

GHOST 對策用 可變指向性 안테나의 計算設計

(VHF - TV. HIGH 채널用)

姜 基 年

韓國放送公社 技術局長

1. 序 言

最近 大都市에서 高層 建물이 많이 늘어남에 따라 高層 建物の 側面壁에서 反射하여 오는 干涉波로 因해 TV 画面에 二重画像이 나타나는 所謂 Ghost 現象이 늘어나고 있다.

아직 國內 TV 放送은 黑白放送이므로 一般 視聽者들이 多少의 Ghost 現象은 참고 견딜 수 있으나 앞으로 Color 放送이 始作되면 Ghost 障害는 疎忽히 할 수 없는 問題가 된다.

지금까지 이 Ghost에 對한 對策으로는 主로 여러 個의 高利得 受信안테나를 組合하여 主電波의 到來方向과 反對方向 또는 옆方向으로 부터 들어오는 反射波를 抑制하는 方法을 많이 使用하여 왔으나 여기에 簡單한 안테나 素子와 可變移相器로 反射波의 入射하는 角度에 맞추어 所謂 Null 角度를 可變할 수 있는 可變指向性 안테나의 原理를 分析하고 우리의 VHF - TV High 채널에 맞는 이러한 안테나를 實地 計算하여 設計해본 것이다.

2. 可變指向性 안테나의 原理

(1) 原 理

그림 1에서 2個의 꼭 같은 안테나 A_1, A_2 를

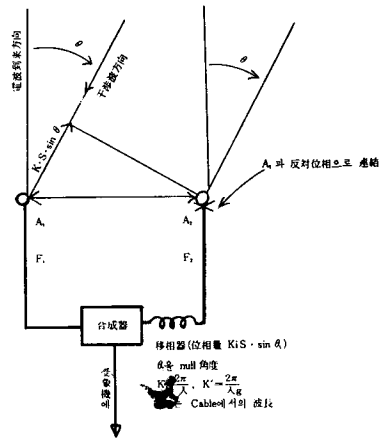


그림 1. 2個의 같은 안테나를 間隔 S로 配置한 안테나

F_1, F_2 를 같게 하고 F_2 中間에 移相器(遲延線)을 挿入하면 合成器에서 두 電波의 合 $D_1(\theta)$ 는 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$D_1(\theta) = e^{-j k \cdot s \cdot \sin \theta} + e^{+j(\pi - k' \cdot s \cdot \sin \theta_1)} \dots (1)$$

(1)式은 式을 簡單히 하기 爲하여 두 안테나의 電流의 振幅은 꼭 같이 1 이라 하고 다만 方向 θ 와 移相器(Null 角度 θ_1)에 따라 合成器에서 的 位相差에 依한 合이 어떻게 變하는 가를 表示하는 卽 指向性을 나타내는 式이며 그림 2에서 鎖線으로 된 것이 이 式의 指向性圖의 한 例이다.

F_2 의 中間에 挿入한 移相器에 依하여

$K \cdot S \cdot \sin \theta = K \cdot S \cdot \sin \theta_1$ 인 角度 θ_1 에서 感度가 Zero가 되는 Null點이 생기며 이 角度 θ_1 은 周波數(채널)에 關係없이 Null 角度가 된다.

指向性的 計算을 便利하게 하기 爲하여 (1)式을 變形하면 그림 3으로부터 다음과 같이 된다.

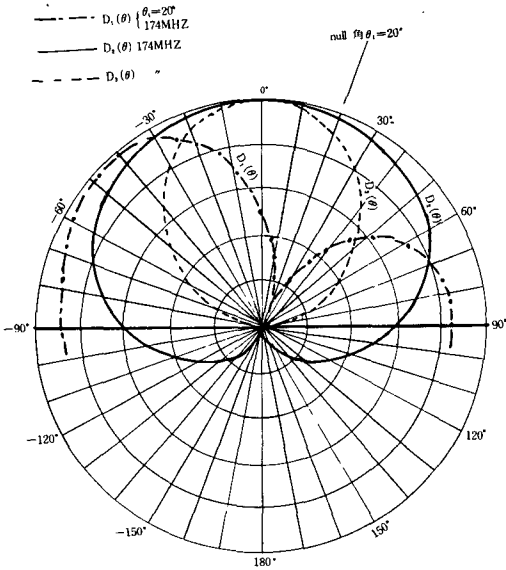


그림 2. 指向性圖

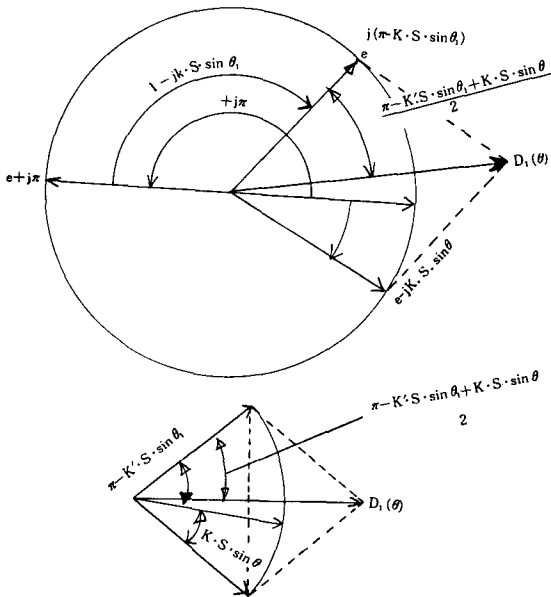


그림 3. 指向性 $D_1(\theta)$ 의 Vector圖

$$|D_1(\theta)| = |e^{-jk \cdot s \cdot \sin \theta} + e^{+j(\pi - k \cdot s \cdot \sin \theta)}|$$

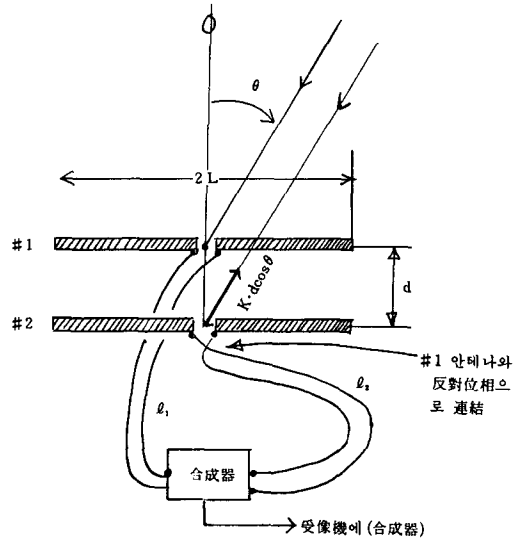
$$= |\cos[\frac{\pi}{2} + \frac{k \cdot S}{2}(\sin \theta - \sin \theta_1)]|$$

$$= |\sin \frac{k \cdot S}{2}(\sin \theta - \sin \theta_1)| \dots \dots (1)'$$

但, 移相器는 Feeder線의 長이를 利用한 遲延線으로 되어 있으며 (1)'式에서는 式을 簡單히 하기 爲하여 Feeder Cable에서의 位相定數 $k' = \frac{2\pi}{\lambda_g}$ 를 自由空間에서의 位相定數로 代替하였으므로 實施遲延線의 長이를 求할려면 $\lambda / \lambda_g = 0.67$ 로 還算하면 된다.

(2) 2-Dipole 逆相안테나

2개의 꼭 같은 Dipole #1, #2를 그림 4와 같이 電波到來方向을 向해 間隔 d 를 두고 前後로 配置하고 서로 180° 의 位相差가 되도록 Feeder 給電點을 連結하는 한편 Feeder의 長이差 $l_2 - l_1$ 을 $k'd$ 로 하면 그림 2의 實線과 같이 $\theta = 180^\circ$ 方向에서 感度가 Zero가 되는 單指向性이 된다. 이러한 두 안테나의 配置에 따른 指向性 $D_2(\theta)$ 는 그림 4와 그림 5로부터 다음과 같이 된다.



$$l_2 - l_1 = k'd$$

그림 4. 2-Dipole 逆相안테나

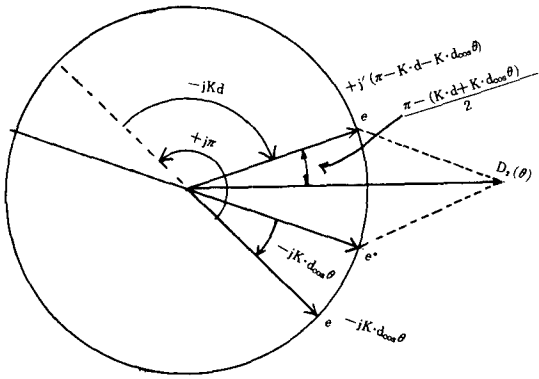


그림 5. 指向性 $D_2(\theta)$ 의 Vector 圖

$$D_2(\theta) = e^{\circ} + e^{+j(\pi - k \cdot d - kd \cdot \cos \theta)} \dots (2)$$

따라서

$$|D_2(\theta)| = \left| \cos \frac{\pi - kd(1 + \cos \theta)}{2} \right|$$

$$= \left| \sin \frac{kd}{2}(1 + \cos \theta) \right| \dots (2)'$$

(3) Dipole 의 指向性

그림 6 과 같이 길이 가 $2L$ 인 Dipole 上의 電流 分布를 正弦波狀이라 하고 Dipole 의 길이와 垂直인 軸과 이루는 角 θ 方向에서의 輻射(또는 變(중)의 強度를 計算하는 所謂 指向性式은 다음과 같으며 $\lambda = \frac{\lambda}{2}$, $\lambda, \frac{3}{2}\lambda$ 때의 指向性圖는 그림 9 와 같다.

$$D_3 = \frac{\cos(BL \sin \theta) - \cos \beta L}{\cos \theta} \dots (3)$$

但, β 는 Dipole 上의 位相定數

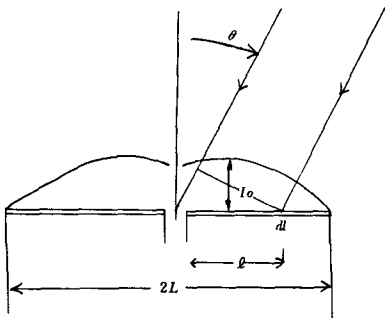


그림 6. Dipole 의 指向性計算

(4) 可變指向性 안테나 의 構成

前 (1), (2) 및 (3)項을 綜合하여 그림 7 과 같은 可變指向性 안테나를 構成하면 그 指向性 $D(\theta)$ 를 求하는 式은 重疊의 原理에 依하여 다음과 같이 된다.

$$D(\theta) = |D_1(\theta) \times D_2(\theta) \times D_3(\theta)| \dots (4)$$

여기 $D_1(\theta)$ 는 可變移相器(遲延線)를 調整 또는 切替하여 Null 角度를 變化시키고 $D_2(\theta)$ 와 $D_3(\theta)$ 는 안테나를 前 方向에의 單指向性이 되도록 하는 役割을 한다.

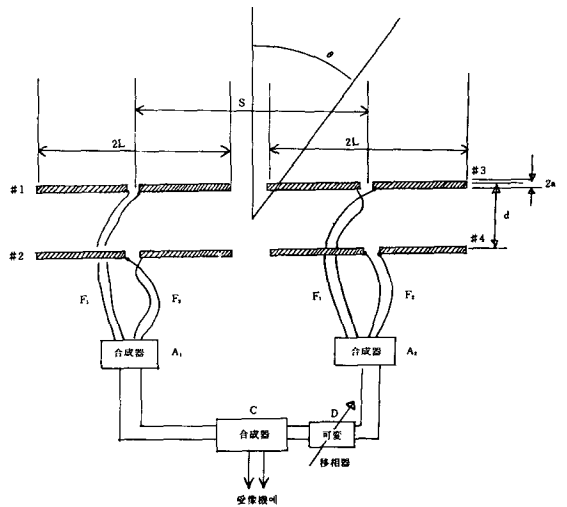


그림 7. 可變指向性 안테나

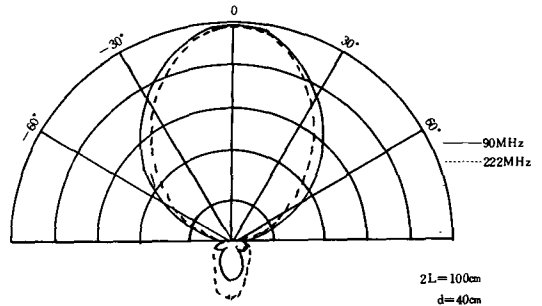


그림 8. 2-Dipole 逆相안테나 의 指向性 (放枝 78.7號)

$D_1(\theta), D_2(\theta)$ 에 있어서 各各 두個의 안테나間的 相互結合 作用에 對하여는 學論하지 않았으나 實地는 相互結合 作用때문에 Null角度가 周波數에 따라 多少 變動이 있고 또 單指向性도 그림 8과 같이 180° 에서 若干 Side Lobe가 생기나 모두 無視할 수 있을 程度이다.

3. High 채널 用 可變指向性 안테나의 計算設計

(1) 諸文의 決定

VH下 채널에서 High 채널의 周波數는 174 MHz로부터 216 MHz이므로 그 中心周波數는 195 MHz ($\frac{\lambda}{2} = 76.9\text{cm}$)가 된다. 따라서 周波數를 基準으로 모든 길이를 決定하는 것이 바람직하다.

Dipole의 길이에 따라 指向性 特性을 살펴보면 그림 9와 같이 $2L$ 가 1λ 을 넘으면 Side Lobe가 생기고 $\frac{\lambda}{2}$ 以下일 때는 半值幅이 커지므로 不適合하다고 하겠다. 따라서 안테나의 Impedance關係도 아울러 考慮하면 使用周波帶域에서 낮은 周波數쪽에서는 $2L$ 가 $\frac{\lambda}{2}$ 程度가 되고 높은 周波數에서는 1λ 에 가까워지는 길이가 適當하다고 하겠다. 지금 中心周波數 195 MHz의 $\frac{\lambda}{2}$ 는 76.9cm 이므로 給變點의 間隔等을 考慮하여 $2L = 80\text{cm}$ 로 잡으면 Dipole上에서의 波長短縮率(0.92로 假定)을 考慮하면 가장 낮은 周波數인 174 MHz에서 0.5λ 程度가 되고 가장 높은 周波數인 216 MHz에서는 0.6λ 程度가 된다. 그림 9를 보면 $2L$ 가 1λ 때가 半值幅이 적어서 가장 높은 周波數에서 1λ 程度가 되도록 $2L$ 를 좀더 길게 取하는 方法도 있으나 안테나 Impedance 問題와 안테나 size가 커지므로 風壓關係 支持權 問題等을 考慮하면 $2L = 80\text{cm}$ 가 適合하다고 하겠다.

다음은 左右 안테나間的 距離 S 는 $2L = 80$

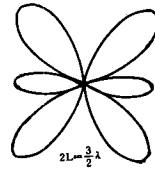
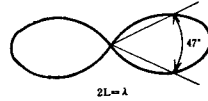
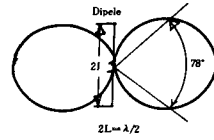


그림 9. Dipole의 指向性

cm이므로 두안테나間的 間隔을 4cm 程度를 잡으면 最少限 S 는 84cm 가 되어야 한다.

$S = \frac{\Delta}{2}$ 때 移相器(遲延線)의 길이에 따라 指向性 $D_1(\theta)$ 의 Pattern은 그림 10과 같은 形態가 된다.

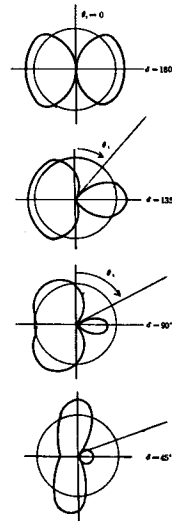


그림 10. $D_1(\theta)$ 의 指向性 $S = \lambda/2$, 두 Ant의 位相差 δ (合成器에서)

다음은 두 Dipole의 間隔 d 와 Feeder F_1, F_2 의 길이의 差 $l = F_2 - F_1$ 의 決定은 그림 11에서 2個의 Dipole가 서로 180° 의 位相差

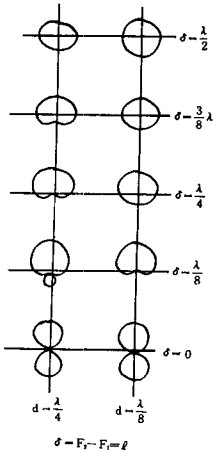


그림 11. $D_2(\theta)$ 의 指向性 두 Dipole 間 位相差 180°

가 있을 때 Feeder의 길이차 l 에 따라 $D_2(\theta)$ 가 單指向性이 되는 것은 $d = 0.25\lambda$ 이고 $d = 0.125\lambda$ ($= \frac{\lambda}{8}$)일때 $l = 0.125\lambda$ 때이다. 따라서 d 는 $\frac{\lambda}{4} \sim \frac{\lambda}{8}$ 사이가 適合하다고 하겠고 지금 中心 周波數 195 MHz에서 0.2λ 로 잡으면 $d = 32\text{ cm}$ 가 된다. 이 길이는 174 MHz에 對하여는 0.186λ , 216 MHz에 對하여는 0.23λ 가 된다.

또 $l = F_2 - F_1 = k'd = 0.67 \times 32 = 21.5\text{ cm}$ 가 된다. 지금 F_1 의 길이는 Feeder를 안테나에 連結하는데 便利토록 適當히 잡으면(假令 25 cm) $F_2 = F_1 + k'd = 25 + 21.5\text{ cm} = 46.5\text{ cm}$ 가 된다. 끝으로 Dipole의 寸기 $2a$ 는 一般적으로 TV受信안테나로 많이 使用되는 $0.9 \sim 1\text{ cm}$ 이면 無妨하며 以上에서 論한 바와 같이 諸文은 絶對的인 數值가 아니므로 多少의 變動을 있을수 있음을 알 수 있다.

以上을 綜合하면 다음과 같이 Null 角度를 可變할 수 있는 可變指向性 안테나가 된다.

$$2L = 80\text{ cm}$$

$$S = 84\text{ cm}$$

$$d = 32\text{ cm}$$

$$F_1 = 25\text{ cm}$$

$$F_2 = 25 + 21.5 = 46.5\text{ cm}$$

$$2a = 0.9 \sim 1\text{ cm}$$

可變移相器: 次項說明

4. 可變移相器

可變移相器는 干涉波의 到來方向에서 Null 角度가 되도록 Feeder F_2 의 中間에 길이가 다른 여러개의 遲延線을 插入하고 適當히 切替하므로써 Null 角度를 可變하도록 한것이다.

各 Null 角度에 對한 遲延線의 長이를 計算하면 다음과 같다.

前項의 High 채널用 안테나에 適用 計算하면 $S = 84\text{ cm}$ 이므로 遲延線의 長이 $l\theta_1$ 은 Null 角度가 θ_1 일때 $l\theta_1 = \frac{\lambda g}{\lambda} \times S \times \sin \theta_1 (\text{cm})$ 가 된다.

$\theta_1 = 10^\circ$ 일때	.....	$l_{10} = 9.8\text{ cm}$
20	.....	$l_{20} = 19.2\text{ cm}$
30	.....	$l_{30} = 28.1\text{ cm}$
40	.....	$l_{40} = 36.2\text{ cm}$
50	.....	$l_{50} = 43.1\text{ cm}$
60	.....	$l_{60} = 48.7\text{ cm}$
70	.....	$l_{70} = 52.9\text{ cm}$
80	.....	$l_{80} = 55.4\text{ cm}$

이 移相器를 反對側 Feeder F_1 의 中間에 插入하면 Null 角이 反對方向 即 電波到來方向에 對하여 左側에 생긴다는 것을 쉽게 알 수 있다.

이러한 方法으로 Null 角度에 따라 길이가 다른 여러개의 遲延線을 切替하는 可變移相器를 만들수 있으나 좀더 効率的인 方法의 한 例를 들면 그림 12와 같이 不過 數個의 서로 다른 길이를 가진 遲延線을 組合(Combination) 連結하는 裝置를 만들어 Null 角度를 可變하는 裝置가 便利하다. 여기에 그 一例를 들어 보자.

그림 12에서 Swith SW₀는 Null 角度를 電波到來方向의 左. 또는 右로 切替하는 Switch 이

고, SW_1, SW_2, SW_3 및 SW_4 는 각각 左右로 切替하여 Null 角度를 調整하게 되어 있다.

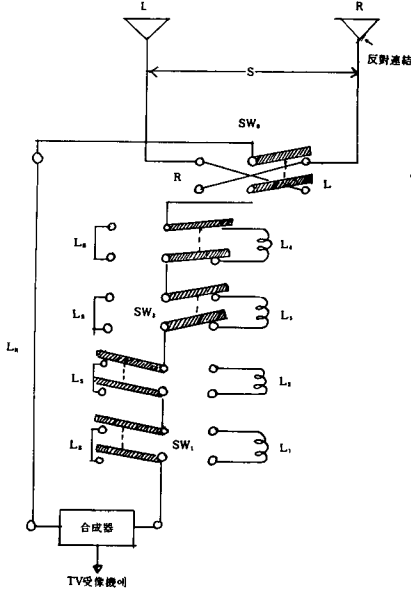


그림 12. 可變移相器

그림 12에서

$$4L_s = L_R \dots\dots\dots(5)$$

$$L_o = \frac{1}{2^{N-1}} \times \frac{\lambda g}{\lambda} \times \sin \theta_{max} \dots\dots\dots(6)$$

但, θ_{max} 는 最大 Null 角度이고 普通 80° 로 하며 N는 必要한 遲延線의 數이다. 이 境遇 N = 4로 한다.

$$\begin{aligned} L_1 &= L_o + L_s \\ L_2 &= 2L_o + L_s \\ L_3 &= 4L_o + L_s \\ L_4 &= 8L_o + L_s \end{aligned} \dots\dots\dots(7)$$

로 하면 SW_1, SW_2, SW_3, SW_4 및 SW_4 를 左右 어느 한쪽으로 切替하는 여러 가지 Combination에 따라 Null 角을 可變 選擇 할 수 있다.

지금 前項의 High 채널用 안테나에 있어서 S = 84cm이므로 θ_{max} 을 80° 로 했을 때 Null

角과 各 Switch의 Combination 表를 만들어 보면 다음과 같이 된다. (6)式에 依하여

$$L_o = \frac{84}{2^{4-1}} \times 0.67 \times \sin 80^\circ = 3.7 \text{ cm}$$

또 L_s 를 移相器 端子에 連結에 便하도록 適當한 길이를 取하고 $L_R = 4L_s$ 로 하면 (7)式에 依하여 遲延線 L_1, L_2, L_3 및 L_4 의 길이를 決定 할 수 있다.

이와 같이 하여 決定된 L_R, L_s, L_1, L_2, L_3 및 L_4 를 그림 12와 같이 結線 했을 때 各 Switch의 位置를 左로 했을 때를 1. 右로 했을 때를 0으로 表示하면 1과 0의 여러 가지 Combination에 따라 Null 角度가 變化함은 표-1과 같다.

實地 使用에 便利하게 하려면 各 Switch를 하나하나 操作하는 것 보다 TV受像機의 채널選擇과 같은 方式으로 Null 角度를 表示한 Dial 軸에 표-1과 같이 各 Switch가 한번에 切替되도록 裝置를 하면 便利하다.

5. High 채널用 可變指向性 안테나의 指向性 Pattern 計算

앞에서 提示한 High 채널用 可變指向性 안테나의 指向性圖를 求하려면 前술한 (4)式

$$\begin{aligned} D(\theta) &= |D_1(\theta) \times D_2(\theta) \times D_3(\theta)| \\ &= \left| \left[\sin \frac{k \cdot S}{2} (\sin \theta - \sin \theta_1) \right] \left[\sin \frac{k \cdot S}{2} (1 + \cos \theta) \right] \times \left[\frac{\cos(\beta L \cdot \sin \theta) - \cos \beta L}{\cos \theta} \right] \right| \end{aligned}$$

에서 $D_1(\theta), D_2(\theta)$ 및 $D_3(\theta)$ 를 各各 求하여 곱하면 된다. 지금 Null 角度 $\theta_1 = 20^\circ$ 일 때 周波數 174 MHz와 216 MHz에 對한 計算式을 簡單히 하면 다음과 같이 된다.

于先 174 MHz에 對하여

$$D_1(\theta) = \left| \sin \frac{k \cdot S}{2} (\sin \theta - \sin \theta_1) \right| = \left| \sin \frac{2\pi \times 84}{2 \times 172.4} \right|$$

표 1. 可變移相器의 切替表

Null角		Switch		SW ₀	SW ₁ L ₀	SW ₂ 2L ₀	SW ₃ 4L ₀	SW ₄ 8L ₀	遲延合 D _L
右 0°	左 0°	1	0	0	0	0	0	0	0
" 3.8°	" 3.8°	1	0	1	0	0	0	0	L ₀
" 7.5°		1		0	1	0	0	0	2L ₀
" 11.4°	以下	1	以下	1	1	0	0	0	3L ₀
" 15.2°	同	1	同	0	0	1	0	0	4L ₀
" 19.2°		1		1	0	1	0	0	5L ₀
" 23.2°		1		0	1	1	0	0	6L ₀
" 27.4°		1		1	1	1	0	0	7L ₀
" 31.7°		1		0	0	0	1	0	8L ₀
" 36.2°		1		1	0	0	1	0	9L ₀
" 41°		1		0	1	0	1	0	10L ₀
" 46.2°		1		1	1	0	1	0	11L ₀
" 52°		1		0	0	1	1	0	12L ₀
" 58.6°		1		1	1	0	1	0	13L ₀
" 66.8°		1		0	1	1	1	0	14L ₀
" 80°		1		1	1	1	1	0	15L ₀

$$(\sin \theta - \sin 70^\circ) = |\sin[1.53(\sin \theta - 0.342)]| \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$D_2(\theta) = \left| \sin \left[\frac{k \cdot d}{2} (1 + \cos \theta) \right] \right| = \left| \sin \left[\frac{2\pi \times 32}{2 \times 172.4} \cdot (1 + \cos \theta) \right] \right| = \left| \sin[0.583(1 + \cos \theta)] \right| \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$D_3(\theta) = \left| \frac{\cos(BL \sin \theta) - \cos BL}{\cos \theta} \right| = \left| \frac{\cos \left(\frac{2\pi \times 40}{172.4 \times 0.92} \sin \theta \right) - \cos \left(\frac{2\pi \times 40}{172.4 \times 0.92} \right)}{\cos \theta} \right| = \frac{\cos(1.585 \cdot \sin \theta)}{\cos \theta} + \frac{0.0138}{\cos \theta} \quad \dots\dots\dots(10)$$

216 MHz 에 對하여

$$D_1(\theta) = \left| \sin \left[\frac{2\pi \times 84}{2 \times 139} (\sin \theta - \sin 20^\circ) \right] \right| = \left| \sin[1.9(\sin \theta - 0.342)] \right| \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$D_2(\theta) = \left| \sin \left[\frac{2\pi \times 32}{2 \times 139} (1 + \cos \theta) \right] \right| = \left| \sin[0.723(1 + \cos \theta)] \right| \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$D_3(\theta) = \frac{\cos(1.965 \sin \theta) + 0.384}{\cos \theta} \quad \dots\dots\dots(13)$$

따라서 (8)~(13) 式에 依하여 各 θ 에 對한 計算을 하면 표-2 와 같고 이 표에 依하여 指向性을 그리면 그림-13 와 같다.

다음은 Null 角 $\theta_1 = 40^\circ$ 일때를 計算하면 表-3 과 그림 14 와 같이 된다.

이때의 計算式은 다음과 같다.

174 MHz 에 對하여

$$D_1(\theta) = \left| \sin[1.531(\sin \theta - \sin 40^\circ)] \right| = \left| \sin[1.531(\sin \theta - 0.643)] \right| \quad \dots\dots(14)$$

표 2. Null 角度 $\theta_1 = 20^\circ$ 에서의 指向性

方向 θ°	174 MHz					216 MHz				
	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率
0°	0.500	0.919	1.014	0.466	0.64	0.61	0.992	1.384	0.837	0.71
5	0.380	0.918	1.008	0.352	0.48	0.47	0.992	1.375	0.641	0.55
10	0.255	0.916	0.991	0.231	0.32	0.31	0.991	1.347	0.414	0.35
15	0.127	0.911	0.964	0.111	0.15	0.16	1.302	1.302	0.021	0.18
20	0	0.905	0.926	0	0	0	1.241	1.241	0	0
25	0.123	0.896	0.880	0.097	0.13	0.15	1.168	1.168	0.172	0.15
30	0.240	0.886	0.827	0.176	0.24	0.30	1.084	1.084	0.317	0.27
35	0.347	0.873	0.767	0.232	0.32	0.43	0.993	0.993	0.419	0.35
40	0.444	0.857	0.703	0.267	0.37	0.54	0.957	0.897	0.464	0.39
45	0.530	0.839	0.698	0.310	0.43	0.64	0.944	0.798	0.482	0.41
50	0.605	0.818	0.565	0.280	0.39	0.72	0.928	0.699	0.467	0.40
55	0.667	0.794	0.493	0.261	0.36	0.79	0.908	0.602	0.432	0.37
60	0.719	0.767	0.421	0.232	0.32	0.84	0.884	0.507	0.376	0.32
65	0.760	0.738	0.349	0.196	0.27	0.88	0.857	0.415	0.313	0.27
70	0.793	0.705	0.278	0.155	0.21	0.91	0.825	0.327	0.245	0.21
75	2.816	0.670	0.207	0.113	0.15	0.93	0.790	0.242	0.178	0.15
80	0.833	0.632	0.136	0.072	0.10	0.94	0.750	0.159	0.112	0.10
85	0.842	0.59	0.065	0.032	0.05	0.95	0.708	0.078	0.052	0.05
90	0.845	0.551	0	0	0	0.95	0.662	0	0	0
-5	0.611	0.918	1.008	0.565	0.78	0.73	0.992	1.375	0.996	0.85
-10	0.710	0.916	0.991	0.645	0.89	0.83	0.991	1.347	1.108	0.94
-15	0.796	0.911	0.964	0.699	0.96	0.91	0.989	1.302	1.172	0.97
-20	0.866	0.905	0.926	0.7257	0.999	0.96	0.986	1.241	1.175	1.0
-25	0.921	0.896	0.880	0.7262	1.0	0.99	0.982	1.168	1.136	0.97
-30	0.961	0.886	0.827	0.704	0.93	1.0	0.976	1.084	1.058	0.9
-35	0.986	0.873	0.767	0.660	0.91	0.99	0.968	0.993	0.952	0.81
-40	0.998	0.857	0.703	0.600	0.83	0.95	0.957	0.897	0.816	0.69
-45	0.999	0.839	0.698	0.585	0.81	0.91	0.944	0.798	0.686	0.58
-50	0.992	0.818	0.565	0.458	0.63	0.86	0.928	0.699	0.558	0.49
-55	0.979	0.794	0.493	0.383	0.53	0.80	0.908	0.602	0.437	0.37
-60	0.961	0.767	0.421	0.310	0.43	0.75	0.884	0.507	0.336	0.29

方向 θ°	174 MHz					216 MHz				
	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率
-65	0.943	0.738	0.349	0.243	0.33	0.70	0.857	0.415	0.249	0.21
-70	0.924	0.705	0.278	0.181	0.25	0.65	0.825	0.327	0.175	0.15
-75	0.908	0.670	0.207	0.126	0.17	0.61	0.790	0.242	0.117	0.10
-80	0.896	0.632	0.136	0.077	0.11	0.58	0.750	0.159	0.069	0.06
-85	0.888	0.590	0.065	0.034	0.05	0.56	0.708	0.078	0.031	0.03
-90	0.885	0.550	0	0	0	0.56	0.662	0	0	0

$D_2(\theta) = \dots\dots$ (9)式과 同
 $D_3(\theta) = \dots\dots$ (10)式과 同
 216 MHz 에 對하여
 $D_1(\theta) = \sin[1.9(\sin\theta - 0.643)] \dots\dots\dots(15)$
 $D_2(\theta) = \dots\dots\dots(12)式과 同$
 $D_3(\theta) = \dots\dots\dots(13)式과 同$

以上을 綜合하여 보면,
 (a) 그림 13 및 그림 14 에서와 같이 이 안테
 나의 指向性特性은 낮은 채널((H-7)과
 높은 채널((CH-13)間의 큰 差異가 없
 다.
 (b) Null 角度가 커질수록 主 Beam이 안테나
 正面方向에 가까와지며 높은 채널의 主

표 3. Null 角度 $\theta_1 = 40^\circ$ 때의 指向性

方向 θ°	174 MHz					216 MHz				
	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率
0	0.833	0.919	1.014	0.776	0.90	0.940	0.992	1.384	1.291	0.96
5	0.752	0.918	1.008	0.696	0.81	0.870	0.992	1.375	1.187	0.89
10	0.658	0.916	0.99	0.597	0.69	0.778	0.991	1.347	1.039	0.78
15	0.555	0.911	0.964	0.487	0.56	0.667	0.989	1.302	0.859	0.64
20	0.445	0.905	0.926	0.373	0.43	0.541	0.986	1.241	0.662	0.49
25	0.331	0.896	0.889	0.264	0.31	0.407	0.982	1.168	0.467	0.39
30	0.217	0.886	0.827	0.159	0.18	0.268	0.976	1.084	0.284	0.21
35	0.106	0.873	0.767	0.071	0.08	0.132	0.968	0.993	0.127	0.09
40	0	0.857	0.703	0	0	0	0.957	0.897	0	0
45	0.098	0.839	0.698	0.057	0.07	0.122	0.944	0.798	0.092	0.07
50	0.187	0.818	0.565	0.086	0.10	0.232	0.928	0.699	0.150	0.11
55	0.266	0.794	0.493	0.104	0.12	0.328	0.908	0.602	0.179	0.13
60	0.335	0.767	0.421	0.108	0.13	0.411	0.884	0.507	0.184	0.14
65	0.392	0.738	0.349	0.101	0.12	0.480	0.857	0.415	0.171	0.13
70	0.439	0.705	0.278	0.086	0.10	0.534	0.825	0.327	0.114	0.11
75	0.475	0.670	0.207	0.066	0.08	0.576	0.790	0.242	0.110	0.08

方向 θ°	174 MHz					216 MHz				
	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率	$D_1(\theta)$	$D_2(\theta)$	$D_3(\theta)$	$D(\theta)$	最大値에 對한比率
80	0.500	0.632	0.136	0.043	0.05	0.605	0.750	0.159	0.108	0.08
85	0.515	0.592	0.065	0.020	0.02	0.622	0.708	0.078	0.034	0.03
90	0.520	0.551	0	0	0	0.627	0.662	0	0	0
- 5	0.899	0.918	1.008	0.832	0.96	0.983	0.992	1.375	1.340	1.0
- 10	0.949	0.916	0.991	0.861	0.999	1.00	0.991	1.347	1.335	0.996
- 15	0.982	0.911	0.964	0.862	1.0	0.990	0.989	1.302	1.275	0.95
- 20	0.998	0.905	0.926	0.836	0.97	0.955	0.986	1.241	1.169	0.87
- 25	0.998	0.896	0.880	0.787	0.91	0.899	0.982	1.168	1.031	0.77
- 30	0.986	0.886	0.827	0.722	0.84	0.825	0.976	1.084	0.873	0.65
- 35	0.958	0.873	0.767	0.64	0.74	0.738	0.968	0.993	0.709	0.53
- 40	0.922	0.857	0.763	0.555	0.64	0.643	0.957	0.897	0.552	0.41
- 45	0.879	0.839	0.698	0.515	0.60	0.545	0.944	0.798	0.411	0.31
- 50	0.833	0.818	0.565	0.385	0.45	0.448	0.928	0.699	0.291	0.21
- 55	0.785	0.794	0.493	0.307	0.36	0.328	0.908	0.602	0.179	0.13
- 60	0.739	0.767	0.421	0.239	0.28	0.271	0.884	0.507	0.121	0.09
- 65	0.696	0.738	0.349	0.179	0.21	0.197	0.857	0.415	0.070	0.05
- 70	0.658	0.705	0.378	0.175	0.20	0.13	0.825	0.327	0.036	0.03
- 75	0.627	0.670	0.207	0.087	0.10	0.085	0.790	0.242	0.016	0.01
- 80	0.605	0.632	0.136	0.052	0.60	0.049	0.750	0.159	0.006	0.005
- 85	0.59	0.590	0.065	0.023	0.03	0.027	0.708	0.078	0.001	0.0007
- 90	0.580	0.551	0	0	0	0.020	0.662	0	0	0

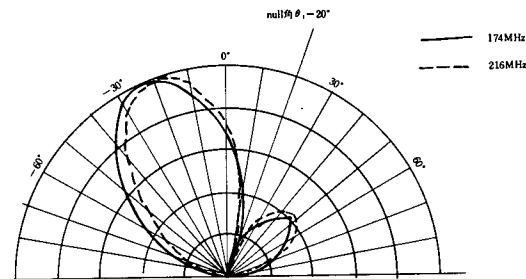


그림 13. High 채널用 可變指向性안테나의 指向性

Beam과 낮은 채널의 主Beam의 角度差가 커진다.

(c) 左, 右의 各素子が 2-Dipole 이어서 안테나 利得은 그렇게 크지 못하므로 强電號 또는 中電號에서 適合하다.

(d) 參考로 日本의 TV 채널의 境遇

Dipole의 길이 2L를 100 cm (短縮率을 考慮하면 109 cm에 該當)로 하면 周波數가 第1 낮은 채널인 CH-1의 90 MHz에 對하여는 0.33λ의 길이로 되고 제일

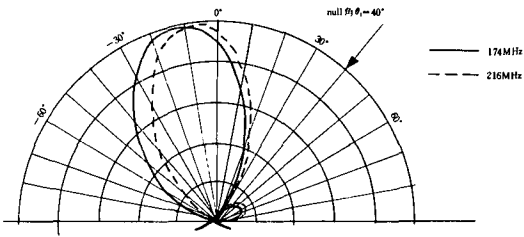


그림 14. High 채널용 可變指向性 안테나의 指向性

높은 채널의 222 MHz에 對하여는 0.88 λ가 되어 낮은 채널에 對한 안테나利得이 적고 따라서 High와 Low에 對한 差가 있으나 強中電界에서 Null角度를 爲主로 한 안테나로서는 큰 支障이 없다.

(e) 우리나라의 境遇 가장 높은 채널의 216 MHz의 波長의 138.9 cm이므로 지금 Dipole의 길이 2L를 1λ가 되는 $138.9 \times 0.92 = 128 \text{ cm}$ 로 하면 가장 낮은 채널의 周波數 54 MHz에 對하여는 0.23λ 가 되므로 High와 Low에 對한 特性差는 더욱 甚하다고 하겠으나 強電號에서 Null角度 爲主의 High와 Low의 共用안테나로 하려면 $2L = 130 \text{ cm}$ 程度가 되어야함을 推測할 수 있다. 따라서 餘他の S.d 등의 諸文도 3項의 方式에 依하여 決定할 수 있다.

(※ 參考資料: 放送技術 78年 7月號
KRAUS著 Antenna.)