

最適 指向性を 얻을 수 있는 TV·FM放送用 高利得 空中線

(Optimum Pattern Control of Super Gain Antenna
used in TV. FM Broadcast)

正會員 鄭 萬 永* 正會員 金 俊 鎬**
(Chung, Man Young) (Kim, Joon Ho)

要 約

서울과釜山에 建設된 TV, FM 放送用 高利得 空中線에 對하여 얻을 수 있는 最適 指向性を 記述하였다.

最適 指向性を 얻기 爲해서 4個 空中線을 서울에서 仁川쪽으로 움직여 보아서 結果를 내어 理論値와 比較하였다. 같은 結果를 釜山地方의 空中線에서도 얻었다.

같은 方法으로 結果를 釜山地方의 空中線에서도 얻었다.

ABSTRACT

An optimum pattern control procedure for the TV, FM broadcasting antennas being constructed in Seoul & Pusan is described. For the pattern control, 4 antenna elements were removed from Seoul toward Inchun. Resulting pattern was measured and compared to the results of theoretical value. Similar results were obtained for Pusan antenna.

1. 序 論

國產 第一號의 TV, FM 放送用 高利得 空中線⁽¹⁾으로서 이미 放送 業務를 開始한 JBS-TV의 서울 및 釜山地區의 空中線이 各地區에 適合한 指向特性을 얻을 수 있는 理論的 根據에서 設置된 後 事業 開始까지에 時間的 餘裕가 充分치 못해서 "인피단스"特性和 近距離 地區에서의 指向性에 異常이 없다는데서 放送이 始作되었었다. 그러나 그 後 서울地區에서는 仁川地方이 많은 視聽者를 包含한 最大의 衛星都市임에도 不拘하고 仁川市街에서의 電界가 弱하여 視聽者로부터의 不滿이 이 地區의 電界를 當場 補償하지 않으면 안되게 되었었다. 여기서 當初의 設計 目標로 水原方向을 強調해서 將次 TV 再放送 中繼를 大田에서 直接 할 수 있도록 한 것을 根本的으로 變更해서 仁川方向을 救濟하게 되었었다. 따라서 理論的으로 始初의 指向性을 檢討하고 上記 要求에 알맞게 하기 위하여 새로이 두가지 改良 試圖를 理論 計算으로 해 본 結果 그중에서 서울地區만을 中心으로 한 最適 指向性을 알아내고 그것이 實地에서도 잘 合致된다는 것을

確認할 수가 있었다.

한편 釜川地區에 있어서는 傳播路上에 海面이 介在하기 때문에 特別히 垂直偏波로 한 結果 Bridge Diplexer 饋電으로서 普通空中線 方式에 依해서는 到底히 最適 指向性을 얻을 수 없었던 것을 一面 複合 空中線을 前面에 組合하여 理論的으로 所期の 最適 指向性을 얻을 수 있다는 根據에서 設置를 한 後 이것도 市內에서의 視聽에는 支障이 없다는 것만 確認하고 放送業務부터 開始하였던바 이번에는 若干의 時間的 餘裕를 타서 實地에서 指向性을 測定해 본 結果 亦是 理論値와 잘 合致되는 結果를 얻을 수가 있었다.

여기서 特殊地區에 最適 指向性을 얻을 수 있는 본 空中線에 關한 理論計算과 實測結果를 檢討해 보기로 하겠다.

2. 水平 偏波 空中線群에 依한

서울地區 最適 指向性

水平 偏波方式에 依한 JTV 空中線에 關한 理論的인 水平指向性은 그림 1과 같다.^{(2), (3)} 이 그림에서 第一 電界強度가 강한 方向은 南쪽(水原方向)이고 西北方向과 (接受 1965年 11月 16日)

* **原子力研究所 電子工學研究室
Electronics Division,
Atomic Energy Research Institute

東北方에 第二의 Side Lobe 를 갖는다. 이런 特性을 갖는 Pattern 을 만들게 된 動機는 將次 南쪽으로 TV 再放送 中繼를 試圖해 보려고 하였던 것이나 始初의 이런 計劃을 Microwave Relay 의 可能性이 서자 變更하게 되고 또 視聽者들이 많이 集中되어 있는 仁川地方에 電界強度가 理論적으로 豫測할 수 있는 Dip 點 以上으로 意外로 弱해져서 이것을 補償할 수 있는 Pattern 調整을 斷行한 것이다. 그림 1에서 實線 Pattern 은 空中線의 反射板이 0.53λ 로 서로 正三角鐵塔을 이룬다고 生覺해서 그런 것이나 實地의 三角鐵塔이 一邊의 길이는 1.68λ 로서 이 鐵塔 自體가 反射板의 구실을 한다고 生覺해서 그런 것이 點線 Pattern 이다. 이런 三角鐵塔의 影響은 空中線으로부터 35 km 나 떨어진 仁川地方에서 顯著하게 나타나서 視聽이 아주 困難하게 되었다. 여기서 이러한 問題의 解決點을 여러모로 檢討한 끝에 이러한 地區에 가장 適合한 指向性을 얻기 위해 다음 두 가지 方法中 한가지를 採擇키로 하여 南側을 強調한 始初의 Pattern 을 希望대로 變更할 수 있었다.

即 그 두가지 方法이란,

1) 南方電界는 그대로 두고 西北方과 東北方 空中線群中에서 一部를 仁川方向으로 돌린다.

2) 西北方과 東北方 空中線은 그대로 두고 南方 空中線群中에서 一部를 仁川方向으로 돌린다는 것이다. 여기서 于先 問題가 된 仁川地方 電界強度를 補償하기 前의 實測值⁽⁴⁾로서 表 1에 表示한다.

表 1.

測 定 地 點	映 像	音 聲
인 천 만 국 공 원	0.4	3.5
인 천 무 선 학 교	2.7	9
송 립 동 로 타 리	0.18	1
남 인 천 역	0.2	0.6
송 의 동	0.65	2.2

但 測定單位 : mV/m

이 表를 보면 알 수 있듯이 仁川地方의 平均 電界強度가 0.8 mV/m 밖에 안되기 때문에 高利得 受信空中線을 使用하거나 空中線 높이를 特別히 높여서 JTV 感度가 가장 좋은 點에 固定하지 않으면 JTV 單은 視聽할 수 없는 實情에 있었다. 이러한 것은 上述한 第一, 第二의 方法으로 그 可能性을 理論的인 解析 結果로부터 檢討해 보았는데 그 要點을 記述하면 다음과 같다.

먼저 第一의 方法으로서는 東北方 空中線 8段中 2段과

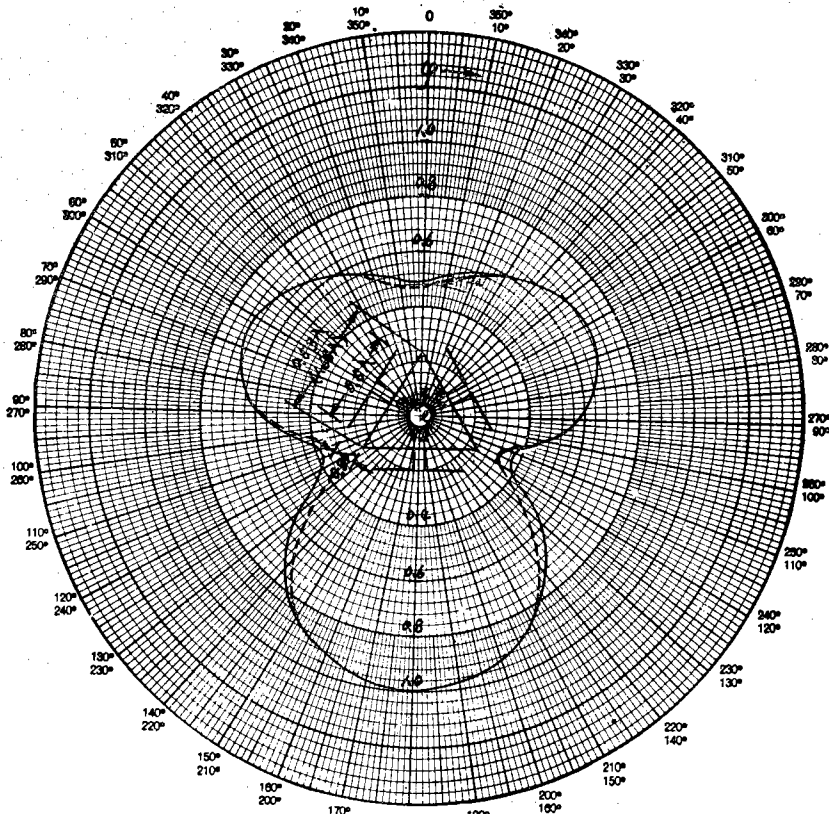


그림 1. N-W : 8 elements, N-E : 8 elements
S : 8 elements 인 때의 電界分布

西北方 空中線 8段中 2段을 各各 때어 서 仁川方向으로 向해서 鐵塔面에 固定하였다고 假定하고 그때의 Pattern 變化의 模樣을 計算해서 그림 2와 같은 結果를 얻었다.

처음 仁川方向의 Field Pattern 은 다음 式으로 決定된다.

$$D_3(\varphi) = \sqrt{A_2^2 + A_3^2 + 2A_2 \cdot A_3 \cdot \sin\{174.6^\circ[\sin(30^\circ - \varphi) - \sin(30^\circ + \varphi)]\}} \dots\dots\dots(1)$$

但 $210^\circ < \varphi < 270^\circ$

式(1)에 A_2 는 南方 空中線의 發振能率이고 A_3 는 西北方 空中線 8段中 2段을 때어 있을 때의 西北方 空中線 6段에 依해서 생기는 發振能率인데 이들은 다음 式으로 주어진다.

$$A_2 = \sqrt{2} \frac{\cos\{90^\circ \sin \varphi\}}{\cos \varphi} \cdot \sin\{108^\circ \cos \varphi\} \dots\dots\dots(2)$$

$$A_3 = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\cos\{90^\circ \sin \varphi\}}{\cos(60^\circ + \varphi)} \cdot \sin\{108^\circ \cos(60^\circ + \varphi)\} \dots\dots\dots(3)$$

그리고 西北方 空中線과 東北方 空中線中에서 2段씩을 때어 仁川方向으로 놓았을 때의 空中線의 發振能率을 A_{23} 라고 하면 A_{23} 는 다음 式으로 表現된다.

$$A_{23} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\cos\{90^\circ \sin(120^\circ + \varphi)\}}{\cos(120^\circ + \varphi)} \cdot \sin\{108^\circ \cos(120^\circ + \varphi)\} \dots\dots\dots(4)$$

여기서 式(1)과 式(4)의 結果를 合成하면 仁川方面에 對한 Pattern 式이 얻어진다.

이들의 合成 指向性을 $D_{23}(\varphi)$ 라고 하면

$$D_{23}(\varphi) = D_3(\varphi) + A_{23}e^{i\tau}$$

로 表示되는데 여기서 位相差 τ 로서는 物理的인 鐵塔 構造에 對한 것은 $D_3(\varphi)$ 에 包含되어 있으므로 다시 考慮할 必要가 없고 다만 饋電位相差 $\frac{\pi}{2}$ 만 넣어주면 된다.

$$D_{23}(\varphi) = D_3(\varphi) + A_{23}e^{i\frac{\pi}{2}} \dots\dots\dots(6)$$

式(6)에 對한 絕對值를 求해서 다음 式을 얻는다.

$$D_{23}(\varphi) = \sqrt{D_3^2(\varphi) + A_{23}^2 + 2D_3(\varphi) \cdot A_{23} \cos 60^\circ} \dots\dots\dots(7)$$

따라서

$$D_{23}(\varphi) = \sqrt{D_3^2(\varphi) + A_{23}^2} \dots\dots\dots(8)$$

但 $210^\circ < \varphi < 270^\circ$

그림 2는 式(2), (3), (8)에 數值 代入을 해서 Pattern 을 얻은 것이다. 이 그림을 보면 仁川方面의 電界強度는 始初의 것보다 約 2倍 程度로 커지므로 實測 電界強

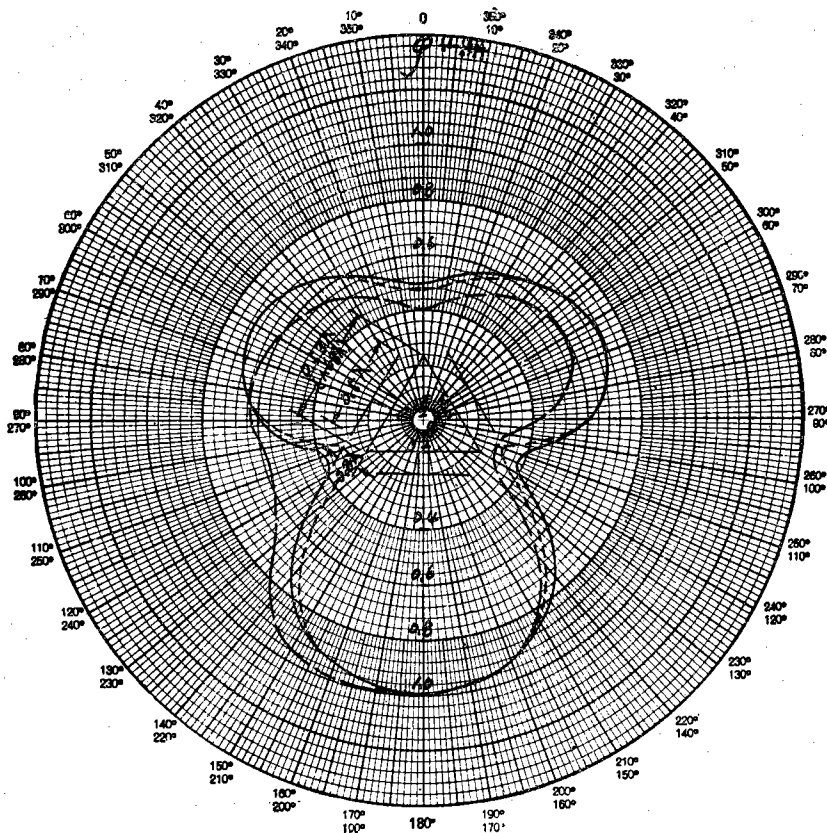


그림 2. N-W : 6 elements. N-E : 6 elements. S : 8 elements. Inchun : 4 elements 일 때의 電界分布

度 平均値 0.8 mV/m에서 1.6 mV/m로 커지는 결과가 된다.

이 程度의 電界強度는 視聽者가 集中되어 있는 仁川市街地 內에서의 陰影地帶에 들어가는 地點이나 여러가지 都市雜音과 妨害電波와의 干涉의 影響을 받는데는 格別한 效果를 볼 수가 없을 것이 豫測되었다. 그래서 더 積極인 補償策으로서 第二의 方案을 敢行하여 보게 된 것이다. 卽 이 方案은 南方 空中線群中 上部의 4段만을 떼어 仁川方面으로 돌리고 西北, 東北方 空中線群은 그대로 두는 것이다.

이때에 各方向의 發振能率은 다음 式으로 된다.

$$A_1 = \frac{\cos\{90^\circ \sin(60^\circ - \varphi)\}}{\cos(60^\circ - \varphi)} \cdot \sin\{108^\circ \cos(60^\circ - \varphi)\} \dots (9)$$

$$A_2 = \frac{\cos\{90^\circ \sin \varphi\}}{\cos \varphi} \cdot \sin\{108^\circ \cos \varphi\} \dots (10)$$

$$A_3 = \frac{\cos\{90^\circ \sin(60^\circ + \varphi)\}}{\cos(60^\circ + \varphi)} \cdot \sin\{108^\circ \cos(60^\circ + \varphi)\} \dots (11)$$

그리고 仁川方向에 놓은 空中線의 發振能率을 A'_{23} 라고 하면,

$$A'_{23} = \frac{\cos\{90^\circ \sin(120^\circ + \varphi)\}}{\cos(120^\circ + \varphi)} \cdot \sin\{108^\circ \cos(120^\circ + \varphi)\} \dots (12)$$

지금 仁川方向의 合成 指向性을 $D'_{23}(\varphi)$ 라고 하면 式(6)과 같은 形態를 取하게 된다.

$$卽 D'_{23}(\varphi) = D_3(\varphi) + A'_{23}e^{j\theta} \dots (13)$$

式(13)에 位相差가 Zero 된 것은 物理的 構造에 依한 位相差와 饋電位相差가 모두 없기 때문이다. 따라서

$$D'_{23}(\varphi) = D_3(\varphi) + A'_{23} \dots (14)$$

式(14) 가운데 $D_3(\varphi)$ 의 값은 式(1)에 式(10), (11)을 代入한 것으로 式(14)에 數値代入해서 그린 것이 그림 3이다. 이 그림을 보면 南方으로는 많이 犧牲이 되나 仁川方向으로는 훨씬 強調된 Pattern을 얻게 되었다. 이와같은 結果를 얻어 始初의 Pattern 補償은 第一의 方案을 버리고 第二의 方案을 採擇하여 南方 空中線群中 半을 仁川方向으로 돌려서 現地에 가서 電界強度 測定을 5次에 걸쳐 行하였다. 여기에 最終的으로 測定한 仁川地方 電界強度 測定值을 表 2에 表示한다.

지금 表 1과 表 2와 같은 實測結果를 比較해 본다면 Pattern 調整後의 값이 그 前의 값에 比해서 2倍~5倍程

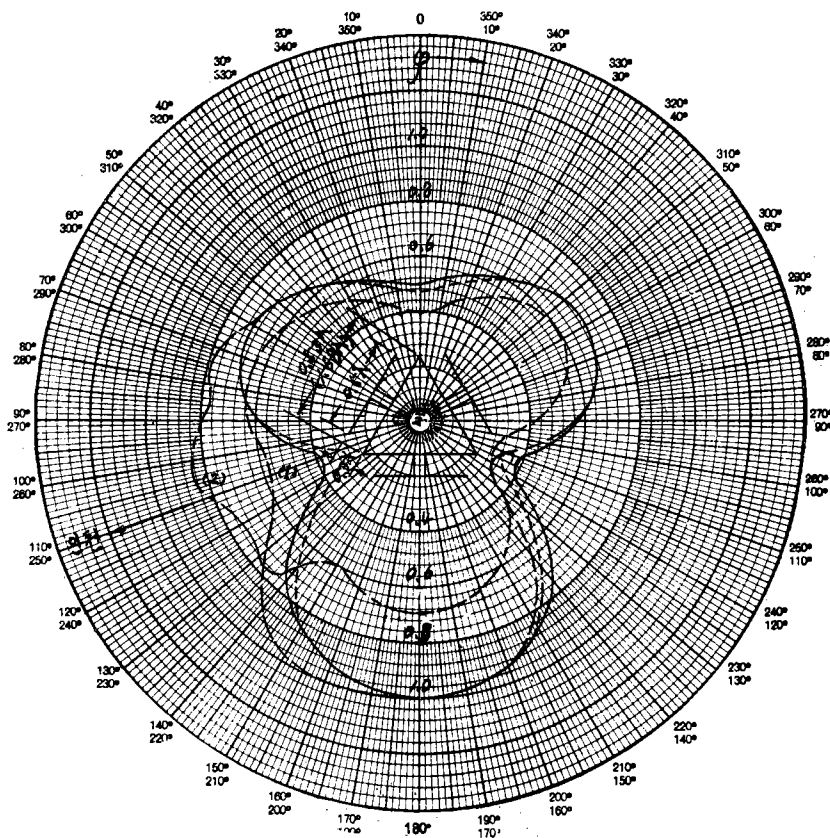


그림 3. N—W : 8 elements, N—E : 8 elements, S : 4 elements, Inchun : 4 elements 일 때의 電界分布

表 2.

測 定 地 點	映 像	音 聲
인 천 무 선	5	7
송 립 동 로 타 리	0.5	0.5
남 인 천 역	1	1.2
인 천 소 방 소	10	11

但 測定單位 : mV/m

度の 電界強度가 커졌는데 그림 3에서 理論的으로 計算해 본 값이 3倍 程度이므로 市街地內에서의 地域分布의 平均 標準偏差 6.19 db 範圍內에서는 理論值와 거의 一致됨을 알 수 있다.

그리고 이렇게 한 後의 全 Pattern 을 最終的으로 實測한 結果(4)를 表 3에 整理하였다. 또 서울 地區 實存地形에 依한 Pattern 은 그림 4에다 山岳에 依한 影響을 쉽게 알 수 있도록 50萬分之 1 地圖로서 圖示하였다.

表 3.

測 定 地 點	映 像	音 聲
소 래 면	0.35mV/m	0.3mVm
삼 거 리	0.19	0.23

測 定 地 點	映 像	音 聲
반 일 면	0.28	0.37
수 원	0.7	1
군 포 장	0.25	0.45
시 흥	4	5
봉 은 사	110	13
말 죽 거 리	6.5	9
국 군 묘 지	300	400
양 화 교	38	70
전 오 리	15	
오 천 면 사 무 소	18	
계 양 면	10	
부 평 4 거 리	9.5	
새 나 라 자 동 차 공 장	5	10
부 평(신촌)	10	11
부 평 송 신 소	6.5	5.5
동 립 산 업	45	30
망 우 리	44	37
면 목 등	110	130
송 목 등	70	80
속 수 능	50	130
심(강변)	30	45
색(국방대학)	30	45
능 곡	1.8	2

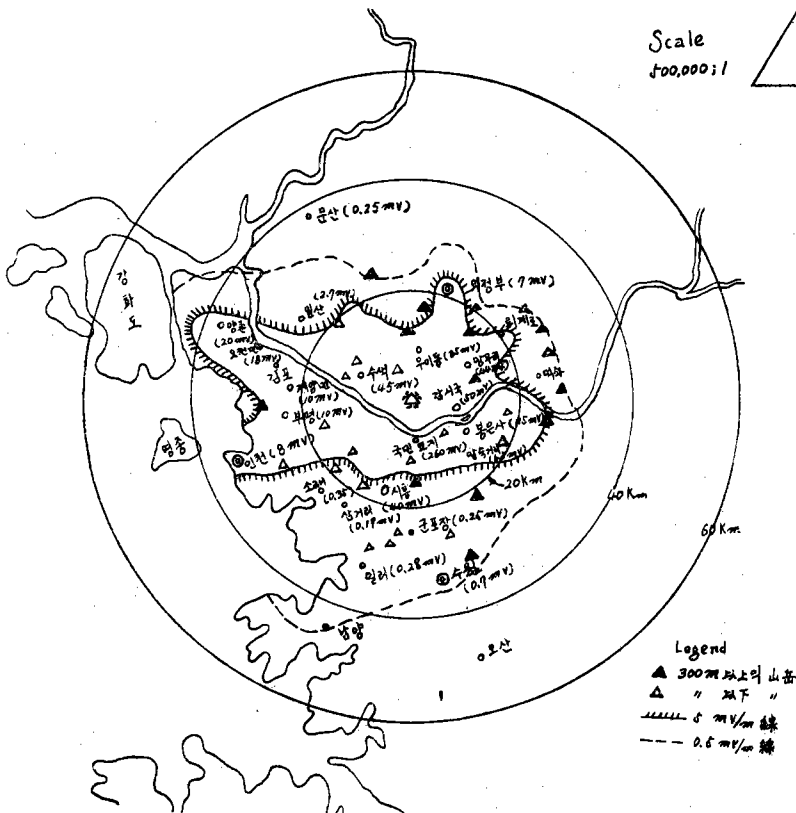


그림 4. 서울地新 JTV 電界分布

測定地點		映像	音聲
일고동문강의우	산양천산면부등	2.7 6 19 0.25 0.14 7 35	2.2 3.5 2.5 0.23 0.1 5 30

支障이 없다. 이와같이 東北側과 南側이 山岳으로 둘러싸인 서울地方用 空中線으로서의 本指向性이 가장 適合하며 理論値와도 잘 合致됨을 알 수 있다.

3. 垂直 偏波 空中線群에 依한 釜山地區 最適 指向性

釜山地方은 三面이 바다이므로 이 方向으로 輻射되는 無効電波의 損失을 막고 內陸 都市地域으로 電波의 輻射 勢力을 集中시키는 것이 最適 指向性的

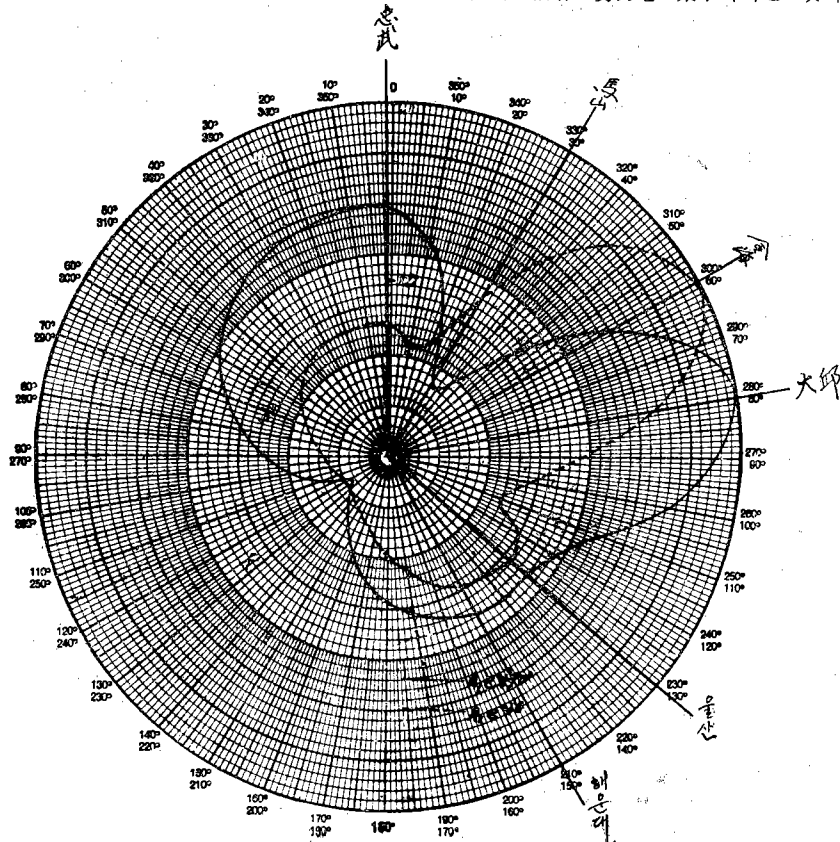


그림 5. $2D=0.5\lambda$, $H=0.3\lambda$ 일 때 水平 指向性

實測하는데 있어서 空中線 높이는 地上 4m로 一定하게 하고, 測定地點에서만 自動車 엔진으로 發電한 것을 測定器(4) AC 電源으로 使用하였다. 市街地를 가장 많이 지나면서 可視地點이 잘 안되는 仁川市內에서는 가장 電界強度가 弱하고 反對로 漢江流域을 따라서 江華島 方面으로는 市街地를 지나는 率이 가장 적어서 理論値에 가까운 電界強度를 나타내고 있었다. 이러한 實測結果를 強電界에 屬하는 5mV/m의 線으로 圖示한 것이 그림 4에 나타나 있으나 一般적으로 地域分布에 依한 標準偏差로 +5 db에서 70%值가 危송되는 것을 許容하므로(5) 本等電界線은 서울 近郊를 完全히 덮고 있었으면서 南方인 水原地方에서도 0.7 mV/m 있으므로 視聽하는데는

必要條件이 된다. 이러한 것을 實現코져 釜山 JTV 空中線을 影島 山麓에 設置하였다. 따라서 여기로부터 輻射되는 電波는 海面에서 反射되어 內陸으로 傳播되는 境遇도 生覺해서 垂直 偏波를 擇하기로 하였다. 三角鐵塔에 0.5λ되는 反射板을 두 面에 固定시키고 反射板으로부터 0.3λ되는 곳에 空中線 素子群을 固定시켜 8段으로 된 兩面 空中線群에 同相으로 饋電하면 그림 5에서 實線 처럼 된다. 이 그림에서 보면 同相 饋電일때 忠武 方向과 蔚山 方向에 電波 勢力이 弱하게 가는 反面 金海 方向으로 너무 尖銳한 指向性을 나타내어 全般的 立場에 適合한 特性이라고 볼 수 없다. 한편 90° 位相差 饋電일 때는 忠武 蔚山 方向은 同相 饋電에 보다 強해 지지만 馬山 方向

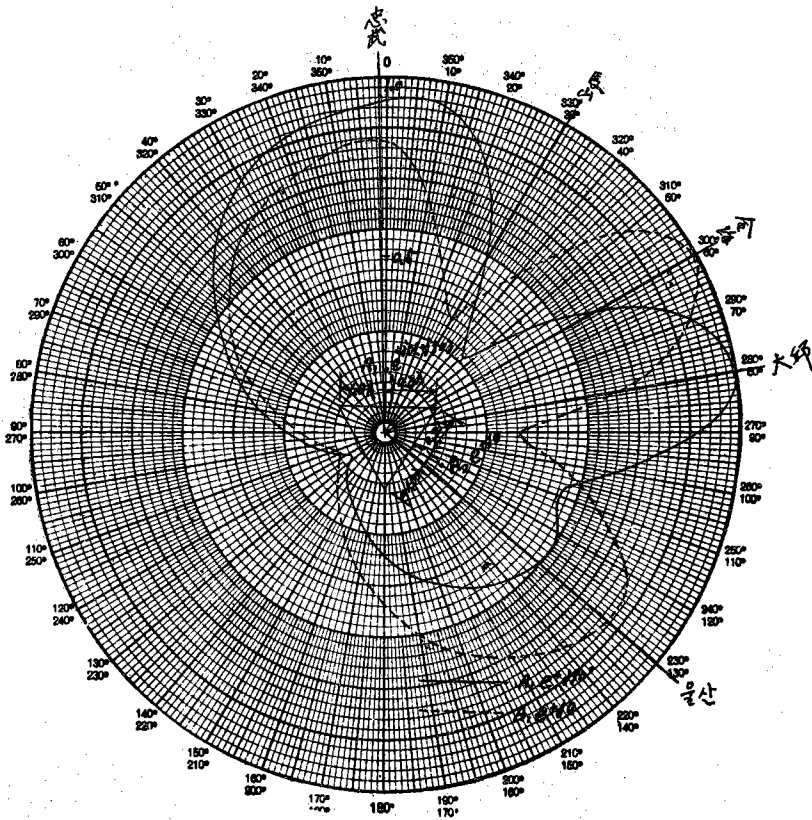


그림 6. $2D=1.0\lambda$, $H=0.3\lambda$ 일 때 水平 指向性

에 30° 程度の Dip 點이 생겨서 역시 所要의 特性을 얻지 못했다. 그래서 條件을 바꾸어서 反射板의 長이를 $2D=1.0\lambda$ 로 하였을 때 特性을 그림 6에 나타냈다. 이것은 그림 5의 것보다는 좀 改良되었다고 볼 수 있으나 同相 饋電일 때 金海方面의 Peak 點과 90° 位相差 饋電일 때 馬山方向의 Dip 差가 그대로 남아 있다. 이번에는 隣接 直角面으로 된 鐵塔上에 空中線素子가 놓여 있을 때를 生覺해 본 것이 그림 7이다. 이것도 별로 特性이 改善되지 못했다. 그래서 이번에는 다시 正三角鐵塔에 0.53λ 이 反射板을 固定시키고 空中線素子 두개씩을 한 面에 한 段마다 부쳐 그들의 間隔을 0.25λ 만큼 떨어지게 하고 H 를 0.3λ 로 하였을 때 指向性을 計算해서 Polar Graph에 그린 것이 그림 8이다. 이것은 筆者들이 實現코져 한 最適 指向性이 될 수가 있었다. 이것은 앞서 檢討한 諸特性들이 가지고 있던 短點들이 없고 理想的인 Cardioid 特性을 나타낸다. 이 特性은 Bridge Diplexer 한개만을 통해서 映像과 音聲을 饋電하고 있기 때문에 二面間에 90° 位相差 饋電을 하여서 얻

었다. 卽 鎭海方向의 發振能率을 A_1 , 蔚山方向의 發振能率을 A_2 라고 하면 $A_1 A_2$ 는 各各 다음式으로 表示된다.

$$A_1(\varphi) = \cos(45^\circ \sin \varphi) \sin(108^\circ \cos \varphi) \dots \dots \dots (15)$$

$$A_2(\varphi) = \cos\{45^\circ \sin(120^\circ - \varphi)\} \sin\{108^\circ \cos(120^\circ - \varphi)\}$$

또한 $A_1(\varphi)$ 과 $A_2(\varphi)$ 의 合成 指向性 $D(\varphi)$ 는 다음 式으로 된다.

$$A(\varphi) = \sqrt{A_1^2(\varphi) + A_2^2(\varphi) - 2A_1(\varphi) \cdot A_2(\varphi) \sin\{55.08^\circ [\sin \varphi - \cos(30^\circ + \varphi)]\}} \dots \dots \dots (16)$$

但 $30^\circ < \varphi < 90^\circ$

그림 8은 式(16)에 數值 代入해서 그린 것이다. 한편 表 4는 이러한 最適 指向性을 얻을 수 있도록 空中線群을 設置했을 때의 釜山地方 電界強度 實測值이다. 이 表를 보면 海洋大學이 있는 하리에서 映像이 0.14mV/m , 音聲이 $80\mu\text{V/m}$ 로써 反射板 後面에서의 電界強度가 最短 距離이면서도 이렇게 弱하다는 것을 實地에서 確認할 수 있었다. 反面에 可視距離가 안되는 地點에서의

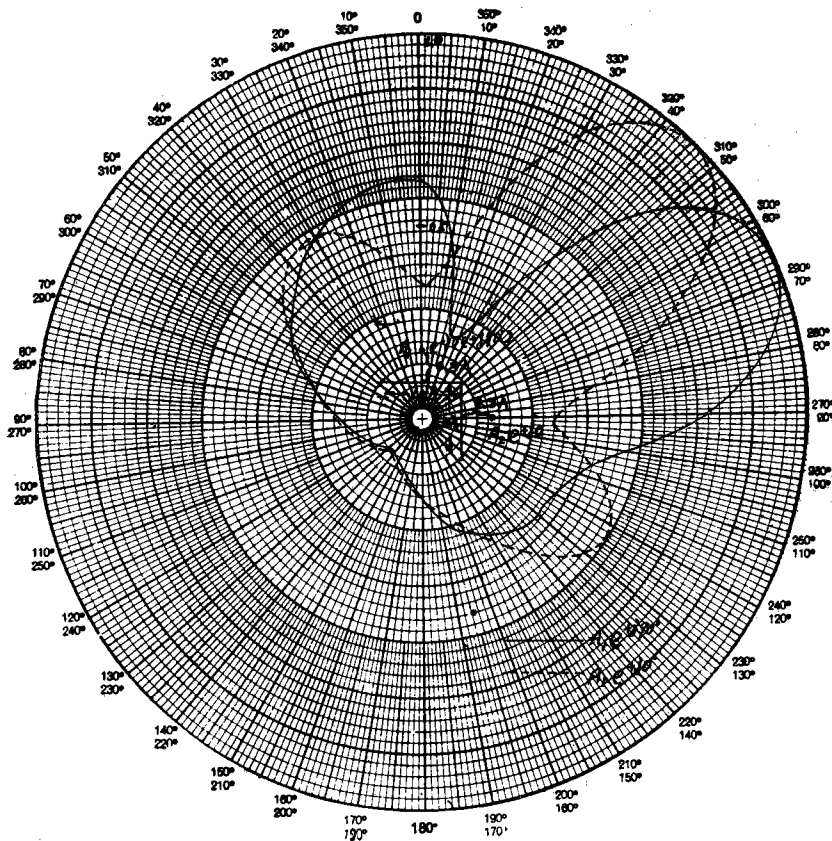


그림 7. $2D=0.5\lambda$, $H=0.3\lambda$ 일때 水平 指向性

表 4.

測 定 地 點		映 像 (mV/m)	音 聲 (mV/m)
송	도	25	20
하	단	0.16	0.3
서	대신동	31	21
부	산부두	36	24
문	현동	25	19
감	안동	36	27
신	성대	36	32
동	래	1.4	
해	운대	24	
감	시국	0.16	0.07
하	리(해양대학)	0.14	0.08
초	량	200	80
영	주동	70	100
병	원앞	120	

一部 電界가 弱한 値를 나타내고 있지만은 大體으로 可視距離內에서는 理論的 結果와 거의 一樣한 Cardioid 特性을 나타내서 實測值가 所望의 釜山地區 最適 指向性을 나타내고 있는 것을 再確認할 수 있었다.

4. 結 論

서울地區와 釜山地區에서 TV, FM 放送을 高利得 空中線을 使用해서 最適 指向性을 얻으려면 Super Gain Antenna는 가장 適合하며 그것을 써서 特殊地形에서 最適 指向性을 所望대로 얻을 수 있는 理論的인 解析을 해서 그 結果가 實際로 製作 設置하여서 實地에서 測定한 結果와 잘 合致된다는 것을 實證하였다.

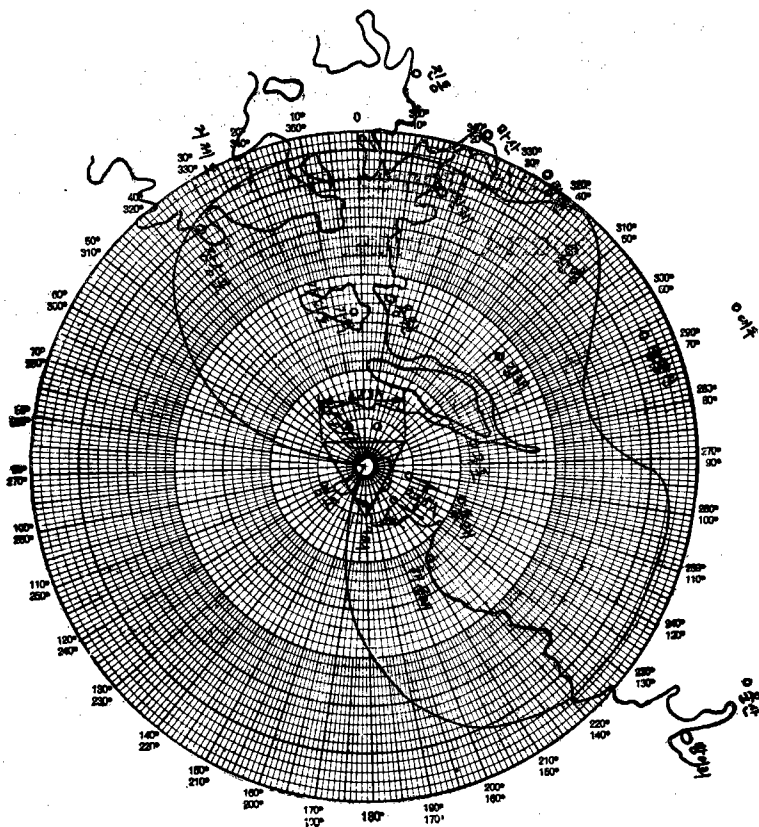


그림 8. 釜山 JTV 空中線 水平 指向性

끝으로 본 空中線 設置 및 測定에 있어서 JBS-TV 姜 晋求 技術部長, 金基鮮 서울送信所長, 鄭基瑞 釜山送信所 長을 비롯하여 遞信部, 서울, 釜山電波監視局 關係官들 께 甚深한 謝意를 表하는 바이다.

參 考 文 獻

1. 鄭萬永 金俊鎬: TV, FM 放送用 空中線 및 饋電線, 電 子工學會誌 1965年 1月

2. 鄭萬永, 金俊鎬: TV, FM 放送用 高利得 空中線의 設 計 및 試驗結果, 電氣學會誌 1965年 2月
 3. 日本 放送協會編: NHK 技術 Handbook 1962年 12月
 4. Stoddart; Radio Interference-Field Intensity Meter NM- 30 A
 5. "Television" JITEJ Vol. 11, No. 6, 1957