

안테나의 복사 패턴을 적용한 2 소자 시변조 배열안테나의 방향 탐지 성능 분석 Analysis of Direction Finding with 2-Elements Time Modulated Array Antenna Applying Radiation Patterns

임태홍* 추호성*

Tae Heung Lim Hosung Choo

* 홍익대학교

(발표자 : qpzm0105@mail.hongik.ac.kr, 교신저자 : hschoo@hongik.ac.kr)

ABSTRACT

본 논문에서는 안테나의 복사패턴을 적용하여 2 소자 Time Modulated Array (TMA) 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 안테나 특성 및 커플링의 영향성 분석을 위해 진폭과 위상변화에 대한 스위칭 모델링 하였으며, 각 입사 방향에 대하여 Fourier transform 을 하여 입사신호의 원천주파수와 RF 스위칭 신호에 대한 고조파수의 스펙트럼 밀도로부터 방향탐지 성능을 확인 하였다. 도출된 스펙트럼밀도의 비율로부터 안테나의 방사특성 및 커플링 영향으로 약 5.5°의 방탐 오차가 증가함을 확인하였다.

Key Words : Time modulated array, Active element patterns

1. 서론

방향 탐지, 빔포밍, 방사 패턴 형성을 위해 배열 안테나가 널리 사용 되고 있으며, 일반적으로 위상 배열안테나(Phased Array, PA)에 신호의 위상 차와 입력 전류를 다르게 인가하여 빔포밍, 빔형성을 진행한다. 최근 스위칭 소자의 성능이 급격히 발전하며, 기존에 이론적으로 연구 되었던 시변조 배열안테나(Time Modulated Array, TMA)의 관심이 증대되고 있다. TMA는 기본적으로 배열안테나의 개별 소자에 RF 스위치를 연결하여 스위치의 on/off 시간에 따라 방향탐지, 빔포밍 등의 어플리케이션에서 적용 할 수 있다. 특히, 2소자 TMA에서 스위치가 on되는 시간의 duty를 변경하여 모노펄스 안테나와 유사한 방식으로 방향 탐지를 하고, 스펙트럼 분포에서 원천 주파수와 고조파수의 비율을 이용하여 방향 탐지를 진행한 선행 연구들이 있다 [1,2]. 하지만, 두 경우 모두 입사하는 신호에 대하여 안테나의 특성을 고려하지 않은 이상적인 등방향성 센서를 이용하여 방향 탐지를 하고, 시뮬레이션을 진행 하였다. 본 논문에서는 방향 탐지의 정확도를 개선하기 위해서 두 개의 안테나의 방사패턴을 적용 하여 입사하는 신호에 대한 방향탐지 오차를 확인 하였다. 이상적인 경우와 방사패턴을 적용 한 경우의 스펙트럼 분포를 확인하고, 입사 각도에 따라 변하는 원천주파수와 첫번째 고조파의 스펙트럼밀도의 크기를 확인하였다.

2. 본론

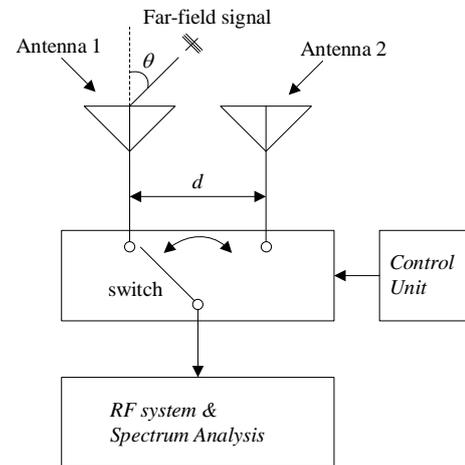


그림 1.2 소자 TMA 안테나의 입사 신호 모델링

그림 1은 2소자 TMA 방향탐지에 대한 모식도를 나타내며, RF 스위치는 안테나 1번과 2번을 번갈아 가며 동작 시킨다. 컨트롤 유닛을 통하여 스위치의 풀은 주기 $T_p = 5 \text{ us}$ 로 움직이며, 안테나 1번과 2번이 켜지는 시간은 각각 δT_p 와 $(1 - \delta) T_p$ 로 모델링 하였다($\delta = 0.5$). β 는 안테나의 특성이 반영된 위상에 의해 스위칭 시간이 왜곡되는 부분을 나타내며, 인접 안테나 간 커플링에 의해 형성되는 전압 왜곡은 α_1 과 α_2 로 그림 2와 같이 모델링 하였다.

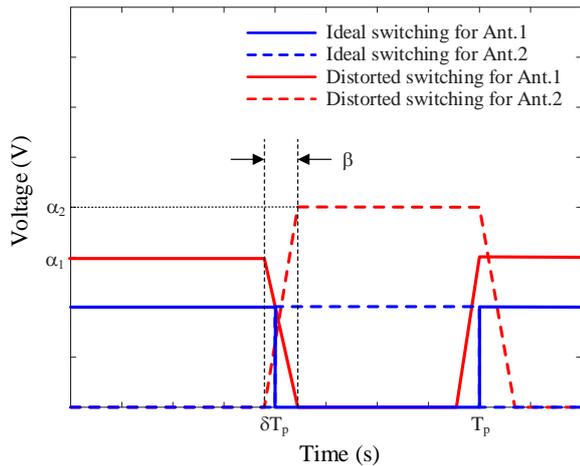
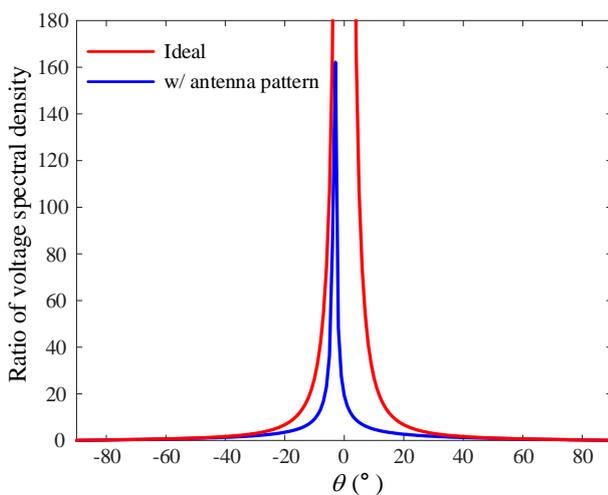


그림 2. 스위칭

모델링 한 스위칭 신호를 각 입사 방향에 따라 Fourier transform을 진행 후 주파수 영역에서 스펙트럼 밀도를 확인 하였다. 입사 신호는 F_c 의 원천주파수를 가지며, 스위칭 로직에 의해 $1/T_p$ 의 고조파수 특성이 나타나게 된다. 첫번째 고조파수에서 나타나는 스펙트럼밀도와 원천주파수의 스펙트럼밀도의 비율에 의해 입사하는 방향의 각도를 찾을 수 있다. 그림 3과 같이 이상적인 경우 스펙트럼밀도의 비율은 입사 각도 0° 를 기준으로 정확하게 대칭이 되지만, 안테나의 패턴 및 커플링을 고려하여 구한 스펙트럼밀도 비율은 최대 값이 약 -5.5° 이동 한 것을 확인 할 수 있다. 이와 같이 방향탐지를 진행 할 경우 실제 측정값과 이상적인 등방향센서를 이용하여 계산한 값에 대한 오차가 발생하는데, 안테나 방사 패턴 특성과 커플링을 고려하여 방향탐지를 진행 하면 방향탐지 성능 오차를 줄일 수 있다.



3. 결론

본 논문에서는 2소자 TMA 안테나의 방사특성 및 커플

링이 방향탐지 특성에 주는 영향성을 분석을 위해 스위칭 로직을 모델링 하였으며, 방향탐지 성능은 이상적인 등방향센서를 이용한 경우에 비해 약 5.5° 의 오차가 발생하였다. 정확한 방향 탐지 성능을 도출하기 위해서는 안테나의 방사특성 및 커플링이 고려되어야 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 방위사업청 및 국방과학연구소의 재원에 의해 설립된 신호정보 특화연구센터 사업의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

[1] A. Tennant, and B. Chambers, “A two-element time-modulated array with direction-finding properties”, IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett. Vol. 6, pp.64-65., 2007.
 [2] C. He, X. Liang, Z. Li, J. Geng, and R. Jin, “direction Finding by time-modulated array with harmonic characteristic analysis”, IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett. Vol. 14, pp.642-645., 2015.