

## 6 . 표 준 전 파 발 사 시 설 연 구



## 목 차

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1. 서 론 .....                | 193 |
| 2. 표준전 파 .....              | 194 |
| 2.1 방사형식과 그의 확도 .....       | 194 |
| 2.2 전파특성과 수신정도 ( 精度 ) ..... | 199 |
| 3. 표준전 파에 의한 교정 .....       | 210 |
| 3.1 시각의 교정 .....            | 210 |
| 3.2 주파수의 교정 .....           | 216 |
| 4. 미국의 표준전 파방송시설 .....      | 210 |
| 4.1 개 설 .....               | 210 |
| 4.2 설치장소 .....              | 211 |
| 4.3 건물설계 .....              | 211 |
| 4.4 회선설계 .....              | 211 |
| 5. 일본의 표준전 파방송시설 .....      | 218 |
| 5.1 주파수 표준장치 .....          | 218 |
| 5.2 시각신호발생장치 .....          | 218 |
| 6. VLF전 파의 위 상비 교 결 과 ..... | 229 |
| 6.1 장파표준전 파의 의의 .....       | 229 |
| 6.2 장파의 특징과 장파표준전파 .....    | 230 |
| 6.3 VLF전파의 위 상비 교 결 과 ..... | 231 |
| 7. 참 고 문 헌 .....            | 233 |

통신기정 오 주 한

통신기좌 김 신 호

전송기사 김 준

전송기원 최 중 복

## 1. 서 본

주파수란 주기적 현상이 1초간에 반복되는 횟수로써, 이것을 헬츠 (Hertz)로 표시할수 있을뿐 아니라 이 치는 또한 시간의 단위를 초(秒)로 정의함에 따라 결정될수 있으며, 초는 지구의 공전 주기를 근거로 해서 역(歷)표시로 나타낼수 있다. 그러나 이것을 천문관측에 의해서 결정하는 경우에 그의 정도(精度)는 원자 주파수 표준기에 비교한다면 아주 낮으므로 주파수와 시간의 표준으로서 원자표준기의 실용을 희망하는 사람이 국제적으로 급격히 증가하기에 이르렀다.

그래서 1964년 제12차 국제도량형총회에서 세슘(cesium)원자표준기가 잠정적으로 채용되었으며, 이어서 1967년 제13차 국제도량형총회에서 정식으로 결정되어 주파수와 시간의 정의가 원자표준기에 의해서 결정되어야 한다는 사항이 승인되었다. 한편 우리나라에서도 계량법이 개정되어 「주파수」에 대한 정의가 확립되었으며, 세슘 원기의 확보유지를 위한 계획이 진행되고 있다.

이러한 역사적 배경에 따라서 선진국은 국제무선통신자문위원회(CCIR)의 권고에 따라 세계협정시(UTC: coordinated universal time)라 하는 시계(時系)를 방송하고 있다. 이 UTC는 원자표준기로 유지되고 있기 때문에 극히 높은 시계(時系)인데, 그의 시보신호(時報信號)가 세계시 UT2(태양에 대한 지구의 자전각으로 결정된 평균태양시로서, 극의 이동, 계절변화등 주기적변동이 제거된 평준화된 時系이나 불규칙적인 변동이 있다)와 너무 다르므로 송신주파수를 표준치로부터 고의로 일정량만큼 변화시키고 있다. 이것을 주파수의 offset라 하는데, 매년 국제시보국(BIH: 프랑스 파리 소재)이 그해의 offset치를 결정하고 있다. 이

치는 상술한 바와 같이 지구의 자전속도의 불규칙적인 변동에 따라 변하는데, 1966년 이후는  $300 \times 10^{-10}$  정도이다. 이 offset에 대하여는 초의 정의에 의한 주파수와 시간의 송신을 희망하는 측과 천문관측, 항행용 시각을 중요시하는 측간에 진지하게 논의되었으나 그후 원만한 타협이 이루어져 1970년 CCIR총회에서 표준전파의 주파수 offset를 1972년 1월 1일 오전 9시 0분(한국표준시) 이후 폐지하고, 시보신호와 세계시 UT<sub>1</sub>(평균태양시로서 극의 이동으로 인한 영향을 제거한 것)의 차를 통보하고 이것을 0.7초 이내로 유지하도록 필요에 따라서 특정 일시에 1초의 step을 조정하도록 결정하였다.

그런데 이상과 같이 새로운 UTC방식에서, 시각은 평균태양시에 가깝게 되어 있으나 실질적으로는 독립한 시계(原子時)로서 그의 정확성이라든가 일정성 등에 대하여는 원자표준 자신의 특성때문이라 할 수 있다.

한편 우리나라는 한국의 표준시(KST)를 결정하는 기관(국립천문대)이 1974년 9월 13일에 발족하였으나 아직 시간결정을 위한 시설도 입관계로 독자적인 시계(時系) 확립이 당분간 어려운 것으로 사료된다.

## 2. 표준전파

### 2.1 발사형식과 그의 확도

#### 2.1.1 발사형식

미국의 표준전파는 상공성 산하 기관인 NBS(National Bureau of standards : 국립표준국)에서 주관하고 있으며, 일본은 우정성 산하인 전파연구소에서, 그리고 영국은 NPL(national physical

laboratory)에서 각국 관장하고 있으며, 이와같은 전파의 제원 및 발사방법은 CCIR의 권고범위내에서 각국마다 다소 상이하나 우리나라에서는 현재 일본의 표준전파인 JJY를 주로 수신, 이용하고 있기 때문에 이에 관해서 설명하고자 한다. 일본국의 표준전파 및 발사방법등은 표 1 및 그림 1에 표시한바와 같다. 이 표에서 알 수있는 바와같이 단파 8MHz는 매시 34분 및 59분부터 1분간의 인지신호 송출중을 제외하고는 1KHZ로 연속 번조되며, 1시간중 정파시간이 없으나 야간은 발사를 중지한다. 장파 40KHZ에서는 59초를 건너 뛰고, 다음에 오는 초신호로써 분을 표시하고 있는데, 59초를 건너뛰지 않을때는 정확한 초신호라고 볼 수 없다. 1973년 1월 하순경부터 매주 1일(월요일)만은 야간송신을 하고 있다.

표 1. 표준주파수국 및 표준주파수용 실험국의 제원

| 적 요         |  | 업 무 국              | 실 험 국              |            |
|-------------|--|--------------------|--------------------|------------|
| 국 부 호       |  | J J Y              | J G 2 A E          | J G 2 A S  |
| 소 재 지       |  | 東京小金井              | 東京小金井              | 千葉検見川      |
| 위 도         |  | 35° 42' N          | 35° 42' N          | 35° 38' N  |
| 경 도         |  | 139° 31' E         | 139° 31' E         | 140° 04' E |
| 공 중 선 전 력   |  | 2 kw               | 0.5 kw             | 1 kw       |
| 1주간일수       |  | 7                  | 7                  | 6 (주 1)    |
| 발사시간        |  |                    |                    |            |
| 1일자의시간      |  | 24                 | 14 (주 2)           | 8 (주 3)    |
| 표 준 반 송 파   |  | 2.5, 5, 10, 15 MHz | 8 MHz              | 40 KHZ     |
| 주 파 주 변 조 파 |  | 600, 1000, 1600 HZ | 600, 1000, 1600 HZ | 없 음        |

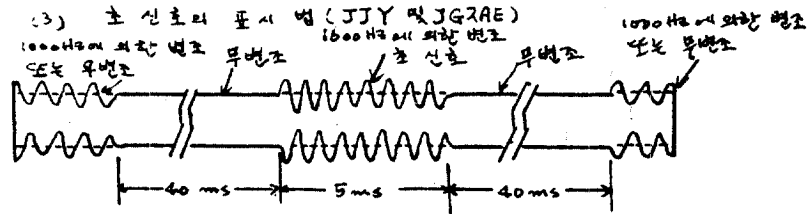
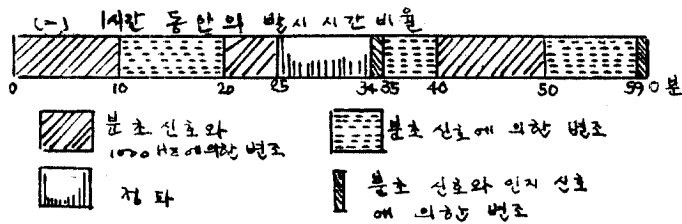
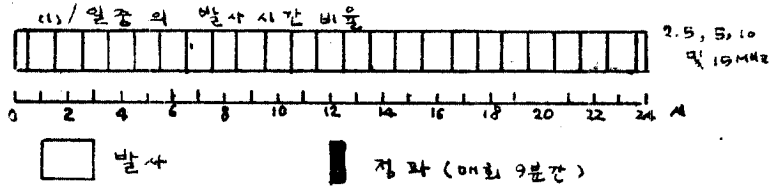
| 적 요                        | 업 무 국                   | 실 험 국                   |                         |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 초신 호 발 사 시 간               | 항 시                     | 항 시                     | 항 시                     |
| 저 주 파 표 준 에<br>의 한 변 조 시 간 | 60 분 중 25 분             | 30 분 중 29 분             | 없 음                     |
| 주 파 수 와 시 간<br>간 격 의 정 도   | $\pm 5 \times 10^{-11}$ | $\pm 5 \times 10^{-11}$ | $\pm 1 \times 10^{-11}$ |
| 초신 호 의 형 식                 | 1600HZ 중 8 HZ           | 1600HZ 중 8HZ            | 0.5초의 Mark              |

주 1. 일요일을 제외 함

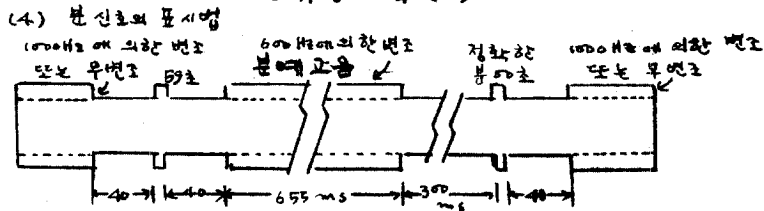
주 2. 05 시 59 분부터 19 시 59 분까지 ( J.S.T)

주 3. 08 시 30 분부터 17 시 00 분까지 ( J.S.T)





### 정확한 시각 (초)



(5) 인지신호 (JJY 및 JGZAE)

- 국부호 (JJY)
- 시각부호 (중앙분포시)
- 국부호 (JJY)
- 중앙분포시
- 전파정보부호

Morse code 2회  
" " 4회 (4자)

음성 그래픽  
음성 (JJY) 1회 (24시제)  
Morse code 5회

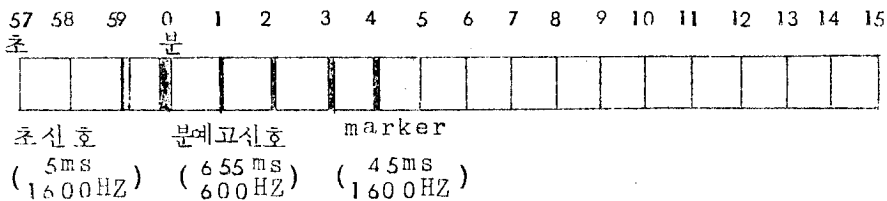
(N: 양장 상태 U: 불안정 이 이상 될 때 W: 이상 현상 있을 때)

그림 1(a) 발사 형식

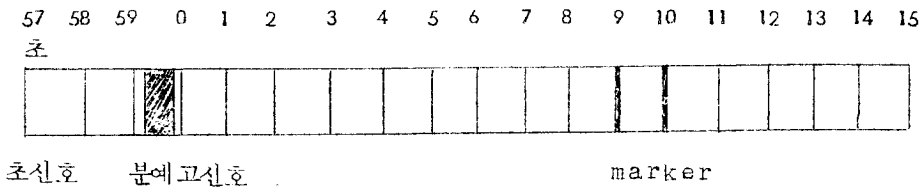
(6) DUT<sub>1</sub> 신호의 표시법

지구자전시 (UT<sub>1</sub>)로부터 표준시를 빼치 (0.1초의 단위로 표시)를 DUT<sub>1</sub>으로 하고, 매분 code에 의하여 표시하고 있다. DUT<sub>1</sub>의 크기와 그의 부호(정 또는 부)는 다음 예와 같이 특별한 초신호 (1600HZ, 45ms의 폭)의 수와, 그들이 분신호 직후에 삽입되는가 어떤가에 따라서 표시된다.

(예 1) DUT<sub>1</sub> + 0.4 초의 경우 (방송된 표준시를 0.4 초 앞서게 하면 UT<sub>1</sub>으로 된다)



(예 2) DUT<sub>1</sub> - 0.2 초의 경우 (방송된 표준시를 0.2 초로 늦게 하면 UT<sub>1</sub>으로 된다.)



(7) 시작조정

방송되는 표준시와 지구자전시 (UT<sub>1</sub>)와의 차를 통상 0.7 초 이내로 유지하기 위하여, 1월 1일 또는 7월 1일 9시 0분 (JST) 직전에 1초의 step조정을 행하고 있다.

그림 1(b) 발 사 형 식

### 2.1.3 외국의 표준전파

단파대의 표준전파로서 넓은 보호 주파수대와 함께 국제적으로 인정되고 있는 것은 5 MHz 계열 ( 2.5, 5, 10, 15 및 25MHz ) 이 있는데, 지역이나 시간대에 의해서 이들 각국의 표준전파가 상호간섭을 일으키고 있다. 따라서 각국의 주관청들은 이와같이 유해한 혼신을 최소로 줄이기 위하여 서로 혼신조정을 하고 있으며, 또 경우에 따라서는 번조를 행하지 않고 반송파만을 송출하고 있는 국도 있다. 외국의 표준전파발사국명 및 동 발사 schedule을 표시하면 다음 표와 같다.

### 2.2 전파특성과 수신정도 ( 稍度 )

상술한 바와 같이 높은 확도의 표준도 실제로 표준전파를 수신해서 이용하는 경우에는 전파 ( 伝播 ) 에 의한 영향을 받으므로 이용할 수 있는 정도는 열화된다. 따라서 이들의 특성, 특히 전리층전파 ( 電離層伝播 ) 에 대하여 충분히 고려할 필요가 있다.

#### 2.2.1 단파의 전파

단파는 거의 E층 또는 F층반사에 의해서 전파된다. 그림 2는 전리층에 수직으로 입사하는 전파의 주파수와 그것이 반사했을때의 높이 ( h' ) 와의 관계를 표시한 대표적인 예이다. 실제의 수신전파는 사입사 ( 斜入射 ) 한 것이므로, 더욱 낮은 수직입사 주파수에 대응하는 반사높이 h'에서 반사한다 수신하는 표준전파의 주파수 f와 송수신점의 지표거리 D를 parameter로 해서 h'과 수직입사주파수 f과의 관계는 다음 식과 같이 된다.

$$f = \frac{f}{\sqrt{1 + (D/2h')^2}} \dots\dots\dots (1)$$

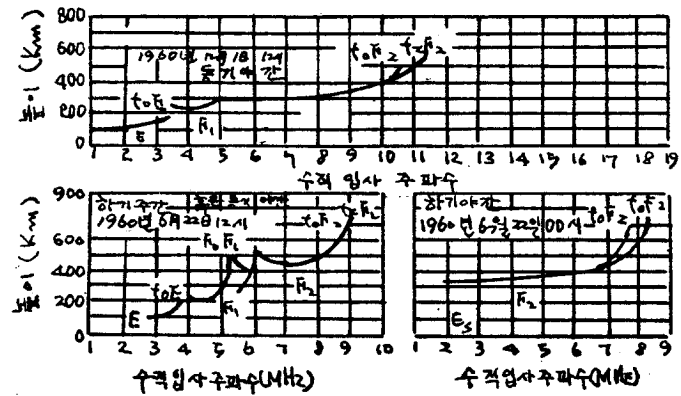


그림 2 전형적인  $h' - f$  곡선의 예

이것을 그림으로 표시한 것을 전송곡선이라 하며 그의 일예를 그림 3에 표시하였다.

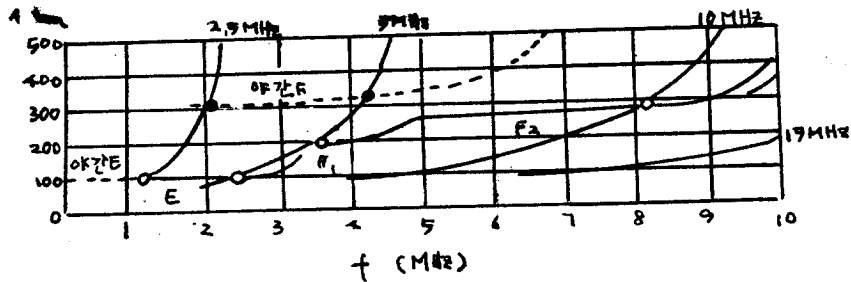


그림 3 . 전송곡선 ( $D=400 \text{ km}$ ) 의 예

Table AII-4. Time - Signals Emitted in the UTC System

| Station                 | Location<br>Latitude<br>Longitude                       | Frequency<br>(kHz)                                       | Schedule (UT)  | Form of the Time Signals  |
|-------------------------|---|--|--|---|
| BSF                     | Taiwan<br>Rep. of China                                 | 5000   | Between min 00-05,<br>10-15, 20-25, 30-35,<br>40-45, 50-55 from<br>0100-0900   | Second pulses of 5 ms duration,<br>Minute marker is pulse of 300 ms<br>duration. During 29th and 59th<br>min., Morse code and Chinese<br>voice announcement of time.<br>Second markers for DUT1 are<br>pulses of 100 ms.                        |
| CHU                     | Ottawa<br>Canada<br>+45°18'<br>+75°45'                  | 3330<br>7335<br>14670                                    | continuous   | Second pulses of 300 cycles of a<br>1 kHz modulation. Minute pulses<br>are 0.5 s long. A bilingual (Fr.-<br>Eng.) announcement of time is<br>made each minute.<br>DUT1: CCIR code by split pulses   |
| DAM                     | Elmshorn<br>Germany, F.R.<br>+53°46'<br>- 9°40'         | 8638.5<br>16980.4<br>4625<br>8638.5<br>6475.5<br>12763.5 | 11 h 55 m to 12 h 6m<br><br>23 h 55 m to 24 h 6 m<br>from 21 Sept. to 20 March<br>23 h 55 m to 24 h 6 m<br>from 21 March to 20 Sept. | New international system, then<br>Second pulses from minutes 0.5 to<br>6.0 (Minute pulses prolonged).<br>A1 type.<br>DUT1: CCIR code by doubling<br>after Minute pulses 1 to 5  |
| DAN                     | Osterloog<br>Germany, F.R.<br>+53°38'<br>- 7°12'        | 2614   | 11 h 55 m to 12 h 6 m<br>23 h 55 m to 24 h 6 m   | As DAM (see above)  |
| DAO                     | Kiel<br>Germany, F.R.<br>+54°26'<br>-10° 8'             | 2775   | 11 h 55 m to 12 h 6 m<br>23 h 55 m to 24 h 6 m   | As DAM (see above)  |
| DCF77                   | Mainflingen<br>German, F.R.<br>+50° 1'<br>- 9° 0'       | 77.5   | continuous, except<br>second Tuesday of every<br>month from 4 h to 8 h   | The Second marks are reduction<br>to 1/4 of the carrier's amplitude<br>of 0.1 s duration; the reference<br>point is the beginning of the pulse<br>modulation. The second 59<br>marker is omitted.<br>DUT1: CCIR code by lengthening<br>to 0.2 s |
| DGI                     | Oranienburg<br>Germ. Dem. Rep.<br>+52°48'<br>-13°24'    | 185  | 5 h 59 m 30 s to 6 h 00 m<br>11 h 59 m 30 s to 12 h 00 m<br>17 h 59 m 30 s to 18 h 00 m  | A2 type Second pulses of 0.1 s<br>duration for seconds 30-40, 45-50,<br>55-60. The last pulse is<br>prolonged.  |
| DIZ                     | Nauen<br>Germ. Dem. Rep.<br>+52°39'<br>-12°55'          | 4525   | continuous except from<br>8 h 15 m to 9 h 45 m for<br>maintenance if necessary   | A1 type Second pulses of 0.1 s<br>duration. Minute pulses prolonged<br>to 0.5 s. Hour pulses marked by<br>prolonged pulses for seconds 58,<br>59, 60.<br>DUT1: CCIR code by double<br>pulse.  |
| FFH                     | Chevannes<br>France<br>+48°32'<br>- 2°27'               | 2500   | continuous from 8 h to 16 h<br>25 except Saturday and<br>Sunday  | Second pulses of 5 cycles of<br>1 kHz modulation. Minute<br>pulses prolonged to 0.5 s.<br>DUT1: CCIR code by<br>lengthening to 0.1 s.   |
| FTA91                   | Saint-André-de-<br>Cory<br>France<br>+45°55'<br>- 4°55' | 91.15  | at 8 h, 9 h, 9 h 30 m, 13 h,<br>20 h, 21 h, 22 h 30 m.   | A1 type Second pulses during the<br>5 minutes preceding the indicated<br>times. Minute pulses are<br>prolonged.<br>DUT1: in Morse code.   |
| FTH42<br>FTK77<br>FTN87 | Pontoise<br>France<br>+40° 4'<br>- 2° 7'                | 7428<br>10775<br>13873                                   | at 9 h and 21 h<br>at 8 h and 20 h<br>at 9 h 30 m, 13 h, 22 h, 30 m.   | A1 type Second pulses during the<br>5 minutes preceding the indicated<br>times. Minute pulses are<br>prolonged.<br>DUT1: in Morse code.   |

Table AII-4. Time - Signals Emitted in the UTC System (Continued)

| Station       | Location<br>Latitude<br>Longitude                         | Frequency<br>(kHz)             | Schedule (UT)   | Form of the Time Signals   |
|---------------|---|--------------------------------|---|--|
| GBR           | Rugby<br>United Kingdom<br>+52°22'<br>+ 1°11'             | 16                             | at 3 h, 9 h, 15 h, 21 h   | A1 type Second pulses during the 5 minutes preceding the indicated times.<br>DUT1: CCIR code by double pulse   |
| HBG           | Prangins<br>Switzerland<br>+46°24'<br>- 6°15'             | 75                             | Continuous  | Interruption of the carrier at the beginning of each second, during 100 ms. The minutes are identified by a double pulse, the hours by a triple pulse. No transmission of DUT1.  |
| IAM           | Rome<br>Italy<br>+41°52'<br>-12°27'                       | 5000                           | 10 m every 15 m from 7 h 30 m to 8 h 30 m and from 13 h to 14 h except Saturday afternoon and Sunday<br>Advanced by 1-hour in summer. | Second pulses of 5 cycles of 1 kHz modulation. Minute pulses of 20 cycles (Announcements and 1 kHz modulation, 5 m before the emission of time signals).   |
| IBF           | Torino<br>Italy<br>+45° 2'<br>- 7°42'                     | 5000                           | During 15 m preceding 7 h, 9 h, 10 h, 11 h, 12 h, 13 h, 14h, 15 h, 16 h, 17 h, 18 h.<br>Advanced by 1-hour in summer.                 | Second pules of 5 cycles of 1 kHz modulation. These pulses are repeated 7 times at the minute. Voice announcement at the beginning and end of each emission.<br>DUT1: CCIR code by double pulse.   |
| JG2AE         | Koganei<br>Japan<br>+35°42'<br>-139°31'                   | 8000                           | from 20 h 59 m to 10 h 59 m.  | Second pulses of 1600 Hz modulation. Minute pulses are preceded by a 600 Hz modulation.<br>DUT1: CCIR code by lengthening  |
| JG2AS         | Chiba<br>Japan<br>+ 35°38'<br>-140° 4'                    | 40                             | from 23 h 30 m to 8 h (exc. sunday) and from 8 h to 23 h 30 on Monday. Interruptions during communications.                           | A1 type Second pulses of 0.5 sec. duration. Second 59 is omitted. No DUT1 code.  |
| JJY           | Koganei<br>Japan<br>+ 35°42'<br>-139°31'                  | 2500<br>5000<br>10000<br>15000 | continuous, except interruptions between minutes 25 and 34.   | Second pulses of 8 cycles of 1600 Hz modulation. Minute pulses are preceded by a 600 Hz modulation.<br>DUT1: CCIR code by lengthening  |
| LOL1          | Buenos-Aires<br>Argentina<br>-34°37'<br>+58°21'           | 5000<br>10000<br>10000         | 11 h to 12 h, 14 h to 15 h, 17 h to 18 h, 20 h to 21 h<br>23 h to 24 h  | Second pulses of 5 cycles of 1000 Hz modulation. Second 59 is omitted. Announcement of hours and minutes every 5 minutes, followed by 3 m of 1000 Hz and 440 Hz modulation.<br>DUT1: CCIR code by lengthening  |
| LOL2<br>LOL3  | Buenos-Aires<br>Argentina<br>-34°37'<br>+58°21'           | 8030<br>17180                  | 1 h, 13 h, 21 h   | A1 Second pulses during the 5 minutes preceding the indicated times. Minute pulses are prolonged.<br>DUT1: CCIR code by lengthening  |
| LQB9<br>LQC20 | Planta Gral<br>Pacheco<br>Argentina<br>-34°26'<br>+58°37' | 8167.5<br>17551.5              | 22 h 5 m, 23 h 50 m<br>10 h 5 m, 11 h 50 m  | A1 Second pulses during the 5 minutes preceding the indicated times. Second 59 is omitted, second 60 is prolonged. After the emission, OK is transmitted if the emission is correct, NV if not correct. DUT1: CCIR code by omission of second markers. |

Table AII-4. Time - Signals Emitted in the UTC System (Continued)

| Station | Location<br>Latitude<br>Longitude             | Frequency<br>(kHz)   | Schedule (UT)   | Form of the Time Signals  |
|---------|---|--|---|---|
| MSF     | Rugby<br>United Kingdom<br>+52°22'<br>+ 1°11' | 60   | continuous except for an interruption for maintenance from 10 h 0 m to 14 h 0 m on the first Tuesday in each month. | Interruptions of the carrier of 100 ms for the Second pulses, of 500 ms for the minute pulses. The signal is given by the beginning of the interruption.<br>DUT1: CCIR code by double pulse   |
| MSF     | Rugby<br>United Kingdom<br>+52°22'<br>+ 1°11' | 2500<br>5000<br>10000  | between minutes 0 and 5, 10 and 15, 20 and 25, 30 and 35, 40 and 45, 50 and 55                                      | Second pulses of 5 cycles of 1 kHz modulation. Minute pulses are prolonged.<br>DUT1: CCIR code by double pulse  |
| NBA     | Balboa<br>USA<br>+ 9° 3'<br>+79°39'           | 24<br><br>147.85<br>5448.5<br>11080<br>17697.5                     | Every even hour except 24 h and during Monday maintenance (12 h to 18 h) 5 h, 11 h, 17 h, 23 h                      | Experimental FSK Second pulses on 24 kHz.<br><br>CW Second pulses during the 5 minutes preceding the indicated times on the American Code time format.<br>DUT1: by Morse Code, each minute between seconds 56 and 59.                         |
| NDT     | Yosami<br>Japan<br>+ 34°58'<br>-137° 1'       | 17.4   | to be determined  | To be determined.   |
| NPG     | San Francisco<br>USA<br>+ 38° 6'<br>+122°16'  | 3268<br>6428.5<br>9277.5<br>12966                                  | 6 h, 12 h, 18 h, 24 h   | CW Second pulses during 5 minutes preceding the indicated times on the American Code time format<br>DUT1: by Morse Code, each minute between seconds 56 and 59.   |
| NPM     | Honolulu<br>USA<br>+ 21°25'<br>+158° 9'       | 4525<br>9050<br>13655<br>16457.5<br>22593                          | 6 h, 12 h, 18 h, 24 h   | CW Second pulses during 5 minutes preceding the indicated times on the American Code time format<br>DUT1: by Morse Code, each minute between seconds 56 and 59.   |
| NPN     | Guam<br>USA<br>+ 13°27'<br>-144°43'           | 4955<br>8150<br>13380<br>15925<br>21760                            | 6 h, 12 h, 18 h, 24 h   | CW Second pulses during 5 minutes preceding the indicated times on the American Code time format<br>DUT1: by Morse Code, each minute between seconds 56 and 59.   |
| NSS     | Annapolis<br>USA<br>+38°59'<br>+76°27'        | 21.4<br><br>88<br>5870<br>8090<br>12135<br>16180<br>20225<br>25590 | 5 h, 11 h, 17 h, 23 h (on Tuesday 17 h the frequency 185 kHz replaces 88 kHz)<br><br>17 h, 23 h                     | Experimental FSK Second pulses on 21.4 kHz when transmissions resume.<br><br>CW Second pulses during 5 minutes preceding the indicated times on the American Code time format.<br>DUT1: by Morse Code, each minute between seconds 56 and 59. |
| NWC     | Exmouth<br>Australia<br>- 21°49'<br>-114° 9'  | 22.3   | Keyed from 28 to 30 minutes after every other even hour beginning 0 h UT  | Experimental FSK Second pulses during the indicated times on the American Code time format.<br>DUT1: by Morse Code, between seconds 56 and 58.  |

Table AII-4. Time - Signals Emitted in the UTC System (Continued)

| Station | Location<br>Latitude<br>Longitude                 | Frequency<br>(kHz)              | Schedule (UT)  | Form of the Time Signals  |
|---------|---|---------------------------------|--|---|
| OLB5    | Podebrady<br>Czechoslovakia<br>+50° 9'<br>-15° 8' | 3170                            | continuous except from 5 h to 11 h on the first Wednesday of every month   | A1 type, Second pulses<br>No transmission of DUT1   |
| OMA     | Liblice<br>Czechoslovakia<br>+50° 4'<br>-14° 53'  | 50                              | continuous except from 5 h to 11 h on the first Wednesday of every month   | Interruption of the carrier of 100 ms at the beginning of every second, of 500 ms at the beginning of every minute. The precise time is given by the beginning of the interruption. |
|         |   | 2500                            | between minutes 5 and 15, 25 and 30, 35 and 40, 50 and 60 of every hour except from 5 h to 11 h on the first Wednesday of every month                                    | Pulses of 5 cycles of 1 kHz modulation (prolonged for the minutes). The first pulse of the 5th minute is prolonged to 500 cycles. No transmission of DUT1.                          |
| PPE     | Rio de Janeiro<br>Brazil<br>-22° 54'<br>+43° 13'  | 8721                            | 0 h 30 m, 11 h 30 m, 13 h 30 m, 19 h 30 m, 20 h 30 m, 23 h 30 m  | Second ticks, of A1 type, during the 5 minutes preceding the indicated hours. The minute ticks are longer.<br>DUT1: CCIR Code by double pulse                                       |
| PPR     | Rio de Janeiro<br>Brazil<br>-22° 59'<br>+43° 11'  | 435<br>8634<br>13105<br>17194.4 | 01 h 30 m, 14 h 30 m, 21 h 30 m  | Second ticks, A1 type, during the 5 minutes preceding the indicated hours. The minute ticks are longer  |
| RAT     | Moscow<br>USSR<br>+55° 19'<br>-38° 41'            | 2500                            | between minutes 30 and 35, 41 and 45, 50 and 60 from 17 h 50 m to 24 h   | Second pulses* at the beginning of the minute are prolonged to 0.5 s.   |
|         |   | 5000                            | between minutes 30 and 35, 41 and 45, 50 and 60 from 1 h 30 m to 17 h  | DUT1 + dUT1 by Morse Code each hour between minutes 11 and 12.  |
| RBU     | Moscow<br>USSR<br>+55° 19'<br>-38° 41'            | 66-2/3                          | between minutes 0 and 5 from 0 h to 22 h 5 m   | A1 type. Second pulses*. The pulses at beginning of the minute are prolonged to 0.5 s. DUT1 + dUT1: by Morse Code each hour between minutes 6 and 7.                                |
| RCH     | Tashkent<br>USSR<br>+41° 19'<br>-69° 15'          | 2500                            | between minutes 15 and 20; 25 and 30, 35 and 40, 45 and 50<br>from 0 h to 3 h 50 m<br>from 5 h 35 m to 9 h 30 m<br>from 10 h 15 m to 13 h 30 m<br>from 14 h 15 m to 24 h | Second pulses*. The pulses at the beginning of the minute are prolonged to 0.5 s. DUT1 + dUT1: by Morse Code each hour between minutes 51 and 52.                                   |
| RID     | Irkutsk<br>USSR<br>+ 52° 46'<br>-103° 39'         | 5004                            | between minutes 5 and 10, 15 and 20, 25 and 30, 51 and 60<br>from 0 h to 1 h 10 m<br>from 13 h 51 m to 24 h  | Second pulses*. The pulses at the beginning of the minute are prolonged to 0.5 s. DUT1 + dUT1: by Morse Code each hour between minutes 31 and 32.                                   |
|         |   | 10004                           | between minutes 5 and 10, 15 and 20, 25 and 30, 51 and 60<br>from 1 h 51 m to 13 h 10 m  |   |

\*The information about the value and the sign of the DUT1 + dUT1 difference is transmitted after each minute signal by the marking of the corresponding second signals by additional impulses. In addition, it is transmitted in Morse Code as indicated.



Table AII-4. Time-Signals Emitted in the UTC System (Continued)

| Station | Location<br>Latitude<br>Longitude          | Frequency<br>(kHz) | Schedule (UT)   | Form of the Time Signals  |
|---------|--|--------------------|---|---|
| RIM     | Tashkent<br>USSR<br>+41°19'<br>-69°15'     | 5000               | between minutes 15 and 20,<br>25 and 30, 35 and 40, 45<br>and 50<br>from 0 h to 1 h 30 m<br>from 2 h 15 m to 3 h 50 m<br>from 18 h 15 m to 24 h             | Second pulses*. The pulses at the<br>beginning of the minute are pro-<br>longed to 0.5 s. DUT1 + dUT1:<br>by Morse Code each hour be-<br>tween minutes 51 and 52. |
|         |  | 10000              | between minutes 15 and 20,<br>25 and 30, 35 and 40,<br>45 and 50<br>from 5 h 35 m to 9 h 30 m<br>from 10 h 15 m to 13 h 30 m<br>from 14 h 15 m to 17 h 30 m |   |
| RKM     | Irkutsk<br>USSR<br>+ 52°46'<br>-103°39'    | 10004              | between minutes 5 and 10,<br>15 and 20, 25 and 30,<br>51 and 60<br>from 0 h to 1 h 10 m,<br>from 13 h 51 m to 24 h  | Second pulses*. The pulses at the<br>beginning of the minute are pro-<br>longed to 0.5 s. DUT1 + dUT1:<br>by Morse Code each hour be-<br>tween minutes 31 and 32. |
|         |  | 15004              | between minutes 5 and 10,<br>15 and 20, 25 and 30,<br>51 and 60<br>from 1 h 51 m to 13 h 10 m   |   |
| RTA     | Novossibirsk<br>USSR<br>+55°04'<br>-82°58' | 4996               | between minutes 5 and 10,<br>15 and 20, 25 and 29,<br>35 and 39<br>from 0 h to 1 h 29 m<br>from 18 h 5 m to 24 h  | Second pulses*. The pulses at the<br>beginning of the minute are pro-<br>longed. DUT1 + dUT1: by Morse<br>Code each hour between minutes<br>45 and 46.            |
|         |  | 9996               | between minutes 5 and 10,<br>15 and 20, 25 and 29,<br>35 and 39<br>from 3 h 5 m to 4 h 39 m<br>from 14 h 5 m to 17 h 29 m                                   |   |
|         |  | 14996              | between minutes 5 and 10,<br>15 and 20, 25 and 29,<br>35 and 39<br>from 5 h 35 m to 9 h 29 m<br>from 10 h 5 m to 13 h 29 m                                  |   |
| RWM     | Moscow<br>USSR<br>+55°19'<br>-38°41'       | 10000              | between minutes 30 and<br>35, 41 and 45, 50 and 60<br>from 1 h 30 m to 3 h<br>from 17 h 50 m to 24 h  | Second pulses*. The pulses at<br>the beginning of the minute are<br>prolonged to 0.5 s. DUT1 + dUT1<br>by Morse Code each hour between<br>minutes 11 and 12.      |
|         |  | 15000              | between minutes 30 and<br>35, 41 and 45, 50 and 60<br>from 3 h 50 m to 17 h   |   |
| RTZ     | Irkutsk<br>USSR<br>+ 52°18'<br>-104°18'    | 50                 | between minutes 0 and 5<br>from 0 h to 22 h 5 m   | A1 type second pulses*. The<br>pulses at the beginning of the min-<br>ute are prolonged. DUT1 + dUT1:<br>by Morse Code each hour be-<br>tween minutes 6 and 7.    |

\*The information about the value and the sign of the DUT1 + dUT1 difference is transmitted after each Minute signal by marking the corresponding Second signals with additional impulses. In addition, it is transmitted in Morse Code as indicated.

Table AII-4. Time - Signals Emitted in the UTC System (Continued)

| Station | Location<br>Latitude<br>Longitude                     | Frequency<br>(kHz)                               | Schedule (UT)   | Form of the Time Signals  |
|---------|---|--|---|---|
| VNG     | Lyndhurst<br>Australia<br>- 38° 3'<br>-145°16'        | 4500<br>7500<br>12000                            | 9 h 45 m to 21 h 30 m<br>continuous except 22 h 30 m<br>to 22 h 45 m<br>21 h 45 m to 9 h 30 m | Seconds markers of 50 cycles of 1 kHz modulation; 5 cycles only for Seconds markers 55 to 58; Seconds marker 59 is omitted; 500 cycles for Minute markers. During the 5th, 10th, 15th, etc...minutes, 5 cycles for Seconds markers 50 to 58. Identification by voice announcement during 15th, 30th 45th, and 60th minutes. DUT1: CCIR code by 45 cycles of 900 Hz modulation immediately following the normal Seconds markers. |
| WWV     | Fort-Collins<br>USA<br>+ 40°41'<br>+105° 2'           | 2500<br>5000<br>10000<br>15000<br>20000<br>25000 | continuous  | Pulses of 5 cycles of 1 kHz modulation. 59th and 29th second pulse omitted. Hour is identified by 0.8 second long, 1500 Hz tone. Beginning of each minute identified by 0.8 second long, 1000 Hz tone. DUT1: CCIR code by double pulse. Additional information on corrections.  |
| WWVB    | Fort-Collins<br>USA<br>+ 40°40'<br>+105° 3'           | 60   | continuous  | Second pulses given by reduction of the amplitude of the carrier. Coded announcement of the date and time and of the correction to obtain UT1. No CCIR code.  |
| WWVH    | Kauai<br>USA<br>+ 21°59'<br>+159°46'                  | 2500<br>5000<br>10000<br>15000<br>20000          | continuous  | Pulses of 6 cycles of 1200 Hz modulation. 59th and 29th seconds pulse omitted. Hour identified by 0.8 second long 1500 Hz tone. Beginning of each minute identified by 0.8 second long, 1200 Hz tone. DUT1: CCIR code by double pulse. Additional information on UT1 corrections.   |
| YVTO    | Caracas<br>Venezuela<br>+10°30'<br>+66°56'            | 6100   | 12 h to 20 h<br><br>0 h 30 m to 1 h 30 m  | Second pulses of 1 kHz modulation with 0.1 s duration. The minute is identified by a 800 Hz tone and a 0.5 s duration. Between seconds 52 and 57 of each minute, voice announcement of hour, minute, and second.  |
| ZUO     | Olifantsfontein<br>South Africa<br>-25°58'<br>-28°14' | 2500<br>5000<br>100000                           | 18 h to 4 h<br>continuous<br><br>continuous   | Pulses of 5 cycles of 1 kHz modulation. Second 0 is prolonged.<br><br>DUT1: CCIR code by lengthening  |

**OTHER TIME SIGNALS:** BPV, XSG, Shanghai, China, P.R., Latitude: +31° 12', Longitude: +121° 26'. Characteristics and schedule not known.

이 전송곡선에 그림 2에 표시한  $h'-f$  곡선을 중첩시키면 양곡선의 교점 (검은 색칠한 점.) 이 그때 수신되는 전파의 반사층과 반사높이를 나타내게 된다. 교점이 없으면 수신은 불가능하게 되고, 교점이 여러 개 있다면 혼합통로전파 (伝播)란 것을 의미한다.

전리층에는 규칙적인 것으로써 일주변화 (日周變化)와 계절변화가 있는데, 그림 2에 표시한 범위내에서 대략 변화한다. 일반적으로는 다음과 같은 것이 있다.

(1) E층의 임계주파수는 그림 4에 표시한 바와 같이 정오에 최대이고, 여름에는 약 4MHz, 겨울에는 약 3MHz로 되어, 일몰후에는 1 MHz 전후로 된다.

(2) E층의 반사높이  $h'$ 는 임계주파수 근처 및 일출, 일몰시를 제외하고 년간을 통하여 종일 100 ~ 110 km 범위이다.

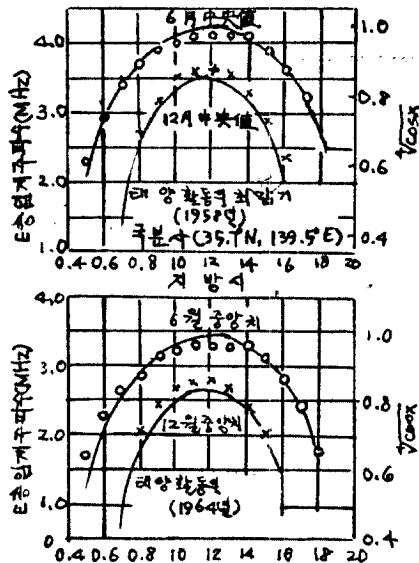


그림 4. E층 임계주파수의 일주변화

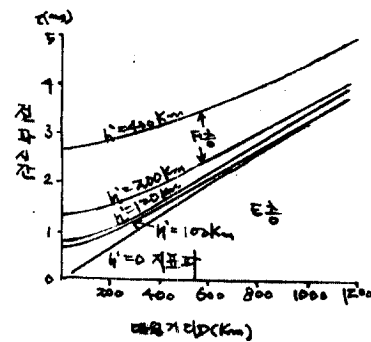


그림 5. 전리층고와 전파시간의 관계

(3) F층의 변화는 E층과 같이 간단하지 않고, 일출몰시에 크게 변화하며, 야간의  $h'$ 는 주간보다 200 km 정도 높게 되고 불안정한 것이다.

이상 설명한 것으로 부터 알수있는 바와같이 F층 전파파는 Doppler 효과에 의한 주파수변동이나 전파시간변동이 커서, 주파수인 경우  $5 \times 10^{-8}$  시각인 경우 1 ms 이상의 수신정도(精度)는 기대할수 없다. 이에 반해서, 2.5 또는 5 MHz의 E층 전파파만이 수신되도록 시각을 선정한다면  $1 \times 10^{-8}$  또는 100  $\mu$ s 이상의 정도를 얻는 것도 가능하다. 다만, 2.5 MHz는 E층내에서의 감쇠가 크므로 500 km 이상 떨어진 곳에서는 일출 2 시간 후부터 일몰 2 시간 전 또는 야간에 Es층을 이용하기 용이하다.

송수신점 간의 전파시간( $\tau$ )은 伝播大圓距離(D)와 전투반사높이( $h'$ )에서의 1회 반사하였다고 보면 다음 식으로 구할수 있다.

$$\tau = 2\sqrt{(D/2)^2 + (h' + h_0)^2} / C \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $h_0 = r(1 - \cos D/2r)$

$r$  : 지구반경 ( 6370 km )

$c$  : 광속 ( $2.998 \times 10^8$  m/s )

그림 5에는 E층의  $h'$ 가 100 ~ 120 km, F층의  $h'$ 가 200 ~ 400 km로 해서 계산한  $\tau$ 와 D의 관계를 표시하고 있다. 또 그림 6에는 E 및 F층의 높이의 변화폭( $\Delta h'$ )에 의해서 생기는 전파시간의 변화폭( $\Delta \tau$ )와 D와의 관계를 나타내고 있는데, E층파의 이용이 유리함을 알 수 있다.

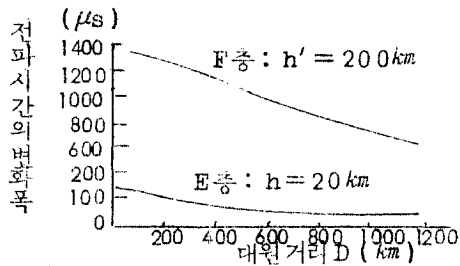


그림 6. E층과 F층의 전파시간 변화폭의 비교

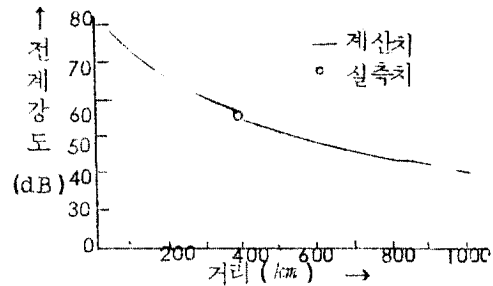


그림 7. JG2AS (40KHz) 지상파 전계강도

### 2.2.2 장파의 전파

장파는 단파와 달리 지표파의 감쇠가 적고 공간파도 비교적 안정한 D층에 의해서 전파하므로 수신정도는 극히 양호하다. 그림 7은 JG2AS 40KHz의 지표파전계강도거리 특성인데, 이와 같이 일본국내 각지에서 양호한  $S/N$ 으로 수신할 수 있다. 근거리 ( $\sim 50 \text{ km}$ )에서는 수야간의 차는 약  $1 \sim 2 \text{ dB}$ , 중거리 ( $\sim 500 \text{ km}$ )에서는 일출몰시에  $6 \text{ dB}$  정도의 일시적 변동이 있으나, 원거리 ( $\sim 1000 \text{ km}$ )에서는 일출몰시에 약  $10 \text{ dB}$  정도의 일시적 저하가 있고, 수야간의 차는 약  $4 \text{ dB}$  정도의 일주변화(日周變化)가 명확히 나타난다.

한편, 수신위상의 변동은 역시 일출몰시에 커서 야간은 주간보다 크고 또 수야간의 위상차는 거리와 함께 크게 되어,  $400 \text{ km}$  부근에서는 약  $6 \mu\text{s}$ ,  $1000 \text{ km}$  부근에서는 약  $20 \mu\text{s}$  정도의 일주변화가 명확히 인정되고 있다. 그림 8 및 그림 9에는  $400 \text{ km}$  지점 및

1000 km 지점의 전계, 위상 변화의 실측예를 표시하여 둔다.

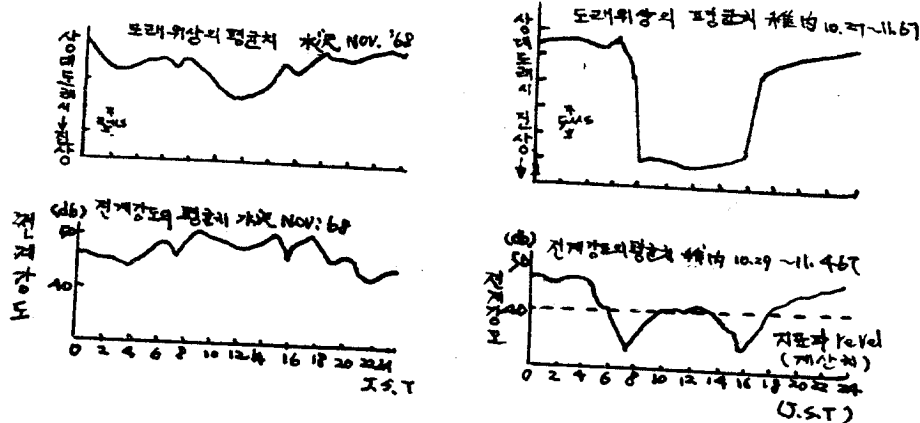


그림 8. JG2AS 40KHz의 400km 지점의 전계강도 위상의 일 변화.

그림 9. JG2AS 40KHz의 1000km 지점의 전계강도 위상의 일 변화

이와같이 정오를 중심으로 해서 전후 2시간의 수신위상 안정도는 극히 좋아서 약  $1\mu s$  이내의 변동이므로 원거리에서도 주간에 24시간 비교시  $\pm 1.5 \times 10^{-11}$  주간 1시간 비교해서  $\pm 4 \times 10^{-10}$ 의 비교정도 (比較精度)를 얻을수 있다.

### 3. 표준전파에 의한 교정

#### 3.1 시각의 교정

##### 3.1.1 일반적인 주의사항

단파표준전파 JJY 또는 JG2AE를 수신하여 시각을 교정하는 경우, 1ms이내의 교정정도가 필요할시는 다음 점을 고려

할 필요가 있다.

(1) 수신기내의 지연시간을 의사펄스를 발생시켜 실측하든가, 어느 정도 짐작해두고 일반적으로 3 KHZ 정도의 대역폭을 가진 수신기에서는  $200 \sim 500 \mu s$  이고, 가능하다면 8 KHZ 정도의 대역폭을 가진 것이 파형찌그러짐, 지연시간이 적으므로 좋다.

(2) 초신호는 검파회로로부터 직접 추출하고, 저주파트랜스를 거치지 않는 것이 역시 찌그러짐, 지연의 점을 고려할때 좋다. 또 검파기의 극성에 주의해서 초신호 파형의 위상이 반대로 되지 않았나 확인한다.

(3) 전송곡선과  $h'-f$  곡선에 의해서 E층전파파의 수신가능한 시각, 주파수를 선정해서 이용한다.

(4) E층 ( $h' = 100 km$ 로 해도 좋다) 및 F층에 의한 전파시간을 계산하고 그의 차를 구해둔다면 수신주파수를 절체함에 따라 E층전파파인가 F층전파파인가를 판정하기 용이하다.

(5) 송신안테나로부터 100 km 부근에서는 2.5 MHz, 50 km 이내에서는 5 MHz 이상의 직접파를 수직공중선으로 수신하는 편이 좋은 결과를 얻을수 있다.

### 3.1.2 측정법

시보신호의 수신비교법에는 필요정도 및 목적에 따라서 여러가지 방법이 있는데, 여기서는 1 ms 보다 더 좋은 정도(精度)로서 측정하는 경우를 예로 들고자 한다.

#### (1) Oscilloscope 직시법

가장 널리 사용되는 방법으로서 측정장치의 구성은 그림 10에 표시하였다.

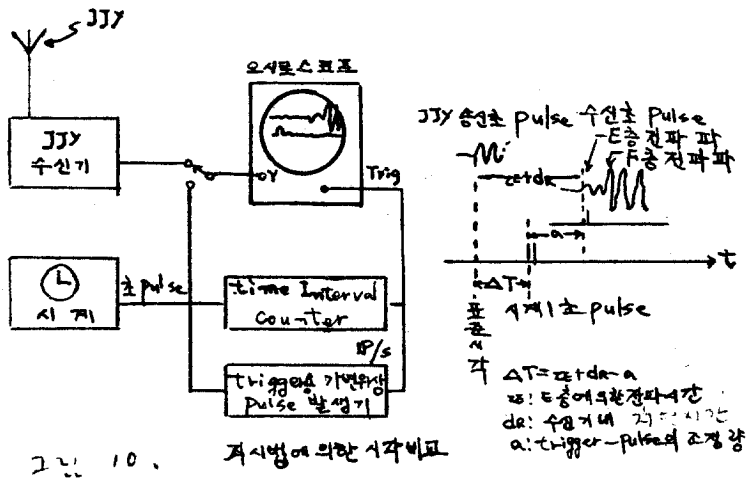


그림 10. 직시법에 의한 시각비교

(a) Trigger용 팔스의 위상을 조정해서 수신초신호와 형이 oscilloscope면의 적당한 위치에 나타나도록 잠깐 관찰하고 또 수신주파수를 절제하여 보면 도래시간이 다른 2개의 Group가 있음을 알수 있다. 먼저 도달한 초신호는 수신지점에 의해서 지표 파가 또는 E층전파파의 어느 것으로서 미리 계산한 전파시간이나 전송곡선을 사용하여 판별할 수 있다.

(b) 다음에 다시 trigger용 팔스의 위상을 조정해서 시계의 초팔스가 먼저 도달한 수신초신호의 시작점에 오도록, 이때의 위상 조정 량(a)을 구하면 그림에 표시한바와 같이 전파시간( $\tau$ ) 및 수신기 내의 지연시간(dR)과 함께 표준시각과의 시각차  $\Delta T$ 를 구할수 있다.

## (2) 연속촬영법

그림 11과 같은 측정장치의 구성으로 장시간 연속촬영을 행



하면 E층전파에 의한 안정한 수신 초신호와, F층에 의한 변동이 큰 신호가 명확히 구별되어서 관측되므로 측정이 확실하여진다.

(a) (1)과 마찬가지로 oscilloscope 상에 E층전파로 생각되는 수신파형이 보인다.

(b) oscilloscope 면 X축과 평행한 중심부에 2~3 mm의 slit를 올려두고 다른곳은 전부 검은 종이등으로 차폐시킨다.

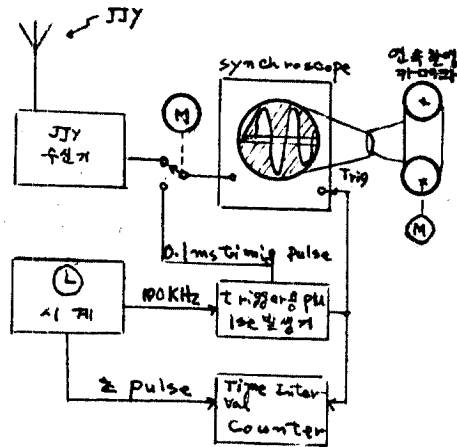


그림 11. 시각신호의 연속촬영법

- (c) 이것을 연속 film 촬영장치로 촬영한다.
- (d) film 속도는 1시간에 30 mm 정도에 저속도로 한다.
- (e) 수신신호와 0.1ms timing pulse와는 1분간에 5초 정도의 비율로 모타등에 의해서 절제시킨다.
- (f) timing pulse는 침두부가 slit의 중심에 오도록 DC 바이아스를 걸어두고, pulse 폭은 10  $\mu$ s 정도로 하여 시계초 pulse, Trigger pulse, timing pulse의 위상관계를 time interval

counter등으로 측정하여 둔다.

(g) 사용 film은 35 mm 또는 8 mm 폭의 oscillograph paper (oriental culture type) 가 감도도 좋고 현상시간도 짧으므로 편리하다. 그림 3은 이 방법에 의한 수신기록 예로서 일출, 일몰시는 내려가고, E층파에 의한 수신초신호의 시작점으로부터 반주기마다 또는 1주기마다 선을 측정의 대칭으로 선정한다면 역시  $\pm 50 \mu s$ 의 측정도가 얻어진다.

### 3.2 주파수의 교정

표준전파에 의한 주파수의 교정에는 수신파와 직접 Beat를 취한 직접법, 장시자의 시각비교에 의한 간접법 및 장파수신파와의 위상비교법등이 있다. 변조 1 KHZ 와의 러사주에 의한 방법이 있는데, 이것은 선택성 fading등 때문에  $1 \times 10^{-6}$  이 한도이다.

#### 3.2.1 직접법

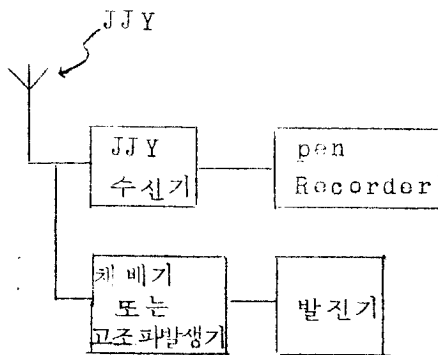


그림 12. Beat 법에 의한 주파수의 교정

이 방법은 보통 Heterodyne 법 또는 Beat 법이라고도 부른다. 그림 12와 같이 수신기에 의하여 표준전파를 수신함과 동시에 비교하고자 하는 발진기의 주파수를 동일 주파수까지 체배하든가 또는 pulse화해서 고조파를 발생시켜, 수신안테나에 소결합하여 2개의 주파수를 동시에 수신함에 따라 Beat를 발생시켜 T초간에 Beat수가 n개였다고 하면 발진기의 주파수편차

$\Delta f/f$ 는

$$\frac{\Delta f}{f} = \pm \frac{n}{fr \times T} \dots\dots\dots (3)$$

단,  $fr$  : 수신주파수이다.

로 구할수 있다. 이 방법에서는 주파수편차의 절대치를 알수없고 표준주파수에 대하여 높은가 낮은가를 아는데 불과하다. 만일 주파수의 고저가 필요할때는 또 하나의 보조발진기를 사용하여 이것과 표준전파와 Zero Beat를 취하고, 다음에 비교발진기와 Zero Beat를 취해서 이때의 주파수조정용 다이알의 회전방향으로부터 판별할수 있다.

이 방법은 10분 정도의 짧은시간에  $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 의 교정을 행하는데 용이한 방법이지만 fading이 심할때는 오차가 일어나기 쉬우므로 특히 주의할 필요가 있다.

표준전파의 수신주파수는 앞에 설명한바와 같이 전리층의 반사높이의 변동에 따라서 Doppler편이를 일으킨다. 이 양은 E, F층 모두 일출, 일몰시에 최대로써 F층에서는  $1 \times 10^{-7}$ 에 달하고, 야간 F층에 의한 것이 다음으로서  $5 \times 10^{-8}$  정도이며, 주간 E층 및 F층에서는  $1 \times 10^{-8}$  정도까지 감소하므로 역시 E층 단일통로전파의 주파수를 이용하는 것이 바람직하다. 그림 12는 이 Doppler 주파수편이의 실측예를 든것이다.

### 3.2.2 시각비교에 의한 방법

Local한 주파수표준이나 표준시계는 일반적으로 장기간에 걸쳐서 주파수나 시각조정을 행하지 않고, 표준전파에 의한 매일의 측정치를 최소자승법에 의하여 처리해서 1회마다 측정치중 애매한 것을 뽑아낸다. 이와같은 측정법을 취한다면 측정의 표준편차도 알수있고 임의 시점의 교정치를 더욱 높은 확도로써 구할수 있다.

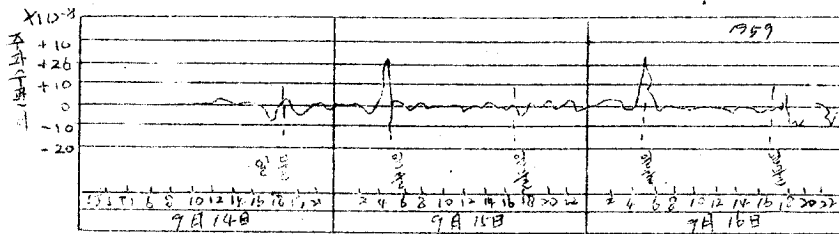


그림 12. Doppler 효과에 의한 주파수편이의 일변화,  
수신주파수 5 MHz

이와같은 장기비교에는 시보신호에 의한 시계의 구동속도 측정에 의해서 주파수편차의 평균치를 구할수 있다. 다음에 설명하고자 하는 장파에 의한 위상비교도 이와같은 방법으로 생각할수 있다. 측정하고자하는 발진기에 의해서 구동되고 있는 시계로부터의 초신호를 3.1에 설명한 시각교정법에 따라 진상 (Advance) 및 지상 (Lag) (주파수교정만이 필요한 경우는 전파시간이나 수신기내의 지연을 고려할 필요가 없으나, 포충 전파를 사용하는 것은 같다)를 측정한다. 지금 시각  $T_1$ 에서의 측정치를  $t_1$ 이라 하고, 다음에  $T_2$ 에서 다시 측정하여  $t_2$ 를 얻었다고 하면 비교발진기의 주파수편차  $\Delta f/f$ 는 다음 식으로 표시된다.

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{t_2 - t_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots (4)$$

여기서  $t_1, t_2$ 는 수신펄스가 비교펄스보다 앞에 있으면 (+), 다음에 있으면 (-)의 부호를 붙인다.

예를들면 24 시간 간격으로 측정해서  $t_2 - t_1 = -5 \text{ ms}$  (24 시간에

비교시계가 5ms의 지연을 나타냈다) 라면, 이때 24시간 평균주파수편차는

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{-5 \times 10^{-3} (\text{S})}{86400 (\text{S})} \approx 5.79 \times 10^{-8} \dots\dots\dots (6)$$

이 얻어지며, 비교발진기의 주파수를 1MHz 이하면 표준치보다

$$\Delta f = 1 \times 10^6 \times (-5.79 \times 10^{-8}) = -0.0579 \text{Hz}$$

즉 0.0579Hz 만큼 낮다는 것을 표시한다. 1회의 시각비교확도가  $\pm 50 \mu\text{s}$  라면 24시간 비교한 경우  $\pm 0.8 \times 10^{-9}$  의 주파수비교확도가 얻어진다.

이들 측정에 관한 시각차 및 주파수편차를 Graph로 그리면 일반적으로 그림 13의 ①~⑤중 어느 것이 된다.

즉

(1) 주파수편차가 Zero인 상태에서 장기간 머물고 있다면 시계는 변화를 일으키지 않으므로 최초의 상태이다. (그림 13의 ①)

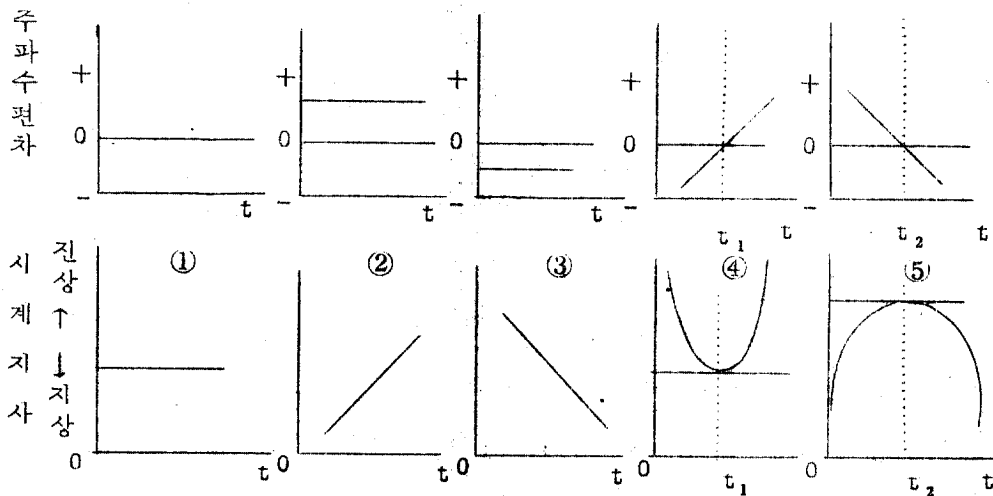


그림 13. 주파수편차와 시계의 진상 및 지상관계

(2) 만일 일정량의 주파수편차가 있고, 그량이 변화한다면 시계지시는 편차가 (+) 또는 (-)에 의해서 직선적으로 앞서거나 뒤진다. (그림 13의 (2) 및 (3) 참조)

(3) 주파수편차가 직선적으로 변화할때 (일반적으로 수정발전기가 이에 해당한다)는 그림 13의 (4) 또는 (5)와 같이 시계지시는 2차곡선을 표시한다. E를 시계지시의 오차로 하고 이들의 관계를 일반식으로 표시하면

$$E = E_0 - \frac{\Delta f_0}{f} t - \frac{1}{2} at^2 \dots\dots\dots (7)$$

여기서  $E_0$ ,  $\Delta f_0/f$ 는  $t = 0$  일때의 시계지시 오차 및 주파편차이고,  $a$ 는 주파수의 aging rate로서 그림 13의 (4) 및 (5)의 주파수편차에 대한 경사를 나타내며,  $t$ 의 단위는 초이다. 이 식에 의해서 시계지시의 움직임이 주파수편차 및 aging rate를 알 수 있도록 한다.

### 3.2.3 장파표준전파와 위상비교법

단파표준전파에 의한 주파수교정확도는 E층전파만을 이용하여 24시간 비교를 하면 기껏  $10^{-9}$  정도의 비교확도를 얻을수 있으나 장파표준전파를 이용한다면 24시간에  $1 \times 10^{-11}$ , 주간 1시간 비교에서도  $4 \times 10^{-10}$  정도의 비교확도를 얻을수 있다. 송신소로부터 100 km 이내에서는 Loop Antenna를 사용하면 반대로 공간파의 영향으로 일주위상변동(日周位相變動)을 일으키므로 수직형 antenna사용을 권장한다.

수신기는 Servo형 수신기를 사용하는 것이 바람직하나 값이 비싸므로 이를 고려하여야 한다. 수신기에는 대역폭 100HZ, 이득 80dB 정도의 증폭기를 사용하여 이 출력으로서 oscilloscope에

1 주기의 파형을 그리고 slit를 통해서 연속촬영을 한다면 장시간 동안의 수신위상기록을 얻을수 있다.

이와같이 해서 얻은 위상기록으로부터 비교시간간격 T에서 쟁진 위상변화량  $\Delta\phi$ 를 읽으면 주파수편차 ( $\Delta f/f$ )는

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta\phi (\mu s)}{T (S)} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (8)$$

으로 부터 구해진다.

주간 10시~14시중 근거리에서는 10분간의 비교에서도  $1 \times 10^9$  정도의 비교확도가 얻어지는데 이와같이 짧은시간 비교에서는 사진법을 사용치 아니하여도 oscilloscope 상에 나타나는 파형의 움직임으로부터 직접위상변화량을 읽을수 있다.

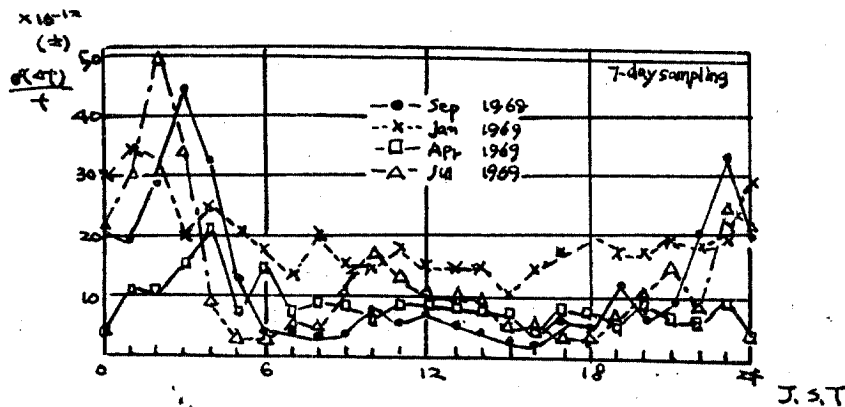


그림 14. 400 km지점에서 JG2AS를 수신.  
24 시간 비교한 확도

그림 14는 400 km지점에서 24시간 비교한 시각 및 계절별 실측 데이터를 표시한 것이다. 원거리에서는 도래위상의 일주변화폭이, 40 KHZ의 1주기인  $25 \mu s$  정도이므로 일, (日)에 따라서 주야의 위상이 연속적으로 변화하지 않도록 관측할수 있다.

#### 4. 미국의 표준전파 발사시설

표준전파발사시설중 가장 대표적인 것은 미국의 WWV국이다. 미 상무성 산하 주파수표준국은 WWV국 이외에 WWVH, WWVB 및 WWVL등이 있다. 그런데 여기서 언급하고자 하는 것은 가장 역사가 깊고 세계에 널리 알려진 WWV국이다. 이 국은 1966년 12월 1일 GMT(Greenwich mean time) 00시를 기해서 colorado주 Fort collins로부터 재발사를 시작한 것이다. 이곳에 이전하기 전에는 1943년 이래 Maryland주의 Green Belt에서 2.5 ~ 25 MHz의 주파수범위에 걸쳐 6개의 단파를 발사하였다. 이와같이 Maryland주로 부터 colorado주로 이전한 것은 colorado의 Fort collins가 지리적으로 미합중국의 중심부에 위치하여 있을뿐만 아니라 전파의 전파특성상 가장 양호하므로 이용자가 모두 공평하게 이용할수 있기 때문이다.

이와같이 거대한 시설을 이전하기 위하여는 1962년도에 \$ 970,000의 예산을 확보한후 약 2년간의 조사끝에 1964년도에 이전을 시작, 1966년도에 완료하였다. 참고로 미국의 표준주파수국을 들면 다음과 같다.

| 국 명  | 발사년월일  | 소 재 지        | 발 사 주 파 수                  |
|------|--------|--------------|----------------------------|
| WWV  | 1923 년 | Fort collins | 2.5, 5, 10, 15, 20, 25 MHz |
| WWVB | 1956 " | "            | 60 KHZ                     |
| WWVL | 1960 " | "            | 20 KHZ                     |
| WWVH | 1948 " | Kauai        | 2.5, 5, 10, 15, 20 MHz     |



#### 4.2 설치장소의 개략적인 설명 및 조사

NBS 송신기는 1번 고속도로의 북쪽으로 부터 약 12 km 떨어진 곳에 있는데 부지면적은 약 47 만평 ( $1.537 \times 10^6 m^2$ )이다. WWV의 공중선은 6 개로써 ARC형으로 언덕에 배치되어 있는데, 전방향 저각복사 무지향성으로 설계되어 있으며 공중선 근처의 대지도전율은 29 mU이다. 이 지역은 수년간 관개용수에 의한 급수시설로 인하여 농축된 염분을 많이 함유하고 있기 때문에 대지도전율은 타지역보다 높다.

송신시설은 공중선시설보다 훨씬 저지대에 수용되어 있는데, 공중선으로 부터 유해한 복사특성으로 인한 영향을 받지 않도록 선정된 위치에 구축물을 지은 것이다.

#### 4.3 건물설계

송신기가 수용된 T형의 세멘트 건물은 공기조절장치가 부가되어 있으며 축전평은 약 192 평 ( $639 m^2$ )인데 Cs 원기는 30 평의 차폐실내에 수용되어 있다.

또한 송신시설은 외부의 잡음으로 부터 전혀 영향을 받지 않도록 설계되어 있을뿐만 아니라 외부의 온도변화에도 아무런 영향이 없도록 되어 있다.

Cs 원기, 시각부호발생기, 관련제어장치 및 감시시설등은 차폐실에 수용되어 있으며,  $\pm 1.1^\circ C$ 의 온도변화에 대하여도 자동적으로 조절이 되도록 되어 있다.

또 전원시설은 3상 500KVA 디젤엔진으로써 교류무정전시설이다.

#### 4.4 회선설계

WWV Fort collins의 시설은 NBS 소속의 Mr.Hayden

의 3명의 기술자에 의해서 미리 WWV전파의 예상통달구역을 파악한 후 설계된 것이다. 계산 및 자료분석은 지리 학적인 결지에서 행한 후 복사전력 10 kw, 반파장 다이폴공중선을 썼을 경우 2.5 ~ 25 MHz의 주파수대에서 신호대 잡음비, 제 절 특성, 태양활동, 주야간의 상태등을 예상하여 조사하였다. 현재 WWV는 미국 어느곳에서도 40dB 정도의 전계강도로 수신이 가능한 실정이다.

#### 4.4.1 공중선 설계

수직편파된 반파장 공중선은 풍속 180 km/H에 견딜 수 있는 철탑으로 만들어진 것으로써 콘크리트 기초위에 세워져 있으며 중앙급전방식을 채용하였다. 이 공중선은 지상  $\lambda/4$  점에 공급된 개량형 sleeve 안테나라고 할 수 있다.

공중선은 동축급전선에 적합하게 설계되어 있고, 저각 전방향복사하도록 되어 있다. 이곳에서 사용하는 모든 공중선은 50 kw의 전력에 견딜 수 있도록 되어있고 Impedance는 50  $\Omega$ 이다.

#### 4.4.2 주파수-시각부호발생기 및 제어장치

발전기, 배울기, 시각부호발전기 및 프로그래밍 설비등은 차폐실내에 수용되어 있다. 주파수 제어장치는 근본적으로 3부분으로 구성되어 있으며, 각 단위장치는 Cs원기를 가지고 있으며, 차폐실내에는 5개의 rack에 6ch의 기록기를 수용하여 Cs원기의 출력단자와 100KHZ 증폭기간의 위상관계를 기록 비교하고 있다.

#### 4.4.3 송신기

송신기는 총계 8대인데 이중 6대는 운용중이며 나머지 2대는 예비용이다. 8대중 4대는 40 kw PEP이나 10 kw 평균전력으로 운용하고 있다. 나머지 4대는 10 kw PEP인데 2.5 kw 평균전력으로 운용하고 있는 실정이다. 10 kw 증폭기 3개가

THE 59th SECOND PULSE OMITTED....  
BEGINNING OF EACH HOUR IDENTIFIED BY  
0.8 SEC LONG 1500Hz TONE (WWV & WWVH)

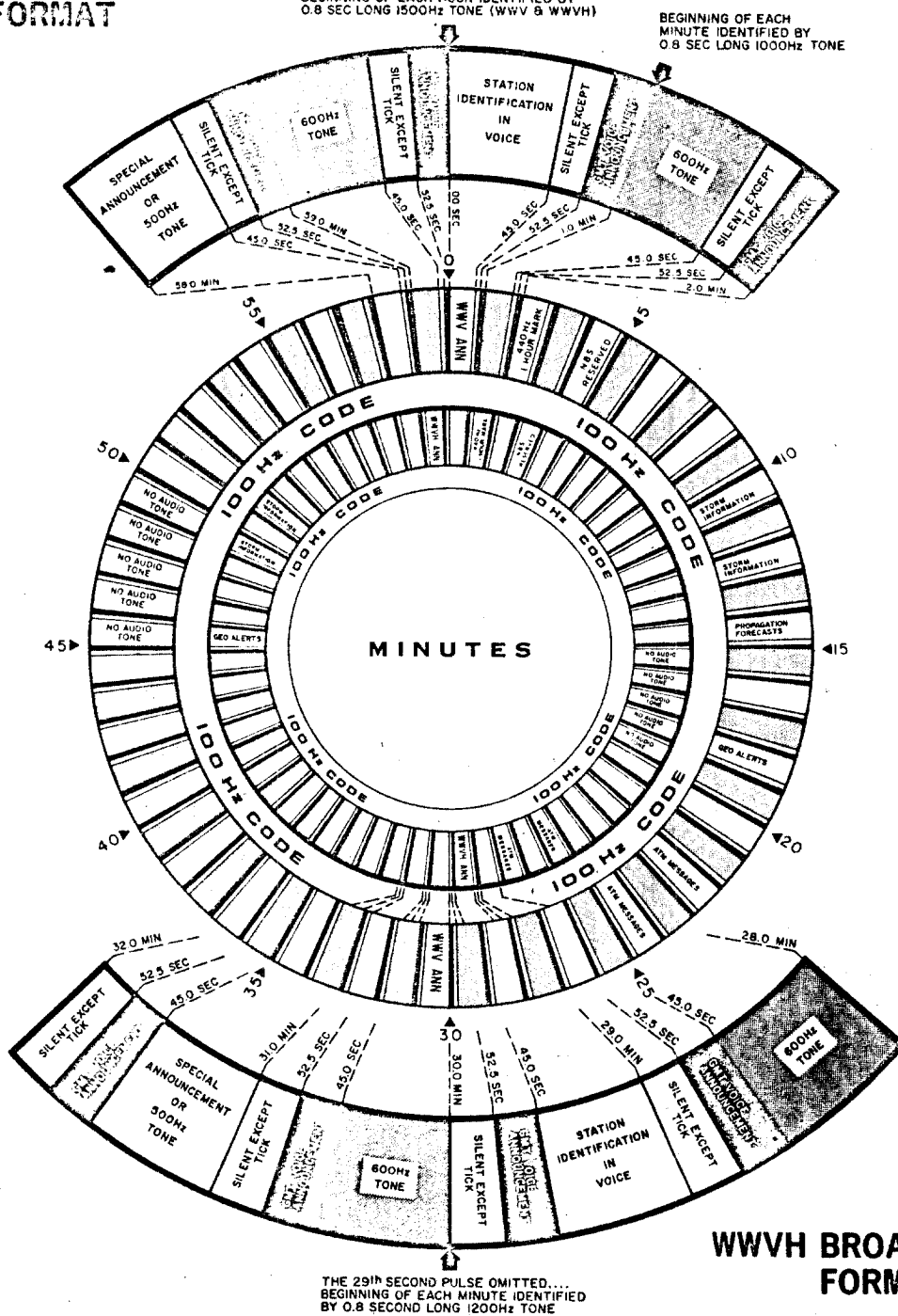


그림 15

**The hourly broadcast schedules of WWV and WWVH.**

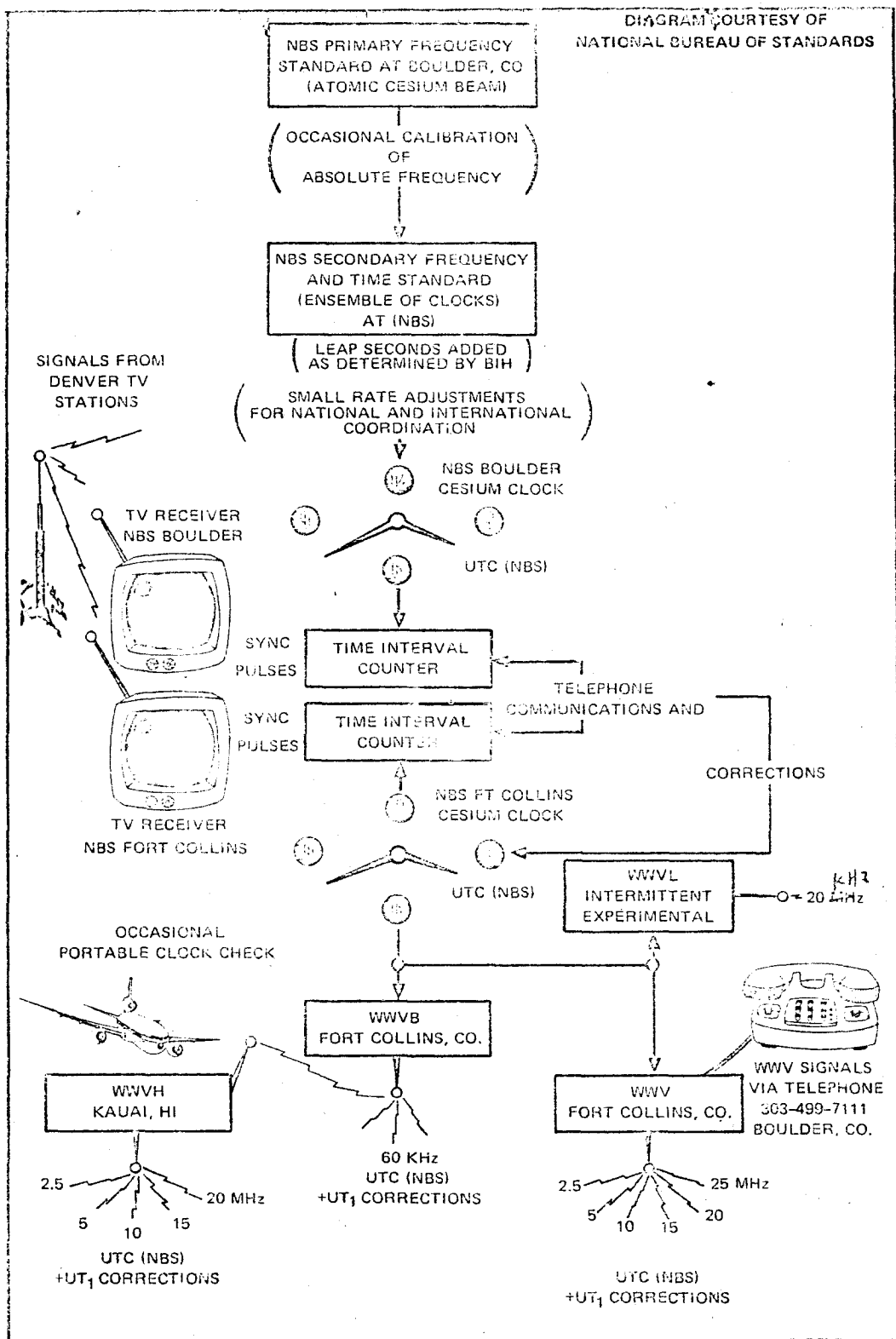


그림 16. National Bureau of Standards Frequency and Time Facilities

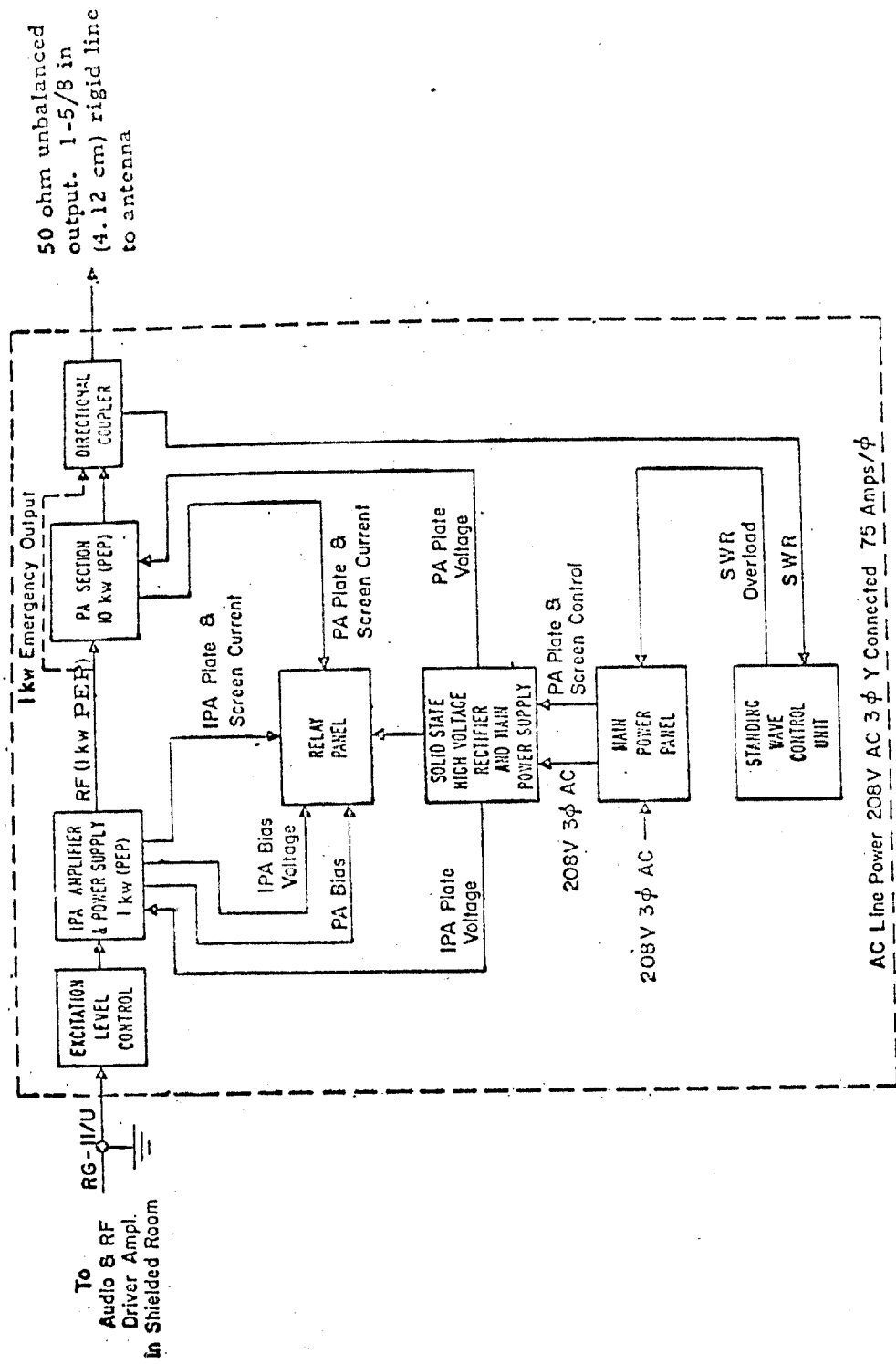
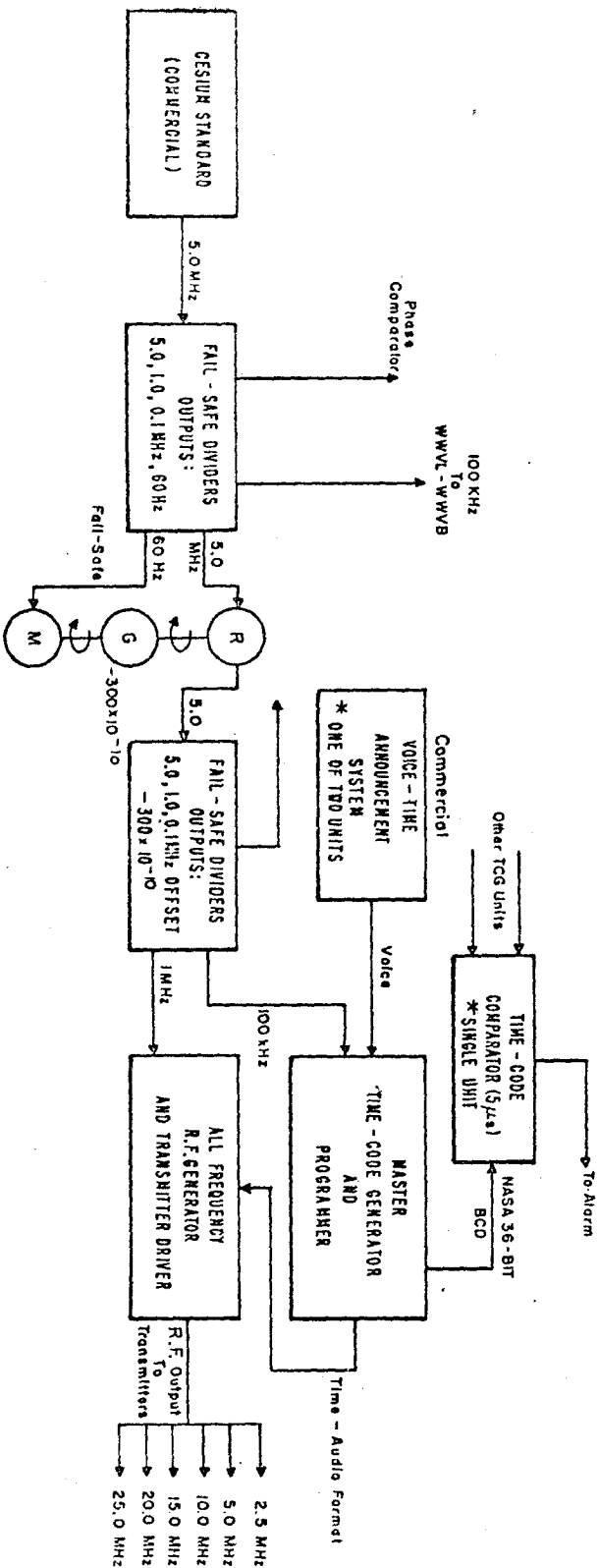


그림 17 Block diagram of the 10 kW transmitter.



WWV TIME AND FREQUENCY GENERATION  
 ONE \* OF THREE IDENTICAL SYSTEMS SHOWING INTERCOMPARISONS  
 FT. COLLINS, COLORADO

직경 약 8 cm의 동축케이블을 경유, 공중선에 연결되어 5, 10, 15 MHz의 표준주파수를 방사하고 있는데, 4번째의 증폭기는 전과 동일한 동축케이블 선로를 경유, 예비용 공중선에 연결된다.

여기에 사용되는 송신기는 직선성이 좋은 것으로써 50  $\Omega$  불평형 전송로에 연결된다. 10 kw 증폭기는 3개의 증폭단, 전원공급부 및 기타 제어부로 되어있는데, 6CL6을 사용한 A급 증폭기이며, Driver단에 6146을 사용하여 Drive level을 높였고 종단에는 PL172를 사용하였다.

#### 4.4.4 감시시설

감시장치는 근본적으로 Graphic level Recorder, 가시형 지시계 및 기타 가청경보기등을 사용하여 송신설비의 기능을 전자적으로 감시하고 있다.

### 5. 요약

Fort collins의 WWV국은 2.5, 5, 10, 15, 20 및 25MHz 등 6개의 표준전파를 방사하고 있으며 10 kw 전력인 것은 5, 10 및 15MHz이고, 2.5 kw인 것은 2.5, 20 및 25MHz이다. 각 송신기는 동축케이블을 사용하여 수직반파장공중선에 연결되어 있으며 각 철탑의 기저부에 2중 stub 동조기를 부착하여 정확히 50  $\Omega$ 에 동조시키고 있다.

표준주파수와 시간은  $1 \times 10^{-12}$ 의 확도로 유지된 NBS Cs 표준기에 의해서 방사되고 있다. 참고로 WWV 및 WWVH국의 방사스케줄, NBS의 주파수 및 시각장치, 10 kw 송신기 등의 Block diagram을 표시하면 다음 그림 15, 16, 17 및 18과 같다.

## 5. 일본표준전파발사시설

일본의 표준전파발사시설을 개략적으로 분류하면 JJY국과 JG2AS국으로 나눌 수 있다. JJY시설은 단파이고 JG2AS시설은 40KHZ 장파시나데 이에 대한 제통도 및 기타 부속시설에 대한 것은 별첨과 같으며 또 표준전파 발사시설을 대별하면 다음과 같이 분류할 수 있다.

### 5.1 주파수 표준장치

#### 5.1.1 표준원기부

원자 주파수 표준으로서 수소 메-저로 조정된 표준원기와 실용원기로서는 세슘 표준원기와 수정발진원기로 구성된 것을 사용하고 있다.

#### 5.1.2 국제비교측정부

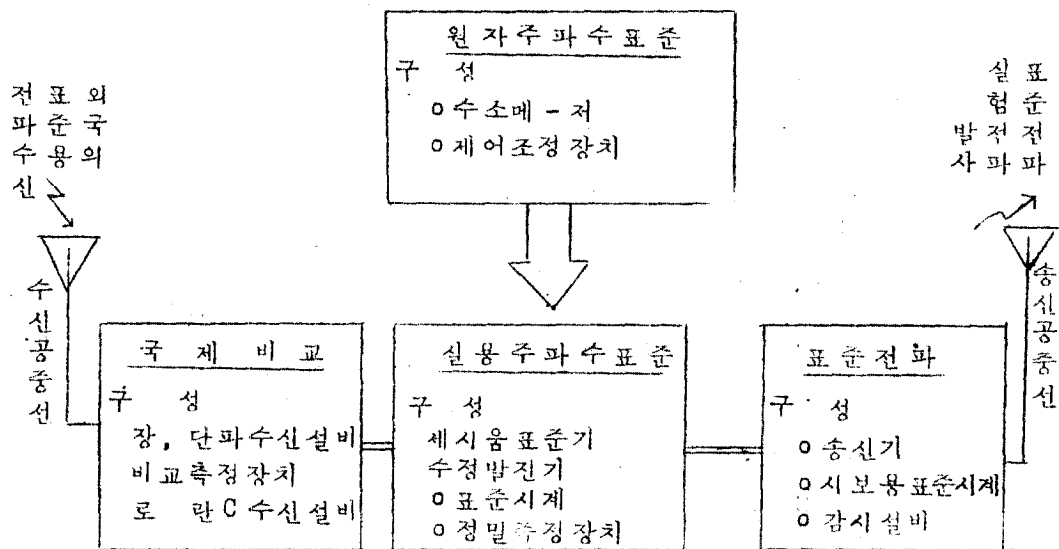
국제비교측정을 위하여 장, 단파 수신설비와 이를 비교 측정하는 측정장치 및 로란-C 수신설비를 비치하고 있으며 국제 비교의 대상이 되는 표준전파는 주로 미국의 표준전파로서 WWV, WWVH 등의 단파표준전파와 18.6KHZ의 NPG/NLK VLF 표준전파로서 비교 측정을 하고 있다.

### 5.2 시각신호 발생장치

#### 5.2.1 시각신호 발생부

표준원기로 부터 100KHZ의 입력을 받아 분주회로를 거쳐 1 KHZ Amp, 1.6KHZ Amp 및 600HZ Amp의 신호출력을 신호합성회로를 거쳐 변조파 자동절체부 입력단에 넣어준다.





( 단, 기초적연구 및 공통부분의시설 제외 )

그림 19. 일본 표준전파 업무의 구성

### 5.2.2 제어신호 발생부

50HZ 동기모-타에 의하여 시계를 구동시키며 동기모-타에 붙너로서 연결되어 있는 각종의 신호를 발생시키기 위한 photo TR 기구가 있으며 photo TR 기구는 회전축에 붙은 slide 원판과 photo TR 및 광원봉 lamp로서 구성되어 있다. 출력 신호의 종류 및 규격은 다음과 같다.

1. 10 ms gate 신호 : 구형파 pulse로서, pulse 폭은  $10\text{ ms} \pm 1\text{ ms}$  이내, 전압은 -8V 이상 반복주기는 1초이다.
2. 85 ms gate 신호 : 구형파 pulse로서 pulse 폭은  $85\text{ ms} \pm 1\text{ ms}$  이내, 전압은 -8V 이상 반복주기는 1초
3. 분 gate 신호 : 구형파 pulse로서 pulse 폭은 1000 ms, 전압은 -8V 이상, 반복주기는 1분이다.

4. 1000HZ 5분 휴지 신호 : 반복주기 5분으로 전압은 -20V 이상이다.

5. 1000HZ 10분 휴지 신호 : 반복주기 10분으로 전압은 -20V 이상

6. space 신호 : 발생시작은 매시 25분~34분

7. 부호 start 신호 : 발생시작은 매시 35분 및 59분이며 폭은 1분간

8. stand by 신호 : 발생시작은 Time chart에 의한다.

9. 요일 신호 : 발생시작은 Time chart에 의한다.

10. 다음의 경우에는 시각과 청각으로 인지 할수 있는 경보를 일으킨다.

(1) 휴 - 즈 단선

(2) 각 신호의 상호위상이 규격과 틀리게 된 경우

#### 6.2.3 인지 부호 발생장치

제어신호장치에서 1분간의 start 신호를 받으면 동시에 녹음기가 동작되며 녹음 tape에 의하여 set된 시간에 재생동작 또는 부호 발생기의 동작등을 시킨다.

녹음기의 출력은 각각의 신호 ( stop, reset 시각 ) 로된 녹음기의 정지, 시각의 조합 및 시각표시를 행한다. 시각은 Ring counter로서 계수하고 pannel 윗쪽에서는 다음의 Announce 시각을 표시한다. 녹음기는 최후에 시각을 표시하고 계속 돌아가다가 도전박 ( Sensing tape ) 이 감겨 돌아가면 Auto TR로서 투명 tape를 검출해서 정지시킨다. 정지후 1~3초내에 자동재생 ( Rewind ) 을 행하여 stop 신호로서 정지한다. tape 편집방법을 소개하면 다음과 같다.

(1) 2 CH tape recorder에 tape를 set한다.

(2) tape play 속도는 19 cm/sec

(3) CH-1은 mic 를, CH-2는 AF OSC를 접속한다. (osc는 주파수가 정확하고 출력 level이 일정한 것이다)

(4) 구성은 다음 그림 20과 같다.

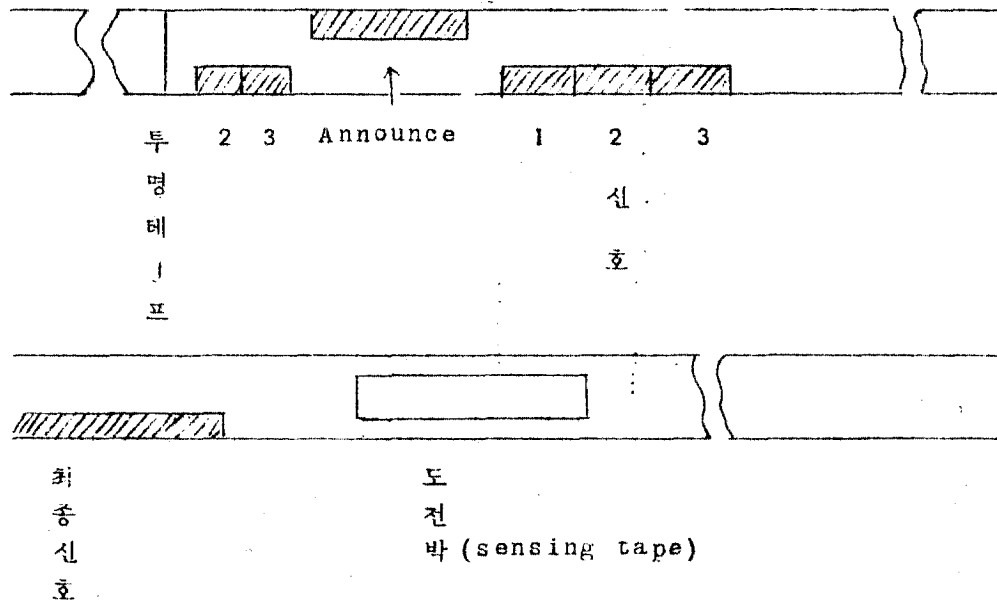


그림 20. 녹음 tape의 구성

투명 tape : 자동정지 (Rewind외정지)를 하기 위한 것으로 첫번째

Announce 앞에 들어간다. 길이는 약 5cm

Announce : 호출부호 및 시작 Announce를 한다.

신호 : 신호 1은 다음번 개시시작 (00분 또는 35분)

신호 2는 stop 신호

신호 3은 reset 신호.

1, 2, 3의 신호는 각각 약 1초씩이다.

도전박 : 자동정지 및 tape를 되감기 위한 sensing tape이다.

최종신호후 약 10 cm 만큼 tape 의 표면에 칠해져 있다.  
 녹음방법 : 다음 표(1)과 같다.

| 투명 테이프 | 신 호   |            |           |            |
|--------|-------|------------|-----------|------------|
|        | MS    | 1<br>reset | 2<br>stop | 3<br>reset |
|        | —     | —          |           |            |
| 0.00분  | 35    | "          | "         | "          |
| 0.35   | 00    | "          | "         | "          |
| 1.00   | 35    | "          | "         | "          |
| 1.35   | 00    | "          | "         | "          |
| 2.00   | 35    | "          | "         | "          |
| ⋮      | ⋮     | ⋮          | ⋮         | ⋮          |
| 23.35  | 00    | —          | —         | 도전 박       |
|        | 00 분  | 3 kc       |           |            |
|        | 35 분  | 3.5 "      |           |            |
|        | stop  | 2 "        |           |            |
|        | reset | 2.5 "      |           |            |

표 (1) 인 지 부 호 의 녹 음 방 법

#### 6.2.4 변조파 자동 절체부

변조파 자동 절체부는 3 개의 출력 선택 Relay로서  
 신호합성부의 출력을 선택하여 그 출력을 분배기 입력단에 가한다  
 10 ms gate 신호, 85 ms gate 신호, 분 gate 신호에 대응하는  
 변조신호로서 1 KHZ, 1.6 KHZ, 600 HZ 의 변조파를 3 개의 Relay  
 로서 출력을 선택한다.

#### 6.2.5 표준전파 송신용 저역 여파기

여파기는 2.5 MHz 용 5 MHz 용, 10 MHz 용은 유도 M형 1조와 정 K형 1조로 구성되어 있고 15 MHz 용은 유도 M형 1조와 정 K형 2조를 영상접속하여서 동상고조파성분과 역상고조파성분을 동시에 제거하도록 되어 있다. 본기는 사용시에 부조정형으로 되어 특별한 조작개소는 없으며 양 측면에 통풍 구멍이 있어 자연냉각으로 사용한다. 입력 및 출력단자의 간격은 각각 300 mm로 되어 있으며 평행 2선식 급전선 및 송신기 출력단자를 직접 접속할 수 있게 되어 있다.

정격 : 본기의 사용주파수는 2.5 MHz 용, 5 MHz 용, 10 MHz 용, 15 MHz 용의 4종류가 있으며 각각의 전기적 특성은 다음과 같다.

- (1) 입력 Impedance : 600  $\Omega$
- (2) 출력 Impedance : 600  $\Omega$
- (3) 입출력 전력 : 2 kw이상
- (4) 주파수 특성 : 입출력 통상 Impedance를 600  $\Omega$ 으로 해서 표준신호 발생기로 측정된 주파수 특성은 다음과 같다.

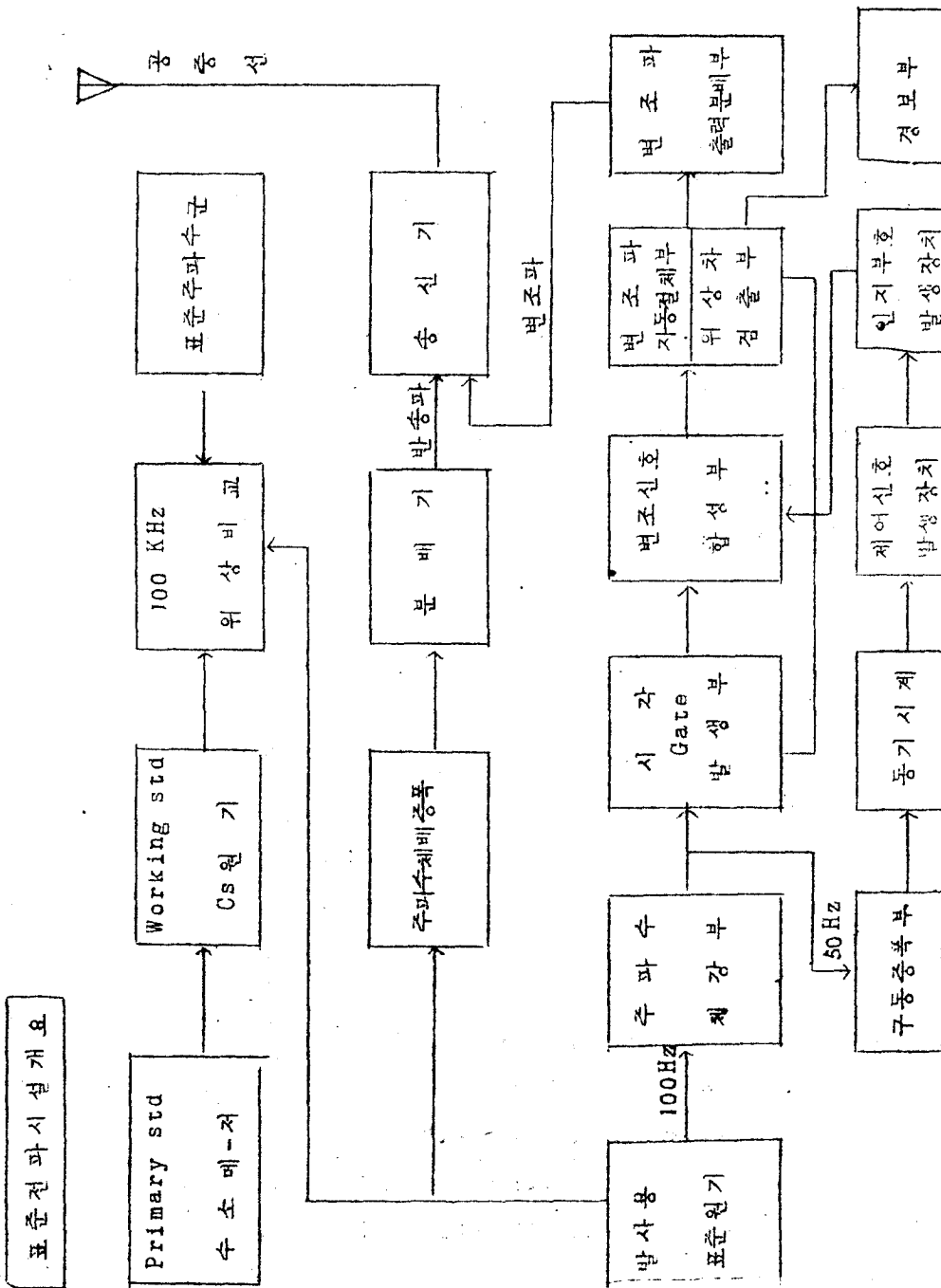
통과대역내의 주파수에서의 손실 : 1 dB 이하

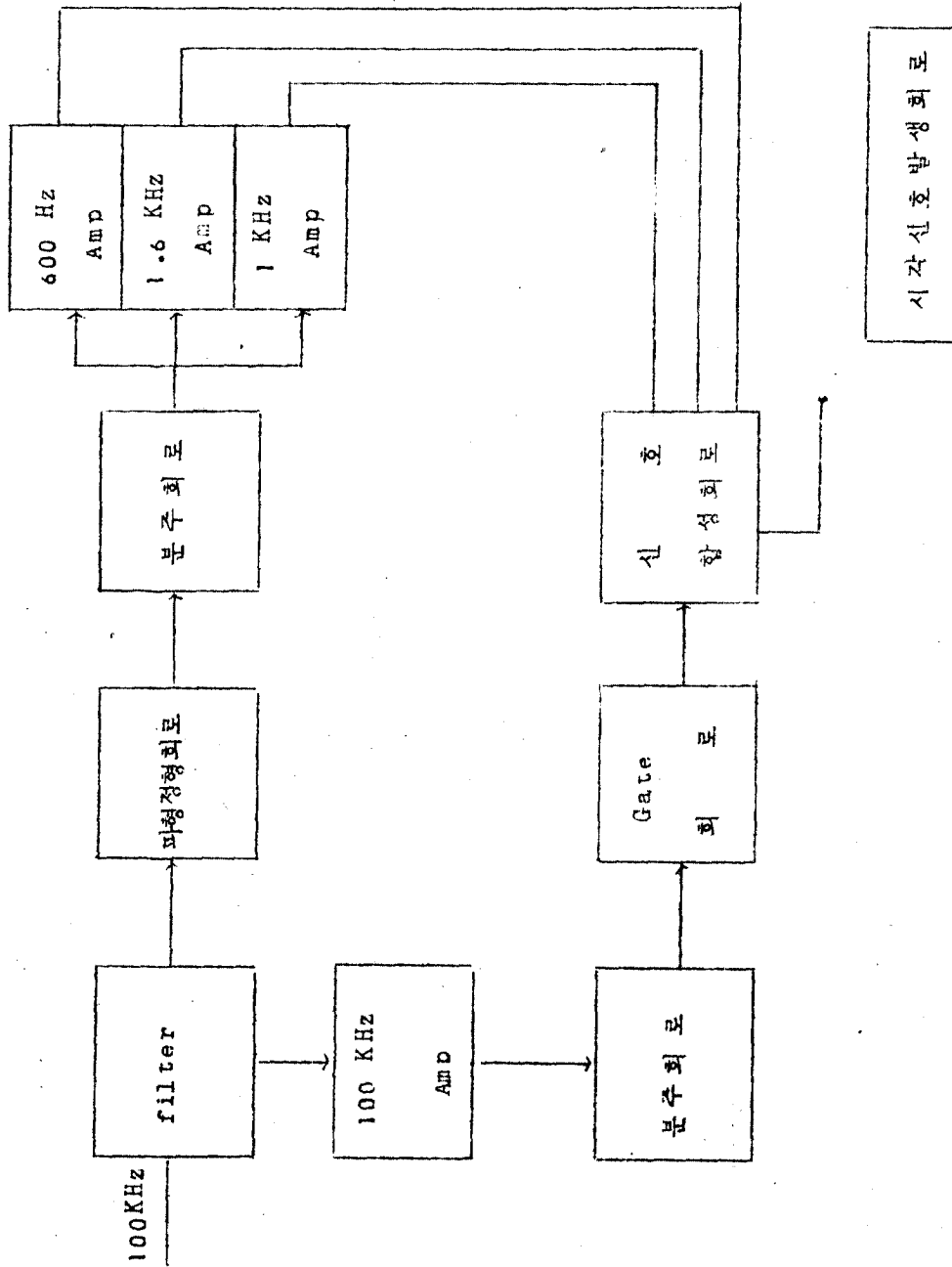
감쇠대역내의 주파수에서의 손실 : 30 dB 이상

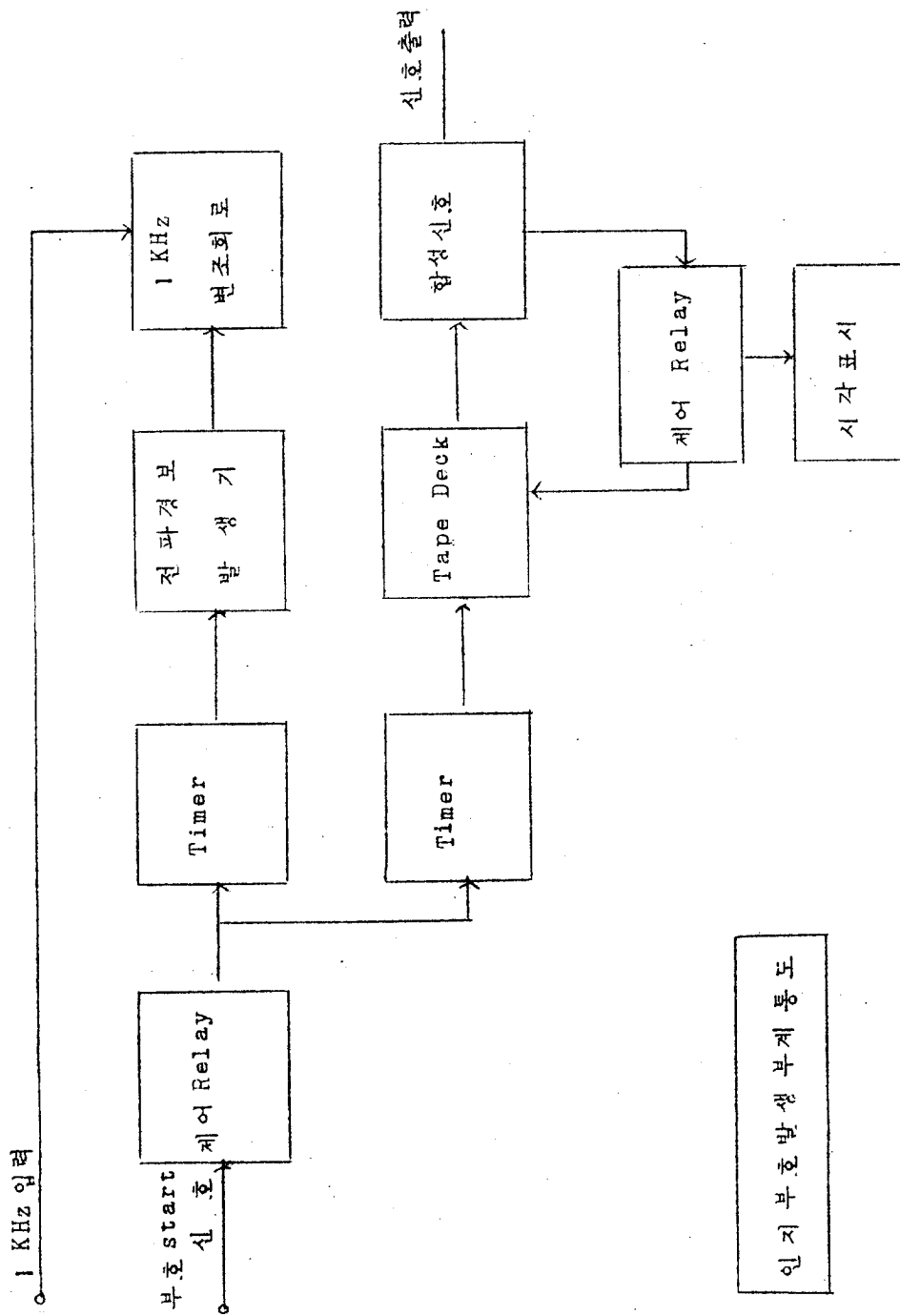
- (5) 각각의 여파기의 통과대역 주파수는 다음표 2 와 같다.

| 종 류       | 통 과 대 역      | 감 쇠 역     |
|-----------|--------------|-----------|
| 2.5 MHz 용 | 2 ~ 3 MHz    | 5 MHz 이상  |
| 5 MHz 용   | 4 ~ 6.5 MHz  | 8 MHz 이상  |
| 10 MHz 용  | 6.5 ~ 10 MHz | 13 MHz 이상 |
| 15 MHz 용  | 10 ~ 16 MHz  | 20 MHz 이상 |

표 2 표준전파송신용저역여파기의 통과대역주파수

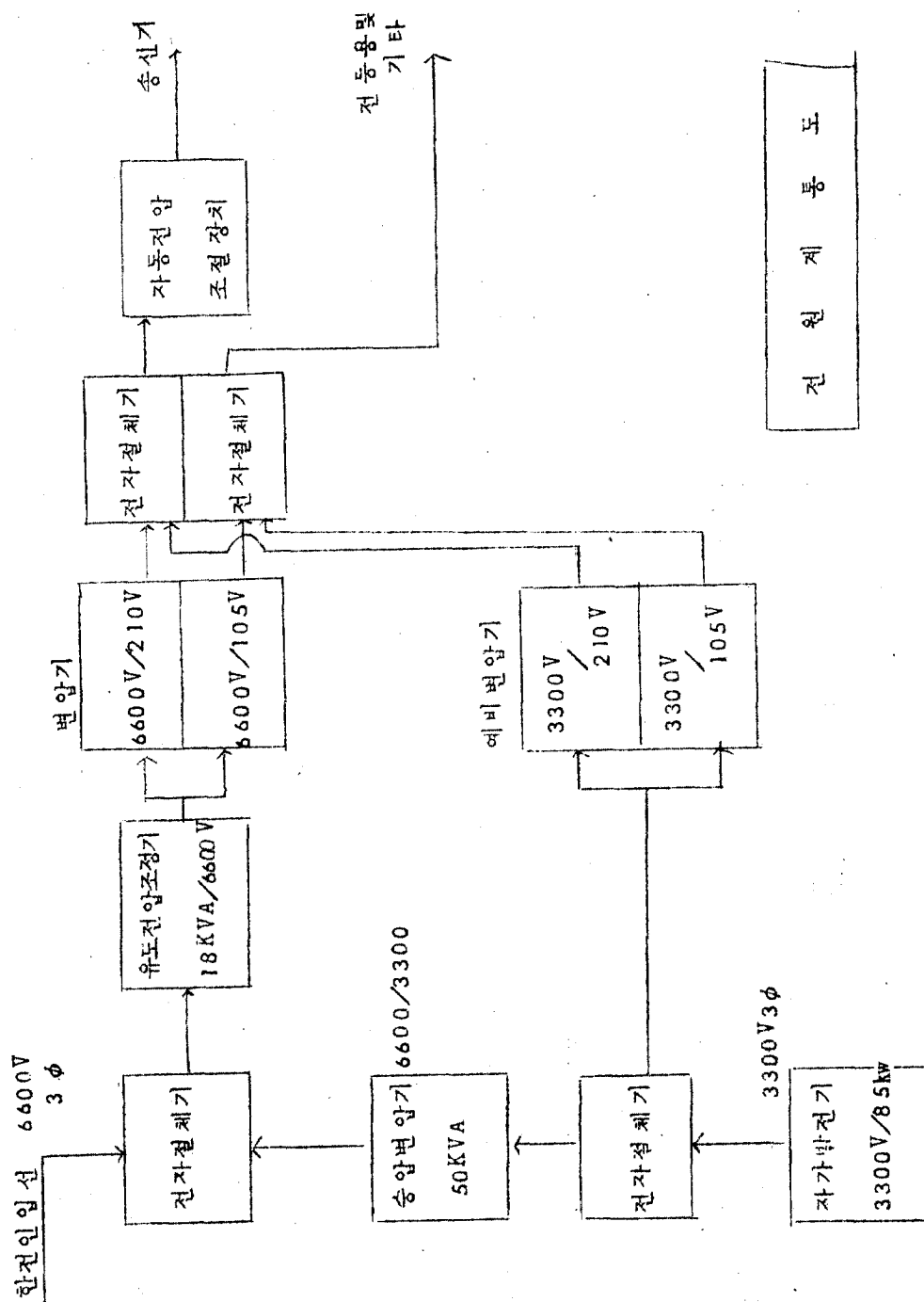


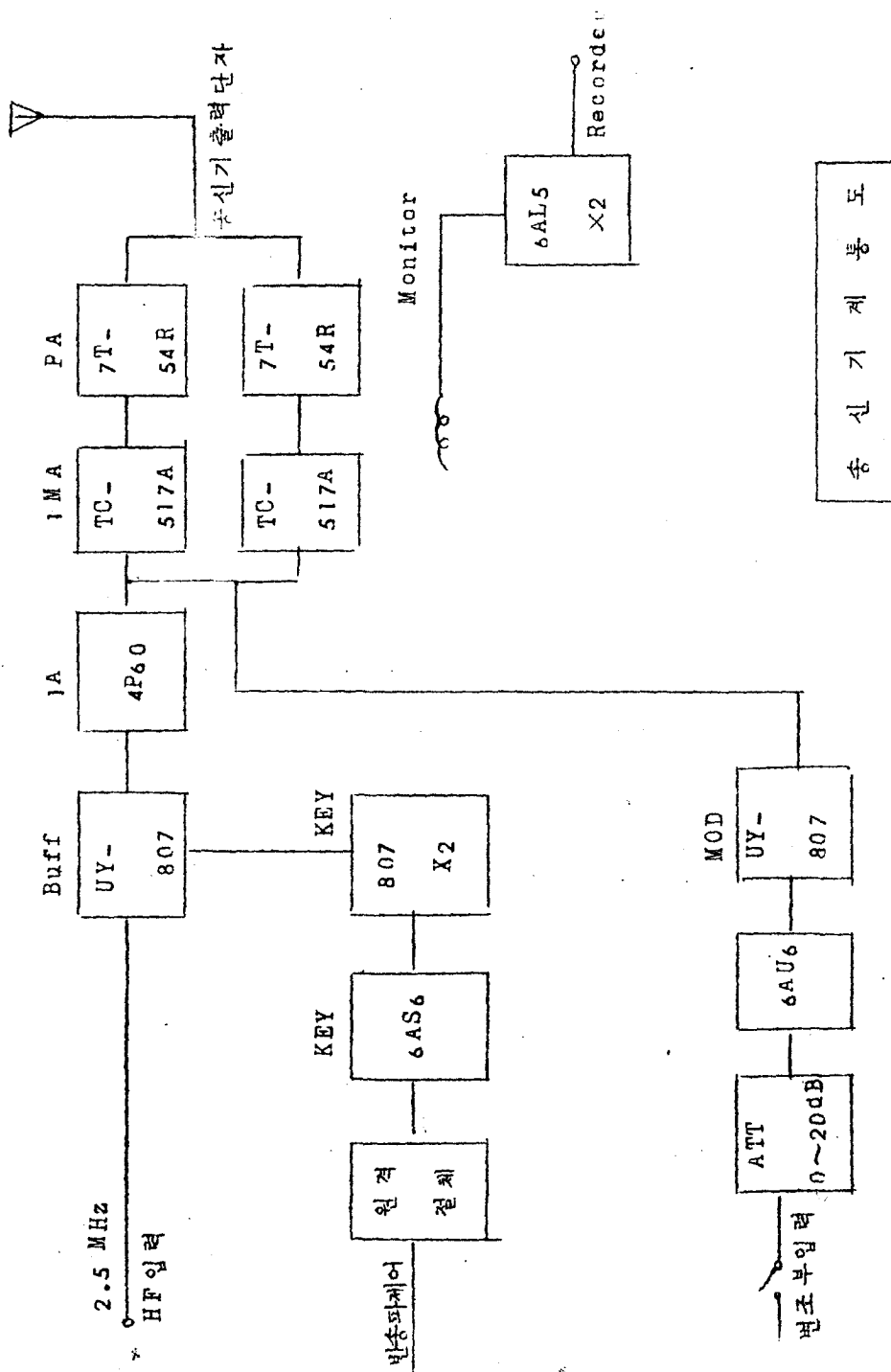




인 지 부 호 발 생 부 제 통 도







## 6. VLF 전파의 위상비교 결과

### 6.1 장파표준전파의 의의

발전기의 주파수를 정밀한 방법으로 측정하기 위하여는 종래의 일반단파 표준전파인 WWV나 JJY 등이 이용되었었다. 이 표준전파의 주파수는 극히 높은 확도로 유지되어 있기 때문에 (현재  $2 \times 10^{-10}$  정도임) 일반적으로 이 주파수는 전혀 오차없이 방사되고 있다고 해도 과언이 아닌데 실제로는 멀리 떨어진 곳에서 이용하는 경우에 전파의 전파도중에 야기되는 장애등으로 인하여  $10^{-8} \sim 10^{-7}$  정도의 주파수변동은 무시할수 없게 된다. 이것은 단파가 그의 전파특성상, 일반적으로 변동이 격심한 전리층 내부에 깊이 침투하여 그것이 수신측에 되돌아오기 때문에 전파통로장이 비교적 빨리 변동함에 따라 이에 상당한 즉 Doppler 효과에 의하여 무시할 수 없는 주파수변동이 일어나게 된다.

그런데, 최근 전자공업의 급진적인 발전에 따라서 高精度의 주파수 신호에 대한 요망이 높아져 고안정 발전기를 요구하는 소리와 함께 그의 안정성을 확인하고 또 그의 절대치들 확보하기 위하여는 전파도상에서의 정도일화가 적은 표준전파의 출현을 갈망하기에 이르렀다. 이에 따라서 장파표준전파가 등장하기에 이르렀고, 이것은 장파가 단파와 마찬가지로 멀리 전파된다는 점외에 그의 전리층 전파가 상층에 비해서 매우 안정한 하부전리층에 반사되어 그의 전파상황이 극히 안정하므로 전파파의 주파수변동도 또한 극히 근소하다는 것이 명백하다. 종래 단파의 표준전파를 사용하여  $10^{-8}$  이상의 극히 정밀한 주파수측정을 해야 할 경우에는 전리층의 변동에 의한 오차를 피하기 위하여 수정시계와 같은 큰 주파수 적산장치를 수신측에 설치하고 장시간에 걸쳐 측정을 행하는데, 이

경우 수정시제에 사용되는 발전기의 주파수가 측정기간중 충분히 안정되어 있다는 보증이 필요한 점등, 이 방식에는 많은 결점이 있고, 단시자에  $10^{-10}$  까지의 정도로 측정이 되는 장파표준전파의 이용에 의한 방법에 비교될수 없다. 장파표준전파의 출현에 따라서 처음으로  $10^{-9}$  보다 높은 고정도의 주파수가 일반 이용자의 수중에 들어있다해도 과언이 아니며 이점이 바로 장파표준전파의 의의라 할수 있다.

## 6.2 장파의 특징과 장파표준전파

장파도 단파의 경우와 마찬가지로 지상파전파와 전리층파가 있다고 생각되는데, 각자의 전파특성이 단파의 것과 현저하게 그의 양상을 달리하고 있기 때문에 전체적으로 본 경우 그 전파에는 현저한 특징이 있다. 지상파에 대하여는 지표면에서의 손실이 적기 때문에 단파와는 달리 통달거리가 아주 큰것이 장점이고, 전리층 전파에 대하여는 전파도중에서의 감쇠가 비교적 적은 것, 또 전파가 주로 D층의 하부에서 반사하기 때문에 그의 전파는 시간적으로 극히 안정하다. 고로 전리층요란도 적고 fading도 완만함과 동시에 위상안정도가 아주 좋은것등을 열거할 수 있다. 이상을 한마디로 말해서 장파는 그의 전파가 극히 안정하고 멀리 도달할수 있다는 것이다. 그런데, 장파의 결점을 든다면 다음과 같다. 먼저 장파대에서의 잡음레벨은 대단히 높다고 지적할 수 있다. 이것은 필연적으로 큰 송신 출력을 필요로 하게 되고 파장이 길기 때문에 값이 비싼 송신시설을 요하게 된다. 다시 말하면, 이것은 수신장치에 들어온 잡음전력을 뺄수 있는대로 적게 한다는 관점으로 부터 수신주파수 대역폭을 제한하게 되어 전파의 주파수가 낮게 되므로 근본적으로 사용가능한 주파수대역이 제한되

어 있다는 것과 공중선의 Band 폭이 너무 좁기 때문에 사용가능 주파수폭을 더욱 좁게 하고 있다. 장파는 전신용으로만 사용하고 있는 이유가 바로 이 때문인 것이다. 그런데, 이 결점을 결점으로 생각하지 않고 도리어 그외 장점을 최대한으로 이용하는 경우가 있다. Band 폭이 극히 좁아도 좋은것, 따라서 전파의 안정성을 극도로 요구하는 것, 그것이 표준주파수의 전송이며 또 Decca 와 같은 항행원조방식인 것이다. 안정화된 주파수가 연속파로 된다면 Band 폭은 극히 좁게 되어 위상의 고안정성이 생명인 이들의 이용분야야 말로 장파의 특징이 최대로 발휘된 것이라 할 수 있다.

### 6.3 VLF 전파의 위상비교 결과

당소에 설치된 VLF 수신기에 의하여 USNO (미해군 관측소) 산하국인 NLK와 NDT 국을 수신 비교한 결과는 다음 표와 같다. 여기서 주간 8시간에 걸쳐 비교측정된 확도는

$$\begin{aligned} \text{NLK (18.6 KHZ)} &: 9.5 \times 10^{-11} \\ \text{NDT (17.4 KHZ)} &: 4.5 \times 10^{-11} \end{aligned} \quad \text{2월중}$$

이며, 3월중의 비교확도는

$$\begin{aligned} \text{NLK (18.6 KHZ)} &: 8.8 \times 10^{-11} \\ \text{NDT (17.4 KHZ)} &: 4.6 \times 10^{-11} \end{aligned} \quad \text{3월중}$$

으로 나타났다. 이 치는 당소보유 세습원기의 출력 100KHZ와 상기 미해군 관측소의 표준원기와 위상을 비교한 것인데 결국 미해군 관측소측에서 발사한 전파의 확도를 절대치라고 생각한 경우이다. 또한 상기 국에서 발사하는 전파의 위상은 USFS (United States Frequency Standard : 미국의 주파수표준 : NBS에서 관장하고 있음)와 완전히 동기된 상태이므로 정확하다고 믿을수 밖에

없으며, 세계 각국은 또한 이를 수신하여 각국의 표준시를 결정·정  
정하고 있는 실정이다. 따라서 우리나라의 원기는 도입된지 어연  
6년이 되는데도 도입 당시의 공칭확도  $1 \times 10^{-11}$ 에 비하면 다소  
열화되었다고 한수 있으나  $10^{-11}$ 이란 order는 그대로 유지된 상  
태이므로 당분간 사용에는 큰 지장이 없으나 빔튜브의 고화현상을  
조사하여 상기 빔튜브의 교환작업을 위한 준비를 하여야 할 것으  
로 생각된다.

## 7. 참고문헌

- 7.1 NBS Special publication 236
- 7.2 NBS Time and Frequency Service Bulletin No.191
- 7.3 Application Note 52-1, Hewlett packard
- 7.4 NBS technical Note 611
- 7.5 NBS technical Note 379
- 7.6 NBS monograph 140
- 7.6 長波標準電波 受信裝置, 日本電気学会
- 7.7 高周波 마이크로波計劃, 日本産業技術振興協会