

V. H. F 전 계 강 도 조 사

목 차

1 . 서 론	177
2 . 조사 대상	178
가 . 대상 통신망	178
나 . 송신 조건	178
다 . 조사 지역	179
3 . Corner Reflector Antenna	179
가 . 이론적 특성	179
나 . 실제 특성	184
4 . VHF대 전계강도 산출방법	190
가 . 평면대지 전파공식에 의한 산출	190
나 . Nomograph 에 의한 산출	193
5 . 전계강도 측정	203
가 . 실측 방법	203
나 . 실제 공중선의 복사전력 산출	204
다 . 이론계산치와 실측치의 비교	205
라 . 대비표의 고찰	208
6 . 등전계강도 분포도 작성	210
가 . 방 법	210
나 . 분포도	216
7 . 결 론	217

통 신 기 정

김 영 재

통 신 기 좌

유 두 중

전 송 기 사

구 병 룡

전 송 기 사 보

김 정 균

1. 서 론

무선통신이 처음 발명되었을 시는 전파는 무한한 자원으로 생각되었으나 통신공학 및 전자공학의 급속한 발전으로 인하여 전파 자원의 고갈을 느끼게 되었고 전파자원이 한정되어 있다는 것을 알게 되었다. 따라서 전파의 이용 범위를 넓히려고 사용 주파수를 높여 현재는 M/W 파를 넘어서 광학전파에까지 개발을 서두르고 있는 것이다.

또 한편 무선통신 이외의 방법으로 가능한 전파는 타방법으로 대체를 하게 되고 무선통신 이외의 방법으로 대체가 불가능한 것에 대하여는 통신을 목적으로 하는 방향으로만 전파를 발사하도록 예민한 지향성을 사용하고 출력도 필요 최소한으로 억제 시키게 되었다.

이러한 출력의 억제 및 예민한 지향성의 사용은 전파의 효율적인 운용 뿐만 아니라 시설의 경제성 및 통신보안의 면에서도 극히 필요한 조치인 것이다.

이러한 필요성들에 의해 공중선과 전파전파특성에 관한 많은 관심을 기울여 연구한 결과 현재는 공중선 및 전파전파특성에 대한 많은 이론들이 나오게 되었다. 그러나 이런 각각 이론들은 제각기 상호 연관내지 상이점을 내포하고 있어 실제적용에는 많은 문제점을 내포하고 있다.

따라서 당 연구소에서는 이들 이론에 대하여 실제의 적용은 어떻게 해야 할 것이며 또 이를 적용하였을 때의 이론과의 차이는 어느 정도인가를 파악하는데 주안점을 두었다. 이에 당 연구소에서 조사한 진행과정을 설명하므로서 앞으로 이와 유사한 조사를

하고저 하는 경우에 도움이 될 것으로 생각한다.

본 조사의 대상으로는 체신부 인천-교동간의 기존 VHF 통신망을 선정하여 이의 전계강도 분포상황을 조사함으로써 해상, 해안지역, 평지 및 산악지대등 여러가지 지형조건이 고루 포함되도록 하였다.

또 분포상황조사에 앞서 Corner Reflector Antenna의 지향특성에 대한 조사를 실시하여 공중선의 이론과 실제특성상의 차이점을 찾아냄으로써 전계강도의 계산에 보다 더 정확성을 기할 수 있도록 노력하였다.

그리고 Corner Reflector Antenna의 지향특성조사를 기초로 하여 공중선을 중심으로 한 전방향에 대한 각 지점의 전계강도치를 실제 전파통로상의 조건에 가장 적합한 전파전파이론을 적용하여 구하고 이 이론치가 실제치와 부합되는지를 확인하기 위하여 현지 조사를 다음 이를 상호 비교검토한 후 등전계강도 분포도를 작성하였다.

2. 조사 대상

가. 대상 통신망

인천-교동간 VHF 도선무선통신망 (직선거리: 약 50 km)

나. 송신 조건

- 1) 장 소: 인천시 남구 옥련동 산 78
- 2) 주 파 수: 165.05 MHz
- 3) 전파형식: 16 F3
- 4) 출 력: 60 Watts
- 5) 공 중 선

- 가) 명 칭 : Corner Reflector Antenna
- 나) 높 이 : 60 m (해발 15 m + 첩탑 45 m)
- 다) 이 득 : 약 10 dB
- 라) Corner 의 개각 : 60°
- 마) Corner 와 Radiator 의 간격 : 1.04 m
- 바) Radiator 의 크기 (1면) : 가로 1.8 m
세로 1.2 m

다. 조사 지역

인천시, 김포군, 강화군 및 용진군 일대

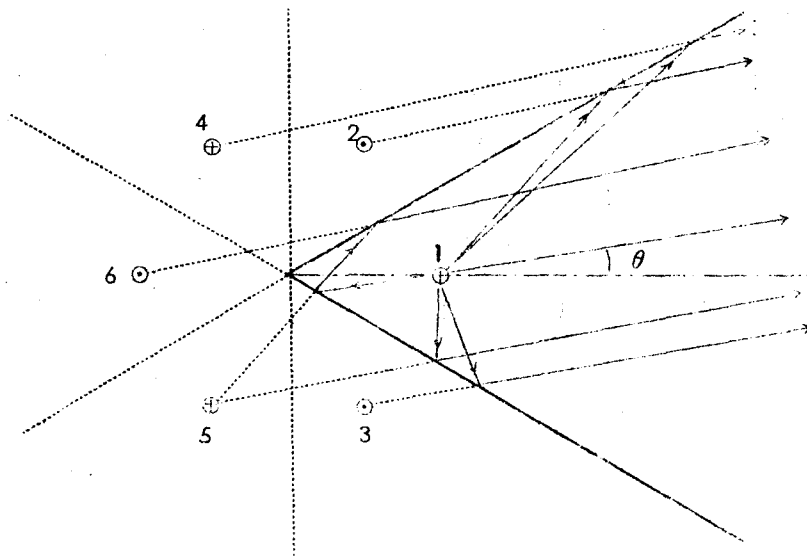
3. Corner Reflector Antenna

가. 이론적 특성

· 일반적으로 Corner Reflector Antenna 에서 $\alpha = 180/n$
(α : 개각, $n = 1, 2, 3$) 의 경우에는 영상의 $2n - 1$ 개 나타난다.

따라서 개각이 60° 인 경우, 1 개의 실체소자와 5 개의 영상소자의 조합으로 생각하며 그 특성은 아래와 같다.

개각이 60° 인 경우, 공중선의 중심을 통하여, 이것에 60° 인 면내에서 공중선으로부터 충분히 먼거리 r 점의 전계는



제 1 도 개각 60° 의 경우 공중선의 중심을 통하여 이것에
 60° 면내의 방향의 전파통로

$$E(\theta) = 2KI \left[\sin(kd \cos \theta) - \sin \{ kd \cos (60^\circ - \theta) \} \right. \\ \left. - \sin \{ kd \cos (60^\circ + \theta) \} \right] \dots\dots\dots ①$$

여기서 I : 공중선 전류

$$K = j \frac{60}{r} e^{-jkr}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (\lambda : \text{공간파장})$$

따라서 공중선의 급전 Impedance 는

$$Z = Z_{11} + 2Z_{14} - 2Z_{12} - Z_{16} \dots\dots\dots ②$$

여기서 Z_{11} 은 공중선의 자기 Impedance, Z_{12} , Z_{14} , Z_{16} 은 각각
 소자 1과 2 1과 4 1과 6의 상호 Impedance 이다.

지금 급전전력을 P 라고 하면

$$|I| = \sqrt{\frac{P}{R_{11} + 2R_{14} - 2R_{12} - R_{16}}} \dots\dots\dots ③$$

여기서 R_{11} , R_{12} , R_{14} , R_{16} 은 각각 Z_{11} , Z_{12} , Z_{14} , Z_{16} 의 저항분이다.

①과 ②식에 따른 정면방향의 전계는

$$E(\theta=0) = -4K \sqrt{\frac{P}{R_{11} + 2R_{14} - 2R_{12} - R_{16}}} \sin \frac{kd}{2} \left(1 - \cos \frac{kd}{2}\right) \dots\dots\dots ④$$

일방 반파장 다이폴 공중선을 단독으로 0 점에 두고, 전력 P를 공급한 경우에 위와 같은 점의 전계는

$$E_s(\theta) = K \sqrt{\frac{P}{R_{11}}} \dots\dots\dots ⑤$$

따라서 정면방향의 전계이득은, ④식과 ⑤식에 의해서

$$G(\theta=0) = \sqrt{\frac{R_{11}}{R_{11} + 2R_{14} - 2R_{12} - R_{16}}} \sin \frac{kd}{2} \left(1 - \cos \frac{kd}{2}\right) \dots\dots\dots ⑥$$

으로 된다.

이를 정리하면 다음 표와 같다.

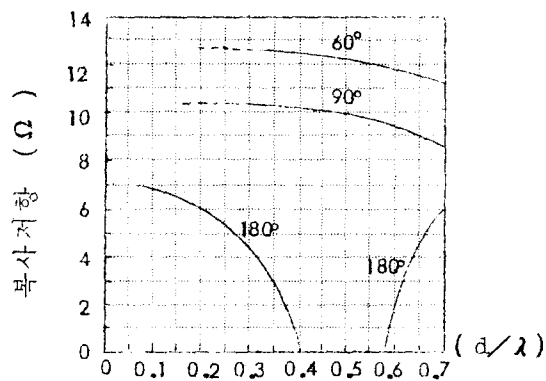
제 1 표 60° Corner Reflector Antenna 의 특성

개각 (도)	복사전계 (V/m)	공중선 전류 I(A)	정면전계이득(배)
60°	$2KI \{ \sin(kd \cos \theta) - \sin \{ kd \cos (60^\circ - \theta) \} - \sin \{ kd \cos (60^\circ + \theta) \} \}$	$\sqrt{\frac{P}{R_{11} + 2R_{14} - 2R_{12} - R_{16}}}$	$4 \sqrt{\frac{R_{11}}{R_{11} + 2R_{14} - 2R_{12} - R_{16}}} \sin \frac{kd}{2} \left(1 - \cos \frac{kd}{2}\right)$

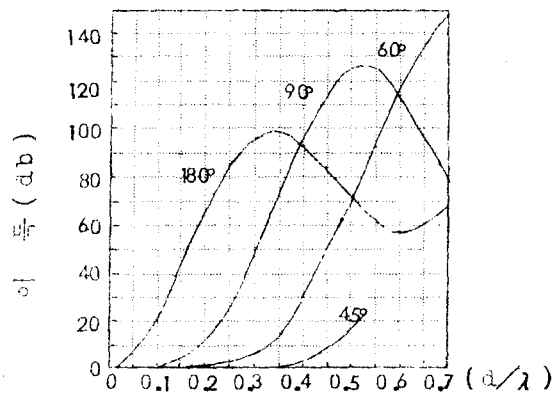
여기서 $K = j \frac{60}{r} e^{-jkr}$ $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

P : 공중선입력 (W)

이 표에서 구한 이득은 제 2 도와 같고, 제 3 도는 급전 Impedance 의 저항분을 나타낸다.

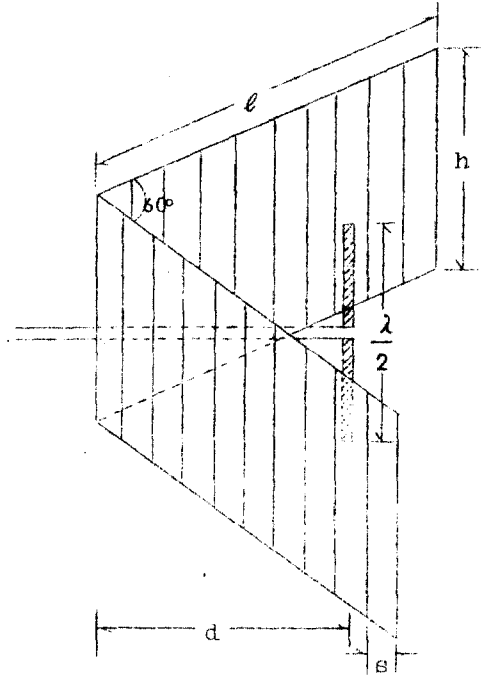


제 2 도 코너, 레플렉타 안테나의 이득



제 3 도 코너, 레플렉타 안테나의 복사저항

※ 무한장의 평판반사기와 동일한 특성을 갖기 위한 격자반사기의 조건



제 4 도 코너레플렉터 안테나

그림에서 $\ell \geq 2d$

$h \geq 0.6\lambda$

$s \leq \frac{\lambda}{10}$

가 되어야 한다.

※ 이 Antenna 의 지향특성이 단일 lobe 로 되기 위한 조건

Corner 와 Radiator 와의 간격 $d = 0.35 \sim 0.75\lambda$

※ 이론적 특성패 - 턴

위의 조건들을 만족시켰다고 할때 " 2 의나 " 항에서 나타낸 실제 Antenna 의 이론적 패 - 턴을 위 ①식에 대입하여 구한 결과 다음과 같았다.

여기서

$$\lambda = 1.8 \text{ m}$$

$$d = 1.04 \text{ m}$$

$$P = 32.4 \text{ W}$$

$$G = 10 \text{ dB (제 2 도 참조)}$$

$$R_{11} + 2 R_{14} - 2 R_{12} - R_{16} = 102 \Omega \text{ (제 3 도 참조)}$$

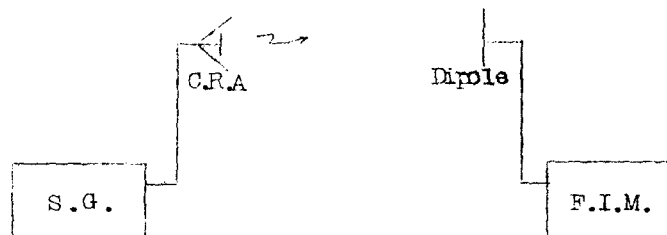
r : 송-수신점간의 거리로서 1로 함.

다음 제 5도에서 특성패-턴이 60° 마다 1개씩 있어 도합 6개가 나와 있으나 반사기의 개각 60° 의 범위를 벗어난 즉 30° 로부터 330° 사이에 있는 5개의 패-턴은 이 Corner Reflector Antenna 에서는 실제로 나타나지 않는 것임.

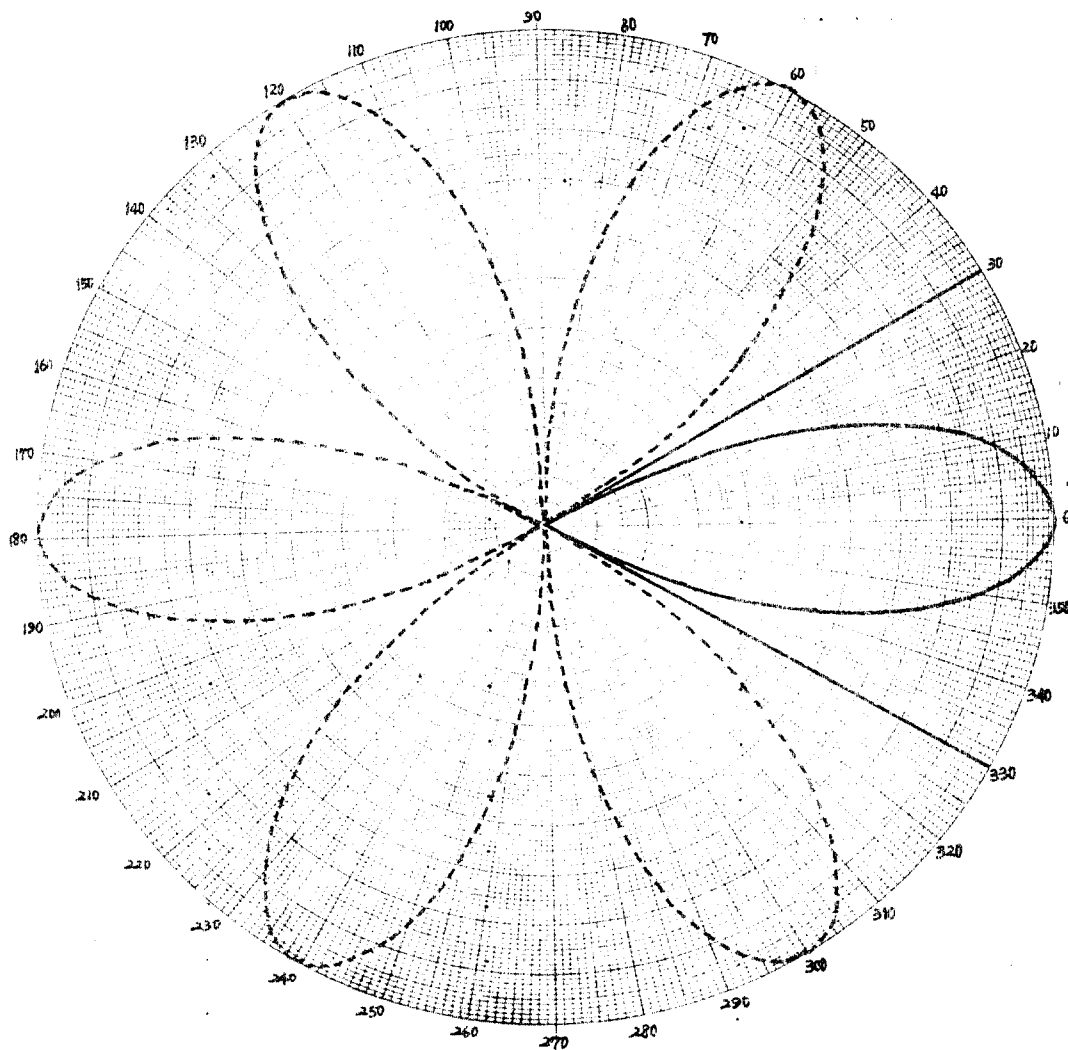
나. 실제의 특성측정

이 측정은 인천무선국에서 실용중인 것과 동일한 예비용 Corner Reflector Antenna 를 가져다가 수차의 특성패-턴을 측정한 결과 그중 지형적 및 주위환경의 조건이 양호하다고 인정되는 수원시 탐동 개활지에서 측정한 패-턴을 본 조사에서 채용하였으며 다음과 같다.

1) 측정 방법



제 6 도 측정 방법



제 5도 코너·레플렉터 안테나의 이론적 특성 패턴
 코너·레플렉터 안테나의 이론적 특성 패턴.

여기서 S.G.: 608F VHF Signal Generator

C.R.A.: Corner Reflector Antenna

F.I.M.: NF-105 Noise & Field Intensity Meter

위와 같이 설치한 후 S.G.의 주파수 (165 MHz) 및 출력을 일정하게 유지하면서 C.R.A.를 5° 간격으로 회전시키면서 송신하고 약 1 km 떨어진 지점에서 F.I.M.의 지시치를 기록함.

2) 특성 패 - 턴 ($\mu V/m$)

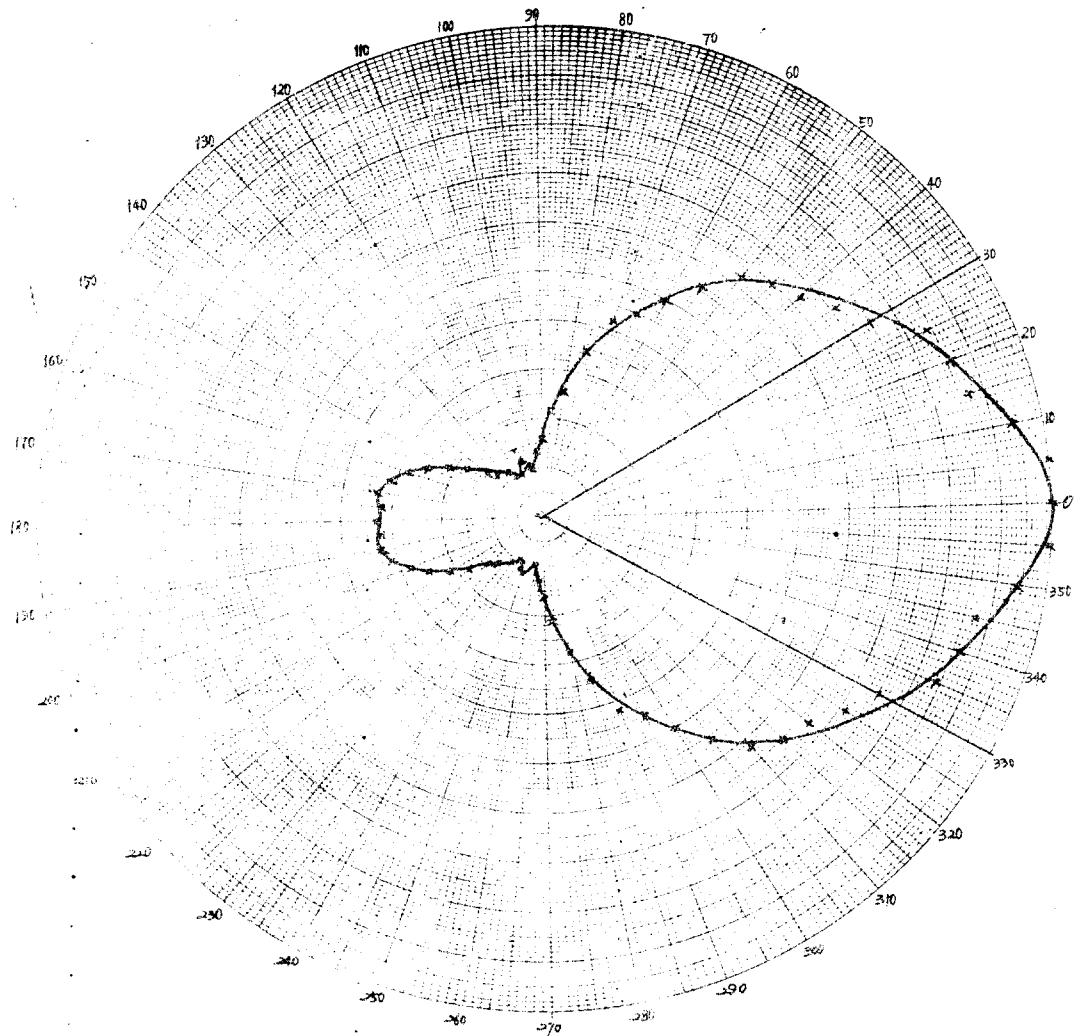
" 1)" 항과 같이 측정한 측정치 및 패 - 턴은 다음과 같다.

제 2 표

측 정 치

각 도 (θ)	dB	$\mu V/m$	배 율
0°	21.5	11.89	1.0
5°	21.5	11.89	1.0
10°	21.0	11.22	0.94
15°	20.3	10.35	0.87
20°	20.2	10.23	0.86
25°	20.0	10.00	0.84
30°	19.0	8.913	0.75
35°	18.5	8.414	0.71
40°	18.0	7.943	0.67
45°	17.8	7.762	0.65
50°	17.4	7.413	0.62
55°	16.5	6.683	0.56
60°	15.4	5.888	0.50

각도 (θ)	d B	$\mu V/m$	배율
65°	14.5	5.309	0.45
70°	14.0	5.012	0.42
75°	12.2	4.074	0.34
80°	10.0	3.162	0.27
85°	8.5	2.661	0.22
90°	6.0	1.995	0.17
95°	4.5	1.679	0.14
100°	1.5	1.189	0.10
105°	2.5	1.334	0.11
110°	3.0	1.413	0.12
115°	1.5	1.189	0.10
120°	1.5	1.189	0.10
125°	2.5	1.334	0.11
130°	3.0	1.413	0.12
135°	3.5	1.496	0.13
140°	4.5	1.679	0.14
145°	6.5	2.113	0.18
150°	8.0	2.512	0.21
155°	9.5	2.985	0.25
160°	10.5	3.350	0.28
165°	11.4	3.715	0.31
170°	12.0	3.981	0.33
175°	11.7	3.846	0.32
180°	12.0	3.981	0.33



X 표시는 신축 지면.

제 7 도 실례 코너 - 레우랙타 안테나의 측정 패턴
 실제 코너 - 레우랙타 측정 패턴
 347쪽... -188- ...

이상과 같은 이론적 패-턴과 실제 측정된 패-턴간의 차이점에 대해서는 다음과 같은 원인에 기인하는 것으로 본다.

가) 실험에 사용한 Corner Reflector Antenna의 설계면

① 무한장 평판반사기와 같기 위한 $h \geq 0.6 \lambda$ 와 $S \leq \frac{\lambda}{10}$ 의 조건은 만족되었으나 $\ell \geq 2d$ 의 조건이 $\ell = 1.73d$ 로서 만족시켜 주지 못하므로 이론적 패-턴 보다 실제의 패-턴이 Sharp 하지 못하다고 생각됨.

② 실제 Corner Reflector Antenna에서 Corner 부분의 두반사면간의 결합이 완전하지 못한 관계로 후방으로의 Side lobe 가 많이 나타나는 것으로 생각됨.

③ 이상의 조건들을 만족시킨다고 하더라도 무한장 평판반사기의 경우와 동일한 조건은 되지 않을 것이므로 이론적패-턴과 실제의 패-턴간의 차이는 피할 수 없을 것으로 생각됨

나) 측정상의 문제

① Corner Reflector Antenna를 회전할 때 Feeder line의 위치가 변동하므로써 반사현상과 Feeder line 자체의 복사영향이 나타남.

② 송신전파와 수신공중선간의 편파면이 일치되지 않으므로 인하여 수신전계의 변동이 일어남.

③ 측정지역의 불균일대지 및 주위환경의 불균일로 반사현상이 일어나는데 실제로 이상적인 측정장소는 기대하기 어려우며; 차폐실등의 이용도 설계크기의 Antenna로서는 곤란함.

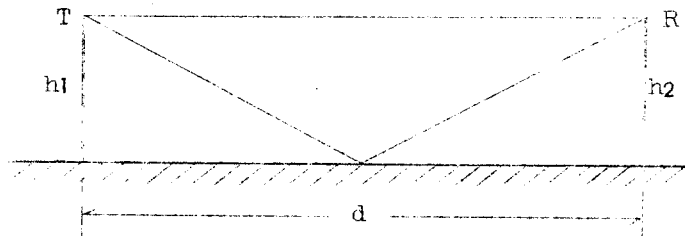
④ 측정기의 안정도 및 측정자의 숙련도등으로 인한 오차의 발생등이 있겠음.

4. VHF 대 전계강도 산출방법

일반적인 VHF 대의 전파전파특성을 파악하는 이론은 각국으로부터 많은 실험결과에 의해 발표된바 있으나 그 중 여기에서 채택했던 방법은 다음과 같다.

가. 평면대지 전파공식에 의한 산출

1) 산이 가려지지 않을때



제 8 도

이는 송수신공중선이 상호 가시관계에 있는 경우로서 그 전계강도는 다음식으로 나타난다.

$$E = 2 E_0 \sin \frac{2 \pi h_1 h_2}{\lambda d} [V/m]$$

여기서 E_0 는 자유공간 전계강도로서 $E_0 = \frac{7 \sqrt{GP}}{d} [V/m]$ 로 된다.

h_1 : 송신공중선 높이 (m)

h_2 : 수신공중선 높이 (m)

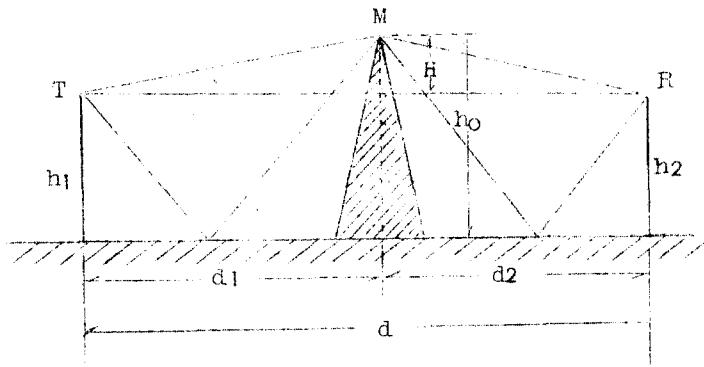
λ : 공간파장 (m)

d : 송수신점간의 거리 (m)

G : 송신공중선 이득 (배)

P : 송신공중선 복사전력 (W)

2) 산이 1개 가리고 있을때



제 9 도

이는 1개의 산이 있어서 이로 인하여 송수신공중선이 가시관계에 있지 않는 경우로서 그 전계강도는 다음 식으로 나타난다.

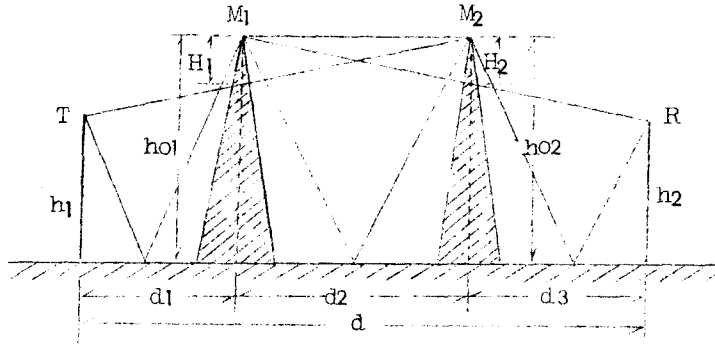
$$E = 4 S E_0 \sin \frac{2\pi h_1 h_0}{\lambda d_1} \cdot \sin \frac{2\pi h_0 h_2}{\lambda d_2} \quad [V/m]$$

여기서 S 는 제 11도와 같은 U-S 회손실 곡선으로 부터 구한다.

$$U = H \cdot \sqrt{\frac{\pi}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

H : 송수신공중선간의 가시선들 기준으로 한 산의 높이와의 차이이다.

3) 산이 2개 가리고 있을때



제 10 도

송수신공중선간에 산이 2개 있어, 송신공중선과 두번째 산, 첫번째 산과 수신공중선과에 각각의 가시관계를 차단하는 1개씩의 산이 있는 경우로서 전계강도는 다음 식으로 나타낸다.

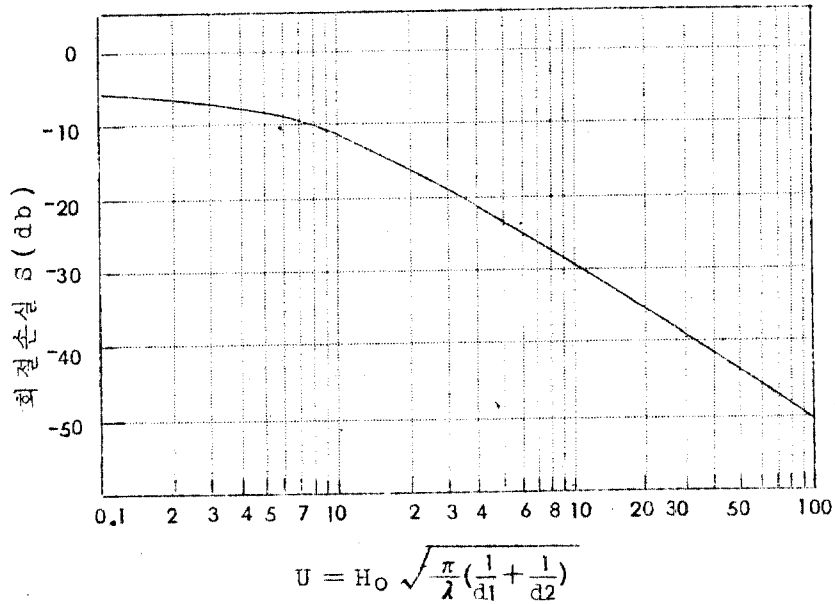
$$E = 8 S_1 S_2 E_0 \sin \frac{2\pi h_1 h_{01}}{\lambda d_1} \cdot \sin \frac{2\pi h_{01} h_{02}}{\lambda d_2}$$

$$\sin \frac{2\pi h_{02} h_2}{\lambda d_3} \left[\text{V/m} \right]$$

$$\text{여기서 } S_1 \text{ 은 } U_1 = H_1 \sqrt{\frac{\pi}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)},$$

$$S_2 \text{ 는 } U_2 = H_2 \sqrt{\frac{\pi}{\lambda} \left(\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} \right)}$$

로 부터 제 11 도로부터 구한다.



제 11도 회 절 손 실

나 . Nomograph 에 의한 산출

이 방법은 Bullington 씨의 Nomograph 를 적용했으며 이
는 다음과 같다.

1) 자유공간에 있어서 전파

자유공간전계 E_0 는 송신공중선의 복사저항을 넣어서 생각하
면 다음과 같다.

$$E_0 = \frac{\sqrt{30GP}}{d}$$

여기서 P : 복사전력 (W)

G : 송신공중선 이득비

d : 송수신공중선간의 거리 (m)

E_0 : 자유공간 전계강도 (V/m)

만약 전 방향에 같은 모양으로 어떤 복사특성을 갖는 공중선의 이득비 $G = 1$ 인 반파장 다이폴공중선에서 복사되는 전파는 그 최대이득의 방향에 대해서는 $G = 1.64$ (2.15 dB)로 나타내진다.

그러므로

$$E_0 = \frac{\sqrt{30 \times 1.64 P}}{d} \approx \frac{7 \sqrt{P}}{d}$$

로 나타난다.

이 관계식으로부터 1 W의 복사전력의 송신기로부터의 전계강도와 거리와의 관계를, 전계강도를 $1 \mu V/m$, 거리를 km로 나타낸 것을 Bullington 씨가 기타의 중요한 관계와 같이 일련의 Nomograph화 한 것으로서 이것을 제 12도와 같이 나타내었다.

이 Nomograph에서는 전계강도 ($1 \mu V/m = 0 \text{ dB}$)는 Scale 1에 나타난 거리 (km)의 함수로서 Scale 2에 나타내고 있다. 만일 복사전력이 W와트일때에는, 전력이득을 dB ($1 W = 0 \text{ dB}$)로 고쳐 전계강도치에 더해 주면 된다.

또 Bullington 씨는, 수신반파장 다브렛드공중선이 어떤 전계로부터 흡수하는 전력을 다음 관계식으로부터 도출하여, 이것을 Nomograph화 했다. (제 12도 참조)

$$P = \left(\frac{\lambda E}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{G}{73 \times 1.64} = \left(\frac{\lambda E}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{G}{120}$$

여기서 E : 수신전계강도 (V/m)

λ : 파장 (m) $= 300/f$ (MHz)

f : 주파수 (MHz)

G : 공중선 이득비

P : 공중선이 그 전계로부터 흡수하는 최대전력

(수신기 입력측이 공중선에 정합된 경우 (W))

Nomograph 에 있어서는, P 는 $1W$ 를 0 dB 로 한 ($10\log_{10} P$) dB 치로 나타내고, 전계강도는 $1\mu\text{V}/\text{m}$ 를 0 dB 로 한 dB 치로 나타냈고, 주파수는 MHz 단위로 나타내고 있다.

이상은 자유공간에서의 전파전파상황이지만, 실제의 전파전파에 있어서는 송수신점간의 전파통로가 산악, 하천 및 해상으로 된 경우가 있으며, 통로가 길어지면 지구의 만곡으로 인한 손실까지 고려할 필요가 있다.

전파도달 지점에서의 실제 전계강도를 산출할 때는 송수신점간의 전파전파상황을 예측하여 그 전파손실이 어느 정도인가를 미리 계산할 필요가 있다.

2) Profile Map 작도시의 고려사항

가) 등가지구 반경계수 $K=4/3$ 의 Profile Map 을 사용해야 한다.

나) 5 단분의 1 이상의 상세한 지도를 사용함으로써 오차를 가능한 한 줄여야 한다.

다) 송수신점간 전파통로의 중간점이 되도록이면 도면의 중앙에 있도록 그려야 한다.

3) 기준면의 설정

송수신공중선 및 산악의 높이는 이 기준면으로부터 정한다. 따라서 구면대지이고, 또 송수신점 및 산점의 높이가 평면선상에 있지 않을 경우의 기준면 설정은 송수신공중선의 높이 및 산악 (장애물) 의 높이를 결정하는데 직접적인 영향을 주어 계산결과에 변화를 주므로 매우 중요한 요건이 된다.

그래서 여기 기준면 설정의 일반적인 방법을 채택하고 기술한다.

가) 송수신공중선 모두 해면을 취하는것.

나) 송수신 지점중 해발이 낮은 쪽의 점을 취하는것

다) 송수신공중선 모두 지상고를 취하는것

라) 전파의 반사면을 취하는것

이들 중 극히 가까운 곳의 경우는 "다) " 항, 중거리 에서는 "나) " 항의 방법이 적당하며, 일반적으로 "라) " 항의 방법을 택하면 지장이 없을 것이다.

4) 전계강도를 구하는 방법

가) 앞에서 말한 방법에 의하여 송수신공중선의 실효고 h_1 , h_2 를 정하여 제 13 도에 의해 수신전력을 구하고 다음에 제 12 도에 의해 수신전계강도 (dB) ($1 \mu V/m = 0 \text{ dB}$) 를 구한다.

단, 이 방법으로 구한 수신전계강도가 그 거리에 대한 자유공간 전계강도 (제 12 도의 Scale 1 의 거리에 대하여 Scale 2 로 주어진 다) 보다 큰 경우에는 이 방법은 사용되지 않고, 이러한 경우에는 근사적으로 자유공간 전계강도를 사용한다.

나) 지구의 만곡에 의한 회절은 전파가 회절에 의해서 지구의 만곡에 연해 전파한다. 이때의 Shadow loss 는 제 14 도에 의해 계산할 수가 있다.

다) Knife Edge 또는 Screen 에 의한 회절은 음영손을 일으켜, 그 크기는 제 16 도에 나타낸 바와 같다. 장애물의 높

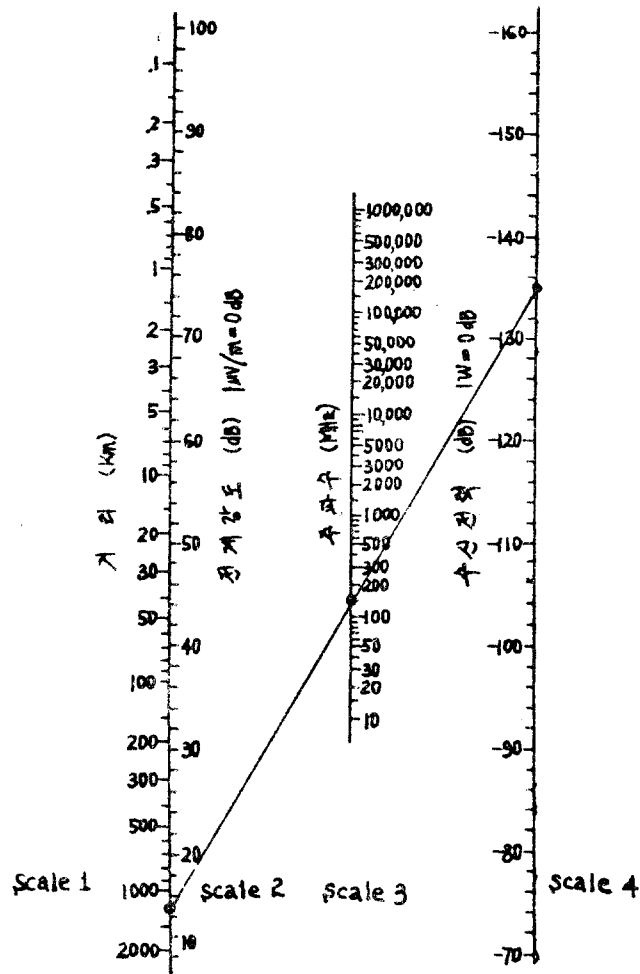
이는 기준면으로부터 취한다.

라) 제 17 도에 나타낸 바와 같이 송수신공중선 사이에 2 개 혹은 그 이상의 Knife Edge 의 장애물이 있는 경우에는, 각 공중선으로부터 관통을 방해하는 산의 꼭대기와 공중선을 연결하는 산의 교점을 가지고 H로 한다.

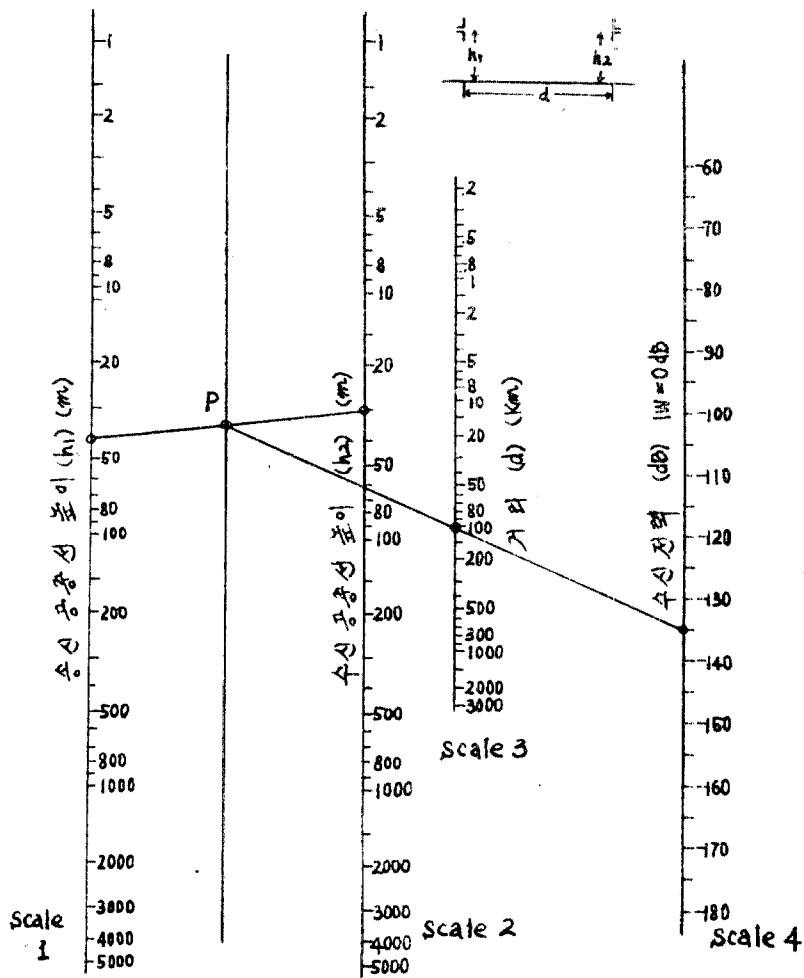
마) "라)"의 경우 가상외산 H에 의한 음영손 L_s 외에 송수신공중선의 어느 쪽인가 가까운 쪽의 장애물 H'에 의한 음영손 L_s' 를 고려하지 않으면 안된다.

바) 가시거리외의 전파시에는 제 15 도에 의한 회절손실을 고려해야 한다.

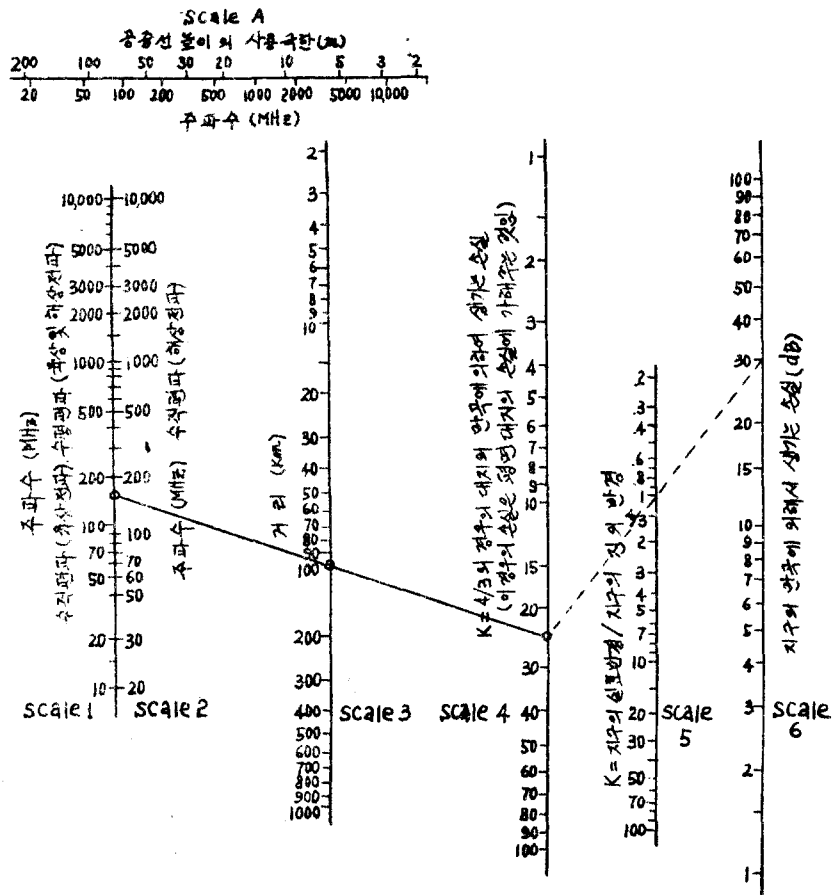
이 밖에도 이들 장애물의 두께, 관계위치의 차 등에 대해서 약간의 보정을 요하는데 이는 많은 경험에 의해서만 구할 수 있겠다.



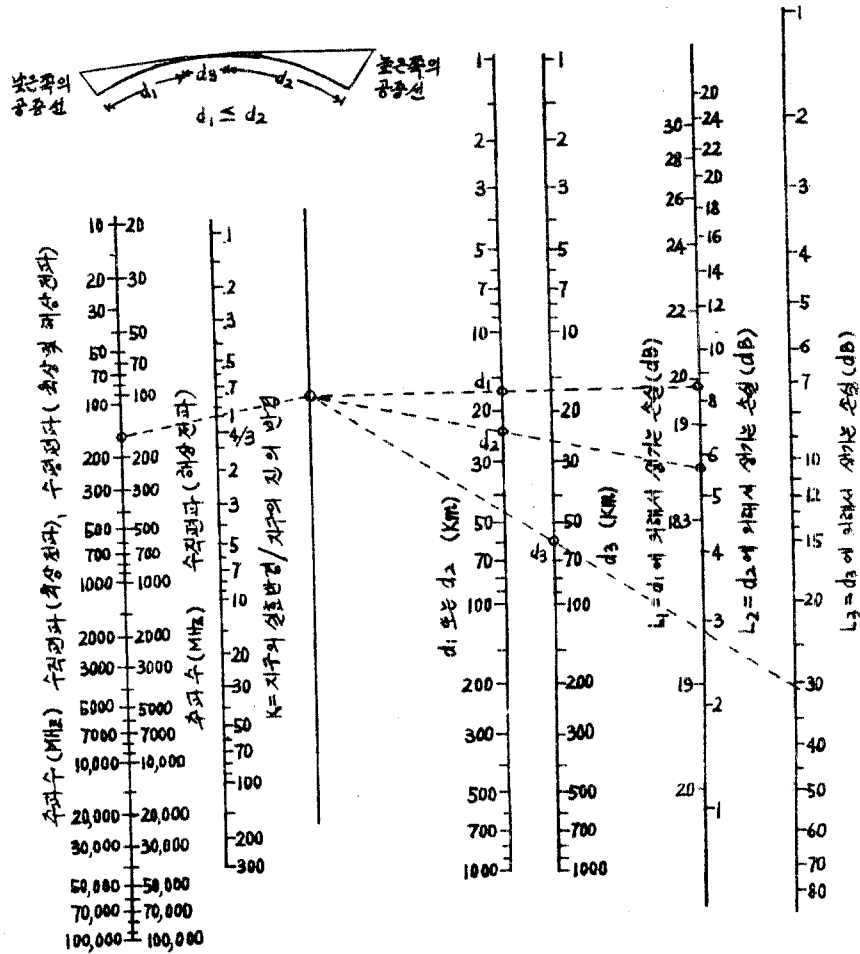
제 12 도 자유 공간전계 강도와 수신전력환산 Nomograph



제 13 도 평면대 지상의 수신전력 Nomograph

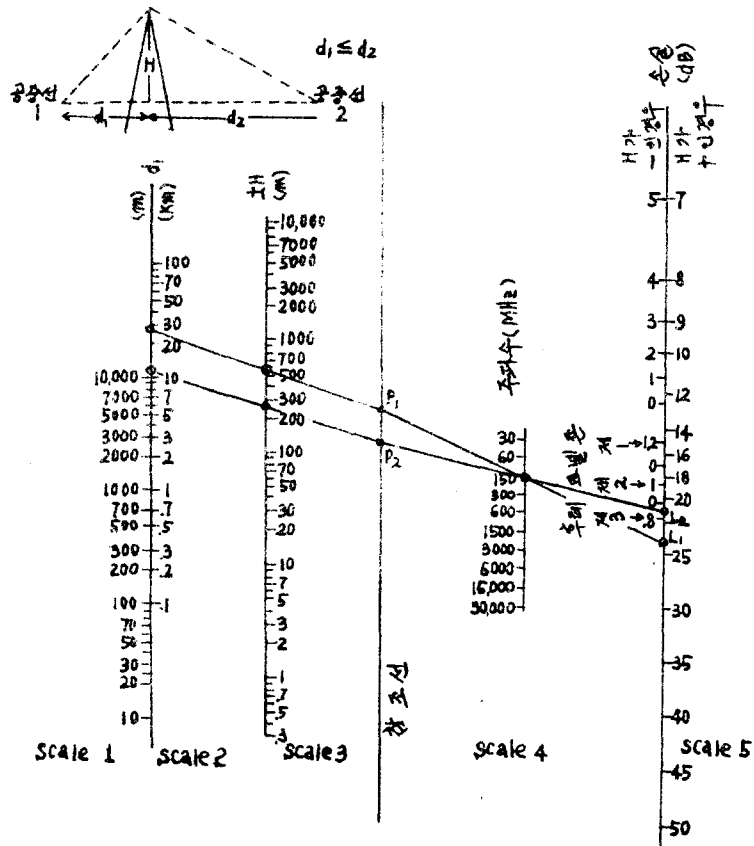


제 14 도 지구의 만곡에 의해서 생기는 회절손실
Nomograph (1)

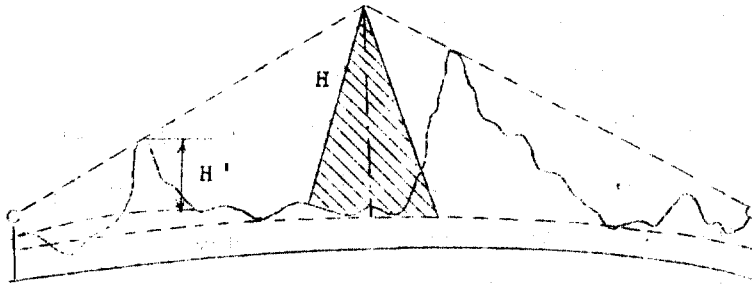


제 15 도 지구의 만곡에 의해서 생기는 회절손실

Nomograph (2)



제 16도 나이프엘찌에 의한 회절손실



제 17 도 송·수신점간에 2 개의 산이 있을때.

5. 전 계 강 도 측 정

가. 실 측 방 법

1) 측정 지점의 선정

인천무선국의 송신공중선을 원점으로 하여 10° 간격으로 전방향을 분할하여 도로와 맞닿는 69 개 지점을 적의 선정함.

2) 전파의 편파

수직 편파

3) 측정치

Carrier Wave (Mean Value) $\text{dB } \mu\text{V/m}$ ($1 \mu\text{V/m} = 0\text{dB}$)

4) 측 정

측정용차량 ($1/4 \text{ ton Zeeep}$) 에 지상고 4 m의 반파장 다이폴 안테나를 설치하고 선정된 지점에서 정지중 전계강도측정기로 측정함. 삼점 측정법으로 보완측정을 행함.

5) 측정용 기기

NF-105 Noise & Field Intensity Meter (DM-105-T2 Dipole Antenna 사용)

나. 실제 공중선의 복사전력 산출

송신기로부터의 출력이 공중선에서 최대로 복사되기 위하여는 송신기와 전송로, 전송로와 공중선간의 정합이 완전하여 손실이 없음을 요하는데, 실제로는 이러한 조건을 만족시킬 수가 없으므로, 이론적 계산시 송신기출력을 그대로 복사전력으로 적용할 수가 없었다. 따라서 다음 요령에 의해 산출했다.

1) Cable 의 길이에 따른 손실

동축 Cable RG-17/U는 200MHz 대 부근에서 1 km 당 손실이 약 48 dB 이므로 실제 전송로의 길이를 약 50 m로 하면 2.4 dB의 손실이 있다.

2) 반사파에 의한 손실

$$\text{반사계수 } P = \frac{Z_0 + Z_\ell}{Z_0 - Z_\ell} = 3.74$$

여기서 Z_0 : 공중선 Impedance (90 Ω)

Z_ℓ : 전송로의 Impedance (52 Ω)

$$\text{V.S.W.R } S = \left| \frac{1 + P}{1 - P} \right| = 1.73$$

따라서 반사파에 의한 전력감쇄치 (M) 는

$$M = \frac{(1 + S)^2}{4.8} = 1.0766 \approx 0.3 \text{ (dB)}$$

그러므로 실제 공중선의 복사전력은 송신기 출력으로부터 " 1) " 및 " 2) " 항의 손실을 감해 주면 (송신기출력 60 W = 17.8 dBW)

$$\begin{aligned} \text{복사전력 } P &= 17.8 - (2.4 + 0.3) = 15 \text{ [dB]} \\ &= 32.4 \text{ [W]} \end{aligned}$$

이 된다.

이 밖에도 Connector 의 결합에 의한 손실도 무시할 수 없을 것으로 생각된다.

다. 이론계산치와 실측치와의 비교

위 "가"항의 방법에 의하여 현지 출장 측정한 결과를 위에 기술한 이론적 산출방법에 의한 계산치와 대비해 본 결과 다음과 같았다. 이는 다수의 지점을 실측하기가 곤란하였으므로 양자의 일치로 정확도를 파악하여 등전계강도 분포도 작성을 위한 자료가 되었음.

제 3 표 계산치와 실측치의 대비

각도(θ)	측정지점	송수간거리 (km)	계산치 (dB)	실측치 (dB)
0°	연안부두	4.8	78.7	89.0
	구읍동	10.3	74.1	76.4
	사거리	26.3	53.0	60.4
	문산리	30.6	57.9	58.0
	소루지	33.2	53.6	52.4
	교동	50.0	46.7	44.9
10°	오류골	26.8	58.1	58.4
	백운곡	31.6	56.5	55.4
	삼성리	36.4	71.1	70.9
	삼거리	42.9	49.5	54.4
	배유고개	45.7	51.1	56.4
20°	사동	5.4	71.3	72.4

각도(θ)	측정지점	송-수간거리 (km)	계산치 (dB)	실측치 (dB)
20°	방 마 도	21.4	66.3	67.4
	대 명 비	26.1	57.2	55.4
	원 머 루	31.7	47.9	44.4
	도 감 골	39.6	47.7	44.8
30°	도 원 동	4.9	74.1	75.4
	금 계 동	19.3	65.3	68.4
	유 현 리	24.6	50.3	54.2
	조강거리	30.3	55.1	54.4
	마 원 동	34.9	42.0	46.4
40°	서주염전	15.6	53.7	59.4
	왕 길 리	19.9	56.6	55.9
	발 산	26.9	52.9	50.4
	중곡촌동	31.3	52.9	45.4
50°	웃 우 물	10.2	73.0	75.9
	싱아고개	13.0	67.1	69.4
	밤 촌 말	23.8	56.4	55.4
60°		3.8	66.0	68.4
	가 좌 동	8.9	59.7	60.4
	임 촌 말	12.5	45.8	54.4
	성 내 동	19.1	27.5	30.0
	선 수	22.5	19.7	44.0

각도(θ)	측정 지점	송-수간거리 (km)	계산치 (dB)	실측치 (dB)
70°	학 익 동	3.5	67.3	70.4
	주안사거리	5.4	63.5	66.4
	십정 1 동	7.7	61.2	63.4
	용 종 리	15.2	29.2	-
	판 다 리	22.6	25.8	45.4
80°	주안 2 동	4.5	63.8	66.4
	원통이교개	8.6	56.3	57.4
	부 평 평 야	16.2	25.8	58.4
	공 장	22.7	20.9	-
90°	송 도 역	1.4	83.8	89.9
	구 월 동 (붉은교개)	6.2	51.3	49.9
	간 석 동	7.9	49.3	48.4
	도 당 리	15.6	36.3	64.9
100°	하 촌	8.7	37.1	40.0
	홍 천 사	14.6	27.3	30.2
110°	수 산 동	8.1	42.3	42.4
	대 야 리	13.2	20.2	-
120°	남 촌 동	6.3	44.6	46.4
		8.0	30.9	65.8
	은 행 리	13.7	24.8	23.4
130°	도 립 동	7.4	41.5	43.4

각도(θ)	측정지점	송-수간거리(km)	계산치(dB)	실측치(dB)
130°	미 산 리	12.7	28.2	31.2
	매 화 리	15.3	28.2	-
140°	북 론 현	7.2	45.7	48.4
	하 중 리	14.6	38.3	39.7
150°	갈 산	6.6	56.3	56.4
	우 목 끝	10.8	50.3	50.4
160°	남 촌	7.2	59.8	59.4
	금 호	13.0	58.7	59.2
170°	굴 독 촌	11.3	54.4	57.4
180°	대 암	1.5	89.1	89.9
	염 전	10.0	55.3	57.4
340°	운 서 리	13.0	72.4	-
	어 음 동	15.3	67.0	-
350°	관 창 동	12.2	67.6	-
	별 판	14.8	55.8	-

라. 대비표의 고찰

총 측정계획 지점수	69 개	지점
미 측정 지점수	8 개	지점
실측 지점수	61 개	지점

미측정 8개 지점중 4개 지점은 도서(영종도및 신도)인 관계로 전원구비 및 측정기 운반등의 제반 문제로 인하여 생략하였으나 이에 대해서는 해상전파로서 유사지점의 측정치와 비교 추정이 가능했으며,

나머지 4개 지점에서는 혼신등의 전파장애로 인하여 측정 불가능하였으나 기타의 다수지점측정으로 추정이 가능하여 별로 문제되지 않았다.

실측한 61개 지점의 측정치를 이론계산치와 대비하여 보면 아래 표에서 알수 있는 바와 같이 양자의 편차에 따른 지점수와 정확도는 다음과 같았다.

제 4 표 계산치와 실측치의 누적 정확도

편 차 (dB)	지 점 수	누적정확도 (%)	비 고
3 이내	46	75.4	
3 ~ 5	4	86.9	
5 ~ 10	5	90.2	

또한 대비표에서 알수 있는 바와 같이 이론계산치 보다 실측치가 대체적으로 높아졌음을 알수 있다. 이는 계산상의 요소결정 문제와 실제에 있어서 전파상태가 산악의 측면반사 또는 회절등 여러가지 문제로 인한 것으로 생각되며 송신공중선을 위무한 절탐 및 주위의 도전체등에 의한 반사영향도 없지 않을 것으로 생각됨.

6. 등전계강도 분포도 산출방법

가. 작성 방법

위에 기술한 방법에 의한 이론치와 실측치의 대비를 참고로 한 등전계강도 분포도의 작성 방법은,

인천무선국의 송신공중선을 중심점으로 전방향을 10° 씩 등분한후 그 기점(중심점)과의 연장선을 그은후 1 km 단위로 나누어 계산했는데 각도의 편의상 $50, 100, 300, 1000 \mu\text{V/m}$ 의 것만 나타났다.

이는 평면대지 전파공식에 의하여 계산한 결과를 "3,나"항에서 측정한 실제 Antenna의 특성패턴을 감안하여 그린 것이다. 물론 모든 산악등의 지형적조건을 고려할 수는 없었기 때문에 위에 기술한 반사면을 기준으로 한 평면대지 전파공식에 의하여 계산한 것을 실측전계강도치와 비교검토후 작성했다.

전파반사면을 기준으로 한 평면대지 전파공식의 제원은 다음과 같이 정했다.

1) 송수신점이 육상이고, 전파반사면이 해상인 경우

해면이 전파반사면이므로 각각의 높이는 해발고를 취함.

송신공중선의 높이(h_1) : 60 m

수신공중선의 높이(h_2) : 19 m

여기서 수신공중선의 높이는 전파통로상의 육지의 평균 해발고를 15 m 로 하고 그 위에 4 m 의 Antenna를 설치한 것으로 보았다.

2) 송신점이 육상이고, 수신점과 전파반사면이 해상인 경우

해면이 전파반사면이므로 각각의 높이는 해발고를 취함.

송신공중선의 높이(h_1) : 60 m

수신공중선의 높이 (h_2) : 4 m

3) 송수신점 및 전파반사면이 모두 육상인 경우

전파통로의 육지의 평균 해발고를 15 m로 정하고 이면으로부터 전파반사가 일어난다고 보아 각각의 높이는 해발고로부터 이를 제한 것으로 함.

송신공중선의 높이 (h_1) : 45 m

수신공중선의 높이 (h_2) : 4 m

이밖에도 여러가지 경우를 생각할 수 있겠으나 조사대상지역을 관찰한 결과 위의 세가지 경우를 고려하였으며, 그 계산결과는 아래와 같다.

제 5 표 각도에 따른 거리대 전계강도 (위 "1" 항 경우)

전계강도 각도	50 $\mu V/m$	100 $\mu V/m$	300 $\mu V/m$	1000 $\mu V/m$
0°	55 km	40 km	23 km	12.5 km
10°	54.5 "	38.5 "	22 "	12 "
20°	52 "	36 "	21 "	11.5 "
30°	48 "	34 "	20 "	11 "
40°	46 "	32 "	19 "	10 "
50°	43 "	31 "	18 "	10 "
60°	40 "	28 "	16 "	9 "
70°	36 "	25.5 "	15 "	8 "
80°	29 "	20.5 "	12 "	6.5 "
90°	23 "	16 "	9 "	5 "

각도 \ 전계강도	50 $\mu V/m$	100 $\mu V/m$	300 $\mu V/m$	1000 $\mu V/m$
100°	18 km	12.5 km	7 km	4 km
110°	19 "	14 "	8 "	4 "
120°	18 "	12.5 "	7 "	4 "
130°	19 "	14 "	8 "	4.5 "
140°	21 "	15 "	9 "	5 "
150°	25.5 "	18 "	10.5 "	6 "
160°	30 "	21 "	12 "	7 "
170°	32 "	23 "	13 "	7 "
180°	32 "	23 "	13 "	7 "

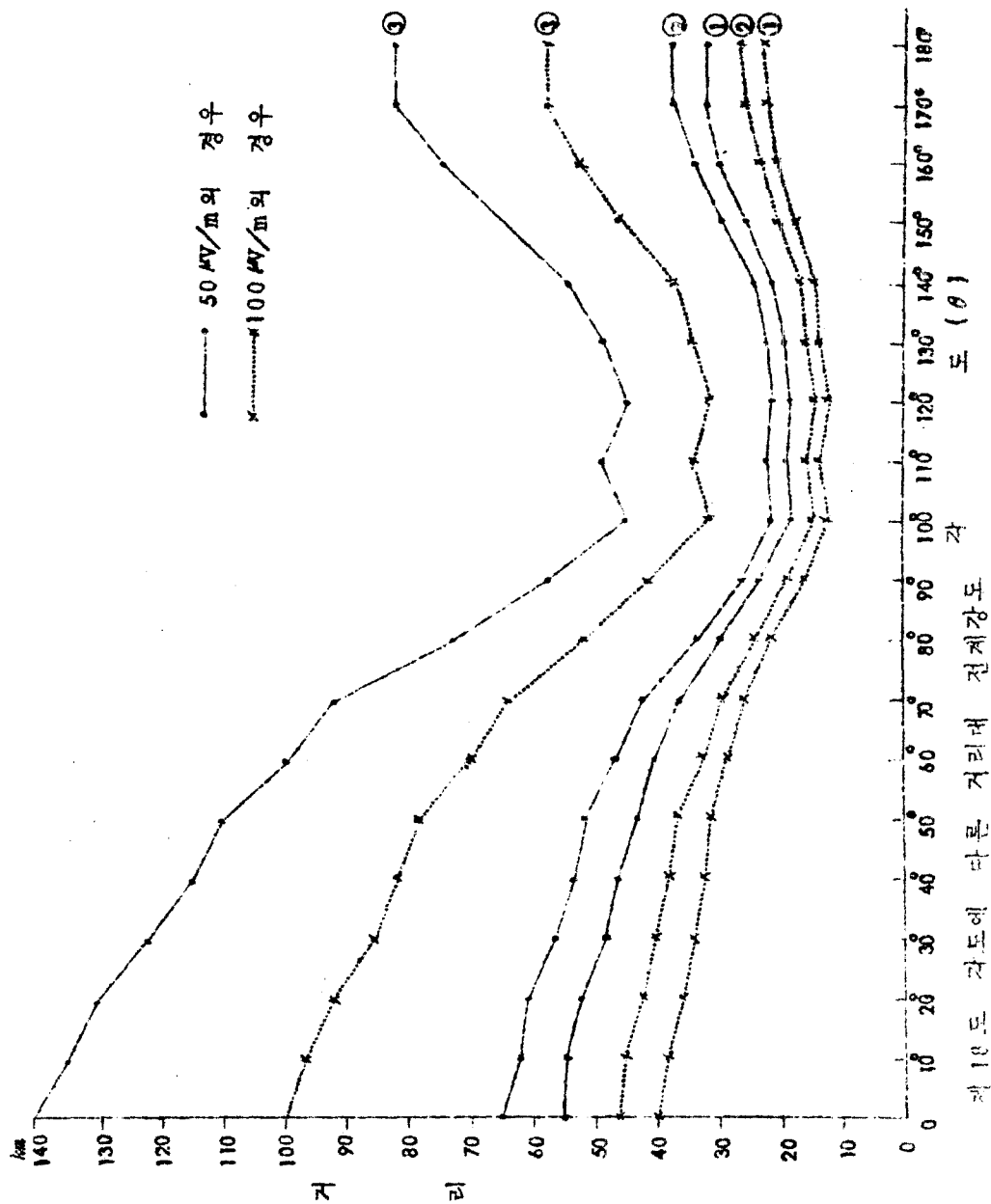
제 6 표 각도에 따른 거리대 전계강도 (위 "2" 항의 경우)

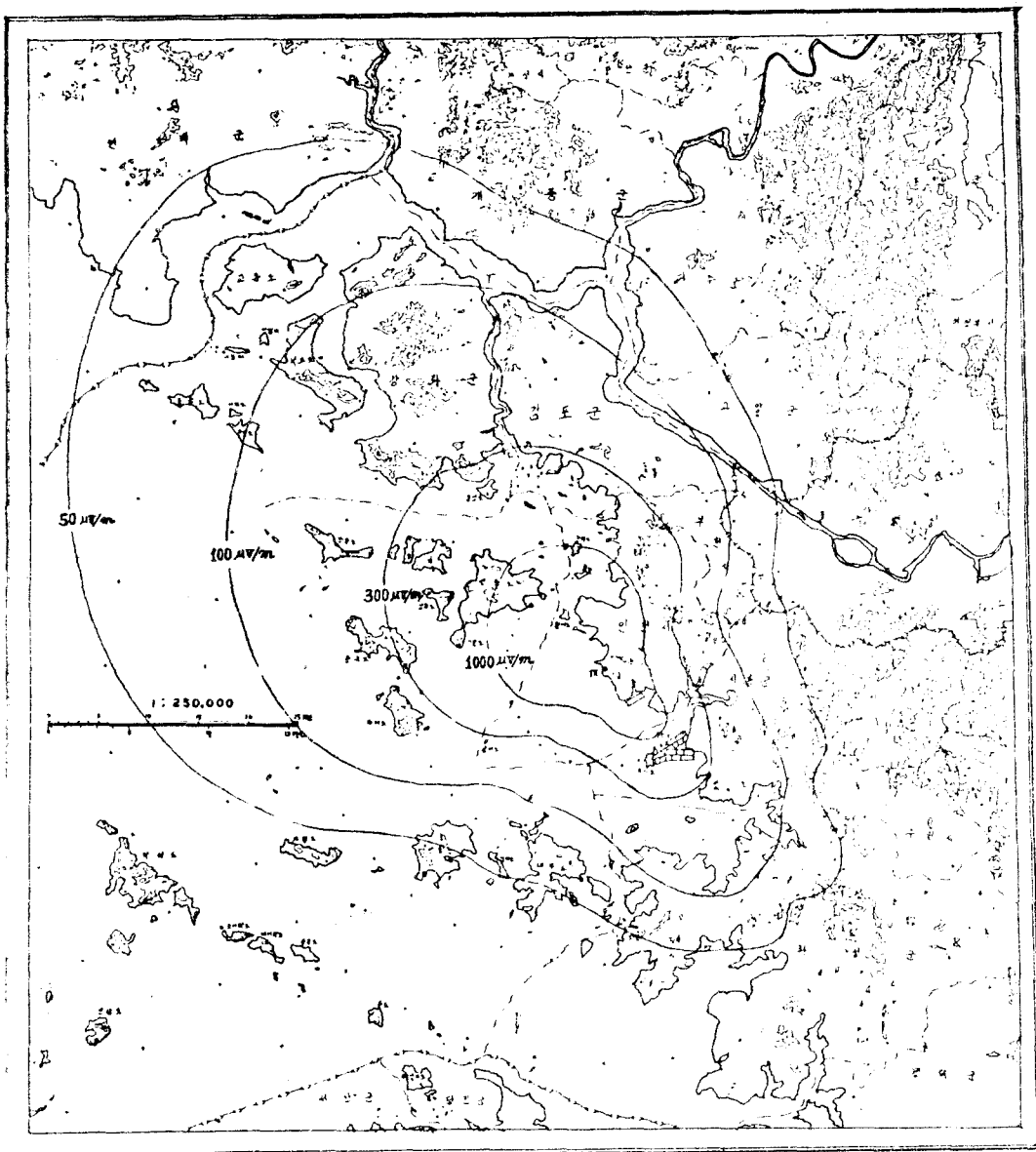
각도	50 $\mu V/m$	100 $\mu V/m$	300 $\mu V/m$	1000 $\mu V/m$
0°	65 km	46 km	26 km	14.5 km
10°	62 "	45 "	25.5 "	14 "
20°	60.5 "	42 "	24.5 "	13 "
30°	56 "	40 "	23 "	12.5 "

각 도	50 $\mu\text{V}/\text{m}$	100 $\mu\text{V}/\text{m}$	300 $\mu\text{V}/\text{m}$	1000 $\mu\text{V}/\text{m}$
40°	53 km	37.5 km	21.5 km	12 km
50°	51 "	36 "	21 "	11 "
60°	46 "	32 "	18.5 "	10 "
70°	42 "	29.5 "	17 "	9.5 "
80°	33 "	23.5 "	14 "	7.5 "
90°	26 "	18.5 "	11 "	6 "
100°	21 "	14.5 "	8 "	4.5 "
110°	22 "	16 "	9 "	5 "
120°	21 "	14.5 "	8 "	4.5 "
130°	22 "	16 "	9 "	5 "
140°	24 "	17 "	10 "	6 "
150°	29.5 "	21 "	12 "	7 "
160°	34 "	24 "	14 "	8 "
170°	37.5 "	26.5 "	15 "	8 "
180°	37.5 "	26.5 "	15 "	8 "

제 7 표 각도에 따른 거리대 전계강도 (위 "3" " 향의 경우)

각 도	50 $\mu V/m$	100 $\mu V/m$	300 $\mu V/m$	1000 $\mu V/m$
0°	141 km	100 km	57.5 km	31 km
10°	136 "	97 "	56 "	30.5 "
20°	130.5 "	92.5 "	53 "	29 "
30°	122 "	86 "	50 "	27 "
40°	115 "	82 "	47 "	26 "
50°	110 "	78.5 "	45 "	25 "
60°	99.5 "	70 "	40.5 "	22 "
70°	91.5 "	64.5 "	37 "	20.5 "
80°	72 "	51 "	30 "	16 "
90°	57.5 "	41 "	23.5 "	13 "
100°	44.5 "	31 "	18 "	10 "
110°	48.5 "	34 "	20 "	11 "
120°	44.5 "	31 "	18 "	10 "
130°	48.5 "	34 "	20 "	11 "
140°	53 "	37 "	21.5 "	12 "
150°	64.5 "	46 "	26 "	14 "
160°	74.5 "	53 "	30.5 "	17 "
170°	82 "	58 "	32 "	18 "
180°	82 "	58 "	32 "	18 "





제 19 도. 등전계강도 분포도
- 216 -

7 . 결 론

위의 등전계강도 분포도는 조사대상 지역이 매우 복잡하여 송-수신지점간의 지형에 대한 변화를 모두 고려할 수가 없었으므로 전파통로상의 송수신지점 및 전파반사점의 지형조건은

- 1) 송수신지점이 육상이고, 전파반사점이 해상인 경우
- 2) 송신점이 육상이고, 전파반사점 및 수신점이 해상인 경우
- 3) 송수신점 및 전파반사점이 모두 육상인 경우

의 세가지로 정하였고, 수신공중선의 평균높이를 해상은 4 m, 육상은 19 m (해발고 15 m 포함)로 제산하여 작도하였다.

실제의 지형을 고찰해 보면 대략 해상이 50 %, 산악이 20 %, 평지 및 구릉이 30 %정도로서 실측과정에서 필요로 하는 지점을 선정할때나 측정작업에 많은 애로점이 있었다.

또 측정 시기가 7월중순부터 8월중순까지 였으므로 우기를 피할 수 없었고, 대지의 습기 또한 측정치에 다소의 영향을 끼쳤을 것이며, 살림이 가장 무성했던 녹음기 였으므로 Profile 을 작성하는데도 다소의 오차가 있었을 것이다.

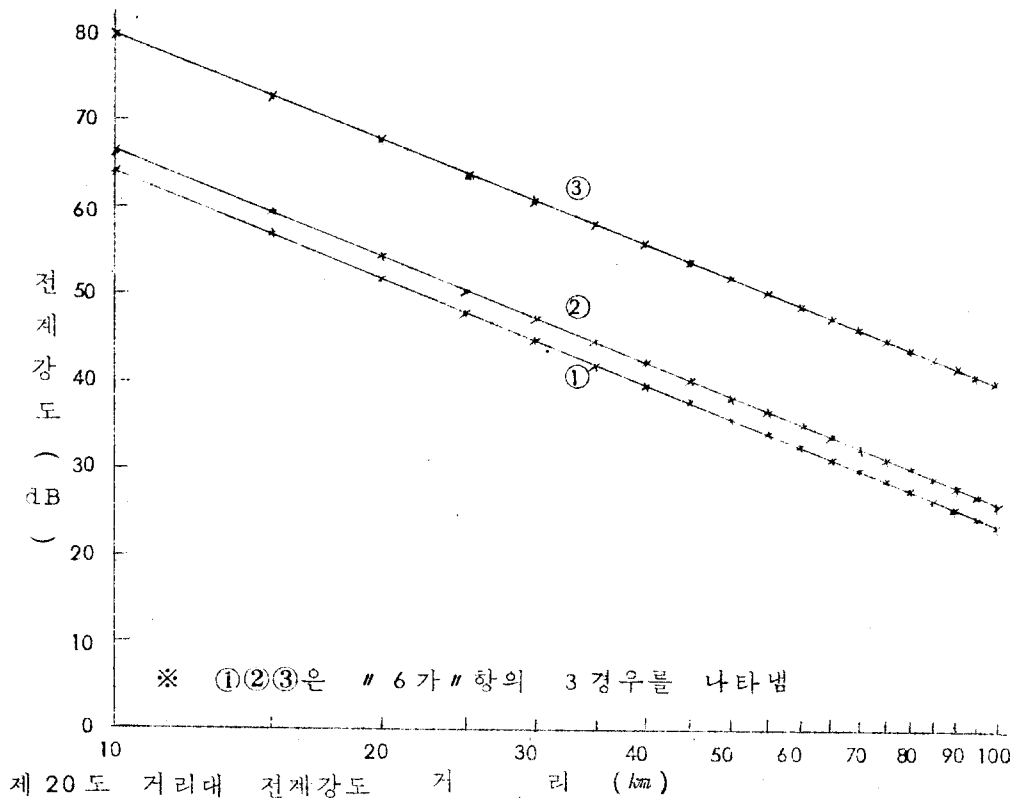
따라서 실제의 경우 각지점에 대한 전계강도는 위의 분포도 보다 약간 차이가 있음을 감안해야 할 것이다.

그러나 실제로 이용할 필요가 있을 때는, 위에 기술한 바와 같이 기준면에 따른 공중선 및 산악 (장애물) 등의 실효고와 실제의 복사전력을 정확히 산출하여야 하며 또 사용공중선의 지향특성이 이론패-턴과 실제패-턴이 동일하지 않다는 점을 고려해야 함으로 가능하면 실제의 조건에 적합하게 측정하여 각도에 따른 패-턴특성을 정확히 감안해 줄때 더욱 만족한 결과를 얻을수 있을 것으

로 확신한다. 따라서 위 "5라"항에 밝힌바와 같이 오차의 한계를 3 dB 정도로 허용한다면 75 % 이상의 정확성을 가져다 줄 것이다

또한 이론치와 비교를 위한 실측의 경우에는 예상외의 반사영향을 고려하여 1개 지점을 측정할 경우 적어도 그 선정된 지점의 주위를 수파장의 간격을 가진 삼각형을 이루는 3 점에서 측정을 하여 상호 비교후 그 지점의 전계강도를 정함으로써 더욱 정확한 자료를 얻을 수 있을 것이다.

일반적으로 다른 모든 조건이 동일한 경우, 거리대 전계강도는 거리에 따라 대수적인 함수관계를 가지면서 감쇄현상을 나타내는데 제 20 도에 위의 등전계강도 분포도 작성시의 조건에 따른 거리대 전계강도를 일례로 제시한다.



끝으로 위 등전계강도 분포도는 본 조사의 목적으로 미뤄 볼때 송신소에 가까이 높은 분포를 보이는 곡선은 문제시 되지 않으나 송신소로부터 멀리 낮게 분포되는 곡선이 필요한 것으로서 50 UV/m²까지만 그리게 된 것은 현지의 여건에 허락치 못했기에 조사자로서도 아쉬움을 금치 못하는 바이다.

참 고 문 헌

- 1 . FM通信と FM放送 林竜雄, 染谷勲 共著
- 2 . 無線工学ハンドブック 日本電波協会 編
- 3 . 無線工学演習 電波工学研究会 編
- 4 . 電波伝播 上田弘文, 河野哲夫 共著
- 5 . アンテナ工学 遠藤敬二, 佐藤源貞, 永井淳 共著
- 6 . 超短波空中線 内田英成, 虫明康人 共著
- 7 . C.C.I.R. Report 239, 228-1