

# Interference mitigation 을 위한 멀티 모드 배열 안테나 설계 Multi-mode Array Antenna for Interference Mitigation

임태홍\* · 장병준\*\* · 추호성\*

Tae Heung Lim\* · Byung-Jun Jang\*\* · Hosung Choo\*

\* 홍익대학교 전자전기공학과

\*\* 국민대학교 전자공학부

(qpzm0105@mail.hongik.ac.kr)

## ABSTRACT

본 논문에서는 서로 다른 모드의 패턴을 이용하여 과장에 비해 매우 작은 배열간격을 가지고 안테나를 배열하고, 각 소자의 active element pattern (AEP)을 복사패턴 왜곡 없이 도출하는 배열안테나를 제안한다. 제안된 배열 안테나의 개별소자는 패치와 모노폴타입을 이용해 모델링하였다. spherical mode expansion의 모드분해법을 사용하여, 패치안테나는  $Y^{e_{00}}$  모드에서 모노폴안테나는  $Y^{e_{50}}$  모드에서 dominant mode를 가짐을 확인하였다. 또한, 각 소자에 인가하는 가중치를 LMS 알고리즘과 full EM 시뮬레이션 툴을 연동시켜 interference mitigation 결과로부터 null depth는 -20.5 dB, null width는 55°를 도출하였다.

Key Words : Multi-mode 배열안테나, Spherical mode expansion, Interference mitigation

## 1. 서론

최근 무선통신 기술이 발달함에 따라, 상업, 산업, 의료 등의 분야에서 안테나 설계 및 적용이 급증하고 있다. 게다가, 하나의 기기에서 Wi-Fi, Bluetooth, GPS가 유사 주파수 대역에서 사용되며, 내부 및 외부 신호간섭 문제가 발생하게 된다. 이렇게 원치 않는 신호간섭 문제를 완화하기위해서, 배열안테나를 사용하여 각 배열소자에 가중치를 인가 후 합성 빔패턴에 대한 nulling과 forming을 진행한다. Nulling 성능을 개선시키기 위해서는 배열 소자수를 증가시키는 것이 일반적인 방법이지만, 점점 더 소형화 되는 플랫폼에 의해 배열 소자수를 무한하게 증가시킬 수 없는 한계가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 최소화하기위해 5 inch - 4소자 [1], 4.5 inch - 6소자 [2], 3 inch - 4 소자 [3] 등 점점 작은 플랫폼안에 안테나를 배열하는 선행연구들이 진행되어 왔다. 하지만, 동일한 배열 소자를 사용하여 배열간격이 좁아지는 경우 mutual coupling이 증가하고, spatial diversity의 감소에 의해 pattern correlation이 증가하여 interference mitigation 성능이 감소하는 문제점이 발생한다.

본 논문에서는 서로 다른 모드의 패턴을 이용하여 과장에 비해 매우 작은 배열간격을 가지고 안테나를 배열하고, 각 소자의 active element pattern (AEP)을 복사패턴 왜곡 없이 도출하는 배열안테나를 제안한다. 제안된 배열 안테나의 개별소자는 패치와 모노폴타입을 이용해 모델링하였으며, 각 소자가 가지는 패턴의 모드를 확인하기위해 spherical mode expansion의 모드분해법을 사용하여 dominant mode를 도출하였다. 또한, 각 소자에 인가하는 가중치를 LMS 알고리즘과 full EM 시뮬레이션 툴을 연동시켜 interference mitigation 결과를 도출하였다.

## 2. 본론

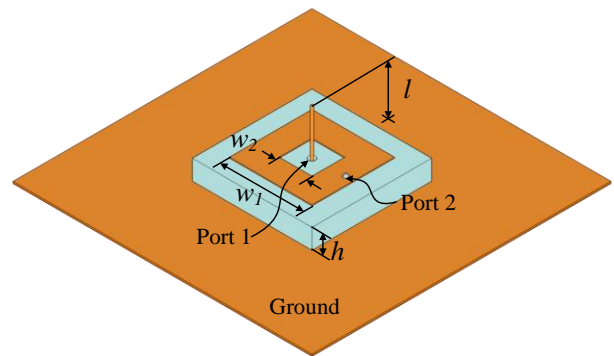


그림 1. 제안된 안테나 형상

그림 1은 제안된 안테나 형상을 나타내며, 150 mm의 정사각 그라운드를 공유하는 루프 패치 타입과 모노폴 타입 안테나를 배열하여 설계하였다. 모노폴 안테나는 전체 배열안테나의 중심에 38.5 mm 길이로 설계하였으며, 루프 패치안테나의 경우 6.4 mm의 두께를 가지는 FR-4 기판에 내곽 및 외곽 너비가 각각 42.8 mm와 10.6 mm인 방사체를 인쇄하였다. 패치안테나의 급전은 중심으로부터 38.4 mm 떨어진 곳에 급전하여, 두 소자간 배열 간격이 14.9 mm로 과장에 비해 매우 작게 설계하였다.

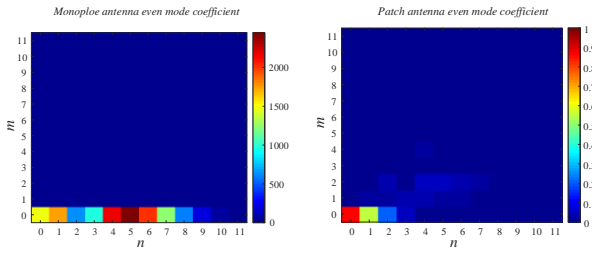


그림 2. Spherical mode expansion에 대한 모드 분해법

그림 2는 제안된 배열안테나의 개별소자에 대해 spherical mode expansion의 모드분해법을 사용하여 dominant 모드를 도출 한 결과를 보여준다. 먼저 개별 소자의 AEP를 EM 시뮬레이션 툴을 이용하여 추출하였고, spherical mode expansion의 수식과 least square method로부터 dominant mode의 계수를 도출하였다 [4]. 두 안테나 모두 even mode의 계수가 odd mode에 비하여 매우 크게 나타나는 것을 확인하였다. 패치안테나의 경우  $Y^{e_{00}}$  모드에서 계수 값이 0.86으로 가장 dominant 하였고, 모노폴 안테나는  $Y^{e_{50}}$  모드에서 계수 값이 가장 큰 것을 확인하였다. 도출된 dominant mode가 서로 다르기 때문에, 두 패턴이 orthogonal 하고 pattern correlation이 낮음을 확인할 수 있다.

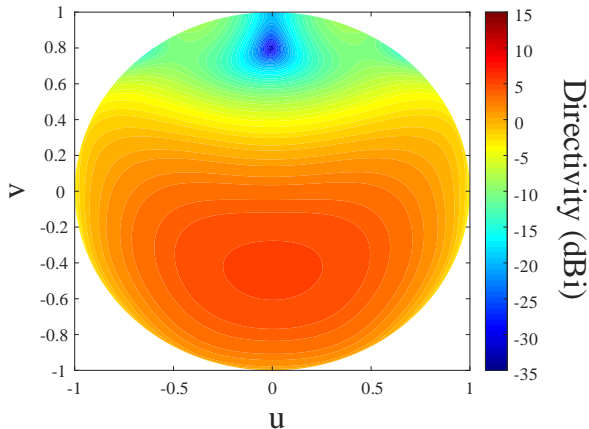


그림 3. Interference mitigation 시뮬레이션 결과

그림 3은 제안된 배열안테나를 이용하여  $\theta = 45^\circ$ ,  $\phi = 90^\circ$ 에서 interference 신호가 들어올 때, 가중치를 변경하여 nulling한 시뮬레이션 결과를 보여준다. Interference mitigation을 하기위해서 각 안테나의 초기 가중치를 인가하여 full EM 시뮬레이션 툴을 이용해 AEP를 도출하여 합성패턴을 계산하고, nulling을 위한 최적 가중치를 찾기 위해 LMS 알고리즘을 사용하였다. 이와 같은 프로세스로부터 도출된 결과는 합성 빔패턴에서 null depth는 -20.5 dB이고 -10 dB의 null width는  $55^\circ$ 로 도출된 것을 확인하였다.

### 3. 결론

본 논문에서는 서로 다른 모드의 패턴을 가지고 있는 루프 패치와 모노폴 안테나를 설계하였으며, 두 개별 소자의 배열간격은 파장에 비해 매우 작게 배열하였다. 각 배열소자의 AEP를 spherical mode expansion의 모드분해법을 이용하여, 패치와 모노폴안테나의 각 dominant mode가  $Y^{e_{00}}$ 와  $Y^{e_{50}}$ 임을 확인하였다. 또한, full EM 시뮬레이션 툴과 LMS 알고리즘을 연동하여 interference mitigation 시뮬레이션을 진행한 결과 null depth는 -20.5 dB, null width는  $55^\circ$ 로 나타나는 것을 확인하였다.

### References

- [1] M. C. Kang, H. Choo and G. Byun, "Design of a dual-Band microstrip loop antenna with frequency-insensitive reactance variations for an extremely small array," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 65, no. 6, pp. 2865-2873, 2017.
- [2] Y. Zhou, C.-C. Chen, and J. L. Volakis, "Single-fed circularly polarized antenna element with reduced coupling for GPS arrays," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 56, no. 5, pp. 1469-1472, May 2008.
- [3] G. Byun, J. Hur, S. B. Son and H. Choo, "Design of a coupled feed structure with cavity walls for extremely small anti-jamming arrays," IEEE Access, vol. 7, pp. 17279-17286, 2019.
- [4] Y. Chen and T. Simpson, "Radiation pattern analysis of arbitrary wire antennas using spherical mode expansions with vector coefficients," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 39, no. 12, pp. 1716-1721, 1991.