

# 航空電子裝備의 現況과 展望

黃 賢 植

韓國科學技術研究所, 電子回路研究室長(工博)

## 1. 머리말

우리는 지금 초정밀 및 첨단기술 집약적인 항공기 공업의 육성을 서두르고 있으며 이것은 기술자립과 자주 국방이라는 대명제의 달성을 위해서 필연적인 것으로 본다. 항공기 공업이야말로 실로 국력의 상징적인 역할을 담당하고 있으며 모든 선진국들이 앞을 다투어 신예 항공기 개발을 위해서 주력하고 있는 것도 당연한 소치로 본다.

항공기를 생산할 수 있다고 하는 것은 높은 수준의 모든 과학 기술의 총화라고 할 수 있을 만큼 그 관련된 분야가 광범위 하다. 그 중에서도 항행 지원 설비, 항로 관제 시설 및 자동조정 장치 등 전자 기술이 차지 하고 있는 비율이 항공기 공업의 30%나 되고 있는 것을 봐서 전자 기술이 항공기 공업의 발달을 위해 담당하고 있는 역할이 얼마나 중요한가를 알 수 있다.

역사적으로 봐서 인류는 20세기에 들어서면서 두가지 면으로 지구상의 공간을 다스리게 되었는데 그 한 가지가 항공 기술이고 다른 한 가지가 전자파 즉 전자 기술이다. 불과 70여년 전기의 같은 시기에 개발되기 시작한 이 두가지 기

술은 그동안 절대적인 필요에 의하여 그야말로 눈부신 발전을 이룩 해왔고 서로 불가분의 관계를 유지하고 있는 것이 사실이다.

1927년 Lindberg가 미국 Long Island에서 불란서 Paris까지 대서양 횡단 비행을 성공한 직후 불란서 사람 Busignis에 의해서 개발된 radio compass가 항공 전자 장비의 시초가 되었고 차차 항공기 교통량의 증가와 항공기의 고속화 및 대형화에 따라서 항공 전자 기술의 중요성이 강조 되었고 1955년 경에는 항공 전자공학(Avionics)이라고 하는 독립된 학술 분야가 형성 되기에 이르렀다.

때로는 지척을 분간 할 수 없는 구름 속을 뚫고 400여명이나 되는 많은 사람을 태우고 한 도시에서 수 만리나 떨어진 다른 도시를 시간당 몇 천리의 속도를 가지고 찾아 간다고 하는 것이 신기 하지 않을 수 없다. 항공 전자 기술은 이런 신기한 일을 하고 있는 것이다. 이런 일을 위해서 최신 전자 장비가 항공 전자공학 분야에서 일하고 있는 사람들에 의해서 개발되고 있다. 넓은 의미에서 보면 항공기 자동 제어 장치, 항공기 승객용 오락 장치, 항공기 납치 방지 시설, 항행 지원 설비, 항로 관제 시설 등을 통털어서 항공 전자 기술이라고 할 수 있겠지만 여기서는

주로 항행 지원 설비 및 항로 관제 시설의 현황과 그 전망에 대한 것을 소개 하고자 한다.

과연 우리가 항공 요금을 지불하고 우리의 생명을 맡겨 놓은 항공기는 우리를 안전하게 우리의 목적지까지 데려다 주기 위해서 어떤 장비를 가지고 있고 어떤 노력을 하고 있는가 하는 것이 우리의 최대의 관심사가 아닐 수 없다.

## 2. 국제적인 항공관계기구

비행기의 항행 거리가 증가 됨에 따라서 국제 간에 항로가 생기고 따라서 항법 보조 시설의 국제적 규격 통일이 필요하게 되었다. 이런 통일된 규격과 약속은 일단 정해지면 쉽게 바꿀 수가 없기 때문에 처음부터 많은 연구 검토와 신중을 기할 필요가 있다. 국제 관계 협력의 중심이 되고 있는 중요한 기구는 다음과 같다.

### 2.1. ICAO(international civil aviation organization)

국제 연합(UN)의 산하 기관으로 135개 회원국을 가지고 있으며 Canada의 Montreal에 본부가 있고 항법 보조 장치의 표준 방식을 규정한다.

### 2.2 ITU(international telecommunication union)

스위스의 Geneva에 위치 하는 UN 기구이며 모든 전파의 주파수 배정의 임무를 담당 한다.

### 2.3 IATA(international air transport association)

Canada의 Montreal에 있고 정기적인 민간 여객기에 관계 되는 규정을 관장한다.

## 3. 현재 사용중인 항공전자장비

여러 회원국이 가입되어 있는 국제 기구에서 항공 전자 장비의 방식과 규격 통일을 위해서 많은 노력을 하고 있지만 아직도 나라에 따라서 그 나라의 역사적인 배경과 군사적인 목적의 차이에 따른 특수한 항공 전자 장비가 개발되어 사용되고 있는 것도 사실이다. 그 좋은 예로 소련 및 그 주변 국가들은 IACO 표준형이 아닌 특수한 항법 보조 시설을 가지고 있어 거리 및 방향을 측정하는 원리가 다르고 주파수도 다르다.

여기에서는 ICAO 표준 장비 중에서 기술적인 설명은 빼고 그 동작원리 측면에서 소개 하고자 한다.

항공 전자 장비는 크게 나누어 항행 지원 지상 설비 (navigation aid ground facility), 항공기상 전자 장비(airborne electronic equipment), 그리고 항로 관제 시설(air traffic control system) 등으로 볼 수 있다.

### 3.1. 항행 지원 지상 설비(navigation aid ground facility),

항행 지원 설비는 비행하는 항공기를 안전하고 정확하게 운항 시키기 위해 지상의 송신국에서 빛 또는 전파를 발사하는 일을 하며, 항공기는 지상에서 오는 신호를 분석하여 자기의 위치를 알 수 있게 되어 있다.

장거리 항행 지원 설비로는 NDB(non-directional beacon), LORAN-A,C,(long range navigation) 등이 있다. NDB는 가장 오래된 항행 지원 장치 중의 하나이며 200~415[KHz] 또는 1605~1750[KHz]의 무지향성 전파를 발사하여 항공기의 자동 방향 탐지기에 의해서 NDB국

의 방위를 측정할 수 있게 한다. 유효 통달 거리는 50~280 [n. mile] 정도이며 오차는  $\pm 5^\circ$  내의로 비교적 큰 편이지만 사용이 간편하기 때문에 가장 많이 보급되어 있다. LORAN은 2차 세계대 전 중에 개발 되었으며 45 sec 펄스를 매 초당 20~34 주파수(master-station)와 종속국(slave-station)에서 송출하는데 항공기에서는 오실로스코프를 이용해서 주파수 및 종속국에서 오는 펄스의 시간 차이를 측정하여 자기의 위치를 알아내게 되어 있다. 두개의 LORAN 국에서 오는 신호의 시간차가 같은 점을 그리면 쌍곡선을 이루게 됨으로 이 항행 방법을 쌍곡선 항법이라고도 말한다.

A형은 1900[KHz] 전후로 50[KHz]씩 떨어져 있는 4개의 주파수를 사용하고 C형에서는 100[KHz]의 주파수를 사용한다. A형의 유효 통달 거리는 약 1,000 [n. mile] 정도이고 C형은 2,000 [n. mile]까지 도달 한다. A형은 정확도가 높지 못하고 노후인 장비의 대체 및 유지 보수비의 문제 때문에 1980년 7월 1일 이후에는 철거할 계획이 되어있다. LORAN의 개량된 방식이 OMEGA 항법 장비로써 [10KHz]대의 주파수를 사용하고 8개의 송신국으로 전 세계에서 모두 사용 가능케 하며 정확도도 1~2 [n. mile] 정도이다.

단거리 항행 지원 설비로는 VOR(VHF omni-directional range), DME(distance measuring equipment), TACAN(tactical air navigation), 그리고 Decca 등이 있는데 VOR은 1949년에 방위 측정을 위해 사용되는 ICAO 표준형으로 채택 되었고 현재 1,000개 이상의 VOR 국이 미국 내에 있고 이것과 거의 동수의 VOR 국이 서방 세계에 분포되어 있다. 108~118[MHz]의 주파수를 사용하여 십장형의 안테나 복사 형

태(radiation pattern)을 만들어 초당 30회씩 세계 방향으로 회전 시킴으로써 항공기의 수신기에서는 30[Hz] 진폭 변조의 결과를 나타내게 하며 9,960[Hz]의 종속 반송파(sub-carrier)에  $\pm 480$  [Hz]의 폭으로 30[Hz]의 주파수 변조가 된 기준 신호와 30[Hz] 진폭 변조된 십장형 신호를 비교하여 진폭 방향에 대한 자신의 위치를 알 수 있게 되어 있다.

사용하는 반송파 주파수의 특성에 따라서 설치 장소의 주변 지형에 따른 지상의 반사와 영향을 많이 받게 되므로 고도의 변화에 따른 복합 복사 경로에 의한 오차가 많이 나타난다. 이러한 지형에 의한 오차를 감소시키기 위해 doppler VOR이 개발 되었는데 반송파 안테나를 중심으로 해서 6.5~7.1m 반경으로 39개의 side band 안테나를 배치해서 doppler 효과에 의한 주파수 변조를 가져오게 되어 있다. doppler VOR은 오차를 1/10로 줄일 수 있으나 실비 비용이 많이 드는 것이 결점이다.

거리 측정 장치로 쓰이고 있는 DME는 1959년에 ICAO 표준형으로 채택 되었으며 VOR국과 같이 2,000개 정도의 지상국이 있다.

항공기에서 초당 30쌍의  $3.5[\mu \text{ sec}]$ 폭을 가진 펄스가 발사되면 지상국에서는 이 질문 신호(interrogation)를 받고 다시 응답 신호를 보낸다. 이때 신호의 왕복 시간을 측정하여 항공기에 있는 계기에 거리를 표시하도록 되어 있다. 항공기 질문 신호를 위한 주파수는 1,025~1,150 M[Hz] 사이에 있는 1M[Hz]간격의 126채널을 쓰고 있고 지상국에서는 962~1024 [MHz] 및 1,151~1,213 [MHz] 사이의 126채널을 사용한다. 100대의 항공기로부터의 질문 신호를 한개의 DME 지상국에서 동시에 취급 할 수 있다. 정확도는  $\pm 0.2$  [mile] 정도이고 VOR보다 비교적

지형의 영향을 적게 받는다. DME는 VOR과 함께 거리와 방위를 측정하는 ICAO의 기본 거리 방위 (rho-theta) 장치이다.

유효 통달 거리는 보통 200 [n. mile] 정도이다. 군용으로 미국에서 개발된 TACAN은 DME와 VOR의 단점을 개선한 방위표시 장치를 합쳐서 기동성이 좋게 만든 우수한 RHO-THETA 항행 지원 장비이다. 방위 표시 장치도 DME와 같은 주파수를 사용하며 9개의 Lobe를 가진 복사 형태를 매초당 15회씩 시계 방향으로 회전 시킴으로써 항공기에서는 135 [Hz]의 진폭 변조된 신호가 나타난다. 이 신호는 기준 신호에 비해서 항공기의 위치에 따라 일정한 위상차이를 나타내게 되어 있으며 이 위상 차이를 측정 하면 자신의 위치를 알 수 있다. 또 VOR보다 높은 주파수를 사용함으로 안테나의 크기를 작게 할 수 있고 많은 Lobe를 가지고 있는 복사 형태를 사용함으로 방위의 정확도를 증대 시킨다.

RHO-THETA 측정에 같은 L-Band 주파수를 사용하고 있다.

영국에서 개발된 Decca는 쌍곡선 장비로써 70~130[KHz]의 주파수 대에서 작동하는 하나의 주국과 세개의 종속국이 있다. 각국은 약 70[mile] 정도 떨어져 있고 정확하게 조정된 위상차이를 갖는 신호를 송출한다.

현재 35국 정도의 Decca망이 있고 2만 정도의 사용자가 있는데 주로 선박용으로 사용되며 항공기에서는 사용되기 어려운 실정이다.

항역지원 시설 중에서 가장 중요한 것은 착륙 지원 시설(landing aids)이다. 민간 항공기의 사고 중에서 75% 이상이 비행장 근처에서 착륙 또는 이륙 할 때 발생한다. 그러므로 착륙 지원 시설을 개선 한다는 것은 항공기 사고율을 개선 하는데 큰 역할을 하게 된다. 착륙 지원 시설

중에서 현재 사용되고 있는 가장 대표적인 것이 ILS(instrument landing system 또는 Instrument low-approach system)이다. ICAO에 의해서 1948년에 표준화 되었으며 1985년까지 사용이 보장 되어있다. 이것은 VHF Localizer, UHF Glide Path 그리고 VHF Marker Beacon으로 구성되어 있다. Localizer는 활주로 맨 뒤끝에 장치되어 108~112[MHz] 사이의 40채널을 사용하고 있고 두개의 대칭적인 안테나 방사 형태가 활주로 좌우로 형성 되는데 왼쪽의 신호는 90[Hz]로 변조되어 있고 오른쪽 신호는 150[Hz]로 변조 되어 있어서 항공기에 장치 되어있는 수직 지시기가 90[Hz] 또는 150[Hz]의 상대적인 신호의 강약에 따라서 좌우로 방향을 지시 한다. 수직 고도 유도 장치(vertical guidance)는 활주로 앞 쪽에 장치 되어 있는데 329~335[MHz] 사이에 40채널을 사용하며 낮은 고도쪽에서 150[Hz]로 높은 고도 쪽에서 90[Hz]로 변조되어 있어서 이 두 신호의 강약에 따라서 항공기의 수평 지시기가 상하의 위치를 지시 해 주게 된다.

Marker Beacon은 75[MHz]를 사용 하며 ILS 기준점으로부터 거리를 표시 해 준다. 활주로의 착륙 지점에서 5[mile]밖에 Outer Marker가 있고 3500[feet] 지점에 Middle Marker, 착륙 지점 바로 근처에 Inner Marker가 있다. 각각의 Marker는 400[Hz] 1300[Hz] 그리고 3000[Hz]로 변조 되어 있다.

### 3.2. 항공기상 전자장비 (airbone electronic equipment)

항공기에 부착되는 전자 장비는 가볍고 신뢰성이 좋은 반도체의 출현과 더불어 급격한 발전을 하게 되었다.

또, 많은 정보를 단시간에 신속하고 정확하게

처리하는 전자 계산기의 출현도 항공기의 전자 장비의 개선에 큰 일역을 담당했다.

기상 전자 장비는 특히 안전성을 고려 해서 이중 삼중의 보완 장치가 되어 있다. 기상 전자 장비중 가장 역사가 오래된 것은 radio compass 및 이것이 조금 발전된 ADF(automatic direction finder)이다. NDB에서 보내는 전파를 받아서 loop 안테나로 그 전파의 도래 방향을 측정 할 수 있도록 되어 있다.

VOR, DME, TACAN, ILS, 등의 기상 장비가 있어서 지상의 대응하는 시설과 공동으로 항행을 돕는 일을 하게 된다. Pito 전압 장치, 자장계(magnetic field sensor) 전파 고도계(radio altimeter) 등이 있고 전파 고도계는 항공기에서 지상으로 보내는 전파의 왕복 시간을 측정하여 고도를 알 수 있다. 4250~4350[MHz]의 주파수를 사용한다. 최근에는 많은 항공기가 기수에 있는 radom 속에 소형 Radar를 장치하고 있어서 항공기 전방의 기상 상태 및 다른 비행체의 접근 등을 알 수 있게 되어 있다. 보통 5,000~6,000m[Hz]의 주파수 대에서 작동 되고 150~300[Mile]의 범위를 감시 할 수 있다.

또 지상에 있는 설비에 의존 하지 않고 항공기 자체 만의 장비로써 항행

dopper 항행 설비 및 관성 항법 설비(inertial navigation system) 등이 있다. 기타 HF, VHF, UHF의 통신 장치, 계기 지시 장치, 항공 관제(air traffic control), 응답 장치 등이 부착되어 있다.

### 3.3. 항로 관제시설(air traffic control system)

날로 증가 하고 있는 항공기의 교통량을 신속 정확하게 처리하기 위해서 항로 관제 시설의 중

요성이 날로 증가하고 있다. 비행장 관제탑(control tower)에 있는 관제사는 항공기의 위치를 정확하게 파악해야 하며 항상 비행기와 긴밀하고 정확한 정보 교환을 유지 할 수 있어야 한다. 갑자기 닥쳐올지 모르는 비상 사태에 대비해서 수없이 많은 정보를 일시에 처리 할 수 있는 전자 계산기의 필요성도 늘어나고 있다.

장거리 항로 관제용 Radar 설비로는 ARSR(air route surveillance radar), MTI(moving target indicator), ATCRBS(air traffic control radar beacon system) 등이 있으며 ARSR은 200[n. mile] 반경 내의 항공기를 탐지 식별하고 비행 방향, 비행 속도, 비행 고도 등을 ACC(area control center)에 보고 한다.

L-Band(1250~1350MHz)의 주파수를 사용하고 송신 출력은 침두치 2[MW]이다.

MTI는 PPI(plan position indicator)상에 고정 반사 물체는 제거하고 이동 목표물만 표시하게 하는 장치로써 목표물로부터 반사되어 오는 두개의 펄스에 의한 신호를 비교하여 위상차가 일정한 것은 제거시키고 위상차가 생긴 반사파만을 분리해서 지시하게 한다. ATCRBS는 IFF(identification of friend or fore) 또는 SSR(secondary surveillance radar)이라고 불리우기도 하는데 항공기에서 일차적으로 반사되어 오는 신호에 의존하는 Radar가 아니고 관제 ACC에서 보내는 질문 신호(interrogation)에 의해서 A,B,C,D의 각각 다른 응답 mode를 Radar 스크우프에 표시하게 되어 있어 항공기의 식별을 용이하게 해 준다. 질문 주파수는 1.030[MHz]이고 응답 주파수는 1090mHz이다. 비행장 근처를 감시하는 전자 장비는 ASR(airport surveillance radar), PAR(precision approach Radar), ASDE(airport surface detection equipment)

등이 있고 ASR은 유효 통달 거리가 60[nmile] 이고 2,700~2,900[MHz]의 주파수를 사용한다. PAR은 고도 측정 Radar로써 9,000~9,200[MHz]주파수를 사용하고 사용 범위는 9[nmile]이다. ASDE는 비행장 근처의 지상 교통을 감시하는 장치로써 24,250~24,750[MHz]의 주파수를 사용하며 유효 범위는 3[n.mile] 정도이다.

항로 관제용 통신 시설은 지상 통신망과 공지간 통신망이 있는데 지상 통신망은 유선 또는 무선 장치로 관제 기관간의 정보를 교환하고 공지간 통신은 50~100W의 VHF 또는 20W 정도의 UHF 시설을 사용한다.

최근에는 전자 계산기에 의한 FDP(filight data processing) 또는 인공위성을 이용한 aeronautical satellite 설비 등이 항로 관제용으로 이용되고 있다.

#### 4. 기대되는 항공전자장비

항공기의 안전한 운항을 위한 노력은 지금도 끊임없이 계속되고 있다. 현재 사용되고 있는 ILS는 사용하는 주파수가 낮기 때문에 antenna pattern의 효과적인 조정이 아주 어렵게 되어 있다. 따라서 항공기 사고의 75%를 차지하고 있는 비행장 근처의 사고율을 줄이기 위해서 MLS(microwaue landing system)가 오래 전부터 많은 사람들에 의해서 연구개발 되었다.

MLS의 대표적인 방식은 TRSB(time reference scanning Beam)인데 1955년 미국 공군에서 개발한 자동화 GCA(automatic ground control approach)의 연구 결과에 의한 scanning beam landing system개념이 1964년 AILS(advanced integrated landing system)라고 하는 microwaue scanning beam system

으로 발전된 것이다.

활주로에서 수평 방향으로  $\pm 60^\circ$  그리고 수직 방향으로  $+20^\circ$ 까지 beam을 scan하면서 항공기에 수평과 수직 방향의 각도를 알려주게 되어 있다.

주파수는 C-band(5GHz)를 사용하므로 비교적 작은 안테나를 가지고도 antenna pattern를 정밀하게 조정 할 수 있어서 정확도를  $0.5^\circ$ 까지 해 줄 수 있다. MLS는 비행장의 이름, 장비의 작동상태, 기상 조건(weather condition) 또한, DME방식에 의한 거리 등의 정보를 동시에 내 줄 수 있다.

이 MLS의 개발을 위해서 미국에서는 이미 300억원 가까운 경비를 들였고 지난 4월 ICAO에서 표준장비로 인정을 받게 되어 곧 전 세계적으로 보급이 될 것으로 전망된다.

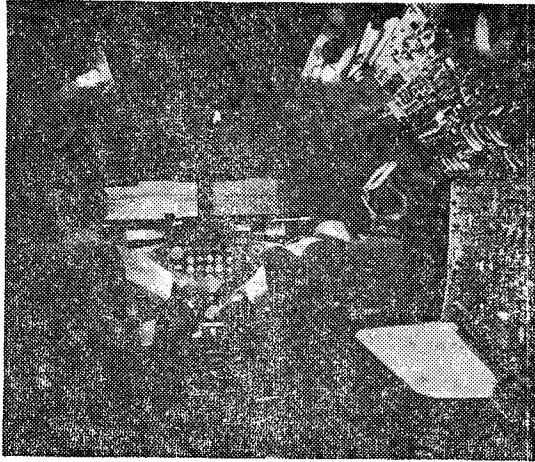
공중에서 항공기가 충돌할 수 있는 가능성을 제거하기 위해서는 CAS(collision avoidance system)가 연구 개발되고 있는데 현재 semiactive BCAS(beam collision avoidance system) 방식이 가장 위력하다. 이것은 현재의 ATRCBS를 이용하여 다른 주변의 항공기에 대한 지상 송신국의 질문 응답 시간을 자신의 수신기로 수신하여 자기와 주변 항공기의 거리를 알아낼 수 있게 하는 장치이다.

ATCRBS를 갖춘 항공기에서는 1090[MHz] 수신기 하나는 더 있으면 되므로 경제적이고 실현성이 크다.

이밖에 CAS로는 MIT의 IPC(intermittent positive control) Honey well의 AVOIDS, RCA의 SECANT, Mc Donnell Douglas의 EROS-II 등이 있는데 각기 장단점을 가지고 있어 빠른 시일안에 ICAO의 결단이 필요하다.

이제까지 항공전자 장비에 관한 개요를 대략

소개 했는데 각각의 장비에 대한 보다 자세한 설명은 다음에 다시 이야기 할 수 있는 기회가 있을 것으로 믿는다.



<토막 常識>

文獻調査의 必要性

科學雜誌의 始作은 1665年 London에서 「philosophical Transaction of the Royal Society of London」과 Paris의 「Journal des Scavans」로 시작하여 300여년이 지난 현재 7만여종의 情報媒體가 生産되고 있으며, 理工系의 科學技術情報만 하여도 年間 約 300만건을 초과하고 있는 실정이다. 增加率로 보아 300여년 동안 연평균 18.6%배증(年倍增)하였으며 특히 제 1차 세계대전과 제 2차 대전간에는 2n/11(11년 배증, 年率 6.5%증)이 있으며 제 2차 대전 이후는 2n/8(8년 배증, 9.1%증)으로 분석되었는데 이러한 현상은 제 2차 대전 이후 소련 문헌의 증가와 대전후 연구자의 증가율이 정상적으로 상승되어 왔고 연구 설비나 장치의 진보에 의하여 연구 소요 시간이 단축된 점을 들 수 있다.

더욱이 정보 유통의 매체인 수많은 Letter, journal등이 연구 결과의 발표를 촉진시켜 주었을 것이다. 이러한 정보의 홍수 속에서 자기가 필요로 하는 정보를 직접 수집하거나 조사하는 것은 곤란할 뿐 아니라 귀중한 시간의 낭비를 가져온다.

미국의 국립과학재단(National Science Foundation, NSF)의 조사에 의하면 미국 화학공학자의 연구 시간 배분은 계획수립에 7.7%, 정보의 입수 및 전달에 50.9%, 실험 연구에 32.1%, 데이터 처리에 9.3%로 나타난 것을 봐도 정보의 입수 및 전달이 연구 시간의 절반 이상을 차지함을 알 수 있다. 이것은 정보 입수의 곤란과 중요성을 말해 주는 것이다.

또한 기업체에 있어서 정보 시스템을 조직 할 경우 외국 기술 업체에서의 경험과 자기회사의 특수성을 고려하여야 하며, 어느 분야의 정보를 어떻게 빨리 입수하여 어떤 형태로 축적시켰다가 연구자나 기술자에게 유통시켜 줄 것인지 연구해 볼 문제이다.