

광대역 특성을 반영한 밀리미터파 재구성가능표면 시스템의 성능 분석

전동수, 채찬병
연세대학교

{dongsoo.jun, cbchae}@yonsei.ac.kr

Performance Analysis on Wideband Characteristics-reflected mmWave Reconfigurable Intelligent Surface System

Dong Soo Jun, Chan-Byoung Chae
Yonsei University

요약

본 연구에서는 광대역 빔 스킨트 현상을 반영한 보다 현실적인 RIS 시스템 모델을 제시하고 대역폭이 넓어짐에 따라 센터 주파수와 엣지 주파수에서 발생하는 성능 차이를 정량적으로 보인다.

I. 서론

밀리미터파 이상 초고주파 대역에서 원활한 링크 형성을 가능하게 하는 빔 라우팅 기술은 발전된 재구성가능 표면 (RIS)에 의해 수행될 수 있다. 기존에 연구된 대부분의 시스템은 분석의 용이성을 위해 협대역 모델 및 프리코딩을 채택하였다. 하지만 밀리미터파의 넓은 대역폭을 활용하기 위해서는 광대역 시스템의 특성을 고려하는 것이 불가피하다. 광대역을 사용하는 다중안테나 시스템에서는 물리적으로 각 대역폭 끝에서 조향된 빔의 방향이 틀어지는 빔 스킨트 현상이 발생한다[1]. 또한 RIS 에서 튜닝 가능한 각 셀 소자들의 위상 및 진폭 응답은 주파수에 의존하며, 광대역 빔 튜닝 성능에 영향을 미친다. 따라서 이와 같은 광대역 특성을 반영한 RIS 시스템 모델링이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 광대역 신호처리 특성을 반영한 시스템 모델을 적용하여 RIS 빔 튜닝 성능을 분석한다.

II. 본론

본 연구에서는 RIS 시스템 모델에 센터 주파수로 대표되는 주파수 변수를 추가하고, 해당 성분을 각 부 반송파로 분할하여 시스템 채널이 주파수의 함수로 나타내어지도록 모델링하였다. 계산의 용이성을 위해 기지국에서는 빔 스킨트가 없고 RIS 에서만 발생한다고 가정했으며, 기지국-RIS, RIS-UE 채널은 주파수의 함수로 설정되어 이에 따른 배열 이득을 수식적으로 분석하였다.

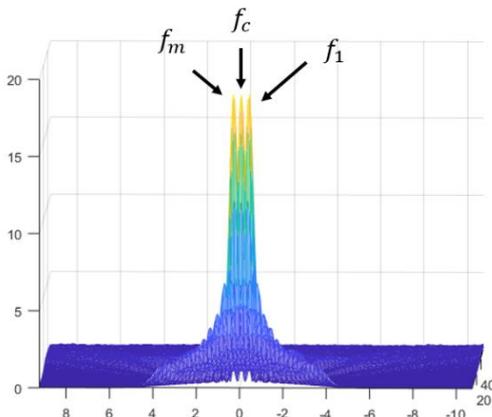


그림.1 광대역 신호에서 빔 스킨트로 인한 조향 방향 변화

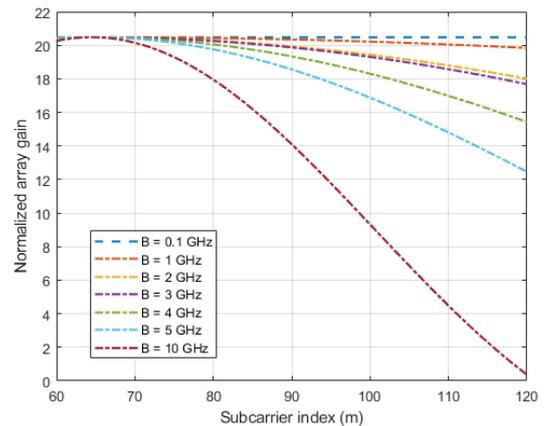


그림.2 대역폭과 부 반송파 주파수에 따른 배열 이득 변화

그림.1은 센터 주파수와 양쪽 끝 주파수 대역에서 배열 이득을 시각화한 것이다. 이때 AoD=0 도이며 센터 주파수는 28GHz 였다. 이를 통해 센터 주파수에서 벗어난 부 반송파의 주 빔 방향이 틀어짐을 확인할 수 있다. 그림.2는 대역폭에 따른 배열 이득 성능을 보이고 있다. 대역폭이 작을 때는 주파수에 따른 변화가 거의 없는 반면 넓은 대역폭을 사용했을 때 센터 주파수에서 벗어날수록 배열 이득이 크게 감소함을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 채널을 주파수 의존 함수로 모델링했을 때 대역폭과 부 반송파에 따른 배열 이득 변화를 분석하였다. 추후 추가 연구를 통해 빔 스킨트 현상으로 인한 열화를 억제하는 프리코딩 기법을 구체화할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부의 재원으로 정보통신기획평가원 및 두뇌한국 21 사업(4 단계 BK21)에 의하여 지원되었음 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00486, 2021-0-02208/ School of Integrated Technology / BK21 Graduate Program in SIT)

참고 문헌

- [1] S.-H. Park, B. Kim, L. Dai, D.-K. Kim, and C.-B. Chae, 'Beam Squint in mmWave Systems: RF Lens Array vs. Phase-shifter-based Array,' IEEE Wireless Communications, vol. 30, no. 4, pp. 82-889, Aug. 2023.