

실제 지형 채널 모형 기반 무허가 다중 접속 방식의 다중 셀 시스템 레벨 성능 분석

*류경린, *김중현, **채찬병, *김광순

*연세대학교 전기전자공학과, ** 연세대학교 글로벌융합공학과

Performance Evaluation of 3D Realistic MIMO Channel based grant-free multiple access using Multi-cell System-Level Simulator

*Kyung Lin Ryu, *Jonghyun Kim, **Chan-Byoung Chae, *Kwang Soon Kim

*Department of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University

**Department of Integrated Technology, Yonsei University

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

요 약

본 논문은 허가 기반의 LTE-A 로는 효율적으로 서비스하기 어려운 고신뢰도/저지연 통신을 위한 시스템 레벨 시뮬레이터의 구축에 대한 논문으로 실제 지형 채널 및 노드의 분포를 활용하여 본 논문에서 사용하는 3 가지 방식의 다중 접속 방식의 주파수 효율 및 지연시간을 얻고 그 성능이 고신뢰도/저지연 통신에 적합함을 보였다.

1. 서론

4 세대 통신까지의 이동 통신의 발전은 전송 속도를 높이고 데이터 처리량(throughput)을 늘리는데 치중하여 발전을 하였다. 이와는 다르게 5 세대 통신에서는 사용 서비스에 따라서 다양한 지표와 핵심성에 따라 emBB, URLLC, mMTC로 나뉘어 서비스를 제공한다. 5 세대 통신 기술의 발전으로 미래 기술이라 생각되던 자율주행 자동차, 가상현실, 햅틱스(haptics)등에 대한 연구 또한 함께 진행되어 왔다. 이에 본 논문에서는 이러한 기술들의 구현에 있어 기반이 되는 기술인 초저지연/고신뢰 통신의 시스템 레벨 시뮬레이터 구축 방법에 대하여 소개하려 한다. 초저지연/고신뢰 통신을 위하여 노드의 상태머신을 분류하고, 각각의 상태 머신에 따른 다중 접속 방식을 소개하고 본 논문에서 구축한 다중 셀 시스템 레벨 시뮬레이터의 성능에 대한 결과를 보여주고자 한다.

기존의 무허가 다중 접속 방식의 경우[1], Sparse code multiple access(SCMA)의 다중 접속 방식을 사용하여 다양한 경로로 들어오는 데이터 스트림을 메시징 패싱 알고리즘(Message passing algorithm)에 최적화 된 서로 다른 다차원(multi-dimension) 코드북에 매핑하고 OFDMA 와 같은 시간-주파수 자원을 할당한다. 그리고 단말과 기지국은 미리 약속된 시간, 주파수, 코드북, 그리고 파일럿 자원을 사용하여 무허가 다중 접속방식을 사용한다.

본 논문에서 사용하는 무허가 다중 접속 방식의 경우[2], 코드북 대신 단말의 상태머신을 그림 1 과

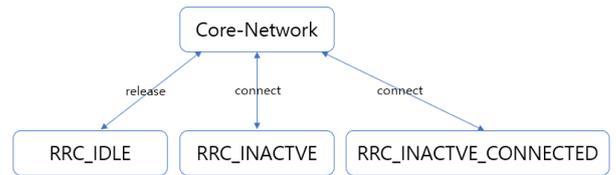


그림 1. 단말의 상태머신

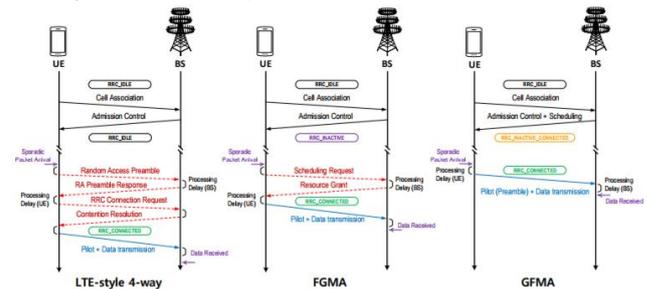


그림 2. 다중 접속 방식

같이 3 가지로 분류한다. 그리고 각 상태머신은 기지국과 연결이 되어있는지의 여부와 프리앰블이 각 단말의 identity 와 트래픽 혹은 identity 와 트래픽, 그리고 서브채널(subchannel)에 대한 정보를 가지고 있는지에 따라 각각 RRC_IDLE, RRC_INACTIVE, RRC_INACTIVE_CONNECTED 로 분류를 한다.

다중 접속 방식은 그림 2 와 같이 기존의 LTE 방식, FGMA(Fast-grant multiple access), GFMA(Grant-free multiple access)방식으로 분류를 하고 단말의 상태머신이 각각 RRC_IDLE, RRC_INACTIVE, RRC_INACTIVE_CONNECTED 일 때, LTE 방식, FGMA, GFMA 방식을 다중 접속 방식으로 채택한다.

2. 본론

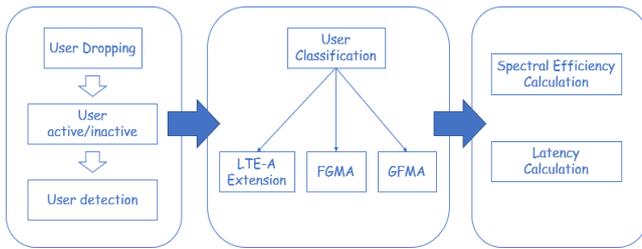


그림 3. 시스템 레벨 시뮬레이터 블록 다이어그램

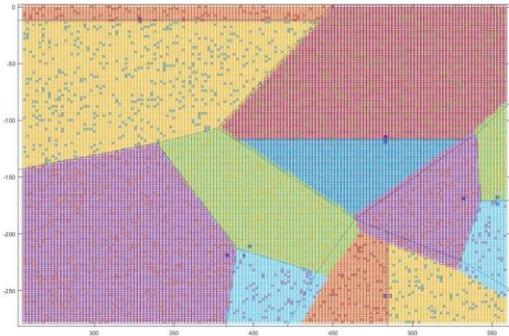


그림 4. 노드의 분포

그림 3 은 본 논문에서 제안하는 시스템 레벨 시뮬레이터 구축에 대한 블록 다이어그램이다. 우선 노드들을 본 논문에서 사용하는 실제 지형에 뿌려 준다. 본 논문에서 사용하는 실제 지형은 [3]의 강남역 10 번 출구 지형이고, 기지국의 위치 또한 강남역 10 번 출구에 있는 실제 기지국의 위치를 반영한 것이다. 그리고 노드의 위치는 [3]의 강남역 실제 유동인구를 반영하여 위치시킨다.

노드는 기지국과 연결 되어있는 active 상태와 기지국과 연결 되어있지 않은 IDLE 상태로 나뉜다. 기지국 하나 당 일반적으로 연결되어 있는 노드의 수로 상향링크에서는 보통 150 명에서 200 명이 연결이 되어있고 그 수를 반영하여 노드가 active 일 확률을 정하고 이를 반영한다. active 상태인 노드의 검출 확률(detection probability)을 반영하여 각각의 유저에게 스케줄링을 해준다.

그림 4 는 active 확률을 반영한 inactive 노드의 분포로 ‘o’는 실제 노드들의 위치를 의미하고 ‘x’는 노드 중 active 상태의 노드를 의미한다.

그림 4 의 노드들은 실제 지형과 실제 기지국이 반영된 실측 채널을 사용하기 위하여 WiSE 라는 ray-tracing 툴을 사용하여 대규모 변수(Large-scale Parameter)와 소규모 변수(Small-scale Parameter)를 얻고 3GPP 에서 사용하는 클러스터 채널 모델링 방식을 사용하여 각 노드들의 실제 지형 기반 MIMO 채널을 얻는다.

마지막으로 각각의 다중 접속 방식에 따른 주파수 효율(Spectral-Efficiency)와 지연 시간(Latency)를 계산하여 초저지연/고신뢰도 통신 시스템의 성능을 얻는 순서로 본 논문에서 제안하는 시스템 레벨 시뮬레이터를 구축하였다

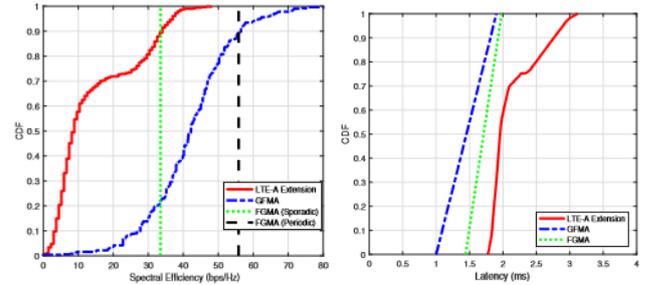


그림 5. 주파수 효율 및 지연시간 시뮬레이션 결과

기존의 초저지연/고신뢰도 통신을 위한 시스템 레벨 시뮬레이터의 경우, 모든 단말이 무허가 기반 다중 접속 방식을 사용하고 랜덤하게 채널을 생성하고 단말을 생성하여 시뮬레이션을 하는 반면 본 논문에서 제안하는 시스템 레벨 시뮬레이터의 경우, 실제 단말의 위치 및 지형, 그리고 채널을 반영하고 각 단말들이 동시에 LTE 방식, FGMA 방식, GFMA 방식을 사용한다는 점에서 차이가 있다.

그림 5 는 주파수 효율 및 지연시간에 대한 시뮬레이션 결과이다. 주파수 효율 그래프에서는 FGMA 방식의 트래픽 특성이 주기적인(Periodic) 특성인지는 산발적인(Sporadic)한 특성을 가지는지에 따라 오버헤드가 붙는 정도가 달라 분류를 하였고, 지연 시간 그래프의 경우 미니 슬롯(mini slot)들이 서브 채널에 할당 되는 시간 및 무작위 패킷 전송에 의한 큐잉 딜레이, 그리고 복호화 지연시간 등을 반영하였다.

3. 결론

본 논문에서 제안하는 시스템 레벨 시뮬레이터를 사용하여 단말의 상태머신에 따른 다중 접속 방식을 실험하였고, 주파수 효율이 40bps/Hz 이하고 지연시간은 2ms 미만의 값을 가지는 것을 통해 본 논문에서 제안하는 시스템 레벨 시뮬레이터 구축 방식을 사용하여 차세대 초저지연/고신뢰도 통신이 적합함을 보였다.

4. Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구원 홍성터의 정보통신 방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2015-0-00300, IoT 환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선 접속 기술 연구]

5.참고 문헌

- [1] A.Bayesteh, H.Nikopour, H.Baligh, "Blind Detection of SCMA for Uplink Grant-Free Multiple-Access," in IEEE International Conference on Communications, May.2017
- [2] K.S.Kim et al, "Ultra-Reliable and Low-Latency Communication Techniques for Tactile Internet Services," *Proc. IEEE*, submitted for publication.
- [3] 류경린, 김종현, 임연근, 채찬병, 김광순, "3 차원 실제 지형 다중안테나 채널 및 MIESM 방식 기반의 시스템 레벨 시뮬레이터," 한국통신학회 등 계중합학술발표회, 2018 년 1 월