

테일러분포비공진도파관-틈배렬안테나의 설계에 대한 연구

김대성, 량은순

선형도파관-틈배렬안테나들은 제작이 쉽고 리득이 큰것으로 하여 전파탐지체계들에서 많이 리용되고있다.[1] 이러한 배렬안테나들에서 중요한 문제는 통과대역을 늘이면서도 복사효율을 최대한 높이는것이다.

우리는 이러한 요구를 만족시키는 선형배렬안테나의 대표적인 분포인 테일러선원천분포에 의한 설계를 진행하고 그 정확성을 실험을 통하여 확증하였다.

1. 테일러선원천분포에 의한 안테나의 설계

공진형도파관-틈배렬안테나는 복사효율측면에서는 유리하지만 대역폭이 좁은것이 기본결함이다.[1] 이것을 극복하기 위하여 복사체들사이의 거리가 서로 다른 비공진형안테나를 실현한다.

비공진형도파관-틈배렬안테나의 대표적인 진폭분포로는 돌프-체비셰브분포와 테일러선원천분포가 있다.

돌프-체비셰브분포는 낮은 부엽준위가 보장되는 반면에 무효출력이 크고 리득이 낮은 결함이 있다.[2]

송수신거리를 될수록 늘이면서 대역폭을 넓게 하기 위하여 우리는 테일러선원천분포에 의한 설계를 진행하였다.

안테나의 개구에서 리상적인 테일러선원천분포가 만족될 때 지향성함수는 다음과 같이 표시된다.[2]

$$f(x) = \prod_{n=1}^{\infty} \left[1 - \frac{x^2 - A^2}{\left(n - \frac{1}{2}\right)^2} \right] / \prod_{n=1}^{\infty} \left[1 + \frac{A^2}{\left(n - \frac{1}{2}\right)^2} \right] = \frac{\cos(\pi \sqrt{x^2 - A^2})}{\cosh \pi A} \quad (1)$$

여기서 A 는 주엽과 1차부엽과의 비 R 에 의해 다음의 식으로 표시되는 량이다.

$$A = \frac{1}{\pi} \cosh^{-1} R \quad (2)$$

도파관-틈배렬안테나와 같은 불연속복사계에서 식 (1)은 불연속성을 특징짓는 표본화결수에 의해 다음과 같이 표시된다.

$$f(W) = \sum_{n=\bar{n}+1}^{\bar{n}-1} f(n, A, \bar{n}) Sa \left[(W - W_n^s) \frac{L}{\lambda} \pi \right] \quad (3)$$

여기서 $W = \cos \theta$, $Sa(x) = \sin x / x$, $W_n^s = \lambda n / L$ 이고 \bar{n} 는 부엽준위의 포락선을 특징짓는 임의의 옹근수, $f(n, A, \bar{n})$ 는 표본화결수로서 다음식으로 표시된다.

$$f(n, A, \bar{n}) = \begin{cases} \frac{(\bar{n}-1)^2}{(\bar{n}-1+n)(\bar{n}-1-n)} \prod_{m=1}^{\bar{n}-1} \left(1 - \frac{n^2}{X_m^2}\right), & |n| < \bar{n} \\ 0, & |n| \geq \bar{n} \end{cases} \quad (4)$$

식 (3)과 같은 지향성을 가지는 안테나의 개구에서 려기진폭은 다음과 같다.

$$i(s) = \frac{\lambda}{L} \left[1 + 2 \sum_n^{\bar{n}-1} f(n, A, \bar{n}) \cos \left(2\pi \frac{\lambda}{L} n \cdot s \right) \right] \quad (5)$$

여기서 L 은 안테나개구의 길이, $S = z / \lambda$ 이다.

이때 지향성특성곡선에서 반전력준위에 따르는 선도너비는 다음식에 의해 구해진다.

$$HP = 2 \sin \left\{ \frac{\lambda}{L\pi} \left[(\cosh^{-1} R)^2 - \left(\cosh^{-1} \frac{R}{\sqrt{2}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \quad (6)$$

식 (1)부터 (6)에 의해 돌프-체비세브분포비공진형 31요소 752도파관-틈배렬안테나와 동일한 지향선도너비와 부엽준위를 가지는 테일러선원천분포비공진형도파관-틈배렬안테나를 설계하였다.

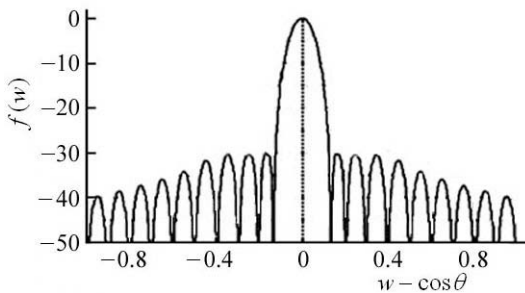


그림 1. 설계된 안테나의 지향성

2. 실험 및 결과분석

설계된 안테나의 회전각을 1° 씩 변화시키면서 지향선도를 측정하면 그림 2와 같다.

측정결과들로부터 설계된 안테나와 31요소 752형안테나, 이론적인 지향성과 정수들을 비교하면 표와 같다.

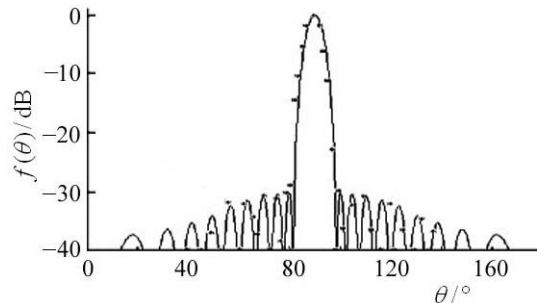


그림 2. 설계된 안테나의 지향선도
실선은 이론적인 지향성, * 실험값점

표. 지향성과 정수들의 비교

구분	정수					
	주극대방향 /($^\circ$)	선도너비 /($^\circ$)	1차부엽준위 /dB	정상과 결수	통과대역 /MHz	복사체의 수/개
이론적인 지향성	90	5	-30	1.10	800	20
설계된 안테나	89	4.9	-29	1.15	790	20
31요소 752형안테나	90	5	-30	1.10	500	31

맺 는 말

설계된 20요소안테나와 31요소 752형안테나의 지향성은 크게 차이나지 않는다. 그러므로 752형안테나에 비해 같은 지향선도너비를 보장하면서도 요소수를 11개(개구길이로는 220mm정도) 줄일수 있다. 그리고 도파관벽의 유한한 두께와 감쇠로 하여 주극대방향이 1° 정도 차이나고 부엽준위는 1dB 차이난다.

설계된 20요소 안테나의 통과대역은 31요소 752형안테나에 비해 300MHz정도 더 넓어졌다.

참 고 문 헌

- [1] D. M. Sazonov; Microwave Circuit and Antennas, 189, 2009.
- [2] 後藤尚久; 信学技报 A. P., 89, 27, 286, 2003.

주체103(2014)년 4월 5일 원고접수

The Design of Taylor Line Source Distribution Resonant Waveguide-Slot Array Antenna

Kim Thae Song, Ryang Un Sun

Designed 20-factors antenna's directivity is not so different from the directivity of 31-factors 752 type antenna.

So, compared with 752 type, we can reduce the number of factors to 11(the length of aperture is 220mm), while the width of direction frame maintains.

Because of the finite width and decrement of waveguide wall, the main maximal direction differs about 1° and the side lobe level differs 1dB. The bandwidth of 20-factors antenna is 300MHz larger than 31-factors 752 type antenna.

Key words: antenna, waveguide, slot array