

# 마이크로波를 이용한 小型漁船用 船位測定方式 開發에 關한 研究

鄭世謨\* 李相鍊\*\*

## On the Development of a Microwave Navigational Aid System Suitable for Small Fishing Boats

By Se-Mo Chuug and Sang-Jib Lee

〈目 次〉	
1. 序 論	3·6 受信안테나
2. 現在까지의 類似한 研究動向과 問題點	3·7 受信增幅回路
3. 基本設計 및 實驗	4. 送信機의 獨立性 性能試驗
3·1 펄스反復週期 變調回路	4·1 送信機
3·2 Pulser部의 設計 및 製作	4·2 船舶用 送受信機의 獨立性 設置
3·3 Pulser를 위한 Trigger回路	5. 海上性能試驗
3·4 送信안테나	6. 結 論
3·5 안테나의 回轉數調節용 錄音器의 同期回路	參考文獻

### 概 要

電波方向探知器나 레이더 등과 같은 電波航海計器를 갖추기 힘든 小型漁船을 위하여 마이크로波를 이용한 船位測定方式을 開發하고 陸上에 設置할 送信機 및 船舶用 受信器를 試作하여 性能을 試驗하였다. 本 論文에서 採擇한 方式은 日本에서 開發된 로오킹비어론을 改良한 것인데 變調方式으로 펄스反復週期變調方式에 依한 것이다. 이 方式은 日本로오킹비어론方式에서 採擇한 펄스幅變調方式에 비하면 손색없는 通信明瞭度를 가지면서 同一한 送信平均出力으로 16倍의 尖頭出力을 낼 수 있다. 結果의으로 利用範圍를 增加시키는데 成功하였다. 送信周波數 9,370MHz, 出力 35kw, 水平비임幅 1°, 垂直비임幅 7°, 비임回轉數 每分 1/3回轉인 陸上送信局과 受信感度 -20 dB, 製作單價 6萬원 内外이던 12V Battery電源으로 作動되는 小型漁船用 送受信器를 製作하여 海上試驗結果 方位精度 2°以內, 方位情報測定頻度 3분에 1회이던 到達距離 24마일 以上임을 確認하였다.

\* 韓國海洋大學 海事技術研究所(電子物理工學專攻), 韓國航海學會, 韓國電子工學會, 日本電子通信學會, 및 日本航海學會正會員.

\*\* 韓國海洋大學 海事技術研究所(航海計器學專攻), 韓國航海學會 및 日本航海學會正會員.

## ABSTRACT

A microwave Navigational Aid system is suggested suitable for fishing boats too small to be equipped with Radar or Radio-Direction-Finder.

The system proposed here is similar to that of Talking-Beacon developed in Japan, but the distinctive modification proposed is that an increase of sixteen times in peak transmitting power, thus an accompanying increase of coverage, is achieved with the same mean transmitting power as that of Japan without sacrificing the clearness of azimuth information, by adopting a pulse repetition modulation instead of pulse width modulation as in Japan system.

An experimental land station transmitter of transmitting frequency of 9,370MHz and of peak power of 35kw with a microwave beam of 1 degree in horizontal width and 7 degrees in vertical width rotating once every three minutes, and also an experimental receiver of-20dB in sensitivity and of an assumed cost of 100 dollars, operated by a 12 volts battery source are made, and the sail test results are reported showing that a bearing information of an accuracy of within two degrees can be obtainable every three minutes at a distance of as far as 24 miles from the transmitter if the transmitter is located as high as 100 meters above sea-level.

## 1. 序 論

天像 또는 氣像에 구애됨이 없이 지구상 어디에서나 언제나 自己의 位置를 알고자하는 人類의 慾望은 호우미 作品 속의 유피찌이즈의 彷徨以來 航海上の 오랜 宿願이었으나 最近 電波航法의 눈부신 發達은 이 人類의 꿈을 成就하게 하였으며, 在來의 視覺的인 航法이 利用될 수 있는 境遇에 非常手段으로 使用되었던 電波航法은 오늘날에는 船位決定의 主役을 擔當하게 되었다. 卽 電波航法은 晝夜와 天候에 구애되지 않고 利用될 수 있으며 그 利用範圍의 擴大, 測定 船位 精度의 向上, 船位 測定의 迅速 및 自動화에 따라 視覺航法이 可能한 境遇에 있어서도 一次的인 船位決定手段으로 採擇되게 되었다.

한편 韓國 電波航法設備의 現況을 살펴보면 貧困하며 거의 全無한 實情이다.

一次大戰中에 電波航法의 主役을 맡았던 電波方向探知機用의 無線標識局이 몇 개 있을 뿐이다. 卽 韓國南海岸 一部에서 日本 北九州 鹿ヶ島와 로오란 A局이 利用可能할 뿐이고 그 以外의 大部分 韓國 沿岸海域에서는 外國의 電波航法設備도 利用할 수 없는 死角地帶에 處하여 있으므로 韓國의 電波航法設備의 長期的인 擴充計劃에 對한 政策的인 配慮가 時急한 實情이다.

또 國家的인 次元에서 電波航法方式을 採擇할 경우에는 電波航法方式이 갖추어야 할 基本要件인 船位의 正確性, 安全性, 船位測定의 迅速성과 常時性, 方式의 經濟性 등을 一次的으로 考慮하여야 함은 勿論이거니와 그 以外에도 既存한 世界各國 特別 隣接한 國家와의 方式의 共通化에 依한 受信設備의 凡用化, 自國特有的 事情을 勘案한 利用者의 購買力 및 關聯된 船種에 關한 考察 等도 充分히 研究檢討되어야 할 것이다.

## 마이크로파를 이용한 小型漁船用 船位測定方式 開發에 關한 研究

이러한 現實을 考慮할 때, 韓國에 있어서도 앞으로 高精度의 沿岸航法方式으로서 록카 또는 로오란C 방식中 어느 하나를 選擇하여 長期的인 展望에서 그施設을 計劃함이 마땅하나 陸上局의 設備費가 莫大하고, 受信器의 價格도 比較的 高價이며 現時點에서 그 建設에 關한 基本計劃을 세워 推進한다 하여도 陸上局의 建設과 受信器의 보급이 어느 정도 이루어져서 이 방식이 그 技能을 發揮하기에는 적어도 5~6年 乃至 10餘年의 期間을 要할 것이다, 비록 이러한 방식이 完成되었다고 하더라도 美國이나 日本 等の 先進國의 例에 비추어 로오란C 또는 로오란C 방식의 受信器를 裝備할 수 있는 船舶은 적어도 50噸 以上の 漁船이나 400~500噸級 以上の 商船에 局限되므로, 其他의 小型船을 위하여는 비록 利用範圍와 精度에 있어서 制限이 있더라도 受信器의 價格이 싸고 取扱이 簡單한 別途의 方式을 並行開發함이 不可避할 것으로 豫想된다.

이러한 小型船用의 船位決定方式으로 本 論文에서는 最近의 마이크로波技術의 發達에 힘입어 比較的 船位가 精確하던 陸上施設 및 受信器의 費用이 低廉하여 注意를 끌고 있는 로오킹미이론에 着目하여 이를 改良한 小型漁船用 마이크로波方位測定方式을 試作하여, 그 實用化에 따르는 諸問題를 提示하고 이를 解決함을 研究의 主目的으로 하였다.

로오킹미이론은 利用範圍가 로오라미이론에 비해 遠지히 넓어지지만, 利用範圍는 出力의 增加와 더불어 陸上局의 設置場所의 高度를 높여 増大시킬 수 있으므로, 海岸附近에 山頂을 찾기 쉬운 韓國沿岸과 같은 地形에는 適合한 방식이라 思料된다. 特히 韓國休戰線以南의 漁撈阻止線은 比較的 直線으로 區劃되어 있으므로 漁撈阻止線의 延長線上에 있는 山頂에 本 방식과 같은 마이크로波 標識를 設置하고 音聲變調에 의한 警告를 發함으로써 漁船이 越境하는 危險을 事前에 防止하는데 크게 도움이 될 것으로 期待된다.

本 방식은 陸上局에서는 回轉하는 高指向性 마이크로波 비임(Beam)에 音聲變調된 方位情報를 送어서 發射하고 船舶에서는 간단한 受信器로 이 方位情報를 受信하여 本船의 方位를 測定하는 것이다. 本 研究目標로는 到達距離 40~60mile, 測定方位誤差  $2^{\circ}$  以內, 受信器는 電池電源用으로 하여 製作單價는 20萬원 内外(量産價格)로 設定하였다. 이와 같은 방식의 開發에 成功하면 現在 低視界時의 船位測定方式이 全無한 狀態에 있는 小型漁船의 安全性和 生産性의 向上을 期待할 수 있음을 勿論 北德에 의한 頻繁한 漁船拉北事故를 防止하는데 도움이 될 것이므로 國家安保的인 次元에서도 크게 有益하리라 믿는다.

## 2. 現在까지의 類似한 研決動向과 問題點

레이더를 제외한 마이크로파 전파항법 방식의 시초는 1950年後半에 National Research Council of Canada에서 개발한 Microwave Position Fixing System(MPPFS)를 들 수 있으며, 이는 초기에는 方位測定用으로 시작되었으나 후에 距離測定用으로 改良되어 高精度의 水路測量用으로 使用되고 있다.

本 論文에서 構想한 電波航法方式의 모델이 된 로오킹미이론은 1965年頃에 日本에서 開發되어 現在 日本의 對馬島의 北端에 3局으로 된 한 체인(chain)이 設置運用되어 好評을 받고 있다.

陸上局에서는 펄스幅變調方式에 의하여 音聲變調된 마이크로波를 發射한다. 局名信號는 無指向性

의 안테나로 發射하고 方位信號는 水平반입幅 約 3°의 마이크로波빔에 실어 3분에 1회의 速度로 水平方向으로 回轉시키고 있으며, 船舶用受信器에서는 이 마이크로波信號를 增幅하여 로우패스 필터(Low Pass Filter)를 거쳐 音聲情報를 再生하는 方法을 採擇하고 있다. 따라서 受信器에서는 局名情報는 恒時 受信되며 每 3°마다 轉러주는 方位情報는 3분에 1회씩 들게 된다. 3°마다 轉러주는 連續된 2~3個의 情報를 受信하여 그 中間值를 本船의 方位로 看做하게 되며, 測定方位의 誤差는 2°内外이다.

이 對馬島로오징어미어원의 利用距離는 現在 局으로부터 20mile 内外이며, 이 로오징어미어원方式은 그 精度가 높고 受信器가 簡單하다는 點에서 國際航海學界의 甚 關心과 注目을 끌었음에도 불구하고 아직까지 對馬島局을 除外하고는 實用局이 尙히 建設되지 아니할 理由는 바로 이 利用距離가 짧은 點에 있다고 보겠다.

마이크로波는 地球의 灣曲에 의한 遮蔽의 影響을 받아 遠거 때문에 이 方式으로 到達距離의 增加를 期하리던 陸上局을 높은 곳에 設置하여 水平到達距離를 擴大하는 問題, 受信器의 最小受信感도를 改善하는 問題 및 陸上局의 送信出力을 높이는 問題 等에 歸着된다.

이 中에서 陸上局의 位置問題는 海岸線의 地形에 依하여 左右된다. 本 論文의 目標值인 40mile의 到達距離를 얻으리던 海面으로부터의 約 300m(각도 參照)以上 높은 곳에 設置하여야 한다. 이것은 西海岸의 一部地畵을 除外하고는 이러한 條件이 아니라고 思料된다.

$$D=1.23\sqrt{h} \dots\dots\dots(1)$$

但, D:마이크로波(X-band)의 水平到達距離(mile)

h:안테나의 海面上 높이(ft)

두번째 受信器의 感度增加는 受信增幅器의 初段에 低雜音素子를 使用하는 것과 受信帶幅을 줄여 信號對雜音比를 改善하는 問題에 歸着하며 이 中 前者는 既成의 部品를 利用하여 受信器의 單價節減을 最優先으로 삼고 있는 本 論文의 目標에 비추어 그 成果를 期待하기가 어려우며, 後者の 경우도 現在의 마이크로波 技術으로서 Super heterodyne方式에 의한 中間周波의 帶域幅을 줄이는 것이 最善의 方法으로 看做되나, 局部發振用素子로서 Gun Diode 또는 Avalanche Diode 등은 아직도 生産單價가 너무 비싸고, 在來의 Klystron管은 電源設計의 問題가 있어서 本 論文에서 目標하는 電池式 廉價인 受信器用으로는 不適當하다. 따라서 受信感度の 週期的인 向上도 現時點에서는 期待하기가 困難한 實情이다.

남은 問題는 陸上局의 送信出力을 增加시키려는 問題이나, 現用의 로오징어미어원에서는 비록 尖頭出力은 1.5kw이지만 動作對休止時間比(Duty Ratio)가 0.08로 상당히 커서, 平均出力은 120w로 되어 眞으로 注文한 水冷式의 L-3463(神戶工業製品) Magnetron을 쓰고 있는 實情이며, 國內에서 쉽게 구할 수 있는 Magnetron으로 이 以上の 出力을 期待하기가 어려운 實情이다. 따라서 變調方式을 根本적으로 바꾸어서, 動作對休止時間比를 줄여서 낮은 平均出力으로 높은 尖頭出力을 얻는 徑 밖에 없다고 思料되며, 그 한 方法으로 펄스反復週期變調方式이 考察의 對象이 되지만 이에 對한 實用例가 거의 報告되어 있지 않아서, 그 實用可能性에 對하여서는 根本的인 基礎實驗이 先行되어야 할 것이다.

이 外에도 送信안테나의 Side lobe을 抑制하는 問題, 海面反射波의 干涉을 除去하는 問題 等 몇 가지 問題 點이 남다 있으나, 方式運用面에서 볼 때 決定的인 問題는 아니므로 各 部分의 試作 및 實驗過程에서 檢討하기로 한다.

### 3. 基礎設計 및 實驗

本 論文에서 構想하는 마이크로波船位測定裝置의 陸上局 및 受信器의 블록線圖를 그림1 및 그림2에 表示하고 各部分의 基本設計 및 實驗結果를 記述하기로 한다.

陸上局의 構成은 Tape Recorder에 녹음된 局名情報 및 方位情報의 音聲信號를 Modulator로써 펄스變調하고, 이 變調펄스를 Pulser에서 必要한 形態로 整形하여, Magnetron 發振管을 通하여 마이크로波로 變換하여 所望의 波長形態로 發射하게 한다. 한편 Tape Recorder에 裝된 無限軌道(Endless) 狀의 테이프와 안테나의 回轉을 同期시키는 同期裝置 및 各部의 電源을 供給하는 電源部를 裝게 한다.

受信器는 無指向性(局의 方位를 알지 못하므로 안테나 利得이 낮더라도 水平方向으로는 거의 無指向性의 것이 바람직하다) 안테나를 通하여 受信된 펄스變調의 마이크로波를 直接檢波하여 增幅한 後에 復調를 거쳐 音聲으로 再生하여 音聲增幅裝置를 거쳐 스피커를 通하여 局名情報 및 方位情報을 알리게 한다.

#### 3·1 펄스反復週期 變調回路

펄스反復週期變調回路(Pulse Recurrence Modulation, PRM)은 펄스間의 間隙 即 펄스反復週期를 變化시켜 情報를 傳達하는 方式으로, 變調方式의 한 種類로 紹介되어 있으나<sup>1)</sup>, 筆者가 調査한 바로는 具體的인 方法과 實用例를 發表한 文献이 나와 있지 않다.

本 論文에 應用한 部分은 筆者의 着想에 依한 것이다.

音聲情報에는 周波數情報과 振幅情報가 同時에 包含되어 있으며, 周波數情報를 無視한 펄스幅變調(日本의 토오키미이론에서 採用한 變調方式)에 依한 音聲通信이 可能하면, 振幅情報를 無視한 周波數情報만으로도 通信이 可能할 것이라는 着想이며, 그 블록線圖를 그림3에 表示하였다. 即 音聲信號의 振幅이 零레벨을 切斷하는 순간마다 하나의 펄스를 發신하여 傳達하고, 復調部에서는 이 펄스를 受信하여 兩方向安定性 Multivibrator를 動作시켜 變調部의 Limiter 回路의 出力과 類似한 矩形波를 發신 후 Low-pass Filter를 거쳐 音聲信號를 再生하는 方法이다.

거듭되는 實驗의 結果 얻은 結論은 다음과 같다.

- (1) 音色을 無視한 音聲情報만 傳達하는 300Hz~3,000Hz의 帶域幅으로 可能하다.
- (2) 正確한 周波數情報를 알기 위하여서는 音聲信號의 直流成分을 完全히 除去하고 Limiter 入力信號를 充分히 크게 하여 音聲信號의 周波數와 振幅의 크기에는 관계없이 音聲信號(交流)의 零레벨點을 正確히 捕捉하여야 한다.
- (3) 上記의 條件만 滿足하면 펄스反復週期變調方式에 依한 復調信號는 音質이 약간 낮은 帶대호

程度的音聲情報의 再生이 可能하다.

以上の結論을 綜合하여 設計한 變調部의 回路를 그림4에 表示하였다.

錄音器의 音聲出力을 캐퍼시터를 거쳐 直流分을 除去하고 Limiting한 後에 그림5에 表示한 Operational Amp.로 100倍 增幅한 後에 Limiting하는 過程을 두번 거친 後에 位相反轉 및 平衡의 過程을 거쳐, 微分하여 Diode로 正의 펄스部를 切斷한 後에 再結合하였다.

또 Limiter用 Diode의 應答速度를 빨리하기 위하여 高周波用 트랜지스터 C736의 베이스와 에미터를 diode로 使用하였다(이때 Clipping 電壓은 0.5~0.7V).

또基礎實驗에 使用한 復調部의 回路圖를 그림6에 表示하였다. 變調部에서 發生한 負원스로 兩方向安定性 Multi-vibrator를 動作시켜 만들어진 矩形波를 Filter로 整形한 後에 音聲增幅器를 거쳐 스피커에 연결하였다. 이 音聲增幅器部는 市販되고 있는 라디오킷의 回路를 그대로 使用하였다.

以上の 回路를 完成하여 實驗한 結果 펄스反復週期變調方式이 펄스幅變調에 조금도 損色없는 變調方式임을 確認하였다.

### 3.2 Pulser部의 設計 및 製作

마이크로波의 發振管으로 市中에서 구하기 쉬운 2J42A(周波數 9,345~9,405 MHz, 尖頭出力 35 kw, 平均出力 90w) Magnetron 管을 擇하였다. 따라서 變調周波數를 平均 2KHz로 보면 發射可能한 펄스幅은 1 $\mu$ sec가 되는데 安全을 기하기 위하여 펄스幅을 0.5 $\mu$ sec로 設計하였다. 이 Magnetron 를 動作시키는데 必要한 幅 0.5 $\mu$ sec 6.4KV의 펄스를 얻기 위한 Pulser 回路 및 所要되는 高壓電源 回路를 그림7에 表示하였다. 이것은 Tank circuit와 Thyatron을 結合한 이른바 Line type pulser인데, Tank circuit는 0.5 $\mu$ sec 및 1 $\mu$ sec 兩用인 Radar用이며 高壓部는 1:6.5의 Pulse transformer에 맞추어 設計하였다.

### 3.3 Pulser를 위한 Trigger 回路

Pulser部의 Thyatron을 動作시키기 위하여 設計製作한 Multi-vibrator型 Trigger 回路의 回路圖를 그림8에 表示하였다. 變調部出力端에서 만들어진 負원스(音聲信號의 交流成分이 零에 達할 때 마다 만들어진 펄스)는 그 펄스幅이 넓어서 (音聲周波數 300~3,000Hz에서 測定한 結果 5~20 $\mu$ sec임) Pulser의 Trigger用으로 適合하지 않으므로 이 펄스로 兩方向安定性 Multivibrator를 動作시켜 Rise time이 빠른 矩形波를 만들어 그 出力을 微分하여 매우 날카로운 負원스를 만들었다. 이 負원스로 다시 一方向安定性 Multi-vibrator를 驅動시켜 幅 0.5 $\mu$ sec, 振幅 14V로 거의 矩形인 負원스로 整形한 後에 Emitter Follower를 거쳐 트랜지스터로 增幅하여 260V의 正 펄스를 만들어 Thyatron驅動用 Trigger로 이용하였다.

### 3.4 送信안테나

送信안테나는 水平方向으로 2°内外의 高指向性이어야 하며, 垂直方向으로 遠距離로부터 近距離까지를 照射할 수 있도록 10°~15°의 비입幅을 갖는 것이 바람직하다. 이에 해당하는 안테나를 물색

한 結果 그림15와 같은 X-Band Radar용 파라보라 反射型안테나를 使用하였다. Horn의 開口는 3cm×15cm의 水平偏波用이고, Reflector 開口는 128cm×30cm이며, 電波暗室設備가 없으므로 正確한 輻射 Pattern을 測定하지 못하였으나 水平의 輻幅 約 1.5°, 垂直의 輻幅은 約 7°이며 主비임은 水平方向으로 約 10°의 傾斜를 이루고 있다. 안테나系 入力端에서 測定한 定在波比(S.W.R)는 1.15로 밝혀졌다. 驅動用모터는 115V, 1/20 馬力의 直流通모터이며, 100:1의 減速用 메켄齒車에 依하여 안테나에 連結되어 있다.

### 3.5 안테나의 回轉數調節과 錄音器의 同期回路

本方式이 正確한 方位情報을 提供하도록 하려면 안테나에서 送信되는 情報과 안테나의 回轉이 完全히 同期되어야 한다. 이 目的으로 設計된 回路를 그림9에 表示하였다. 前節에서 說明한 115 VDC, 1/20HP의 안테나 驅動모터의 回轉을 並列勵磁抵抗 R에 依하여 約 30回轉으로 調節하였고, 이 안테나 驅動모터의 軸에 115VAC, 4W의 싱크로모터(Hokushin製)를 連結하여 同期送信器로 使用하였다. 같은 性能의 싱크로모터를 同期受信器로 使用하여 錄音器의 驅動모터를 連하여내고 그 자리에 裝置하여 錄音器의 驅動軸에 連結하였다.

錄音器의 上部에는 그림 10에 보인 것과 같이 裁봉용의 木(Bobbin)을 적당하게 配置하여 길이 6m인 無限軌道(Endless)테이프를 裝置하고 驅動리얼(Driving reel)의 直徑을 2cm 內外에서 可變하여 안테나의 一回轉과 錄音테이프의 一回轉을 同期시켰다. 局名情報 및 方位情報은 每 3°마다 다섯 分자로 秒間隔으로 錄音하였다. 그 例를 아래에 본다.

조 도	공 공 공
조 도	공 공 사
조 도	공 공 칠
⋮	
조 도	삼 오 칠

實驗室 中央에 照準計를 세우고 壁에 3°의 間隔으로 눈금을 새긴 後에 照準計의 位置에 送信안테나를 놓고 안테나에 固着시킨 假設照準計로 눈금을 確認하면서 錄音된 情報을 귀로 들어 안테나와 方位情報이 1°以內로 同期함을 確認하였다.

### 3.6 受信안테나

受信用안테나는 水平方向으로 指向性을 갖지 않는 것이 理想的하나 現實적으로 實現不可能하므로 그림 11에 보인 것과 같은 3支長의 鉛아를 가진 X-Band 導波管으로 兩側 共振器의 管壁 兩側에 스톱트(Slot)를 2개씩 製作하여 스톱트가 垂直이 되도록(水平偏波用)하고 또 두 안테나의 스톱트의 方向이 서로 直交하도록 配置하여 안테나의 指向性을 減少하도록 하였다.

受信된 電波는 共振器內에 裝置한 1N23 Crystal로 直接檢波하여 同軸線으로 受信器에 連結하였고, Crystal의 動作特性을 改善하기 위하여 約 0.4V의 直류바이어스를 걸었다.

### 3.7 受信增幅回路

設計製作한 受信增幅回路는 그림 12에 表示한 5段增幅器를 使用하여 約 80 dB의 利得을 얻었다. 두개의 受信안테나에서 얻은 檢波出力을 同軸線으로 受信器 入力端에 連結하고 第一端增幅한 後에 두 波形을 疊하여 二段增幅器에 入力하였다. 次러런의 努力에도 불구하고 發振現象 때문에 80dB 以上の 利得은 얻지 못하였으며, 이 增幅端의 出力을 그림 6에 表示한 復調回路에 連結하였다. AVC 回路는 一切使用하지 않고 變조增幅部 및 音聲增幅部에 利得調整用 可變抵抗器를 各各 設置하였다.

## 4. 送受信器의 組立과 性能試驗

### 4.1 送信器

錄音器와 안테나를 除外한 全 送信器回路를 그림 14(a)(사진)과 같은 35cm×65cm×100cm의 3段式의 鉛箱型의 갓치에 배치하였고 이것을 그림 14(b)에 보인 42cm×112cm의 箱子에 格納하였다. 또 이 그림에 보인 것과 같이 마그네트론 冷却用의 115AC用의 送風기(Fan)를 設置하였다. 그림 14는 變調部, Trigger部 및 마그네트론部를 擴大한 사진이다. 그림 15에 보인 것과같이 送信안테나를 送信器外箱의 上部에 附着하였고, 갓치는 補修의 便利를 爲하여 必要時에는 앞으로 기울일 수 있게 하였다. 또 마그네트론과 안테나와는 約 1m의 同軸線으로 連結하였다. 그림 16은 完成된 送信器의 外觀을 나타낸 것이다.

또 送信器의 組立을 完成한 後에 各 部의 動作狀態를 點檢하고 各 段階의 波形을 撮影한 것이 그림 17이다. (그림 4.5 變調部回路圖 參照)

音聲周波數發生器에서 만든 3KHz, 2V(尖頭電壓)의 信號를 送信器의 變調部入力端에 供給하였을 때의 入力波形과 이 波形을 1V(尖頭)로 上下端을 切斷(Clip)하고 제1단 直流增幅器(Operational Amplifier)로 10배 增幅한 波形을 그림 (a)에 表示하였다. 또 이 波形을 다시 切斷하여 第2段直流增幅器에서 10배 增幅한 波形을 그림 (b)에 表示하였다. 이 그림에 의하면 1번째를 增幅하여도 矩形波의 波形上昇時間(Rise Time)이 상당히 큰을 알 수 있으며, 낮은 周波수에서는 이 傾向은 더욱 顯著하다. 그림 (b)의 아래 波形을 다시 切斷하여 位相反轉器를 거쳐 서로 位相이 反轉된 두 信號의 波形을 그림 (c)에 나타내었고 이것을 微分한 波形이 그림 (d)일때 0.5 $\mu$ sec의 波形을 만들기 위한 Trigger用으로는 펄스幅이 너무 넓음을 알 수 있다.

펄스幅이 寬은 Trigger 펄스를 만들기 위하여 그림 (d)의 波形으로 作動시킨 兩方向安定 Multivibrator의 두 出力과 그 微分波形이 그림 (e) 및 그림 (f)이며, 이 信號로 펄스整形回路(一方向安定 Multivibrator)를 驅動시켜 만들어진 波形(펄스幅 0.5 $\mu$ sec, 振幅 15V)과 이것을 2SC515에 의하여 160V까지 增幅시킨 波形이 그림 (g)이며 이것에 의하여 驅動된 約 1,000V의 Thyatron 出力과 이것을 커패시턴스에 의하여 約 6,000V로 昇압한 마그네트론 陰極電壓을 分壓器에 의하여 測定한 波形이 그림 (h)이다. 이 그림에서 0.5~0.7 $\mu$  sec의 깨끗한 波形이 形成되었음을 보여주고 있다.

測定計器의 不備로 正確하게 Magnetron의 出力을 測定하지 못하였으나 高周波의 發振狀態는 良好



하고, 8時間의 連續인 動作에도 波形的 歪曲이나 各部品の 過熱은 發見되지 않았으며 送信器의 製作은 成功的인 業을 確認하였다.

#### 4.2 船舶用 受信器의 組立과 設置

前章에서 說明한 그림 12의 受信增幅部와 그림 6의 受信復調部를 함께 組立하여 16.5cm×27.5cm×22.5cm의 箱子에 格納한 사진이 그림 18이며, (a)는 뒷부경을 映 사진이고 (b)는 앞면의 사진이다. 電源은 小型船舶의 보편적인 電源인 12V 축전지를 使用하거나 또는 건전지를 使用할 수도 있게 하였다. 前面에 두개의 受信안테나用의 同軸線 Adapter와 增益增幅部 및 音聲增幅部の 利得 (Volume) 調整기를 配置하고, 後面에서 電源用 코오드를 뽑아내었다. 그림 18에서 보는 바와 같이 受信器 箱子의 內部는 상당히 여유가 있어서, 多量生産을 할 경우에 프린트基板을 使用하면 受信器의 크기를 半以下로 縮小하는 것은 쉬우리라 믿는다.

그림 19는 完成된 受信用 안테나의 사진이다. 電波暗室設備가 없으므로 受信안테나의 特性을 全部測定하지 못하였다. 出力端의 定在波比는 1.27內外이고, 送信器로부터 800m의 地點에 2個의 受信안테나를 서로 直交하게 (前章에서 說明한 바와 같이 Slot를 兩面이 서로 直交하게 함) 設置하고 受信안테나를 回轉시키면서 受信增幅部の 第2段增幅器의 出力波形的 높이를 싱크로스코프로 測定한(이때의 送信안테나의 回轉은 固定함) 受信안테나의 水平指向性은 그림 20과 같다. 그 指向性은 明確히 四分圓의 形態와 같으나 그 差는 最大 4 dB 以內이므로 實用上 無指向性안테나로 看做할 수 있음을 알 수 있다. 또 受信器의 全般的인 機能은 前章에서 이미 確認된 바와 같이 滿足할 만한 結果인 業을 確認하였다.

### 5. 海上性能試驗

前章까지의 過程에서 製作完成한 陸上局 送信器 및 船舶用 受信器의 綜合的인 性能試驗을 하였다. 처음의 計劃으로는 海面上 約 300m의 山頂에 送信器를 設置할 豫定이었으나 釜山近郊의 山頂이 安保上 統制區域으로 되어 있어 設備 및 電源引込手續이 매당히 어려워져 무엇이 韓國海洋大學 本館屋上(海面上 約 40m, 마이크로 波의 水平到達 距離 約 14mile)에 設置하였다.

受信器는 韓國海洋大學所有의 小型練習船 동백호(總噸數 20噸, 速度 9노트)에 設置하여 海上을 航走하면서 性能試驗을 하였다. 直接波와 海面反射波의 干涉으로 因한 受信電界 對 送受信點間距離의 起伏을 줄이기 위하여 두개의 受信안테나를 上下로 分離設置하여 實驗한 結果 兩 안테나間의 間隙을 40cm 以上으로 하면 上記한 受信電界의 起伏이 없어짐을 確認하고 그 間隙을 50cm로 固定하였다. 동백호에 設置한 受信器 및 안테나는 그림 21과 같다. 送信局으로부터 距離를 增加시키면서 送信信號의 受信狀態 및 音聲의 情報도를 調査한 結果 局에서 約 9마일까지는 3°間隔으로 送信되는 連續된 3회의 局名 및 方位情報가 受信되었고 그 以上の 距離에서는 2회의 信號가 受信되었는데 그 情報도는 滿足할 만 하였다. 船 위에 設置한 磁氣羅盤으로 구한 觀望方位와 비인콘情報에 의한 方位 사이에는 最大 5°의 差異를 보였으나, 觀望方位의 2°變化分은 비인콘情報로 充分히 識別할 수 있어

서, 이 마이크로方位의 誤差는 2°以內이며, 視覺方位와의 差는 船體磁氣에 依한 磁氣컴파스의 誤差로 推定되었다.

또 送信機로부터 2mile以內에서는 主비일의 左右 約 50°의 位置에 사이드 로오브(side lobe)에 依한 弱한 信號가 受信되었으나 그 受信距離가 짧기 때문에 實用上에는 지장이 無은 것으로 思料된다.

最大探知距離를 測定한 結果 音聲信號를 完全히 判독할 수 있는 것은 15~18마일이었으며(이것은 受信안테나의 높이 3m를 考慮한 마이크로波水平과 거의 一致함), 12마일의 位置에서 受信안테나와 受信器 사이에 5~7 dB의 減衰기(分電器)를 挿入하여도 充分히 受信可能함을 確認하였다. 이것은 現在의 最大探知距離가 地球灣曲에 依한 차폐에 起因한 것이며 送信出力에는 充分한 여유가 있음을 意味하고 있다.

式(2)의 電波傳播의 方程式으로부터 推算하면 送信機의 海面上높이만 增加시키면 現在의 送信出力 및 受信感度로도 24마일까지는 利用可能함을 알 수 있다.

$$P_r = \frac{P_t \cdot G \cdot A_r}{4\pi R^2} \dots\dots\dots (2)$$

- P<sub>r</sub>: 受信電力
- P<sub>t</sub>: 送信電力
- G: 送信안테나의 利得
- R: 送受信器間的 距離
- A<sub>r</sub>: 受信안테나의 實効面積

## 6. 結 論

韓國沿岸의 小型船用に 適合한 電波航法方式의 하나로 日本의 토오킹마이크론을 改良한 마이크로波 方位測定方式을 提案하고, 陸上局用 送信器 및 船舶用 受信器를 試作하여 性能試驗을 하였다. 이 방식의 利用範圍의 增大을 위한 出力의 增加方案의 하나로 펄스反復週期變調方式을 提案하고 그 實用性을 立證하였는데, 이러한 變調方式을 通信에 適用한 成果는 앞으로 다른 分野에도 有益하게 利用되리라 믿는다. 또 이러한 變調方式의 採擇으로 現在 日本토오킹마이크론에서 實用되고 있는 펄스 幅變調方式에 比하여 約 16倍의 尖頭出力의 增加를 얻을 수 있음을 立證하였다.

이 變調方式을 利用한 送信出力 35kw, 周波數 9,370KHz의 送信機 및 生産單價 5萬원 內外의 小型受信器를 製作하는 過程에 隨伴되는 各種問題를 解決하고, 海上實驗結果 滿足할 만한 結果를 얻었다. 비록 測定計器의 不備와 實驗環境 및 期日의 制約으로, 利用範圍에 있어 當初의 目標值인 40마일을 實驗的으로 立證하지 못하였으나, 其他의 分野에서는 目標值 또는 그 以上의 成果를 達成하였으나 以內에서 이러한 方式을 獨自的으로 生産하여 設置할 수 있음을 實證하였다.

앞으로의 研究課題인 受信안테나의 改良, 受信感度の 增加를 위하여 Superheterodyne方式을 採擇하는 경우의 投資効率問題 및 本方式을 多數 設置하였을 때의 局間的 干涉의 抑制方法 등을 解決해결하고자 한다.

參 考 文 獻

1. 清野活, 最近의 電波航法 Electronics p.1(1974.9역)
2. 鄭世謨, 電波航海 pp.3~30. 韓國海洋大學 海事圖書出版部(1966)
3. 無線工學 編纂委員會, 無線工學 Hand book pp.11~13, Ohm社(1964)

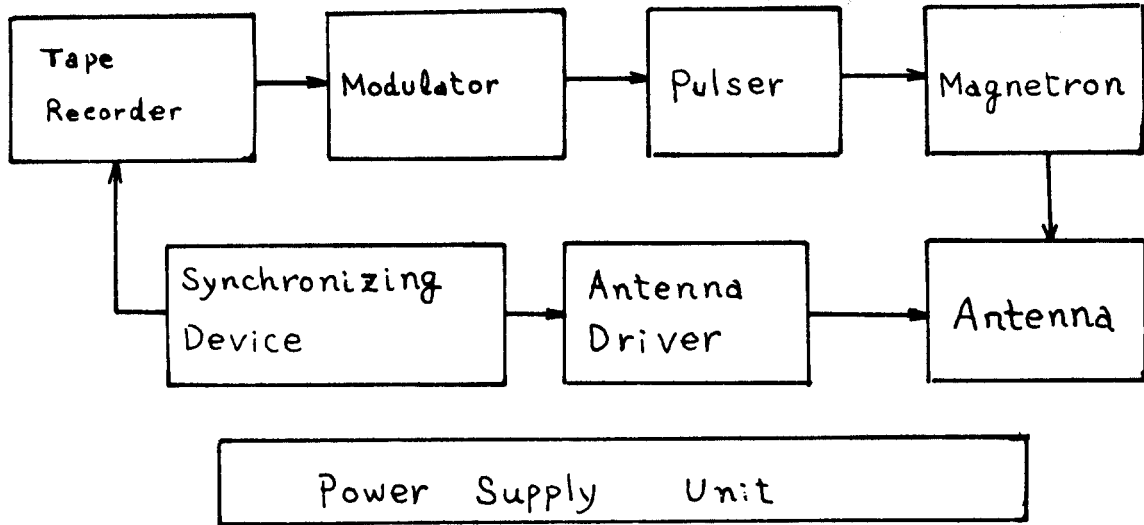


그림 1. 陸上局 送信機의 블록線圖

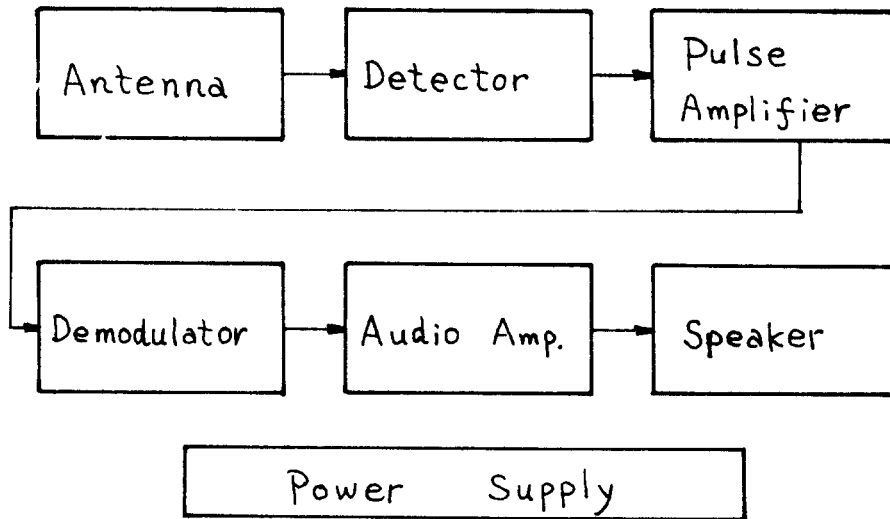


그림 2. 船舶用 受信器의 블록線圖

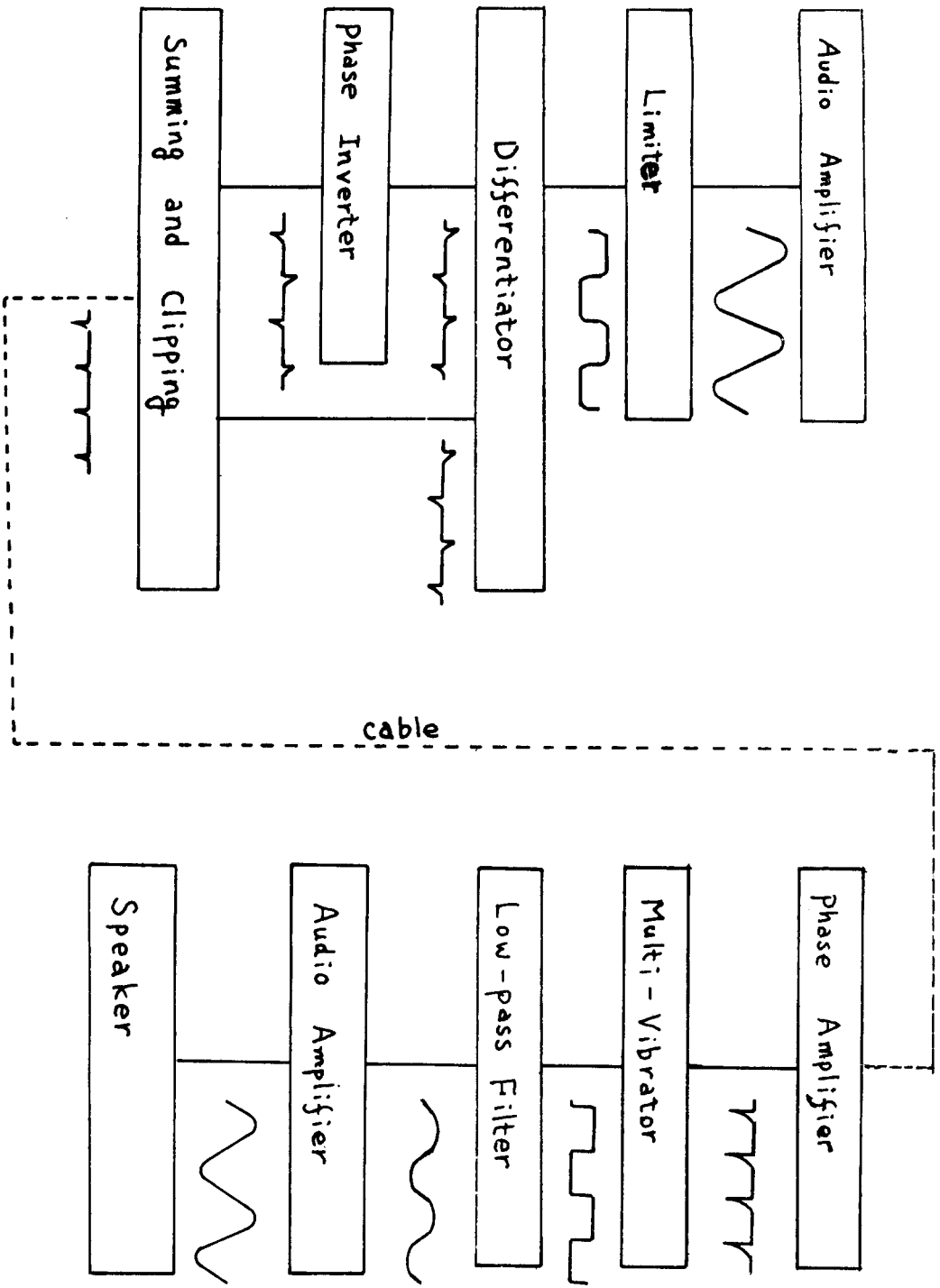


그림 3. 펄스反復週期交調의 基礎實驗回路的 블록 線圖

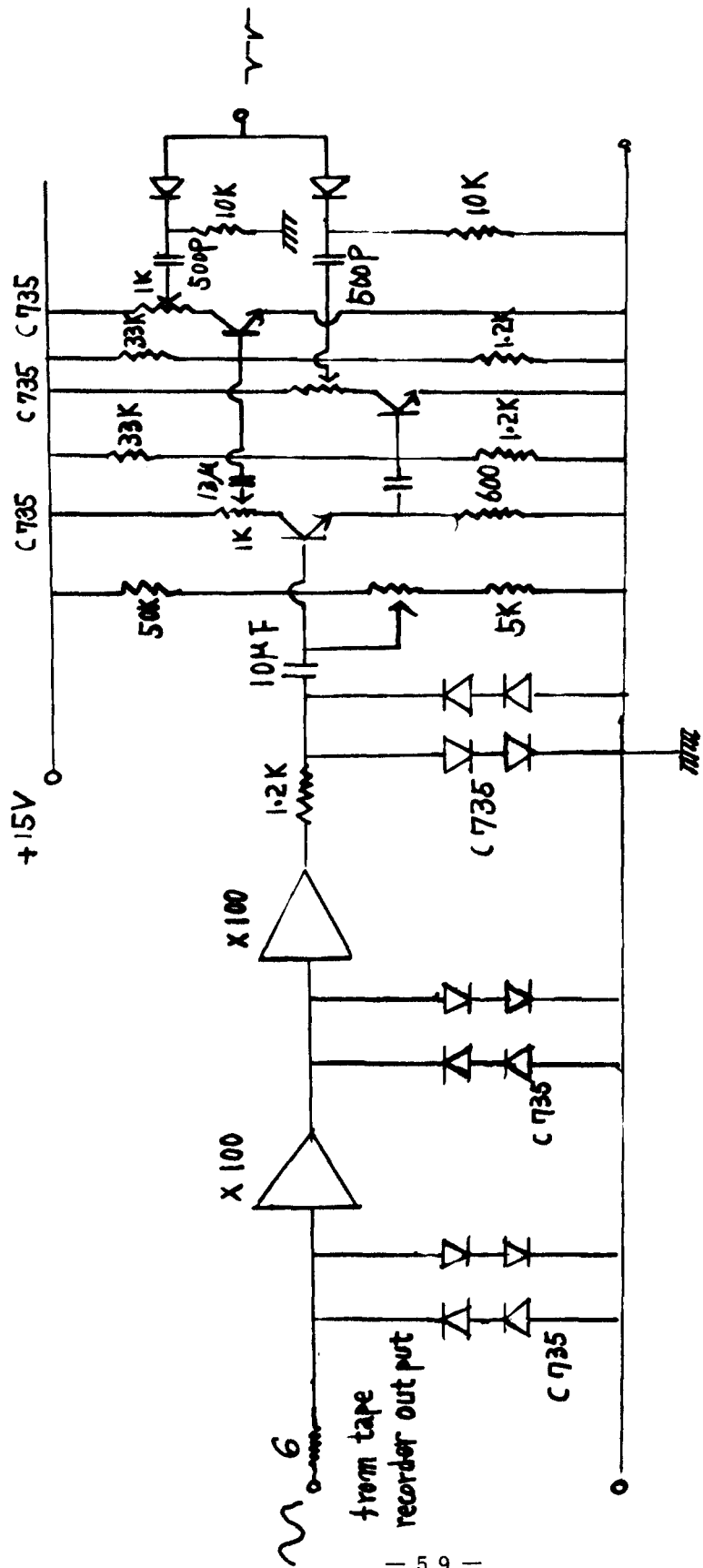


그림 4. 펄스週期變調方式의 變調部 回路

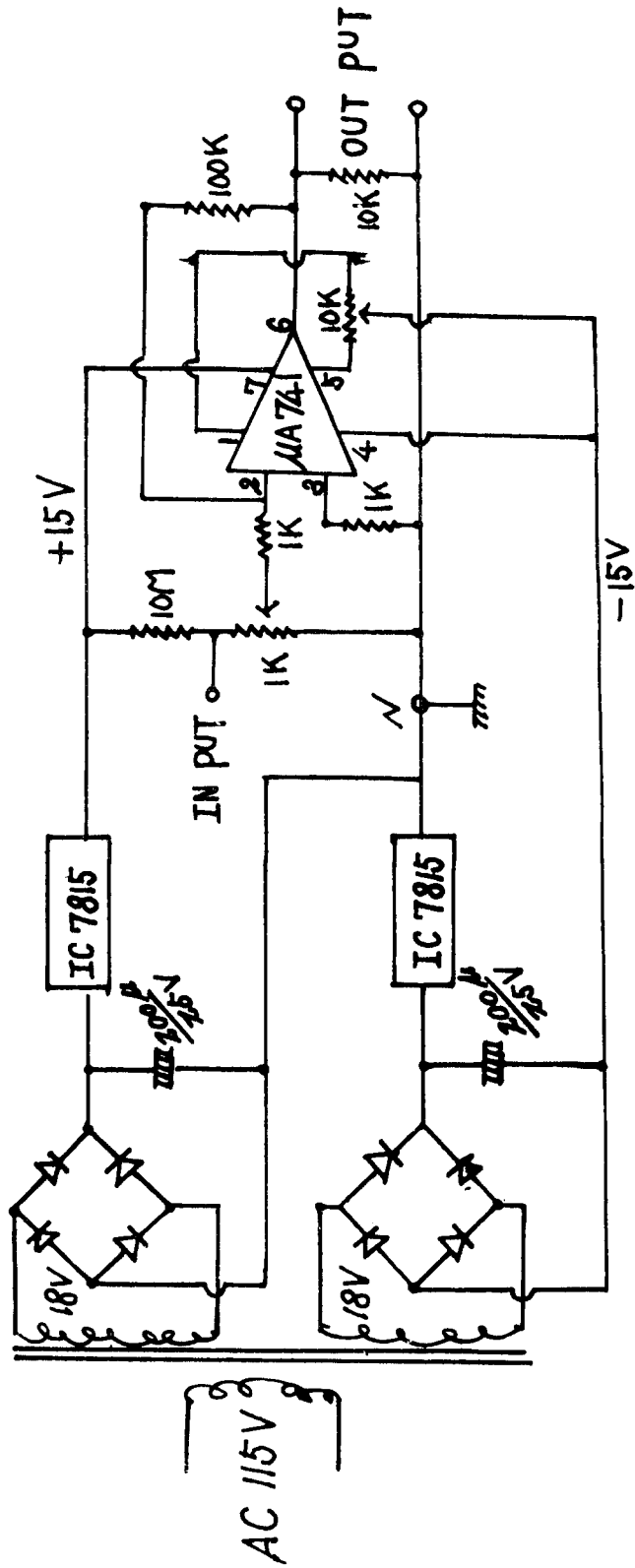


그림 5. IC 741 을 사용한 Operational Amplifier

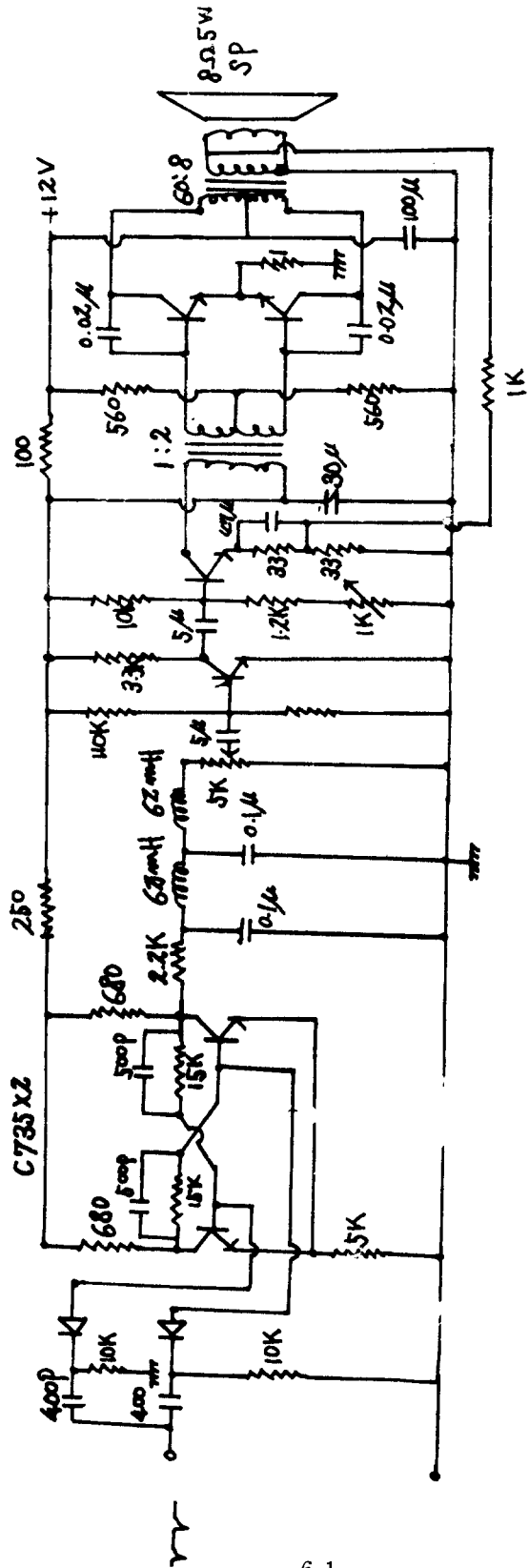


그림 6. 基礎實驗에 사용한 復調部 回路圖

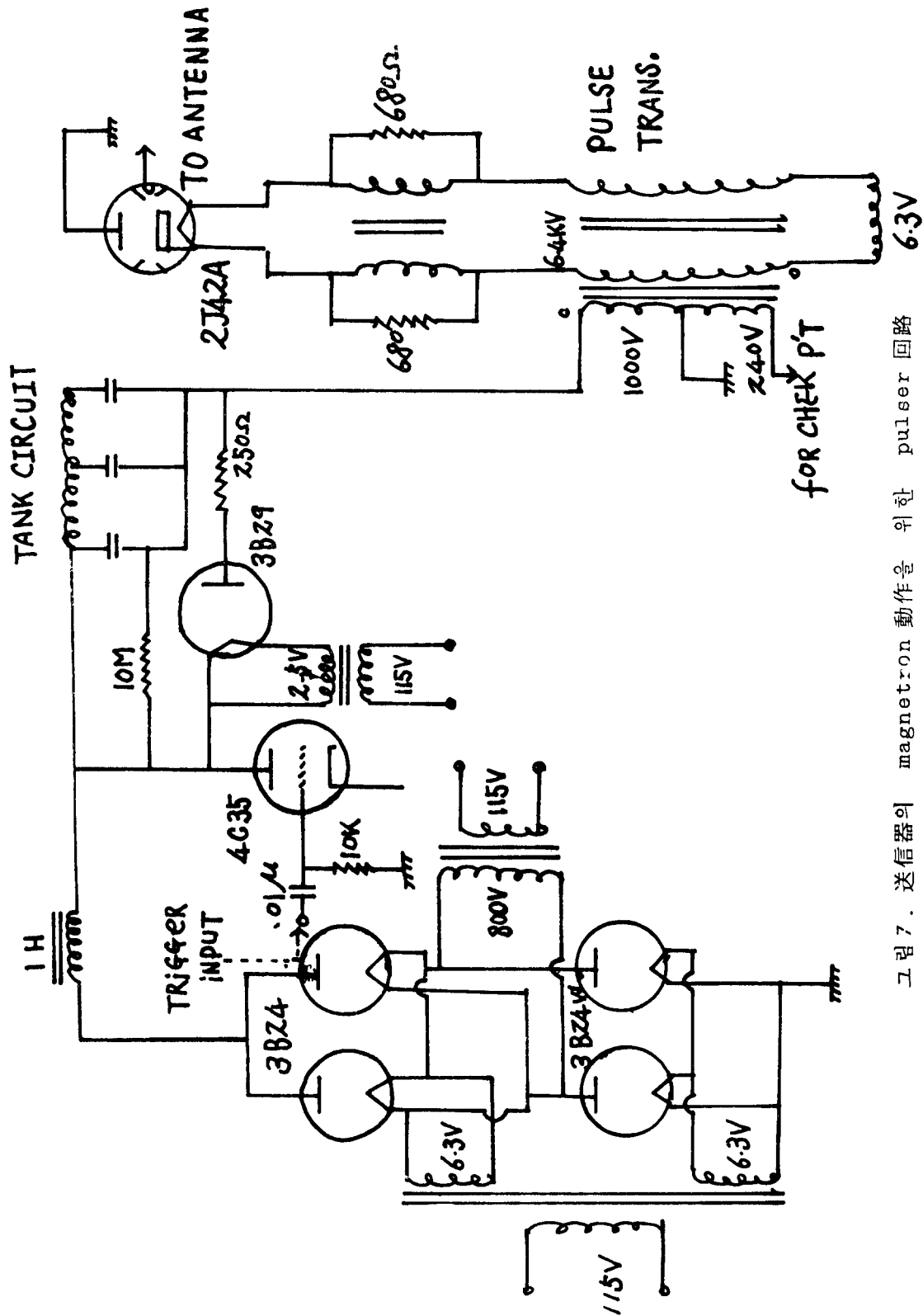


그림 7. 送信器의 magnetron 動作을 위한 pulser 回路



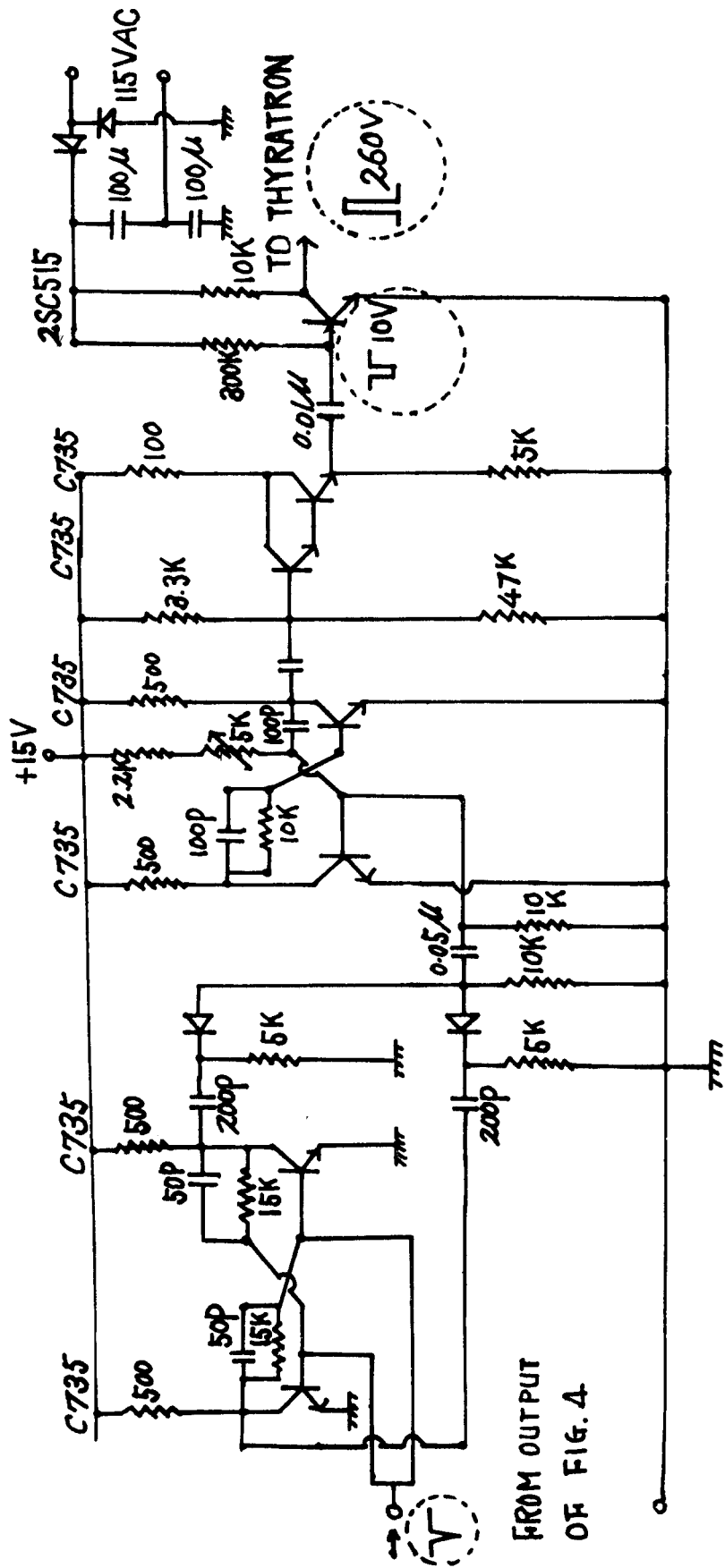


그림 8. pulser 를 위한 trigger 回路

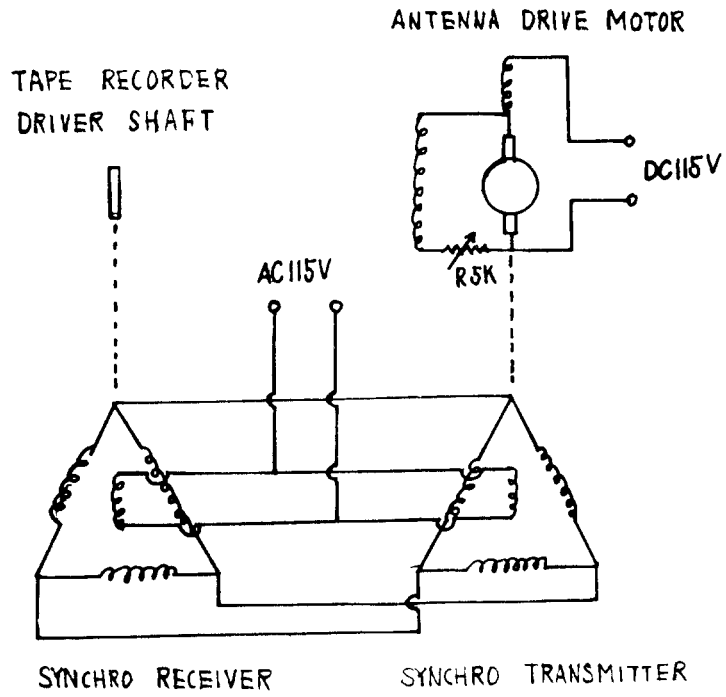


그림 9. 안테나의 녹음기의 同期回路

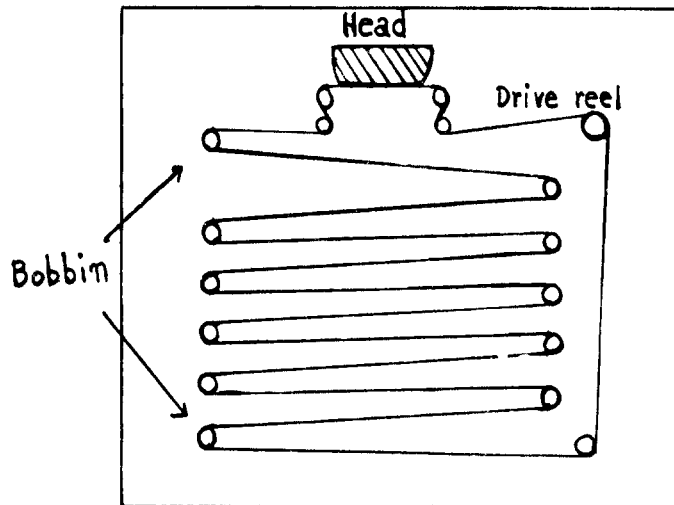


그림 10. 無限軌道로 된 錄音器

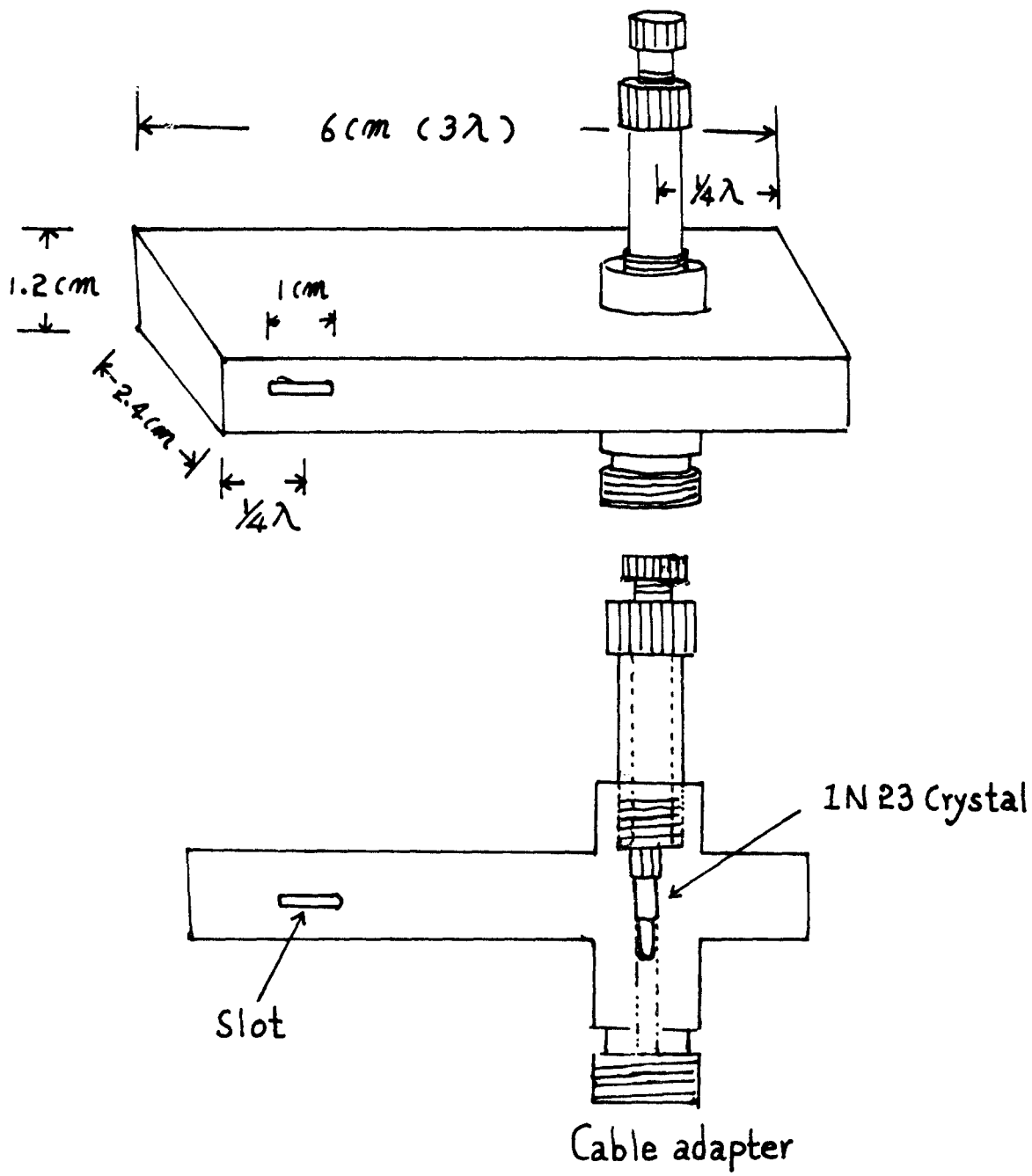


그림 11. 受信用 슬롯트 안테나

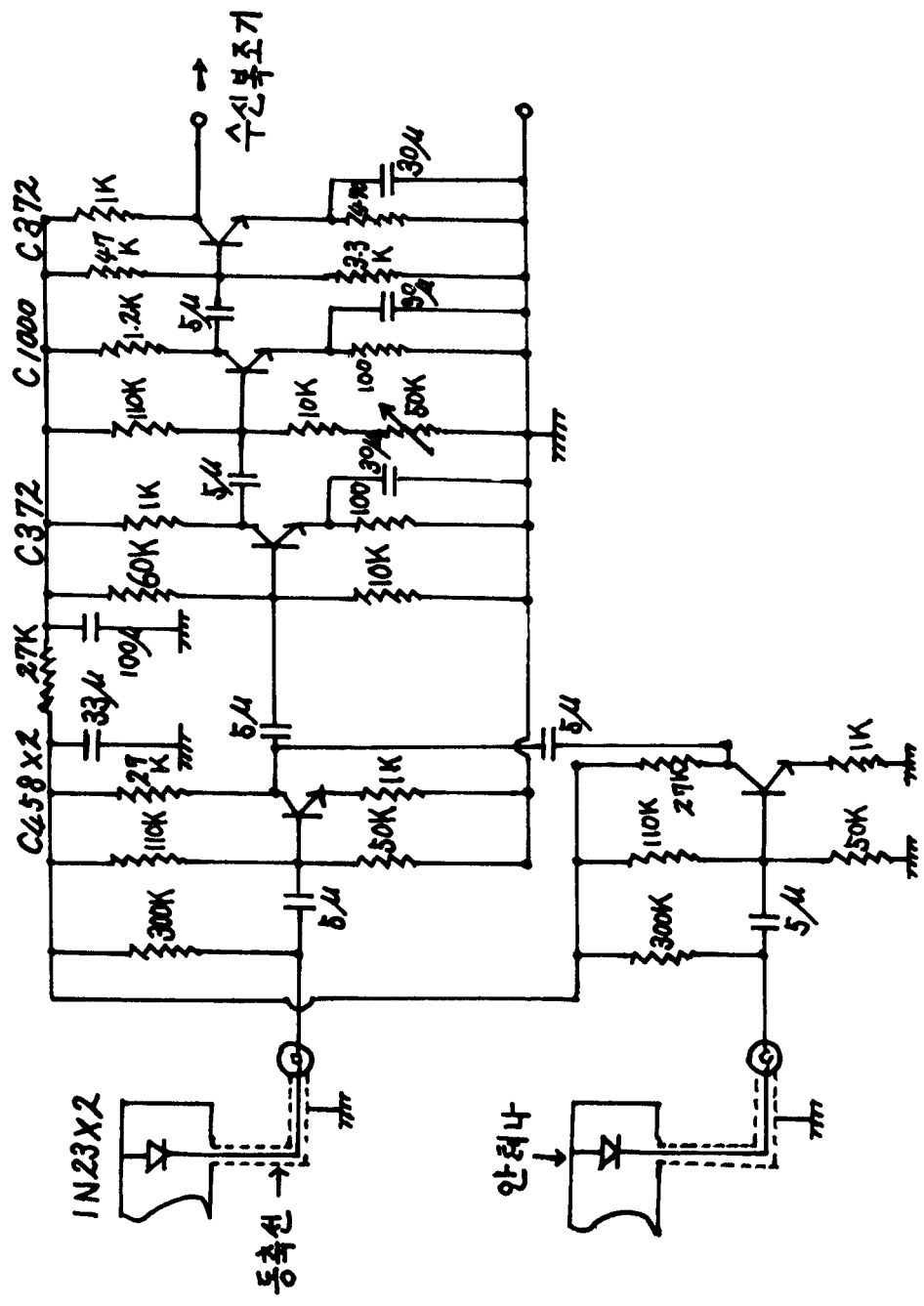
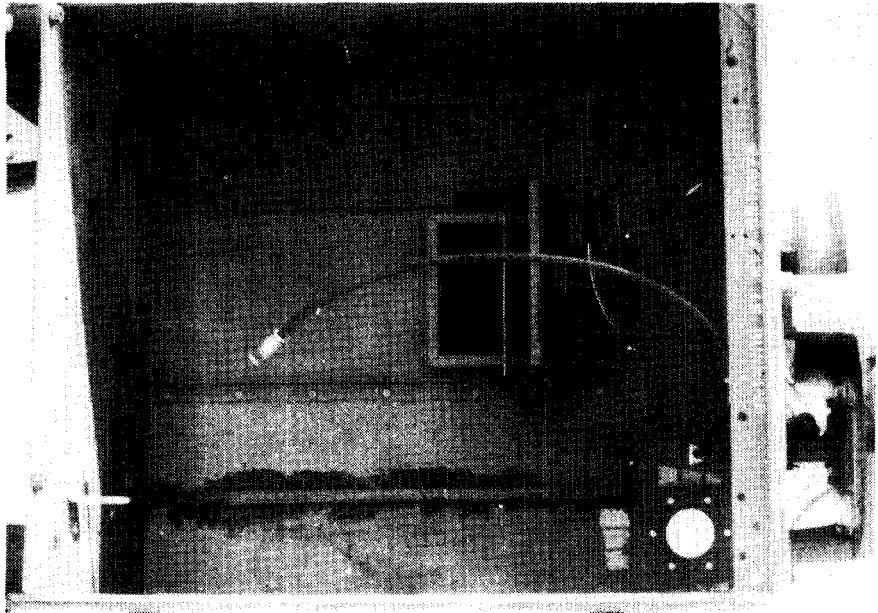
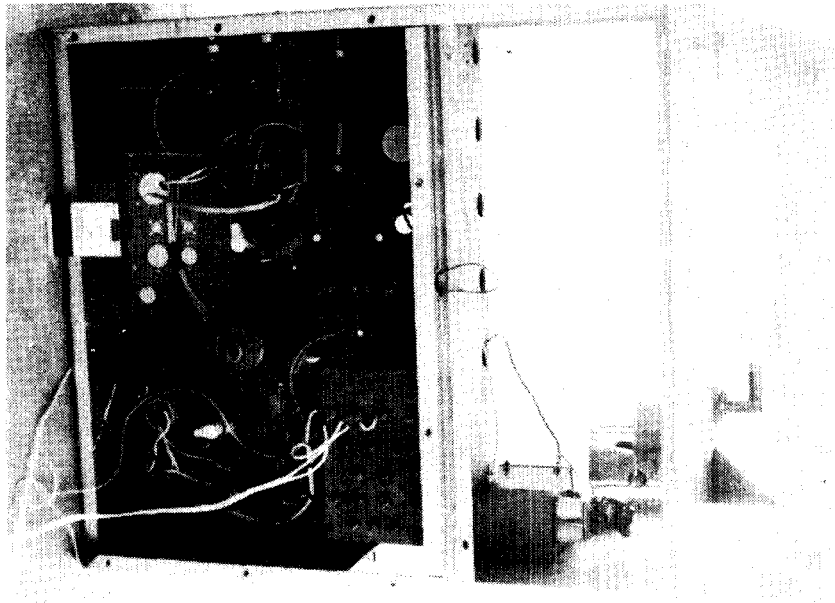


그림 12. 受信器의 受信增幅部 回路

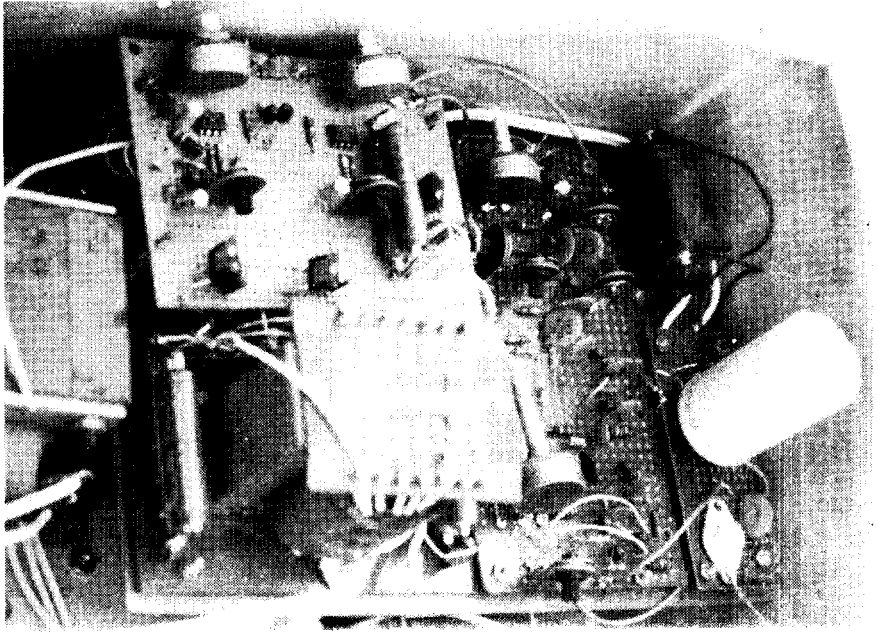


(a) 組立한 陸上局 送信器

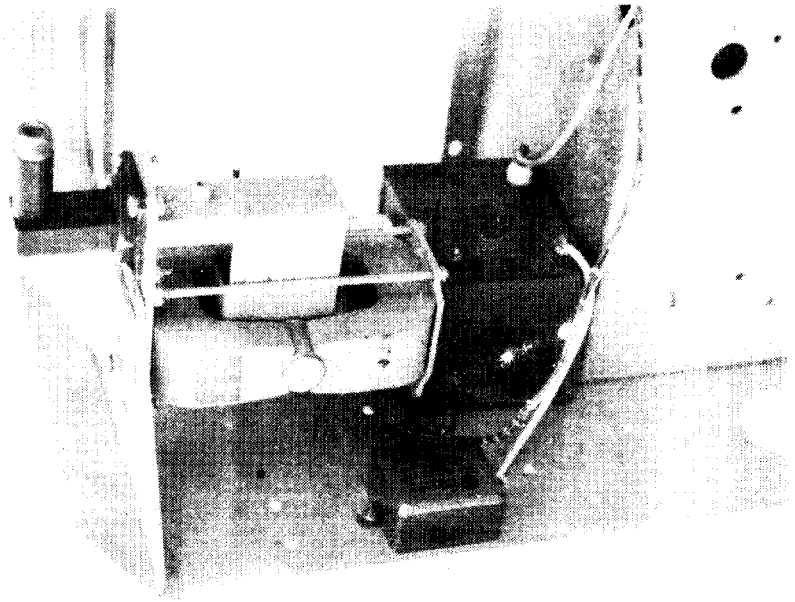


(b) 送信器 格納用 外箱과  
마코레트론 冷却用 fan

그림 13. 送信器



(a) 変調部 및 Trigger部



(b) 마크네트론

그림 14. 變調部, Trigger部 및 마크네트론부의 組立圖

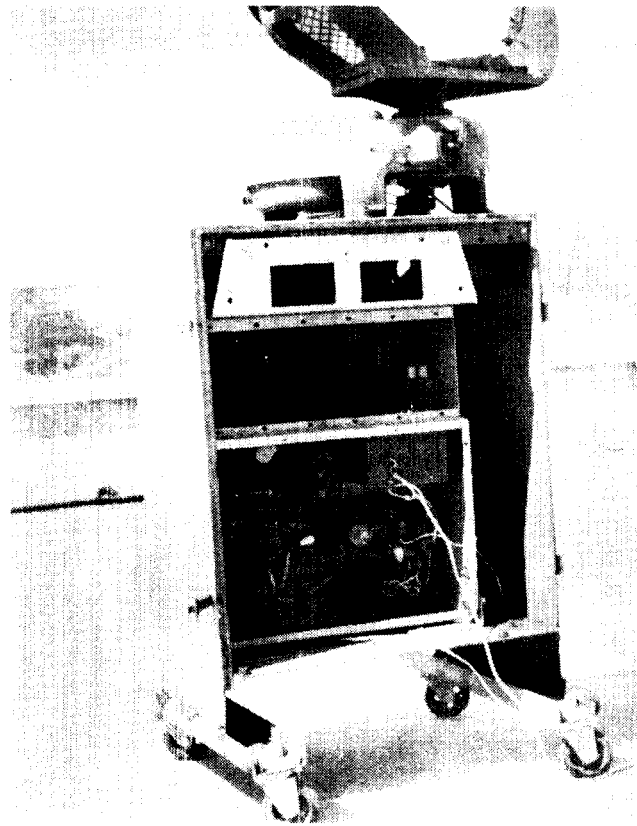
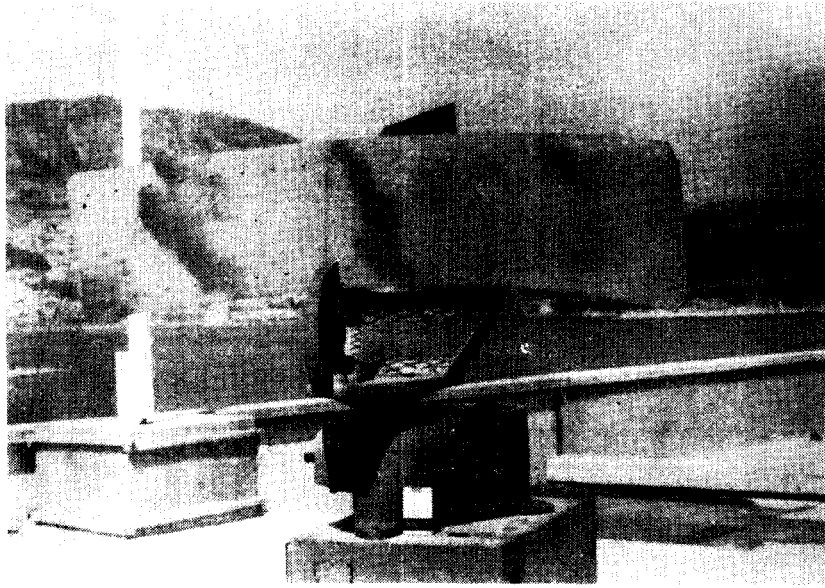


그림 15. 送信器의 안테나와 艀시에 부착된 送信器

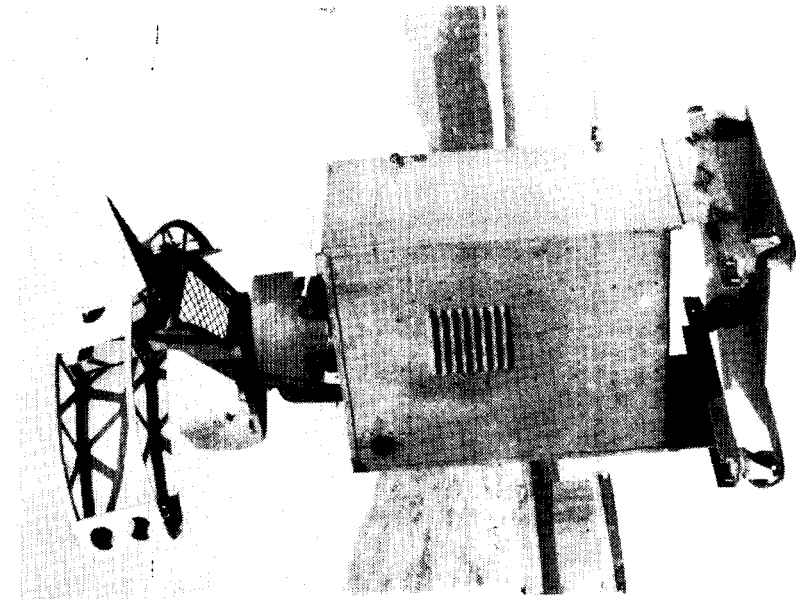
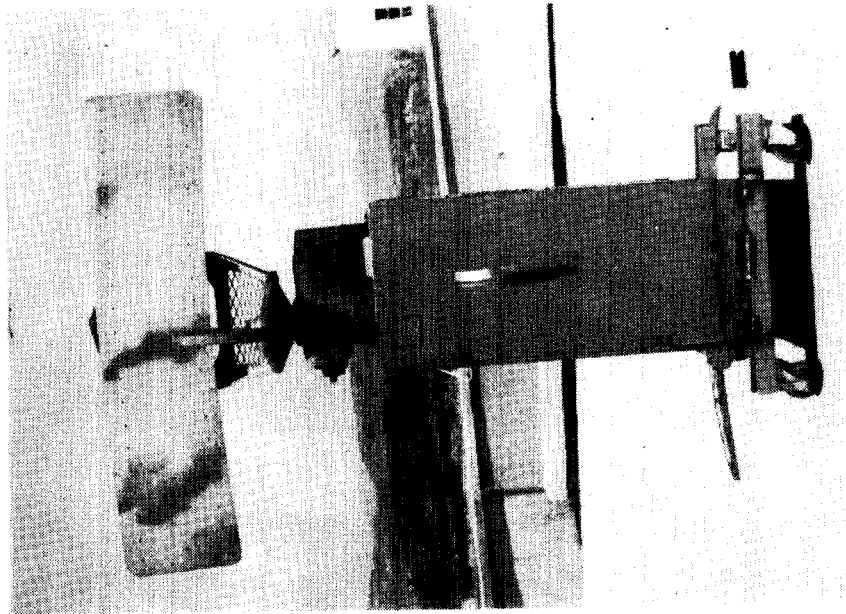
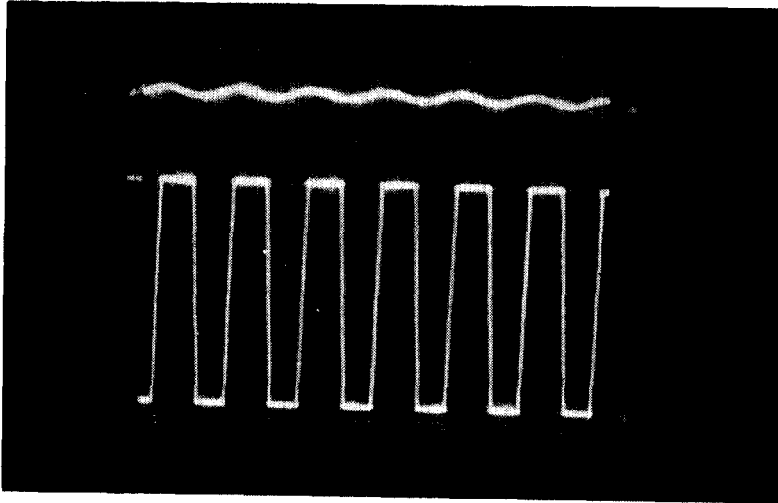


그림 16. 送信器의 完成圖

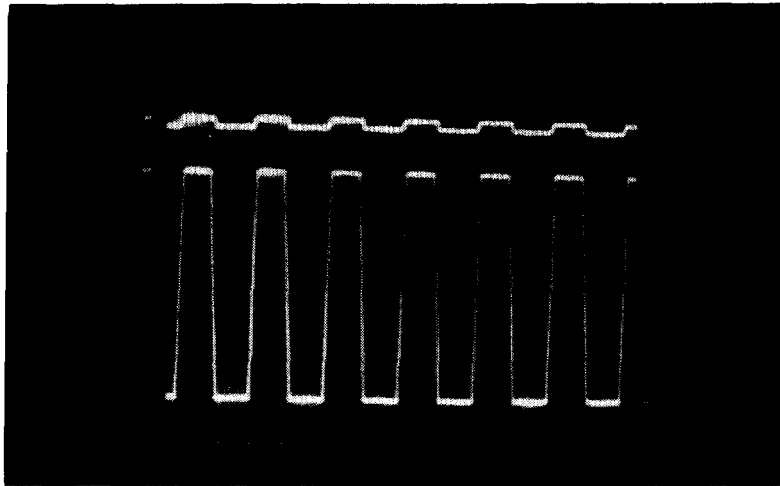


그림 17. 送信器 各部 波形



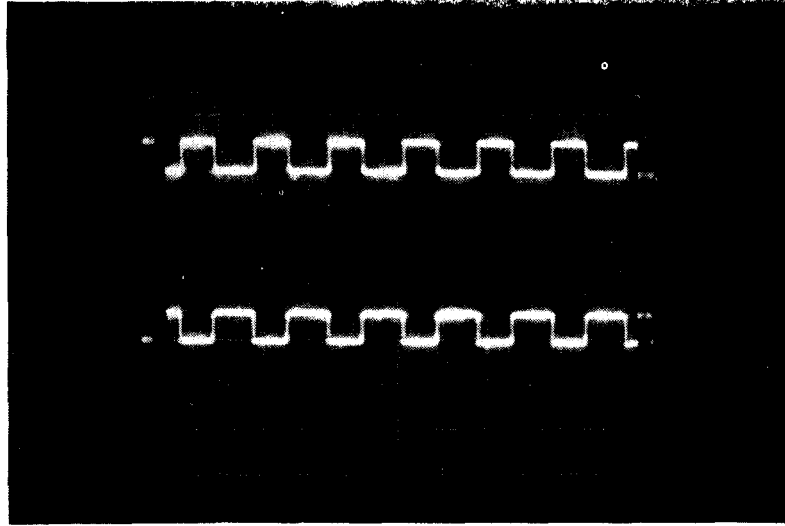
세로 5 V/눈금, 가로 0.2 ms/눈금

(a) 變調部の 音声信号入力(上)과 第1端 OP Amp 출력(下)



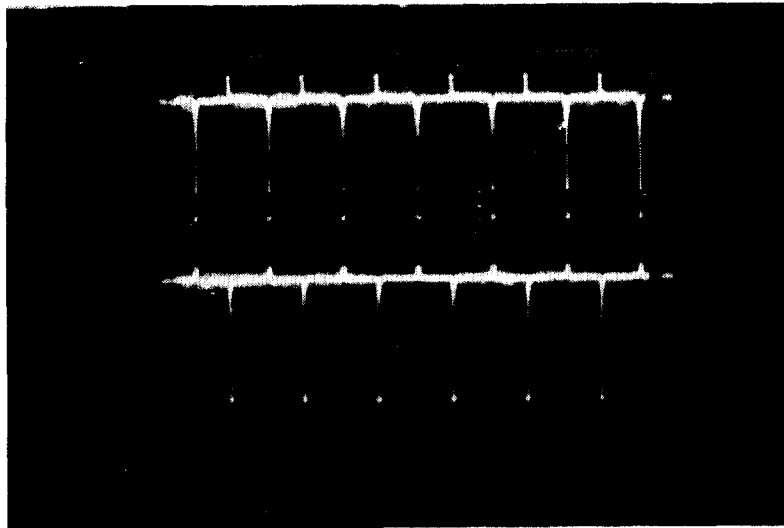
세로 5 V/눈금, 가로 0.2 ms/눈금

(b) 變調部 第2端 OP Amp의 入力(上)과 出力(下)



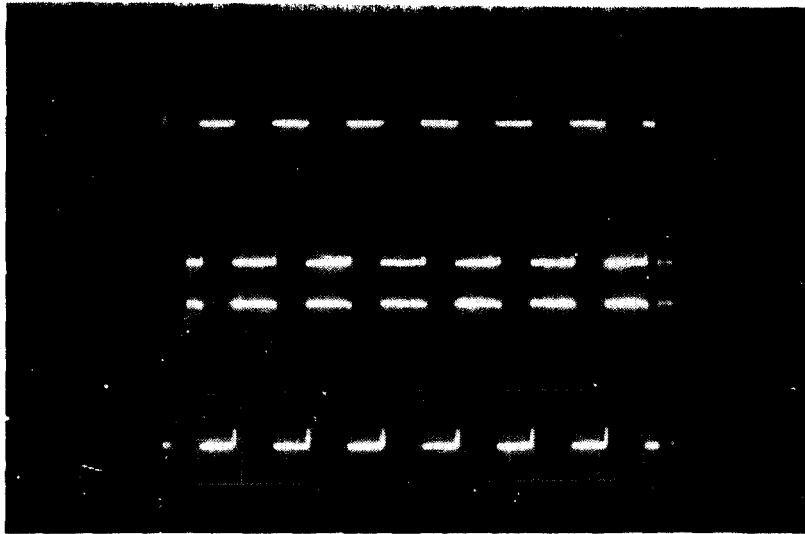
세로 5 V/눈금, 가로 2 ms/눈금

(c) 변調部 位相反轉器의 輸 出力



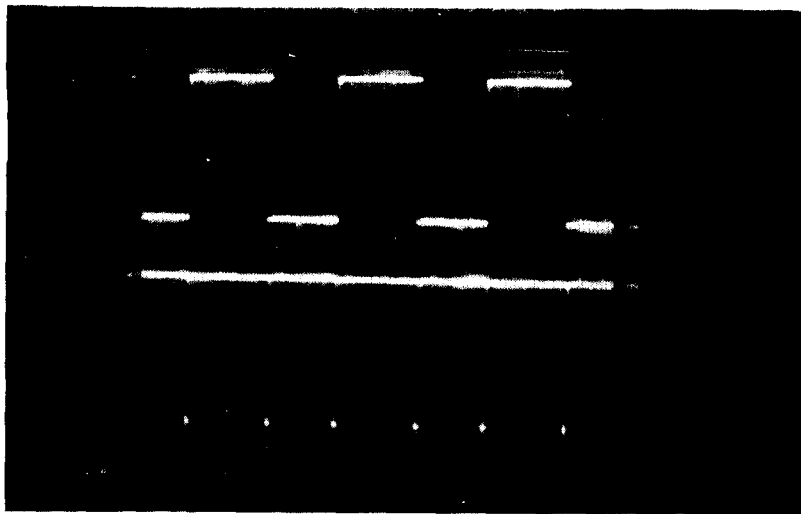
세로 5 V/눈금, 가로 2 ms/눈금

(d) 그림(c)의 微分出力



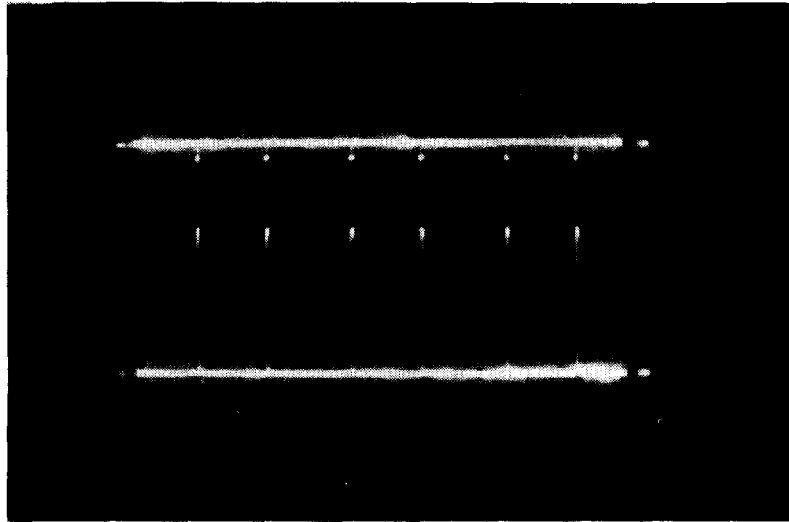
세로 5V/눈금, 가로 0.2ms/눈금

(e) 변調部 兩方向安定 Multi-vibrator의 두 出力



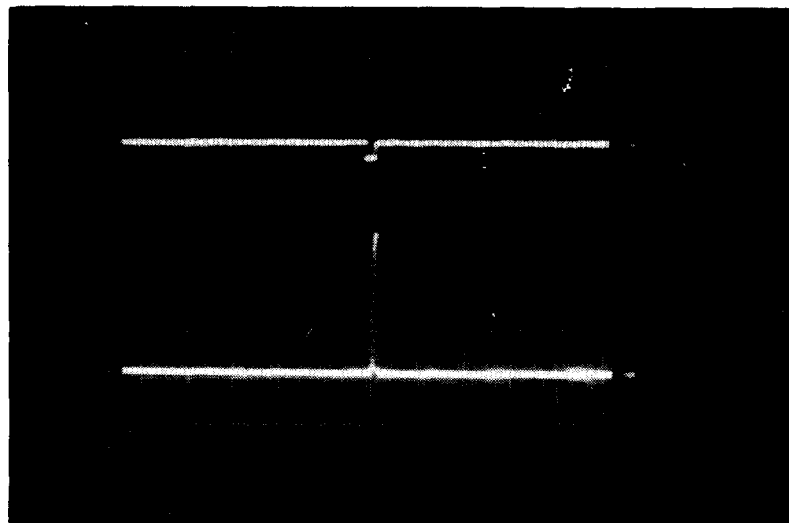
세로 5V/눈금, 가로 0.1ms/눈금

(f) 그림(e)의 가로눈금을 擴大한 사진(f)과 그 微分出力



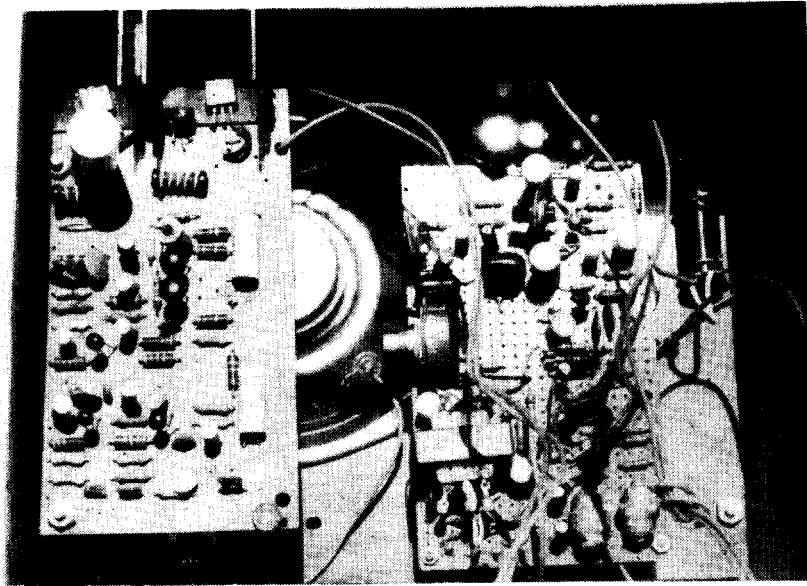
세로 50 cm/눈금, 가로 0.1 ms/눈금

(g) pulser 部 Thyratron Trigger 用 증폭기의 入力(上)과 出力(下)

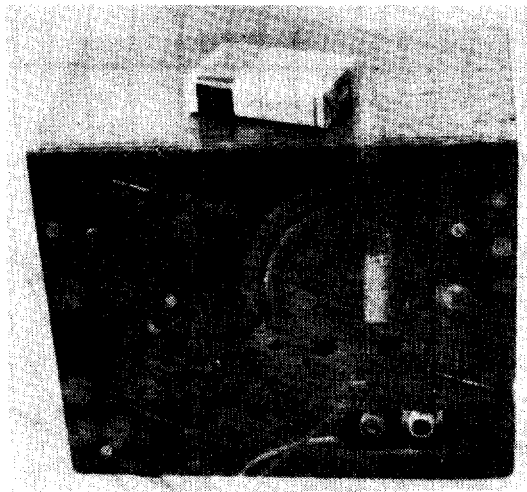


세로 50 V/눈금, 가로 10  $\mu$ s/눈금

(h) pulser 部の 펄스트랜스의 入力(1/50 로 分压)과 出力(1/40 로 分压)



(a) 뒷뚜껑을 열었을 때의 배선상태



(b) 앞면

그림 18. 船舶用 受信器의 完成圖

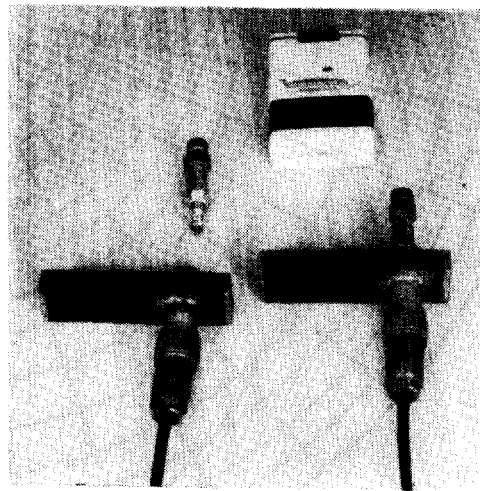


그림 19. 完盛된 受信用 안테나

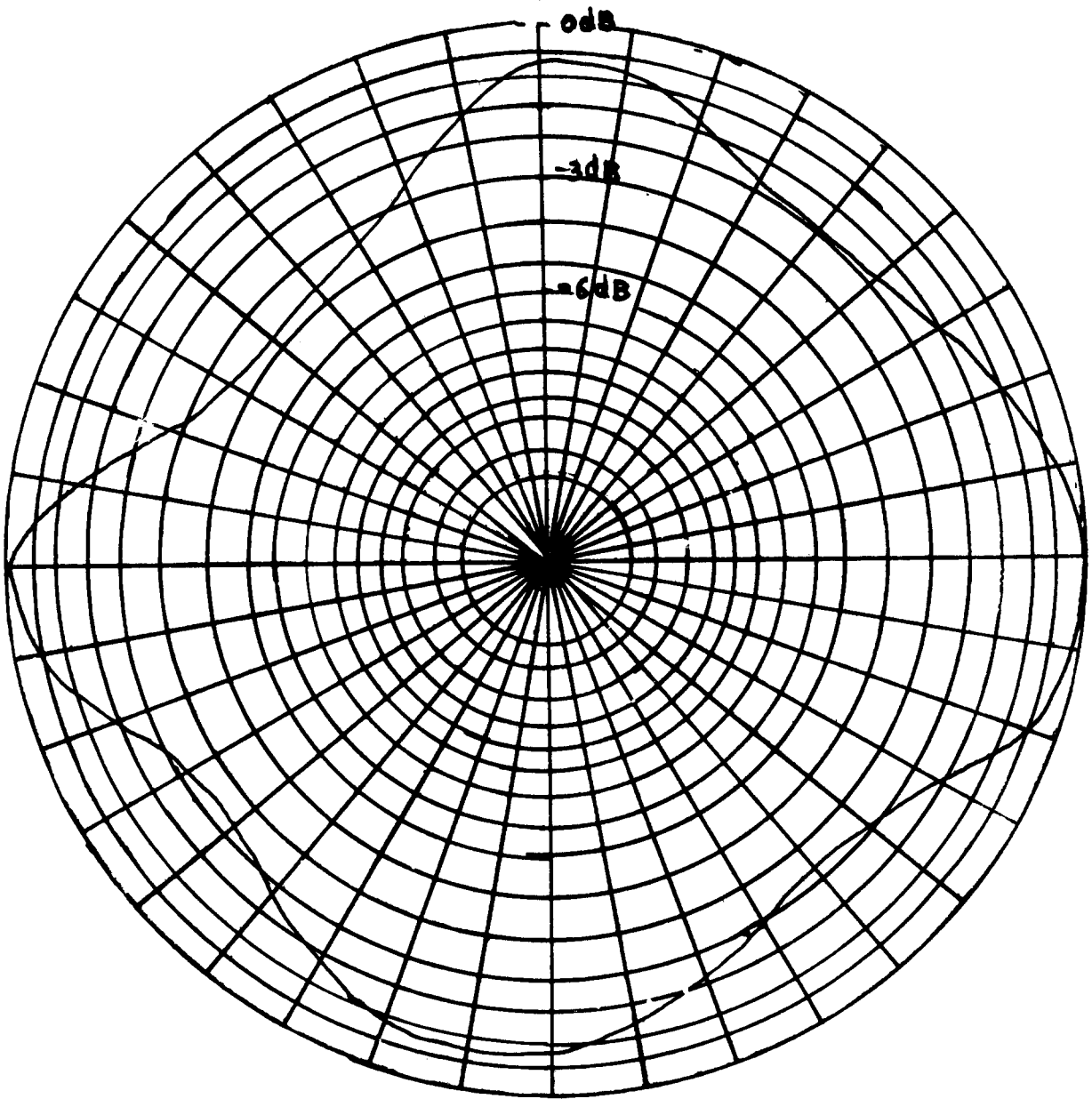
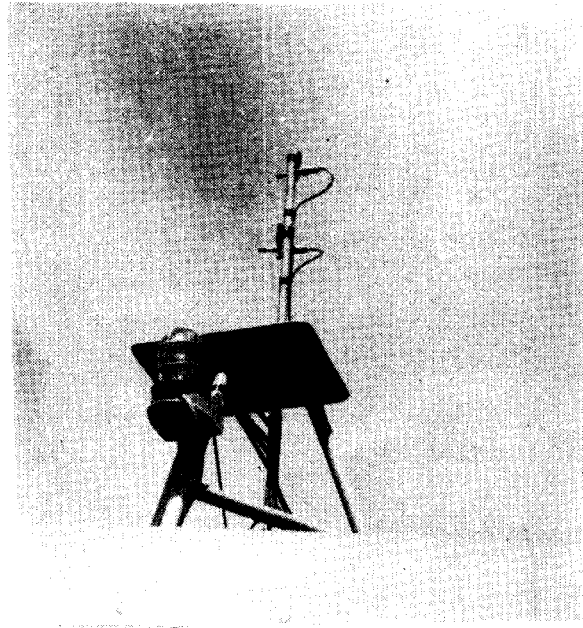


그림 20. 受信器 안테나의 水平指向性



(a) 동백호의 마스트에 설치한 수신안테나



(b) 동백호 (20G/T)의 운전실에 설치한 수신기

그림 21. 受信器의 設置圖