

# LTE-Advanced 시스템에서 이동형 개인셀의 단말수용능력 분석

정현기°, 고광춘, 김재현, 오성민\*, 신재승\*

아주대학교 전자공학과, \*한국전자통신연구원

## Capacity Analysis of Mobile Personal Cell in LTE-Advanced System

Hyun-Ki Jung°, Kwang-Chun Go, Jae-Hyun Kim, Sung-Min Oh\*, JaeSheung Shin\*

Department of Electronics Engineering, Ajou University, \*ETRI

{happy8076, light3754, jkim}@ajou.ac.kr, {smoh, sjs}@etri.re.kr

### 요 약

본 논문에서는 매크로 기지국만 존재하는 기존의 LTE (Long Term Evolution) 시스템 대비 매크로 기지국과 이동형 개인셀이 함께 존재하는 이동형 개인셀 환경에서의 단말수용능력을 분석하였다. 이동형 개인셀이란 기존의 소형셀과 달리 무선 백홀 링크를 통해 EPC (Evolved Packet Core)와 백본망에 연결된 소형셀을 의미한다. 성능 분석을 위해 OPNET 을 사용하여 시뮬레이션을 진행하였고, 성능 지표로는 MAC (Medium Access Control) 계층에서 정의된 상향링크 트래픽 전송채널인 PUSCH (Physical Uplink Shared Channel)의 Utilization 을 측정하였다. 이를 통해 기존 LTE 시스템 대비 이동형 개인셀 환경에서의 단말수용능력 증가를 확인하였다.

## 1. 서론

5세대 이동통신의 핵심 기술 중 하나로 소형셀 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 최근에는 기존의 소형셀에서 발전된 이동형 개인셀 기술이 주목 받고 있다. 이동형 개인셀은 유선망을 이용해 EPC (Evolved Packet Core)와 백본망에 연결하는 고정형 소형셀과는 달리 무선 백홀 링크를 사용하며 개인의 휴대 또는 차량에 탑재하여 사용이 가능하다는 장점이 있다[2][3]. 이 때문에 이동형 개인셀은 향후 급증하는 사용자 트래픽 수용을 위한 중요 기술로 예상되지만 이동형 개인셀에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 상황이다.

따라서 본 논문에서는 매크로 기지국만 존재하는 기존 LTE (Long Term Evolution) 시스템 대비 매크로 기지국과 이동형 개인셀이 혼재되어 있는 이동형 개인셀 환경에서의 단말수용능력을 분석하였다. 분석을 위해 OPNET 을 이용하여 이동형 개인셀 환경을 구현하였고, 성능 지표로 무선 채널에서 사용자 트래픽을 수용 할 수 있는지 확인할 수 있는 상향링크 트래픽 전송채널인 PUSCH (Physical Uplink Shared Channel)의 Utilization 을 측정하여 분석하였다.

## 2. 성능 분석 환경

기존 LTE 시스템 대비 이동형 개인셀 환경에서의 단말수용능력 분석을 위하여 주변 매크로셀에 의한 간섭은 없다고 가정하였고 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

항목	매크로셀	이동형 개인셀
System Bandwidth	1.4MHz	
Carrier Frequency	2.11GHz	3.5GHz
Antenna Gain of UE	0dBi	
Macro Cell Range	500m	
Total BS TX Power (P <sub>total</sub> Per Carrier)	46dBm (40W)	30dBm (1W)
UE Maximum TX Power	27dBm (0.5W)	-17dBm (0.02mW)
Antenna Gain	17dBi	5dBi

먼저 기존 LTE 시스템에서 단말 수용능력분석을 위하여 매크로 기지국에 연결되는 단말의 수를 4, 6, 8, 10, 12 개로 늘려가며 매크로 기지국의 PUSCH Utilization 을 확인하였다. 사용자 단말은 UDP (User Datagram Protocol) 트래픽을 발생시켜 매크로 기지국으로 전송하고 트래픽은 각 단말에서 30ms 마다 10byte 의 패킷이 발생하며, 시뮬레이션 시작 100 초 이후부터 10 초마다 Uniform Distribution 의 확률로 발생한다.

이동형 개인셀 환경에서 단말수용능력 분석을 위하여 하나의 매크로셀 내부에 이동형 개인셀을 10, 20, 30, 40, 50 개로 늘려가며, 각 이동형 개인셀의 PUSCH Utilization 을 확인하였다. 각 이동형 개인셀에 연결하는 사용자 단말의 수는 10 개로 설정하였고 단말에서 발생하는 트래픽은 기존 LTE 시스템과 동일하게 진행하였다.

### 3. 성능 분석 결과

기존 LTE 시스템 환경에서 시뮬레이션 결과는 그림 1 과 같다. 그래프에서 단말의 수가 증가함에 따라 PUSCH 은 사용자 트래픽에 의해 점유되어 채널 자원의 Utilization 이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 단말의 수가 10 개가 될 때, PUSCH 의 평균 Utilization 은 약 91%까지 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 최대 94%까지 증가하였다. 단말의 수가 12 개 이상으로 증가할 경우 PUSCH 의 평균 Utilization 이 97%에 도달하며 최대값은 100%에 도달하는 것을 확인할 수 있다. 이는 단말의 상향링크 트래픽을 더 이상 수용할 수 없음을 의미한다. 따라서 그림 1 의 결과로부터 기존 LTE 시스템에서 매크로 기지국이 수용 가능한 최대 단말 수는 10 개임을 알 수 있다.

이동형 개인셀 환경에서 시뮬레이션 결과는 그림 2 와 같다. 기존 LTE 시스템에서 하나의 매크로 기지국에 연결 할 수 있는 최대 단말의 수가 10 임을 확인하였으므로 각 이동형 개인셀에 연결되는 사용자 단말의 수는 10 개로 하였다. 시뮬레이션 결과, 각 이동형 개인셀의 최대 PUSCH Utilization 의 평균은 개인셀의 수가 10, 20, 30, 40, 50 개 일 때 각각 96, 96, 97, 98, 99%로 각 개인셀이 단말 10 개에 대해 PUSCH 에서 수용할 수 있는 최대 트래픽을 처리하고 있음을 알 수 있다.

또한 이동형 개인셀의 수가 증가하면서 개인셀 간 거리가 줄어들어 약간이지만 간섭으로 인한 재전송 횟수가 증가하게 되어 PUSCH Utilization 도 증가하는 경향을 보였다. 이동형 개인셀이 50 개 일 때 각 개인셀의 최대 PUSCH Utilization 의 평균은 99%로, 더 많은 개인셀을 배치할 경우 간섭 때문에 각 개인셀에서 모든 사용자 트래픽을 수용할 수 없게 된다. 따라서 이동형 개인셀 환경에서 매크로셀 내에 배치할 수 있는 이동형 개인셀의 수는 최대 50 개 인 것을 확인 할 수 있다.

성능 분석 결과를 통해 이동형 개인셀 환경에서 최대 500 개의 단말의 트래픽을 처리 할 수 있음을 확인하였고, 이는 기존 LTE 시스템 대비 이동형 개인셀 환경에서의 단말수용 능력이 증가함을 의미한

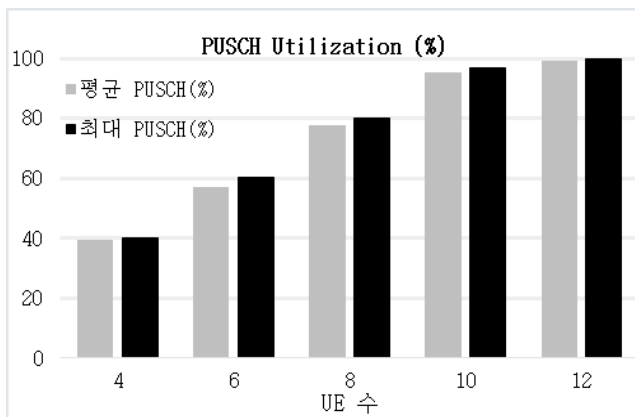


그림 1. 기존 LTE 시스템에서 PUSCH Utilization

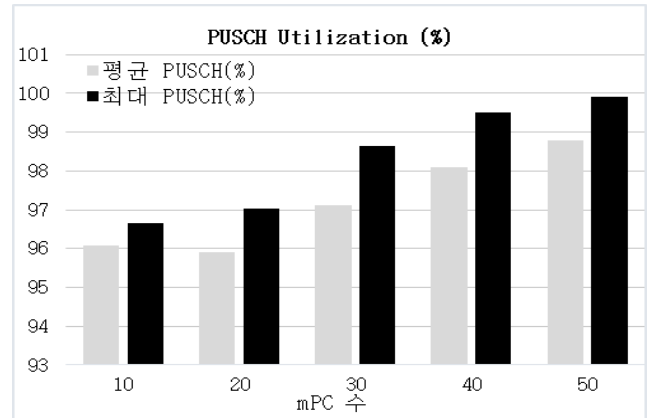


그림 2 이동형 개인셀 환경에서 PUSCH Utilization 다. 이동형 개인셀로 사용자 트래픽이 분산되어 기존 LTE 시스템에서의 무선자원 부족 문제를 해결 하였다고 할 수 있다. 이를 통해 향후 이동형 개인셀은 고정형 소형셀과 함께 기존 LTE 시스템의 수용 단말 한계를 극복할 수 있고 사용자의 서비스 품질을 보장해 줄 수 있음을 확인하였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 OPNET 을 이용하여 구현한 이동형 개인셀 시뮬레이터를 통해, 이동형 개인셀 환경에서 기존 LTE 시스템에서 수용할 수 없었던 다수의 사용자 단말을 수용할 수 있음을 확인하였다. 이를 통해 이동형 개인셀 기술은 향후 고정형 소형셀 기술과 함께 매크로 기지국의 부족한 무선채널 자원 문제 해결 할 수 있음을 확인하였다.

### 5. Acknowledge

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신 · 방송 연구개발사업 [14-000-04-001, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술 개발]과 2014 년도 정부 (미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2014R1A2A2A01002321)의 일환으로 수행하였음

### 6. 참고 문헌

- [1] 문성호, 고현모, 박진효, 최진성 “차세대 네트워크 진화를 위한 핵심기술 및 사업자 요구사항,” 전자공학회논문지, 제 40권 4호, pp. 26-33, 2013년 4월
- [2] Y. Chen, “Downlink capacity gain analysis of mobile relay in LTE-Advanced network,” *Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2014 IEEE 11th*, pp. 544-550, Jan. 2014.
- [3] H. Lin, D. Gu, and W. Wang, “Capacity analysis of dedicated fixed and mobile relay in LTE-Advanced cellular networks,” *Communications Technology and Applications, 2009. ICCTA '09. IEEE International Conference on*, pp. 354-359, 16-18 Oct. 2009.