

# 송수신 공용 원편파 양선 코니칼 혼안테나

## Circularly Polarized Conical Horn Antenna for Both Transmission and Reception

우 종 명

Jong-Myung Woo

### 요 약

본 논문에서는 천정에 부착할 반구형 리플렉터를 이용한 마이크로파대의 새로운 옥내 무선통신시스템을 구축하는데 필요한 반구형 리플렉터의 산란특성 및 옥내 전파특성을 평가하기 위해 송수신 공용 원편파 양선 코니칼 혼안테나를 설계, 제작하고 그 제특성을 구했다. 그 결과, 편파식별도 27 dB 이상, 축비 1.25 dB 이하의 양호한 원편파 양선출력 특성이 얻어졌다.

### Abstract

In this paper, we fabricated a pair of circularly polarized conical horn antennas for evaluating the scattering characteristics of a hemispherical reflector and of propagation characteristics in in-building environments, which is required for constructing a new wireless in-building communication system of microwave band consisted of a hemispherical reflector installed on the ceiling.

The measurements show the fairly good features such that cross-polarization discrimination more than 27 dB and axial-ratio less than 1.25 dB.

### I. 서 론

최근 옥내에 있어서 정보기기와의 주변기기간의 데이터전송을 레이아웃 변경에 관계없이 용이하게 할 수 있고, 또한 공간을 절약할 수 있는 점에서 무선통신을 도입하는 것이 주목되고 있다. 이 통신에서 마이크로파대는 남아있는 주파수 이용분야이고, 전송의 직진성, 광대역화의 면에서 사용이 바람직하다고 생각된다<sup>[1]</sup>. 그러나 옥내통신에는 통신로가 되는 전파경로상에는 여러 가지 장애물이 존재하

고, 또한 사람의 이동에 의해 발생하는 차폐 때문에 전계강도가 변화하여 안정치 않다. 그래서 이 직접파에 의한 통신을 확보하기 위해 벽면(천정)에 설치한 반구형 리플렉터<sup>[2]</sup>, 송수신 공용 원편파 안테나를 도입하는 것으로 옥내통신의 실현을 꾀한다. 이 시스템의 구성개념은 그림 1에 나타냈다. 복수의 컴퓨터 본체로부터의 데이터는 트랜시버에서 마이크로파로 변환되어 송신안테나를 거쳐 천정에 부착한 반구형 리플렉터를 향하여 원편파로 방사되고, 그 원편파가 반구형 리플렉터에서 반전(反轉)되어 수신안테나, 트랜시버를 거쳐 주변기기로 전

충남대학교 전파공학과(Dept. of Radio Sciences and Engineering, Chungnam Nat'l Univ.)

· 논문 번호 : 980108-002

· 수정완료일자 : 1998년 4월 20일

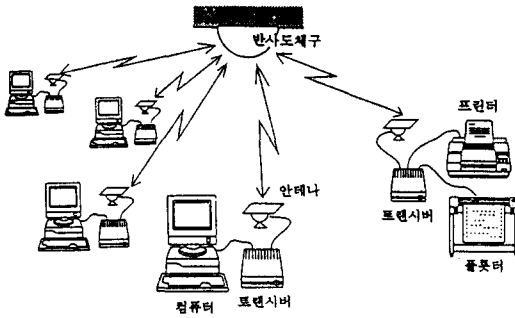


그림 1. 옥내 무선통신시스템  
Fig. 1. Wireless in-building communication system.

표 1. 시스템설정치 예  
Table 1. Example of system design

주파수(GHz)	안테나이득(dB)	송신전력(mW)
9.375	22	1
빔폭(°)	리플렉터 반경(cm)	대역폭(MHz)
10	15	4
수신기NF(dB)	편도전반거리(m)	반송파 / 잡음(dB)
5	6	41.27

송된다. 표 1은 X-band에 있어서 설정한 시스템 수치들의 한 예를 나타낸다.

본 논문에서는 상술의 시스템을 실현하기 위해 제작한 유전체 이용 송수신 공용 원편파 양선안테나 원리, 설계제작 및 제특성에 대해 기술한다.

## II. 송수신 공용 양선 원편파 코니칼 혼안테나

### 2-1 유전체를 이용한 좌·우선 원편파 발생

옥내무선통신시스템을 구성하는데 원편파에 대한 반구형 리플렉터의 산란특성과 옥내전반특성을 평가하기 위해, 송수신 공용 양선 원편파 코니칼 혼안테나 한 쌍을 제작했다. 원편파 발생기는 그림 2에 나타난 것처럼 급전부(I), 원편파 변환부(II)

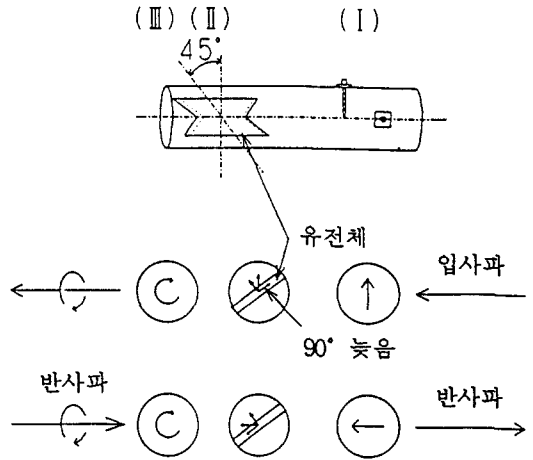


그림 2. 원편파발생기의 구조와 동작원리  
Fig. 2. Structure and principle of circular-polarization.

와 개구부(III)로 구성되어져 있다.

먼저 수직급전 프로브로부터 원형의 도파관 속에  $TE_{11}$  모드를 여진시키면 그림 (II)에 나타난 것처럼 유전체판이 급전부 편파면에 대해 45° 경사로 삽입되어져있기 때문에 유전체에 입사하는 전계성분은 편면에 대하여 평행성분과 수직성분으로 나누어 생각할 수 있다. 이 편면과 평행방향의 편파성분은 유전체의 존재 때문에 이것과 수직인 편파성분보다 전반위상속도가 늦게된다. 거기서 전파가 유전체판을 나올 시점에서 위상이 90° 늦게끔 다음 식 (1)로부터 그 유전체 길이 d를 선택한다.

$$d = n \frac{\lambda_{g0} \lambda_{er}}{4(\lambda_{g0} - \lambda_{er})} \quad (n=1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

여기서  $\lambda_{er}$ 은 유전체 속의 파장,  $\lambda_{g0}$ 는 관내공간의 파장이다.

(III)의 개구로부터 방사되는 전파는 우선원편파가 된다. 한편, 이 전파가 평면 도체상에서 완전반사되어 올 경우 좌선원편파가 되어 되돌아온다. 이

것이 재차 90° 위상지연되기 때문에 (I)에 들어올 때는 급전부측으로는 수평편파가 되어 출력된다. 즉, 수평급전 Probe로 수신된다.

2-2. TE<sub>11</sub> 모드 원형도파관의 개구면으로부터의 방사전계

코니칼 혼안테나에 있어서 원형개구면의 전자계 분포는 원형도파관 지름을 서서히 넓힌 전자계분포라 할 수 있다. 따라서 원형도파관 개구면으로부터의 방사는 원형도파관 모드의 계로부터 결정된다. 원형도파관의 좌표계를 그림 3에 나타낸다.

개구면에서의 반사를 고려한 원형개구면으로부터 방사에 의한 원방계 전계성분 E<sub>θ</sub>, E<sub>φ</sub>는 다음 식으로 주어진다.

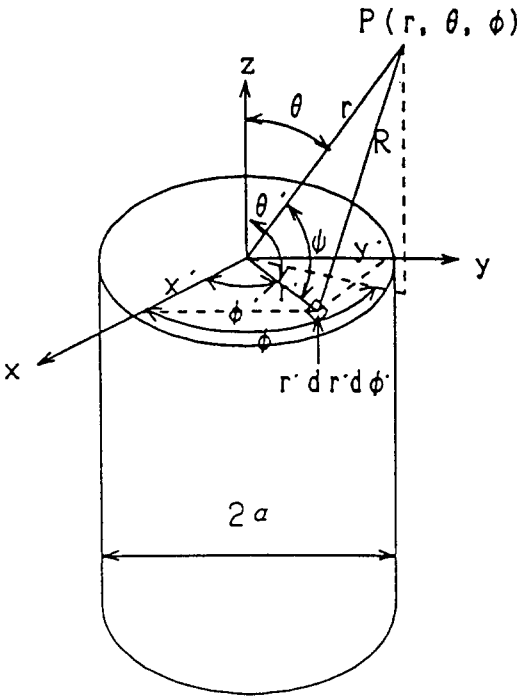


그림 3. 원형도파관의 개구면 좌표계  
Fig. 3. Coordinate open-end circular wave guide.

$$E_{\theta} = \frac{j^{n+1}n\omega\mu\epsilon^{-jkr}}{2r} \left[ 1 + \frac{\beta\cos\theta}{k} + \Gamma \left( \frac{1-\beta\cos\theta}{k} \right) \right] \frac{J_n(k_c a) J_n(k a \sin\theta) \sin n\phi}{\sin\theta} \quad (2-1)$$

$$E_{\phi} = \frac{j^{n+1}k a \omega \mu \epsilon^{-jkr}}{2r} \left[ \frac{\beta}{k} + \cos\theta - \Gamma \left( \frac{\beta}{k} - \cos\theta \right) \right] \frac{J_n(k_c a) J_n'(k a \sin\theta) \cos n\phi}{1 - \left( \frac{k \sin\theta}{k_c} \right)^2} \quad (2-2)$$

이 된다[3].

TE<sub>11</sub> 모드에 대한 원형개구면으로부터의 방사에 의한 원방 전계성분 E<sub>θ</sub>, E<sub>φ</sub>는

$$E_{\theta} = \frac{j^{n+1}k a \omega \mu \epsilon^{-jkr}}{2r} \left[ 1 + \left( \frac{\lambda_0}{\lambda_{g0}} \right) \cos\theta \right] \frac{J_1(k_c a) J_1(k a \sin\theta) \sin\phi}{k a \sin\theta} \quad (3-1)$$

$$E_{\phi} = \frac{j^{n+1}k a \omega \mu \epsilon^{-jkr}}{2r} \left[ \frac{\lambda_0}{\lambda_{g0}} + \cos\theta \right] \frac{J_1(k_c a) J_1'(k a \sin\theta) \cos\phi}{1 - \left( \frac{k \sin\theta}{k_c} \right)^2} \quad (3-2)$$

이 된다. 식 (2-1) ~ (3-2) 중에서 반사계수 Γ=0 (개구면상과 자유공간이 연속),  $k_c = \frac{1.841}{a}$ ,  $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_{g0}}$ ,  $k = \frac{2\pi}{\lambda_0}$  이다.

TE<sub>11</sub> 모드 도파관 지름을 서서히 넓힌 코니칼 혼안테나의 원형개구면 전자계분포는 TE<sub>11</sub> 모드분포라 생각할 수 있으므로 그 방사패턴은 식 (3-1)과 (3-2)를 이용하여 구할 수 있다.

2-3 양선원편파 코니칼 혼안테나 설계

주파수 9.375 GHz, 빔 폭 10°, 원형도파관의 반

경 1.17 cm인 표준 코니칼 혼안테나를 설계 제작하였다. 빔 폭 10°일 때의 개구면 직경  $d_m$ 은 18.88 cm가 되며 나팔의 개구단으로부터 초점까지의 길이  $L$ 은 37.3 cm가 된다. 이와 같은 치수로 설계한 안테나를 그림 4에 나타냈다.

원편파는 원형도파관의 내부에 유전체를 삽입함으로써 발생하는 그 원리는 2-1절에서 설명했다. 여기서 사용한 유전체의 비유전율  $\epsilon_r$ 은 2.3이고, 전계성분의 위상과 관내공간을 통과하는 전계성분의 위상차가  $90^\circ(\frac{\pi}{2})$ 되는 유전체 길이는 25.89 mm (유전체단에서의 방사를 없게 했을 때 측정치로서 이론치와 차이가 난다)가 된다. 그것을 그림 5에 나타냈다. 여기서  $E$ 는 직선편파이고,  $E_{\epsilon_r}$ 과  $E_{\epsilon_0}$ 는 각

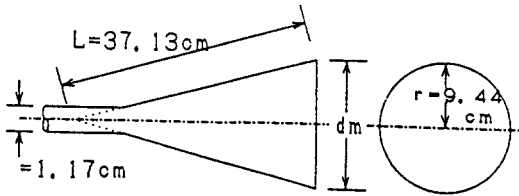


그림 4. 코니칼혼안테나의 치수  
Fig. 4. Size of the conical horn antenna.

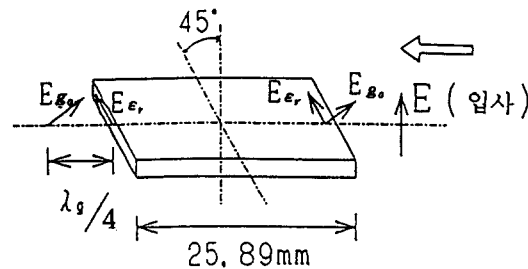


그림 5. 비유전율  $\epsilon_r=2.3$  일때의  $90^\circ$  위상차에 상당하는 유전체 길이 (이론치)  
Fig. 5. Length of the dielectric slab which corresponds to  $90^\circ$  makes phase difference when  $\epsilon_r=2.3$  (theoretical value).

각 유전체 내부와 관내공간의 전계성분에 나타냈다.

직선편파 전계성분  $E$ 가 고유 임피던스가 다른 매질에 입사할 때 반사파가 생긴다. 이들을 피하기 위한 Brewster 각  $\theta_{br}$ 은

$$\theta_{br} = \sin^{-1} \sqrt{\epsilon_r / (\epsilon_{g0} + \epsilon_r)} \quad (4)$$

로부터  $56.6^\circ$ 가 된다<sup>[4]</sup>. 그림 6에 나타낸 바와 같이 이 각도를 사용하여 구한 유전체 중심축으로부터의 각도  $\theta$ 는  $33.4^\circ$ 가 된다. 더욱이 유전체단에 있어서 반사파를 없게 하기 위하여 양단을 깎아냈다. 양선 원편파 발생을 위해 2개의 급전 Probe(port 1, port 2)는 상호간에 직각이고, 그 앞에 유전체를  $45^\circ$  경사로 삽입했다. 그리고 급전 Probe와 종단면과의 거리는 위상차를 없애기 위해 그림 7에 나타낸 바와 같이 정했다<sup>[5]</sup>.

### 2-4 안테나 특성

안테나 한쌍(A, B 안테나)을 제작하고, 그 특성을 측정하였다. 여기서는 제작한 안테나 특성 측정 결과에 대해 기술했다.

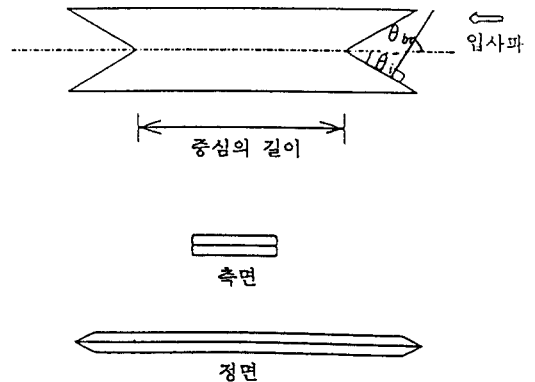


그림 6. 반사파가 생기지 않게 설계한 유전체 구조  
Fig. 6. Structure of the dielectric slab designed for no reflection.

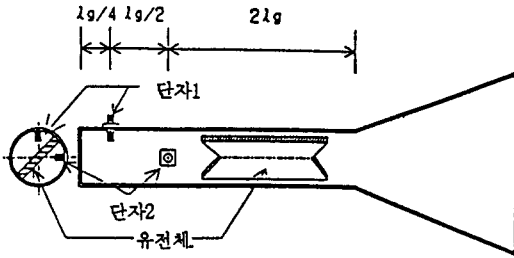


그림 7. 양선원편파 코니칼혼안테나  
Fig. 7. Conical horn antenna with left and right circular polarization.

그림 8에 주파수 9.2 GHz ~ 9.6 GHz에 있어서 한 안테나의 Return loss 특성한계를 나타냈다. 측정결과, 주파수 9.375 GHz에서 -24 dB 이하 (-10dB 밴드폭 7.3 % 이상)를 보이고 있다.

축비의 측정계를 그림 9에 나타낸다. 송신측을 제작한 코니칼 혼안테나, 수신측을 구형기준 혼안테나로 하고, 송신안테나를 회전시키면서 전송전력  $S_{21}$ 을 측정한다. 이때, 주파수의 범위는 9.0 GHz

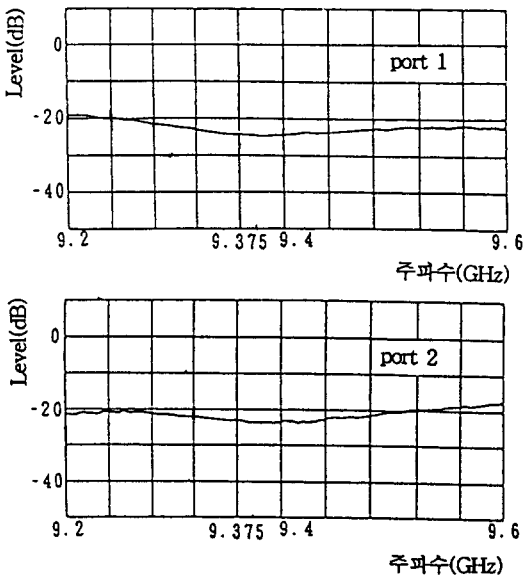


그림 8. A 안테나의 return loss  
Fig. 8. Return loss.

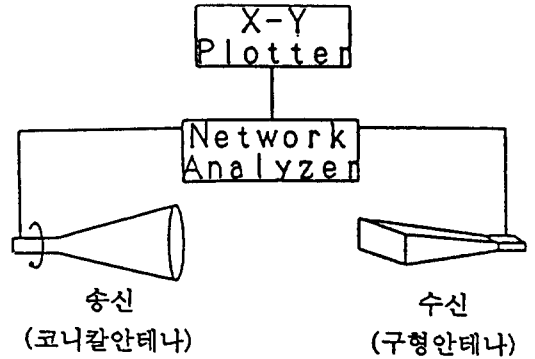


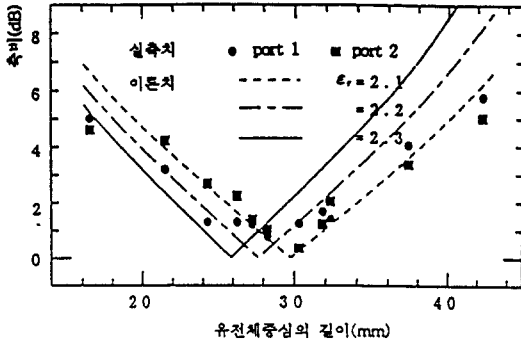
그림 9. 축비 측정계  
Fig. 9. Measurement system for axial ratio.

~ 9.6 GHz이다.

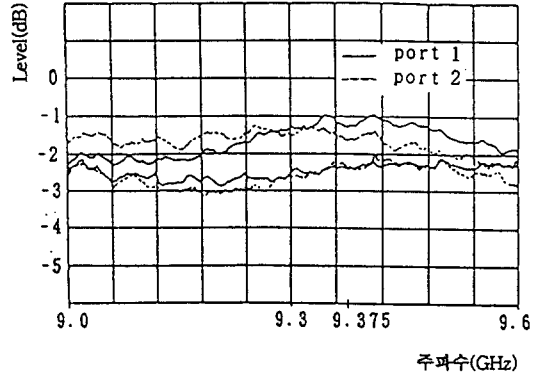
유전체 중심의 길이(그림 6)와 축비의 측정결과를 그림 10에 나타낸다. 종축은 축비, 횡축은 유전체 중심의 길이이고, 측정치는 점(●, ■)으로, 이론치(그림 5의 구조)는 직선으로 표시한다. 또한 그림 10의 양호한 결과가 얻어진 유전체(중심의 길이 29.3 mm~30.3 mm)을 이용했을 시의 축비특성을 그림 11에 나타냈다. 결과는 송신안테나를 45°씩 회전했을 때의 최대 레벨과 최소레벨을 표시했다. 주파수 9.375 GHz 에서 A안테나의 경우 0.75 dB, 0.78 dB, B안테나의 경우 1.25 dB, 0.87 dB의 축비를 나타내고 있다.

그림 12에 패턴측정계를 나타낸다. 측정하고자하는 안테나를 수신으로 했다. 측정주파수는 9.375 GHz이고, 측정하고자하는 수신안테나를 로테이타로 회전시켜, 스펙트럼 어날라이저로 측정한 수신레벨을 컴퓨터로 기록한다. 패턴측정시 송수신 안테나의 높이는 1.3 m, 안테나간 거리는 2 m로 했다. 이론치는 식 (3-1), 식 (3-2)를 이용하여  $TE_{11}$  모드 ( $n=1$ ) 원형개구로부터 방사패턴을 구했다. 원편파 패턴  $|E|^2$ , 즉

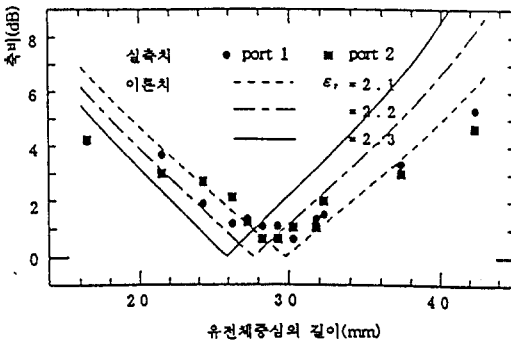
$$|E|^2 = |E_\theta|^2 + |E_\phi|^2 \quad (5)$$



(a) A 안테나



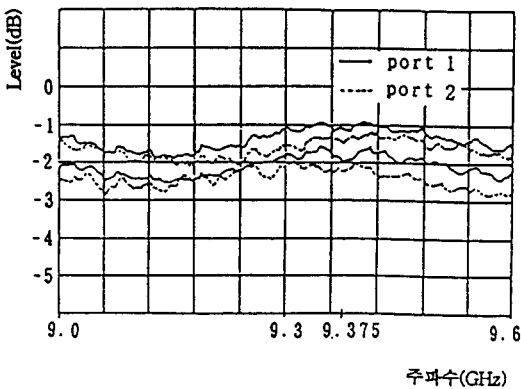
(b) B 안테나



(b) B 안테나

그림 10. 유전체의 길이와 축비 ( $\epsilon_r=2.3$ )

Fig. 10. Length of dielectric slab vs. axial ratio ( $\epsilon_r=2.3$ ).



(a) A 안테나

그림 11. 축비

Fig. 11. Axial ratio.

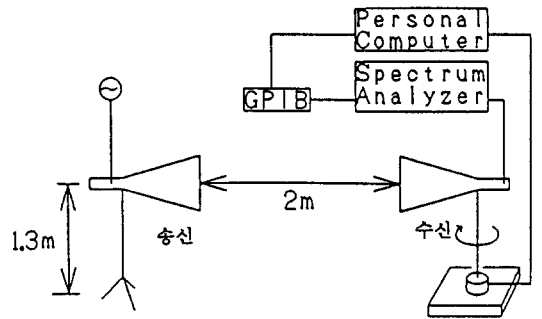
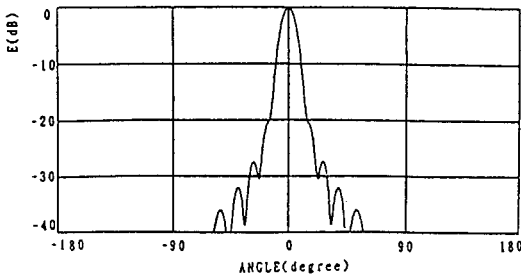


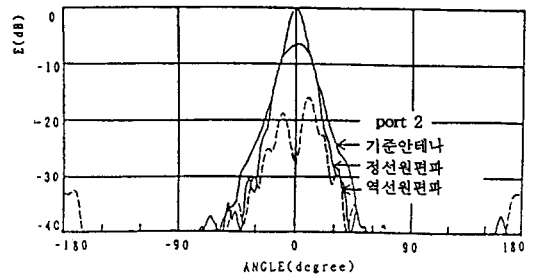
그림 12. 패턴측정계

Fig. 12. Measurement system for radiation pattern.

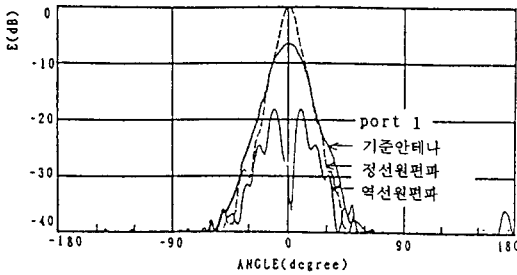
을 그림 13(a)에 나타낸다. 측정결과를 그림 13(b), (c)에 나타낸다(그림에서 정선원편파는 우선원편파를 송신해서 우선원편파로 수신한 경우, 역선원편파란 우선원편파로 송신해서 좌선원편파로 수신한 경우). 구형기준 혼안테나의 절대이득은 18.4 dB이고 원편파 코니칼 혼안테나의 절대이득은 직선편파 구형기준 혼안테나와의 상대이득으로부터 구했다. 이때, 직선편파, 원편파 안테나와의 차, 3 dB의 보정을 했다. 이상과 같은 제특성을 표 2에 나타낸다.



(a) 이론치



(c) B 안테나 실측치



(b) A안테나 실측치

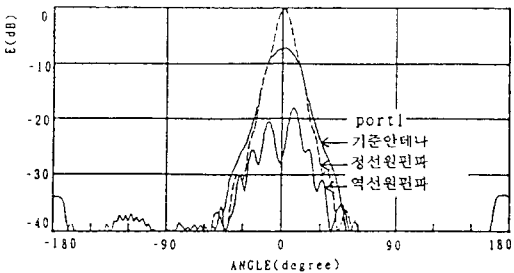
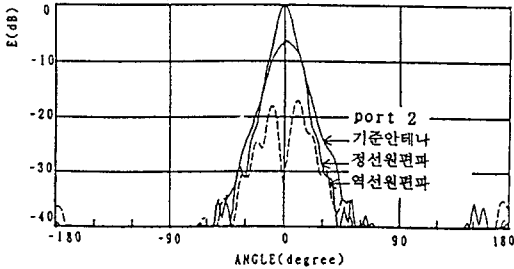


그림 13. 패턴

Fig. 13. Pattern.

표 2. 양선원편파 코니칼혼안테나 제특성

Table 2. Characteristics of conical horn antennas.

	A 안테나		B 안테나	
	PORT 1	PORT 2	PORT 1	PORT 2
RETURN LOSS (dB)	24.78	23.46	24.05	24.83
축비 (dB)	0.75	0.78	1.25	0.87
이득 (dB)	21.84	22.24	23.37	22.14
빔폭 (°)	11.00	10.70	10.30	11.50
사이드로브 (dB)	-28.50	-29.00	-29.30	-30.05
단자간분리도 (dB)	23.60		30.20	
편파식별도 (dB)	29.67		27.32	

제작한 원편파 코니칼 혼안테나의 전력 반치폭 (빔폭)은  $10^\circ$ 가 되게끔 설계했다. 그 결과, Sidelobe가 낮고, 편파 식별도가 27 dB 이상으로 설계대로 양호한 패턴결과가 얻어졌다.  $TE_{11}$  모드 원형도파관의 개구면으로부터 방사전계는 이론식 (3-1, 3-2)로부터 구한 패턴(그림 13(a))과 비교하면 Mainlobe가 잘 일치한다. 그러나, 광 각도의 부분에서 다소의 레벨 차가 인정되나 이 차는 이론계산시 안테나 개구면의 위상분포를 고려하지 않고 계산했기 때문이라고 생각된다.

### III. 결 론

마이크로파를 이용한 옥내무선통신시스템을 제안, 설정치로 계산해 본 결과 C/N이 40 dB 이상 확보되었으며, 또한 상술의 시스템을 구성하는데 기본이 되는 원편파에 대한 반구형 리플렉터의 산란특성을 평가하기 위해 송수신 공용 원편파 양선 안테나를 설계, 제작 및 그 특성을 구하였다. 그 결과 이들 계산치 및 측정치 공히 설계대로 빔 폭이 10°로 일치되며 또한 편파 식별도 27 dB 이상, 축비 1.25 dB 이하의 양호한 원편파 특성이 얻어졌다.

장차 위 안테나를 반구형 리플렉터 산란특성 및 옥내전파 전파경로에 이용할 계획이다.

### 참고문헌

[1] 禹 鍾明, カドラム, チャイラット, 長谷部 望, 金井 建, “マイクロ波を用いた屋内通信用アンテナシステム”, 日本, 電子情報通信學會秋季大會, B-129, 1993.

[2] 禹鍾明, カドラム, チャイラット, 長谷部 望,

“屋内コドレス通信システムにおける半球状リフレクタ散乱特性”, 日本, 電子情報通信學會春季大會, SB-6-2, 1994.

[3] Edward A. Wolff, *Antenna analysis*, Artech House, pp. 192-208, 1988.

[4] 安達 三郎, 電磁波工學, 電子情報通信學會, コロナ社, pp. 24-27, 1983.

[5] 長谷部 望, 電波工學, コロナ社, 1995.

### 우 종 명



1985년 2월 : 건국대학교 전자공학과 공학사  
 1990년 2월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1993년 3월 : 일본, 니혼대학 전자공학과 공학석사

1996년 3월 : 일본, 니혼대학 전자공학과 공학박사  
 1996년 9월 ~ 현재 : 충남대학교 전파공학과 전임강사  
 [주 관심분야] 안테나 및 전자파산란