

타원형 지형 점유에 적합한 내국용 위성 급진 호운의 설계 및 제작

84332

●김대영, 홍재표, 손 현
경북대학교 전자공학과

Design of domestic satellite feed Horn suitable for
cover the elliptical area

●Dae Young KIM, Jae Pyo HONG, Hyun SON
Department of Electronics
Kyungpook National University

(Abstract) A corrugated elliptical horn which has the aperture dimensions of 60x30mm is designed and investigated experimentally for 11GHz-13GHz band. Experimental result is that the constructed horn produce on elliptical far-field pattern with the ratio of 1.63:1 - 1.81:1 for half-power beamwidth.

1. 서 론

1964년 Kay¹⁾가 넓은 개구각을 가지는 원통형 호운 내부벽에 수직으로 핀이 부착된 스칼라 피드라고 명칭된 새로운 초고주파 안테나를 소개한 이후로 주름진 호운에 관한 많은 연구가 이루어졌다. 이는 주름진 호운이 낮은 부엽과 배엽을 가지며, 광대역 동작 특성을 갖는 큰 잇점이 있기 때문이다.

1973년 Jansen과 Juken²⁾은 처음으로 주름진 타원형 도파관의 이론을 제시하였다. 이 도파관은 경계조건을 만족할 때 완전한 원형 편파를 일으키며 타원형 단면을 갖는 원거리 방사 특성을 갖는다. 이는 내국용 통신위성을 궤도에 진입시킬 경우 타원형적 지형 형태를 하고 있는 우리나라의 지리적 여건에 적합하게 된다.

본 논문에서는 주름진 타원형 호운의 장경과 단경의 비율 한국의 지형조건과 같도록 2:1이 되게 설계, 제작하였고 11GHz ~ 13GHz의 주파수 범위에서 제작된 안테나의 방사패턴, 반사손실(Return loss) 등의 특성을 측정하였다.

2. 이 론

주름진 타원형 호운에서 주름의 역할은 다음과 같다.

(1) 원형편파를 일으키기 위한 경계조건

개구안테나는 개구면에서 $E_t = \pm jz_0 H_t$ 형태의 전자기 분포를 가지면 원거리 영역에서 원형편파가 일어난다.³⁾

임의의 단면을 가지는 일반 원통형 도파관 개구면에서의 전자기 분포의 관계는 다음과 같다.⁴⁾

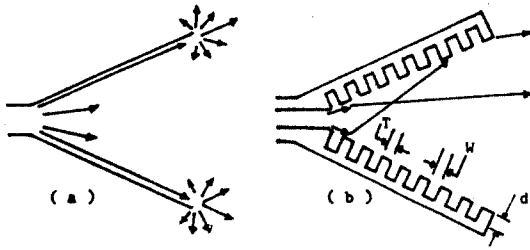
- 1) TE field 혹은 TH field의 횡단면에서 전자기 분포는 $E_t = \pm jz_0 H_t$ 의 관계를 만족하지 못한다. 즉 TE 모드나 TM 모드에 의해서 원형편파가 일어날 수 없다.
- 2) TE field와 TM field의 중첩에 의해서 $E_t = \pm jz_0 H_t$ 의 관계는 만족시킬 수 있으나, 일반 도파관에서 E_t 와 $z_0 H_t$ 의 경계조건이 서로 다르므로 역시 원형편파가 일어날 수 없다. 그러므로 일반 원통형 도파관은 E_t 와 $z_0 H_t$ 에 동일한 경계조건이 적용되면, TE field와 TH field의 중첩에 의해서 원형편파가 일어난다.

일반 타원형 호운에서 원형편파를 일으키기 위한 경계조건은 호운의 내부벽에 수직으로 동일한 길이의 주름을 가짐으로서 구할 수 있다.⁵⁾ 그러므로 일반 타원형 호운에 경계조건이 적용된 주름진 타원형 호운에서는 field의 중첩에 의해 원형편파가 일어난다.

(2) 호운의 부엽 제어

호운의 정점에서 광선을 방사시킬 때 일반 호운과 주름진 호운의 개구면에서 방사 모양은 (그림 1)과 같다.

일반 호운에서는 (그림 1a)와 같이 벽면을 따라 진행하는 표면파가 호운의 가장자리에서 강한 회절현상을 일으킨다. 이때 회절에 의해 방사된 파들은 부엽과 배엽을 형성하고 패턴의 불규칙성을 야기시킨



(그림 1a) 일반 호른의 구조
 (Fig.1a) The conventional horn geometry.
 (그림 1b) 주름진 호른의 구조
 (Fig.1b) The corrugated horn geometry

다. 따라서 가장자리에서의 회절을 줄이기 위해서 호른벽을 따라 진행하는 표면파를 어느 정도의 손실을 감수하더라도 제어시켜야 할 필요가 있다(그림 2b)는 바로 이런 표면파에 의한 회절을 제어하기 위해서 호른벽을 전기적으로 변형시킨 것이다. 축에 횡방향으로 존재하는 주름들은 전기적으로 리액턴스 경계를 이루며 표면파는 리액턴스가 유도성일 경우에는 전파되고 용량성일 경우에는 제어된다.⁶⁾

주름의 깊이 d 는 사용 주파수의 낮은 쪽에서는 $\frac{1}{4}$ 보다 커야 하고 높은 곳에서는 $\frac{1}{2}$ 보다 작아야 한다. 주름진 호른의 주파수 특성을 광대역으로 하기 위해서는 호른의 입력단에서부터 바로 주름을 잡지 않고 첫 주름까지의 거리를 적어도 4개의 주름거리로 정하면 낮은 주파수 영역에서도 낮은 점재파비를 얻을 수 있다.⁷⁾

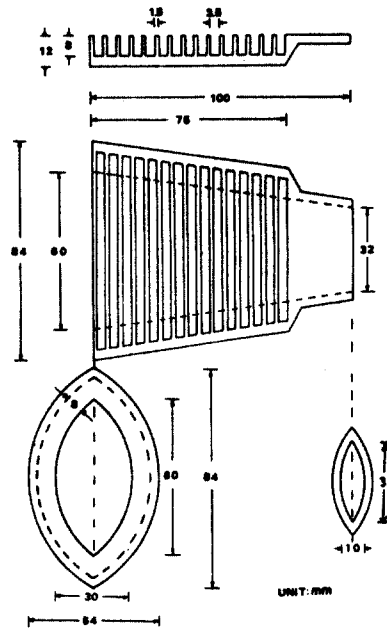
3. 설계 및 제작

장경과 단경의 비가 2:1인 주름진 타원형 호른의 설계시 다음 사항들을 고려하였다.

- 1) 호른의 장축과 단축의 길이
- 2) TE_{10} 모드를 도파하는 직사각형 도파관과 연결되는 호른 입력단의 치수
- 3) 주름 깊이
- 4) 제작상의 여유분

위의 사항들을 고려하여 제작한 호른의 구조 및 치수는(그림 2)와 같고, 여기서 주름의 깊이는 8mm, 주파수 특성을 광대역으로 하기 위하여 첫 주름은 호른의 입력단에서부터 5개의 주름거리(25mm)인 곳에서 만들었다.

제작된 호른을 여기 시키기 위하여 TE_{10} 모드를 전



(그림 2) 제작된 호른의 구조
 (Fig.2) Structure of constructed Horn.

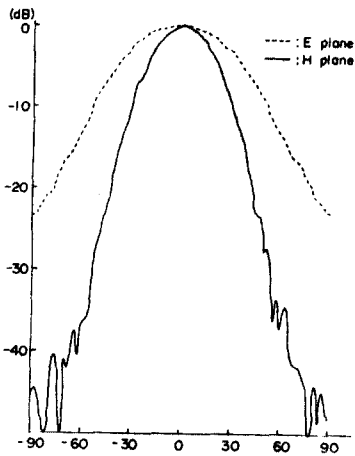
파하는 직사각형 도파관을 사용하였다. 타원형 단면을 가지는 호른의 입력단에 직사각형 단면의 도파관을 연결시키기 위하여, 도파관의 한쪽 단면에 서서히 경사를 주어 타원형 단면으로 만든 다음 호른의 입력단에 연결시켰다.

4. 실험 및 결과고찰

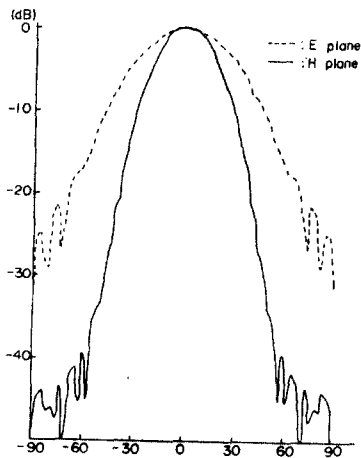
제작된 안테나를 전파무반사실에서 측정된 결과는 다음과 같다.

(1) 방사 패턴 측정

방사 패턴을 측정하기 위해 제작된 안테나를 수신 안테나로 사용하였고, 송수신 안테나 사이의 거리는 수신전계의 위상차출 무시할 수 있는 충분한 거리인 8m로 하였다. 주파수 11.5GHz, 12.4GHz에서 측정한 방사패턴의 결과는(그림 3a) 및(그림 3b)와 같고, E면과 H면 반전력비비임폭비는 각각 1.8:1, 1.63:1로 나타났다. 이는 방사되는 비임의 단면이 타원형임을 알 수 있으며, 타원형 비임은 우리나라의 지형을 점유하는데 아주 적합하다. 또 방사 패턴에서 볼 수 있는 바와 같이 주름에 의한 부엽 제어



(그림 3a) 11.5GHz에서의 방사패턴
(Fig.3a) Radiation pattern at 11.5GHz.

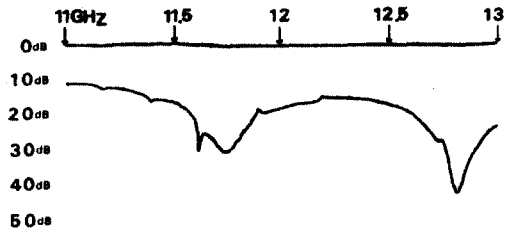


(그림 3b) 12.4GHz에서의 방사패턴
(Fig.3b) Radiation pattern at 12.4GHz.

효과가 매우 우수하여 40 dB 이하의 아주 낮은 부엽을 가진다.

(2) 반사 손실 측정

제작된 반사손실은 주파수를 11GHz ~ 13GHz 까지 소인 시키면서 메이타의 출력을 X-Y기록계로 기록하였고, 그 결과는 (그림 3)과 같다. 이 그림의 결과에서 알 수 있듯이 11.5GHz에서 반사 손실은



(그림 4) 11GHz ~ 13GHz 주파수 범위에서 반사손실
(Fig.4) Return loss 11GHz to 13GHz.

17.5dB이고, 12.4GHz에서는 16.2dB로 나타났으며 전체적으로 볼때 11GHz에서 11.3dB이하 임을 알 수 있다. 그러므로 11GHz ~ 13GHz 주파수 범위에서는 양호한 반사손실을 나타낸다. 또 위의 값으로 부터 이 안테나는 11.73GHz와 12.8GHz에서 가장 경합이 잘 되었음을 알 수 있다.

(3) 정재파비 측정

측정한 반사 손실로 부터 반사계수와 정재파비는 아래 식에 의해서

$$-20 \log \rho = R \cdot L \text{ (Return Loss)}$$

여기서, ρ 는 반사계수이다. 11.5GHz와 12.4GHz에서 반사계수는 각각 0.13과 0.15로 나타내며, 정재파비는 각각 1.3과 1.35로 나타났다. 이 값들로부터 제작된 안테나는 측정된 전 주파수 범위에서 양호한 반사계수와 정재파비를 가짐을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 한반도 지형 조건과 같게 장경대 단경의 비가 2:1인 주름진 타원형 호운을 설계, 제작하여 방사패턴을 측정한 결과, 반전력 비입폭의 비가 1.63:1 ~ 1.81:1이 되는 타원형 비입을 방사하였다. 반사손실 (Return Loss)은 주파수 11GHz로부터 13GHz에 걸쳐서 평균 19dB의 우수한 특성을 보였고 부엽은 좌우 60° 이후에서 H면은 -40dB이하의 억제를 보여 주었다. 또한 VSWR는 1.25을 나타내었다. 이러한 제특성을 검토하건대 내국용 통신 위성을 케도에 진입시킬 경우, 우리나라와 같이 타원형인 지형 형태를 하고 있는 영역을 점유하기에 적합한 방사 특성을 갖는 위성 급전 안테나로 사용할 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- 1) Kay, A.F.: "The Scalar Feed", TRG Report, contract AF 19(604)-8057, March 1964.
- 2) Jansen, J.K.H. and Jeuken, H.E.J.: "Propagation and radiation properties of elliptical waveguide with anisotropic boundary", ESTEC contract 1657/72 Hp, 1973.
- 3) Rumsey, V.H.: "A New Way of Solving Maxwell's Equations", AP-9, 1961, No. 5, pp. 461-465.
- 4) Collin, R.E: "Field Theory of Guided Waves", p. 170, McGraw-Hill Book Company, New York, 1960.
- 5) L.F.G. Thurlings "Elliptical waveguide as a feed for circularly polarised waves" Eindhoven University of Technology, Department of Electrical Engineering, March 6th, 1975.
- 6) Lawrie, R.E. and Peters, L.: "Modification of horn antennas for low sidelobe level," IEEE, AP-14, 1966, pp. 605-610.
- 7) S.K. Buchmeyer, "Corrugations Lock Horns with poor Beamshapes", Microwaves, January 1973, pp. 44-49.