

## 소형 능동 파라보릭 UHF 수신 안테나에 관한 연구

정 천 석  
전자공학과

### <요 약>

소형 능동 파라보릭 UHF 수신 안테나를 설계하여 그 특성을 시험하였다.

텔레비전 수신용 안테나로 가장 널리 사용되고 있는 Yagi 안테나는 구조가 간단하고 지향성 및 이득특성이 좋으나 방사 주파수에 대한 반파장 길이의 소자를 여러개 사용해야 하므로 치수가 커지고 주파수 대역이 좁아, 설치 취급등에 불편을 느낄 경우가 많다.

본 연구에서는 설치가 용이하게 소형이면서 화질이 좋은, 1파장의 배트윙형 루프안테나를 대칭으로 배열, 동상 결합한 복사기와 파라볼라 반사기로서 UHF 채널에서 비교적 양호한 단일 지향성을 얻고 있다. 본 안테나는 능동소자를 이용한 저잡음 광대역 증폭기를 삽입함으로써 다 소자 Yagi 안테나에 비준될 전후방비를 갖는 외에, 그 이득도 최고 30dB까지되어 일반 수상 안테나로 뿐만 아니라, 고우스트 방지용 실내 안테나로써도 사용이 가능하다.

---

## A study on the small Active Parabolic UHF Receiving Antenna

Jung, Chun-Suk  
Dept. of Electronics

### <Abstract>

A small active parabolic UHF receiving antenna is designed and tested.

The Yagi antenna, which is most widely used for television receiving, has simple form, good directivity as well as high gain, but it must be made with several linear elements of half wave length. Therefore, the dimension of multi-element Yagi antenna becomes bulky and so often it is inconvenient to install and handle because of its big size. Moreover the

---

\* 본 연구는 1994년도 울산대학교 교비연구지원으로 수행된 연구결과임.

frequency bandwidth of the Yagi antenna is not broad enough to UHF TV channels.

A small active parabolic UHF receiving antenna designed in this study is not only small enough to install easily but also assures good quality of picture. It is composed of a parabolic reflector and a radiator. The radiator with shape of batwing in one wavelength of loop antenna is fixed symmetrically and coupled in phase. This antenna has shown a relatively good unidirectivity as well as the good F/B(front to back) ratio comparable to those of multi-elements Yagi antenna. The total gain of the antenna can be increased to maximum 30dB by adding to a low noise wide band amplifier. As a result, this antenna can be used as a UHF TV receiving and may become better antighost antenna.

## 1. 서 론

오랜 기간동안 안테나 분야에서의 연구 과제는 효율이 높고, 광대역이며 전기적으로 소형인 안테나의 개발이었다. 일반적으로 수동 소형 안테나 시스템은 그 효율과 대역폭이 안테나의 크기에 의해 제한되었다. 즉, 반경이  $a$ 인 소형 수신 안테나의 복사기 대역폭은 다음 식으로 주어진다.<sup>1)</sup>

$$B \leq (2\pi a / \lambda_0)^3 \text{ ----- (1-1)}$$

여기서  $\lambda_0$  는 자유공간 파장이다.

그러므로 이러한 문제점을 극복하기 위하여 안테나 소자와 수신기 사이에 능동소자를 삽입하여 안테나 시스템을 구성한 것이 능동안테나 시스템이다.

현재 TV 수신용 안테나로서 가장 널리 사용되고 있는 Yagi 안테나는 구조가 간단하고 지향성이 좋으나 방사 주파수에 대한 반파장 길이의 소자를 사용하므로 치수가 커지고 주파수 대역이 좁다. 따라서 이 Yagi 안테나는 주로 고정형으로써 설치 취급에도 불편을 느끼는 경우가 많고 풍압에 의해서 손상되기 쉬운 단점이 있다. 이러한 점에서 안테나의 소형화가 절실히 요망되고, 또한 생활환경은 이동의 편리함이 요망되고 있으나, 일반적으로 TV 수신 안테나의 소형화를 구상할 때 이득, 지향성, 임피던스 등의 모든 특성을 넓은 주파수 대역에 걸쳐서 만족시킨다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 이들 특성중 가장 중요한 것에 중점을 두면 다른 특성이 어느 정도 떨어지는 것은 불가피한 일이다.

그리고 최근 도시내의 고층 건물의 증가에 따라서 TV 수상화면에 나타나는 고우스트(ghost)가 문제로 대두되고 있기도 하다. 이것은 UHF 대역에서의 전파가 지표파(surface wave)보다는 대부분 전파로상의 장애물(건물, 나무등)에 의해 흡수, 반사, 굴절, 산란을 받기 쉬운 공간파(space wave)에 의해 이루어지기 때문이다. 이 공간파의 전파특성은 대개 직접파와 반사파 그리고 회절파에 의해 이루어지며, 그 중에서 TV 화질에 가장 큰 영향을 주는 것이 반사파인데, 이 반사파는 직접파보다 긴 공간을 통하여 늦게 도착하는 관계로 화면에 고우스트가 발생한다. 따라서 이와 같은 고우스트를 피하고 화질을 개선하기 위해서 직접파만을 수신할 수 있고, 이 방향 이외에서 오는 전파의 수신감도는 매우 낮은 지향성이 날카로운 수신안테나가 필요하다. 본 연구에서는 위와 같은 요구에 부합되는 치수가 작으며, 고우스트를 피할 수 있게 하기 위해 UHF 신호를 증폭할 저잡음광대역 증폭기를 삽입함으로써 이득이 증가된 소형 능동 Parabolic 안테나를 고찰·실험하였다.

## 2. 소형 UHF 수신 안테나

본 연구에서는 전기적 파장에 비해서 물리적 치수가 작은 소형 안테나의 이론적 근거를 검토하고, 실험을 통하여 2개의 소형 안테나 소자간의 간격을 적당한 크기로 하여 이들의 수신 기전력을 중합하는 안테나계로써, 광대역에 걸쳐 F/B ratio (전후방비)가 양호한 파라보릭 반사판부 루프 안테나를 변형한 배트윙(batwing) 안테나 형태의 복사기를 사용하였다.<sup>2)</sup>

### 2.1 복사기

배트윙 형태의 루프 안테나를 각각  $D_1, D_2$ 라 하고 그림 2-1과 같이 배열하여 이들의 간격  $d = \lambda/2$ 로 하여 대칭으로 배열하고 각 소자의 급전전류를  $I_1, I_2$ 로 하여 이들의 전류분포를 점선으로 나타내었다.

그림 2-1에서 보면  $I_1'$  와  $I_2'$  그리고  $I_1''$  와  $I_2''$  는 서로 상쇄되어 등가적으로는  $\lambda/2$ 의 다이폴 안테나가 간격  $d = \lambda/2$ 로 하여 동일진폭, 동일 위상의 고주파 전류로 여진 배열된 안테나와 같이된다.

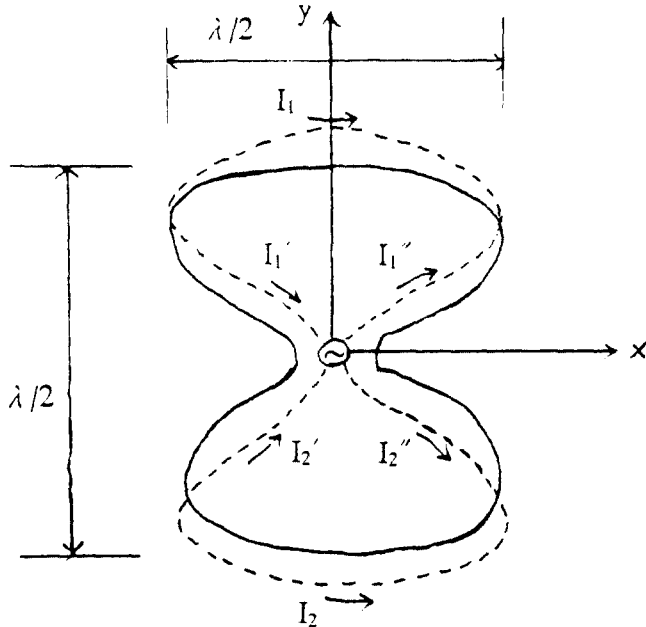


그림 2-1. UHF용 복사기  
Fig 2-1. UHF radiator

## 2.2 파라볼라형 반사기

안테나에 사용되는 반사기에는 선형, 평면형, 입체형 등의 여러가지 형태가 있으며 그림 2-2와 같은 포물선의 기하학적 성질( $Y^2=4SX$ )을 이용한 반사기가 파라볼라형(Parabolic)반사기이다. 파라볼라형 반사기는 안테나의 지향성(Directivity)을 높이기 위하여 그림 2-2에서와 같이 포물면의 초점에 투사안테나를 두어 곡면에서 반사된 전파를 투사시키도록한 안테나이다.<sup>3)</sup>

안테나의 이득은 파라볼라형 반사기 직경, 표면 정밀도, 조사도 등의 함수이다. 이들은 다음 식으로 주어진다.

$$G = 10 \log k \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \text{----- (2-1)}$$

여기서, G: 무지향성 안테나에 대한 이득  
 k: 효율, 일반적으로 55%  
 D: 파라볼라의 개구면(aperture area) 직경  
 $\lambda$ : 파장이다.

그리고 반전력점 (-3dB)에서의 빔폭(beamwidth)은 대략 다음 식으로 결정되어 진다.

$$\psi = \frac{70 \lambda}{D} \text{----- (2-2)}$$

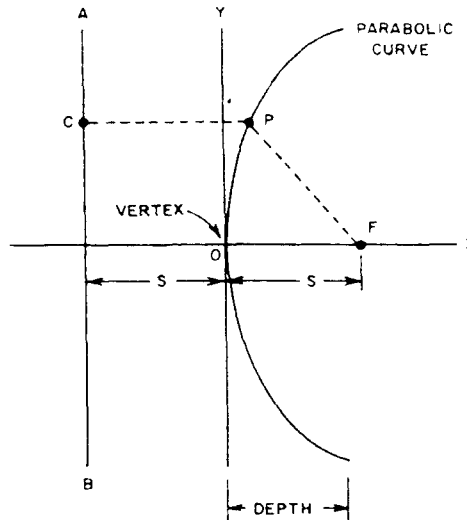


그림 2-2. 파라볼라형 곡선 「F:초점, AB:고정선」  
 Fig 2-2. Parabola curve 「F:forcus, AB:fixed line」

그리고 포물면의 초점 길이는 다음식으로 주어진다.

$$f = \frac{D^2}{16d} \text{-----} (2-3)$$

여기서 d: 개구면으로부터 정점(vertex)까지의 거리

### 2.3 능동소자 장하 안테나

이 안테나는 F/B는 좋으나 이득이 낮은 편이므로 중전계(74dB, 5mV/m)이하 지역에서도 양호한 수신을 위해서는 이득 증가가 필요하며, 이에 사용되는 능동소자 장하가 저잡음 광대역 증폭기이다. 이 안테나는 소형 수신 안테나를 능동소자에 직접 연결하므로써 넓은 주파수 범위에서 소정의 원하는 성능을 얻도록 한 것이다.<sup>4)</sup>

다음 그림 2-3은 능동소자 장하 안테나를 수신기에 연결한 등가회로이다.

여기서,

- a : 케이블 손실
- B : 수신기 대역폭
- E : 수신된 전계
- F : 수신된 등가 잡음지수
- F<sub>A</sub> : 능동소자 장하 안테나의 잡음지수
- F<sub>R</sub> : 수신기 잡음지수
- F<sub>S</sub> : 수신기를 포함한 시스템의 잡음지수
- G<sub>a</sub> : 능동소자 장하 안테나 이득
- h<sub>eff</sub> : 실효 투사기 길이
- K : 변환비 = V<sub>A</sub>/E
- P<sub>n</sub> : 능동소자 장하 안테나로부터 출력잡음전력
- R<sub>a</sub> : 투사기 저항
- R<sub>l</sub> : 투사기 회로의 손실 저항
- R<sub>L</sub> : 증폭기 부하저항 (통상 50Ω)
- R<sub>r</sub> : 투사기의 방사저항
- V<sub>A</sub> : 능동소자 장하 안테나 출력전압
- V<sub>0</sub> : 투사기로 부터의 개방 전압
- X<sub>a</sub> : 투사기의 리액턴스
- Z<sub>a</sub> : 투사기의 임피던스

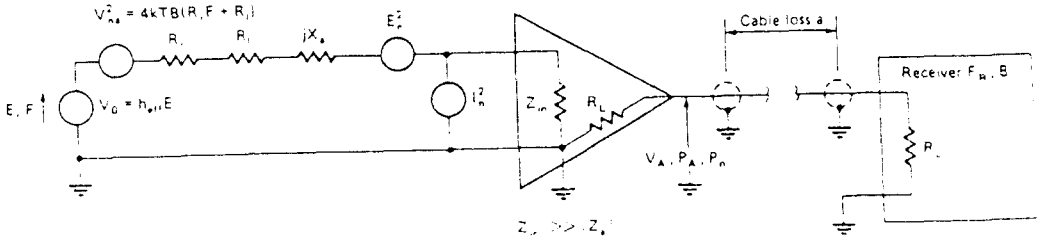


그림 2-3. 능동소자 장하 안테나를 수신기에 연결한 등가회로  
 Fig 2-3. Equivalent circuit of active antenna connected to receiver

시스템 잡음지수는

$$F_s = F_A + \frac{(F_R - 1)a}{G_v} \quad \text{-----} \quad (2-4)$$

능동소자 장하 안테나의 잡음지수는

$$F_A = \frac{4kTB(FR_r + R_l) + E_n^2 + I_n^2(R_a^2 + X_a^2)}{4kTBR_r} \quad \text{-----} \quad (2-5)$$

잡음지수를 최소화하기 위해서는  $X_a$ 가 영이 되게 조정되어야 한다. 이것은 안테나 임피던스 정합회로에 의하여 얻어질 수 있다. 이러한 정합 조건 아래서 식 (2-5)는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$F_A = F + \frac{R_l}{R_r} + \frac{V_n^2}{4kTBR_r} + \frac{I_n^2 Z_a Z_a^*}{4kTBR_r} \quad \text{-----} \quad (2-6)$$

FET를 사용할 경우 식 (2-6)은 30MHz 이상에서는 마지막 항은 무시될 수 있으며, 그 앞의 항은  $R_n/R_r$ 로 간략화될 수 있다. 여기서  $R_n$ 은 240~960Ω 정도이다.

그렇다면 식 (2-6)은 다음식으로 표시할 수 있다.

$$F_A = F + \frac{R_l}{R_r} + \frac{240}{R_r} \quad \text{-----} \quad (2-7)$$

실제 제작한 저잡음 광대역 증폭기의 전반적인 잡음지수는 6dB정도이고 최대출력 레벨은 100dBμV이다.

### 3. 안테나 특성

본 논문의 소형 능동 파라보릭 안테나는 포물면을 가진 반사기를 사용하므로써 지향성을 높인 안테나이다.

#### 3.1 안테나의 지향성

앞의 2.1 투사기에서 언급한 바와 같이 배트윙 형태의 복사기는 동일 진폭 동일위상의 고주파 전류로 여진된 side by side 평행안테나로 취급할 수 있으며, 그림 2-1의 등가회로는 그림 3-1과 같으며, 지향성(directivity)은 다음과 같이 구해진다.<sup>2)</sup>

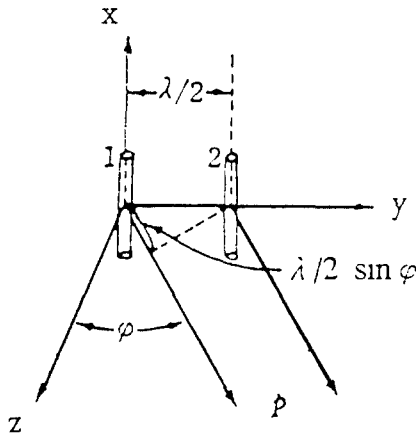


그림 3-1. 평행 반파장 다이폴 안테나  
Fig 3-1 Parallel  $\lambda/2$  dipole antenna

그림 3-1에서 수평 반파장다이폴 안테나가 y축상에  $\lambda/2$  간격으로 놓였을 때, 소자 1에 의하여 yz면내에서 z축에서 y방향의 원방거리  $r_1$ 의 수신점 p에 생기는 전계강도  $E_1$ 은

$$E_1 = \frac{K}{r_1} e^{j(\omega t - \beta r_1)} \text{----- (3-1)}$$

단,  $\beta = 2\pi/\lambda$ , K: 정수

또 소자 2에 의하여 수신점에 생기는 전계강도  $E_2$ 는

$$E_2 \doteq \frac{K}{r_1} e^{j(\omega t - \beta r_1 + \phi)} \text{----- (3-2)}$$

단,  $\phi = \frac{\lambda}{2} \sin \varphi \times \frac{2\pi}{\lambda} = \pi \sin \varphi$  이다.

따라서 소자 1,2에 의한 합성 전계강도 E는

$$E = E_1 + E_2 = \frac{K}{r_1} e^{j(\omega t - \beta r_1)} [1 + e^{j\phi}] \text{-----}(3-3)$$

$$\begin{aligned} \text{그런데 } 1 + e^{j\phi} &= (1 + e^{j\phi}) e^{-j\frac{\phi}{2}} e^{j\frac{\phi}{2}} = (e^{-j\frac{\phi}{2}} + e^{j\frac{\phi}{2}}) e^{j\frac{\phi}{2}} \\ &= 2 \cosh j\frac{\phi}{2} e^{j\frac{\phi}{2}} = 2 \cos \frac{\phi}{2} e^{j\frac{\phi}{2}} \text{-----}(3-4) \end{aligned}$$

식 (3-4)를 식 (3-3)에 대입하면

$$E = \frac{K}{r_1} e^{j(\omega t - \beta r_1)} \cdot 2 \cos \frac{\phi}{2} \cdot e^{j\frac{\phi}{2}} \text{-----}(3-5)$$

가 된다.

그러므로 yz면내의 지향계수 D(θ)는

$$D(\theta) = \cos\left(\frac{\pi \sin \varphi}{2}\right) \text{-----}(3-6)$$

이 된다. 이 안테나의 지향성은 그림 3-2와 같다.<sup>4)</sup>  
지향성은 θ가 0에서 최대임을 알 수가 있다.

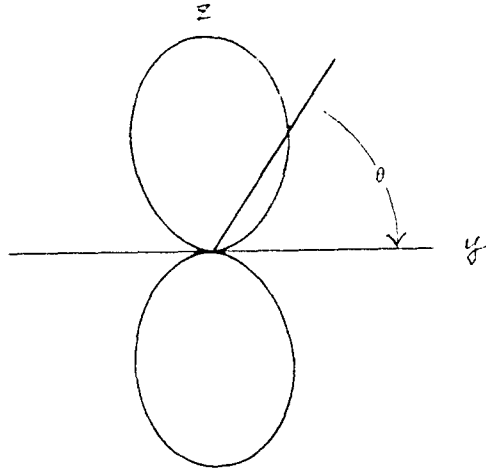


그림 3-2.  $D(\theta) = \cos\left(\frac{\pi \sin \varphi}{2}\right)$  의 극좌표

Fig 3-2. Polar plot of the directivity  $D(\theta) = \cos\left(\frac{\pi \sin \varphi}{2}\right)$



결과적으로 파라보릭 반사판부 안테나 시스템의 종합 지향성은 포물면에 입사되는 전계와 포물면에 반사되는 전계를 구하고 포물면에 경계조건을 고려하여 이를 구하면,

$$D_T(\theta) = \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \cot^2 \frac{\varphi_0}{2} \left| \int_0^\psi [G(\phi)]^{1/2} \tan \frac{\phi}{2} d\phi \right|^2 \text{-----} (3-7)$$

이 된다.

여기서 G는 1차 투사기의 이득함수를 나타내며, 위 식에서의 첫 항은 개구면이 균일한 방사전파를 받았을 경우의 지향성을 나타낸다. 또 나머지 항은 1차 투사기를 포물면에 반사시킬 때의 개구면적에 대한 실효면적의 비로써 효율을 나타내는 이득계수로 0.55정도이다.<sup>3)</sup>

### 3.2 안테나의 이득 및 입력임피던스

그림 3-1과 같은 평행 반파장 다이폴 복사기의 임피던스는

$$Z_1 = Z_2 = \frac{V_1}{I_1} = Z_{11} + Z_{12} \text{-----} (4-1)$$

이며,

이는 안테나계의 상호작용에 의하여 양소자의 입력저항은  $R_{11}$ 에서  $R_{11} + R_{12}$ 로 변한다. 따라서 이 복사기의 최대복사방향이득은 표준 반파장 안테나에 비하여

$$G_h = \frac{|2E_0|^2}{2(R_{11} + R_{12})|I|^2} \bigg/ \frac{|E_0|^2}{R_{11}|I|^2} = \frac{2 \times 73.13}{73.13 + R_{12}} \text{-----} (4-2)$$

이 된다.<sup>7)</sup>

이상적일 경우  $R_{12} = -13\Omega$  을 대입하면  $G_h = 2.4324 (=3.86\text{dB})$ 을 얻는다. 그리고 식 (2-1)에 파라보릭 반사기의 이득은 UHF 중간 CH.에서 2.9137dB이므로 수신 안테나의 전체 이득은 중간 CH.에서 6.77dB, 고역 CH.에서 9.86dB를 얻었다. 반사판의 빔폭은 식(2-2)에 의하여  $100 \sim 158^\circ$  를 얻었으며, 복사기 패턴과의 적원리에 의하여 전계에 의한 반치각이 평균  $60^\circ$  정도가 된다.

#### 4. 제작 및 측정

파라보릭 반사기의 제작 치수는 중간 CH.을 기준으로 하여 직경  $D=48\text{cm}$ , 초점길이는 식 (2-3)에 의하여  $7\text{cm}$ 로 하였다. 반사판은 파장에 비하여 충분히 작은 구멍인 금속 선망으로 제작하여 그림 4-1에 소형 파라보릭 안테나의 실물 사진을 나타내었다.



그림 4-1. 소형 파라보릭 UHF 안테나  
Fig 4-1. Small parabolic UHF Antenna

또 시중의 Yagi안테나는 UHF채널에서  $20\text{dB}$ 이상의 이득을 가지나, 소형 파라보릭 안테나는  $6\sim 10\text{dB}$ 로서 F/B비는 좋으나 그 이득이 중전계이하 지역에서의 수신에는 부족하다. 그러므로 본 연구에서는 이와같은 이득 증가를 위하여 저잡음 FET MGF 1305를 사용하여 그림 4-2와 같은 회로의 저잡음 광대역 증폭기를 만들어 최대이득  $30\text{dB}$ 를 얻었다.

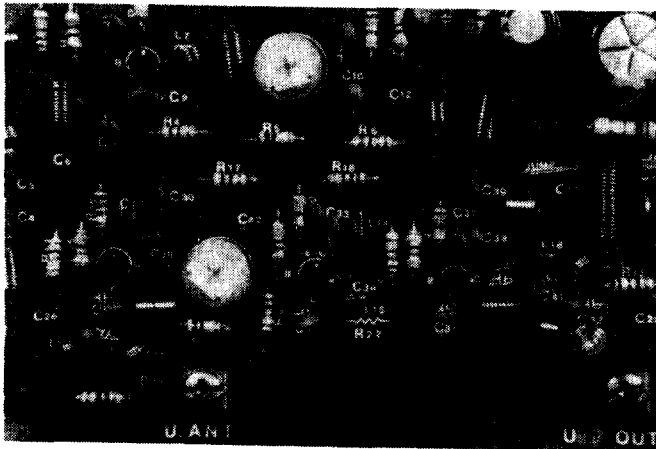


그림 4-2. 저잡음 광대역 증폭기  
Fig 4-2. A low noise UHF amplifier

### 4.1 지향성 측정

그림 4-3은 1차 복사기와 파라보릭 반사기로 구성된 UHF용 소형안테나의 anechoic chamber 안에서 전계지향성 측정을 위한 구성도이다.

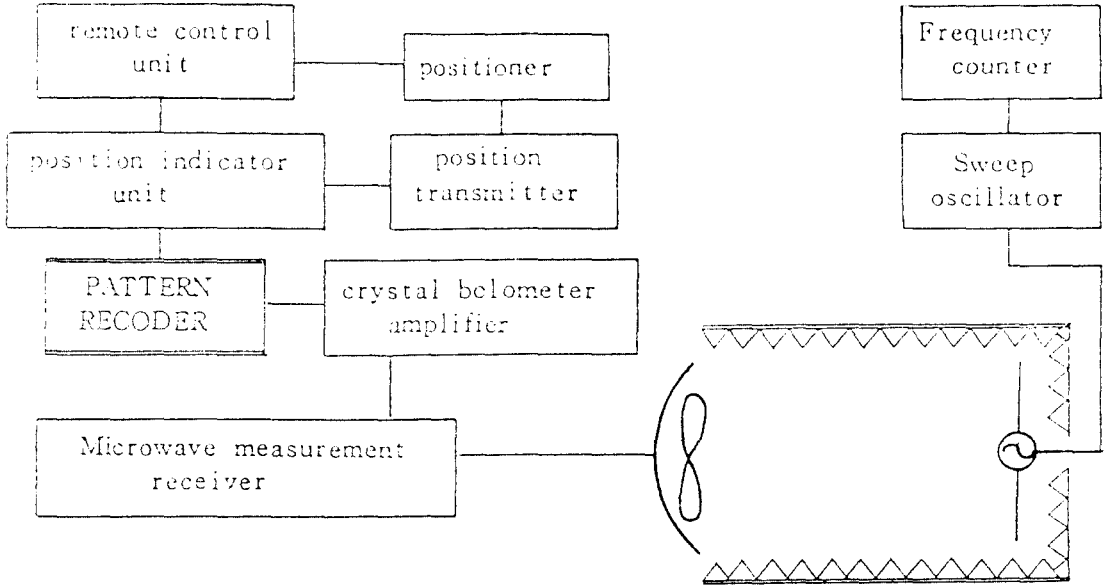
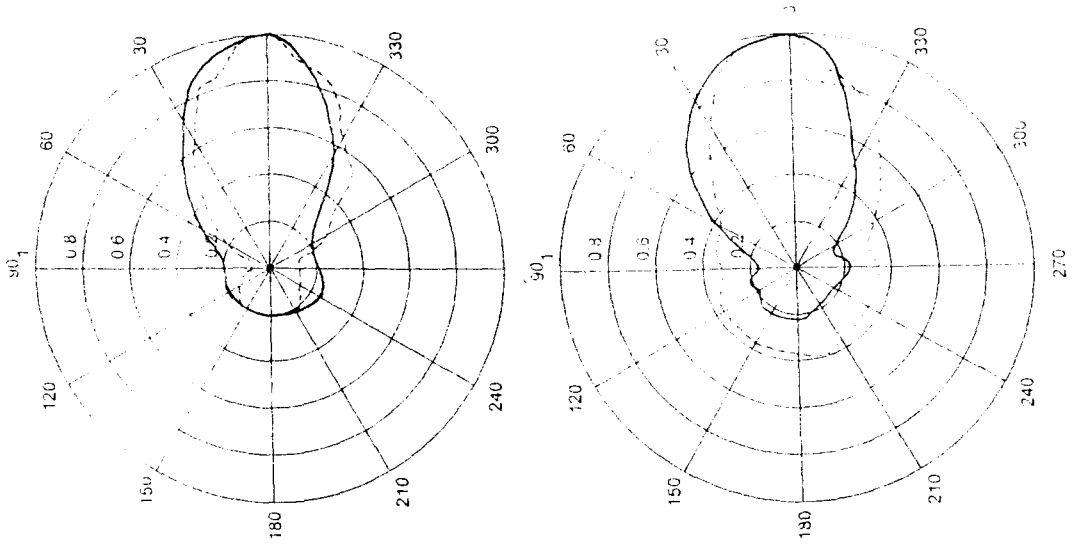


그림 4-3. 지향성 패턴 측정장치 구성도

Fig 4-3. Field radiation pattern measurement block diagram

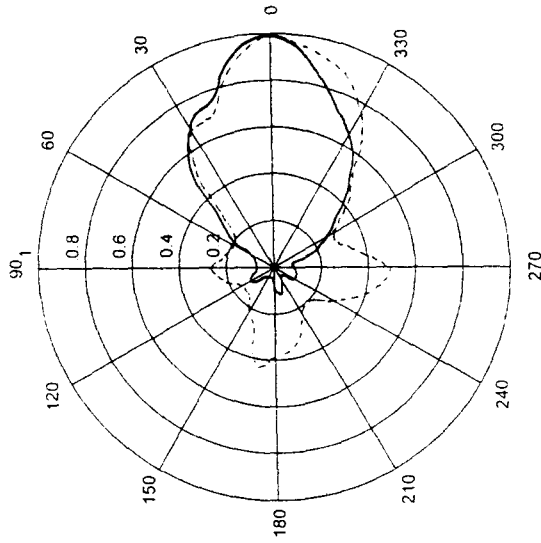
이 안테나의 방사패턴은 그림 4-4의 실선과 같으며, 이와 비교하기 위하여 시판 Yagi 안테나(동양 텔레콤 DY-WM-UL1438-19VR)의 방사전계 패턴은 그림 4-4의 점선들과 같았다.

그림 4-4의 (b), (c)에서는 소형 파라보릭 능동 안테나의 지향성이 오히려 시판 안테나 보다 우수하고 그림 4-4의 (a)에서는 시판 안테나 쪽이 약간 우수할 정도로써, 소형 파라 보릭 능동 안테나의 지향성이 시판 안테나와 거의 동등함을 알수 있었다.



(a) 14CH.

(b) 37CH.



(c) 60CH.

그림 4-4. 소형 파라볼릭 능동 안테나와 시판 소자와의 방사전계패턴  
Fig 4-4. Electric field Radiation pattern of the small active parabolic Antenna and Commercial Antenna

### 4.2 급전점 임피던스 측정

안테나의 임피던스를 급전선의 특정임피던스에 정합시키는 것은 수신 전력을 유효하게 사용하는데 매우 중요하며 본 연구에서는 그림 4-5와 같이 Network analyzer를 사용하여 급전점의 임피던스를 측정하여 그림 4-6에 나타내었다.

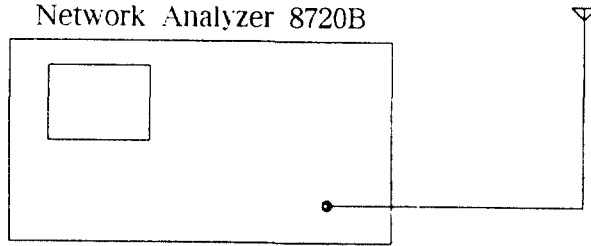


그림 4-5. 임피던스 측정 구성도

Fig 4-5. Block Diagram of Impedance measurement

측정 CH.는 우리나라에서 통상 상용하고 있는 14~60 CH.(470MHz~752MHz) 범위내로 국한하였으며 측정된 평균 임피던스는 53Ω이었다.

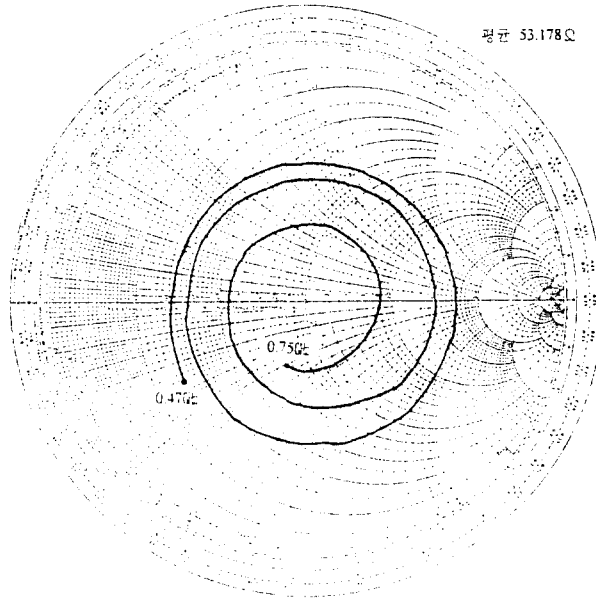


그림 4-6. 스미스 도표상의 임피던스

Fig 4-6. Impedance of Smith Chart

측정된 임피던스에 의하면 반사계수(VSWR) 2이상이므로 그림 4-7과 같은 패턴의 정합 회로를 사용하여 임피던스 정합을 하였다.<sup>8)</sup>

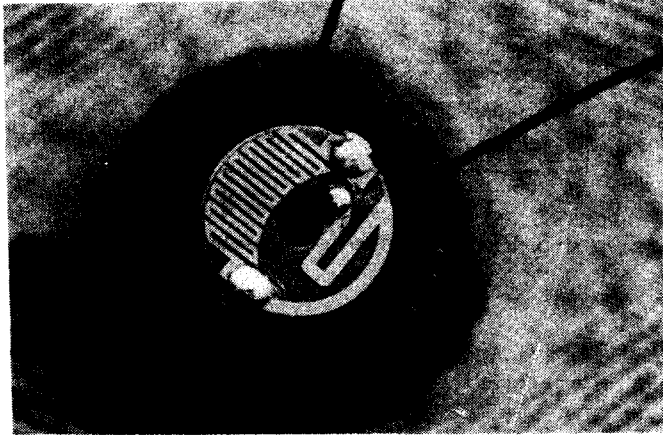


그림 4-7. 임피던스 정합패턴  
Fig 4-7. Impedance Matching Pattern

## 5. 결 론

파라보릭 반사기와 배트윙 형태의 1파장 안테나를 결합하여 UHF텔레비전 전파를 수신할 소형 단방향성 안테나를 만들었다. 그 전후방비가 6.5~30dB로써 보통 이상은 되지만 그린대로 back lobe가 남게 되는 것은 임피던스 정합회로의 광대역성 부족과 1차 복사기의 간격을 최적화하지 못하였기 때문이라고 생각된다. 그러나 저잡음 증폭기를 안테나와 결합함으로써 파라보릭 반사기의 직경이 작은 것에 기인한 저이득 특성을 해결할 수 있었다.

또한 그림 4-5에서 VSWR이 2 이상이 되는 것은 광대역 특성을 위하여 앞으로 계속 검토 개선되어야 할 점이라 생각되나, 이 안테나의 부피가 그 전기적 파장에 비해서 소형일 뿐 아니라 휴대용으로도 사용이 가능하며, 고우스트 방지용 실내 안테나로 많이 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 1) H. Lindenmeier, "Optimum Bandwidth of Signal to Noise Ratio of Receiving Systems with Small Antennas." AEU, Band 30, 1976, Heft 9
- 2) 박한규, "안테나 공학", 청문각, 1990
- 3) G.Hall, "The ARRL Antenna Book", ARRL Inc. 1991
- 4) U.L.Rohde, T.T.N. Bucher, "Communications Receivers Principles & Design," McGrew-Hill, Inc. 1988.
- 5) W.L.Stutzman, G.A.Thiele, "Antenna Theory and Design" John Wiley & Sons, Inc. 1981
- 6) C.C.Cutler, "Parabolic-Antenna Design for Microwaves." IEEE Press Inc. NewYork, 1978
- 7) 박정기, 주창복, "안테나 전파전파", 전파과학사, 1984
- 8) W.N.Caron, "Antenna Impedance Matching," ARRL Inc. 1989.
- 9) David M. Pozar, "Antenna Design using personal computers," Artech House, Inc. 1985.