

航空機用도플러레이다

目 次

1. 序 言	231
2. 概 要	232
3. 諸 元	234
4. 測定方法	235
5. 構成 및 機能	237
6. 航空機用도플러레이다의 技術的 條件	241
7. 結 言	243
參考文獻	244

技 術 調 查 係

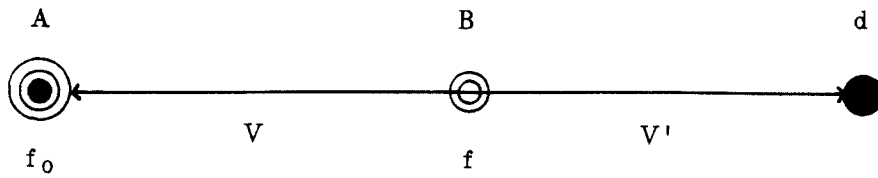
黃 仁 錫

1. 序 言

人間이 처음 飛行을 始作할 때는 프로펠러 飛行機에서 始作하여 1949年 제트Engine의 開發以後 오늘에 이르기까지 많은 發展을 거듭함에 따라 航空手段의 高速化 및 積載能力의 增大, 航空時間差 등 航空交通手段은 一大 革命을 가져오게 되는 各種 大型 事故로 인한 安全對策은 倍加되었고 航空電子分野에서도 좀더 安全하고 正確한 航行을 圖謀하기 위하여 끊임없는 研究 努力을 競走하여 오늘날과 같은 많은 航空電子 裝置를 開發 使用하게 되었으며 이러한 航法裝置는 中波帶의 手動式 方向探知機로 부터 漸次, VOR(超短波全方向無線表示器)이나 LORAN(航空用長距離航法) 등 여러種類의 高性能 航法裝置가 開發, 研究되어 왔으며, 지금도 활발히 研究進行되고 있다. 따라서 本 課題는 이러한 航法 SYSTEM의 一部分으로 航空機에 搭載하여 運用되는 航空機用 Doppler Radar 로써, 技術基準案을 制定하여 航空機의 運航에 安全을 期하고자 하는 것이다.

2 . 概 要

音 또는 電波의 送信源과 觀測者 사이의 相對運動에 의해서 觀測者들의 受信 周波數가 送信 周波數와 틀리게 觀測되는 도플러效果를 利用하여 航空機의 對地速度 및 偏流角의 測定을 行하는 도플러航法電子裝置로서 1936年 4月부터 基礎研究가 實施되었고 1941年 3月부터는 防衛用으로 使用되었으며 航空機用으로는 1946年 5月부터 도플러原理를 利用한 레이더의 實用化가 實施되었던 것이다. 예를 든다면 英國의 맥트라스, 美國의 LORAN, C와 OMEGA사 등은 일찍부터 航空機에 必要한 無線援助 施設의 開發實用化를 推進하여 地上施設을 必要로 하지 않는 自立航法裝置의 必要性을 認識하고 도플러航法을 開發, 長距離 航法電子裝置로서의 急速한 發展을 가져오게 하였던 것이다. 그러면 도플러 效果에 對해서 알아보겠다. 그림 1-1에서 볼때 어떤 任意의 地點B에서 同電波(HZ)를 受信할 경우 B가 速度 V (m/s)로 A를 向하여 移動하고 있는 것이라고 하다면 B에서 受信한 電波의 周波數는 $f = f_0 + \frac{f \cdot V}{C - V}$ 가 되고 또 B가 A와 反對方向인 d로 移動하고 있는 것이라고 한다면 $f = f_0 - \frac{f \cdot V}{C - V}$ 가 된다. 이와같은 現狀을 Doppler效果라고 한다.



(그림 1 - 1)

註 : A, b: 放射體

B : 受信機

f_0 : 送信周波數

V : 運動速度 (A 方向)

V' : 運動速度 (D 方向)

C : 電波速度

f : 受信周波數

3 . 諸 元

周波數帶 8 ~ 14 GHZ

出 力 1 ~ 10 W

안테나 Array 안테나

第 1 中間周波數 4.72 MHZ

第 2 中間周波數 500 KHZ

Beam 폭 2.5° ~ 3°

高 度 60,000 Feet

電 源 AC 115 V

電源周波數 400 HZ

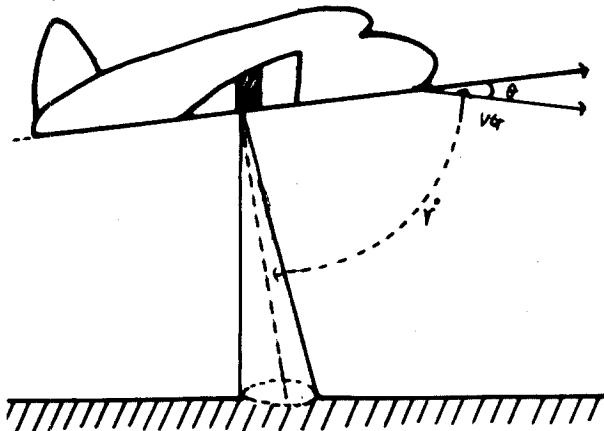
4. 測 定 方 法

가. 對地速度

아래 그림 1-2 와 같이 無風狀態에서는 航空機가 Gyro 方向으로 V의 速度를 가지고 飛行하지만 바람이 있을때는 바람으로 인하여 옆方向으로 θ° 만큼의 角을 이루고 飛行하게 된다. 이때 V로 移動하는 航空機에서 送信周波數 ft의 마이크로파 Beam을 俯角 r로 投射할 때 航空機에서 얻어진 送·受信周波數의 差 즉 도플러 周波數 fd는 다음式으로 求하여진다.

$$fd = \frac{2V \cos r \cdot ft}{C} = \frac{2V}{\lambda} \cos r \left(\lambda = \frac{C}{f} \right)$$

여기에서 $\lambda = \frac{C}{f}$ 이므로 빛의 速度가 一定하고 ft는 送信周波數 8.8 GHZ로 一定하기 때문에 λ 는 一定하고 또한 r는 Beam을 發射하는 角度이므로 이것도 一定하게 할 수 있다. 그러므로 移動速度 V는 도플러周波數 fd에 比例하고 fd測定에 의해 V를 求할 수 있게 된다.



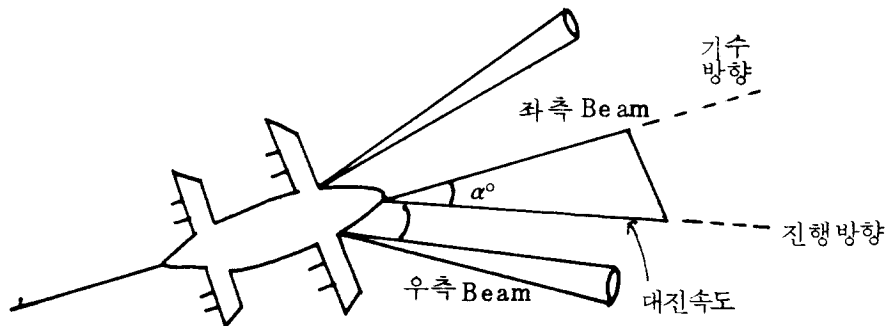
- 註 V : 航空機速度
 VG : 對地速度
 θ : 偏流角
 fd : 도플러周波數
 fr : 送信周波數
 C : 電波速度
 λ : 波長
 r : Beam俯角

여기서 도플러周波數를 알게되면 飛行機 移動速度를 알게 되므로 對地速度 V_G 는 V 의 水平成分 $V_G = V \cos \theta$ 로 되어 飛行機의 對地速度를 알게 된다.

나. 偏 流 角

無風狀態에서 飛行하는 飛行機가 옆바람으로 인하여 機首方向에서 그림 1-3圖의 α° 만큼 角을 이루고 移動하게 된다. 만약 無風狀態에서 飛行機가 正確하게 機首方向으로 進行하고 있을때는 左右 Beam에서의 f_d 는 相互의으로 同等하지만 옆바람때문에 偏流角이 發生되면 그림 1-3과 같이 Beam이 機軸에 固定되어 있으므로 (Beam發射는 一定한 角으로 發射함).

右側 Beam의 f_d 差를 發生하게 된다. 즉, f_d (도플러周波數)의 差를 가지고 周波數追跡器의 偏流角 컴퓨터부에서 偏流角을 算出하여 指示器와 航法計算器로 보내어진다.



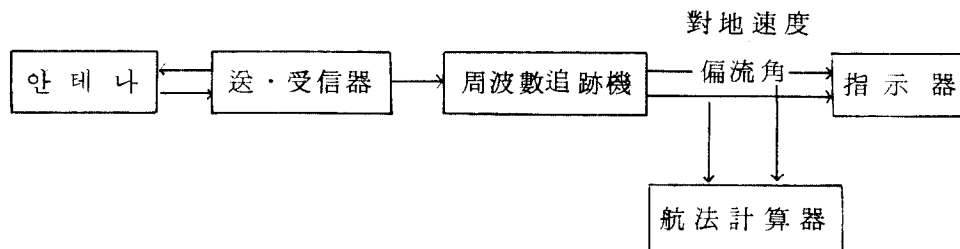
(그림 1 - 3)

5. 構 成 및 機 能

가. 系 統 圖

回路 1 - 1 에 表示된것처럼 안테나 送·受信機 周波數追跡器 指示器로 構成되어 波長이 극히 짧은 마이크로파 (UHF , SHF) 帶인 周波數 8 GHZ - 14 GHZ 를 利用하여 對地速度 및 偏流角을 指示하고 同時에 航法計算器에 同 情報를 提供하여 調整席에서의 航空機 侵入路 및 現位置, 目的地와 距離 등을 直讀할 수 있게 하는 것이다. 따라서 利用하는 電波가 마이크로波帶임으로 電波特性은 빛과 같이 直進性이 있어 구름과 안개의 透過는 물론 다음과 같은 良好한 特質이 있다.

- (1) 波長이 짧으므로 廻折現狀이 적다.
- (2) 銳敏한 Beam을 얻기쉽고 指向性이 容易하다.
- (3) 直進性이 좋고 작은物體라도 잘 反射한다.



(回 路 1 - 1)

나. 안 테 나

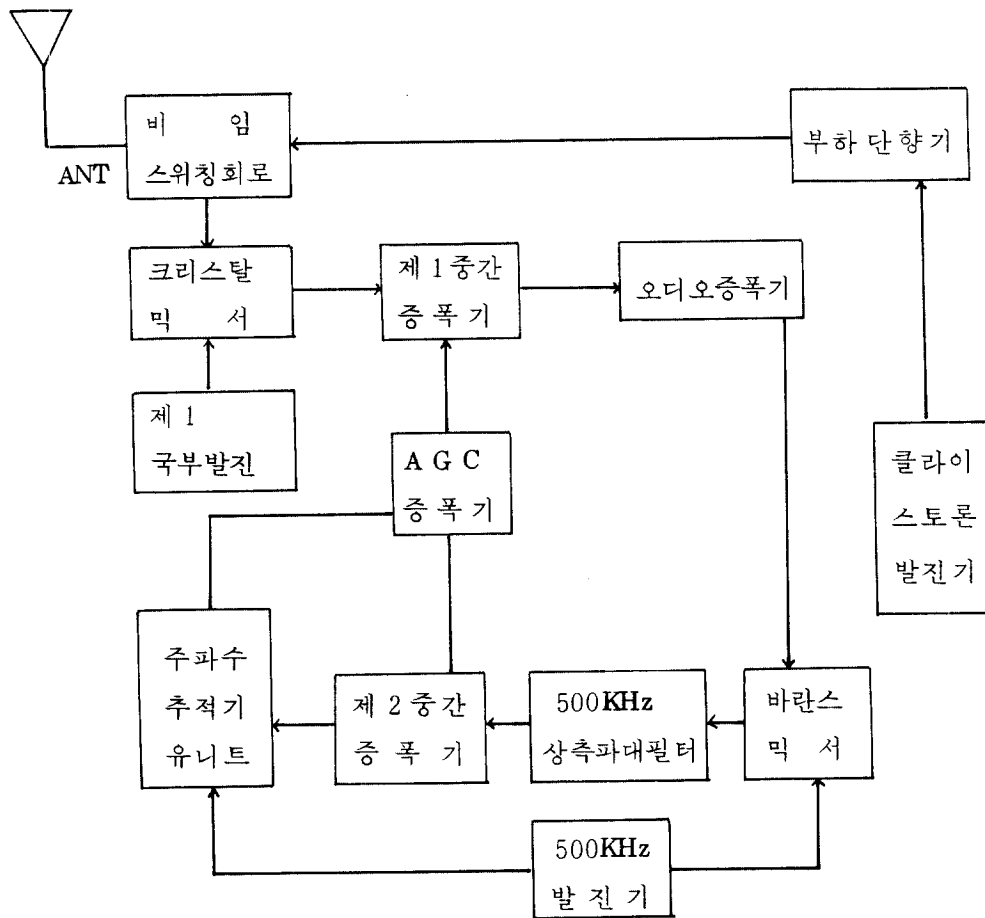
航空機用 도플러레이 다는 어레이 (Array) 안테나를 使用하며 模樣은 四角形으로된 特殊한 안테나로 周波數 8 GHz ~ 14 GHz 帶를 使用하고 Beam은 前後左右에 四本을 發射하는 Janus 方式으로 行해진다. 兩面方式을 使用하여 四本の Beam을 發射하는 理由は 前後 Beam을 發射하여 偏流角을 測定하기 때문이며 航空機의 로링과 핏칭으로 인한 誤差를 補正하기 위하여 機械的 安定化 機能과 데이터 安定化裝置가 있다. 前者는 機械적으로 안테나를 稼動하여 地面과 水面을 보게하여 誤差를 補正하고 後者는 안테나를 機軸에 固定시키고 모든誤差를 計算器에서 補正하는 方法인데 通常 航空機에서는 誤差補正이 正確한 데이터 安定化裝置를 使用한다.

다. 送受信器

回路 1 - 2 의 送信器에서는 CW (Continuous Wave) 8.8GHz 인 4 個의 Beam을 中心周波數 8.8 GHz 에, 1.18 MHz 間隔으로 8 個의 周波數를 地上을 向하여 送信하면 地上에서 反射하여 되돌아오는 電波는 도플러 效果에 의하여 f_d (도플러周波數) 가 發生하게 되며 이 도플러 周波數는 受信器에 加해져 受信器에서는 第 1 中間周波增幅을 한다음 巴란스믹서를 通하여 f_d (도플러 周波數) 를 檢出하여 오디오 增幅器로 보내어진다.

오디오 增幅器에서는 增幅을 한다음 巴란스 變調器에서 第 2 中間周波數 500 KHz 로 變調하여 $500 \text{ KHz} \pm f_d$ 가 算出되면 上側波帶

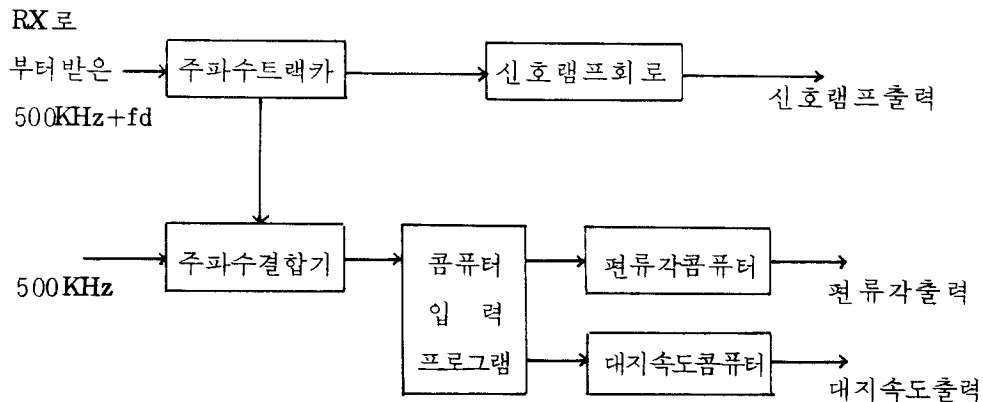
필터를 거쳐 第2 中間周波增幅部에서 增幅을 한다음 周波數追跡器로 보내어진다.



(回路 1 - 2)

라. 周波數追跡器

周波數追跡器는 受信器로부터 받은 도플러信號를 가지고 偏流角과 對地速度를 算出하여 指示器와 航法計算器로 보내준다. 그림 1-3에서 그 算出過程을 살펴보면 受信器로부터 받은 $500\text{KHz} + f_d$ 는 周波數트랙카를 거쳐 周波數結合器로 보내진다. 結合器에서는 第2局部發振 周波數와의 差 즉 f_d (도플러周波數)를 檢出하여 컴퓨터 入力으로 보내주면 이 컴퓨터에서는 偏流角과 對地速度를 算出하여 各各 指示器와 航法計算器로 加해지게 되는 것이다. 回路 1-3에서 그 算出過程을 살펴보면 受信器로부터 받은 $500\text{KHz} + f_d$ 는 周波數트랙카를 거쳐 周波數結合器로 오게 된다. 結合器에서는 第2局部發振周波數와의 差 즉 f_d (도플러周波數)를 檢出하여 컴퓨터 入力으로 보내면 이 컴퓨터에서 偏流角과 對地速度成分 信號를 分類 各 該當 컴퓨터에 가해 偏流角과 對地速度를 算出하게 되는 것이다.



(回路 1-3)

마. 指示器 및 航法計算器

指示器는 周波數追跡器로부터 얻어진 對地速度 및 偏流角을 航法計算器로 보낸다. 周波數追跡器로부터 指示器에 보내어진 偏流角 및 對地速度는 메타상에 表示되어 直讀할 수 있도록 되어 있으며 航法計算器에서는 도플러 레이 다에서의 對地速度, 偏流角을 各種 計測器에 加할 수도 있게 되어 있어 航法上必要的한 모든 情報를 取할 수가 있게 되어 있다. 이 計算器는 使用目的에 따라서 매우 多樣하지만 現在 民間 航空界에서 넓게 使用되고 있는 것에는 Mark I Computer 가 있다. 이것은 航法計算器와 制御指示器로 構成되어 도플러 레이 다에서의 對地速度, 偏流角 및 機首方向으로서 通常 Compas 에서의 方位를 入力으로하여 飛行豫定 Corse 등 目的地까지의 距離를 手動으로 Set 하는 것으로 飛行遂行上 必要的한 豫定 Corse 상에서 目的地까지의 距離殘數와 Corse 에서의 差異를 連續指示하고 同時に Corse 에서의 差異情報를 自動調整裝置에 提供 Corse 修正을 行하는 것이다.

6. 航空機用도플러레이 다의 技術的條件

航空機用 도플러레이 다는 그 航空機의 航行中 通常의 狀態에서 다음의 技術的條件에 適合하여야 한다.

가. 그 航空機가 18.5Km 以上の 距離를 直線的으로 水平飛行하는 경우에 있어서 對地速度가 그 3% 또는 每時 5.6 Km 의 어느 쪽이든 높은치以內 및 偏流角이 1.5° 以內에서 各各 測定할

수 있을것.

나. 指示器는 對地速度 및 偏流角의 表示가 有效하지 않을 경우는 그 뜻을 表示할 수가 있을 것.

7 . 結 言

날로 變하여가는 國際航空界의 發展에 따라 國內航空界에도 急速한 發展을 가져 왔으며 航空機에서 使用되는 通信電子裝備의 種類도 多樣해졌고 數量도 漸漸 늘어가고 있으며 이에 따른 高度의 技術을 要하는 從事者數도 增加一路에 있는 實情이다. 그러나 同施設의 許可 및 運用에 必要한 技術基準 現行法上 아직까지 未定되어 있으므로 이를 制定하여 電波管理行政을 積極 支援하고 밖으로는 人命安全 및 經濟運航에 寄與함을 目的으로 研究하기에 이르렀지만 本施設은 이미 舊型化 裝備에 屬하기 때문에 私見으로는 電波管理法上的 無線設備技術基準을 補完하는데 근본뜻이 있다고 하겠다. 이제 머지않아 同分野에서 새로운 裝備로 登場 각광을 받게 될 I.N.S (慣性航法電子裝置)가 一部 先進 外國(美國, 日本 등)에서는 이미 實際 航路에 活用되고 있으므로 漸次 同施設에 對한 技術基準案을 早速히 研究制定하여야 名實共히 航空移動體制에 完璧을 期할 수 있다고 思料된다.

参 考 文 献

1. 航空電子装置（日本）
2. 航行援助無線（日本）
3. 電波法今集（日本）
4. 電波關係告示集（日本）