

# 3차원 실제 지형 다중안테나 채널 및 MIESM 방식 기반의 시스템 레벨 시뮬레이터

류경린, 김종현, 임연근, 채찬병, 김광순

연세대학교

{kyunglin.ryu, jonghyun.kim, yglim, cbchae, ks.kim}@yonsei.ac.kr

## MIESM based System-Level Simulator for 3D Realistic MIMO Channels

Kyung Lin Ryu, Jong Hyun Kim, Yeon-Geun Lim, Chan-Byoung Chae, Kwang Soon Kim

Yonsei University

### 요약

본 논문은 대규모 안테나 시스템에서의 상향링크 무허가 스케줄링에 대한 시스템 레벨 시뮬레이터를 3차원 실제 지형 기반의 다중안테나 채널을 사용하여 MIESM(Mutual Information based Effective SINR Mapping) 및 저부호율 부호(LDPC Code) 기반의 시스템 레벨 시뮬레이터로 만들고 이에 대한 결과를 얻는다.

### I. 서론

최근 밀리미터 웨이브의 연구가 활발히 진행이 되면서 이에 따른 3차원 실제 지형 기반의 채널 모델링에 대한 연구 또한 함께 진행되어 왔다[3]. 이에 본 논문에서는 기존의 시뮬레이션 방식인 2차원 맵에서 무작위 채널을 발생시켜 채널 용량을 얻는 방식이 아닌 3차원 실제 지형 기반의 디지털 맵을 사용하여 실제 기지국 위치에 기지국을 설치하여 실측에 가까운 채널을 발생시키고 사용자 또한 실제 이동인구를 기반으로 하여 포인트 포아송 프로세스 방식을 사용하여 유저를 뿌려 MIESM(mutual information effective SINR mapping) 방식과 LDPC 코드 중 하나인 축적 반복 축적 검사 축적 코드(accumulate-repeat-accumulate-check-accumulate, ARACA)를 활용하여 주파수 효율을 향상하는 방법을 소개한다.

### II. 본론

그림 1은 본 논문에서 제안하는 채널 용량을 얻는 방식에 대한 블록다이어그램이다. [1]에서 제공하는 강남역의 실제 기지국 위치와 상세 사양(전송 파워, 방위각, 경사각 등)을 그림 2의 직접 제작한 강남역 디지털맵에 반영하였다. 그리고 벨 연구소의 WiSE라는 ray-tracing 툴을 사용하여 MIMO(multiple-input multiple-output) 채널 파라미터를 측정하여 클러스터 채널모델[3]을 통해 MIMO 채널을 얻는다.

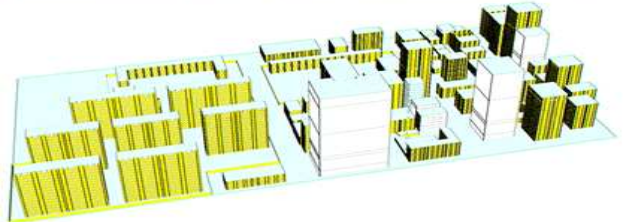


그림 2. 제작한 강남역 디지털 맵

```
xmit: [483 119.3330 30]
rcvr: [470 110 1]
PDP: [1x14 double]
delay: [0 6 49 53 114 121 140 432 442 476 476 485 530 699]
AoD: [1x14 double]
ZoD: [151 153 128 130 117 116 114 100 100 99.7000 101 99.7000 99.7000 96.2000]
AoA: [35 36 14 15 25 23 21 274.8000 180 138.3000 273.9000 52 52 78]
ZoA: [1x14 double]
pathloss: 2.4560e+10
DS: 21.9775
PDPdB: [1x14 double]
AoD_AS: 8.0033
ZoD_AS: 8.7813
AoA_AS: 8.4091
ZoA_AS: 61.9938
```

그림 3. WiSE를 이용하여 얻은 실제 지형 기반의 데이터

그림 3은 특정 기지국과 유저의 위치에서 ray-tracing 툴로 측정된 대규모 변수(large-scale-parameter) 및 소규모 변수(small-scale-parameter)의 예시이다. 그림 3에서 구한 대규모 변수와 소규모 변수를 사용하여 3GPP 채널모델 방식처럼 클러스터 채널모델로 MIMO 채널을 생성한다.

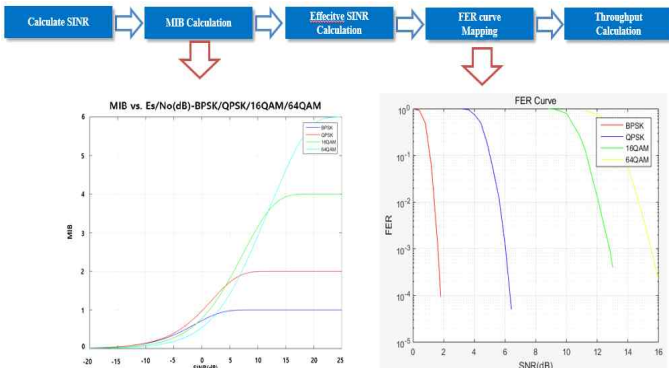


그림 1. 시스템 레벨 시뮬레이터의 블록다이어그램

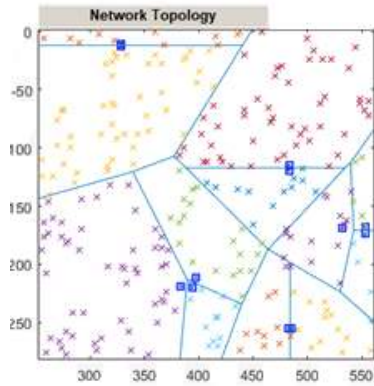


그림 4. 노드 위치 및 기지국 위치

< 강남역 출구별 일일 유동인구 >

출구	위치	일일 유동인구 (명)
10	뉴욕제과 앞	20만4285
11	뉴욕제과 맞은편	19만2376
5	도시에빛 오피스텔 앞	14만4881
4	신문당선 출구 앞	11만6735
12	태해란로 입구	8만5339
1	역삼세무서 방면	8만5247
9	삼선타운 맞은편 (역자갈목 초입)	8만2605
8	삼선타운 입구	7만5799
계		90만7307

그림 5. 강남역 출구별 일일 유동인구

본 논문에서 사용한 시스템 레벨 시뮬레이터는 대규모 안테나 시스템에서 고신뢰 저지연 통신을 위한 상향링크 무허가 스케줄링에 대한 시뮬레이터이다. 기존의 LTE-A 방식인 허가 기반방식이 아닌 파일럿을 보내어 혼란을 시키고 공간 분할 다중 접속 방식(space division multiple access, SDMA)으로 기지국에 전송을 하는 경우를 시뮬레이션 하였다.

그림 4에서 기지국의 위치는 실제 기지국의 위치 기반이기 때문에 고정되어 있고 사용자 노드의 분포의 경우, 그림 5[6]의 실제 유동인구를 반영하여 포인트 포아송 프로세스 방식을 사용하여 발생시켰다. 발생시킨 유저를 실제 강남역 디지털 지형과 동일 지역에 발생을 시켜 해당하는 채널 파라미터를 얻고 이를 이용해 각 유저는 실측기반 MIMO 채널을 가진다.

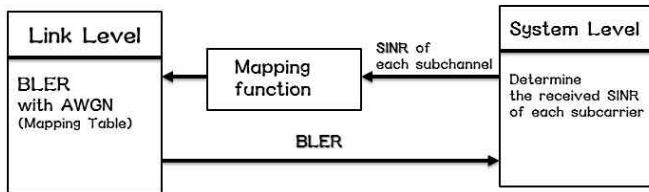


그림 6. MIESM 방식

실제 사용자 노드들의 부채널(sub-channel)들을 얻은 후 MIESM 방식을 수행한다. 그림 5는 본 논문에서 사용하는 MIESM 방식에 대한 설명이다. 주어진 그림과 같이 각각의 서브 채널에서의 신호 대 잡음비(signal-to-interference-plus-noise-ratio, SINR)값들을 얻고 수식 (1)을 사용하여 서브 채널마다의 비트 당 상호 정보량(mutual information per bit)을 얻어 이를 평균을 내고 상호 정보량 함수 수식 (1)의 역함수를 취해 실질적인 신호 대 잡음비(effective SINR) 값을 얻는다.

$$I_{m_i}(SINR_i) = m_i - E_Y \left( \frac{1}{2^{m_i}} \sum_{k=1}^{m_i} \sum_{b=0}^1 \log \frac{\sum_{z \in X} \exp(-|Y - \sqrt{SINR_i}/\beta z|^2)}{\sum_{z \in X(c_k=b)} \exp(-|Y - \sqrt{SINR_i}/\beta z|^2)} \right) \dots(1)$$

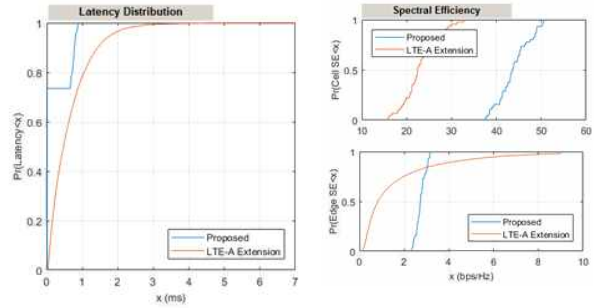


그림 7. 상향링크 무허가 스케줄링에 대한 결과

실질적인 신호 대 잡음비값을 사용하여 기존에 가지고 있는 변조차수(modulation-order)와 코드율(code-rate)들의 프레임 오류율(frame-error-rate, FER)을 구하고 시스템에서 설정한 타겟 프레임 오류율을 넘지 않는 최대한의 코드율과 변조차수를 찾아 수식 (2)를 사용하여 주파수 효율을 계산한다.

$$C = (1 - FER) * code\_rate * modulation\_order \dots(2)$$

그림 7은 상향링크 무허가 스케줄링[4]에 대한 시뮬레이션을 본 논문에서 제시하는 방법을 사용한 결과이다. LTE-A Extension 방식에서 MIESM 방식 및 축적 반복 축적 검사 축적 코드를 사용하여 주파수 효율 및 지연시간을 계산하였고 실측 기반 채널을 반영하여 상향링크 무허가 스케줄링을 했을 때 셀 외곽 유저에게 최소한의 주파수 효율을 보장해 주고 지연 시간 또한 1ms를 보장하는 결과를 얻을 수 있었다.

### III. 결론

본 논문에서는 3차원 실제 지형 기반의 디지털 맵과 실제 기지국의 위치를 사용하여 실측에 가까운 채널을 구축하였고 유저의 위치 또한 실제 사용된 디지털 맵의 유동인구를 반영하여 사용자 노드 위치를 반영하여 실측에 가까운 채널환경으로 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션 결과, 실측에 가까운 채널환경에서도 고신뢰 저지연 통신이 가능함을 보였다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구원진흥센터의 정보통신-방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음.[B0126-15-1012, IoT환경에서 즉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속기술 연구]

### 참고 문헌

- [1] [국내.저자 없음] "K-ICT 스펙트럼 MAP"(2017), [http://spectrummap.kr/gis/mobile\\_service.do](http://spectrummap.kr/gis/mobile_service.do)
- [2] 3GPP TR 36.873 V12.2.0, *Study on 3D channel model for LTE*, June 2015
- [3] Y.-G. Lim, Y.-J. Cho, Y.S. Kim, C.-B. Chae, "Map-based millimeter-wave channel models: An overview, guidelines, and data," arXiv preprint arXiv: 1711.09052, Nov. 2017
- [4] 김종현, 이광훈, 김광순, "대규모 안테나 시스템에서 고신뢰 저지연 통신을 위한 상향링크 무허가 스케줄링 방식", 한국통신학회 동계종합학술발표회, 하이원리조트, 2017-01-18
- [5] K.J.Jeon, K.S.Kim, "Accumulate repeat accumulate check accumulate codes", *IEEE Tran.Commun.* vol.65, no. 11, pp.4585-4599,(201711)
- [6] 강남역 상권, 일일 유동인구 '100만' 육박, <서울파이낸스>, 2012.06.04. <http://www.seoulfn.com/news/articleView.html?idxno=135120>