

컨포멀 배열 안테나 기반의 빔형성을 위한 목표 빔 패턴 모델링 Beam Pattern Modelling for Beam Synthesis based on Conformal Array

권오성 남상욱* 운영중** 유흥균*** 정용식
 Oh-Sung Kwon Sangwook Nam* Young Joong Yoon**
 Hong-Kyun Ryu*** Young-Seek Chung
 광운대학교 전자공학과
 * 서울대학교 전기공학부
 ** 연세대학교 전기전자공학과
 *** 국방과학연구소
 (oskwon1987@gmail.com)

Abstract

This paper represents a beam synthesis for conformal array using LSM(Least Square Method). In this case, we must design the desired beam pattern. Beam pattern of conformal array has a different effect according to desired beam pattern modelling. In this paper, we synthesize a beam pattern based on semi-circular array, and design different desired beam patterns using uniform linear array. And compared beam patterns of semi-circular array according to different desired beam patterns.

Keywords : Beam synthesis, Conformal array, Least square method

1. 서론

컨포멀 배열 안테나는 배열 소자들이 임의의 형상의 플랫폼에 일체형으로 구성된 형태로서 돌출구조물의 감소로 공기저항을 줄이거나, RCS(Radar Cross Section)을 감소시켜 스텔스 기능을 증대시키는 장점이 있다. 따라서 항공기, 함정 등 고속 이동 플랫폼에 적합하다. 하지만 전기적 특성 및 빔 조향 성능이 평면형 배열 안테나와 다르기 때문에 유전 알고리즘(Genetic Algorithm), 최소자승법(Least Square Method)등을 이용한 다양한 빔형성 기법이 연구되고 있다.

본 논문에서는 컨포멀 배열 안테나 중에 반원 구조의 배열 안테나를 기반으로 최소자승법을 이용한 빔형성 기법에 대해 다루었다. 선형 배열 안테나의 빔 패턴을 그대로 목표 빔 패턴으로 선정한 경우와 주엽 영역을 제외한 부엽 영역을 제거한 경우에 대해 목표 빔 패턴과 실제 반원 구조의 배열 안테나의 빔 패턴을 비교하였으며 목표 빔 패턴에 따른 실제 빔 패턴의 영향을 분석하였다.

2. 본론

가. 최소자승법을 이용한 가중치 계산

최소자승법은 어떤 계의 방정식을 근사적으로 구하는 방법으로, 근사적으로 구하려는 방정식과 실제 방정식의 오차의 최소가 되는 해를 구하는 기법이다

본 연구는 광주과학기술원 전자전특화연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

최소자승법을 이용한 반원 구조의 배열 안테나의 빔형성을 위한 가중치 계산 과정은 다음과 같다.

$$W = DA^H(AA^H)^{-1} \quad (1)$$

$$D = \sum_{n=1}^N \exp(j \frac{2\pi}{\lambda} nd \cos \theta) \quad (2)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_1(\theta_1) & a_1(\theta_2) & \dots & a_1(\theta_{L-1}) & a_1(\theta_L) \\ a_2(\theta_1) & a_2(\theta_2) & \dots & a_2(\theta_{L-1}) & a_2(\theta_L) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_M(\theta_1) & a_M(\theta_2) & \dots & a_M(\theta_{L-1}) & a_M(\theta_L) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$a_m(\theta_l) = \exp(j \frac{2\pi}{\lambda} R \cos(\theta_l - \theta_m)) \quad (4)$$

위 식에서 D 는 목표 빔 패턴, A 는 원형 배열의 조향 벡터를 의미한다. 또한 θ 는 조향 영역, N 은 선형 배열 안테나의 소자 개수, d 는 소자 간격, M 은 반원 배열 안테나의 소자 개수, R 은 원의 반경, L 은 조향 영역의 샘플수를 의미한다.

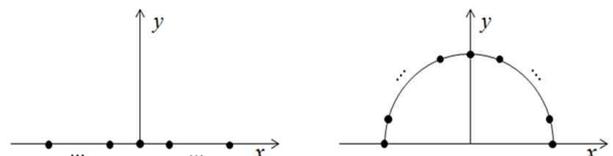


그림 1 선형 배열 안테나와 반원 배열 안테나

나. 목표 빔 패턴 모델링

선형 배열 안테나의 빔 패턴을 이용한 목표 빔 패턴 모델링은 다음과 같다.

1. Original ULA 빔 패턴
2. Trimmed ULA 빔 패턴

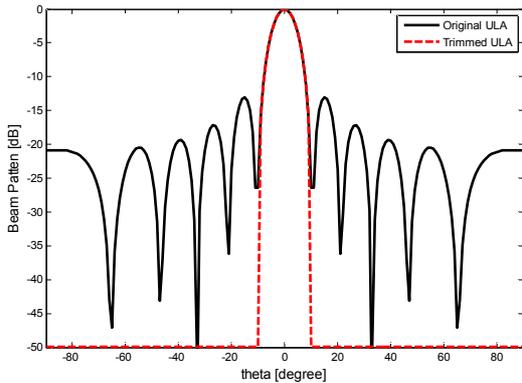


그림 2. 목표 빔 패턴 모델링

그림 2는 $N=11$ 개로 구성된 선형 배열 안테나의 빔 패턴을 나타낸다. 1. Original ULA 빔 패턴을 목표인 경우 선형 배열 안테나의 빔 패턴과 유사한 빔 패턴을 형성하기 위한 가중치를 계산할 수 있고, 2. Trimmed ULA 빔 패턴이 목표인 경우 주엽 영역을 제외한 부엽 영역이 최소가 되는 빔 패턴을 형성하기 위한 가중치를 계산할 수 있다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

최소자승법을 이용하여 가중치를 계산하는 문제에서 가장 기본적인 문제는 목표 빔 패턴을 설계하는 것이다. 따라서 실제 안테나의 배열 구조와 운용 목적에 적절한 목표 빔 패턴을 선정함으로써 효율적인 빔형성을 할 수 있다.

본 논문에서는 $M=15, R=2.23\lambda, d=0.5\lambda$ 로 구성된 반원 구조의 배열 안테나를 기반으로, 모든 배열 소자는 등방성 안테나로 가정하여 시뮬레이션 하였다.

그림 3은 Original ULA, Trimmed ULA 목표 빔 패턴에 따른 반원 구조 배열 안테나의 실제 빔 패턴을 나타낸다. Original ULA 빔 패턴을 목표로 한 경우 선형 배열 안테나 빔 패턴과 유사한 빔이 형성 되는 것을 확인할 수 있다. 또한 Trimmed ULA 빔 패턴을 목표로 한 경우 부엽레벨이 -20dB 이하로 형성 되지만 상대적으로 빔 폭이 넓어지는 경향을 보인다.

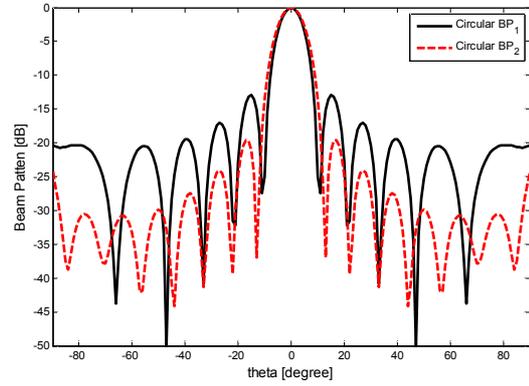


그림 3 목표 빔 패턴에 따른 실제 빔 패턴

3. 결론

본 논문은 컨포멀 배열 구조 중 반원 구조의 배열 안테나를 기반으로 최소자승법을 이용한 빔형성 기법에 대해 다루었다. 최소자승법을 적용하기 위해 선형 배열 안테나의 빔 패턴을 모델링 하여 가중치를 계산하였다. 이때 선형 배열 안테나의 빔 패턴을 그대로 목표 빔 패턴으로 적용한 경우와 부엽영역을 제거한 빔 패턴을 목표 빔 패턴으로 적용한 경우의 실제 형성된 빔 패턴을 비교하여 경향을 분석하였다. 따라서 운용 목적을 고려하여 적절한 목표 빔 패턴을 설계한다면 효율적인 빔형성이 가능할 것으로 보인다. 또한 안테나간의 상호간섭 보상 및 소자 패턴과 같은 빔형성에 영향을 줄 수 있는 요인을 분석하여 고려한다면 더 나은 성능의 빔형성이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] P. N. Fletcher and M. Dean. "Least squares pattern synthesis for conformal arrays." *Electronics Letter* 34.25, 1998, 2363-2365.
- [2] H. Anton. *Elementary linear algebra*. John Wiley & Sons, 2010.
- [3] T. K. Sarkar, et al. *Smart antennas Vol. 170*. John Wiley & Sons, 2005.