

## 레이트레이싱 기반 재구성가능표면을 통한 밀리미터파 커버리지 향상에 대한 연구

전동수, 채찬병  
연세대학교

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

## A Study on mmWave Coverage Enhancement using Reconfigurable Intelligent Surface with Ray-tracing

Dong Soo Jun, Chan-Byoung Chae  
Yonsei University

## 요 약

밀리미터파 대역의 경로 손실 특성으로 인한 전파 음영 지역의 보완을 위해 변칙적 반사를 통해 전파 경로를 제어하는 재구성가능 표면 (RIS)과 빔 라우팅 기술이 제안되어 왔다. 본 연구에서는 실제 실내 통신 환경을 반영한 3D 시스템 모델링을 통해 RIS 적용 유무에 따른 전체 수신 전력 및 커버리지 영향을 분석하고 성능 이득을 정량적으로 보인다.

## I. 서론

5 세대 이상 이동통신 시스템에서 핵심 대역으로 평가받는 밀리미터파 (mmWave)는 높은 자유 공간 경로 손실, 투과 손실 등으로 인해 통신 음영 지역 생성이 불가피하며, 이는 가시선 (line-of-sight, LoS) 전파가 부족한 실내 환경에서 명확한 성능 한계를 야기한다. 이에 기지국이나 중계기를 추가로 설치하는 것 외에 금속 반사체를 이용해 음영 지역을 감소시키고 커버리지를 증가시키는 방법론이 제안되었다[1]. 나아가 메타소자 기술의 발전은 임의의 각도로 변칙적 반사가 가능한 재구성가능 표면 (reconfigurable intelligent surface, 이하 RIS) 기술을 가능하게 하였으며, 동적으로 물성을 제어하여 최적의 전파 경로를 생성하는 빔 라우팅 기술이 연구되고 있다. 본 연구에서는 제안하는 빔 라우팅이 적용되었을 때의 커버리지 향상 효과를 레이트레이싱을 통해 시스템 레벨에서 분석한다. RIS와 금속 반사체, 단일 기지국 환경에서 각각 얻어지는 수신 신호 세기 차이를 비교하고 이를 통해 실내 환경에서 RIS에 의한 링크 품질 및 커버리지 이득을 평가한다.

## II. 본론

본 연구에서는 Wireless Insite 소프트웨어 및 실제 구성 물질 특성이 반영된 3D 디지털 맵을 사용하여 레이트레이싱을 수행한다. 이때 28GHz 대역에서 23dBm의 송신 전력을 사용하였으며, 총 5,160 개의 수신기를 그리드 형태로 배치해 신호 세기를 계산하였다.

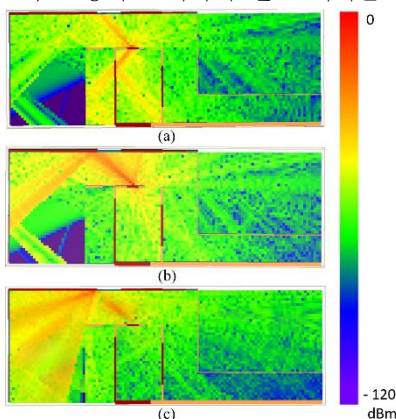


그림. 1 실내 맵 각 영역에서 수신되는 전력 세기 그리드: (a) 단일 기지국, (b) 금속 반사체 사용, (c) RIS 사용

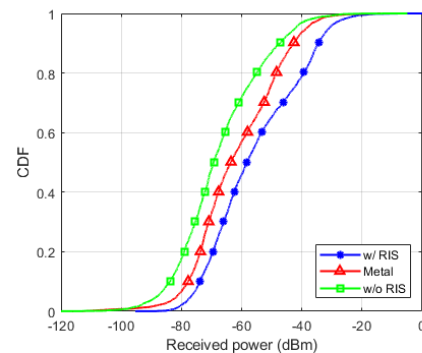


그림. 2 각 시뮬레이션 별 전체 수신 전력 CDF

그림.1 과 같이, 실내 환경에서 장애물에 의해 단일 기지국이 송신하는 전파 환경과 기준 신호 품질 이상을 보장하지 못하는 음영 지역을 시스템 레벨에서 보였다. 또한, 입사 전파를 같은 각도로 반사시키는 금속 반사체와 3 가지 방향의 변칙적 반사가 가능한 RIS를 각각 배치하였을 때 각 영역의 수신 신호가 증가 양상을 시스템 레벨에서 확인할 수 있다. 그림.2 에서 기준 신호 품질을 -50dBm으로 설정하면 시스템 커버리지는 각각 12%, 24%, 35%으로 RIS에 의해 약 23%의 커버리지 향상을 얻을 수 있다. 같은 방법으로 다양한 통신 환경에서 빔 경로 형성에 따른 시스템 이득을 확인할 수 있다.

## IV. 결론

본 연구에서는 레이트레이싱 기반 시스템 시뮬레이션을 통해 밀리미터파 실내 통신 환경에서 RIS 빔 라우팅에 의한 커버리지 변화를 분석하였다. 추후 추가 연구를 통해 비가시선 (NLoS) 링크 중심 분석 및 다중 RIS 기반 빔 라우팅을 반영한 성능 분석을 수행할 예정이다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021-0-00486, 2021-0-02208)

## 참 고 문 헌

- [1] Khawaja, W. et al. "Coverage enhancement for NLOS mmWave links using passive reflectors.", IEEE Open Journal of the Communications Society 1, 263-281, 2020.