 않으면 항공기는 계획된 경로를 벗어나게 되므로 계획된 경로의 좌, 우측에 비행경로와 평행한 참조물(고속도로, 기차길, 강, 산맥 등)을 선정하여 경로를 벗어날 경우 조종사가 쉽게 인지할 수 있도록 하는 것도 좋은 방법이다.

지도를 대조하며 항법을 하게 되는데 지도상에서 어느 정도 경로를 벗어났는지 파악하여야 한다. 예를 들어 공중항법에 주로 사용하는 항공지도 중의 하나인 1/500,000 척도의 섹셔널차트(Sectional Chart)에서 길이 1inch는 8SM 또는 6.86NM과 같으므로 지도상에서 1/2inch만큼 경로에서 벗어났다면 항공기는 계획된 경로에서 4SM 또는 3.43NM 벗어났다고 할 수 있다.

시계비행 상태를 유지하기 때문에 만약에 참조 지

점을 놓치더라도 우선 현재의 비행 방향을 유지하며 다른 참조 지점을 찾는다면 길을 잃지 않고 비행할 수 있다. 그러나 항법 도중에 자신의 위치를 알 수 없으면 비상 절차를 수행하고 관제 기관의 도움을 청하여야 한다.

하나의 점검 지점에만 의존하지 말고 여러 개의 점검 지점을 선정하여 정확한 항공기 위치와 경로를 유지하는 데 도움이 되도록 하여야 한다. 점검 지점들을 명확하게 구분할 수 있는 시계비행 기상 상태라면 지문항법만으로도 경로를 유지할 수 있지만, 바다나 사막과 같이 적절한 점검 지점을 확보하기 어려운 지역을 비행하여야 하거나 구름, 안개, 야간비행 등으로 인해 지형지물을 확인할 수 없는 경우에는 추측항법(Dead reckoning)이나 무선항법(Radio Navigation)을 함께 수행하는 것이 바람직하다.

지문항법에 사용되는 지도는 매우 유용한 참고 자료이다. 그러나 새로 건설되고 있는 도로, 건축물 등은 지도에 나타나 있지 않을 수 있으며, 높은 장애물에는 식별을 용이하게 하기 위해 식별 등(Strobe lights)이 설치되어 있지만 기상이 나쁘거나 주변의 다른 등불로 인하여 식별을 어렵게 할 수 있으므로 주의하여야 한다.

#### 3.2.1.2 지문항법의 수행

##### (1) 지도(Chart) 준비

지도는 조종사가 비행경로상의 지형지물을 확인하고 지도와 비교하여 항공기의 위치를 식별하여 항적(Track)을 확인하고 계획된 경로(Course)를 유지하고 방위와 거리를 측정하기 위해 필요하다. 지문항법에 사용되는 지도의 축척은 1/250,000(이십오만도), 1/500,000(오십만도)와 1/1,000,000(백만



도)가 있으며, 저고도 저속 항공기인 경우에는 주로 1/500,000(오십만도)를 많이 활용하고 있으며, 이 지도를 ‘섹셔널 차트(Sectional Chart)’라고 한다. 복잡한 공항 지역에서는 지형지물이 자세하게 표시된 축척 1/250,000의 터미널 지역 시계비행 차트(VFR Terminal Area Chart)를 사용한다.

### (2) 비행경로의 선정

지문항법을 위해 목적지까지의 비행경로를 선정하는데, 이 경로를 선정하는 데 필요한 사항은 첫째, 경로 유지를 위해 도움을 받을 수 있도록 저명한 지형지물을 점검 지점(Check point)으로 선정하여야 한다. 점검 지점을 많이 선정할수록 좋지만 지점 간의 거리는 대략 15~30NM 간격이 될 수 있도록 하는 것이 좋다. 둘째, 경로상에 비행 금지 구역이나 제한구역이 있는지 확인하여야 한다. 비행 금지 구역이나 제한구역은 지도상에 표시되거나 항공 고시보(NOTAM)를 이용하여 알 수 있다. 셋째, 기상을 파악하여 적절한 경로와 고도를 선택하여야 한다. 기상은 시간과 장소에 따라 변하고 지문항법은 시계비행 기상 상태에서 이루어져야 하므로 현재의 기상과 예보된 기상을 파악하여 경로를 선정하는 것이 중요하다. 넷째, 항법비행 중 항공기 결함이나 기상이 급변하는 경우 가까운 공항으로 착륙할 수 있도록 경로상에 가까운 대체 비행장이 있는지 확인하여야 한다.

## 3.2.2 추측항법(Dead reckoning Navigation)

### 3.2.2.1 추측항법의 개념

추측항법은 해상과 사막 등 현저한 참조물이 없는 지역을 비행하거나 구름 위, 야간비행 등 지형지물

을 확인할 수 없는 지역에서 항법을 하는 방법이다. 추측항법은 현재의 위치에서 목적지까지의 방향과 거리를 측정하고 바람의 방향을 계산하여 경로를 유지할 위한 바람 수정각을 구하고 정풍이나 배풍을 계산하여 대지속도(Ground speed)를 구함으로써 참조 지점과 목적지 도착 시간을 예상할 수 있다. 추측항법 도중에 지형지물을 참조할 수 있는 기상 상태라면 구간별로 저명한 참조 지점을 정하여 지문항법을 병행하여 더욱 정확한 항법을 수행할 수 있다.

각 구간의 점검 지점(Check point) 상공에서 지도와 항공기의 위치를 비교하여 좌우로 벗어났다면 그 벗어난 정도를 이용하여 바람 수정각을 계산할 수 있으며, 이를 참고로 하여 다음 구간에 유지하여야 할 항공기의 기수 방향(Heading)을 정할 수 있다.

또한 각 점검 지점에서 도착 예정 시간(ETA; Estimate Time Arrival)과 실제 도착 시간(ATA; Actual Time Arrival)을 비교하여 대지속도를 계산할 수 있고, 이를 적용하여 다음 구간의 비행 예상 시간을 추측할 수 있다. 비행시간은 연료 소모와 매우 밀접한 관련이 있으므로 예상 도착 시간의 산출은 매우 중요하다. 이를 위해 구간별 점검 지점에서 시간 계산 및 바람 수정이 지속적으로 이루어져야 한다. 점검 지점이 너무 떨어져 있으면 발생 가능한 오차가 커질 수 있으며 점검 지점을 찾지 못하고 길을 잃을 수도 있으므로 적절한 지점을 선정하는 것이 중요하다.

### 3.2.2.2 추측항법 용어의 정의

#### (1) 항공기 기수의 방향(Heading)

항공기의 기수가 향하는 방향을 말하며 그 종류는 편차(Variation)를 수정하지 않은 진기수 방향(TH :

True Heading), 진기수 방향에서 편차를 수정한 자기 기수 방향(MH ; Magnetic Heading), 자기 기수 방향에서 나침반의 오차를 수정한 나침의 기수 방향(CH; Compass Heading)으로 구분한다. 계획된 항로를 비행하기 위해서 조종사는 측정된 나침의 기수 방향(CH; Compass Heading)에서 바람의 편류각을 수정한 방향으로 비행하여야 한다.

(2) 항로(Course)

이동하려고 계획한 수평면상의 경로, 예정 방향을 말하며 지도상에서 두 지점을 연결한 선을 말한다. 항로는 지도상에서 연결한 두 지점 간의 방향을 측정한 진항로(TC; True Course)와 진항로(TC)에서 편차(Variation)를 수정한 자침로(MC; Magnetic Course)로 구분한다.

(3) 항적(Track)

항공기가 비행이 이루어진 실제 경로를 말한다. 바람에 의한 편류(Drift)를 수정하지 않을 경우 계획된 항로를 벗어나게 된다.

(4) 편류각(Drift Angle)

바람의 영향으로 계획된 경로를 벗어난 각도를 말한다.

(5) 바람 수정각(WCA ; Wind Correction Angle) 계획된 경로를 유지하기 위해 예상되는 편류를 수정하는 각도를 말한다.

(6) 예상 도착 시간(ETA : Estimate Time of Arrival)

항공기가 비행하는 진대기속도에서 예상되는 바

람의 영향을 수정한 속도를 유지하였을 때 항공기가 목적지에 도착할 것으로 예상되는 시간을 말한다.

(7) 실제 도착 시간(ATA : Actual Time of Arrival)

항공기가 목적지에 도착한 실제 시간을 말한다.

(8) 예상 경과 시간(ETE : Estimate Time of Enroute)

항공기가 어느 한 구간을 이동하는 데 예상되는 시간을 말한다.

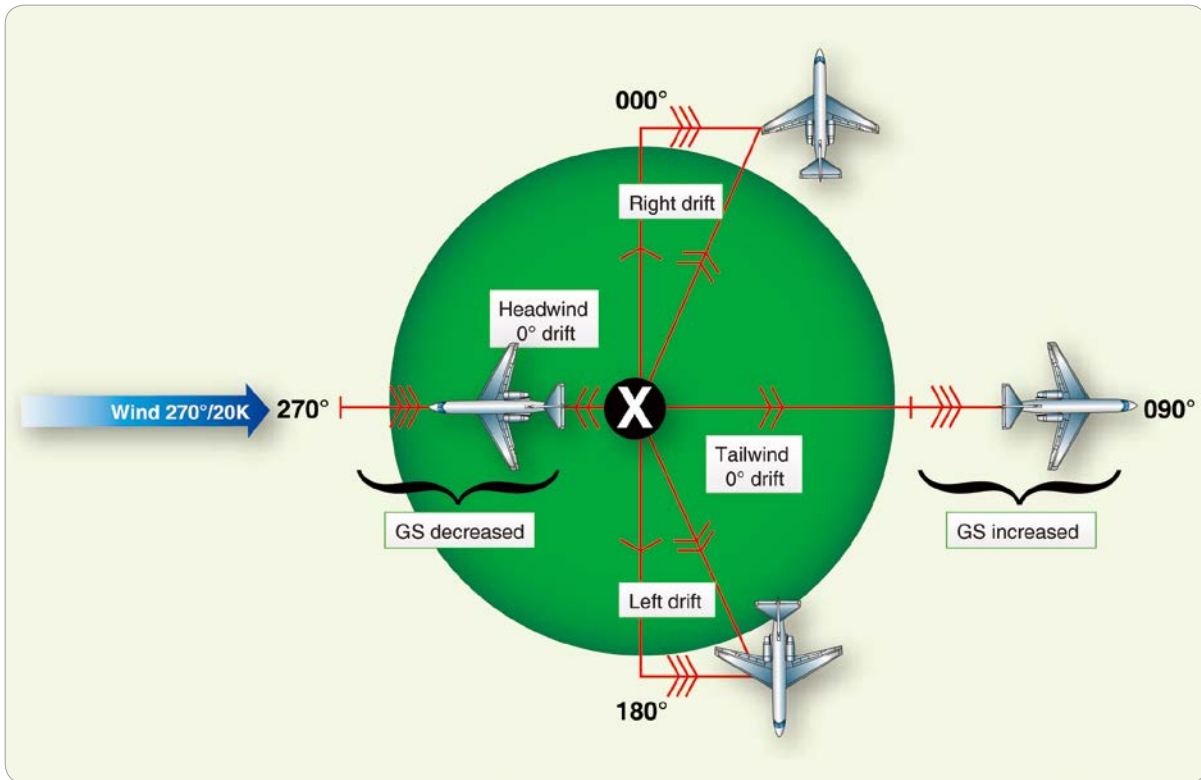
(9) 실제 경과 시간(ATE ; Actual Time Enroute)

항공기가 어느 한 구간을 이동하는 데 소요된 실제 시간을 말한다.

3.2.2.3 바람의 영향

(1) 편류(Drift)

지상을 달리는 자동차나 해상을 항해하는 선박은 지면에 닿아 있는 바퀴나 해수면에 닿아 있는 선박 아랫부분의 마찰로 인하여 진행 방향을 변화시키는 바람의 영향이 매우 적다. 그러나 항공기는 이러한 마찰력이 전혀 없으므로 고스란히 바람의 영향을 받게 된다. 계획된 경로와 다른 바람의 방향은 항공기를 바람이 불어 나가는 방향으로 경로에서 벗어나게 하며, 바람의 속도는 벗어나는 크기를 크게 하거나 대지속도를 변하게 하여 계획된 목적지 예상 도착 시간(ETA)을 변화시킨다. 따라서 조종사는 항법에 영향을 미치는 바람의 방향과 속도를 파악하고, 계획된 항로를 유지하기 위한 바람 수정각과 실제 대지속도를 구하여야 한다.



[그림 3-33] 바람의 영향

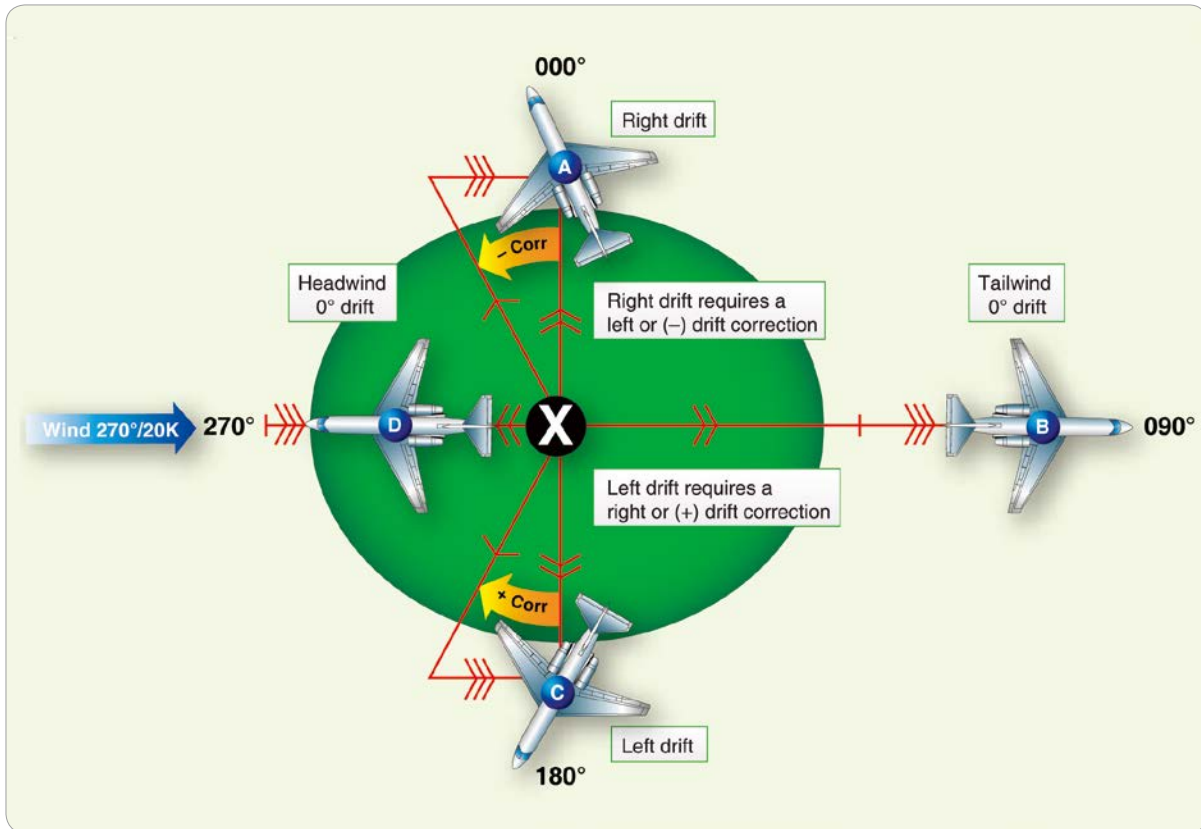
(2) 편류 수정(Drift correction)

비행 중인 항공기는 바람의 영향을 고스란히 받으므로 그에 대한 수정 조사를 하지 않을 경우 바람이 불어 나가는 방향으로 벗어나게 된다. 벗어난 크기를 편류(Drift)라 하고, 편류량은 계획된 경로와 실제 항공기가 비행한 경로(Track) 사이의 각도(편류각)로 나타낸다. 편류각은 풍향과 풍속, 항공기의 방향(True Heading)과 항공기의 진대기속도(TAS)의 크기에 따라 다르다. 풍향과 풍속이 일정하다고 가정하면, 항공기의 속도가 빠를수록 편류각은 작아지며 항공기의 속도가 일정하다면 풍속이 클수록 편류각은 커지게 된다.

아래 그림에서 계획된 항공기의 방향이 360°이고

바람이 서쪽(270°) 방향에서 30kts의 크기로 불어온다면 항공기는 동쪽으로 편류하게 된다. 따라서 조종사는 계획된 항로를 유지하기 위해서는 바람 수정각(WCA; Wind Correction Angle)인 약 11°를 수정한 349°를 유지하여야 한다. 바람 수정각을 구하는 방법은 본 교재 ‘3.3 항법용 계측기의 원리와 사용’에서 자세히 설명하였다.

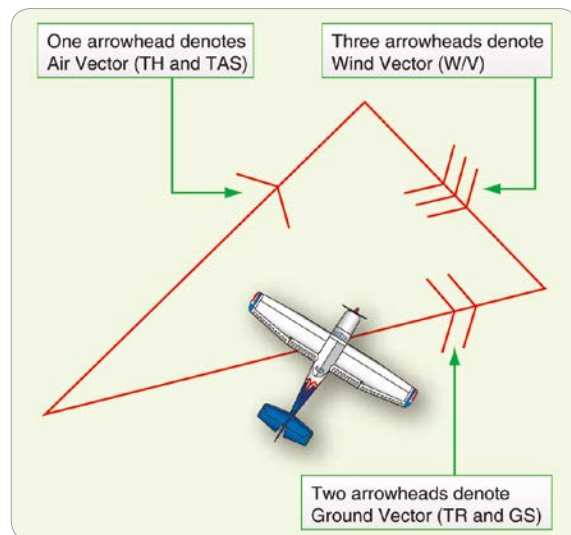
바람이 일정할 때 항공기의 방향이 바뀌면 편류각이 변하며, 항공기의 방향이 일정하더라도 바람의 방향과 속도가 변하면 편류각 역시 변한다. 그에 따라 비행경로가 바뀌거나 변화되는 바람의 정보를 알고 있다면 조종사는 수시로 편류각을 수정하여야 한다.



[그림 3-34] 편류 수정

(3) 바람 삼각형

위에서 언급한 것처럼 바람의 방향과 속도는 항공기를 계획된 경로에서 벗어나게 하고 도착 예정 시간을 변화시킨다. 바람의 영향을 그림으로 표현하면 삼각형 모양으로 표시할 수 있다. 이를 바람 삼각형이라 하는데, 이를 이용하여 편류(Drift)가 발생함으로 인해 계획된 경로에서 벗어난 결과와, 계획된 경로를 비행하기 위한 바람 수정각을 나타낼 수 있다. 바람 삼각형은 3부분으로 구분할 수 있으며, 3부분 각각은 속도와 방향으로 이루어지므로 벡터(Vector)로 표시한다.



[그림 3-35] 바람 삼각형

1) 에어 벡터(Air Vector) : 공기 중을 비행하는 항공기의 기수 방향(TH ; True Heading)과 항공기의 실제 속도(TAS ; True Air Speed)로서, 계획된 경로와 시간이라 할 수 있다.

2) 바람 벡터(Wind Vector) : 항공기 진행 방향과 대지속도에 영향을 미치는 바람의 방향(WD; Wind Direction)과 바람의 속도(WS; Wind Speed)이다.

3) 대지 벡터(Ground Vector) : 바람의 영향을 받아 항공기가 실제 이동한 지표면상의 경로(TR; Track)와 대지속도(GS ; Ground Speed)를 말한다.

(4) 바람 수정각 구하기

바람 삼각형을 이용하여 바람 수정각(WCA)를 구하는 방법을 그림으로 설명하면, 예를 들어 어느 항공기가 진대기속도(TAS) 120노트를 유지하며 'E' 지점에서 동쪽(090°)에 있는 'P' 지점으로 비행하려고 하는데 예보된 풍향과 풍속이 045°/40노트라 할

때, 계획된 항로를 유지하기 위한 항공기의 기수 방향(TH)과 대지속도는 얼마일까?

계산의 목적은 계획된 항로(Course) 090°를 유지할 수 있는 항공기의 방향(Heading)과 대지속도이며, 여기서 알고 있는 것은

- 계획된 항로 : 090°
- 항공기 진대기 속도(TAS) : 120노트
- 바람의 방향(WD) : 045°
- 바람의 속도(WS) : 40 노트

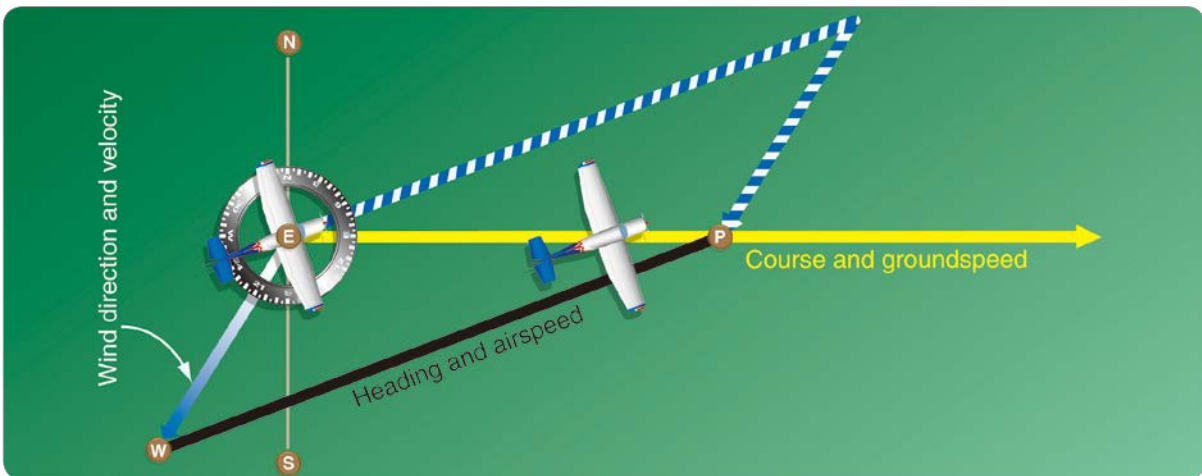
계산 순서

(제 1단계)

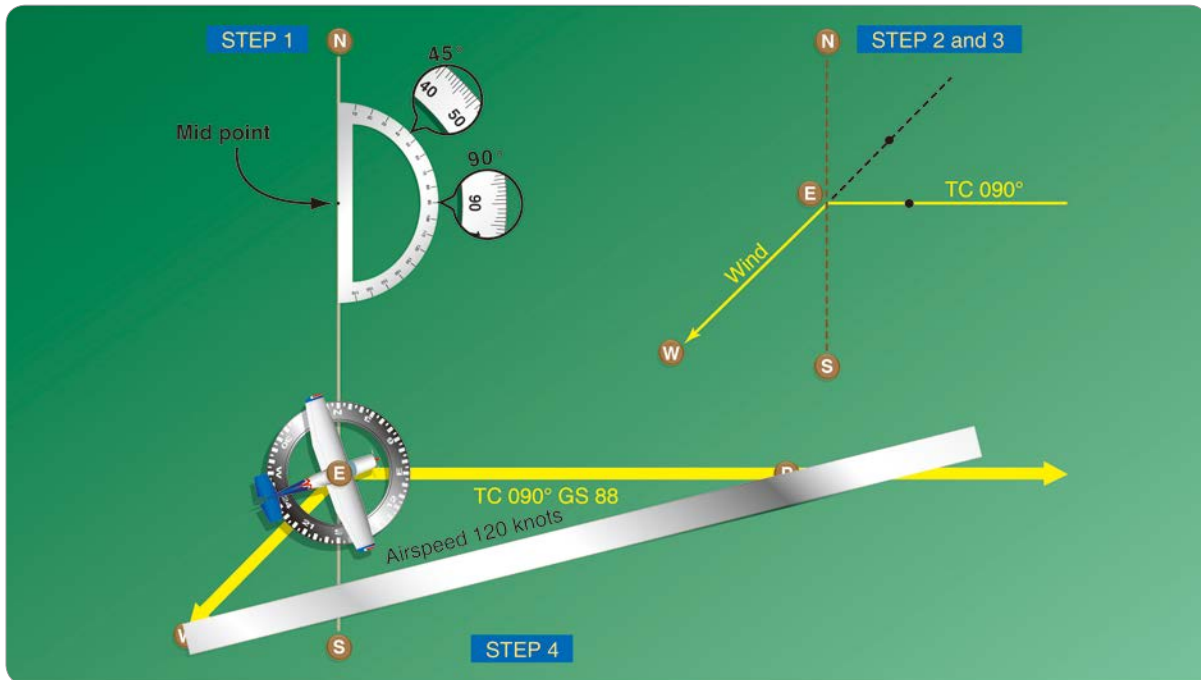
지도상에 플로터(Plotter)를 이용하여 090° 방향으로 일직선을 그린다.

(제 2단계)

바람의 영향에 의해 항공기는 바람이 불어 나가는 쪽으로 벗어날 것이므로 'E' 지점에서 바람이 불어 나가는 방향(225°)으로 40노트 크기로 그리며 이



[그림 3-36] 바람 수정각 구하기 1



[그림 3-37] 바람 수정각 구하기 2

점을 'W'라 정한다.

바람의 속도의 크기는 플로터상의 일정한 거리 단위를 이용한다(예; 10 Knots = 1 NM)

이 경우 바람의 속도는 40노트이므로 4NM의 길이가 된다.

**(제 3단계)**

'W' 점에서 항공기 진대기속도 120노트의 크기에 해당하는 속도 직선(Speed line)을 그어(이 경우 12NM) 계획한 항로(090°)와 교차되는 점 'P'를 정한다.

**(제 4단계)**

그림의 결과 'W'에서 'P'로 향하는 항공기 방향(Heading)은 계획된 항로(090°)를 유지하기 위한 것이므로 플로터(Plotter)를 이용하여 측정된 W → P의 방향(이 경우 076°)이 항로(090°)를 유지하

기 위한 항공기 방향(Heading)이다.

항법용 컴퓨터(DR Computer)을 이용하여 바람 수정각을 구하는 방법은 본 교재 '3.3 항법용 계측기의 원리와 사용'에서 자세히 설명하였다.

**3.2.2.4 추측항법의 절차**

**(1) 비행 계획(Flight Planning)**

항법은 한 지점에서 멀리 떨어진 비행장으로 비행하는 것이므로 조종사는 현재의 기상과 예보되는 기상, 예상 연료 소모량, 비정상 상황 발생 시의 대체 공항 및 절차, 관제 절차 등에 관하여 충분히 숙지하고 있어야 한다.

**1) 항법을 위한 준비물**

조종사는 항법을 위해 최신의 항공지도, 항법

용 계산기, 플로터 등을 갖추어야 하며, 특별한 비행인 경우, 예를 들어 야간비행을 하는 경우에는 손전등을 갖추어야 하고, 사막 지역을 비행할 경우에는 충분한 물을 준비하여야 한다.

## 2) 기상 정보 획득

안전한 비행을 위하여 기상파악은 아주 중요하다. 보고된 기상과 예보된 기상을 이용하여 출발 공항, 항로, 목적지 공항의 기상을 파악하여 비행 가능 여부를 결정하여야 한다. 특히 계획한 경로상의 기상이 좋지 않으면 대체 경로를 계획하여야 하고 비정상 상황이 발생할 경우를 대비하여 대체 공항의 기상도 파악하여야 한다.

## 3) 항공 고시보(NOTAM) 확인

항공 고시보는 항공운항에 관련된 종사자들이 반드시 인지해야 하는 항공 시설, 업무, 절차, 또는 위험의 신설, 운영 상태 및 그 변경에 관한 정보를 수록하여 배포하는 공고문이다. 항공 고시보에 포함되는 내용 중에는 비행 금지 구역, 비행장 사용 제한, 항행안전시설 사용 제한 등이 있을 수 있으므로 이를 미리 파악하여 비행 계획을 수립하여야 한다.

## 4) 항공기 성능의 계산

안전하고 효율적인 운항을 위해서 항공기 성능을 계산하는 것이 매우 중요하다. 항공기 성능은 비행고도와 기상 상태(온도, 기압, 바람)에 따라 달라지므로 조종사는 항공기 운항 교본(AFM/POH; The Aircraft Flight Manual or Pilot's Operating Handbook)에 수록되어 있는 내용

을 기준으로 하여 항공기 성능을 계산하여야 한다. 공중항법에 필요한 항공기 성능은 항공기에 탑재된 연료를 포함한 인원과 화물의 총무게, 무게 중심점(CG ; Center of Gravity)의 위치, 이륙, 상승 및 순항 성능, 목적지 공항에서의 착륙 거리 등이다.

## 5) 출발지 및 목적지 공항과 항행안전시설에 관한 정보

조종사는 출발하는 공항과 착륙하는 공항, 필요한 경우 대체 공항의 이용 가능한 공항 시설을 잘 알고 있어야 한다. 익숙하지 못한 공항으로의 비행은 조종사에게 많은 부담을 줄 수 있다. 그러므로 조종사는 비행 계획을 수립할 때 해당 공항의 무선통신 주파수, 활주로의 방향, 활주로의 길이와 폭, 유도로의 위치, 활주로 등화 시설, 주기장의 위치 등을 파악하여야 한다. 공항 시설에 관한 정보는 항공 정보 간행물(AIP; Aeronautical Information Publication)에서 확인할 수 있다.

또한 비행 중 항공기의 위치 파악은 무선항행 안전시설을 이용하여 도움을 받을 수 있으므로 항로상의 각 점검 지점(Check point)에서 무선항행 시설로부터의 방위와 거리를 미리 파악하여 놓아야 한다.

## (2) 지도 작성(Charting the Course)

### 1) 비행경로

목적지까지의 비행경로는 시간과 연료 소모를 줄이기 위해 직선 경로를 계획하는 것이 좋지만 효율적이고 안전한 비행을 위하여 몇 가지 사항을 고려하여야 한다.

첫째, 비행을 하는 동안 출발지 기상을 포함하여 예상되는 기상을 파악하여야 한다. 계획하고자 하는 경로상에 악(惡)기상이 예상된다면 그 지역을 회피하여야 하며, 비정상 상황에 대비하여 대체 비행장이 가까운 경로를 선정하는 것이 유리하다.

둘째, 비행경로상에 비행 금지 구역, 제한구역이 있는지 확인하여야 하며, 이는 항공 고시보(NOTAM)를 통해 확인할 수 있다.

셋째, 저명한 점검 지점(Check point)을 선정하여야 한다. 추측항법 비행이지만 지문항법을 병행하면 좀 더 정확한 항법을 할 수 있다. 따라서 강이나 호수 같은 저명한 지점이 있는 경로를 선정하면 좋다.

2) 점검 지점(Check Point) 설정

추측항법이라 하더라도 기상 상태가 양호하여 지상의 참조물을 확인할 수 있다면 지문항법을 병행하여 실시하는 것이 바람직하다. 점검 지점은 큰 호수, 강, 큰 도시 등과 같이 식별이 용이한 지점을 설정하며, 점검 지점 간의 간격이 너무 멀면 계산상 오차가 많이 발생될 수 있으므로 너무 멀리 잡지 않도록 하여야 한다.

3) 비행고도

비행고도는 계획한 경로의 좌우에 있는 장애물 높이를 고려하여 설정하여야 한다. 산악 지역에서는 장애물과 최소 2,000피트 이상 간격이 유지되도록 하여야 하고 비(非)산악 지역에서는 최소 1,000피트 이상이 되도록 한다. 시계 비행 상태에서 비행을 하는 경우, 항로의 자방

위(Magnetic Course)가 동쪽이면 홀수 고도 + 500피트(3500, 5500, 7500...피트), 서쪽이면 짝수 고도 + 500피트(4500, 6500, 8500...피트)의 고도를 유지하여야 한다.

또한 바람의 방향과 속도는 고도에 따라 다를 수 있으므로 이를 고려하여 가능하면 편류수정이 많이 필요 없고 배풍을 받을 수 있는 고도를 선정하는 것이 좋다

[그림 3-38]은 경로상에 가장 높은 장애물이 2,300피트이고, 항로의 자방위가 서쪽이므로 4,500피트 이상의 고도를 선정하여야 한다.

4) 항로 주변의 제한 사항 확인

항로상이나 그 주변 지역의 공역이 특별한 운영상의 제한 사항이 있는지 확인하여야 한다. [그림 3-38]을 살펴보면, 예천공항 서쪽에 비행 제한구역 R-81이 설정되어 있으므로 이쪽 지역을 비행하고자 할 때는 R-81의 운영 시간을 확인하여 주의하여야 한다.

5) 구간별 거리 및 진항로 측정하기

다음 [그림 3-38]의 예는 어느 특정한 비행 조건과 기상 상태에서, 대구공항에서 예천공항까지의 항법을 하고자 하는 경로이다.

진대기속도	120knots
바람의 방향과 속도	270°/10knots
탑재 연료	50gallons
편차(Variation)	7°W
자차(Deviation)	2°





[그림 3-38] 추측항법 지도 작성의 예

진항로와 거리는 플로터를 이용하여 측정한다. [그림 3-38]의 예를 보면, 대구공항에서 예천공항까지의 진항로(TC)는 341°이며 거리는 46NM이다. 이 지역의 편차는 7°W이므로 이 항로의 자방위(MC)는 348°가 된다. 계획된 항로를 유지하기 위해서는 바람의 영향을 수정하여야 하는데 바람의 방향과 속도는 270°/10노트로 예상되고, 이로 인하여 항공기는 우측으로 편류되므로 왼쪽으로 바람 수정각 4°를 수정하여 항공기 기수 방향(Heading)을 344°로 유지하면 계획된 항로를 유지할 수 있다.

항로의 방향과 거리를 측정하는 방법과 바람의 영향을 수정하여 항공기 기수 방향과 대지속도를 구하는 방법은 본 교재 ‘3.3 항법용 계측기의 원리와 사용’에서 자세히 설명하였다.

### 6) 항로 비행 소요 시간과 연료 소모량

대지속도는 118노트가 된다. 바람의 영향을 수정한 항공기 기수 방향과 대지속도는 항법용 컴퓨터를 이용하여 구할 수 있으며, 이는 본 교재 ‘3.3 항법용 계측기의 원리와 사용’에서 자세히 설명하였다.

대지속도 118노트로 46NM을 비행하는 데 약 23분 30초가 소요되며, 연료 소모량은 3.1gallons이다.

### (3) 항법 계획서(Navigation Log) 작성

추측항법은 지문항법보다 지상에서 준비해야 할 사항들이 많지만, 잘 준비된다면 훨씬 더 편하고 안전한 비행을 할 수 있다. 항법 계획서 작성 내용은 우선 각 구간별로 기수 방위와 거리 시간 등을 구하고, 항공기 운영 지침서(POH)에서 항공기 무게와 진대기속도에 따라 각 구간별 예정 소요 시간과 연료 소모량을 구하여 기록한다.

기상예보를 파악하여 바람의 영향을 수정한 항공기의 기수 방위를 구하여 기록한다. 또한 각 구간의 위치 점검 지점에서 무선항행 시설로부터의 위치와 거리를 구해 놓고, 해당 무선항행 시설의 주파수 등을 미리 파악하여 적어 놓으면 비행 중에 수고를 덜 수 있다.

비행 중에는 실제 도착 시간과 도착 예정 시간을 비교하며 대지속도가 예상과 실체가 어느 정도 차이나는지 계산하고, 이 차이를 다음 구간에 적용하여 목적지까지 소요되는 시간과 연료 소모량을 수시로 계산하여야 한다.

1) 도착 예정 시간(ETA ; Estimate Arrival Time)의 산출

목적지 공항의 도착 예정 시간을 산출하여야 하는 이유는 다음과 같다.

첫째, 항공기에 탑재된 연료를 이용하여 목적지 공항에 도착할 수 있는지 계산하여야 한다. 법과 규정은 비행 안전을 위하여 모든 항공기는 법정 연료를 탑재하도록 규정하고 있다(항공안전법 제53조, 항공안전법 시행규칙 제119조 별표 17 참고). 탑재된 연료만으로 목적지 공항에 도착하기 어려우면 반드시 중간에 연료를 공급 받을 수 있는 예비 공항을 선정하여야 한다.

둘째, 비행에 영향을 미치는 기상 상태는 수시로 변할 수 있으므로 도착 예정 시간에 목적지 공항의 예보된 기상을 파악하여야 한다. 만일 목적지 공항의 기상예보가 착륙 최저치 미만일 경우 대체 공항으로 회항하거나 출발을 미루어야 한다.

### 3.2.3 무선항법(Radio Navigation)

항법 중에 지형지물을 확인할 수 있다면 지문항법과 추측항법을 적절히 사용하여 정확한 항법을 할 수 있다. 그러나 저명한 지형지물이 없거나 시계비

PILOT'S PLANNING SHEET															
PLANE IDENTIFICATION										DATE					
COURSE	TC	WIND		ALTITUDE	WCA R+ L-	TH	MAG VAR W+ E-	MH	DEV	CH	TOTAL MILES	GS	TOTAL TIME	FUEL RATE	TOTAL FUEL
		Knots	From												
From Chickasha	031°	10	360°	8000	3° L	28	7° E	21°	+2°	23	53	106 kts	35 min	8 GPH	38 gal
To Guthrie															
From															
To															

VISUAL FLIGHT LOG								
TIME OF DEPARTURE	NAVIGATION AIDS	COURSE	ALTITUDE	DISTANCE	ELAPSED TIME	GS	CH	REMARKS
POINT OF DEPARTURE	NAVAID IDENT. FREQ.	TO FROM	TO FROM	POINT TO POINT CUMULATIVE	ESTIMATED ACTUAL	ESTIMATED ACTUAL	ESTIMATED ACTUAL	WEATHER AIRSPACE ETC.
Chickasha Airport			8000	11 NM	6 min +5	106 kts	023°	
CHECKPOINT #1			10000					
CHECKPOINT #2			8000	10 NM	6 min	106 kts	023°	
			10000	21 NM				
CHECKPOINT #3			8000	10.5 NM	6 min	106 kts	023°	
			10000	31.5 NM				
CHECKPOINT #4			8000	13 NM	7 min	106 kts	023°	
			10000	44.5 NM				
DESTINATION				8.5 NM	5 min			
Guthrie Airport				53 NM				

[그림 3-39] 항법 계획서

행이 어려운 기상 상태에서 추측항법에만 의존해서 비행하는 경우에는 시간이 경과함에 따라 오차가 누적되어 정확한 항법을 수행하기가 어려워진다. 정확한 항법은 항공기의 위치 파악과 경로 유지를 하는 것이 우선이므로 이를 가능하게 해 주는 무선향행 시설을 이용한 항법이 이용되고 있다. 무선향행은 지상에 설치되어 있는 무선향행 시설에서 발사되는 전파 신호를 항공기에 탑재된 수신기로 그 신호를 수신하여 항공기의 위치와 경로를 알아내는 방법이다. 무선향행은 매우 정확하게 항공기의 위치를 알 수 있지만 전파의 수신거리 밖에 있거나 장애물로 인하여 전파 수신이 어렵고 신호 간섭이 발생하는 지역에서는 무선향행이 불가능한 단점이 있다. 무선향행에 사용되는 무선향행 시설은 VOR, DME, NDB 등이 있다. 본 교재에서는 VOR(전방향 표시 시설)에 대하여 설명하고자 한다.

### 3.2.3.1 무선향행 계기

#### (Radio Navigation Instruments)

##### (1) VOR 수신 항법 계기

VOR을 이용한 무선향행은 항법 신호를 송신하는 지상 시설과 그 신호를 수신하는 항공기에 탑재된 수신기가 필요하다. 지상 시설은 지상의 특정 지점에 위치하여 정해진 주파수를 이용하여 신호를 송신하고, 조종사는 수신기에 원하는 VOR의 주파수를 맞추므로써 항법 계기에서 VOR로부터 항공기의 위치와 경로를 알 수 있게 된다. VOR을 이용한 항법 계기는 Course Deviation Indicator(CDI), Horizontal Situation Indicator(HSI), 그리고 Radio Magnetic Indicator(RMI)가 있다.

##### 1) 재래식 VOR 수신기

HSI와 구분되어 말하는 재래식 VOR 수신기 대부분의 훈련용 항공기에 장착되어 있으며 CDI와 OBS(OmniBearing Selector), TO/FROM indicator로 구성되어 있다. CDI는 설정된 경로로부터 벗어난 정도를 나타내 주는 것으로서 조종사는 OBS를 돌려 CDI를 원하는 경로로 맞출 수 있다. TO/FROM 계기는 비행의 방향이 해당 VOR 시설로 향하는 것인지, 또는 시설로부터 멀어지는 경로인지를 알려 준다.

예를 들어 OBS를 돌려 CDI를 중앙에 맞춘 다음 TO/FROM 계기의 TO 방향은 VOR 시설로 향하는 방향이 되고, FROM 방향은 VOR 시설로부터 멀어지는 방향이 된다. 아래 [그림 3-43]을 보면 (A)항공기의 TO/FROM 계기는 TO로 표시되는데 항공기 방향 180°를 유지하면 항공기는 VOR 시설로 향하게 되며, (B)항공기의 경우 FROM으로 표시되는데 180°를 유지하면 항공기는 VOR 시설로부터 멀어지게 된다.

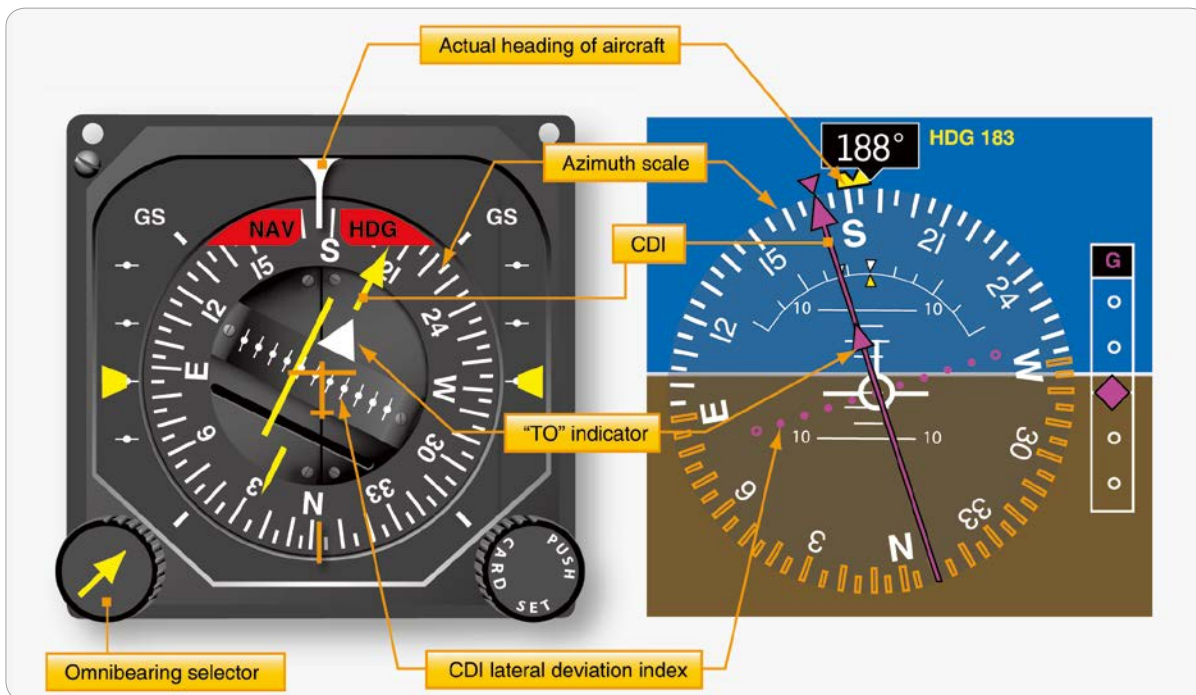
##### 2) HSI(Horizontal Situation Indicator)

HSI는 Flux gate를 이용하여 항공기의 정확한 방향을 지시하는 방향 지시계기 기능과 VOR, ILS의 항법 신호 및 Glide path 신호를 나타내 주는 항법 계기이다. HSI는 조종사가 선택한 항로로부터 항공기의 위치를 파악하기 쉽게 나타내 준다.

[그림 3-41]의 오른쪽 그림을 살펴보면 항공기의 기수 방향은 183°이고 Course select pointer는 170°를 가리키고 있으며 반대 방향은 350°를 가리키고 있다. TO/FROM 계기를 이용



[그림 3-40] VOR 수신기와 계기



[그림 3-41] 기계적인 HSI와 electronic HSI

하여 TO 쪽, 즉 170° 방향으로 항공기 방향을 유지하면 항공기는 VOR 시설을 향하게 된다. 붉

은색의 'NAV' 경고 표시는 해당 VOR 시설로부터 너무 멀리 떨어져 있어 신호를 수신할 수 없거나

주파수를 잘못 맞추었을 때 나타나며, 'HDG' 경고 표시는 HSI의 방향을 지시해 주는 Gyro가 고장이고 compass card가 작동되지 않을 때 나타난다.

3) RMI(Radio Magnetic Indicator)

RMI는 항공기의 기수 방향(Heading)뿐만 아니라 무선항행 시설인 VOR과 NDB로부터의 상대적 위치를 나타내 주는 항법 계기이다. RMI에는 두 개의 방위 지시침(Needle)이 있는데 그 중 하나인 녹색 지시침은 VOR의 위치를 지시해 주고, 노란색의 지시침은 NDB의 위치를 지시해 준다.

아래 [그림 3-42]는 VOR로부터 항공기의 위치는 060° 래디얼(Radial)에 있고, NDB로부터 041° 자기 베어링(Magnetic bearing)에 있음을 지시하고 있다.



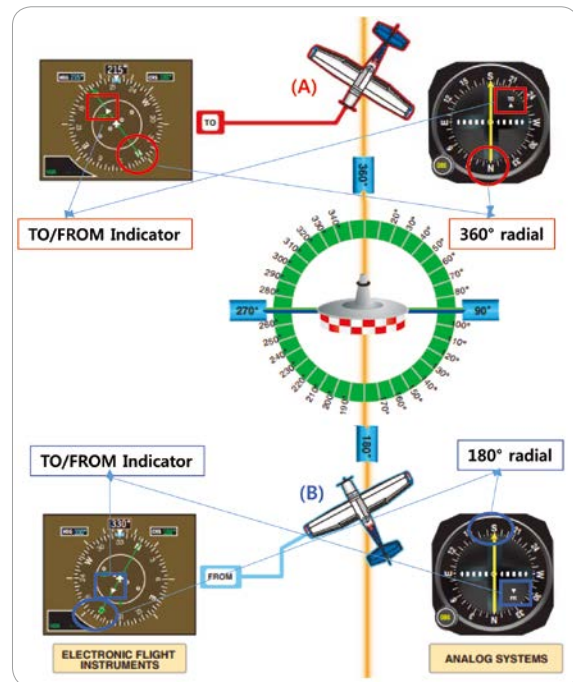
[그림 3-42] RMI(Radio Magnetic Indicator)

3.2.3.2 VOR을 이용한 무선항법

(1) 항공기 위치 파악

VOR 수신기는 항공기의 기수 방향과 관계없이 항행 시설로부터 항공기 위치를 360° 전(全)방향 래디얼(Radial)로 지시한다. 항공기의 위치를 지시하는 계기는 CDI(Course Deviation Indicator)가 장착되어 있는 VOR Indicator, HSI(Horizontal Situation Indicator), 그리고 RMI(Radio Magnetic Indicator)가 있다.

VOR Indicator나 HSI를 이용하여 항공기 위치를 알고자 할 때에는 우선 VOR 수신기에 해당 무선 시설의 주파수를 맞추고 CDI를 중앙에 오게 한 다음 TO/FROM Indicator의 FROM 쪽의 숫자 혹은 TO의 반대쪽 숫자가 항공기의 위치가 된다. [그림 3-43]을 살펴보면 (A)항공기는 해당 무선 시설로부



[그림 3-43] VOR Indicator를 이용한 항공기 위치 파악



[그림 3-44] RMI를 이용한 항공기 위치 파악

터 360° 래디얼에 있으며 (B)항공기는 180° 래디얼에 있다.

RMI를 이용하여 항공기 위치를 파악하는 것은 아주 쉽다. 수신기에 해당 무선 시설의 주파수를 맞추고 RMI에 지시되는 VOR Needle의 꼬리 쪽이 항공기의 위치가 된다. [그림 3-44]를 살펴보면 항공기는 해당 VOR 시설로부터 355° 래디얼에 있으며 NDB 시설로부터는 015° 베어링에 있다.

(2) VOR/DME를 이용한 지점 간 비행(Fix to Fix)

VOR/DME를 이용한 지점 간 비행은 VOR/DME 시설을 이용하여 원하는 지점으로 곧바로 비행하려 할 때 이용된다. 레이더 관제 하에 있을 때는 관제사가 정해진 지점으로 유도하여 주기 때문에 이 방법이 필요 없지만, 레이더 관제를 못 받거나 비상시 위치 파악 및 상황 판단을 위하여 유용한 절차이므로 숙지할 필요가 있다.

1) 비행 절차

VOR/DME를 이용한 지점 간 비행은 다음의 순서대로 절차를 수행한다.

- ① Set Frequency, Tune & Identify

- ② Orientation & CSW set up

- ③ 원하는 VOR/DME Fix로 가기 위한 기수 방향을 구하고 구해진 기수 방향으로 선회한다.

2) RMI를 이용하여 VOR/DME Fix로 비행하기 위한 항공기 기수 방향을 구하는 방법

- ① RMI의 중앙을 VOR Station으로 가정하고
- ② 현재의 위치(RMI Needle Tail)에서 가고자 하는 지점으로 직선을 그은 다음
- ③ 이 직선과 평행하게 RMI의 중심에서 평행하게 그은 선과 만나는 지점이, 원하는 지점으로 비행할 수 있는 항공기 기수 방향이다.

예1; VOR Station으로부터 항공기의 위치가 비행하려는 VOR/DME fix의 거리와 동일한 경우 (현재의 위치 355Radial/20NM에서 270Radial/20NM으로 비행하려는 경우)

- ① RMI의 계기 중심 위치를 VOR Station으로 가정하면,



[그림 3-45] VOR DME Fix to Fix 예1

- ② 현재의 위치(a)는 Station으로부터 20NM 떨어진 지점이다.
- ③ 가고자 하는 지점은 항공기 위치와 VOR Station으로부터의 거리가 같기 때문에 (b)의 위치가 된다.
- ④ 따라서 (a)에서 (b)지점으로 비행을 하여야 하므로 (a)와(b)를 직선으로 이은 선과
- ⑤ 이 직선과 평행하게 RMI의 계기 중심 위치에서 평행하게 이은 선이 만나는 곳(215°)이 (b)지점으로 비행하기 위한 항공기 기수 방향이다.

예2; VOR Station으로부터의 항공기의 위치가 비행하려는 지점의 거리보다 짧은 경우  
(현재의 위치 355Radial/10NM에서 270Radial/20NM으로 비행하려는 경우)

- ① RMI 계기의 중심 위치를 VOR Station으로 가정하면,
- ② 가고자 하는 지점이 VOR Station으로부터 20NM 떨어진 지점 (b)라 가정할 때,

- ③ 현재 항공기의 위치는 (b)지점 거리의 1/2이 되는 (a)이다.
- ④ (a)에서 (b)지점으로 비행을 하여야 하므로 (a)와(b)를 직선으로 이은 선과
- ⑤ 이 직선과 평행하게 RMI의 계기 중심 위치에서 평행하게 이은 선이 만나는 곳(270°)이 목표 지점으로 비행하기 위한 항공기 기수 방향이다.

예3; 항공기의 위치가 비행하려는 VOR/DME fix의 거리보다 멀리 있는 경우

(현재의 위치 355Radial/20NM에서 270Radial/10NM으로 비행하려는 경우)

- ① RMI 계기의 중심 위치를 VOR Station으로 가정하면,
- ② 현재 항공기의 위치(a)를 RMI의 계기 중심 위치로부터 20NM 떨어진 지점이라 가정할 때,
- ③ 가고자 하는 지점은 (a)지점 거리의 1/2이 되는 (b)지점이다.



[그림 3-46] VOR DME Fix to Fix 예2



[그림 3-47] VOR DME Fix to Fix 예3

- ④ (a)와(b)를 직선으로 이은 선과
- ⑤ 이 직선과 평행하게 RMI 계기의 중심 위치에서 평행하게 이은 선이 만나는 곳(205°)이 목표 지점으로 비행하기 위한 H/D이다.

(3) RMI를 이용하여 VOR 항로 진입 방법

1) 항로 진입 후 Inbound 방법

In Bound 절차는 원하는 항로에 진입하여 항로를 따라 Station 쪽[TO(△)]으로 향하는 것이다.

① 절차

- VOR 수신기에 해당 주파수를 맞추고 정확히 맞추었는지 확인한다.(Tune and Identify)
- Orientation(현재의 위치 파악)
- CDI를 원하는 경로에 맞춘다.
- 항로에 진입하기 위한 Intercept Heading을 구하여 가까운 쪽으로 선회하고
- 선도점(Lead point)을 설정하여 CDI가 중앙에 올 수 있도록 선회를 하며, 이후 CDI가 중앙에서 벗어나지 않도록 항공기 기수 방향을 유지한다.

② Intercept Heading을 구하는 방법

원하는 경로(Desired Course)로 Inbound 하기 위한 진입 각도(Intercept angle)는 90°까지 가능하지만 Station으로부터의 거리, 시간 등에 따라 다르게 적용할 수 있다. 그러나 Inbound는 Station에 가까워지므로 진입 각도는 통상 30°로 한다.

- RMI 계기를 이용하여 Intercept Heading을 구하는 방법



[그림 3-48] 항로 진입 후 Course Inbound 진입 각 구하는 방법

RMI를 이용하여 Inbound course에 진입하고자 할 때, 진입 Heading은 원하는 경로(Desired Course)에서 RMI의 Needle ON TOP(화살표)을 지나, 30° 지난 지점이 In Bound를 위한 Intercept Heading이다.

예) 관제사의 지시가 'HL1234 Course Interception 150 Radial of XXX VOR then Proceed Inbound'라 하면

- (150 Radial inbound이므로) 원하는 경로(Desired course)는 330°가 된다
- 330°에서 VOR Needle on top을 지나
- 30°가 되는 곳이 Inbound Heading이 된다.(H/D 040°)

2) 항로 진입 후 Out Bound 방법

Out Bound 절차는 원하는 경로에 진입한 다음 항로를 유지하며 Station 반대쪽[FROM(▽)]으로 향하는 것이다.



① 절차

- VOR 수신기에 해당 주파수를 맞추고 정확히 맞추었는지 확인한다.(Tune and Identify)
- Orientation(현재의 위치 파악)
- CDI를 원하는 경로에 맞춘다.
- 항로에 진입하기 위한 Intercept Heading을 구하여 가까운 쪽으로 선회하고
- 선도점(Lead point)을 설정하여 CDI가 중앙에 올 수 있도록 선회를 하며, 이후 CDI가 중앙에서 벗어나지 않도록 항공기 기수 방향을 유지한다.

② Intercept Heading을 구하는 방법

원하는 경로(Desired Course)로 Outbound 하기 위한 진입 각도(Intercept angle)는 90° 까지 가능하지만 Station으로부터의 거리, 시간 등에 따라 다르게 적용할 수 있다. 그러나 Outbound는 Station으로부터 멀어지므로 진입 각도는 통상 45°로 한다.



[그림 3-49] 항로 진입 후 Course Outbound 진입 각 구하는 방법

- RMI 계기를 이용하여 진입 각 구하는 방법  
RMI를 이용하여 Out bound course에 진입하고자 할 때, 진입 방향은 현재의 위치(RMI의 Needle Tail)로부터 Desired Radial(course)을 건너 45° 지점이다.

예) 현재의 위치(090°Radial)에서 120°Radial로 outbound 하는 경우, Intercept heading은 165°가 된다.

3.2.3.3 최신 항법 장비(Advanced Avionics)의 이용

(1) 전자 비행계기(Electronic Flight Instruments)

최근의 항법 장비들은 위성의 이용과 통신기술의 발전으로 비행경로의 선정, 비행 거리와 시간, 연료 계산, 기상을 포함한 비행 정보의 제공, 자동 접근 및 착륙을 가능하게 해 주고, 계획된 항로와 비교 되도록 MFD(Multi Function Display)에 항공기의 현재 위치를 계속해서 나타내 줌으로써 조종사가 상황 판단을 쉽게 하여 정확하고 안전한 비행을 할 수 있도록 도와주고 있다.

최신의 항법 장비들은 과거의 항행 장비와 비교하여 Information, Automation, Options의 제공과 활용에 큰 발전을 이루었으며, 비행 안전과 효율적인 항공기 운항을 위해 큰 역할을 하게 되었다. 그러나 비행 안전과 효율적인 운항은 제공되는 정보들을 정확히 해석하고 그에 따른 상황 판단을 올바르게 하였을 때 이루어진다. 그러기 위해서 장비 사용에 익숙해야 하고 제공되는 정보들을 정확히 해석하고 판단할 수 있어야 한다. 그러나 이렇게 편리하고 정확한 장비도 고장이 났을 때는 무용지물이 되며 비행 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있으므로, 이런 경우

에 대비하여 장착되어 있는 대체 장비 사용에 익숙해져 있어야 한다. 항행 장비를 최대한 활용하고 고장 났을 때 그에 따른 위험을 줄이기 위해서는 정확한 점검표의 사용과 체계적인 훈련(Systematic Training)이 필요하다.

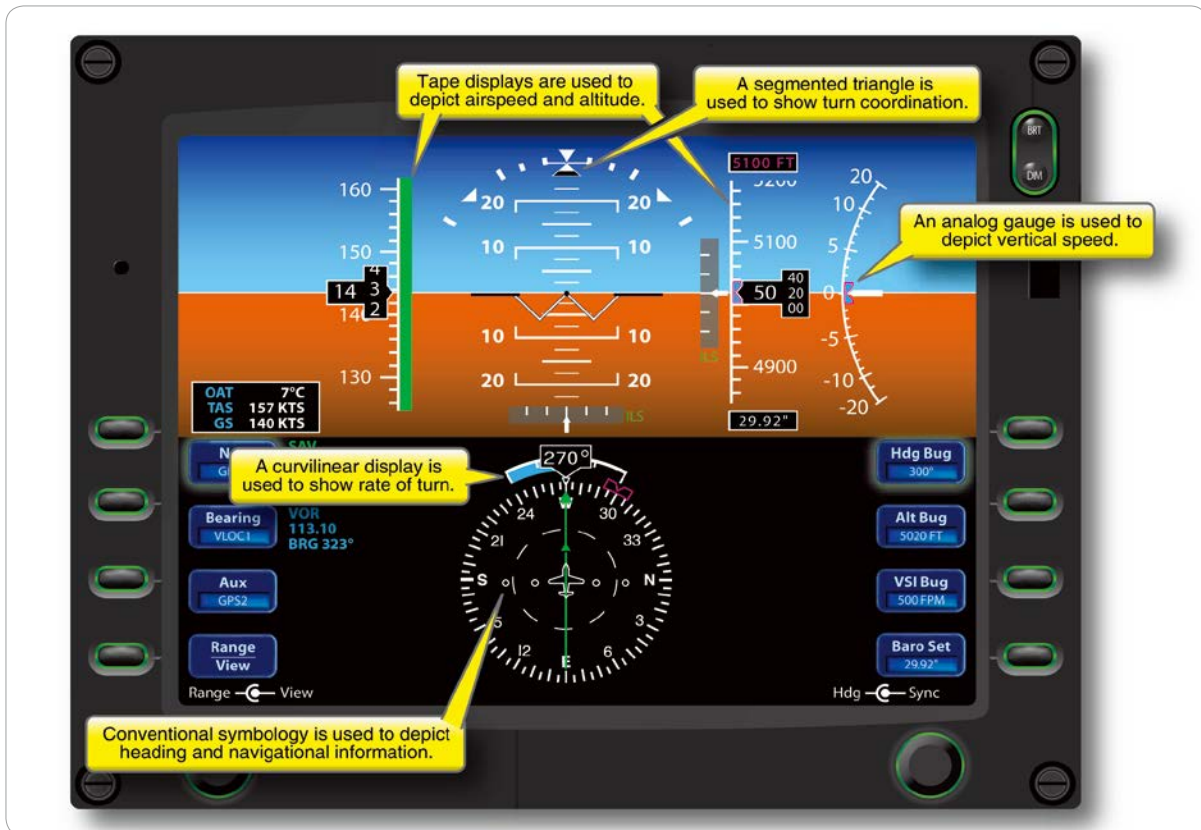
1) PFD(Primary Flight Display)

PFD는 재래식 장비와는 달리 여러 개의 계기를 한 곳에 종합하여 나타내 주는 비행계기이다.

PFD에는 고도, 속도, 항공기 기수 방향, 항공기 자세 등을 나타내는 비행계기와 항공기의 위치와 경로, 비행시간과 거리 등을 지시해 주는

항법 계기가 포함되며, 외기 온도, 바람 데이터 및 기타 비행에 필요한 정보를 제공하고 항공기 System, 최저 고도 등을 나타내 주고, 지정된 고도를 이탈하거나 항공기 주위에 있는 다른 항공기 및 장애물 접근에 대한 경고 등을 나타내는 종합 비행계기이다.

PFD는 종류마다 약간씩 상이하나 PFD의 중앙에는 큰 자세 계기가 있고, 자세 계기 오른쪽에는 재래식 계기와는 다르게 Tape 형태로 지시되는 고도계와 왼쪽에는 속도계가 있으며, 자세 계기 아래에는 항공기 기수 방향을 나타내 주는 방향 지시계가 있다.

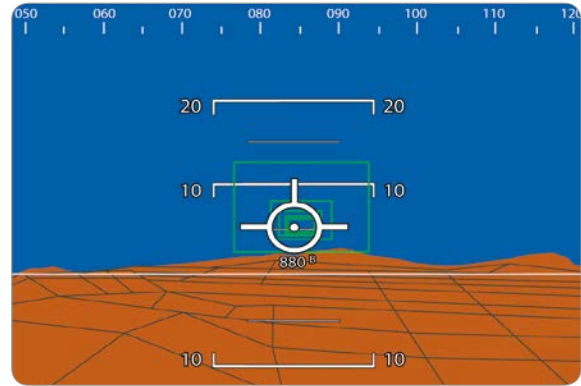


[그림 3-50] PFD(Primary Flight Display)

2) PFD의 항법에 관한 정보

전자 비행계기(Electronic Flight Instruments)를 이용한 항법은 PFD와 MFD(Multi Function Displays)를 같이 활용하여 실시할 수 있다. PFD에는 VOR, ILS, GNSS 등으로부터 항행 정보를 받아 비행경로를 지시해 주는 CDI와 항행 시설의 위치, Way point의 위치를 알려주는 Bearing pointer가 있으며, MFD에서는 내장된 지도(Moving map)에 항공기의 현재 위치와 계획된 경로를 표시해 주고 조종사가 미리 계획(Program)하여 놓은 항법 계획을 순서대로 나타내 준다.

정밀한 PFD는 조종사의 상황 판단을 용이하게 하고 비행 안전과 효율성을 높이기 위해 항



[그림 3-51] An Attitude indicator with HITS display symbology

법 경로 주위의 지형지물을 입체적으로 나타내 주기도 하는데, 이를 ‘하늘의 고속도로(HITS; Highway-in-the-sky)’라고 부른다. 조종사는



[그림 3-52] PFD에 나타나 있는 비행, 항법 정보

이를 이용하여 아래 [그림 3-51]에 나타나 있는 것처럼 녹색의 사각형에 항공기가 위치하도록 조종하면 장애물로부터 안전하게 회피하여 계획된 경로를 비행할 수 있다.

### 3) 전자 비행계기(Electronic Flight Instruments)의 HSI

HSI는 항공기의 기수 방향(Heading)을 기준으로 하여 항공기의 수평적 위치를 나타내 주는 비행계기이다. 아래 [그림 3-53]은 GARMIN 1000의 HSI로서 CDI, Course Pointer, To/From Indicator, Heading Bug, Lateral Deviation Scale 등으로 구성되어 있다.



[그림 3-53] Electronic Flight Instruments의 HSI

### 4) MFD(Multi Function Display)

MFD는 항행 정보를 포함하여 비행에 필요한 여러 정보를 시현(Display)시켜 주는 장치이다. 예를 들어 GARMIN 1000의 MFD 기능은 'MAP', 'WPT', 'AUX', 'NRST', 'FPL', 'PROC' 등으로 구성되어 있으며, 이들은 FMS Knob으로 선택하여 이용할 수 있다.

각각의 MFD 기능은 다음과 같은 내용으로 구성되어 있으며, 구성 내용은 장비에 따라 다를 수 있다. 다음은 GARMIN 1000 MFD 구성 내용의 예이다.

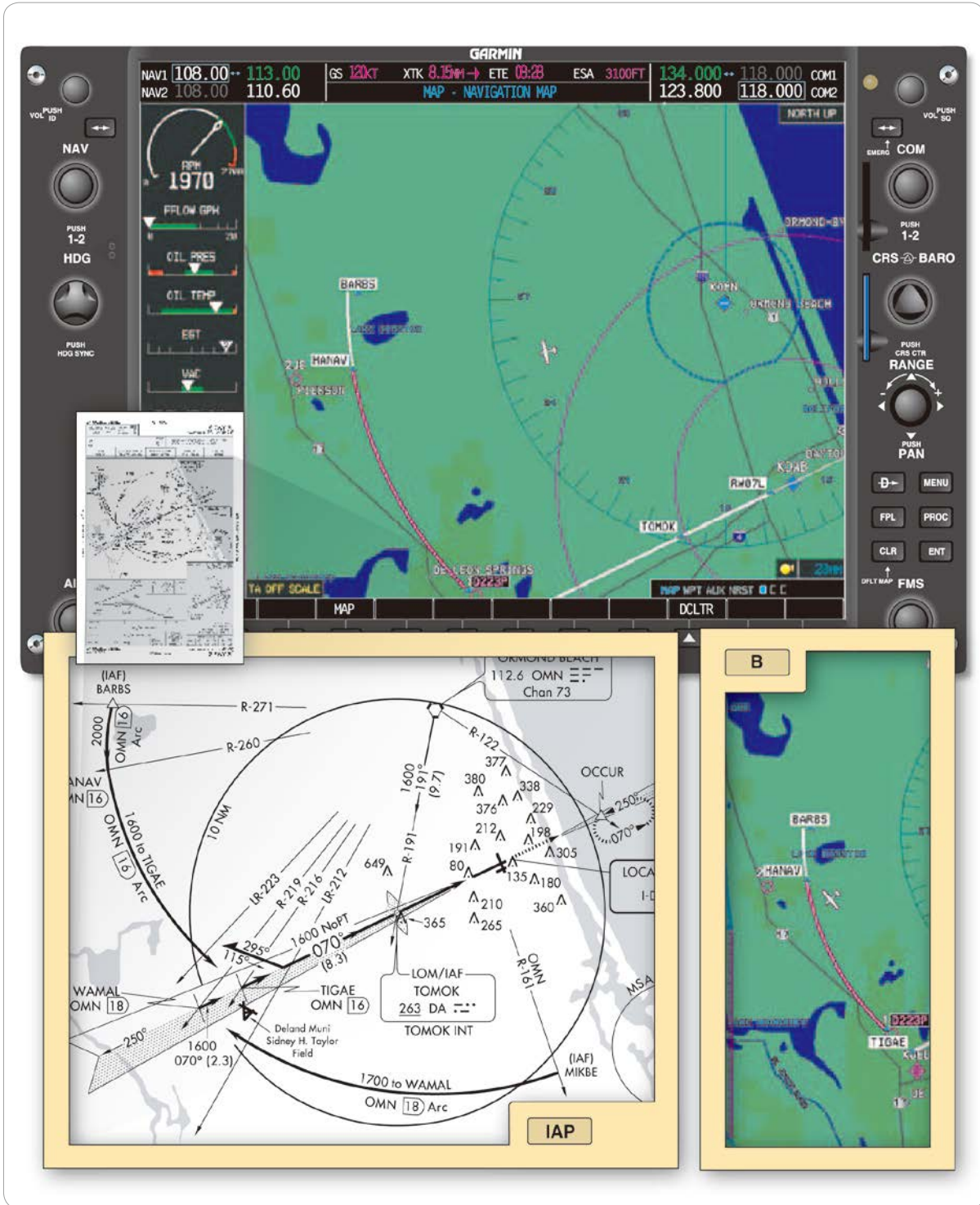
#### ① Map pages(MAP)

- Navigation Map
- Traffic Map
- Storm scope
- Weather Data Link
- Terrain Proximity/TAWS

#### ② Way point pages(WPT)

- Airport Information page
- Airport Information
- Airport Directory
- Departure Information
- Arrival Information
- Approach Information
- Weather Information
- Intersection Information
- NDB Information
- VOR Information
- User Waypoint Information

#### ③ Auxiliary Pages(AUX)



[그림 3-54] MFD를 이용한 계기접근

- Trip Planning
- Utility
- GPS Status
- System Setup
- System Status
- Sirius XM Satellite pages
  - XM Information
  - XM Radio
- Video(Optional)
- ④ Nearest Pages(NRST)
  - Nearest Airports
  - Nearest Intersections
  - Nearest NDB
  - Nearest VOR
  - Nearest User Waypoints
  - Nearest Frequencies
  - Nearest Airspaces
- ⑤ Flight Plan Pages(FPL)
  - Active Flight Plan
    - Wide View, Narrow View
  - Flight Plan Catalog or Stored Flight Plan
- ⑥ Procedure Pages(PROC)
  - Departure Loading
  - Arrival Loading
  - Approach Loading

[그림3-54]은 ORM VOR을 이용하여 16NM DME ARC Turn 후 Localizer 진입하는 경로를 MFD에 나타낸 것이다.

(2) 최신의 비행계기(Advanced Flight Instruments)

최신의 비행계기들은 재래식 장비에 비해 훨씬 정밀하게 측정되어 매우 정확하고 세밀하게 지시한다. 자세 계기는 자이로가 아닌 Micro electronic sensors에 의해 측정되고, 방향 지시계기는 Magnetometer or Magnetic flux valve에 의해 방향이 측정된다.

최신의 비행계기들 중에는 통합된 sensor system을 이용하여 자세 계기와 방향 지시계기를 작동시키는데, 이를 'AHRS(attitude heading reference system)'라고 하며 고도와 속도 정보는 동·정압 계통에서 측정된 공기의 정압과 동압, 공기의 온도를 Air Data Computer System(ADC)을 통하여 제공된다.

1) Attitude and Heading Reference System (AHRS)

AHRS의 gyroscopic system은 항공기의 정밀한 자세와 방향을 동시에 나타내 주는 장치로서 자세 계기, 방향 지시계기, 선회계기 등을 통합한 것이라 할 수 있다. 항공기의 정밀한 자세와 방향을 나타낼 수 있는 것은 기존의 자이로와는 달리 Ring-LASER Gyroscope가 개발됨으로써 가능하게 되었으며, 그에 따라 자세 계기, 방향 지시계기, 선회계기에 사용되는 각각의 자이로를 따로따로 장착할 필요가 없게 되었다.

AHRS는 작은 solid state 시스템으로 저렴한 Inertial sensors, Rate gyros, Magnetometers, Satellite reception 장치 등으로 구성되어 있다.

작동 원리는 항공기가 움직임에 따라 발생하는 관성(inertial sensors)을 감지하여 항공기 3축을 기준으로 한 각가속도와 선형 가속도를 산출하여 Pitch roll과 Yaw acceleration, Magnetic

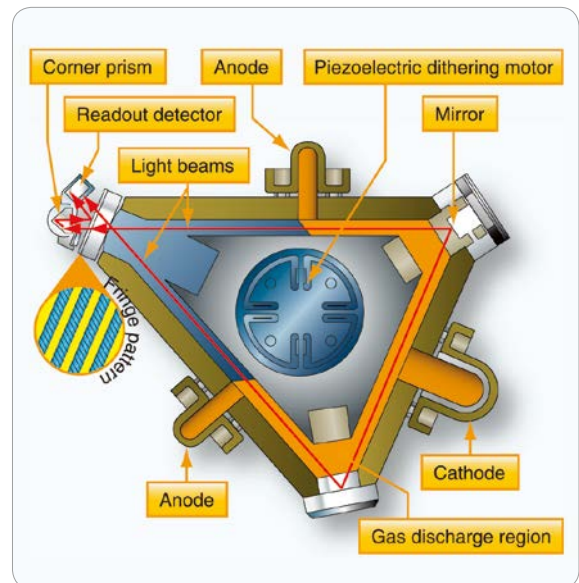


[그림 3-55] AHRS 구성품

heading을 측정하고 그 크기를 전기적 신호로 바꾸어 항공기 자세와 방향을 표시한다.

### 2) Ring Laser Gyro(RLG)

Ring Laser Gyro는 Rate를 감지하는 센서로서 Rotor가 필요하지 않다. 구조는 온도에 강한 유리로 된 고체 블록 내에 헬륨과 네온으로 가득 찬 Laser path가 있다. Ring Laser Gyro는 두 개의 Laser beam이 삼각형의 Laser path를 따라 반대 방향으로 움직이는데, 외부의 힘(상승, 강하, 선회 등)에 의해 자이로가 움직이게 되면 하나의 laser beam은 더 먼 거리를 움직이며 다른 beam은 더 짧은 거리를 움직이게 된다. 두 beam이 합쳐지면서 발생하는 시간차를 광학 센서가 측정하여 측정된 값을 산출하여 항공기가 움직인 정도를 나타낸다.



[그림 3-56] Ring Laser Gyro(RLG)

### 3) Air Data Computer

항공기의 정확한 비행 정보를 측정하고 그 결

과를 비행계에 나타내 주거나 연관되는 장비에 보내어 자동조종장치, 여압 장치, 항행 장비 등 항공기 시스템의 정확도를 향상시켜 주는 장비이다. Air Data Computer에 공기의 동·정압, 온도, 기압 등이 입력되어 정확한 비행고도,



[그림 3-57] Air Data Computer

수직속도, 계기속도, 진대기속도, 풍속, 음속, 외부 대기 온도, 받음각 등을 산출하여 연관되는

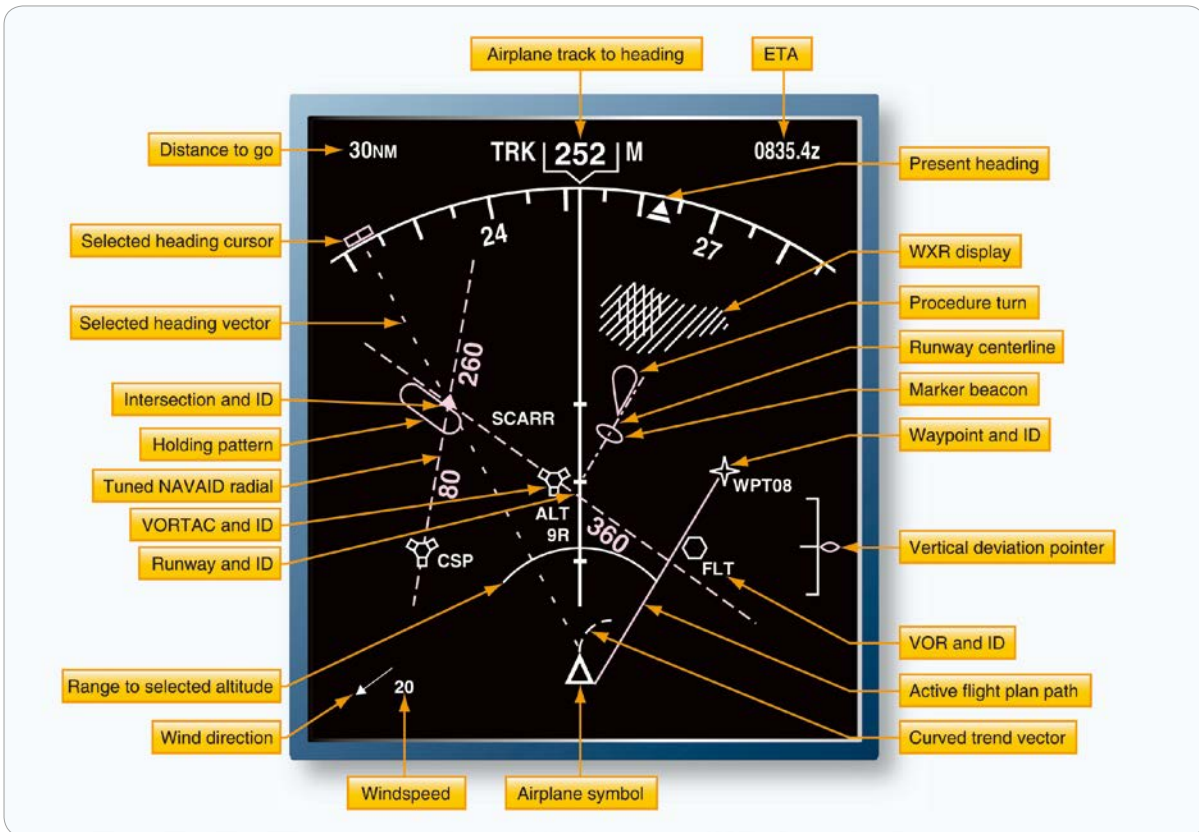
장비에 보내 주게 된다.

(3) 전자 비행정보 시스템

(Electronic Flight Information Systems)

최신의 항공기는 매우 복잡한 기기와 장비로 이루어졌다. 이러한 항공기를 사람의 판단으로 운영하기에는 매우 불안전하므로 이를 안전하게 운영하기 위해서는 컴퓨터 시스템이 필수적으로 필요하다. 컴퓨터를 사용함으로써 각종 계기의 복잡성이 줄어들고 조종사의 주의 집중을 높이는 효과를 가져왔다.

‘Glass cockpit’은 컴퓨터로 처리된 각종 비행정



[그림 3-58] ND(Navigation Display)

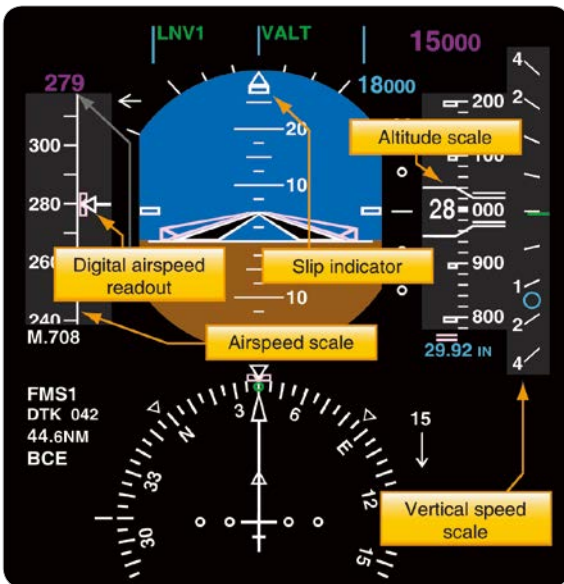


보를 하나의 화면(Glass cockpit)으로 볼 수 있도록 한 장치이다. 재래식 항공기는 비행정보를 각각의 비행계기에 따로 나타내 줌으로써 조종사는 그것들을 일일이 확인하여야 하는 불편이 있는 데 비하여, 'Glass cockpit'은 한 화면에서 여러 가지 비행정보를 볼 수 있으므로 조종사의 업무 부하를 줄여 주고 상황 판단을 용이하게 해 준다. 아래 그림과 같이 조종사는 전자정보 시스템으로 나타내 주는 항법 정보를 한 번에 볼 수 있으며, 필요에 따라 Mode를 바꿔 원하는 정보를 얻을 수 있다.

(4) 전자 비행계기 시스템

(EFIS ; Electronic Flight Instrument System )

전자 항공계기 시스템은 재래식 비행계기를 하나로 통합한 계기이다. 이 시스템은 항공기 자세 계기와 방향 지시계기 등을 통합하여 조종사가 쉽게 볼 수 있도록 계기판의 중심에 장착하여 놓는다.



[그림 3-59] EFIS(Electronic Flight Instrument System)

(5) 비행 관리 시스템

(FMS; Flight Management System)

FMS는 그 자체로서 항법 장비는 아니다. FMS는 효율적이고 안전한 운항을 위하여 개발된 컴퓨터 장치로 미리 입력된 항법 자료(Navigation Database)와 항공기 성능 자료(Performance Database)의 자료를 산출하여 EFIS(Electronic Flight Instrument Systems), ND(Navigation Display), MFD(Multi Function Display) 등에 표시하고 자동조종장치를 지원하는 기능을 통합한 시스템이다.

FMS는 항공기의 현재 위치에서 원하는 지점까지 항로를 결정하고, 비행 계획 및 계산을 수행하며, VOR, DME, LOC 등 무선향행 시설을 선택하고 이 시설로부터 항법 자료를 수신하는 기능을 가지고 있다. 조종사는 출발 전에 항공기의 위치, 이륙 활주로, DP, 항로 Way point, 계기접근 절차, 대체 공항까지 항로를 프로그래밍 하여 CDU(Control Display Unit)에 입력한다.



[그림 3-60] FMS의 CDU

### 3.2.4 성능 기반 항행

#### (PBN ; Performanced Based Navigation)

‘성능 기반 항행(PBN)’이란, ATS(Air Traffic Service) 항공로, 계기접근 절차 또는 지정된 공역을 운항하는 항공기가 갖추어야 하는 성능 요건(performance requirement)을 기반으로 한 지역항법(Area navigation)을 말한다.

##### 3.2.4.1 차세대 항행 시스템(New CNS/ATM)

경제 발전으로 사람들의 활동이 활발해지고 국제화되면서 항공 수요는 급격하게 증대되고 있다. 그러나 재래식 항공교통 시스템으로는 급격하게 증대되는 항공교통량을 감당하기에 제한 사항이 많아, 이를 해결하기 위해 국제민간항공기구(ICAO)는 1983년에 FANS(Future Air Navigation System: 미래 항행 시스템) 특별위원회를 구성하여 위성을 이용한 항행 시스템에 대하여 본격적인 연구와 개발을 시작하였으며, 1991년 제10차 항공항행회의에서 FANS를 발전시킨 CNS/ATM 개념을 21세기 표준 항행 시스템으로 채택하기로 결의하였다.

ICAO는 CNS/ATM를 ‘Communications, navigation, and surveillance systems, employing digital technologies, including satellite systems together with various levels of automation, applied in support of a seamless global air traffic management system.’으로 정의하고 있다.(Doc 9750)

항공기를 안전하고 효율적으로 운항하기 위해서는 통신(Communication)과 항행(Navigation), 그리고 감시(Surveillance) 시스템이 얼마나 효율적으로 구축되어 있느냐가 중요하다.

‘통신’은 항공기와 관제사, 항공기와 비행정보 센터, 또는 항공사 사이에 항공기 운항에 필요한 정보를 교환하는 것이며, ‘항행’은 항공기가 목적지까지 안전하고 효율적으로 운항할 수 있도록 출발과 항공로비행, 목적지 공항의 접근 착륙에 필요한 정보를 제공한다. ‘감시’는 감시 시설과 장비를 이용하여 항공기의 비행 위치를 파악하고 항공기 간의 간격 분리를 통해 충돌 위험을 방지함으로써 안전 운항에 기여하게 되는데, 이 세 가지의 기능을 CNS라 한다.

항공교통 관리(ATM)는 CNS를 바탕으로 교통량과 흐름을 관리하고 예측하여 효율적으로 조절함으로써 항공교통의 안전성의 향상과 효율화를 도모하는 방법이다.

#### (1) 통신(COMMUNICATION)

##### 1) CNS/ATM의 한 분야인 통신의 기능은

Aeronautical Users와 Automated system 간에 운항에 필요한 정보를 교환하는 것이며, 특별한 경우에 항행과 감시를 지원하기도 한다. CNS/ATM의 통신시스템은 음성으로 이루어지는 재래식 통신시스템과는 달리 대부분은 자동화된 Digital Data 교환으로 이루어진다. 음성 통신은 일상적이지 않는 상황이나 비상 상황에서 사용되게 된다.

##### 2) Data Link System

항공기와 관제 기구 간의 통신은 음성 방식에서 자동화된 Digital Data 송수신 방식으로 변화된다. 예를 들어, 디지털통신과 위성 장비를 이용하는 CPDLC(Controller-Pilot Data link Communication)는 조종사와 관제사 간에 음

성이 아닌 문서(TEXT) 형식의 정보를 자동화된 Digital Data 송수신 방식으로 전송할 수 있어 음성 통신이 줄어들게 되므로 조종사와 관제사의 업무 부하를 감소시키고 안전하고 효율적인 운항에 기여할 수 있게 된다.

3) AMSS(Aeronautical Mobile Satellite Services)  
위성을 이용하여 데이터통신과 음성 통신이 가능한 시스템이다. 위성은 전 세계 모든 지역에서 이용 가능하므로 재래식 시스템으로 통신이 불가능한 지역에서도 서비스(service)가 가능하게 된다.

4) VHF  
통신시스템은 자동화된 Digital Data 송수신 방식으로 발전되지만, VHF는 아직도 신뢰성이 높은 통신 장비이므로, 복잡한 공항이나 비정상적인 상황에서 유용하게 계속 사용된다. 교통량이 증가하여 VHF 사용이 많아짐에 따라 주파수 Channel 간격을 25Khz에서 8.33Khz로 줄여 사용 가능한 주파수가 증대된다.

5) HF  
HF는 전리층에서 전파를 반사시켜 장거리 통신에 이용하는데, 전리층의 높이는 계절에 따라 변화되어 이에 따른 오차가 발생하여 부정확하므로 위성의 이용이 불가능한 일부 지역(극지방)을 제외하고 AMSS로 대체될 것이다.

6) VDL Mode 2, VDL Mode3, VDL Mode 4  
VHF Data Link(VDL)는 117.975~137MHz

의 주파수를 이용하여 항공기와 지상, 또는 VDL Mode 4일 경우 항공기와 지상 그리고 다른 항공기 간에 운항에 필요한 정보를 Digital Data 방식으로 전송하는 방법이다.

7) SSR Mode S Data link  
SSR Mode S Data link는 항공기 감시에 대한 정보와 제한된 운항 정보를 전송하는 방식이다.

8) HF Data link  
HF 주파수 대역을 이용하여 Data를 전송하는 방법으로 AMSS가 불가능한 극지방에서 이용된다.

9) ATN(Aeronautical Telecommunication Network)  
ATN은 AMSS data, VDL data, Mode S data 등의 정보를 조종사와 지상관제 기구 또는 항공사와 상호 공유하기 위하여 모든 항공통신망을 하나로 통합하여 연결하려는 종합 통신망이다. ATN을 통하여 조종사는 지상에 있는 관제 기관과 항공사에 접속하여 운항에 필요한 각종 정보를 교환할 수 있고 항공관제 기관과 항공사, 관련 기관들은 상호 접속이 가능하여 항공 운항에 관한 정보를 공유할 수 있게 된다.

(2) 위성 항행(GNSS Navigation)  
차세대 항행 시스템은 재래식 항행 시스템의 제한 사항을 극복하고 항행 성능의 필수 요구 조건인 정확성(Accuracy), 무결성(Integrity), 가용성(Availability) 및 연속성(Continuity)을 만족하는 위성 항행 시스템으로 발전되고 있다. 위성 항행 시

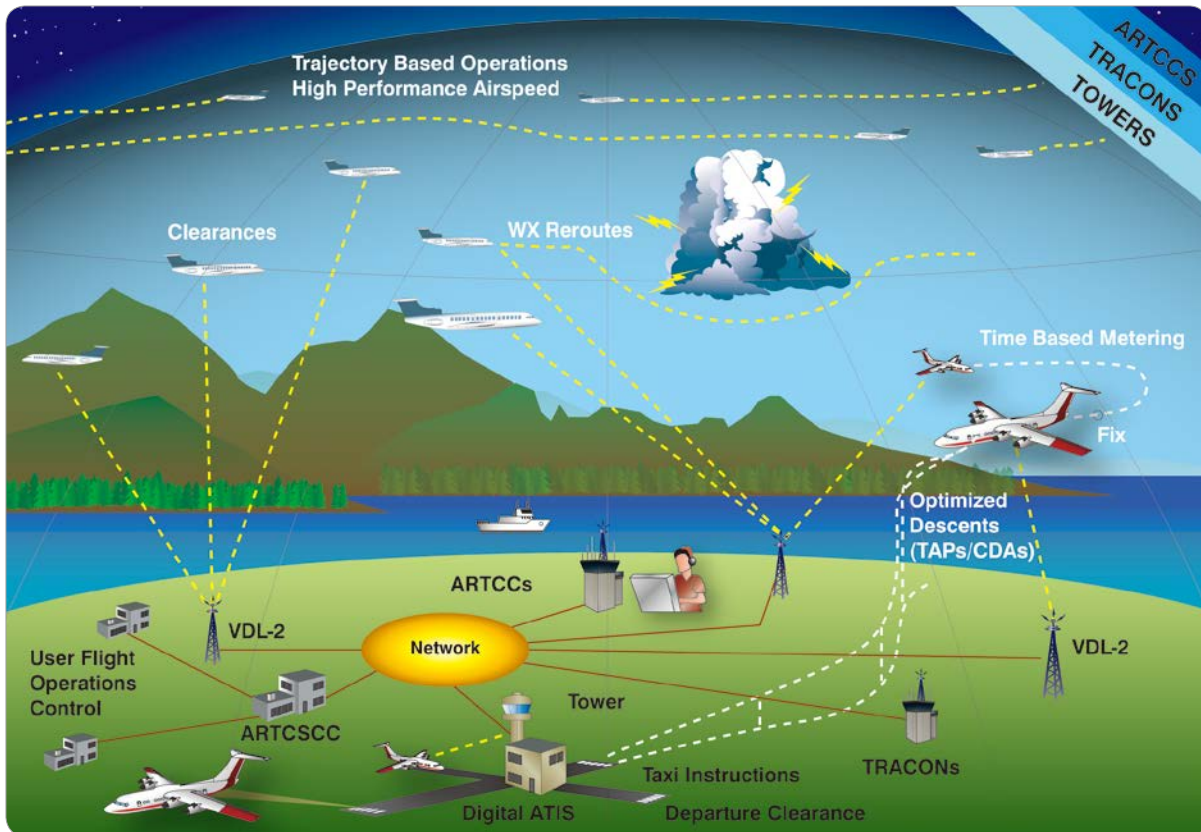
시스템은 ABAS, SBAS, GBAS 등의 보정 방법으로 위성 신호의 오차를 줄여 어떠한 기상 상황에서도 정확하고 신뢰성 있는 정보와 항공기의 위치뿐만 아니라 시간의 정보까지 제공하는 4차원의 항행 정보(위치 및 시각)를 제공하여 경제적이고 안전한 비행을 할 수 있도록 해 준다.

항행 시스템은 항행 시설의 종류(Navigation aids Type)에 의한 항법이 아닌, 위성을 주로 이용하여 항공기에 탑재된 장비의 항행 성능에 기반을 둔 성능 기반 항행 시스템으로(PBN; Performance Based Navigation) 발전하고 있다.

(3) 항행 감시(SURVEILLANCE)

비행 안전의 최우선은 항공기 간의 수평, 수직 간격 분리이며, 간격 분리를 위해서는 항공기의 정확한 위치와 고도를 파악하는 것이 중요하다. 항공기의 위치는 비행 중인 조종사가 항공기의 위치와 고도를 규칙적으로 관제사에게 알리는 방법과, 레이더와 Transponder를 이용하여 항공기의 식별, 위치, 고도 정보 등을 파악하는 방법이 있다.

그러나 레이더를 이용한 감시 방법은 레이더 전파의 통달 범위, 장애물로 인하여 방해받는 전파의 특성으로 인하여 장애물이 많은 저고도 지역이나 레이더 통달 범위를 벗어나는 지역에서는 레이더를 이



[그림 3-61] 차세대 항행 시스템

용한 항행 감시가 불가능하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 항공기의 위치와 시간, 기타 필요한 각종 정보를 항공기에 탑재된 장비들 이용하여 통신위성으로 보내고 지상에서는 이를 수신하여 관제사의 관제 화면에 시현 시키면 매우 정확한 실시간의 항공기 운항 정보를 알 수 있게 된다.

또한 지상으로부터 송신된 운항에 필요한 정보와 다른 항공기에서 송신된 정보를 위성으로부터 수신할 수 있는 장비가 항공기에 탑재되어 있으면 항공기에서도 다른 항공기에 대한 운항 정보가 조종석의 계기 화면에 나타나므로 스스로 간격 분리를 가능하게 할 수 있다.

이를 위해 필요한 장비는 MODE-S Transponder, ADS-B, C, ACAS(or TCAS) 등이 있다.

#### (4) 항공교통 관리(ATM; Air Traffic Management)

항공교통 관리(ATM)는 통신(C), 항행(N), 감시(S)로 구성된 지상 시설과 장비, 시스템을 이용하여 항공교통의 흐름을 안전하고 효율적으로 관리하는 체계이다.

ATM의 목표는 항공기 탑재 장비의 성능과 관계없이 항공교통업무 수용이 가능하고 기상, 교통 상황, 운항에 필요한 Data 등에 관한 전반적인 정보 제공을 가능하게 한다.

#### 3.2.4.2 성능 기반 항행

(PBN; Performance Based Navigation)

##### (1) 성능 기반 항행의 개요

급격히 증대되는 항공교통량을 처리하기 위해서는 운항 방식의 개선과 공역의 확충 및 효율적인 운용이 이루어져야 한다. 이를 위해서 항로를 직선화, 또

는 단축하거나, 공항의 입출항 경로를 유연하게 하여 항공기 운항 비용을 감소시키고 항공기에서 배출되는 오염 물질과 소음 피해를 최소화하는 비행 방식의 개선이 필요하게 된다. 이러한 요구 조건을 잘 충족시키는 항행 방식으로 지역 항법(RNAV)이 개발되었으며 지역 항법은 보다 정밀한 성능 기반 항행으로 발전되고 있다.

성능 기반 항행은 개념이 정립되기 전까지 국제적인 기준이 정립되지 않았기 때문에 각 나라와 산업계에서는 서로 다른 기준의 항행 시스템을 만들게 되었고, 이로 인하여 항공기 장비 탑재 및 조종사 훈련을 국가별로 시행해야 하는 번거로움이 있었다. 이를 개선하기 위해 국제민간항공기구(ICAO)는 2007년에 제36차 총회를 개최하여 성능 기반 항행의 국제적인 통일과 조화를 이루기 위해 모든 체약국이 동참하여 공동 노력을 한다는 합의를 이루어 냈다.

##### 1) 성능 기반 항행의 정의

성능 기반 항행이란, 항행 시설의 종류(Navigation aids Type)에 의한 항법이 아니라 항공기에 탑재된 장비의 항행 성능(Navigation Performance)에 기반을 둔 항행 방법이다. 성능 기반 항행은 위성을 이용한 첨단 통신 기술과 성능이 매우 향상된 항행 장비를 사용하므로 항행 정밀도가 높아져 공역 활용의 효율성, 가용성, 정확성을 높이며, 지상의 항행 시설에 의존하여 많은 관리 비용이 소요되는 재래식 항행 시스템에 비해 항행 서비스 지원 비용을 감소시킨다.

##### (2) 재래식 항행과 지역 항법(RNAV)의 비교

###### 1) 재래식 항행 방법의 제한 사항

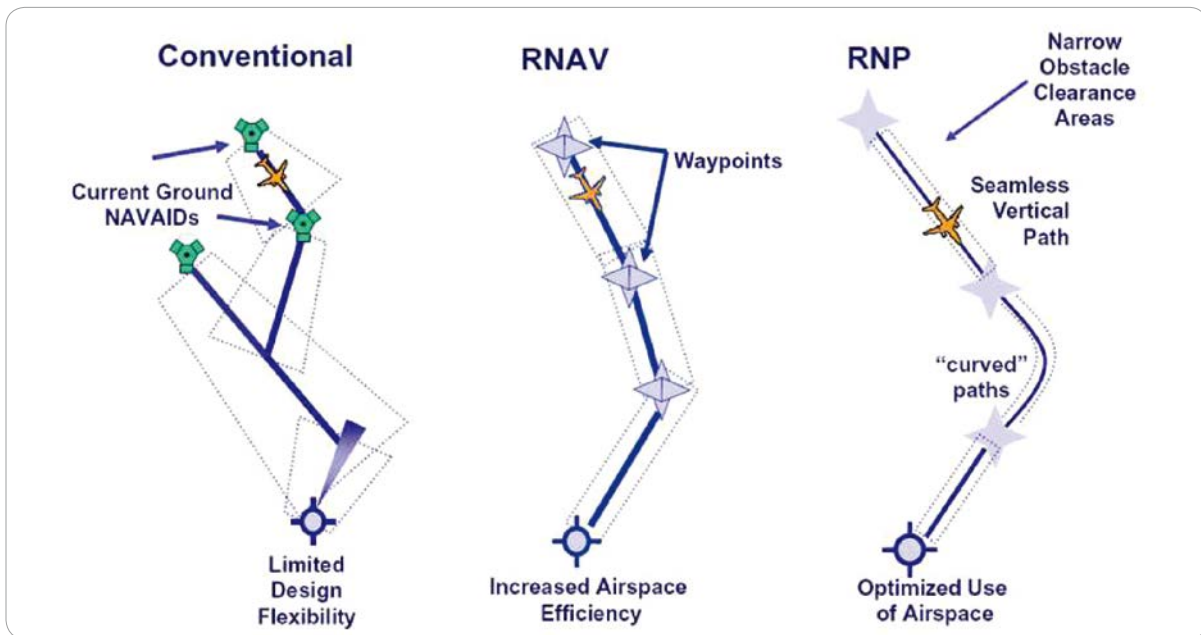
재래식 항행 방법은 지상에 설치된 항행 시설 (VOR, DME, NDB 등)에 의존하여 비행하여야 하므로 항행 시설이 설치된 장소에 따라 제한되는 경로로만 비행할 수밖에 없게 되고, 이러한 항행 시설들은 전파를 송수신하여 항법 정보를 제공하기 때문에 전파의 특성상 항행 시설 주변의 장애물이나 항행 시설로부터 멀어지게 되면 정확성이 저하되고, 항행 시설의 설치 및 유지에 많은 비용이 들어간다. 또한 항행 시설의 정확성이 저하되면 항행 시설에 의해 유도되는 항로의 폭이 넓어지게 되므로, 제한된 공역 내에 새로운 항로를 신설하는 데 제약이 있어 항공교통량 증가에 따른 추가 항로를 확보하기 어렵다.

2) 지역 항법의 이점

위성항법(GNSS)의 이용과 항공기 탑재 장비의

성능 개선은 항공기의 항행 능력을 향상시켜 유연하게 경로를 선택할 수 있는 항법, 즉 지역 항법을 가능하게 하였으며, 지역항법은 지상 시설인 VOR, DME뿐만 아니라 위성도 동시에 이용함으로써 정확성이 증가되어 한정된 지역 내에서 여러 항공로를 생성할 수 있게 된다.

지역 항법은 지정된 경로를 벗어날 경우 확인할 수 있는 방법이 없어 관제사의 지속적인 감시가 필요하게 되는데, 이런 단점을 극복하기 위해 항행 정확도를 지속적으로 감시하고 허용치를 초과하게 되면 조종사에게 자동으로 경고하여 대응할 수 있는 장비(OPMA)를 개발하게 되었고, 이로 인하여 지역 항법보다 발전된 필수 항행 성능(RNP; Required Navigation Performance)이 등장하게 되었다. RNP는 자동으로 감시가 가능하므로 관제사의 업무량을 줄여 주고 정확도가 향상되어 항로 폭을 감소



[그림 3-62] 재래식 항행과 성능 기반 항행의 비교

시켜 공역을 효율적으로 사용할 수 있게 해 준다.

- OPMA : Onboard Performance Monitoring and Alerting

조종사의 실수나 악(惡)기상 등의 영향으로 RNAV가 제시하는 항로를 벗어났을 때, 항공기가 현재 경로에서 이탈했음을 감지하고 경보를 울려 주는 기능으로 위성항법(GNSS)에는 수신기 자체 무결성 감시(RAIM; Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기능이 있고, GNSS 조건(Condition)이 비정상적이면 이를 조종사에게 알려 주는 여러 가지 경보장치가 있으며, SBAS나 GBAS 기능으로 정확성을 감시할 수 있다.

(3) PBN의 구분

성능 기반 항행(PBN)은 모든 지역 항법(RNAV) 운항을 포함하는 용어로 RNAV와 RNP로 구분한다. RNAV와 RNP는 비행 방식 면에서 동일하나, RNP는 항공기 자체 성능 감시 및 경보 기능과 위성항법(GNSS) 성능이 추가로 요구된다.

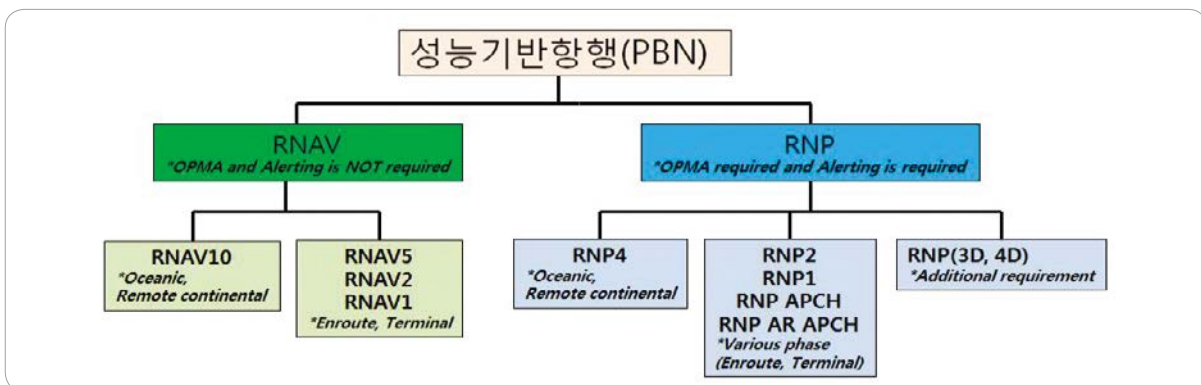
RNAV 항행 시스템 : 항공기에 RNAV 시스템만 갖춘 항행 시스템

RNP 항행 시스템 : RNAV 시스템에 추가하여 GNSS와 OPMA 기능을 갖춘 항행 시스템

- (4) 성능 기반 항행을 위한 장비의 요건 및 요구 성능
- 1) 성능 기반 항행을 위한 항공기 탑재 장비 및 기반 시설 요건

[표 3-2] 성능 기반 항행을 위한 항공기 탑재 장비 및 기반 시설 요건

항법 요건	항공기 탑재 장비	기반 시설
RNAV 10(RNP 10)	GNSS, INS, IRS/FMS	GNSS, INS
RNAV 5	DME-DME, VOR/DME, GNSS, INS/IRS	VOR DME GNSS INS
RNAV 2	GNSS DME-DME, DME-DME/IRU	DME GNSS INS
RNAV 1	GNSS DME-DME, DME-DME/IRU	DME GNSS INS
RNP4	OPMA	GNSS
Basic RNP - 1	OPMA	GNSS
RNP APCH	OPMA	GNSS
RNP AR	OPMA	GNSS



[그림 3-63] 성능 기반 항행의 구분

2) 성능 기반 항행 시스템에 요구되는 항법 성능  
 성능 기반 항행 시스템에 요구되는 항법 성능  
 은 정확성(Accuracy), 무결성(Integrity), 가용  
 성(Availability), 지속성(Continuity), 기능성  
 (Functionality)을 갖추어야 한다.

① 정확성(Accuracy)

항행 장비를 이용하여 비행한 실제의 경로가  
 공표된 항로와 비교하여 좌우로 벗어난 오차가  
 전체 비행시간의 95% 이상에서 총 시스템 오류  
 (Total system error)가 요구되는 성능 범위 이  
 내에 있어야 한다.

• 총 시스템 오류(TSE; Total System Error)

총 시스템 오류는 어떤 오류의 원인으로 인해  
 항공기가 정해진 경로로부터 어느 정도 이탈하  
 는지를 정의하는 것으로 오류의 원인으로서는 3  
 가지가 있다.

비행로 결정 오류(PDE; Path Definition  
 Error) : 항행 장비의 데이터베이스가 결정한  
 항로와 공표된 비행로 사이의 오차로서 항행

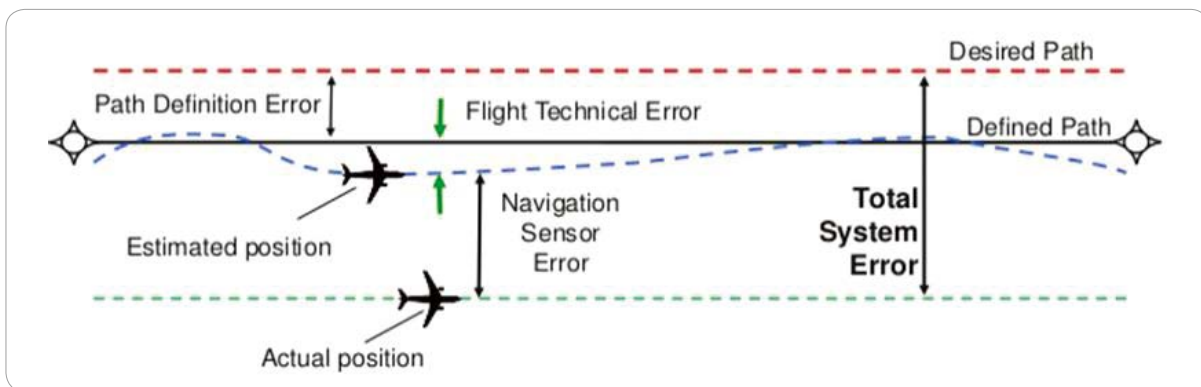
장비 시스템의 계산 오차, 디스플레이 오류에  
 서 비롯되는 오류이다.

비행 기술적 오류(FTE; Flight Technical  
 Error) : 항법 데이터베이스에 의해 결정되고  
 시현되는 항로를 유지하는 조종사의 능력이나  
 오토파일럿 시스템의 오류를 말한다.

항법 시스템 오류(NSE ; Navigation System  
 Error) : 항공기의 실제 위치와 산정된 위치 간  
 의 차이를 말한다.

• 항행 정밀도

RNAV 항로 및 RNP 항로 명칭에는 항행 정  
 밀도를 의미하는 숫자가 추가된다. 예를 들어  
 ‘RNP-2’는 총 비행시간의 95% 이상 비행경로  
 를 중심으로 좌우 2NM 이내로 비행할 수 있는  
 항행 정밀도가 요구되면서, 동시에 OPMA 기  
 능이 요구됨을 의미한다. ‘RNAV-2’일 경우에  
 는 OPMA 기능이 없이 총 비행시간의 95% 이  
 상을 비행경로 중심으로 좌우 2NM 이내로 비  
 행할 수 있는 정밀도만 요구되는 항로를 의미  
 한다.



[그림 3-64] TSE의 구성



② 무결성(Integrity)

무결성은 항행 시설과 항행 장비에 의해 탐지된 항공기의 위치가 신뢰되고 인정될 수 있는 수준을 의미한다.

③ 지속성(Continuity)

지속성은 운항의 시작점에서부터 종료 지점까지 항공기와 항행 장비의 시스템이 요구되는 수준으로, 정확하고 지속적으로 항행을 수행할 수 있는 능력을 의미한다.

④ 가용성(Availability)

가용성은 계획된 항행을 수행하기 위해 전체 항행 시스템의 사용이 가능할 것을 요구하는 것이다.

⑤ 기능성(Functionality) :

기능성은 탑재 장비가 의도된 목적대로 잘 작동되도록 하는 성능이다.

3) 비행 단계별 성능 기반 항행의 항법 성능 요건

① 대양(Ocean) 비행을 위한 항행 성능 요건

대양 비행을 위한 항행 성능의 요건은 RNAV10 과 RNP4, RNP2가 있다. 세 가지 모두 위성항법(GNSS)을 기본으로 하며, RNAV10 은 관제 기구의 감시 서비스가 요구되지 않는다. RNP4는 추가로 디지털 데이터통신 장비인 CPDLC(Controller-pilot data link communications)와 새로운 항공 감시 체계인 ADS-C가 사용된다. RNAV10 항공로의 최소 간격 분리는 50NM이고, RNP4 항공로의 최소 간

[표 3-3] 비행단계별 항행 성능 요구 정밀도

항법 요건	비행 단계							
	항로 (대양)	항로 (내륙)	arrival	Approach				Dep
				Initial	Inter	Final	Miss	
RNAV10	10							
RNAV5		5	5					
RNAV2		2	2					2
RNAV1		1	1	1	1		1	1
RNP4	4							
RNP2	2	2						
RNP1								
A-RNP1	2	2 or 1	1	1	1	0.3	1	1
RNP APCH				1	1	0.3	1	
RNP AR APCH				0.1~1	0.1~1	0.3~0.1	0.1~1	
RNP0.3		0.3	0.3	0.3	0.3		0.3	0.3

격 분리는 30NM이다. 대양 및 원격지를 운항하기 때문에 지상 기반의 항행 시설이 요구되지 않고 GNSS와 INS 장비가 요구된다. 복합 GNSS, 혹은 단일 INS(또는 IRU)와 GNSS를 탑재 운용하고 있으면 시간 제약 없이 RNAV10 요건에 따라 운항할 수 있지만, 복합 INS(또는 IRU)만 탑재한 항공기는 최대 6.2시간까지만 RNAV10 운항이 가능하다.

• ADS-C(ADS Contract)

ADS-C는 ADS-B와 유사한 기능을 가진 감시 장비이다. ADS-B는 비행 정보를 모든 항공기와 관제 기구에 방송(전송)하는 데 비하여, ADS-C는 대양(Ocean)이나 대륙 비행을 할 때 위치 감시를 용이하게 하기 위해 기상정보

를 포함하여 비행 정보를 정해진(Contract) 관제 기구에만 전송한다.

② 내륙 비행을 위한 항법 성능 요건

내륙 비행을 위한 성능 요건은 RNAV5/RNAV2/RNAV1으로 구성된다.

RNAV5 항공로는 중동과 유럽 지역에서 사용되며 유럽에서는 B-RNAV(Basic RNAV), 중동에서는 RNP5로 표기된다. 미국에서는 RNAV2가 적용된다.

RNAV5 항공로의 간격 분리는 10~18NM이다.

RNAV5 운용을 위한 GNSS의 요건은 ETSO-c129, ETSO-c145, ETSO-c146에 따른 승인을 받은 장비가 필요하며, RAIM, SBAS에 의한 위성 신호의 무결성(Integrity)이 제공되어야 한다.

RNAV2 항로는 최소 간격 분리가 8NM이며, 미국에서는 RNAV 항공로를 FL180 이상에서는 'Q' Route, FL180 이하에서는 'T' Route로 구분한다. RNAV2 운용을 위한 GNSS 요건은 RNAV5와 동일하다.

③ 터미널(Terminal) 및 출발/도착 항공로

출발/도착 항공로를 포함하는 터미널 공역에서 비행을 위한 성능 요건은 유럽의 터미널 공역에서는 P-RNAV(Precision RNAV)라고 알려져 있으며, 미국에서는 RNAV1으로 사용하고 있다. RNAV1은 GNSS, DME/DME, DME/DME/IRU를 통해 이루어지며, GNSS 시스템은 RNAV5와 같은 제한 사항을 가지며 FDE(Fault Detection and Exclusion) 기능이 요구된다. Basic RNP1에 사용되는 GNSS 시스템은 RAIM

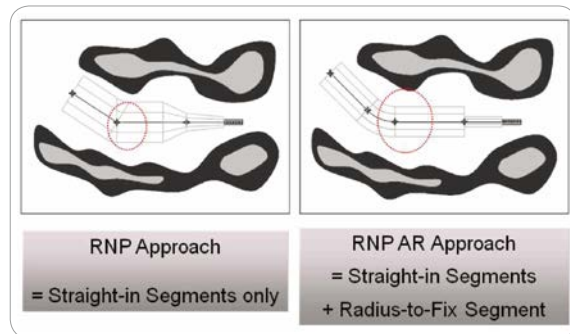
기능을 가지고 있는 TSO-c129, c145, c146에 따라 승인을 받아야 한다.

④ 접근 단계

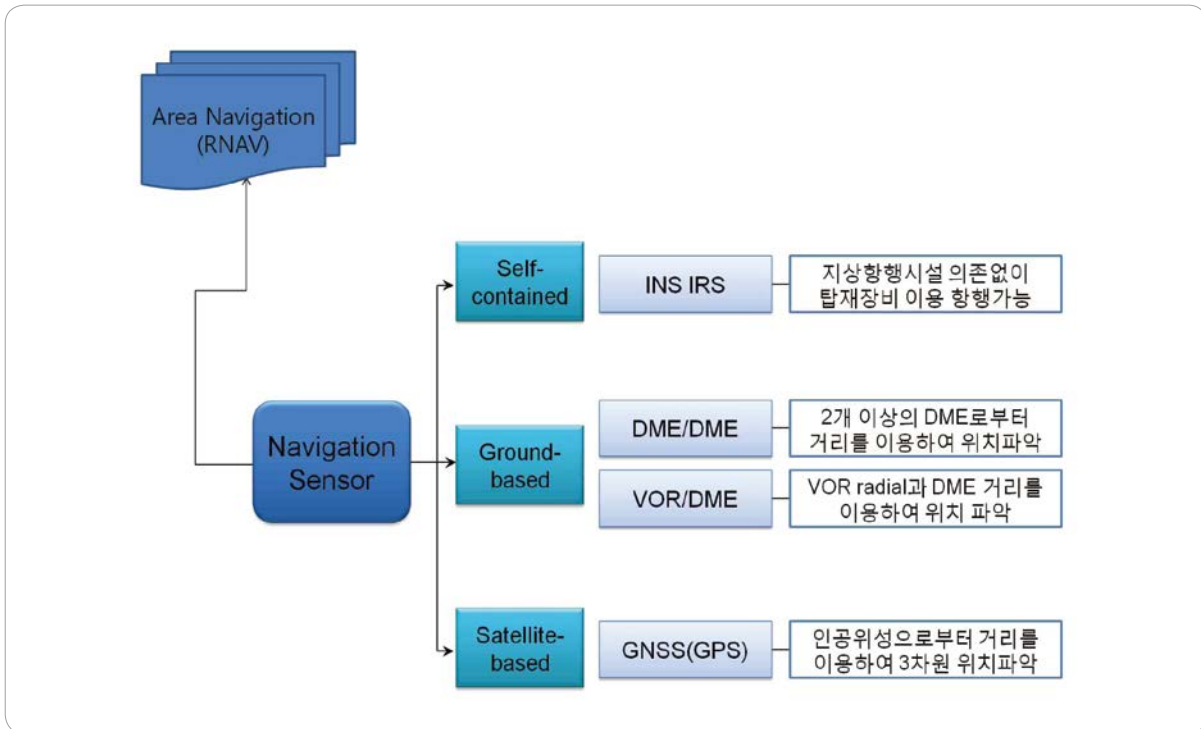
접근 단계에서는 0.3~0.1NM 또는 그 이하의 정확도를 요구하는 RNP 요건을 필요로 한다. RNP APP는 RNP 성능이 요구되는 LNAV, LNAV/VNAV, LPV를 모두 포함하는 용어이며, 차트 제목은 『RNAV(GNSS) RWY XX』로 표기된다.

RNP AR APCH의 AR은 Authorization Required의 약자로서, 이 절차를 수행하기 위해서는 반드시 인가가 필요한 접근 절차이다. RNP AR APCH는 혼잡이 심하거나 소음과 같은 환경 문제가 있는 지역에서 공역을 유연하게 활용하여 이러한 문제를 해결할 수 있으며, 정확도의 향상으로 기상과 환경에 영향을 많이 받는 산악 지형과 같은 지역에서도 적용될 수 있다.

RNP AR APCH의 경우, 직진입 구간과 Radius to Fix 구간이 함께 사용된다는 점이 특징이며, Multi GNSS, FMS, 지형 인식 정보 시



[그림 3-65] RNP Approach와 RNP AR Approach



[그림 3-66] RNAV를 위한 항행 장비 및 시설

시스템(GPWS)과 같은 높은 무결성을 가지는 항행 시스템이 요구된다.

RNP AR APCH는 부수 구역 없이 2 x RNP의 축소된 구역의 장애물 회피 지역을 보장하며, 수직 유도 정보가 필수적으로 제공되어야 한다. 이 접근 절차는 주로 RNP 0.3 이하와 RF leg가 이용되고, 차트 제목은 RNAV(RNP)로 표기된다.

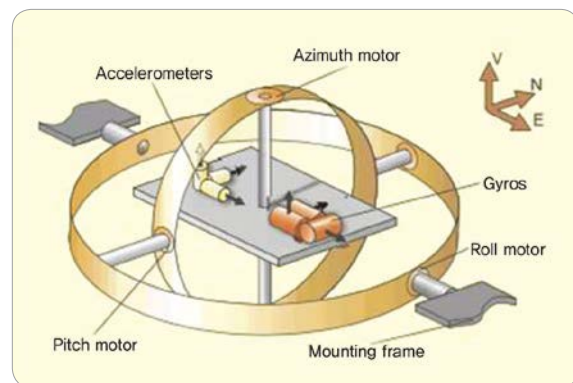
성항법장치는 수평면 내의 2방향(남북 및 동서)과 수직 방향의 3방향 가속도를 검출하고 그것을 적분하여 속도 및 거리를 계산하여 항행 정보를 제공한다.

### 3.2.4.3 성능 기반 항행을 위한 항행 장비

#### (1) 관성항법장치

##### 1) INS(Inertial Navigation System)

INS는 탑재된 장비의 가속도계와 자이로를 이용하여 항공기의 속도, 자세, 위치, 진행 방향 등을 계산하여 항행을 지원하는 시스템이다. 관



[그림 3-67] INS의 구조



[그림 3-68] IRS(Inertial Reference Systems)

2) IRS(Inertial Reference Systems)

IRS는 INS와 같은 항행 정보를 제공하는 독립된 항행 장비로서 INS에서 사용하는 기계식 자이로 대신 정확도가 높은 링 레이저 자이로를 이용하여 Roll, Yaw, Pitch축의 각속도를 감지하고, 2개의 관성 기준 장치(IRU)를 이용하여 3축에 대한 선형 가속도와 각 회전속도를 감지하고 계산하는 장비이다.

(2) GNSS(Global Navigation Satellite System)

GNSS는 중궤도상에 있는 인공위성과 항공기에 장착된 수신 장치를 이용하여 위치를 확인하는 항행 시스템이다. 주요 GNSS는 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, 유럽의 Galileo, 중국의 COMPASS 시스템 등이 있다.

아래 표는 각 시스템을 비교한 것이다. 각 시스템의 원리는 비슷하므로 본 교재에서는 GPS 위주로 설명하고자 한다.

[표 3-4] GNSS의 구분

	GPS	GLONASS	Galileo	COMPASS
운영 국가	미국	러시아	유럽연합	중국
Coding	CDMA	FDMA/CDMA	CDMA	CDMA
위성 고도	20,180 km	19,130 km	23,220 km	21,150 km
Period	11,97 hours	11,26 hours	14,08 hours	12,63 hours

1) Global Positioning System(GPS)

GPS는 당초 군사적 목적을 위해 미 국방성에서 개발한 것으로 지구상 어디에서나 인공위성을 이용하여 기상의 영향을 받지 않고 정밀한 위치 측정을 가능하게 해 주는 첨단 항행 시스템이다.

[표 3-5] GPS의 주요 개발 현황

년도	내 용
1978	최초의 시험용 Block-I GPS 위성 발사
1983	대한항공 007편 사고를 계기로 GPS를 민간 부분에 개방
1994	총 24개의 위성이 모두 발사됨
1995	GPS 완전 작전 능력 선언
2000	고의 잡음 신호(SA; Selective Availability) 기능 중단 GPS 오차 줄어듦
2005	새로운 세대의 위성 발사 향상된 기능을 위한 민간용 신호(L2C) 송신
2006	가장 최신의 위성 발사

2) GPS의 기능

GPS위성은 위성의 위치, 위성의 시간 정보, 위성으로부터의 전송 자료 상태와 정확도 등을 포함하고 있는 전송 신호 CA(Course/Acquisition) 코드(Code)를 전송한다. 전송 신호의 속도는 빛의 속도와 같으므로 위성으로부터 정확한 송신 시간을 알면 수신기에 도착된 시간을 계산하여 이를 거리로 환산하여 측정할 수 있게 된다. 이 거리는 직접 거리 측정을 한 것이 아니고 시간을 환산하여 측정한 것이기 때문에 'Pseudo-range'라 한다.

수신기는 계산된 Pseudo-range와 위성이 제공하는 위치 정보를 이용하여, 삼변측량 방법으로 위치를 결정한다. 3차원적 위치(경도, 위도, 고도)와 시간의 정확성을 알기 위해서는 적어도 4개의 위성이 필요하다.

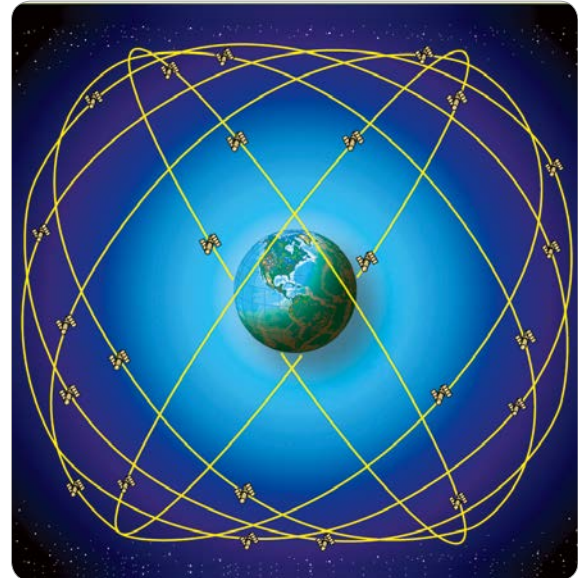
GPS 수신기는 위성으로부터 수신된 정보를 이용하여 파악된 현재의 위치와 수신기 안에 있는 자료를 비교하고 참조하여 항행 정보를 계산하고, 조종사가 참고할 수 있도록 조종석의 계기판에 표시한다.

3) GPS 시스템

GPS 시스템은 인공위성과 인공위성을 통제하고 관리하는 지상 제어 부분, 그리고 위성으로부터의 정보를 이용하는 사용자 부분으로 나눌 수 있다.

① 위성 부분

GPS 위성은 중궤도(약 20,183킬로미터 높이)의 6개 궤도면 위에 24개 이상의 인공위성이 분

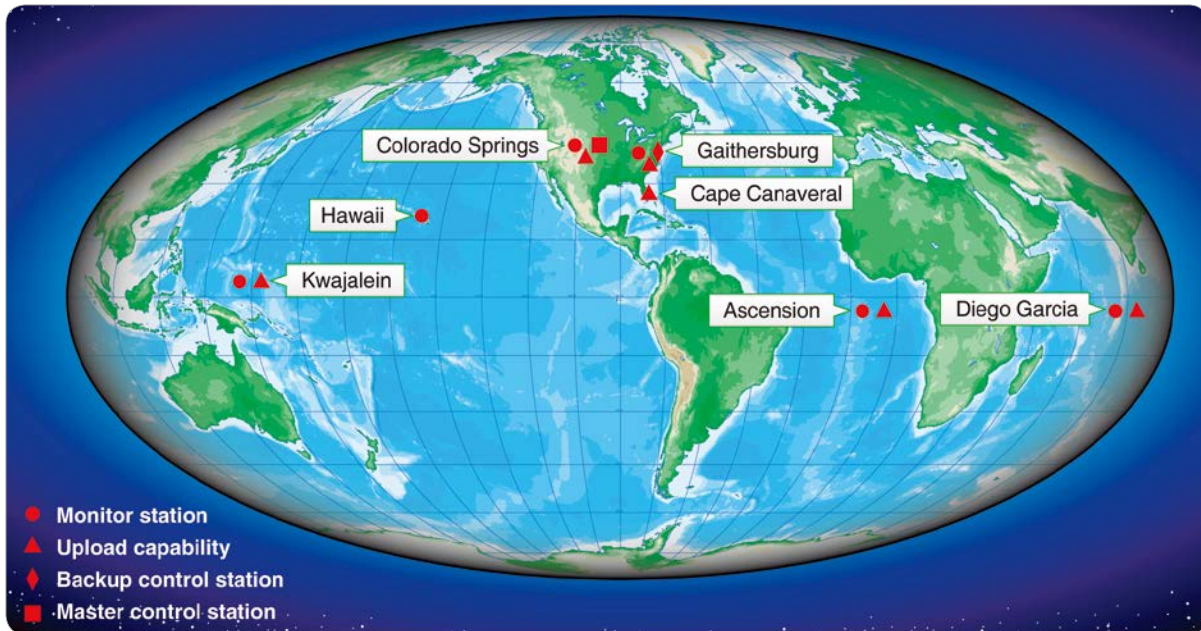


[그림 3-69] GPS 위성

포하도록 설계되었다. 궤도면의 중심은 지구의 중심과 일치하며, 각 궤도면은 지구의 적도면에서 55° 기울어져 있다. GPS 궤도는 지상의 대부분 위치에서 최소한 6개의 GPS 위성을 관측할 수 있도록 배열되어 있다.

② 지상 제어 부분

GPS 위성의 궤도를 추적하고 위성을 관리하는 지상의 제어 부분은 하나의 주 제어국(Master Control Station)과 5개의 감시국(Monitoring Station), 그리고 3개의 Uplink 안테나로 구성되어 있다. 위성의 추적 자료는 콜로라도 주의 공군 기지에 위치한 주 제어국으로 보내어지며, 주 제어국에서는 취합된 위성 정보를 분석하여 각 추적 제어국의 안테나를 통해 GPS 위성으로 새로운 정보를 송신함으로써 위성의 시각을 동기화하고 동시에 천체력(ephemeris)을 조정한다.



[그림 3-70] GPS 지상 제어국

### ③ 사용자 부분

GPS의 사용자 부분은 GPS 수신기이다. GPS 수신기는 GPS 위성에서 송신되는 주파수에 동조되는 안테나, 정밀한 시계, 수신된 신호를 처리하고 수신기 위치의 좌표와 속도 벡터 등을 계산하는 처리 장치, 계산된 결과를 출력하는 출력 장치 등으로 구성되어 있다.

모든 GPS 위성이 같은 주파수를 사용하여 신호를 송신하지만, 수신기가 각 GPS 위성의 신호를 구별할 수 있는 이유는 각 위성 고유의 의사잡음 부호(Pseudo random noise number)를 송신하기 때문이다. 정확도를 높이기 위한 DGPS(Differential GPS)를 사용하는 경우, GPS 수신기에는 위성 신호의 관측 결과를 다른 수신기와 송수신을 위해 RS-232 등의 통신 포트가 내장된다. GPS 장비를 계기비행에 사용하

기 위해서는 TSOc-129, TSOc-145, 146 또는 이에 상당하는 것의 표준을 충족하여야 하며, 계기비행 운용 형태에 따른 승인이 있어야 한다.

### 4) GPS 위성 신호

각각의 GPS 위성은 위성에 탑재된 시계의 시각 및 오차, 위성의 상태, 위성과 관련된 궤도 정보와 상태, 궤도 오차 보정을 위한 계수 등이 포함된 항행 메시지(navigation message)를 지속적으로 방송한다. 항행 메시지는 C/A 코드(Coarse/Acquisition code 또는 Standard code)와 P 코드(Precision code)와 함께 반송파(carrier wave)에 실려 송신된다.

C/A 코드는 민간에 개방되어 있으나, P 코드는 군사 목적으로 사용하기 위해 공개되지 않은 W코드를 이용해 암호화되는데, 암호화된 P 코

드를 Y 코드 또는 P(Y) 코드라고 한다.

① 위성 신호의 오차

GPS 수신기에서 위치를 계산하기 위해서는 현재의 시각, 위성의 위치, 신호의 지연량이 필요하다. 위치 계산 오차는 주로 위성의 위치와 신호의 지연에서 비롯된다. 신호의 지연시간은 GPS 위성으로부터 수신한 신호와 동일한 신호를 GPS 수신기에서 발생시켜 비교하여 얻는다. 이 비교 과정에서 발생하는 오차는 수신기의 수신 상태가 좋을 경우, 민간용으로 사용되는 C/A 코드에서 1~3미터 정도의 오차가 발생한다.

위성 신호는 다음과 같은 원인으로 오차가 발생한다.

• 전리층 오차 :

전리층은 위성의 신호를 산란시킴으로써 오차를 발생시키며, 오차는 태양 활동의 크기가 커질수록 더 커진다.

• 대류권 오차 :

대류권의 공기와 수증기는 위성 신호를 반사 굴절시켜 오차를 발생시킨다.

• 장애물에 의한 오차 :

위성으로부터 송신된 신호가 수신기 주변의 건물 등의 지형물로 인해 굴절, 반사됨으로써 오차가 발생된다.

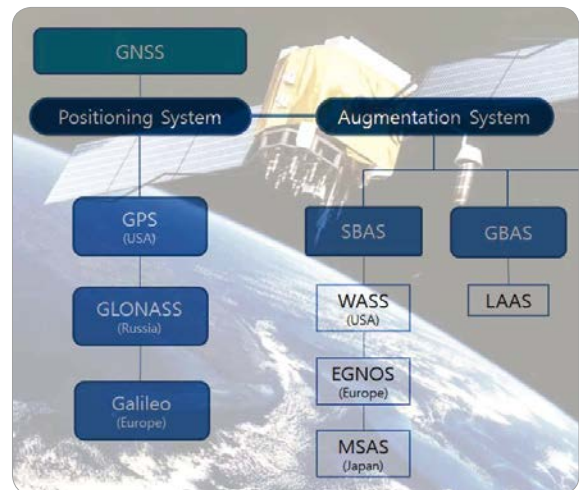
• 천체력 및 위성 시계 오차 :

항행 메시지는 12.5분마다 갱신되어 전송된

다. 항행 메시지는 먼 거리에 있는 위성으로부터 송신되는 전파를 수신하는 것이므로 GPS 수신기에서 수신된 메시지는 실시간보다 더 예전의 정보일 수 있다. 수신기가 계산한 GPS 위성의 위치 또한 새로운 천체력이 수신되기 전까지 얼마 동안 해당 위성의 새로운 위치와는 일치하지 않는다. 위성에 탑재된 시계는 매우 정확하지만 시계가 정확한 속도로 동작하지 않음으로써 발생하는 Clock Drift 현상으로 인해 위치 결정에 오차를 발생시킨다.

5) 위성 신호 오차의 보정

위성으로부터의 신호는 오차를 포함하고 있어 정확도를 높이기 위해서는 위성 신호의 오차를 보정하여야 한다. 보정 방법에 따라 지구 정지 궤도 통신위성을 기반으로 하는 SBAS(Satellite Based Augmentation System), GBAS(Ground Based Augmentation System), ABAS(Aircraft Based Augmentation System)가 있다.



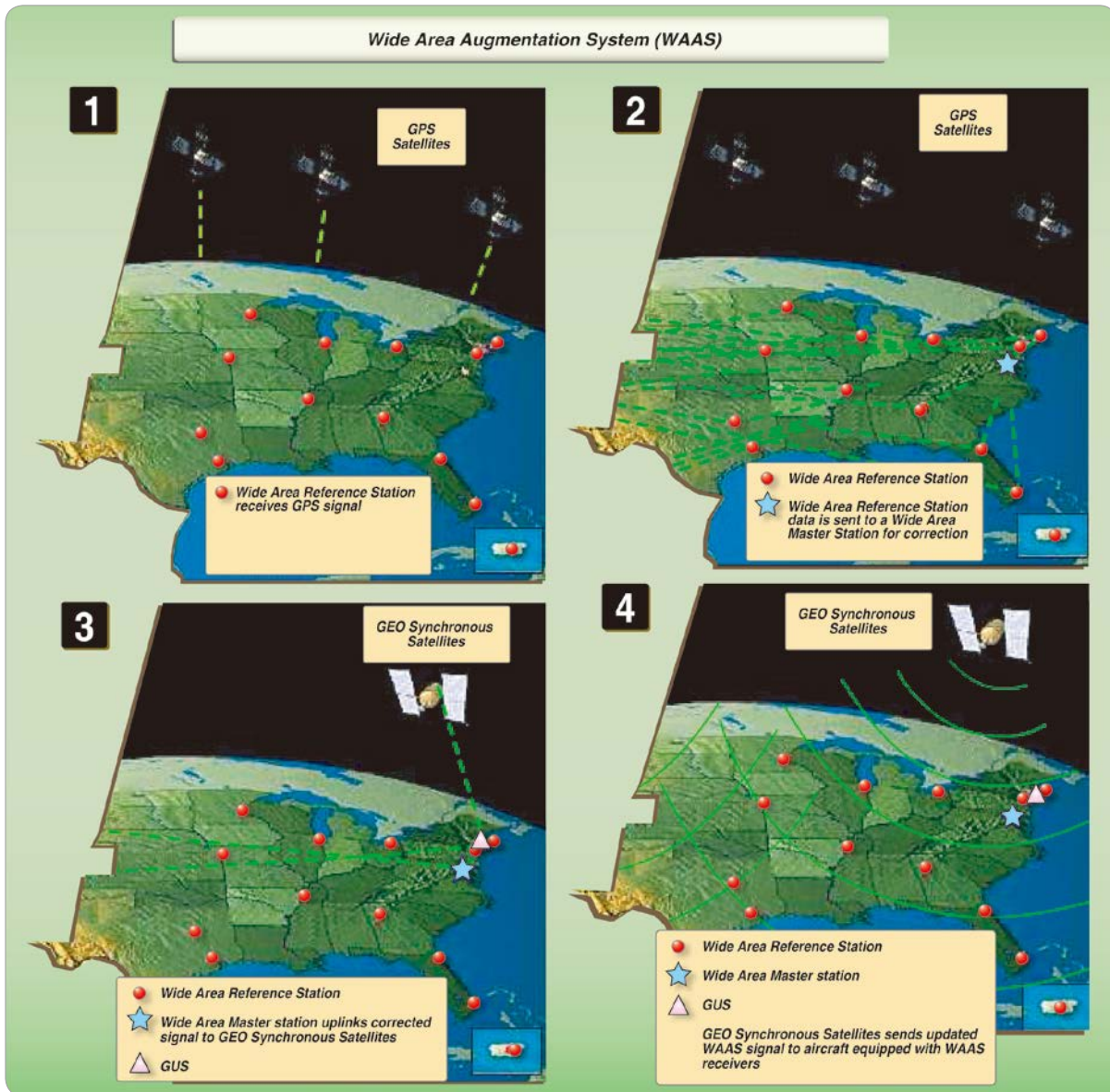
[그림 3-71] GNSS 위성 신호의 보정 시스템

① SBAS(Satellite Based Augmentation System)

지구 정지궤도 36,000킬로미터 상공의 통신위성을 이용하여 보정 정보를 제공하는 방식으로 미국의 WAAS, 유럽의 EGNOS, 일본의 MSAS 등이 있다.

• WAAS(Wide Area Augmentation System)

WAAS는 하와이를 포함한 미국과 북미 대륙의 광범위한 지역에서 수집, 보정된 GPS의 신호보정 정보를 정지궤도에 있는 통신위성(GEO Satellite)을 이용하여 사용자에게 제공



[그림 3-72] WAAS



하는 시스템으로 하와이, 알래스카, 캐나다를 비롯하여 38개의 WRS(Wide area Reference Station)와 3개의 WMS(Wide area Master Station)로 구성되어 있다.

- WRS(Wide-area Reference Stations) : GPS 위성 신호를 수집하는 곳
- WMS(Wide-area Master Stations) : WRS로부터 수집된 정보를 모아 GPS의 오차를 보정하여 GUS(Ground Uplink Stations)를 통하여 정지궤도에 있는 통신 위성으로 전송하는 곳

WAAS 기능을 갖춘 수신기는 항공기의 수평 위치뿐 아니라 수직 위치에 대한 정확성을 제공하며 RAIM 기능이 포함되어 있으므로 WAAS 기능을 가진 수신기는 별도의 RAIM Check 없이도 계기비행을 수행하는 데 문제가 없다. 다만, WAAS 기능이 저하된 지역에서는 반드시 RAIM Check가 이루어져야 한다.

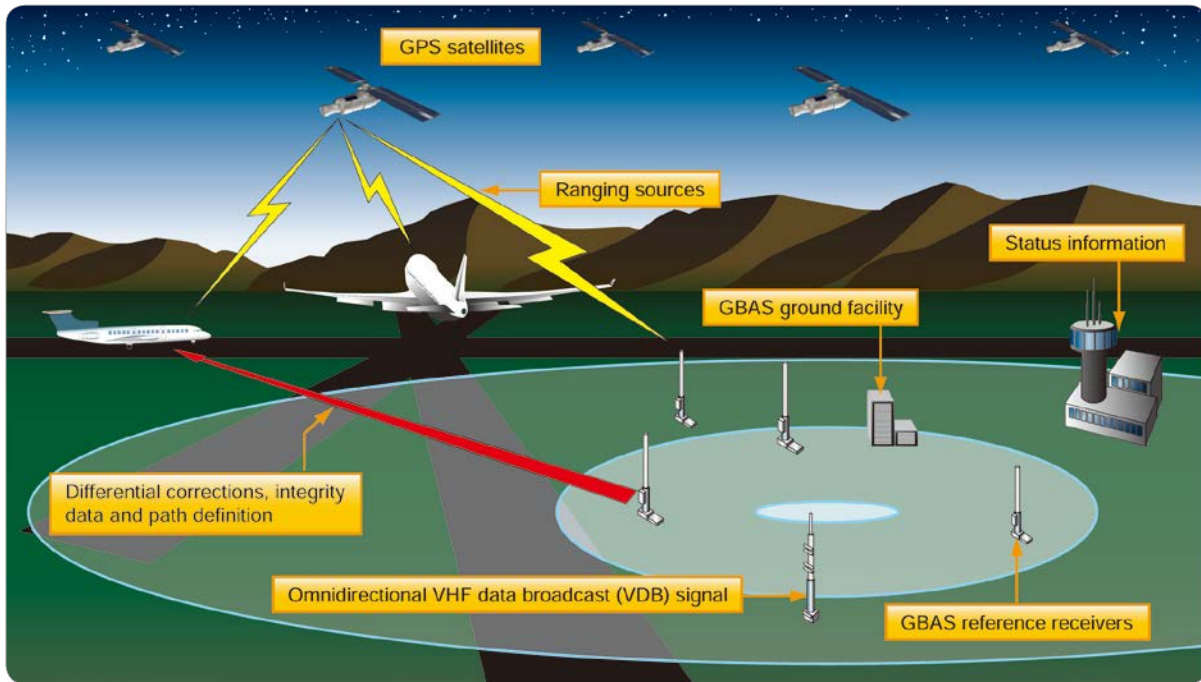
WAAS 기능을 가진 수신기는 TSO-c146의 기준에 의해 인증된다.

• WAAS의 정확성 :

WAAS는 7.6미터(25피트)의 위치 정확도가 요구된다. 그러나 미국 지역 내에서는 실제 수평 1.0metre(3피트 3in), 수직 1.5metre(4피트 11in)의 정확도를 제공하고 있다. 이 WAAS의 정확도는 ILS CAT I 정확도 범위인 수평 16metres(52피트), 수직 4.0metre(13.1피트)를 만족한다.

② GBAS(Ground Based Augmentation System)

GBAS는 DGPS(Differential GPS) 개념을 활용하여 공항 근처 20NM 이내에 있는 항공기에 정밀 위치, 정밀 접근 서비스를 제공하는 시스템이다. GBAS는 1990년대부터 꾸준한 연구가 시작되고 있으며, 최초로 2012년 2월부터 독일 브레멘 공항에서 GBAS를 이용한 CAT-I 급의 상용 서비스를 시작하고 있다. GBAS는 정확한 위치를 알고 있는 지점에 GPS 수신국(기준국)을 설치하고 그 위치에서 위성 신호를 받아 그 오차를 보정한 후, 보정 값을 지상의 무선통신망(VHF Data Link)을 통하여 항공기에 제공하는 방식으로서, 사용 기술과 정해진 범위 내에서 GPS 수신국의 수가 많을수록 오차를 수cm까지 감소시킬 수 있다. GBAS와 같은 개념인 LAAS는 공항 주변에 설치된 GBAS의 한 종류로 '0' SM의 시정에서도 항공기 착륙을 유도할 수 있는 방식이다. GBAS는 ICAO에서 정한 용어이며, LAAS(Local Area Augmentation System)는 미국에서 사용하는 용어로서 같은 개념이다. LAAS는 WAAS를 보완하는 것으로 WAAS가 현재의 항행 및 착륙 요구 조건을 충족시킬 수 없는 지역에서 사용될 것이며, CAT II, III 정밀 접근에 필요한 아주 높은 정확성을 제공한다. LAAS는 현재의 계기 착륙 시스템으로는 불가능한 선회 접근 착륙이 가능하고 현재의 착륙 시스템과는 달리 모든 활주로에 정밀 접근 능력을 제공하므로 다수의 활주로에 설치되어 있는 계기 착륙 시스템 장비의 중복이 필요 없게 된다. 또한 저(低)시정에서도 공항 내를 이동하는 항공기 뿐만 아니라 차량들의 통제가 가능하게 된다.



[그림 3-73] GBAS

• GBAS 구성 요소

GBAS는 지상 장비와 항공기 탑재 장비로 나눌 수 있다.

지상 장비는 3~4개의 기준국 수신기(Reference Receivers)에서 GNSS 위성 정보를 수신하여 수집된 정보를 주 처리장으로 보내어 GBAS 보정 정보, 무결성(Integrity) 정보, 계기접근 지도를 바탕으로 착륙을 위한 최종 접근 정보를 생성하는 장치와, 이 정보들을 VDB(VHF Data Broadcast) 안테나를 통하여 항공기에 송신하는 장비로 구성되어 있다. GBAS CAT-I 서비스를 제공하기 위한 지상 장비는 미국 Honeywell사에서 개발한 SLS-4000 등이 있다.

항공기에 탑재되는 장비 MMR(Multi Mode Receiver)는 항공기에 설치된 GNSS 안테나를

통해 수집된 위성 정보와 VHF 안테나를 통해 지상 VDB에서 송신되는 정보를 수신하여 항공기의 정밀한 위치 좌표를 계산하고, 이를 기반으로 최종 접근 경로 정보와 비교하여 활주로부터 항공기의 정밀한 위치를 FMS, MFD 등의 계기를 이용해 조종사에게 알려 주는 장비이다. 항공기 탑재 장비 MMR은 미국 Rockwell Collins사의 GLU-930 등이 있다.

③ ABAS(Aircraft Based Augmentation System)

정지궤도 위성을 통하여 보정된 GNSS 정보를 제공받는 SBAS와 달리, ABAS는 항공기에 탑재된 장비를 이용하여 수신된 정보의 무결성(Integrity)을 점검하는 방법이다. ABAS는 RAIM과 AAIM, 두 가지 방법이 있다

• RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring)

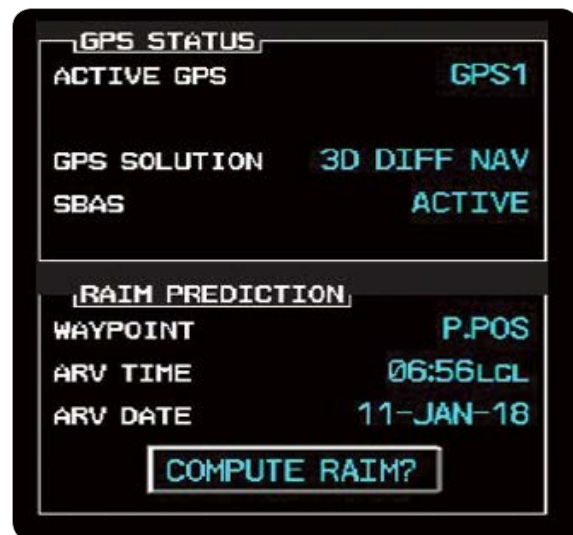
GPS 수신기는 위성으로부터 수신된 신호의 효용성과, 위성이 제공한 신호가 틀린 정보인지를 결정하기 위해 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring: 수신기 자체 무결성 감시)을 통해 확인한다. RAIM은 위성으로부터 수신된 항공기의 수평 위치에 대한 정확성을 감시하는 기능이다. RAIM은 GPS 위성을 이용하여 위치 계산을 할 때 위성을 하나씩 제외시켜 봄으로써 성능이 좋지 않은 위성을 찾아내 탐지된 위치의 신뢰도를 높이는 방법이다. 항공기의 위치를 탐지해 내기 위해서는 최소 4개의 위성이 필요한데, RAIM을 사용하기 위해서는 결합 탐지를 위한 5개의 위성이 필요하다. 문제가 발견되면 RAIM alert 메시지가 나타나는데, 가용 위성의 수가 너무 적은 경우에 'RAIM not Available'이라는 메시지가 나타나고, RAIM은 이용 가능하지만 테스트에서 실패하게 되면 'Bad Satellite Signal, Serious'라는 메시지가 나타난다. RAIM이 현 단계의 비행에서 정확성을 초과하는 오차를 발견했을 경우에 RAIM은 최종 접근 지점 이전에 경보를 울리는데, RAIM alert가 울렸지만 접근을 계속할 경우 'stop relying on GPS'라는 메시지가 나타난다. 위성의 상태가 나쁠 경우에는 수신기를 멈추고 'stop using GPS'라는 메시지가 나타난다.

GPS 수신기는 IFR 상황에서 출항 단계, 항로 비행 단계, Terminal 비행 단계, 특정 계기접근 절차 등 각 비행 절차의 종류와 비행 단계에 적

합하도록 인가된 범위 내에서 작동되어야 하며, 필요할 경우 대체 항행 장비를 갖추고 있어야 한다. 대체 항행 장비의 능동적 감시는 GPS 수신기의 정상적인 RAIM 기능이 작동되면 필요하지 않다. GPS 수신기의 RAIM 기능이 상실되면 대체 항행 장비의 능동적 감시가 요구되며, RAIM 기능이 상실될 것으로 예견되는 상황이면 다른 항행 장비를 이용하거나 출발을 연기하거나 혹은 비행을 취소해야 한다. WAAS 기능을 탑재한 수신기(TSO-145, 146 인증을 받은 수신기)는 별도의 RAIM Check가 필요하지 않다.

• RAIM 가용성 예측(Availability Prediction)

아래 그림은 Garmin1000 GPS 수신기의 RAIM 및 SBAS Option에 대한 설명이다. 조종사는 비행 전에 RAIM 기능이 정상적으로 작동되고 있는지 파악하고 있어야 한다. RAIM 기능을 파악하기 해서는 'COMPUTE RAIM?'



[그림 3-74] GARMIN1000 RAIM Prediction

을 작동시켜 'RAIM AVAILABLE' 문구가 나타나면 AIM은 정상 작동하고 있음을 의미하며, 'RAIM NOT AVAILABLE' 문구가 나타나면 RAIM은 정상 작동하고 있지 않으므로 GPS를 이용한 계기접근은 취소하여야 한다.

(G1000의 경우, 특정 Way point 도착 ETA ±15분의 RAIM 상태를 예상해 준다.)

④ AAIM(Aircraft Autonomous Integrity Monitoring) : AAIM은 GPS 수신기를 다른 항법 시스템 즉, 관성항법 시스템이나 Barometric altimeter에 연결하여 오류를 보정하는 시스템이다.

6) GPS를 이용한 비행 제한 사항

조종사는 GPS가 최신의 자료로 유지되고 있는지 확인하여야 하며, GPS 운용은 POH/AFM이나 비행 규정(Flight Manual Supplement)의 정해진 범위 내에서 운용되어야 한다.

GPS 위성 고장은 GPS NOTAM으로 발송되므로 GPS를 항행 수단으로 이용할 때는 관련된 NOTAM들을 확인하여야 한다.

항공기에 탑재된 위성 수신기는 정보의 무결성(Integrity)을 확보를 위하여 잘못된 위성 정보를 감지하는 RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기능을 갖추어야 한다. RAIM은 위성 신호의 무결성을 감시하여 위치 결정이 적절히 수행될 수 있는지를 결정하며, 그렇지 않을 경우에는 조종사에게 경보를 제공한다.

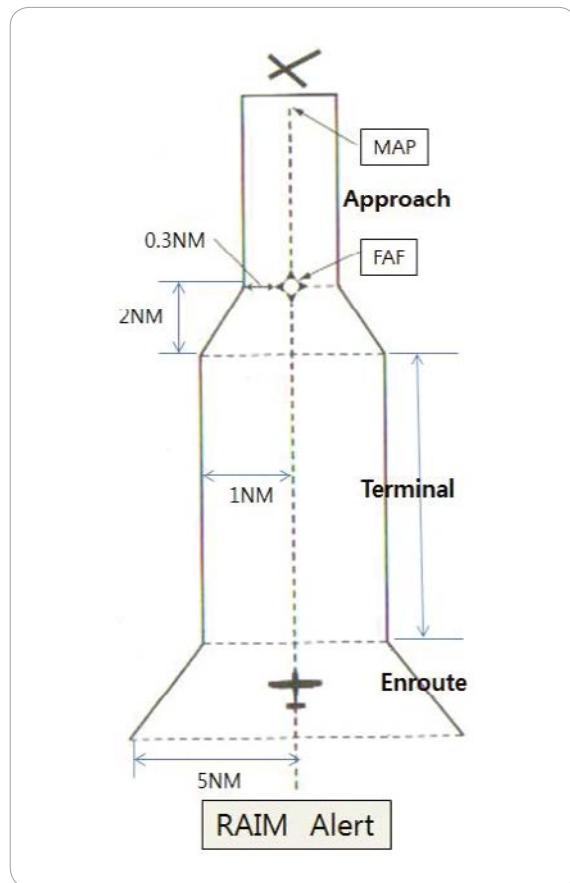
TSO-146 인증을 받은 WAAS 수신기가 아닐 경우 또한, 출발 공항과 도착공항 도착 예정 시간

의 RAIM 유효성 정보를 획득하여야 한다. RAIM 정보는 3시간 간격으로 획득할 수 있다. 조종사가 특정 시간을 요구하지 않으면, EAT 1시간 전에서 1시간 후까지 RAIM 정보를 제공한다.

위성 수신기는 비행 단계별로 Mode가 자동적으로 선택되며, 각 Mode별로 서로 다른 RAIM Alert Limit 값과 CDI Sensitivity 값을 가진다.

각 Mode별 범위는 다음과 같다.

- En Route Mode : 공항 표점(ARP)으로부터 30NM 밖



[그림 3-75] CDI Sensitivity & RAIM Alert

- Terminal Mode : 공항 표점으로부터 30NM 이내
- Approach Mode : 최종 접근 지점(FAF) 외 측 2NM 지점부터

### 3.2.4.4 성능 기반 항행을 이용한 지역 항법

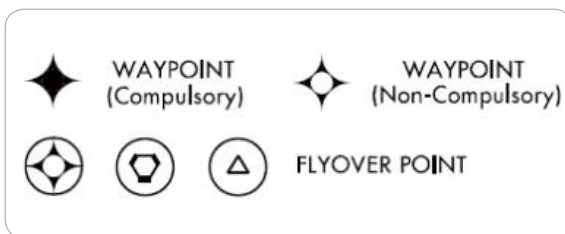
성능 기반 항행을 이용한 지역 항법은 기존의 비행 방식과 다른 점은 없지만 절차를 나타내는 FIX의 표시, FIX의 명칭, 항로의 명칭, 접근 절차, 착륙 최저치 등에서 차이가 있다.

#### (1) Way point 또는 Fix

항공로는 Fix를 연결하여 구성된다. 성능 기반 항행을 구성하는 Fix는 경도와 위도로 위치를 정의하며 정확도는 1feet이다. Fix는 구간의 시작과 끝, 선회 지점, 하강 지점, 실패 접근 지점 등을 표시한다. 지역 항법 개념이 처음 시작될 때에는 각 지점을 Way point라는 용어를 사용했으나 지금은 Fix라는 용어로 통일하여 사용되고 있다. 그러나 본 교재에서는 Way point 용어가 아직까지 일반적으로 사용되고 있으므로 Fix라는 용어와 같이 사용하고자 한다.

#### 1) Way point 명칭의 표시 방법

문자의 특별 이름 코드 사용(e.g. BARNA)




[그림 3-76] RNAV Way point


- ① 지상 기반 항행 시설과 같은 위치에 있을 경우, 3글자 사용(e.g. OTR)
- ② 터미널 구역에서는 글자와 숫자를 쓴 코드 사용(e.g. DF410)

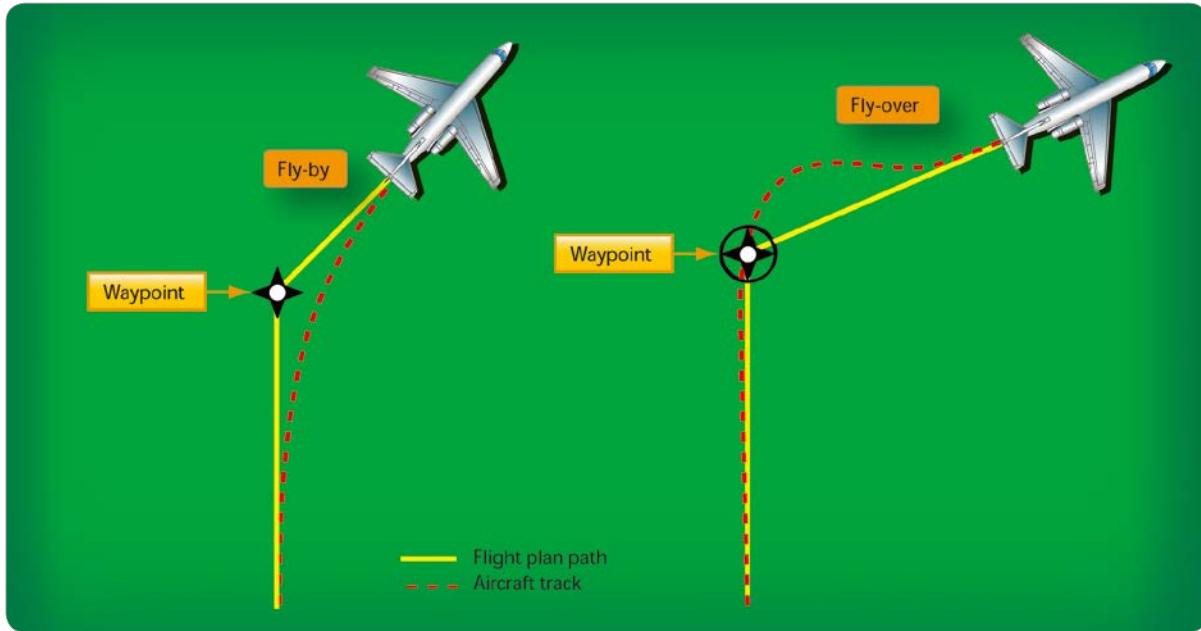
#### 2) 성능 기반 항행의 선회 Way point

##### ① Fly-by 선회 Way point

- Fly-by 선회는 선회를 예정하여 선회 지점 (Way point) 이전에 미리 선회를 시작한다.
- 항공기의 RNAV 시스템은 선회를 예측하는 기능을 가지며
- 선회 시작 지점은 항공기 최대 뱅크각과 속도에 의해 결정된다.
- Fly-by Way point는 로 표시된다.

##### ② Fly-over 선회 Way point

- Fly-over 선회는 선회를 미리 시작하지 않고 Way point를 지난 후에 선회를 시작한다.
- S자 형태로 비행을 하여 방향 전환 후 항로에 접속한다.
- 루트나 절차에 대한 다음 구간에 합류하기 위해 선회가 시작되는 Fix 로 RNAV가 가능한 모든 항공기는 Fly-over turn을 할 수 있다.
- Fly-over Way point는 로 표시된다.
- Fly-over way point는 모든 구간(IAF, IF, FAF, MAPt, MAHWP, HWP, AWP, DWP)에 적용되며, MAPt, MAHWP, HWP는 반드시 Fly-over way point로 지정된다.



[그림 3-77] Fly-by/Fly-over Way point

(2) 비행 및 항행 정보

(Airborne Navigation Database)

위성을 이용하여 성능 기반 항행을 하기 위해서는 FMS에 입력된 비행 정보와 항행 정보를 이용한다. FMS에 입력되는 비행 정보와 항행 정보는 전 세계에 공통적으로 표준화된 Database를 유지하여야 하며, 표준화된 Database는 ARINC424 형태로 발간되고 유지된다.

1) ARINC(Aeronautical Radio, Incorporated)

ARINC는 1929년 설립된 비영리 단체로 5개 분야(항공, 공항, 국방, 정부, 수송)가 주 업무 영역이다. 최초로 경찰차와 철도에 컴퓨터 네트워크를 적용하였고, LRU(line-replaceable units)에 대한 표준을 확립했다. ARINC의 첫 번째 임무는 지상 기지국과 항공기 간의 통신 서

비스(ATN, Aeronautical Telecommunication Network)를 제공하는 것이고, 두 번째는 항공 전자 장비의 표준을 제정하는 것이다.

ARINC는 AEES(Airline Electronic Engineering Committee)를 후원하며, AEES는 Airliner 항공기의 항행 전자 장비에 대한 표준 형태를 규정한다.

2) ARINC424 Database

ARINC424 Database는 국제민간항공기구 가맹국의 각 나라의 항공 정보관리 절차(AIRAC)에서 발간되는 정보와 각 항공사에서 필요로 하는 Data(예; company route)를 근거로 하여 국제적인 표준 형태로 항행 정보를 발간하여 유지하고 있는 Navigation Data이다. 이 Database는 132-byte fixed-length record 형태로 공

항, 활주로, Way points, 항행 시설, 항로, 출발/도착 항로 등이 수록되어 있으며 28일 주기로 수정, 재발간된다.

3) 항공 정보관리 절차(AIRAC)

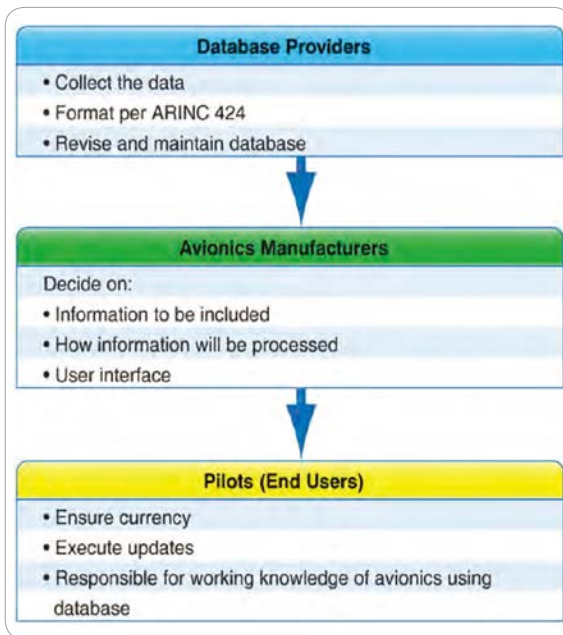
AIRAC(Aeronautical Information Regulation and Control) 항공 운항 운영 방식의 중요한 변경을 필요로 하는 상황을 국제적으로 합의된 공통의 발효 일자리를 기준으로 하여 사전에 통보하기 위해 수립된 체제를 말한다.

AIRAC 시스템으로 제공되는 정보는 발효 일자로부터 최소 28일 전까지 수령인에게 전달도록 발효 일자로부터 최소 42일 전에 항공 정보 업무 기관에 배포하여야 하며 AIRAC 절차에 따라 공고된 정보는 발효 일자로부터 최소 28일 동안은 변경되지 않는다.

(3) 지역 항법의 Leg 유형

지역 항법에서는 문자(textual description)로 된 절차를 부호화된 형태로 변환시켜 Database에 입력하여 사용한다. 절차를 부호화(coding)하기 위해 'Path and Terminator' 개념이 적용된다. 초기 지역 항법은 정해진 지점(fix)를 곧바로 항행하거나 계기접근 착륙도 다른 항행 시설과 병행(overlay)하여 이루어졌으므로 별다른 문제점은 없었으나 점차 지역 항법이 복잡해짐에 따라 조종사는 지역 항법의 Data가 입력된 장비의 제한 사항에 대하여 잘 알고 있어야 한다.

지역 항법에서 항로 구간은 leg나 path들이 연결된 형태로 구성된다. Path는 비행의 일정 구간으로서 track이나 course의 일부가 되며, 대개 fix나 altitude 등으로 표시되는 termination point에 의해 종결된다. 즉 path에는 항상 종결점이 존재한다. 장거리 구간은 직선이 될 수가 없고 대권항로(great



[그림 3-78] Database flow

[표 3-6] Path and Terminator

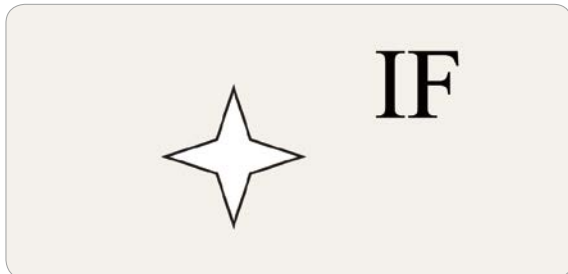
Path	Terminator		
Constant DME arc	A	A	Altitude
Course to	C	C	Distance
Direct Track	D	D	DME distance
Course from a Fix to	F	F	Fix
Holding pattern	H	I	Next lrg
Initial	I	M	Manual termination
Constant radius	R	R	Radial termination
Track between	T		
Heading to	V		

circle route)가 됨에 유의해야 한다. 터미널 지역에서는 ARINC 424 leg type으로 구간을 명시한다. 항로 구간을 표시하는 방법은 다음 표에 명시되어 있는데, 첫 번째 문자는 path를, 두 번째 문자는 terminator를 나타낸다.

1) 성능 기반 항행 Leg의 유형

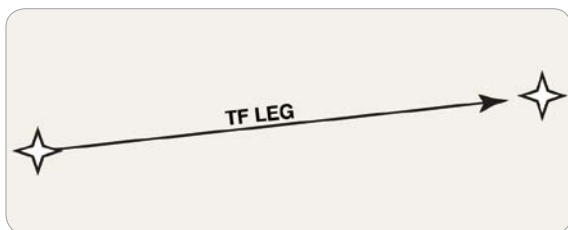
성능 기반 항행의 터미널 지역에서는 Leg를 사용하며 기본적인 leg는 ‘track to fix(TF)’와 ‘course to fix(CF)’이다. 사용되는 Leg는 총 23개의 leg가 활용되는데, 그중 9개는 RNP leg 구성에 이용되고, 14개 Leg는 RNAV에 사용된다.

① Initial fix or IF leg : 항로 또는 절차가 시작되는 지점



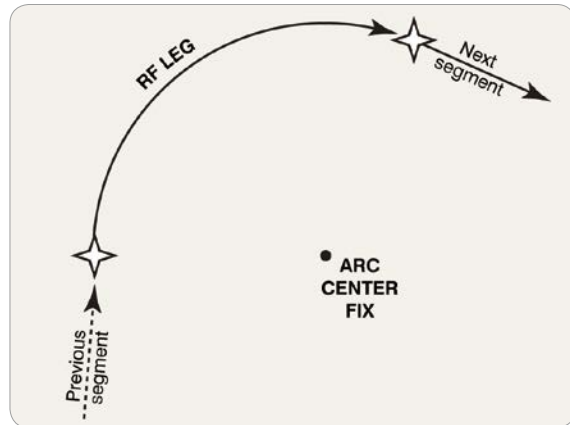
[그림 3-79] Initial Fix

② Tack to a Fix leg : 두 way point 사이의 트랙



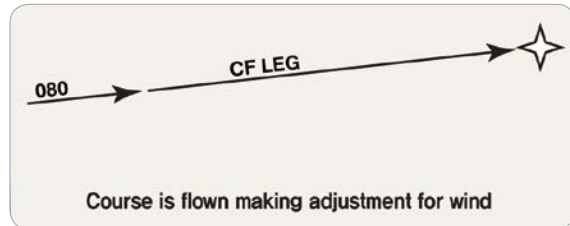
[그림 3-80] Track to a fix or TF leg

③ Constant radius arc or RF leg : Database에 입력된 2개의 way point를 동일한 선회 반경으로 연결한 leg



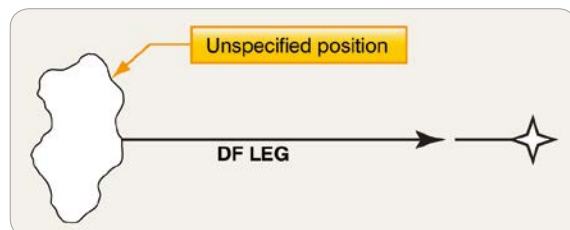
[그림 3-81] Constant radius arc or RF leg

④ Course to a fix or CF leg : Fix로 향하는 inbound 자항로



[그림 3-82] Course to a fix or CF leg

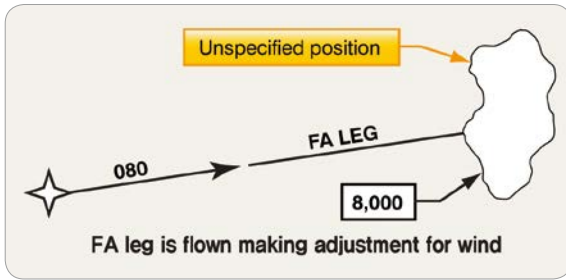
⑤ Direct to a fix or DF leg : 항공기의 현재 위치에서 항로 구간이 시작되는 fix까지



[그림 3-83] Direct to a fix or DF leg

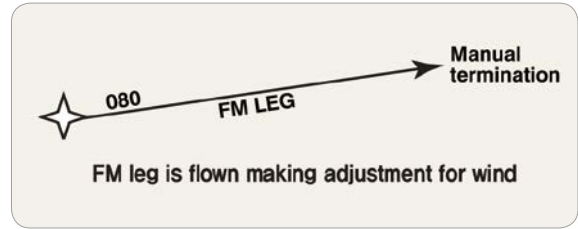


- ⑥ Fix to an altitude or FA leg : Database의 어느 fix로부터 특정 지점이 정해지지 않았지만 특정한 고도까지의 leg



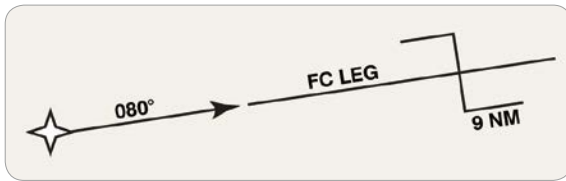
[그림 3-84] Fix to an altitude or FA leg

- ⑨ From a fix to a manual termination or FM leg : Database에 입력된 특정한 지점과 manual termination of the leg의 Fix를 연결한 트랙



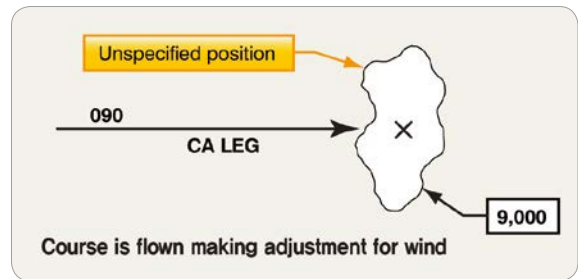
[그림 3-87] From a fix to a manual termination or FM leg

- ⑦ Track from a fix from a distance or FC leg : Database에 입력된 특정한 지점과 거리를 연결한 트랙을 말한다.



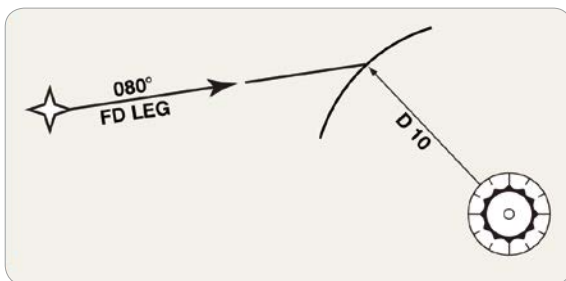
[그림 3-85] Track from a fix from a distance or FC leg

- ⑩ Course to an altitude or CA leg 종료 고도에 도달할 때까지의 자향로



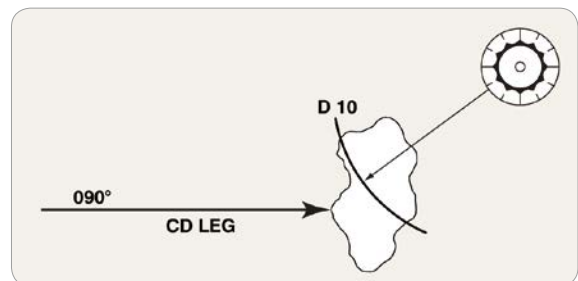
[그림 3-88] Course to an altitude or CA leg

- ⑧ Track from a fix to a distance measuring equipment (DME) distance or FD leg : Database에 입력된 특정한 지점과 DME 시설로부터의 특정한 DME까지 연결한 leg



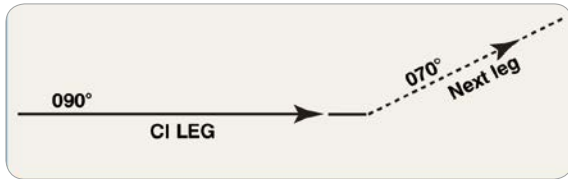
[그림 3-86] Track from a fix to a DME distance or FD leg

- ⑪ Course to a DME distance or CD leg : Database에 입력된 DME 시설로부터 특정 DME까지의 경로(Course)



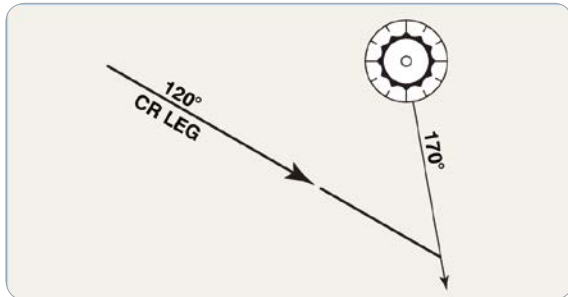
[그림 3-89] Course to a DME distance of CD leg

- ⑫ Course to an intercept or CI leg : 다음 leg에 진입할 때까지의 특정 경로(course)



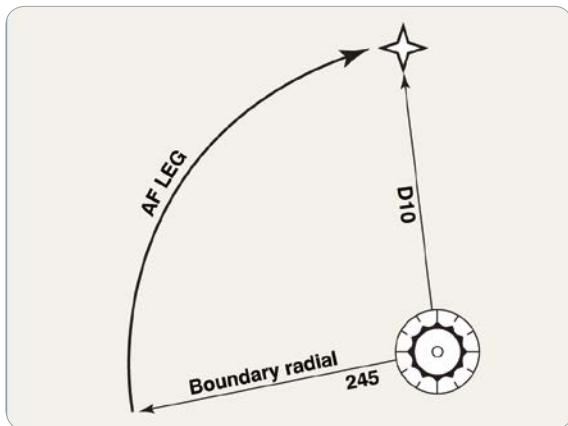
[그림 3-90] Course to an intercept or CI leg

- ⑬ Course to a radial termination or CR leg : Database에 입력된 VOR의 래디얼(radial)까지의 경로(course)



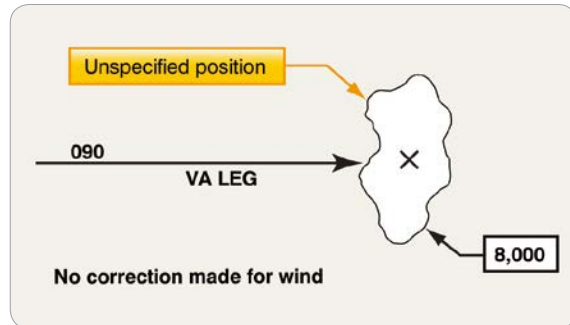
[그림 3-91] Course to a radial termination or CR leg

- ⑭ Arc to a fix or AF leg : DME 시설로부터 일정한 거리(arc)를 유지하는 Fix까지의 leg



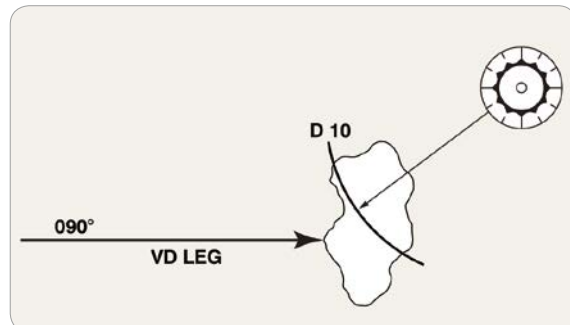
[그림 3-92] Arc to a fix or AF leg

- ⑮ Heading to an altitude termination or VA leg : 종료 고도에 도달할 때까지의 자방위 비행 leg



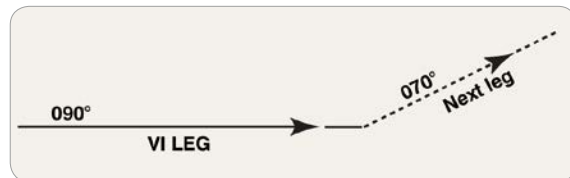
[그림 3-93] Heading to an altitude termination or VA leg

- ⑯ Heading to a DME distance termination or VD leg : Database에 입력된 DME 시설의 특정 거리에서 종료될 때까지의 자방위 비행 leg



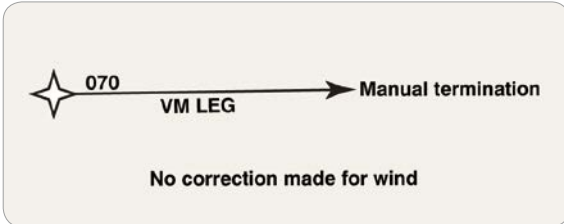
[그림 3-94] Heading to a DME distance termination or VD leg

- ⑰ Heading to an intercept or VI leg : 다음 leg에 교차할 때까지의 자방위 비행 leg



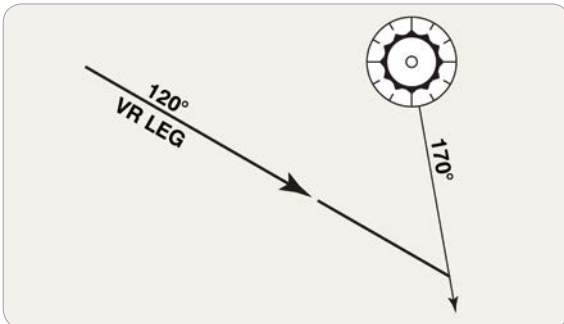
[그림 3-95] Heading to an intercept or VI leg

- ⑱ Heading to a manual termination or VM leg : 수동 조정에 의해 종료되는 자방위 비행 leg



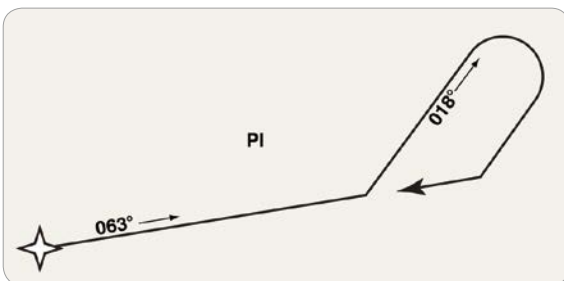
[그림 3-96] Heading to a manual termination or VM leg

- ⑲ Heading to a radial termination or VR leg : 특정 래디얼에 진입할 때까지의 자방위 비행 leg



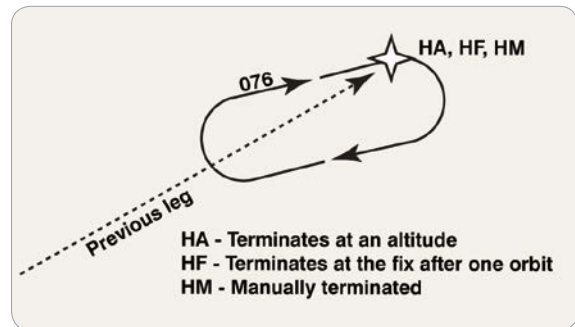
[그림 3-97] Heading to a radial termination or VR leg

- ⑳ Procedure turn or PI leg : 절차 선회가 시작되는 Fix로부터 절차 선회가 완료되어 다음의 leg에 진입하기까지의 leg



[그림 3-98] Procedure turn or PI leg

- ㉑ Racetrack course reversal or altitude termination(HA), single circuit terminating at the fix(base turn)(HF), or manual termination(HM) leg types : race track pattern이나 역방향 선회(course reversal)가 이루어지는 fix



[그림 3-99] HA, HF, HM leg

(4) 성능 기반 항행을 이용한 계기접근 비행

1) 일반 사항

21세기 들어 항행 시스템은 위성 항행 시스템과 FMS(Flight Management System) 및 기존의 항행 시설을 같이 이용하는 필수 항행 성능[RNP(Required Navigation Performance)] 시스템으로 전환되고 있다.

RNP에 주로 사용되는 위성 항행 시스템은 정확도를 향상시키기 위해 SBAS, GBAS 등의 보정 시스템을 갖추고 있으며 정확도가 향상됨에 따라 항로 비행뿐 아니라 계기 입출항 비행까지 가능하게 되었다.

항로 비행 단계와는 달리 접근 단계에서는 보다 정밀한 정확성이 요구되므로 RNAV개념은 적용되지 않고 항행 정확도에 대한 감시 및 경고 기능이 가능한 RNP 개념만 적용된다. 접근 단

계는 최초 접근, 중간 접근, 최종 접근, 실패 접근을 포함하며, 0.3~0.1NM 또는 그 이상의 정확도를 요구하는 RNP 요건을 필요로 한다.

① 비행 계획서 작성

RNP APCH 요건을 충족하는 항행 장비를 장착하고, 운항 승인을 받은 운영자는 비행 계획서의 항목10(탑재 장비)에 문자 'R'을 기입하고, 항목18(기타 정보)에 'NAV/RNP APCH 또는 RNP APCH with BARO-VNAV'로 표기하여야 한다.

② 수직 강하 정보가 제공되는 RNP APCH 절차는 DH(Decision Height)까지 비행할 수 있으며, DH는 250피트 이상이다.

③ 수신기 자체 무결성 감시(Receiver Autonomous Integrity Monitoring : RAIM) 기능은 필수 항행 성능(RNP)의 이용 가능성을 판단하는 방법으로 사용되고 있다. 조종사는 GNSS 구성 요소 또는 RAIM 확인으로 GNSS 항행이 불가능하여 다른 항행 수단으로 변경이 필

요할 수 있음을 인식하고 대응 방법을 숙지하여야 한다. SBAS 기능 작동 시 RAIM 요건은 불필요하다.

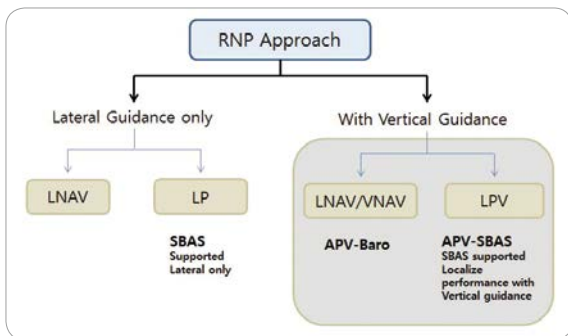
2) RNP Approach를 위한 GNSS 수신 장비의 요건

- ① TSO 인증을 받은 위성 보정 시스템 수신 기능 혹은 무결성 감시 기능(RAIM)이 있어야 한다.
  - TSO-c129 인증 수신기 : WAAS 기능이 없음
  - TSO-c145 인증 수신기 : WAAS 기능이 있음

② Navigation Database로부터 절차를 검색할 수 있는 기능이 있어야 한다.

조종사는 탑재 항행 데이터베이스 및 소프트웨어 버전이 해당 비행시간 동안 유효함을 확인하여야 한다. 모든 접근 절차는 항행 데이터베이스에서 명칭별로 검색하여 항행 시스템에 입력할 수 있어야 하며, 어떠한 경우에도 명칭별로 입력 및 검색된 절차가 아닌 수동으로 입력된 절차가 계기접근 비행의 1차 참조 자료로서 사용되어서는 안 된다.

③ 선회예측 기능(turn anticipation)이 있어야 한다.



[그림 3-100] RNP Approach의 종류

[표 3-7] RNP Approach를 위한 GPS 수신기의 가능

	GNSS 수신기 기능에 따라 접근 절차 수행 가능 여부	
	WAAS (no)	WAAS (yes)
LNAV	가능	가능
LNAV/VNAV	제한적 가능	가능
LPV	불가능	가능

3) GNSS를 이용한 RNP Approach의 Course Guidance 방법

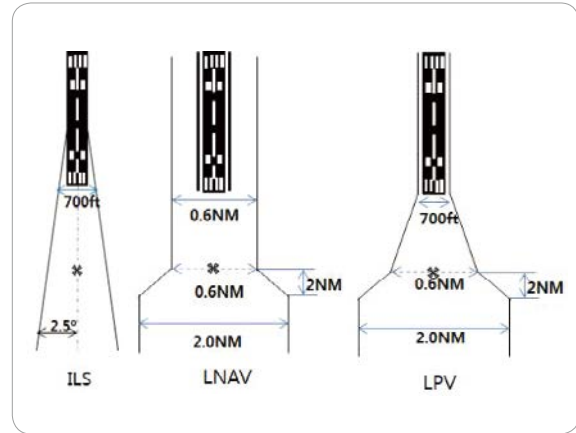
① Angular guidance

경로 중심선으로부터 벗어난 정도를 각도로 제공하는 것으로 VOR, LOCALIZER Approach 와 같은 것이 해당된다. 벗어난 정도를 각도로 제공하므로 CDI의 벗어난 크기가 같더라도 항공기 위치가 활주로 끝으로부터 멀수록 중심선으로부터 더 멀리 벗어나 있음을 의미한다. 예를 들어 VOR Approach의 경우 활주로 끝으로부터 5NM 떨어진 지점에서 CDI가 1/2scale(5°) 벗어났다면 중심선으로부터 약 2500피트 벗어난 것이고, 1NM 떨어진 지점에서 CDI가 1/2scale(5°) 벗어났다면 중심선으로부터 약 500피트 벗어난 것을 의미한다.

SBAS 수신에 가능한 장비의 CDI 민감도는 FAF에서 좌우 1NM, Threshold에서 0.3NM 이하의 범위 내에서 지시하므로 Angular guidance라 할 수 있다.

② Linear guidance

경로 중심선으로부터 벗어난 정도를 거리로 제공하는 것으로서, 예를 들어 RNP0.3을 만족하는 GPS LNAV Approach의 경우 CDI가 최대로 벗어났을 경우에 Threshold로부터 항공기 위치에 관계없이 약 1800피트가 벗어난 것을 나타낸다. 즉 CDI가 최대로 벗어났을 경우에 FAF에서도 항공기는 경로에서 1800피트 벗어난 것이며, MAPt에서도 똑같이 1800피트 벗어난 것을 의미한다.



[그림 3-101] ILS와 비교한 LNAV, LPV의 Final Approach Scaling

4) GNSS를 이용한 RNP Approach 종류

[표 3-8] RNP Approach의 종류

Approach 종류		WAAS/LAAS 필요 유무	Course guidance	Typical Minimums
TYPE	접근 형태			
LNAV	NP*	no	Linear	MDA (400피트)
LP	NP	WAAS	Angular	MDA (300피트)
LNAV+V**	NP+V**	WAAS (제한적 가능)	Angular	MDA (400피트)
LNAV/VNAV	APV***	WAAS (제한적 가능)	Angular	DA (350피트)
LPV	APV	WAAS	Angular	DA (200피트)
GLS	PA****	LAAS	Angular	ILS CAT II, III 와 동일

NP\* : Non precision approach

NP + V\*\* : Non precision approach + Vertical guidance

APV\*\*\* : Approach with Vertical Guidance의 약자로 수평 및 수직 경로 안내를 제공하나 ILS처럼 정확도가 높지 않아 semi precision approach라 한다.

PA\*\*\*\* : Precision approach

① LNAV( Lateral Navigation) Approach

LNAV는 Lateral Navigation의 약자로서 항공기의 GNSS Sensor(SBAS 수신 기능에 관계 없음)를 통해 Linear guidance에 의한 경로 이탈(Course Deviation) 정보만을 제공받는 비정밀 계기접근 절차로서 보통 MDH는 400피트에 설정된다.

SBAS 수신 기능이 없는 GNSS 수신기를 사용하는 경우, 조종사는 적어도 FAF 2NM 전에는 RAIM Check를 완료하여야 하며, 접근 도중 지속적으로 RAIM Warning을 check 하여야 한다. GNSS는 FAF에서 MAPt까지 0.3NM의 정확성을 보장하여야 한다.

② LNAV + V Approach

LNAV+V는 Lateral Navigation with Advisory Vertical Guidance를 의미하며 LNAV approach의 FAF로부터 Touch down point까지 3°의 강하각을 기준으로 하여 계산된 가상의 수직 경로 안내 정보(pseudo Vertical guidance)를 제공하는 접근 절차이다. LNAV + V 접근 시 장애물과 step down 고도 유지는 조종사의 책임이며 LNAV Minimum이 적용된다.

③ LNAV/VNAV Approach

LNAV/VNAV Approach는 수평 경로뿐 아니라 수직 경로 정보도 제공하는 접근 절차이다. 수평 경로에 대한 정보 제공은 LNAV와 같으며, 수직 경로에 대한 정보 제공은 baro-VNAV와 SBAS 기능을 활용하여 제공된다.

baro-VNAV는 항공기 Static system에

서 측정된 Altimeter를 GNSS 수신기에 입력하여 고도 정보를 제공하는 방법이다. 그러나 baro-VNAV 방법은 Static system의 부정확하고 잘못된 Altimeter setting, 온도에 따른 오차 등으로 부정확한 정보가 입력될 수 있다. 그러나 최근의 GNSS 수신기는 오차를 보정하는 SBAS, GBAS 기능 등으로 매우 정확해졌으며, 그에 따라 GNSS 수신기의 수평 경로 정확성은 0.3NM(550meter)에서 40meter로, 수직 경로의 정확성은 35meter까지 증가되었다. 따라서 오차가 발생할 수 있는 baro-VNAV 방법 대신 SBAS 기능을 활용하면 정확한 Glide path 정보를 제공받을 수 있다. 만일 SBAS 기능을 사용하지 못하고 bar-VNAV를 이용하여 Glide path 정보를 제공받는 경우, 아주 추운 지역에서는 지시되는 고도보다 실제 비행고도가 낮으므로 온도에 따른 고도 보정을 반드시 해 주어야 하며 낮은 온도에서는 접근이 제한될 수 있다.

LNAV/VNAV Approach는 Glide path 정보도 제공하므로 정밀 접근(APV)으로 간주하며 최종 결심 고도는 ILS보다 높은 350~400피트에 DA로 설정된다.

④ LPV Approach(with SBAS Approach)

LPV는 Localizer Performance with Vertical guidance의 약자로 기존의 LNAV에 수직 경로 안내까지 제공되는 접근 절차이다. LPV 접근 절차는 SBAS 수신기 가능한 GNSS 장비로 위성 신호를 이용하여 수평 및 수직 경로 안내를 제공하는 절차이다. LNAV/VNAV 절차와 달리 SBAS를 이용하므로 수평 경로는

Angular guidance가 가능하고, 수직 경로 또한 위성 신호를 이용하므로 DA는 200~250피트로 정해지며 착륙 기상 최저치가 더욱 낮아지게 된다. baro Altimeter를 이용하지 않고 SBAS를 이용하여 수직 경로 안내를 제공받으므로 추운 지역에서의 고도 오차, 잘못된 기압 setting으로부터 발생될 수 있는 오차를 줄일 수 있다.

⑤ LP Approach

LP Approach는 수평 경로만을 제공하는 Localizer Performance approach로서, 기존의 LNAV approach는 Linear guidance 방식으로 수평 경로 안내를 제공하지만, LP approach는 SBAS를 이용하여 Angular guidance 방식으로 수평 경로를 안내하는 접근 절차 방식이다. SBAS를 이용하므로 LNAV보다 정밀하여 접근 경로를 좁게 할 수 있으며 최저 강하 고도를 더 낮게 할 수 있다. LP의 MDA는 보통 300피트에 설정된다.

⑥ RNP AR Approach

RNP AR APCH의 AR은 Authorization Required의 약자로, 운영을 위해서 반드시 인가가 필요한 접근 절차이다. RNP AR 접근은 항행 정밀도의 향상으로 접근 경로의 보호구역이 좁아지기 때문에 운영자(항공사), 항공기, 조종사에 대한 인가가 필요하다.

RNP AR APCH는 혼잡이 심한 지역 또는 환경적 문제를 가지는 지역에서 공역을 유연하게 활용하여 이러한 문제를 해결할 수 있으며, 정확도의 향상으로 기상과 환경에 영향을 많이 받

는 산악 지형과 같은 지역에서도 유연하게 적용될 수 있다. 보통 기존의 개념으로 접근 절차는 활주로 연장선상으로부터 30도 이내의 직진 입 절차와 선회 절차로 나누어졌으나 RNP AR APCH의 경우에 직진입 구간과 Radius to Fix 구간이 함께 사용된다는 점이 특징이다.

RNP AR APCH는 Multi GNSS, FMS 시스템, 지형 인식 경보 시스템과 같은 높은 무결성을 갖춘 항행 시스템을 요구한다.

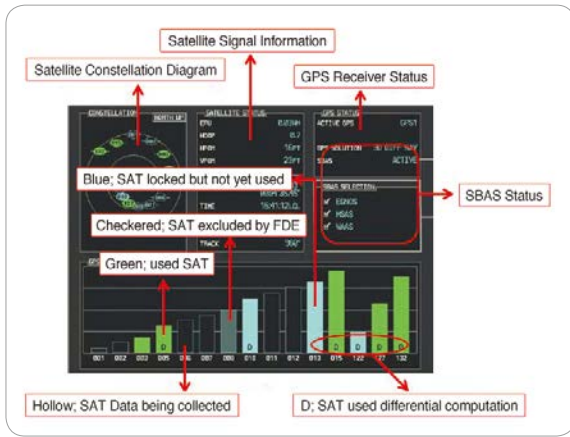
또한 RNP AR APCH는 부수 구역 없이 2 x RNP의 축소된 장애물 허가 고도를 가지며, 수직 유도 정보가 필수적으로 제공되어야 한다. 주로 RNP 0.3 이하와 RF leg가 이용된다.

5) 비행 중 점검 사항

① CDI 감도 및 RAIM

탑재된 GNSS 수신기에 계기접근을 위한 계획을 입력하고 접근을 시작하면, 수신기는 공항 참조점(ARP ; Airport Reference Point)으로부터 직선거리 30NM 이내에 들어왔을 때 Approach mode로 변경됨을 조종사에게 'ARM' 표시로 알려 준다. 이때부터 수신 기기의 CDI 감도 및 RAIM은 En route 단계(CDI: ±5NM, RAIM: ±2NM)에서 Terminal 단계(±1NM)의 감도로 변경된다. 만일 IAWP(Initial Waypoint)가 30NM 밖에 있을 경우 Approach mode로 'ARM' 되더라도 CDI 감도 변화는 항공기가 30NM 이내에 접근하기 전까지 일어나지 않는다.

Approach Mode가 Arm 되어 있고 FAWP 2NM 이내에 있을 때, Approach Mode가 활성화되며, RAIM과 CDI 감도는 Approach Mode



[그림 3-102] G1000 Satellite 작동 상태

로 바뀐다. FAWP 도착 전 2NM에서 CDI 감도는  $\pm 1\text{NM}$ 에서  $\pm 0.3\text{NM}$ 로 바뀐다. RAIM과 CDI의 감도가 변하는 FAWP 2NM 밖에서 최종 접근경로에 진입하는 것은 Ramp-down(CDI와 RAIM의 감도가 En route에서 Terminal Sensitivity로 바뀌거나 Terminal에서 Approach Sensitivity로 바뀌는 것)이 되는 동안 CDI 시현을 해석하는 데 발생하는 문제를 예방하는 데 도움이 될 것이다. FAWP 2NM 이내에 최종 접근 경로에 진입하기 위한 Vector를 요구하거나 받는 것은 추천되지 않는다.

② 정확한 정보의 입력

잘못된 입력은 Approach Mode를 제공할 수 없게 된다. 만약 FAWP 2NM 전에 Approach Mode가 Arm되지 않으면, Approach Mode는 실행되지 않을 것이고, 장비에 Flag가 나타날 것이다. 이러한 상태에서 RAIM과 CDI 감도는 Ramp Down되지 않으므로 조종사는 MDA로 강하해서는 안 되고 MAWP로 비행한 다음 실

패 접근을 실행해야 한다. 조종사는 Approach Mode가 FAWP 이전에 작동되는지 Approach Active Annunciator와 GNSS 수신기를 반드시 확인해야 한다.

③ 실패 접근 절차

Missed Approach시 MAWP를 지나 Missed Approach chart에 명시된 Way point의 순서대로 진행되는지 조종사의 감시가 필요하며 MAWP 다음에 적절한 조치를 취해야 한다. MAWP 도착 전에 Missed Approach를 활성화하게 되면 CDI 감도는 즉시 Approach mode( $\pm 0.3\text{NM}$ )에서 Terminal mode( $\pm 1\text{NM}$ )로 바뀌게 되고 수신기는 MAWP로 계속 진행할 것이다. 수신기는 MAWP를 지난 다음 자동으로 순서 진행이 안 될 것이다. MAWP 도착 전에 선회를 해서는 안 된다. 만약 Missed Approach가 활성화되지 않으면, GPS 수신기는 최종 진입 경로(Inbound Final Approach Course)를 연장하여 지시하게 된다.

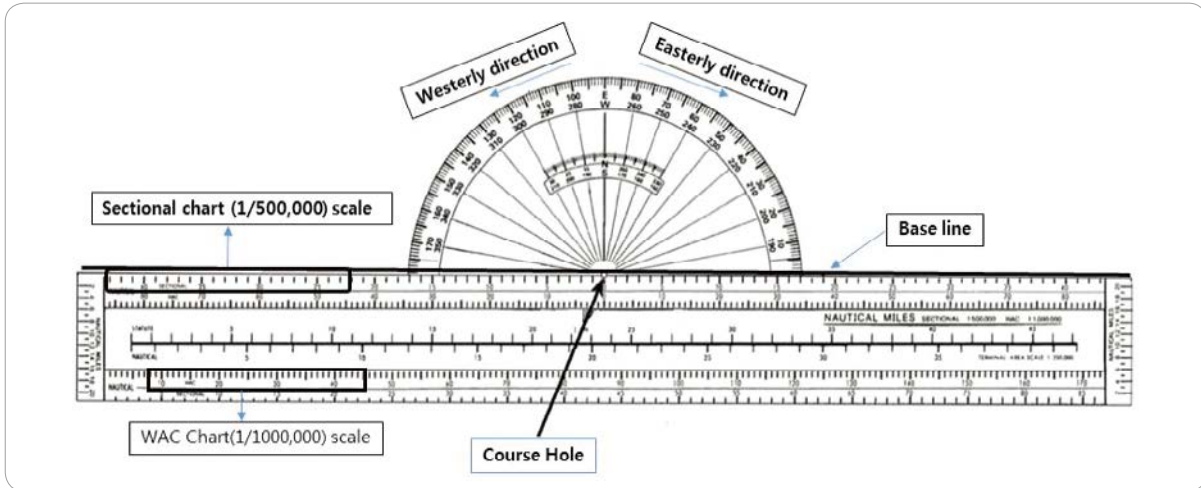
### 3.3 항법용 계측기의 원리와 사용

#### 3.3.1 플로터(Plotter)

##### 3.3.1.1 플로터(Plotter)의 소개

출발지로부터 목적지까지 경로의 방향을 구하기 위해서는 우선 지도상에 출발지로부터 목적지까지 일직선으로 선을 그은 다음 플로터를 이용하여 방향과 거리를 측정한다.





[그림 3-103] 플로터(Plotter)의 구조

플로터(Plotter)는 비행하고자 하는 경로의 방향과 거리를 측정하는 도구로서, 방향을 측정하는 각도기와 지도의 축척(scale)에 맞도록 거리를 측정하는 자(Ruler)로 구성되어 있다.

### 3.3.1.2 비행 플로터(Plotter)를 이용한 방향 및 거리 측정

#### (1) 방향을 구하는 방법

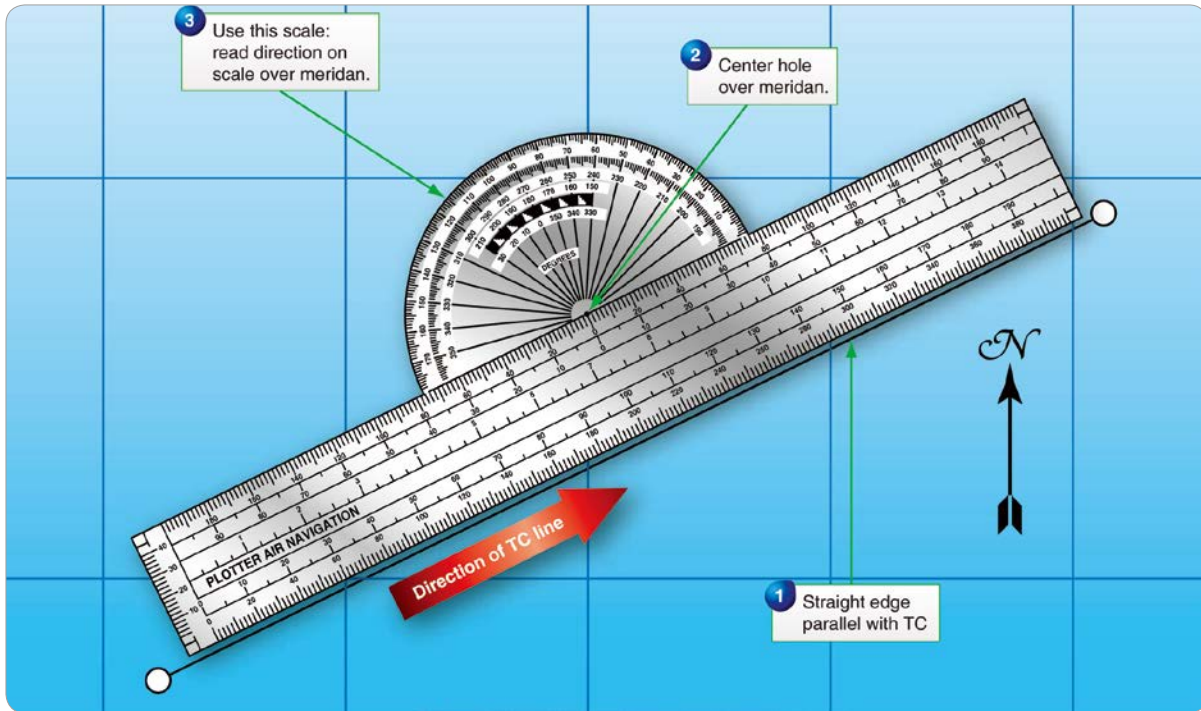
- 1) 지도상에 출발지로부터 목적지까지 경로를 일직선으로 작도(作圖)한다.
- 2) 플로터의 base line을 작도한 경로선과 일치시킨다.
- 3) 플로터 가운데 있는 course hole을 경로상의 경도선에 일치시킨다.
- 4) 플로터의 각도기와 경도선이 일치하는 각도를 읽는다. 각도기와 경도선이 일치하는 각도가 목적지로 향하는 진향로(TC; True Course)가 된다.

- 5) 측정된 진향로(TC; True Course)에 그 지역의 지자기 편차(Variation)를 수정하여 자침로(MC; Magnetic Course)를 구한다.

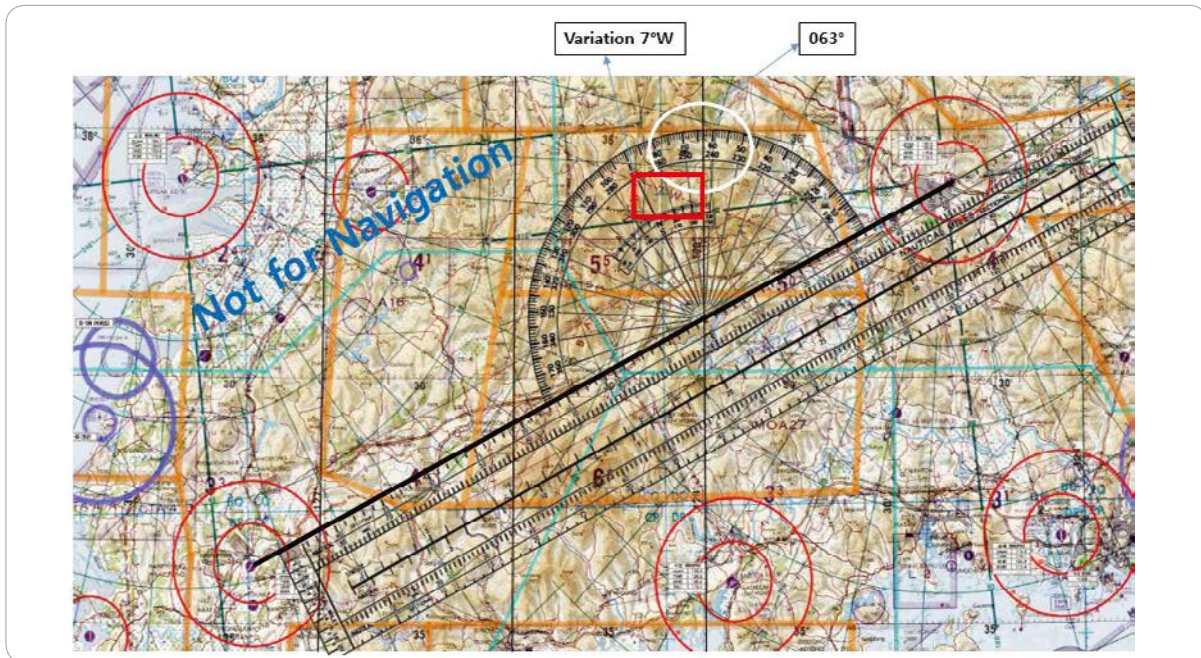
#### (2) 항공기 기수 방향(Heading) 결정

조종사는 비행 중에 항공기의 현재 위치를 파악하고 목적지까지 방향을 산출하여야 한다. 비행 중인 항공기는 바람의 방향에 따라 계획된 경로를 벗어나게 되므로 계획한 경로를 유지하기 위해서는 편류(Wind drift)를 수정하여 바람이 불어오는 쪽으로 항공기의 방향(Heading)을 유지하여야 한다.

[그림 3-105]는 광주공항에서 대구공항까지의 방향과 거리를 구하는 방법으로 위의 순서대로 실행하면 측정된 진향로(TC)는 063°가 되고, 이 지역의 지자기 편차(Variation) 7°W를 수정하면 자침로(MC)는 070°가 된다. 조종사는 자침로 070°에서 바람에 의한 편류각을 수정하면 대구공항까지 계획된 경로를 유지하기 위한 방향(Magnetic Heading)을 구할 수 있다.



[그림 3-104] 플로터를 이용하여 방향 측정하는 방법



[그림 3-105] 광주공항에서 대구공항까지의 경로 측정

광주공항에서 대구공항까지의 거리는 아래의 지도가 Sectional chart(1/500,000)이므로 플로터의 거리 스케일을 확인하여 측정하면 97NM이 된다.

### 3.3.2 항법 계산반(計算盤)

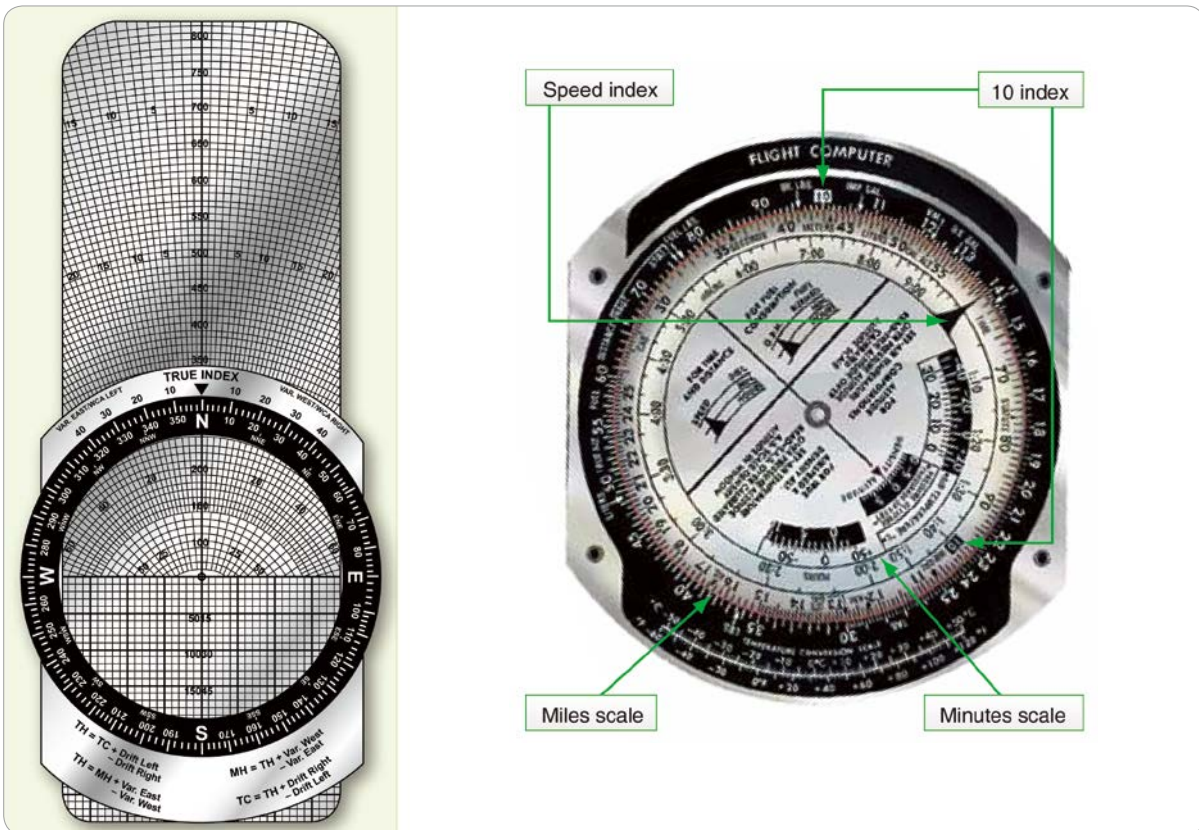
항법 계산반은 E6-B Flight Computer 또는 DR flight Computer라 한다. 항법을 할 때 주로 계산하는 것은 방향, 거리, 속도, 시간, 및 연료 소모량 등이다. 이것 이외에 항공기 성능을 구하기 위해 필요한 밀도고도, 바람의 영향에 의한 편류수정각 등을 구하여야 하는데 이들 또한 항법 계산반을 이용

하여 구할 수 있다.

#### 3.3.2.1 항법 계산반(E6-B Flight Computer)의 구조

[그림 3-106]의 왼쪽은 비행 중 경로 유지와 비행 소요 시간에 영향을 미치는 바람의 영향을 계산할 수 있는 Wind Face이며, 시간, 거리, 밀도고도, 연료 소모량, 단위 환산 등을 계산할 수 있는 Slide Rule Face는 [그림 3-106]의 오른쪽으로서 앞뒤로 구성되어 있다.

Slide Rule Face는 두 개의 금속판으로 되어 있으며, 바깥 면은 고정되고 안쪽 면은 중심을 기준으로



[그림 3-106] E6-B 항법 계산반

회전하게 되어 있다. 바람의 영향을 계산할 수 있는 Wind Face도 안쪽 면은 바람의 방향과 항공기 방향을 계산할 수 있도록 360° 모든 방향으로 각도가 그려져 있으며, 그 안쪽에는 바람의 편류각, 수정각을 나타내 주는 선과 항공기의 속도(진대기속도; TAS, 대지속도; GS)와 바람의 속도를 나타내 주는 숫자가 표시되어 있고 위아래로 움직일 수 있게 되어 있다.

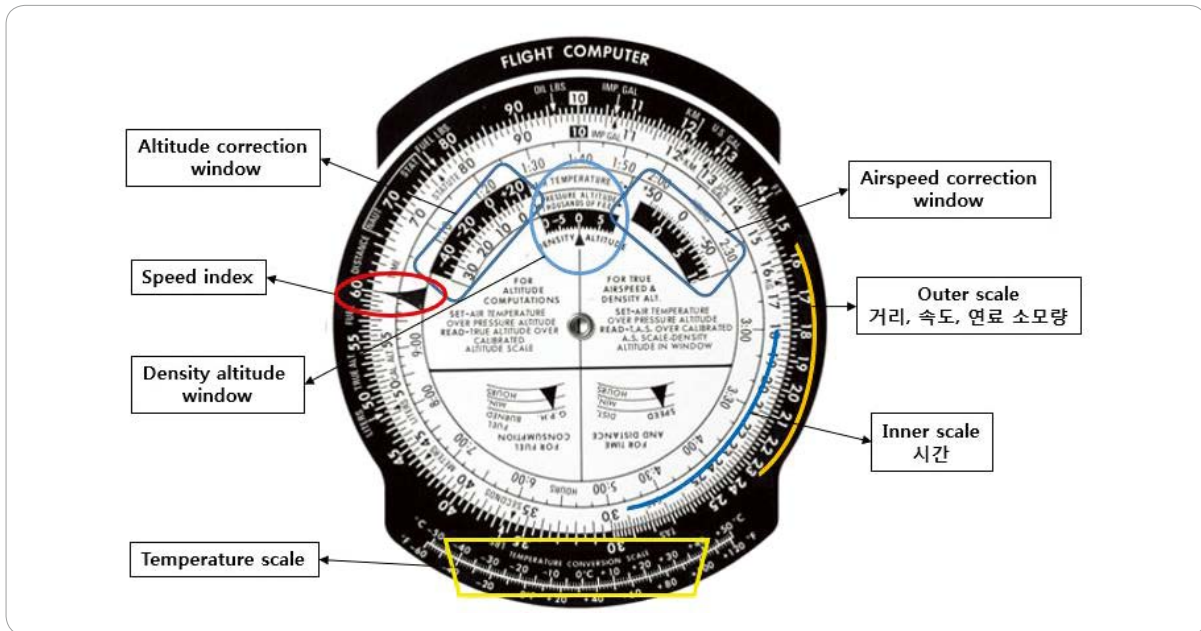
과 크기를 나타내는 바깥쪽의 눈금을 이용하여 비례식으로 계산할 수 있다. 60분(1시간)의 표시는 크고 검은 화살표로 되어 있는데 이를 Speed Index라 한다. 안쪽과 바깥쪽의 눈금은 순서적으로 나열되고 두 눈금이 일치되도록 되어 있으며 나열된 눈금은 10에서 100까지로 되고 한쪽 눈금이 커지면 다른 쪽 눈금은 줄어들도록 되어 있다.

(1) Slide Rule Face의 구성

Slide Rule Face의 바깥쪽은 거리, 연료 소모량 등을 눈금(scale)으로 나타내어 Mile Scale이라 하며 각 눈금은 수치를 나타내는데, 예를 들어 눈금 15는 1.5, 15, 150, 1500 등으로 읽을 수 있다. 안쪽 눈금은 시간을 나타내므로 Time Scale이라 한다. 속도와 연료 소모량은 시간 단위로 측정되므로 시간을 나타내는 눈금으로 표시되어 있는 안쪽 눈금

(2) Wind Face의 구성

지상에서 움직이는 자동차나 해상에서 항해하는 선박에 대한 바람의 영향은 매우 적어 대체로 자동차나 선박이 향하고 있는 곳으로 이동하게 된다. 그러나 항공기의 경우에는 바람의 영향을 전부 받고 있으므로 항공기 기수가 향하고 있는 곳으로 이동하는 경우는 거의 없다. 바람은 공기의 이동이므로 공중에 떠 있는 항공기는 기수 방향에 관계없이 바람

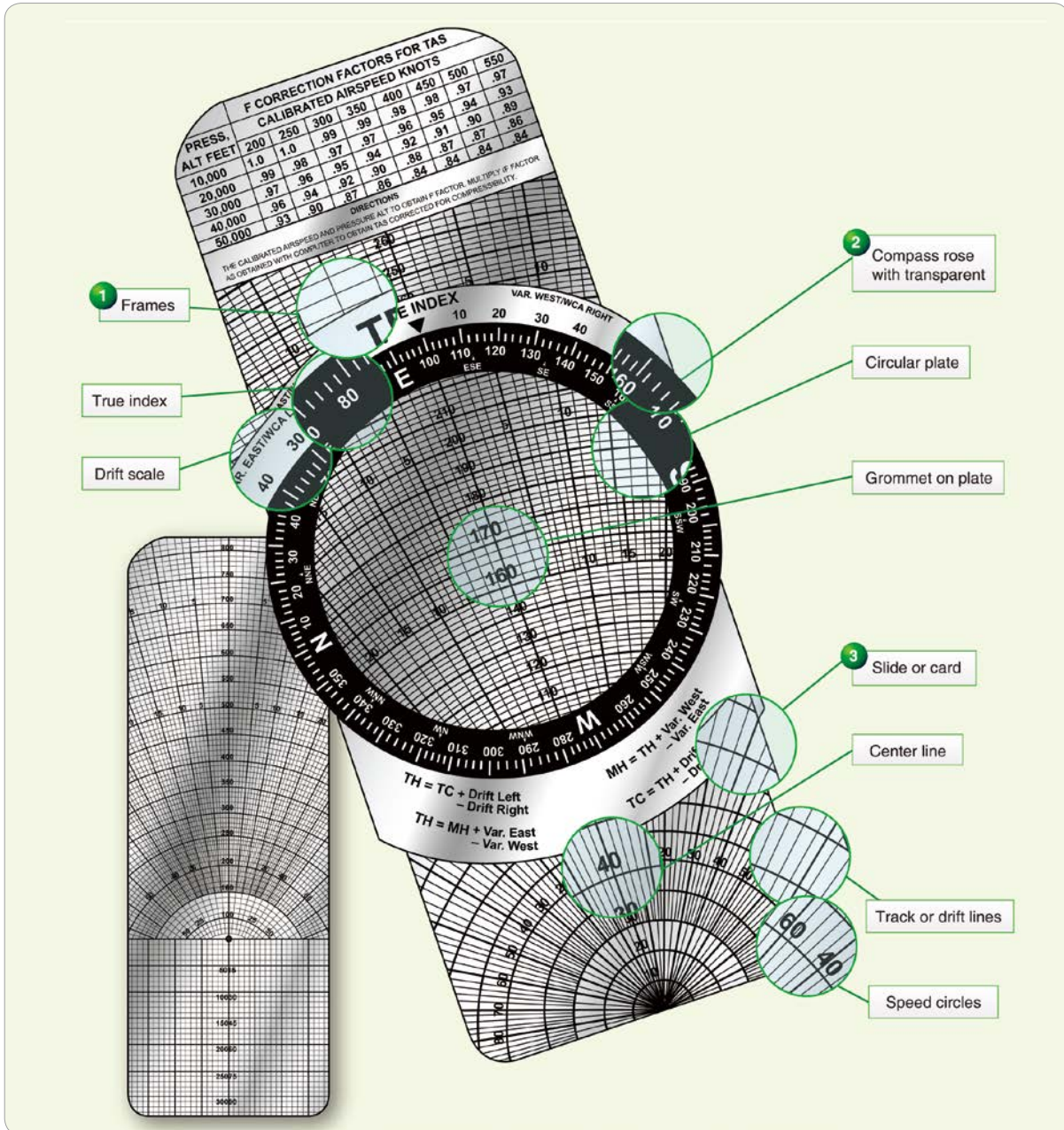


[그림 3-107] 항법 계산반의 Slide Rule Face의 구성

이 붙어 나가는 방향으로 바람의 속도만큼 지표면에 대하여 흐르게 된다. 항법 계산반의 Wind face는 계획된 항로를 유지할 수 있도록 풍향과 풍속

을 계산하여 바람 수정각(WCA ; Wind Correction Angle)을 구하는 도구이다.

Wind Face의 구조는 [그림 3-108]과 같다.



[그림 3-108] e6b 항법 계산반의 Wind Face

3.3.2.2 Slide Rule Face를 이용한 계산 방법

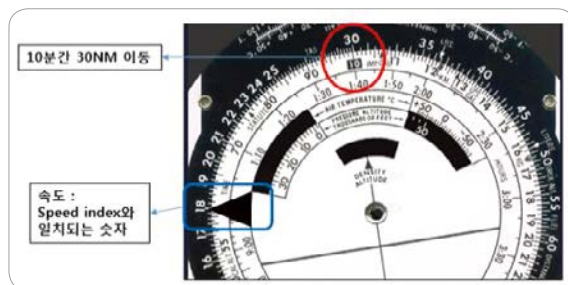
Slide Rule Face의 바깥쪽 눈금과 안쪽 눈금은 서로 같은 배열로 그려져 있으므로 안쪽의 10을 바깥쪽의 10에 맞추면 주변의 모든 숫자(눈금)는 같아지게 된다. 만약 안쪽 눈금(Time Scale)에 있는 숫자 20을 바깥쪽 눈금(Mile Scale)의 10에 맞추면, 안쪽 눈금은 바깥쪽 눈금의 2배 숫자가 나타난다. 이 비례를 이용하여 시간, 속도, 거리 관계의 문제를 풀 수가 있다.

(1) 항공기 속도의 계산

1) 비행 거리와 비행시간(분, 시간 단위)을 알고 항공기의 속도를 구하는 방법

**문제 : 10분 동안에 30NM을 이동하였을 경우 항공기 속도는?**

시간을 나타내는 안쪽 눈금(Time scale)의 10분에 바깥쪽 눈금(Mile scale) 30NM에 맞추면 Speed Index와 일치되는 바깥쪽 눈금이 항공기의 속도가 된다. 이 경우 18을 지시하므로 항공기 속도는 180노트가 된다.

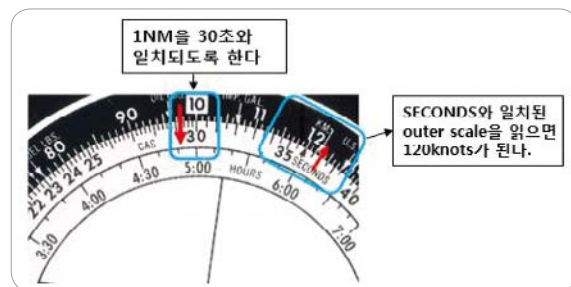


[그림 3-109] 항공기 속도 구하는 방법

2) 비행 거리와 비행시간(초 단위)을 알고 항공기의 속도를 구하는 방법

**문제 : 1NM을 비행하는 데 30초가 걸렸다면, 항공기의 속도는?**

바깥쪽 눈금(Mile scale)의 10을 안쪽 눈금의 30에 맞추고 1시간은 3,600초이므로 안쪽 눈금(Time scale) SECOND라고 표시되어 있는 선을 바깥쪽 눈금과 일치시키면 항공기 속도는 120 노트가 된다.

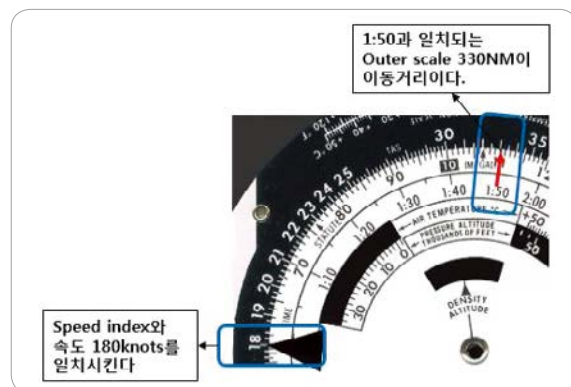


[그림 3-110] 항공기 속도 구하는 방법(초 단위)

(2) 비행 거리의 계산

1) 항공기 속도와 비행시간(분, 시간 단위)을 알고 비행 거리를 구하는 방법

**문제 : 속도 180노트로 1시간 50분을 비행하였으면 항공기가 이동한 거리는?**



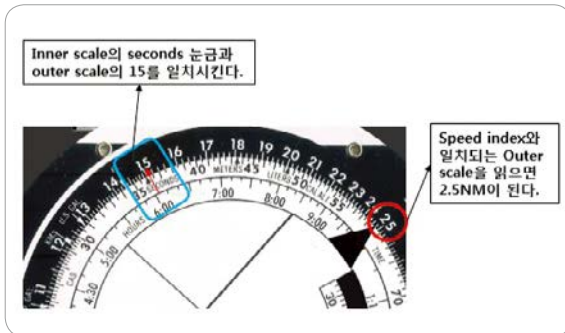
[그림 3-111] 비행거리 계산

Speed index를 18에 일치시키고 안쪽 눈금 (Time Scale)의 1시간 50분 눈금(1:50)과 일치하는 바깥쪽 눈금(Mile Scale)을 읽으면 약 330NM이 된다.

- 2) 항공기 속도와 비행시간(초 단위)을 알고 비행 거리를 구하는 방법

**문제 : 속도 150노트를 유지하여 60초간 비행 하였으면 그 거리는?**

안쪽 눈금(Time scale)에 SECOND라고 표시되어 있는 선과 바깥쪽 눈금(Mile scale)에서 항공기 속도 150노트(눈금 15)를 일치시키면, 안쪽 눈금 60과 일치되는 바깥 눈금 25는 항공기가 60초간 비행한 거리로서 2.5NM이 된다.



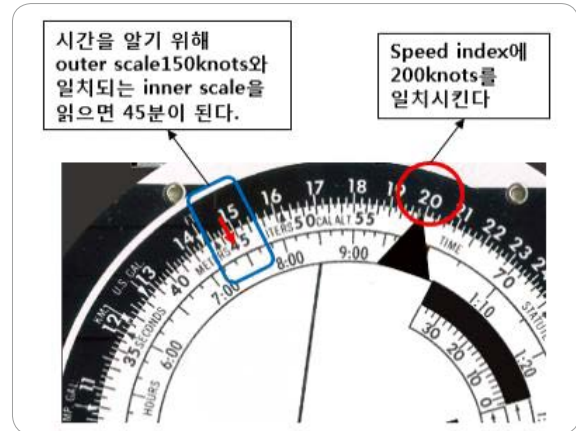
[그림 3-112] 비행 거리 계산(초 단위)

- (3) 비행시간의 계산

- 1) 항공기 속도와 비행 거리를 알고 비행시간 (분, 시간단위)을 구하는 방법

**문제 : 항공기 대지속도(Ground speed) 200노트로 150NM 비행하였을 경우 소요된 시간은?**

Speed index를 20에 일치시키고 바깥쪽 눈금 15와 일치하는 안쪽 눈금 45분이 비행시간이 된다.

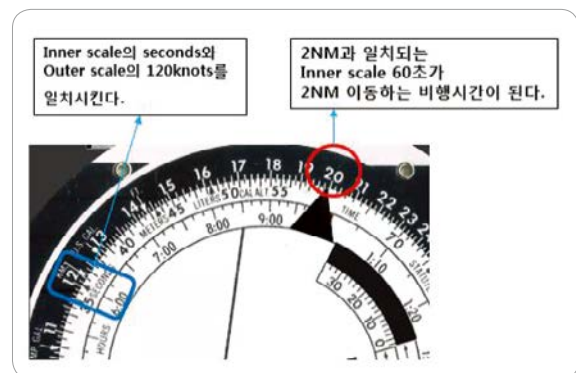


[그림 3-113] 비행시간의 계산

- 2) 항공기 속도와 비행 거리를 알고 비행시간 (분, 초 단위)을 구하는 방법

**문제 : 항공기 속도 120노트로 2NM 비행하는데 소요되는 시간은?**

안쪽 눈금 SECOND라고 표시되어 있는 선을 12에 일치시키고 바깥쪽 눈금 2와 일치하는



[그림 3-114] 비행시간의 계산(초 단위)

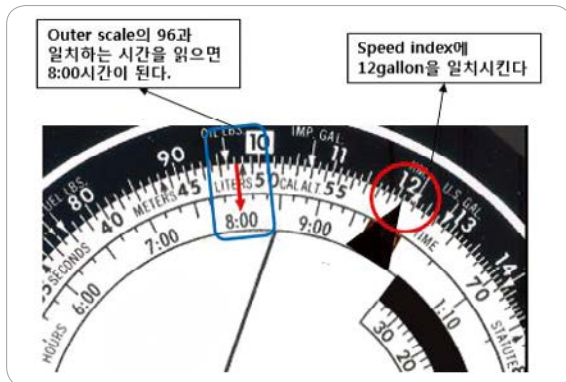
안쪽 눈금을 읽으면 60초(1분)가 2NM 이동하는 비행시간이 된다.

(4) 연료 소모량 계산

1) 탑재된 연료를 이용하여 비행 가능한 시간을 구하는 방법

**문제 : 연료 소모량이 시간당 12gallon이고 탑재 연료량이 96gallon일 때 비행 가능한 시간은?**

Speed index에 바깥쪽 눈금 12를 맞추고 바깥쪽 눈금 96과 일치하는 안쪽 눈금 8:00시간이 탑재 연료 96gallon으로 비행할 수 있는 연료량이다.

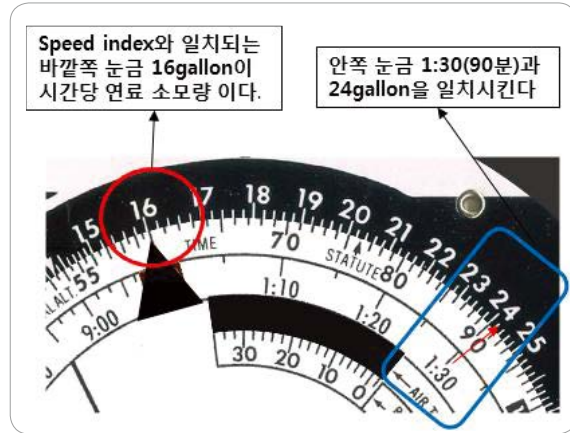


[그림 3-115] 비행 가능 연료량 계산

2) 시간당 연료 소모량을 구하는 방법

**문제 : 1시간 30분 비행하여 24gallon을 소비하였을 때 시간당 연료 소모량은?**

안쪽 눈금 1:30과 일치하는 바깥쪽 눈금 24에 맞추고 speed index와 일치하는 바깥쪽 눈금을 읽으면 시간당 16gallon의 연료 소모량을 구할 수 있다.

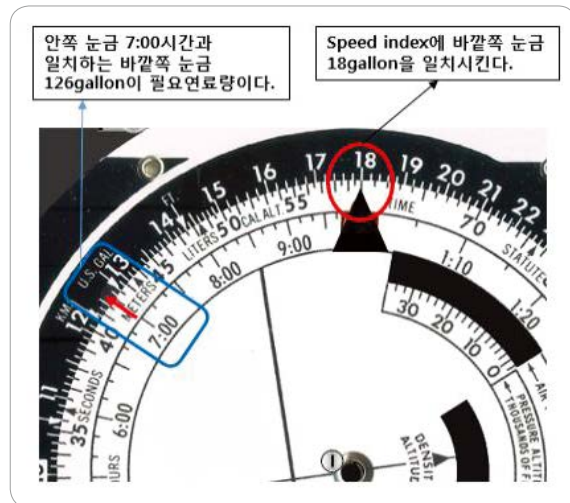


[그림 3-116] 시간당 연료 소모량 계산

3) 필요 연료량을 구하는 방법

**문제 : 시간당 연료 소모량이 18gallon일 때 7시간 비행하기 위해 필요한 연료량은?**

Speed index에 18gallon을 일치시키고 안쪽 눈금 7:00시간과 일치하는 바깥쪽 눈금을 읽으면 126gallon을 구할 수 있다.



[그림 3-117] 필요 연료량을 구하는 방법



(5) 단위의 환산

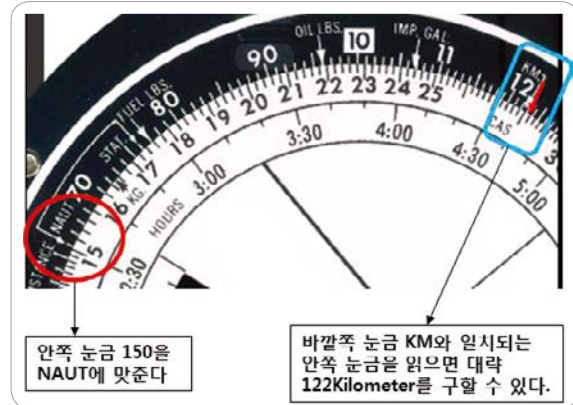
1) Statute Mile을 Nautical Mile으로 환산하는 방법

계산반의 바깥쪽 눈금 76에는 Statute Mile 이, 눈금 66에는 Nautical Mile이 표시되어 있다. 이곳에 알고 있는 Mile을 해당되는 곳에 맞추고, 알고자 하는 Mile을 읽으면 된다.

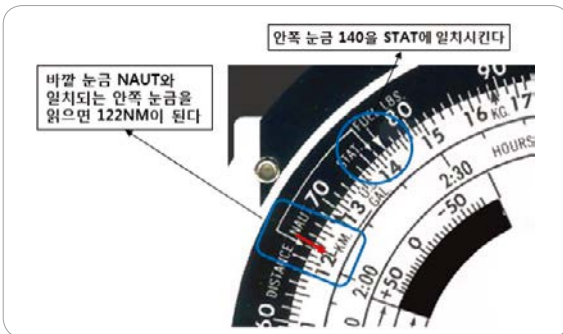
**문제 : 140Statute Mile을 Nautical Mile로 환산 하면?**

안쪽 눈금 140마일을 바깥쪽 눈금 STAT에 일치시키고, 바깥쪽 눈금 NAUT에 일치되는 안쪽 눈금을 읽으면 122Nautical Mile을 구할 수 있다.

키고 바깥쪽 눈금의 KM과 일치하는 안쪽 눈금을 읽으면 대략 264Kilometer를 구할 수 있다.



[그림 3-119] 단위의 환산(Nautical Mile을 Kilometer로 환산)



[그림 3-118] 단위의 환산(Statute Mile을 Nautical Mile으로 환산)

2) Nautical Mile 또는 Statute Mile을 Kilometer로 환산하는 방법

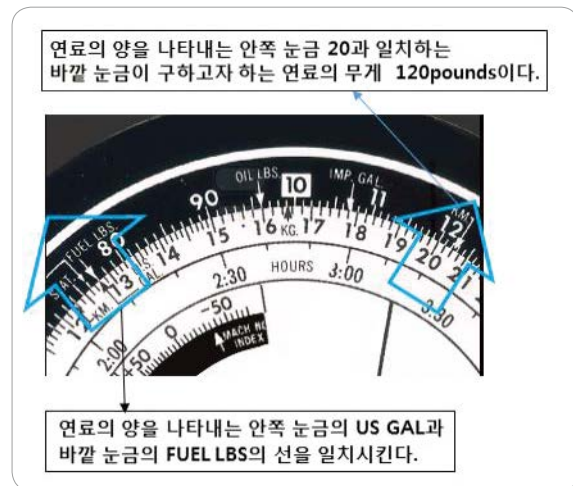
Kilometer는 바깥쪽 눈금의 122에 표시되어 있다. 알고 있는 Nautical Mile 또는 Statute Mile을 NAUT나 STAT에 놓고 바깥쪽 눈금 122와 일치되는 안쪽 눈금을 읽으면 된다.

**문제 : 150Nautical Mile을 Kilometer로 환산하면?**  
안쪽 눈금 15를 바깥쪽 눈금 NAUT에 일치시

3) 연료의 양을 무게로 환산하는 방법

**문제 : 연료 20gallon을 무게(pound)로 환산 하면?**

연료의 양을 나타내는 안쪽 눈금의 US GAL과 무게를 나타내는 FUEL LBS의 화살표



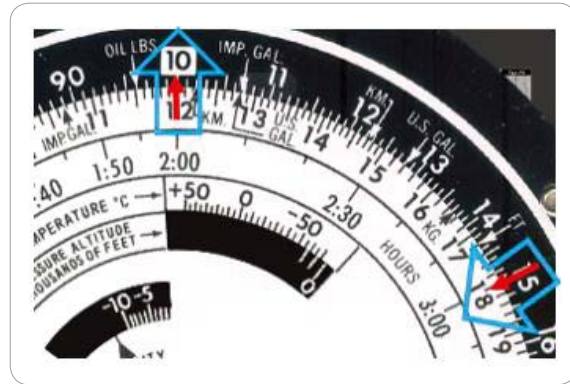
[그림 3-120] 연료량의 무게 환산

를 일치시킨 다음 안쪽 눈금에서 연료의 양 20Gallon과 일치하는 바깥쪽 눈금을 읽으면 120LBS의 무게를 구할 수 있다.

4) 엔진오일의 양을 무게로 환산하는 방법

**문제 : 엔진오일 10gallon의 무게는?**

연료의 양을 무게로 환산하는 방법과 동일하게 안쪽의 US GAL과 바깥쪽의 OIL LBS를 일치시키고 안쪽 눈금 10과 일치하는 바깥쪽 눈금이 구하고자 하는 오일의 무게 75LBS이다.



[그림 3-122] 계산반을 이용한 곱하기 계산

2) 나누기

**문제 : 24 ÷ 8을 계산반으로 구하려면?**

우선 바깥쪽 눈금의 8을 안쪽 눈금의 24와 일치시킨 다음 바깥쪽 눈금 10과 일치되는 안쪽 눈금을 읽으면 3을 구할 수 있다.



[그림 3-121] 엔진오일 양의 무게 환산



[그림 3-123] 계산반을 이용한 나누기 계산

(6) 곱하기와 나누기

1) 곱하기

**문제 : 12 × 15를 계산반으로 구하려면**

우선 안쪽 눈금의 12를 바깥쪽 눈금의 10에 일치시킨 다음 바깥쪽 눈금 15와 일치되는 안쪽 눈금을 읽으면 180이 구하는 답이 된다.

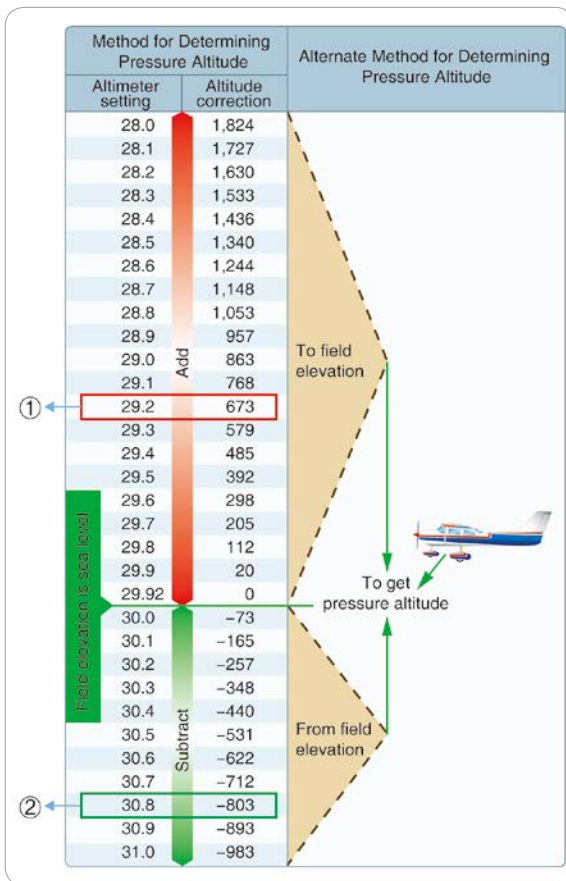
(7) 밀도고도(Density Altitude) 구하는 방법

항공기에 탑재되는 연료는 그 양이 정해져 있으므로 비행을 할 때 조종사는 연료 소모량을 반드시 파악하여 잔여 연료량을 파악하여야 한다. 잔여 연료량을 계산하여 그 연료로 목적지까지 비행이 가능한지 계산하여야 하고, 만일 불가하면 대체 공항에 착

륙하여 연료를 보급받아야 한다. 연료 소모량은 비행시간에 비례하고 비행시간은 바람의 영향과 항공기의 순항 성능에 따라 달라진다. 공기 밀도는 항공기 순항 성능에 영향을 미치므로 순항 성능을 알기 위해서는 비행하고자 하는 밀도고도를 산출하여야 한다. 밀도고도는 기압 고도에서 공기 밀도를 보정한 고도이다.

1) 기압 고도(Pressure altitude)의 산출

밀도고도를 산출하기 위해서는 우선 기압 고도(Pressure altitude)를 알아야 한다.



[그림 3-124] 기압 고도 환산표

기압 고도는 QNH로 맞추어진 진고도를 표준 대기압 29.92inHg(1013.2hPa)으로 환산한 고도이다. 기압 고도를 구하는 방법은

① 도표를 이용하여 구하는 방법

공항의 표고를 1,000피트라고 가정했을 때

- QNH가 29.20inHg일 경우 기압 고도는  $1000+673=1,673$ 피트가 되며
- QNH가 30.80inHg일 경우 기압 고도는  $1000-803=197$ 피트가 된다.

② 고도계를 이용하여 기압 고도를 구하는 방법

기압 고도계의 기압 설정창(Barometric scale window)에 현재의 기압치(QNH) 대신 29.92inHg(1013.2hPa)를 맞추어 지시되는 고도가 기압 고도이다.

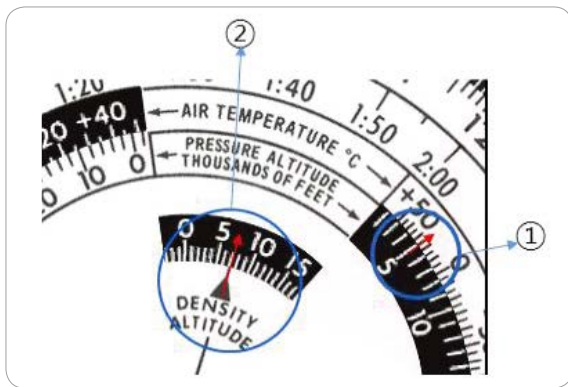
③ 계산에 의한 방법

계산에 의한 산출 방법은 기압은 1,000피트 당 약 1inHg(약 33hPa) 감소하므로 예를 들어, 비행장 표고가 500피트이고 현재의 QNH가 30.12inHg라 할 때 그 비행장 표고의 기압 고도는 표준대기압으로 환산( $30.12 - 29.92 = 0.2 \times 1,000 = 200$ 피트) 하였을 때 300피트가 된다.

2) Flight computer(e6b)를 이용하여 밀도고도를 구하는 방법

예를 들어 어느 공항의 표고(Field elevation)가 4,708피트이고 QNH 29.50inHg, 외기 온도가 25℃일 때 밀도고도를 구하는 방법은

- ① 기압 고도를 구한다. 현재 QNH가 29.50inHg 이므로 [그림 3-47]을 이용하여 표고 4,708 피트에 392피트를 더한 5,000피트가 기압 고도가 된다.
- ② 기압 고도 5,000피트에 외기 온도 25℃를 맞춘 다음(아래 그림 ①)
- ③ 아래그림 ②의 밀도고도 창의 화살표에 일치



[그림 3-125] 밀도고도 구하는 방법

하는 고도(약 7,000피트)가 밀도고도가 된다.

(8) 진대기속도(TAS ; True Air Speed) 구하는 방법  
 항공기가 목적지까지 이동한 비행시간은 항공기의 대지속도(GS ; Ground Speed)에 의해 결정된다. 대지속도는 진대기속도(TAS)에서 바람을 영향을 수정한 속도이다. 일정한 속도를 유지하더라도 뒷바람(배풍; Tail wind)을 받으며 비행하는 경우에는 앞바람(정풍; Head wind)을 받으며 비행하는 것보다 대지속도는 더 빠르게 되므로 목적지에 일찍 도착할 수 있게 된다. 대지속도를 구하려면 우선 진대기속도를 알아야 하는데, 진대기속도(TAS)는 계기속도(IAS; Indicated Air Speed)에서 계기 장착 오차를 수정한 수정 속도(CAS; Calibrated Air Speed)

로부터 공기의 밀도(온도)를 수정한 속도이다. 계기속도(IAS; Indicated Air Speed)와 수정 속도(CAS; Calibrated Air Speed)는 차이가 거의 없으므로 같다고 가정하였을 때, 진대기속도는 계기속도에서 공기의 밀도(온도)를 보정한 것으로 생각할 수 있다. 공기 밀도는 고도가 증가함에 따라 감소하여 항공기에 작용되는 저항이 감소되므로 일정한 계기속도로 비행하더라도 실제 공기 중을 통과하는 항공기의 진대기속도(TAS)는 증가한다.

예를 들어, 외기 온도가 +20℃인 기압 고도 5,000 피트의 고도에서 계기속도 100노트로 비행하는 경우 진대기 속도는?

- 1) 기압 고도 창의 5,000피트를 외기 온도 +20℃와 맞춘 다음
- 2) 안쪽 눈금 100노트와 일치되는 눈금을 읽으면 진대기속도는 110노트가 된다.



[그림 3-126] 진대기속도 구하는 방법

(9) 마하 속도와 진대기속도를 구하는 방법  
 항공기가 음속에 접근함에 따라 항공기에서 공기흐름의 속도가 가장 빠른 부분인 날개의 윗면을 지나

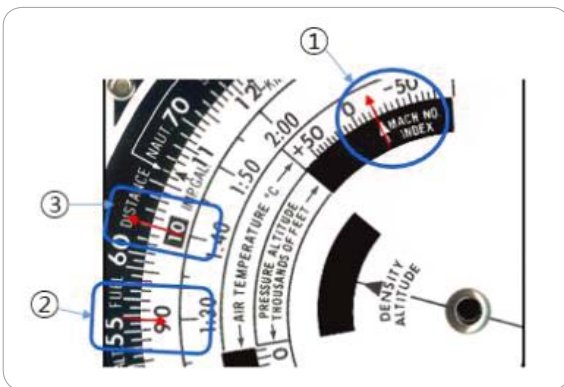
는 공기 흐름은 음속 이상으로 속도가 증가하게 되고 그 결과 충격파가 발생하게 된다. 충격파가 발생되면 항력이 급격히 증가되어 진동이 발생되고 항공기 조종성이 감소되므로 조종사는 고속으로 비행할 때 음속에 도달하는지 알아야 한다. 그러나 항공기에 장착되어 있는 일반 속도계는 항공기의 지시 속도 혹은 진대기속도만을 표시하므로 마하 속도계가 없다면 진대기속도를 마하수로 환산할 필요가 있다.

예를 들어, 외기 온도가 -20이고 진대기속도가 558노트라 할 때 MACH NO는?

- 1) MACH NO INDEX 창에 -20℃를 맞추고
- 2) 바깥쪽 눈금 558노트와 일치되는 눈금을 읽으면 0.90가 MACH NO가 된다.

예를 들어, 외기 온도가 -20일 때 MACH NO 1이 되는 진대기속도는?

- 1) MACH NO INDEX 창에 -20℃를 맞추고
- 2) MACH NO 1(안쪽 눈금 10)과 일치하는 바깥쪽 눈금을 읽으면 진대기속도 620노트를 알 수 있다.



[그림 3-127] MACH NO와 진대기속도를 구하는 방법

(10) TRUE ALTITUDE 구하는 방법

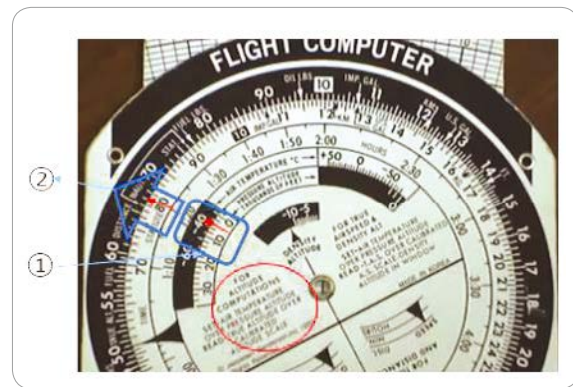
본 교재 '3.1.2.7 (4)항목'에서 설명한 것처럼 기온이 아주 추운 지역으로 비행하는 경우, 실제 비행고도는 계기에 지시되는 고도보다 낮아지므로 특히 장애물이 많은 지역을 비행하는 경우에는 매우 주의하여야 한다. 온도가 매우 낮은 지역에서 비행하는 경우, 계기 고도를 온도를 보정한 실제 비행고도로 환산하여야 한다.

예를 들어, 어느 지역의 평균해수면 기압치가 30.40inHg인 지역에서 계기 고도 8,440피트를 유지하며 비행할 때 그 지역의 외기 온도가 -40℃라 하면 비행하는 실제 고도는?

기압 고도를 알기 위해 QNH 30.40inHg, 계기 고도 8,440피트를 기압 고도로 환산하면 8,000피트가 된다.

항법 계산반의 FOR ALTITUDE COMPUTATIONS 창에

- 1) 기압 고도 8,000피트에 -40℃를 맞추고
- 2) 안쪽 눈금 80과 일치하는 바깥쪽 눈금을 읽으면 진고도 6,700피트를 얻을 수 있다.



[그림 3-128] 온도를 보정한 실제 비행고도를 구하는 방법

만일 이 지역에 6500피트의 산이 있다면 고도계는 8840피트를 지시하지만, 실제 고도는 6700피트가 되어 이 산과 충돌하게 되므로 매우 위험하다.

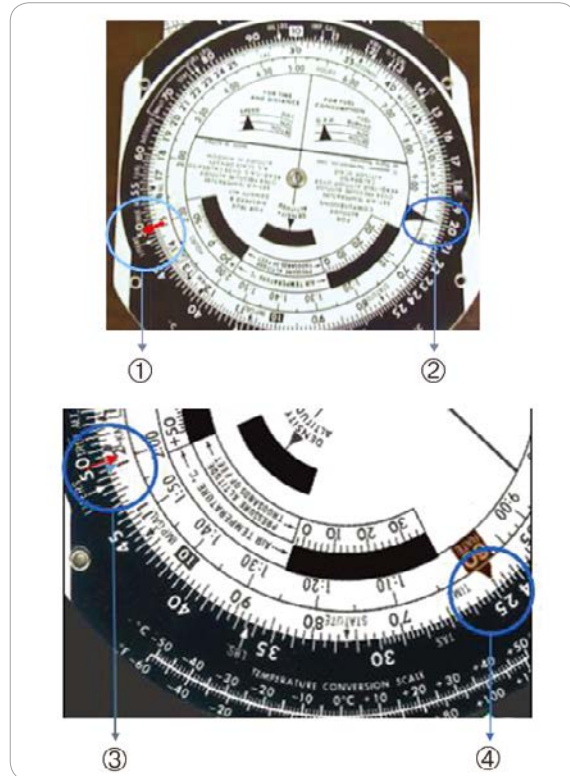
조종사는 아주 추운 지역을 비행하게 되는 경우, 실제 비행고도를 반드시 확인하여야 한다.

(11) 계획된 경로를 벗어났을 때 원래의 경로로 돌아가기 위한 수정각 구하기

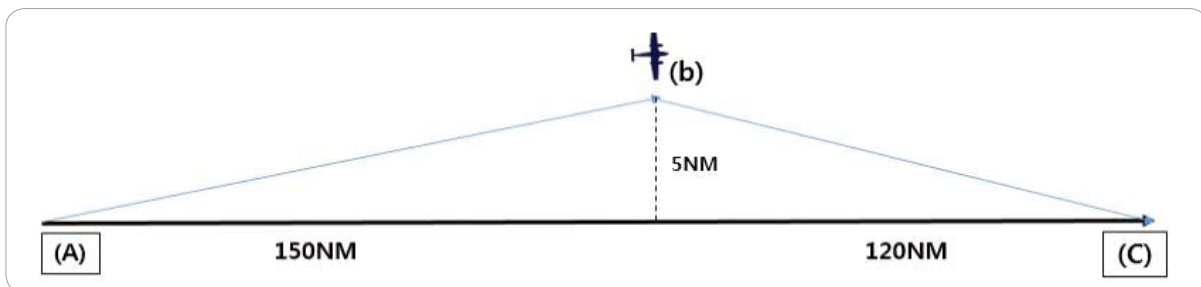
예를 들어, 아래 그림과 같이 어느 항공기가 (A)를 출발하여 270NM 떨어진 (C)지점까지 비행하려는데 150NM 되는 지점에서 왼쪽으로 5NM 벗어난 것(b)을 알았다면, (b)의 위치에서 (C)지점으로 가기 위한 수정각은?

- 1) (A)지점에서 (b)지점으로 벗어난 각도(Drift angle)
- ① 150NM 지점에서 왼쪽으로 5NM 벗어났으므로 안쪽 눈금의 150과 바깥쪽 눈금 5를 맞춘다. 60NM당 1NM 벗어난 것은 1° 벗어난 것과 같으므로
- ② 60에 해당하는 Speed index와 일치하는 바깥쪽 눈금이 벗어난 각도 2°가 된다.

- 2) 벗어난 (b)지점에서 (C)지점으로 가기 위한 수정각
- ③ 5NM 벗어난 (b)지점에서 120NM 떨어진 지점으로 가야 하므로, 바깥쪽 눈금 5와 안쪽 눈금 120을 일치시킨다.



[그림 3-130] 계산판을 이용하여 경로 수정각 구하기



[그림 3-129] 경로 수정각 구하기

- ④ Speed index와 일치하는 바깥쪽 눈금을 읽으면 2.5가 되어(C), 지점으로 가기 위한 수정각은 2.5°가 되고 총 수정각은  $2^{\circ}+2.5^{\circ}=4.5^{\circ}$ 가 된다.

### 3.3.2.3 Wind Face를 이용한 계산 방법

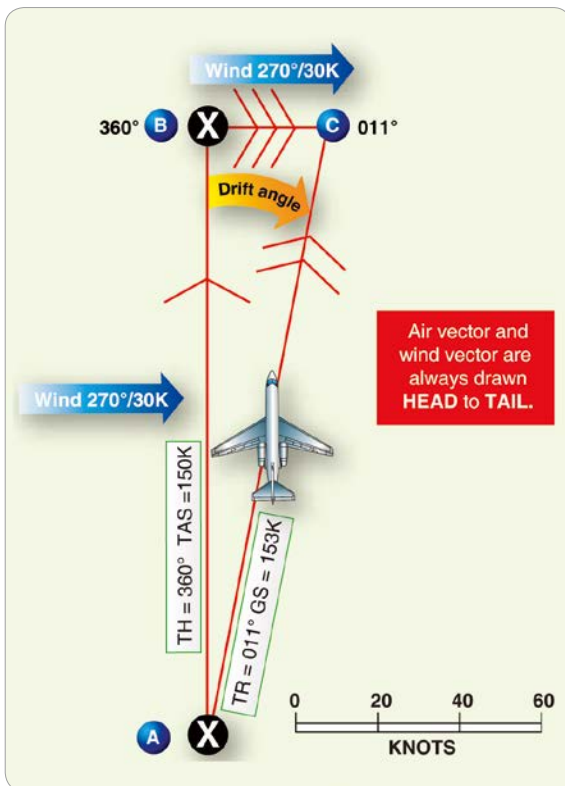
#### (1) 바람 삼각형

항법을 할 때 바람의 영향에 대하여 이미 설명하였지만 이해를 돕기 위해 다시 설명하고자 한다. 아래 [그림 3-131]에 나타낸 것처럼 어느 항공기가 기수 방향 360°, 진대기속도 150노트를 유지하며 A지점을 출발할 경우, 바람의 영향이 없으면 항공기는

1시간 후에 B지점에 도착하게 된다. 그러나 만일 바람이 서쪽(270°)에서 30노트로 불어오고 조종사가 바람 수정을 하지 않았을 경우 항공기는 C의 위치에 도착하게 된다. 결국 바람의 방향과 속도는 항공기를 계획된 경로에서 벗어나게 하고 도착 예정 시간을 변화시키게 된다.

바람의 영향을 그림으로 표현하면 삼각형 모양으로 표시할 수 있는데, 이를 이용하여 바람의 영향(풍향과 풍속)을 수정하지 않았을 경우 편류(Drift)가 발생하여 계획된 경로에서 벗어난 결과와 계획된 경로를 유지하기 위한 바람 수정각을 나타낼 수 있다.

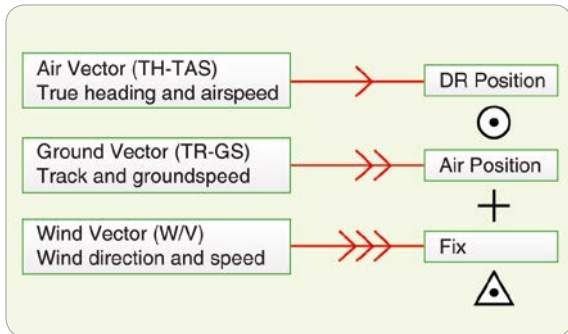
바람 삼각형은 세 부분으로 구분할 수 있으며, 세 부분 각각은 속도와 방향으로 이루어지므로 벡터(Vector)로 표시할 수 있다.



[그림 3-131] 바람 삼각형

- 1) 에어 벡터(Air Vector) : 대기 중을 비행하는 항공기의 기수 방향(TH ; True Heading)과 항공기의 실제 속도(TAS; True Air Speed)로서 계획된 경로와 시간이라 할 수 있다.
- 2) 바람 벡터(Wind Vector) : 항공기 진행 방향과 대지속도에 영향을 미치는 바람의 방향(WD; Wind Direction)과 바람의 속도(WS; Wind Speed)이다.
- 3) 대지 벡터(Ground Vector) : 바람의 영향을 받아 항공기가 실제 이동한 지표면상의 경로(TR)와 대지속도(GS)이다.

바람 삼각형의 3벡터는 각각 구분을 위해서, 에어 벡터는 1개의 화살표, 대지 벡터는 2개의 화살표, 바람 벡터는 3개의 화살표로 나타낸다.



[그림 3-132] 바람 삼각형 벡터의 구분

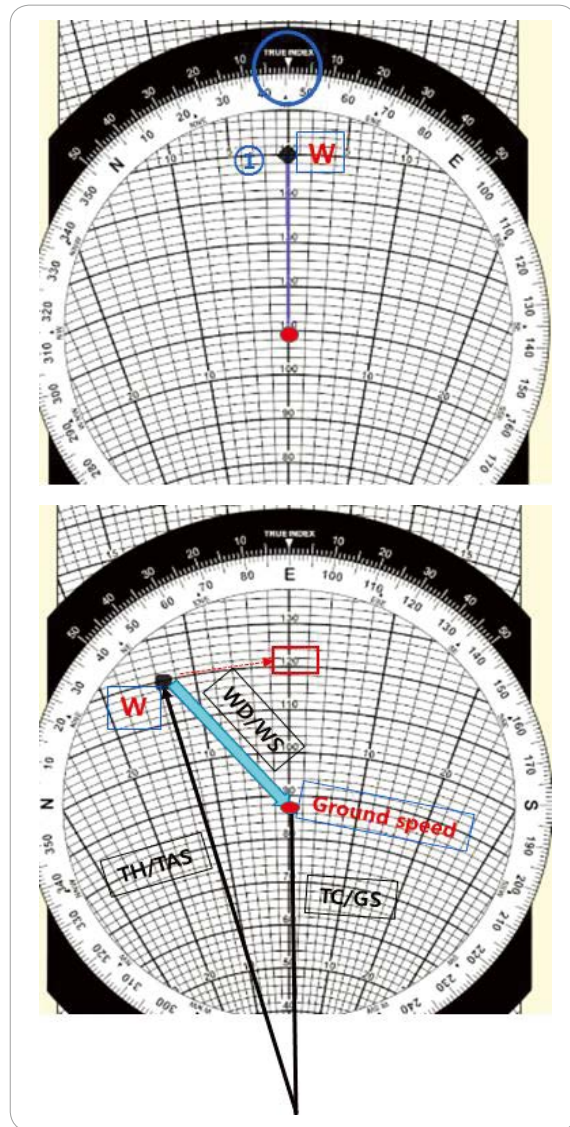
(2) 계획된 항로를 유지하기 위한 항공기 기수 방향과 대지속도를 구하는 방법

다음의 예를 항법 계산반을 이용하여 계산해 보면

- 계획된 항로(TC) : 090°
- 항공기 진대기속도(TAS) : 120노트
- 바람의 방향(WD) : 045°
- 바람의 속도(WS) : 40노트 이며

(풀이 순서)

- 1) 바람의 방향 045°를 TRUE INDEX에 맞춘 상태에서 바람의 속도 40노트를 wind face 중심(Grommet)에서 위로 그린 다음 이를 W로 표시한다.
- 2) 계획된 항로(TC) 090°를 TRUE INDEX에 맞추고 위에서 구한 W점을 120에 맞춘다.
- 3) 계획된 항로 090°를 TRUE INDEX에 맞추었을 때 W의 위치는 좌측 14°에 위치하므로 바람 수정각은  $090 - 14 = 076^\circ$ 가 되며, 대지속도는 wind face의 중심(Grommet)이 지시하는 88노트가 된다.



[그림 3-133] 바람 수정각 구하기

(3) 바람의 영향에 의한 편류각(Drift angle)과 대지속도 구하기

다음의 예를 항법 계산반을 이용하여 계산해 보면

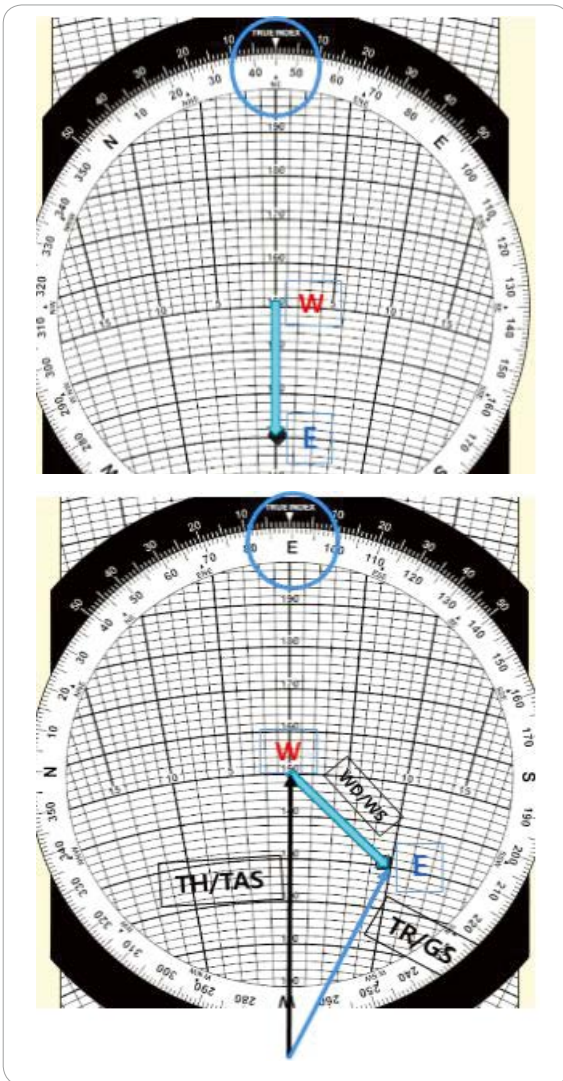
- 항공기의 기수 방향(Heading) : 090°
- 항공기 진대기속도(TAS) : 150노트
- 바람의 방향(WD) : 045°



• 바람의 속도(WS) : 30노트일 때

편류각과 대지속도는?

1) 바람의 방향 045°를 TRUE INDEX에 맞춘 상태에서 wind face의 중심(Grommet)을 W 라 정하고 이 점으로부터 아래로 바람의 속도 40 노트를 그린 다음 이를 E로 표시한다.



[그림 3-134] 편류각과 대지속도 구하기

2) 항공기의 기수 방향 090°를 TRUE INDEX에 맞춘 다음 항공기 진대기속도 150노트를 wind face의 중심(Grommet)에 맞춘다.

3) 항공기의 기수 방향 090°를 TRUE INDEX에 맞추었을 때 ①에서 구한 E의 위치를 확인하면 E는 오른쪽쪽 9.5°에 있으며 대지속도는 130노트가 된다. 즉 항공기는 오른쪽으로 9.5° 편류되었으며 대지속도는 맞바람의 영향으로 130노트가 된다.

(4) 바람의 방향과 속도 구하기

바람의 방향과 속도를 모르고 비행하는 경우, 계획된 항로를 유지할 수 없게 된다. 바람의 방향과 속도를 모르는 경우에는 계획된 항로와 비행의 결과를 비교하여 풍향과 풍속을 계산할 수 있다. 계산된 풍향과 풍속은 다음의 비행경로에 적용하여 바람 수정 각도와 대지속도를 구하여 도착 예정 시간을 구할 수 있다.

예를 들어, 항공기의 기수 방향을 060°, 진대기속도 150노트를 유지하며 비행하였는데 1시간 후 항공기의 위치를 확인해 보니 출발점으로부터 067° 166NM 지점에 도착하였음을 알았을 때 바람의 방향과 바람의 속도는?

- 항공기의 기수 방향(Heading) : 060°
- 항공기 진대기속도(TAS) : 150노트
- 비행의 결과 Track : 067°
- 대지속도 : 166노트 일 때

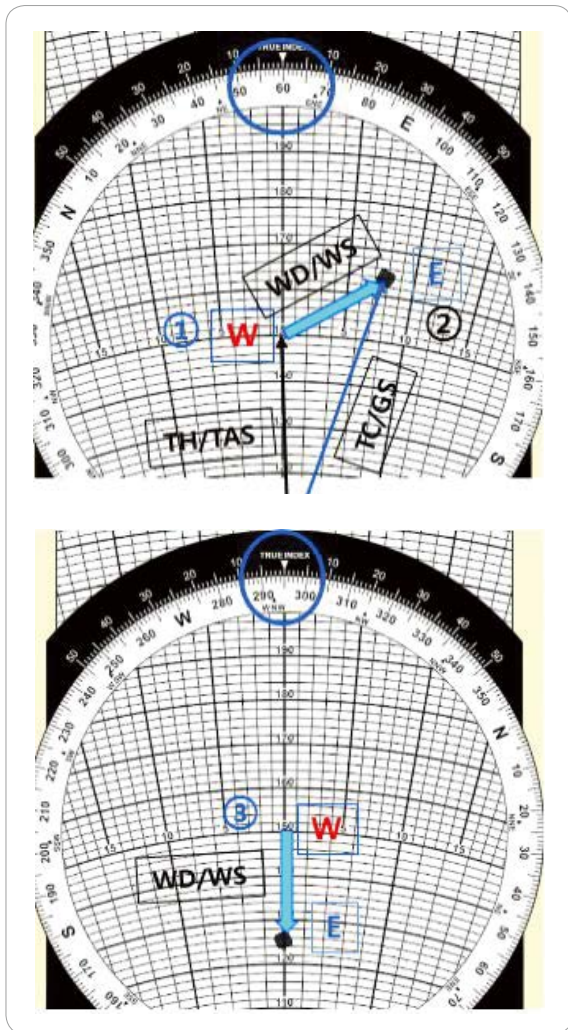
1) True Index에 항공기 기수 방향 060°를 맞추고, wind face의 중심점을 W로 잡아 150노트에 일치시킨다.

- 2) 비행의 결과(Track)가 167°, 대지속도가 166노트  
이므로 오른쪽으로 7°지점, 166노트인 지점을  
E로 정한다.
- 3) 바람의 방향은 W에서 E의 방향이므로 ②에서  
정해진 E 지점을 wind face의 중심점 아래로  
가도록 한 다음, True Index와 일치되는 방  
향 295°가 바람의 방향이 되며 W에서 E점까  
지의 길이 25노트가 바람의 속도가 된다.

(5) 평균 풍 구하기

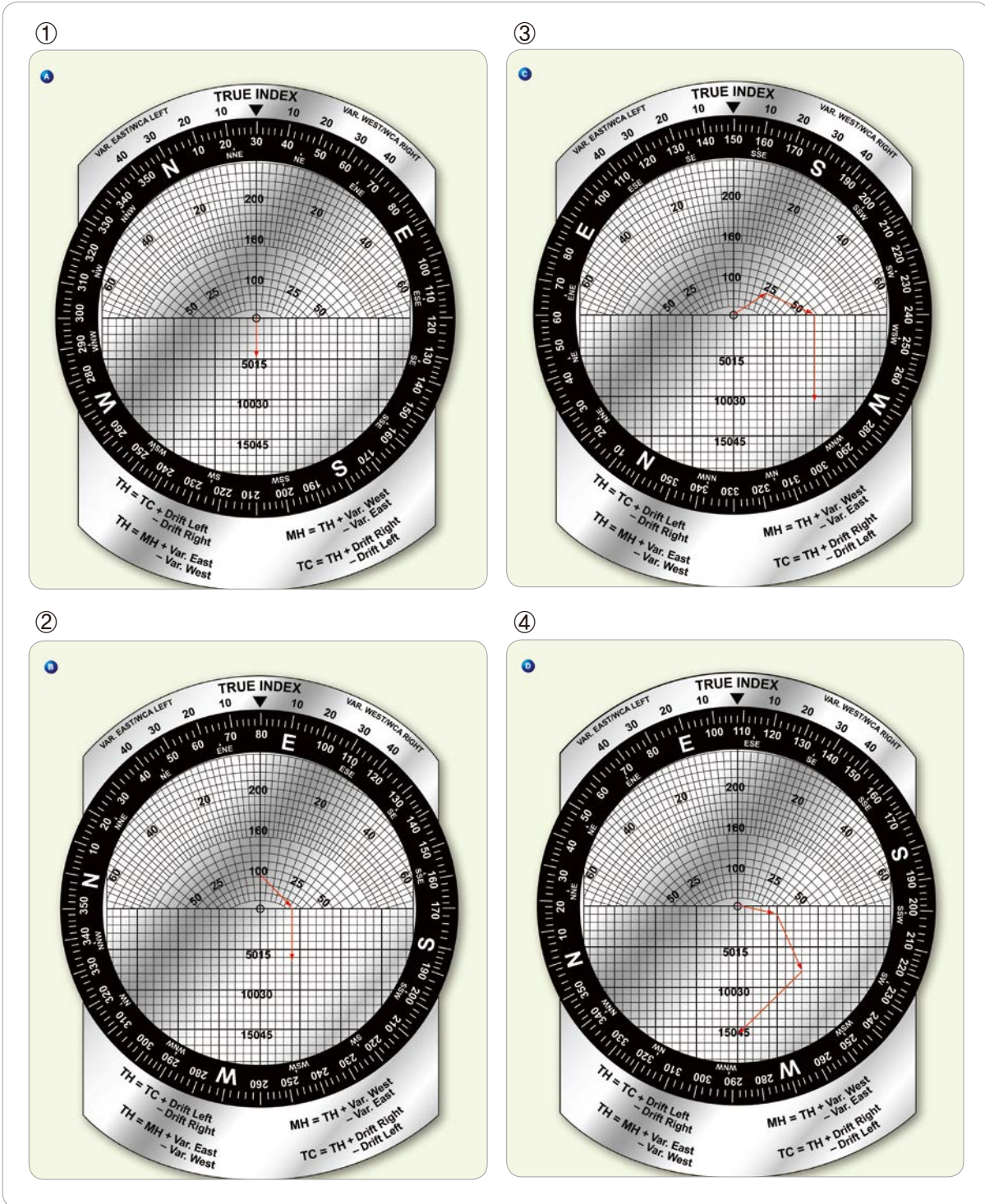
항법을 하는 동안 바람의 방향과 속도는 고도와 위  
치에 따라 일정하지 않고 변한다. 일정 구간을 비행  
을 하는 경우 바람의 방향과 속도가 계속 변하면 이  
를 구분하여 계산하기는 어렵다. 이런 경우 바람의  
평균 풍향과 풍속을 구하여 적용할 필요가 있다. 다  
음은 항법 계산반을 이용하여 평균 풍을 구하는 방  
법을 설명하였다.

예를 들어, 바람의 방향과 속도가 030°/15노트에  
서 080°/20노트로, 그리고 150°/35노트로 변할  
때 평균 풍향과 풍속은?

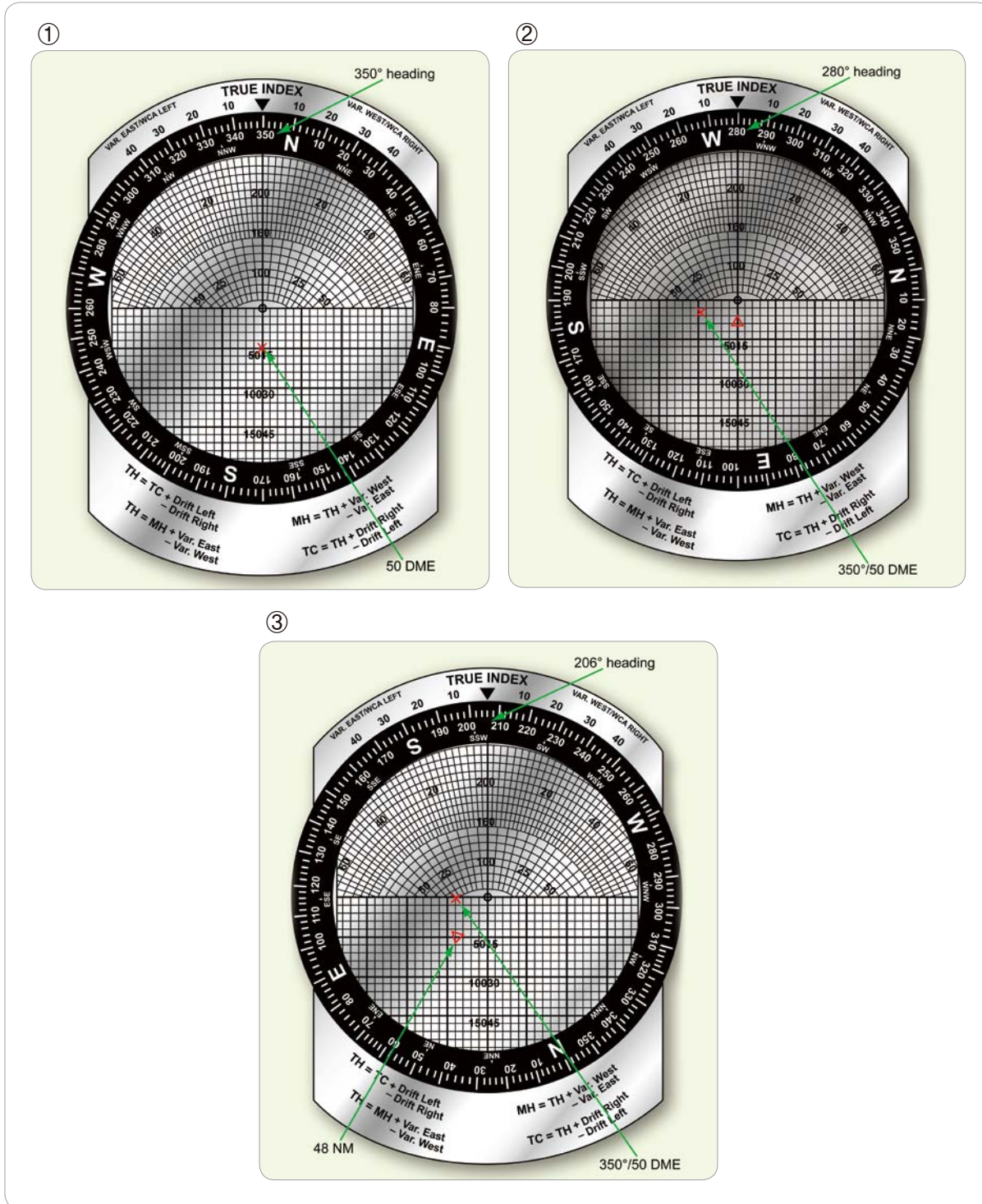


[그림 3-135] 바람의 방향과 속도 구하기

- 1) 첫 번째 바람 030°/15노트를 True index에  
030를 맞추고, Wind Face 중심으로부터 아  
래로 15노트만큼의 지점에 표시한다.
- 2) ①에 표시한 점을 Wind Face의 중앙선에 일  
치시킨 다음 True index에 080을 맞추고,  
Wind Face 중심으로부터 아래로 20노트만  
큼의 지점에 표시한다.
- 3) ②에서 표시한 점을 Wind Face의 중앙선에  
일치시킨 다음 True index에 150을 맞추고,  
Wind Face 중심으로부터 아래로 35노트만  
큼의 지점에 표시한다.
- 4) ③에서 표시한 점을 Wind Face의 세로 중심  
선에 일치시킨다. 일치시킨 다음 True index  
에 일치되는 108°는 평균 풍향이 되며, Wind  
Face의 중심에서 아래의 점과 일치되는 속도  
46노트를 3으로 나눈 약 15.5노트가 평균 풍  
속이 된다.



[그림 3-136 ① ② ③ ④] 평균 풍 구하기



[그림 3-137 ①,②,③] 지점 간(Fix to Fix) 비행을 위한 항공기 기수 방향과 거리 구하기

(6) VOR/DME를 이용한 지점 간 비행을 위한 항공기 기수 방향과 거리 구하기

본 교재 3.2.3.2에서 VOR/DME를 이용한 지점 간(Fix to Fix) 무선항법에 대하여 설명하였다. 여기에서는 이에 추가하여 항법 계산반의 Wind Face를 이용하여 지점 간 무선항법을 위한 항공기 기수 방향과 거리를 구하는 방법을 소개하고자 한다.

예를 들어, 어느 VOR/DME 350° 래디얼 50NM에 있는 항공기가 280° 래디얼 30NM 지점으로 가고자 할 때 항공기의 기수 방향과 지점 간 거리는?

- 1) Wind Face에 현재 위치를 맞추기 위해 True index에 350을 맞추고, Wind Face의 중심점으로부터 아래로 50 만킬의 지점에 현재의 위치를 표시한다.
- 2) 같은 방법으로 가고자 하는 지점 280를 True index에 맞추고, Wind Face의 중심점으로부터 아래로 30 만킬의 지점에 가고자 하는 위치를 표시한다.
- 3) Wind Face를 돌려 ①과 ②에서 표시한 지점을 일직선이 되도록 하고, ①의 위치를 Wind Face의 중심선에 일치시킨다. 일치시킨 다음 True index에 일치되는 방향이 목적지로 가기 위한 항공기 기수 방향 206°가 되며, 중심선으로부터 아래 지점까지의 크기 48NM이 목적지까지의 거리가 된다.





# 4장 ▶▶

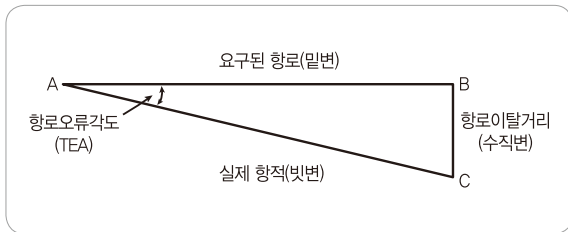
## 공중항법 응용

- 4.1 60분의 1 법칙
- 4.2 평행 항로 기수 변경
- 4.3 동일 시간 내 항로 복구를 위한 기수 변경
- 4.4 목적지로 향한 기수 방위 변경
- 4.5 접근 고도와 거리 계산

# 4장 공중항법 응용

## 4.1 60분의 1 법칙(The One in Sixty Rule)

각도의 탄젠트는 각도의 수직 변(opposite side)의 길이를 밑변(adjacent side)의 길이로 나누어 계산할 수 있다. 이를 실제로 적용하는 방법은 [그림 4-1]에 나와 있으며, 이는 항행 오류 문제를 해결한다.



[그림 4-1] 기본적인 항행 오류

[그림 4-1]에서 항로 이탈 거리 및 항로 거리가 알려져 있다고 가정하면, 항로 오류 각(Track Error Angle)은 다음 공식으로 계산할 수 있다.

$$\text{항로 오류 각(TEA)} = \frac{\text{항로 이탈 거리} \times 60}{\text{항로 거리}}$$

60분의 1 법칙이 매우 정확한 답을 줄 수 있는 많은 유형의 문제가 있다. 60분의 1 법칙은 조종사 항법에 매우 유용한 도구이며, 아래에 다양한 예제를 소개한다.

## 4.2 평행 항로 기수 변경

### 예제 4-1

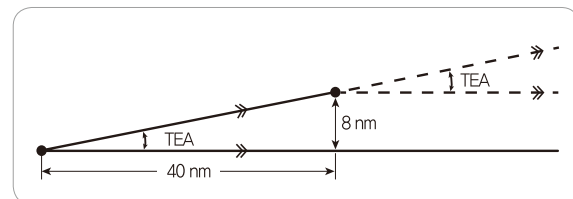
#### | 문제 |

항공기는 A 지점을 출발하여 B 지점으로 직항로를 비행한다. 40nm 비행 후 조종사는 자신의 위치를 항로 왼쪽으로 8nm 지점인 곳으로 확인한다. 원래 비행 계획 항로와 평행하게 비행하기 위해 필요한 기수 변경 값을 결정하라.

#### | 풀이 |

항로 오류각을 찾아내기 위해, 다음과 같은 식을 사용한다.

$$TEA = \frac{\text{항로 이탈 거리} \times 60}{\text{항로 거리}} = \frac{8 \times 60}{40} = 12^\circ$$



[그림 4-2] 예제 4-1 도해

항로 오류 각은  $12^\circ$ 이다. 편류가  $12^\circ$  기수 변경을 크게 변화시키지 않는다는 것을 인정하면, 좌측  $12^\circ$



기수 변경은 항공기가 항로와 평행하게 비행하도록 할 것이다.

### 4.3 동일 시간 내 항로 복구를 위한 기수 변경

#### 예제 4-2

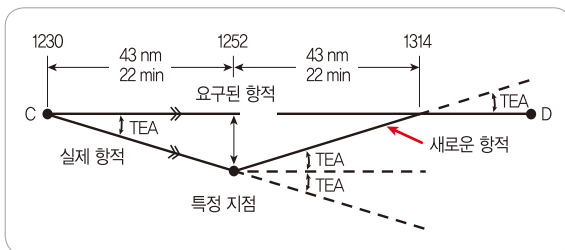
##### | 문제 |

항공기는 120nm 떨어진 D 지점까지 직항로를 비행하기 위해 1230의 C 지점에서 출발한다. 1252의 조종사는 자신의 위치를 핀으로 가리키고, 항공기가 항로를 따라 43nm를 이동했지만 항로 오른쪽에서 5nm 떨어져 있다는 것을 발견한다. 다음을 결정하라.

- 1) 1314의 항로를 회복하기 위해 1252에서 필요한 기수 변경
- 2) 기존 항로를 유지하기 위해 1314에서 필요한 기수 변경

##### | 풀이 |

$$TEA = \frac{\text{항로 이탈 거리} \times 60}{\text{항로 거리}} = \frac{5 \times 60}{43} = 7^\circ$$



[그림 4-3] 예제 4-2 도해

좌측 7°로 기수 방향을 변경하면 항공기가 비행 계획 항로와 평행하게 비행하게 된다. 좌측 14°(2×TEA) 기수 방향을 변경하면 항공기는 1314에서 비행 계획 항로를 회복할 수 있다. 두 가지 가정이 있는데, 첫째는 14°의 기수 변경에서 편류가 심하게 변하지 않을 것으로 가정하고, 둘째는 항공기가 방향을 14° 변경할 때 대지속도가 크게 변하지 않는다고 가정한다. 1314에서 항공기는 원래의 항로로 돌아올 것이며, 우측으로의 7° 변경으로 항공기는 비행 계획 항로에 접어들게 될 것이다.

### 4.4 목적지로 향한 기수 방위 변경

#### 예제 4-3

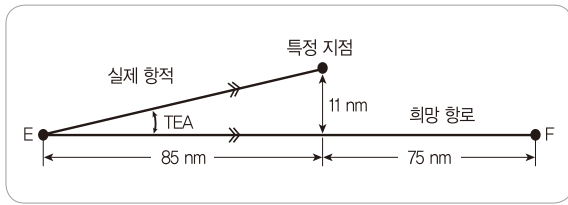
##### | 문제 |

항공기는 160nm 떨어진 F 지점까지 직항로를 비행하기 위해 E 지점에서 출발한다. 85nm를 비행한 후, 항공기가 계획된 항로의 왼쪽 11nm의 지점(fix)에 있는 것을 알게 된다. 항공기가 그 지점에서 F 지점까지 직항하는 경우에 필요한 기수 변경 각도를 구하라.

##### | 풀이 |

$$TEA = \frac{11 \times 60}{85}$$

좌측으로 향하는 방향을 7.8°로 변경하면 항공기가 원래의 항로 E~F와 평행하게 항로를 따를 수 있다. 그러나 항공기는 F 지점으로 직항하기 위해 더 멀리 방향을 틀어야 한다.



[그림 4-4] 예제 4-3 도해(1)

선회에 필요한 각을 종결각(Closing Angle)이라고 하며, [그림 4-4]을 참조한다.

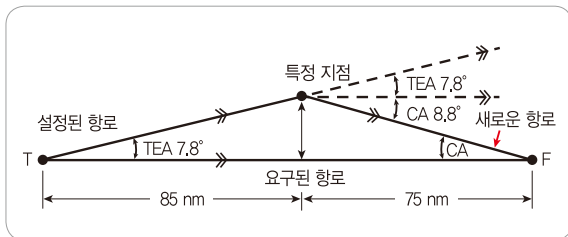
종결각은 E에서 F까지의 직항과 새로운 항로 픽스와 F 사이를 목적지에서 잰 각도와 같다. CA는 사실 상 역방향의 TEA이다. 따라서 공식은 다음과 같다.

$$CA = \frac{\text{항로 이탈 거리} \times 60}{\text{항로 거리}}$$

따라서 :

$$CA = \frac{11 \times 60}{75} = 8.8^\circ$$

항공기가 선회해야 하는 추가 각도는 :



[그림 4-5] 예제 4-3 도해(2)

따라서 항공기는 다음과 같이 고정 위치에서 기수 방향을 변경해야 한다.

$$TEA + CA = 7.8^\circ + 8.8^\circ = 16.6^\circ \text{ 우측}$$

항공기의 위치를 확인하는 이상적인 시간은 중간 지점에 있을 때다. 이 경우 항로 오류 각은 종결각과 동일하여 항로 오류 각의 두 배의 기수 방향을 전환한다. TEA가 알려져 있는 상태에서 항공기의 항로 이탈이 얼마인지를 묻는 질문이 자주 제기된다.

#### 예제 4-4

#### | 문제 |

항공기가 VOR에서 외향(outbound) 항로를 따르고 있다. 목적지는 VOR로부터 반경 300°로 정의된 항공로의 중심선을 유지하는 것이다. VOR의 후방방위는 항공기가 295° 래디얼 위에 있는 것을 보여주며, 동시에 DME는 VOR로부터 85nm의 거리를 제공한다. 항공기가 항공로 중심선에서 얼마나 이탈되었는지 계산하라.

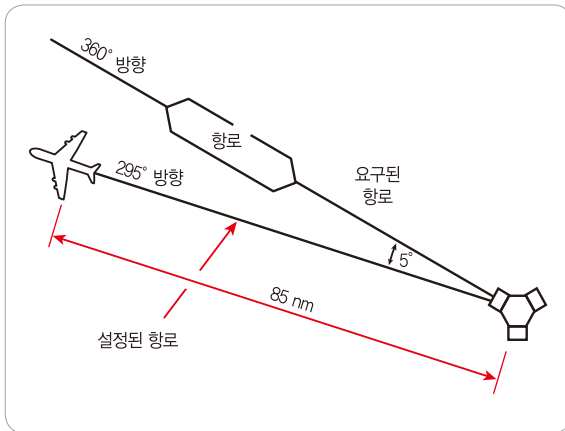
#### | 풀이 |

$$TEA = \frac{\text{항로 이탈 거리} \times 60}{\text{항로 거리}}$$

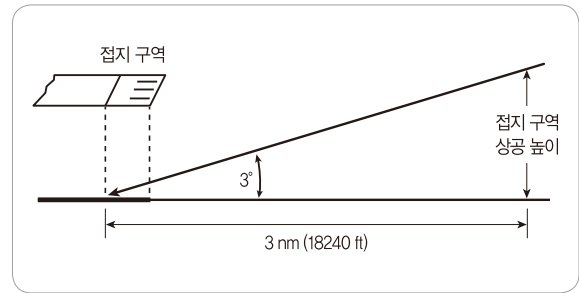
따라서 :

$$\begin{aligned} \text{항로 이탈 거리} &= \frac{TEA \times \text{항로 거리}}{60} = 8.8^\circ \\ &= \frac{5^\circ \times 85}{60} = 7nm \end{aligned}$$

60분의 1 법칙은 ILS 글라이드 패스의 항공기 거리에 대한 수직면 높이 계산과 항공기 기상레이더를 이용한 운고 결정에 대한 기초적인 계산이다.



[그림 4-6] 예제 4-4 도해



[그림 4-7] 예제 4-5 도해

$$\text{접지 상공 높이} = \frac{(3 \times 6080) \times 60}{60} = 912ft$$

## 4.5 접근 고도와 거리 계산

60분의 1 법칙을 사용하여 주어진 활공각과 접지점 거리에 대해 접지 상공 높이를 계산할 수 있다. 이 공식은 다음과 같다.

$$\text{접지 상공 높이} = \frac{\text{접지점 거리}(ft) \times \text{활공각}^\circ}{60}$$

다음 예시를 보면:

### 예제 4-5

#### | 문제 |

접지점에서 3nm 거리의 3° 활공각상 항공기의 접지점 상공 높이를 구하라.

#### | 풀이 |

[그림 4-7]은 60분의 1 법칙을 사용한 풀이를 보여준다.

### 예제 4-6

#### | 문제 |

접지점에서 3.75nm 거리에서 3.25° 활공각상에 있는 항공기의 접지 상공 높이를 구하라.

#### | 풀이 |

60분의 1 법칙을 이용하면

$$\frac{(3.75 \times 6080) \times 3.25}{60} = 1235ft$$

앞의 두 가지 예에서, 모두 접지점으로부터 거리가 지정되었다는 점을 유념해야 한다. 질문에서 거리가 활주로 시단에서부터 주어진 경우 1000피트를 거리에 추가해야 하는데, 이는 접지점은 일반적으로 시단에서 1,000피트의 거리이고 접지 상공 높이가 필요하기 때문이다.

**예제 4-7**

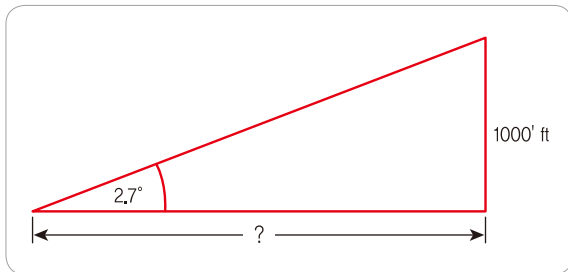
**| 문제 |**

항공기가 2.7° 활공각상에 있고 접지점에서 1000피트 상공에 있을 때, 항공기의 접지점으로부터의 거리는 얼마인가?

**| 풀이 |**

60분의 1 법칙을 이용한다. 이런 경우에는 다음과 같이 식을 변형해야 한다.

$$\begin{aligned} \text{높이}(ft) &= \frac{\text{접지 상공 높이} \times 60}{\text{활공각}} = \frac{1000 \times 60}{2.7} \\ &= 22222ft = 3.65nm \end{aligned}$$



[그림 4-8] 예제 4-7 도해



## 부록 ▶▶

- 부록 1. 관제, 이·착륙용 항행안전무선시설 현황
- 부록 2. 항행안전무선시설 현황(항공로 시설)
- 부록 3. 항공감시 레이더시설 현황
- 부록 4. 항공교통관제시스템 현황
- 부록 5. 항공정보통신시설 현황

**부 록 1** 관제, 이·착륙용 항행안전무선시설 현황

시설명 공항명	관제용				착륙용			
	레이더 접근 관제소	관제 레이더	다변측정 감시시설 (MLAT)	지상 감시 레이더 (ASDE)	정밀접근 레이더 (PAR)	계기 착륙시설 (ILS)	준계기 착륙시설 (LLZ/DME)	전방향 표지시설 (VOR/DME)
인 천	1 (서울APP)	3	1	2		6		2
김 포	서울APP 통합 관제	1	1	1		4		1
김 해	1	2	1	1	[1]	2		1
제 주	1	2		1		2		1
대 구	[1]	[1]			[1]	2	1	1
울 산	포항APP 통합관제	1				1		1
청 주	중원APP 통합관제	[1]			[1]	2		1
무 안	광주APP 통합관제	1				2		1
광 주	[1]	[1]			[1]	1	1	1
여 수	사천APP 통합관제	1				2		1
포 항	[1]	[1]	[1]		1	정밀접근 레이더 사용	1	1 (TACAN : 해군)
울 진	포항APP 통합관제	1				2		1 (TACAN)
양 양	강릉APP 통합관제		1			1		1
사 천	[1]	[1]			[1]	1	1	1
군 산	[1]	[1]			[1]	[2]		[1]
원 주	[1]	[1]			[1]	정밀접근 레이더 사용		1
계	9[6]	19[7]	5[1]	5	8[7]	30[2]	4	17[1]

(참고1) APP(Approach Control) : 접근 관제소, [ ] : 군 시설

(참고2) 김포 ASR 구장비 제외 (참고3) 2017. 6 기준 자료

※ 출처 : 국토교통 통계누리 20.08 기준

**부 록 2** 항행안전무선시설 현황(항공로 시설)

(‘20.8.기준)

시설명 위치	전방향표지시설 (VOR)	거리측정시설 (DME)	전술항행표지시설 (TACAN)	자동중속감시시설 (ADS-B*)
안양항공무선표지소	1		1	1
강원항공무선표지소	1		1	1
부산항공무선표지소	1		1	1
포항항공무선표지소	1		1	1
제주항공무선표지소	1		1	1
예천항공무선표지소	1	1		1
대구항공무선표지소	1		1	1
양주항공무선표지소	1	1		1
송탄항공무선표지소	1		1	
부안항공무선표지소				1
광주공항	1(항공로 검용)	1(항공로 검용)		
계	10	3	7	9(12식)

\* 기타 ADS-B 위치: 인천 ACC 1식, 제주동광레이더 1식, 이어도 1식 등 3식  
 ※ 출처 : 국토교통 통계누리 20.08 기준

**부 록 3** 항공감시 레이더시설 현황

(‘20.8.기준)

구분	위치	관리기관	비고
군 레이더	용문산(경기도 양평)	공군	군 방공 관제용 검용
	황병산(강원도 평창)	"	
	일월산(경북 봉화)	"	
	팔공산(대구)	"	
	의상봉(전북 부안)	"	
	금오산(경남 하동)	"	
	망일산(충남 태안)	"	
	모슬포(제주도)	"	
	울릉도	"	
	백령도	"	
항로관제 (민 레이더)	왕산(인천 영종도)	인천국제공항공사	민 접근 관제용 검용
	신불도(인천 영종도)	"	
	김포공항	한국공항공사	
	제주공항	"	
	동광(제주 남단)	"	
접근관제 (민 레이더)	김해공항	한국공항공사	민 접근 관제용
	울산공항	"	
	무안공항	"	
	여수공항	"	
	울진비행훈련원	"	

※ 출처 : 국토교통 통계누리 20.08 기준

**부 록 4** 항공교통관제시스템 현황

구 분	시 설 명	수 량	비 고
대구 항공교통본부 (항로관제시설)	항공교통관제시스템(SDP/FDP) (운영시스템 및 예비, 대기시스템)	1식/4조	주, 예비, 대기(2)
	항공교통관제시스템(SDP/FDP) (시험평가시스템)	1식/1조	-
	교육훈련 시스템	1식/1조	관제사 훈련용
	관제지원시스템	1식/1조	기상, 통계용
대구 항공교통본부 (관제통신시설)	음성통신제어시스템(VCCS)	1식	주
	음성통신제어시스템(비상)(EVCS)	1식	예비(비상)
	음성통신제어시스템(훈련)(TVCS)	1식	관제사 교육·훈련용
	음성통신 녹음시스템(VOISTORE)	1식/2조	주, 예비
인천 항공교통관제소 (항로관제시설)	항공교통관제시스템(SDP/FDP) (운영시스템 및 예비, 대기시스템)	1식/4조	주, 예비, 대기(2)
	항공교통관제시스템(SDP/FDP) (시험평가시스템)	1식/1조	-
	교육훈련 시스템	1식/1조	관제사 훈련용
	관제지원시스템	1식/1조	기상, 통계용
인천 항공교통관제소 (관제통신시설)	음성통신제어시스템(VCCS)	1식	주
	음성통신제어시스템(비상)(EVCS)	1식	예비(비상)
	음성통신제어시스템(훈련)(TVCS)	1식	관제사 교육·훈련용
	음성통신 녹음시스템(VOISTORE)	1식/2조	주, 예비
	U/VHF 송·수신기	99CH	전국 9개 지역

(참고) 관제 섹터 : 12개 섹터  
 (인천 ACC) 인천북부, 인천남부, 군산서부, 군산동부, 광주서부, 광주동부, 제주 섹터 (총 7섹터)  
 (대구 ACC) 강릉, 동해, 대구서부, 대구동부, 남해 섹터 (총 5섹터)  
 ※ 출처 : 국토교통 통계누리 20.08 기준



**부 록 5** 항공정보통신시설 현황

구분	항공이동통신시설						항공고정통신시설				항공정보 방송시설	
	VHF (CH)	UHF (CH)	HF (대)	VDL (식)	PDC/ D-ATIS (식)	VCCS/ EVCS (식)	ATN/ AMHS (식)	AFTN/ AMHS (식)	AFTN 단말기 (대)	직통 전화망 (회선)	ATIS (식)	
공항	인천	24	9			1	2			7	100	1
	김포	13	3	10	1	1	2	1	1	12	37	1
	김해	10[3]	8[6]		2	1	2			9	10	1
	제주	10	5		1	2	2			7	28	1
	대구	2[5]	[11]		1	1	[1]			1		1
	울산	6	6		1	1	1			1		1
	청주	2[11]	[3]				[1]			2	4	1
	무안	6	4				1			3	2	1
	광주	4[3]	[11]		1	1	[1]			2		1
	여수	5	4		1	1	2			1	3	1
	포항	2[5]	[7]				[1]			1		1
	울진	4	3				2			2	3	
	양양	5	3				2			2	9	1
	사천	2[10]	[4]				[1]			1		
	군산	[6]	[6]				[1]			1	4	
원주	1[7]	[11]				[1]			2	6		
소계	96[50]	45[59]	10	8	9	16[7]	1	1	54	206	12	
항공 무선 표지소	안양	8	10									
	강원	8	8									
	부산	4	4									
	포항	2	2									
	제주 (모슬포 포함)	12	8									
	대구	8	7									
	부안	9	7									
	저고도	13										
이어도	2	1										
소계	66	47										
항공 교통 본부	대구 ACC					3			7	109		
	인천 ACC	5	3	1	1	3			20	165		
소계	5	3	1	1		6			27	274		
계	167[50]	95[59]	11	9	9	22[7]	1	2	81	480	12	

(참고1) [ ] : 군 시설  
 (참고2) 직통 전화망은 관제용으로 사용되는 것으로 한정  
 (참고3) 2017. 6 기준 자료  
 ※ 출처 : 국토교통 통계누리 20.08 기준



## ● 집필위원

김재성(한서대학교)

## ● 연구 및 감수위원

노건수(한서대학교)

조영진(한서대학교)

## ● 기획 및 관리

유경수(항공안전정책과장)

강정현(항공안전정책과)

김홍일(항공안전정책과)

## ● 편집 및 디자인

도서출판 성진문화

주소 | 서울특별시 영등포구 당산로41길 11 당산 SK V1 Center W동 430호

TEL | 02-2272-4641 FAX | 02-2272-4643

출판등록 | 2007년 9월 20일 제 2015-000120호

ISBN 978-89-85682-38-1 95550

관제사 & 운항관리사 표준교재(개정판) **항행안전시설**

발행일 | 초판 2018년 4월 / 개정판 2022년 2월

발행처 | 국토교통부 항공안전정책과(세종특별자치시 도움6로 11)





관제사 & 운항관리사 표준교재<개정판>

Standard Air Traffic Controller & Flight Dispatcher's Handbook



9 791197 853944

ISBN 979-11-978539-4-4