

위상 배열 안테나의 빔스퀸팅 현상에 대한 고찰 및 해결 방안 연구

장지원, 최윤주, 곽준영, 이건우, 한상민*, 박경태**, 윤원상

호서대학교

elc_jangjw@naver.com, jaedi7272@naver.com, junyoung256@naver.com, rjsdn751@naver.com,
*auspice0@gmail.com, **ktpark21@radioville.com, wsyoon@hoseo.edu

A Study on Beam Squinting in Phased Array Antennas and Its Mitigation Techniques

Ji-won Jang, Yoon-ju Choi, Jun-young Kwak, Geon-woo Lee, Sang-Min Han*,

Kyungtae Park**, Won-Sang Yoon

Hoseo Univ., *Soonchunhyang Univ., **Radioville

요약

본 논문에서는 위상 배열 안테나(Phased Array Antenna)에서 광대역 신호 처리 시 발생하는 빔스퀸팅(Beam Squinting) 현상의 원인을 분석하고, 이를 해결하기 위한 방법으로 전송 지역에 의해 제어되는 배열 안테나 구조를 제안하였다. 3.3 ~ 3.7GHz 대역에서 동작하는 배열 안테나의 빔 방향을 20°로 제어한 결과를 시뮬레이션한 결과 위상 제어에 의한 배열 안테나에서는 주파수별로 ±2.5°의 빔방향 차이가 발생하였으나 전송 지역 제어에 의한 배열 안테나에서는 대역폭에서 빔 방향이 동일하게 나타나는 것을 확인하였다.

I. 서론

위상 배열 안테나는 각 안테나 소자 간 위상차를 조절하여 빔 방향을 전기적으로 제어할 수 있어, 고속 통신 및 레이더 시스템 등 다양한 응용 분야에서 널리 사용되고 있다.[1, 2] 기존의 위상 제어 방식은 고정된 위상차로 제어하므로 넓은 대역폭에서는 주파수에 따라 빔 방향이 달라지는 빔스퀸팅(Beam Squinting) 현상이 발생한다. 이러한 현상은 특히 고주파 및 광대역 환경에서 링크버짓의 저하 및 전체 시스템 성능을 제한하는 요인으로 작용한다. 본 논문에서는 기존 위상 제어 방식에 의해 발생하는 빔스퀸팅 현상에 대해 분석하고, 전송 지역에 의한 빔제어에서 빔스퀸팅 현상이 감소되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

II. 위상 배열 안테나의 빔스퀸팅 감소 방안

위상 배열 안테나에서는 그림 1에 나타낸 것과 같이 각 방사소자에 입력되는 위상차($\Delta\phi$)에 의해 빔의 방향을 제어할 수 있다. 위상 제어 방식에서는 $\Delta\phi$ 가 고정되어 있으므로, 주파수가 변하면 파장 λ 이 달라지고, 이로 인해 빔 방향 θ 가 주파수에 따라 변화하는 빔스퀸팅 현상이 발생한다. 반면에, 전송 지역에 의한 위상 배열 안테나는 각 방사소자에 동일한 전송 지역 시간차를 부여하므로 주파수에 따라 위상차가 가변되는 특성을 가지므로 광대역에서도 빔 방향이 동일하게 유지되는 특성을 갖는다. 그림2는 빔 방향 θ 를 20°로 설정하였고, 그림 2(a)는 위상 제어에 의해 나타나는 빔스퀸팅 현상의 시뮬레이션 결과이며, 그림 2(b)는 전송 지역 제어에 의한 배열 안테나에서 빔 패턴이며, 빔스퀸팅 현상이 사라지는 결과를 확인할 수 있다.

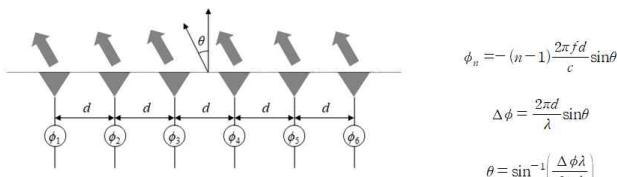


그림1. 위상 배열 안테나의 동작원리

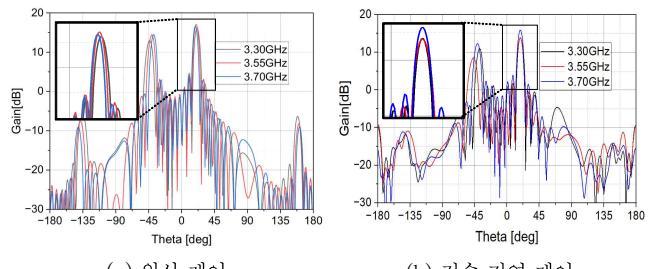


그림2. 배열 안테나 제어방법에 따른 빔패턴 비교(20°)

III. 결론

본 논문에서는 광대역 운용 시 위상 배열 안테나에서 발생하는 빔스퀸팅 현상을 확인하고, 이를 해결하기 위해 전송 지역 제어를 이용한 위상 배열 안테나 구조를 제안하고 시뮬레이션 결과를 통해 동작 특성을 확인하였다. 본론에서 제시한 바와 같이 전송 지역 제어를 이용한 배열 안테나에서 빔스퀸팅 현상이 사라지는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2024-00420395)

참고문헌

- [1] 이동호, 서정원, 이명신, 정대원, 이동국, 표성민, "저궤도 위성 원격 측정데이터 신호 수신을 위한 S-대역 위상배열안테나 시스템 연구," 전기전자학회논문지, 제26권, 제2호, pp. 211-218, 2022.
- [2] 김영완, 권준범, 강연덕, 박종국, "Ka-대역 위상배열안테나 배열 구조 분석," 한국인터넷방송통신학회 논문지 제19권 제3호, pp. 141-147, 2019.