

초다수 단말 서비스 지원을 위한 LTE Random Access 개선 기법 성능 평가

이성형, 유승수, 오성민*, 신재승*, 김재현

아주대학교, 한국전자통신연구원*

Performance Evaluation for the Improved LTE Random Access to Support Massive Number of Devices

Sung-Hyung Lee, Seung-Su Yoo, Sung-Min Oh*, JaeSheung Shin*, Jae-Hyun Kim

Ajou University, Electronics and Telecommunications Research Institute*

xaviersr@ajou.ac.kr, ssyoo21@ajou.ac.kr, smoh@etri.re.kr, sjs@etri.re.kr, jkim@ajou.ac.kr

요 약

본 논문에서는 LTE 시스템의 random access(RA) 기법에 대해 LTE 표준 기법 사용 시, 프리앰블 인덱스 범위 동적 조정 기법(preamble index control, PIC) 사용 시, PIC 기법과 함께 RRC 메시지 교환 과정을 단축하는 소형 데이터 송신 기법(small data transmission, SDT) 사용 시에 대한 성능 평가를 수행한다. 성능평가 결과 PIC 적용 시 충돌률을 줄여 LTE 표준 대비 성공률이 높아지거나 너무 많은 단말이 RA 를 성공하면 UE specific PDCCH 자원의 부족이 발생하여 성공률 증가에 한계가 발생함을 확인할 수 있었다. 또한 이는 SDT 적용과 같은 UE specific PDCCH 자원 점유율을 줄이는 방법으로 해결 가능함을 확인할 수 있었다.

1. 서론

Internet of Thing (IoT) 환경에서는 저비용, 저전력의 단말들이 셀 내에 매우 많이 배치되어 기지국을 통해 각 단말이 데이터를 송수신하는 상황이 발생한다. 3GPP 에서는 이러한 환경에 대비하여 표준 LTE 시스템을 약간 수정하여 IoT 단말의 서비스를 지원 가능도록 하는 Narrow Band IoT (NB-IoT) 서비스 개념을 정립하고 연구를 시작하였다 [1]. 이러한 환경에서는 다수의 단말이 짧은 시간 내 네트워크에 접속을 시도할 상황이 발생할 것이다.

LTE 시스템에서는 단말의 초기 접속을 위하여 RA 기법을 정의하였다 [2]. 이 기법에서는 eNB 가 주기적으로 random access channel(RACH)를 할당한다. 만약 접속을 원하는 단말이 발생하면 해당 단말은 미리 정의된 직교성을 나타내는 코드인 프리앰블(preamble) 하나를 선택하여 RACH 에 송신한다. 만약 eNB 가 프리앰블을 수신하면 2 번째 메시지(MSG2)를 전송하여 해당 프리앰블이 수신되었음을 알리고 3 번째 메시지(MSG3)를 송신할 자원을 알려준다. 이를 수신한 단말은 해당 자원을 이용해 MSG3 을 송신한다. 만약 프리앰블을 단 하나의 단말만이 송신하였다면 eNB 는 MSG3 의 수신이 가능하다. 이 경우에 4 번째 메시지(MSG4)를 송신하여 단말에게 접속 성공을 알리고, 단말은 5 번째 메시지(MSG5)를 송신함으로써 원하는 데이터를 송신한다. 그러나 둘 이상의 단말이 프리앰블을 송신하였

다면 MSG3 은 충돌로 인해 올바르게 수신되지 못하여 단말은 프리앰블 선택 단계로 돌아가야 한다.

초다수 단말 배치 환경에서는 LTE 표준 RA 사용 시 많은 충돌이 발생하여 접속 성공률이 줄어든다. 그리고 메시지 송수신에 필요한 자원이 부족하여 프리앰블이 수신되어도 이후 단계를 진행하지 못하는 상황이 발생할 수도 있다.

2. 성능 평가 대상 기법

본 논문에서 고려한 LTE 시스템의 RA 기법은 3GPP TR 37.868 문서 [3]를 기반으로 하였다. 그러나 해당 문서에서는 common space PDCCH 의 제한만이 적용된 것으로 예상되어 UE specific space PDCCH, PDSCH, PUSCH 에 대한 자원 할당까지 추가로 고려한다. 또한 해당 문서에서는 MSG4 를 단말이 수신하는 것을 RA 의 성공으로 정의하고 있다. 그러나 표준 LTE 시스템의 경우에는 이 이후에 단말이 eNB 에게 MSG5 를 전송하여야 단말의 데이터가 eNB 에게 전달된다. 본 논문에서는 eNB 의 MSG5 수신 성공을 RA 의 성공으로 정의한다.

PIC 기법을 적용하는 경우에 하나의 RACH 에서 단말이 선택 가능한 프리앰블 인덱스(preamble index, PI)의 범위를 동적으로 조정할 수 있도록 한다. 이 범위는 최소 54 로부터 최대 256 사이의 값에 대해 선택된다. 프리앰블 인덱스 범위는 일정 주기마다 갱신되어 단말에게 전달된다. PI 범위 갱신을 위하

여 이전 주기에 수집된 평균 프리앰블 도착 개수를 바탕으로 최적 범위 개수를 선택한다.

SDT 기법에서는 단말이 송신하는 MSG3 에 제어 메시지의 RRC Connection Request 대신 데이터를 직접 송신하도록 한다. 따라서 이 경우에는 단말과 eNB 사이의 MSG4, MSG5 송신이 발생하지 않는다. 이 경우에는 단말이 MSG3 을 송신하여 eNB 가 이를 수신하면 RA 가 성공하는 것으로 정의한다.

3. 성능 평가 결과 및 분석

성능 평가를 위하여 OPNET 을 이용하여 3GPP TR 37.868 기반 시뮬레이터를 개발하고 이를 사용하였다. 성능 평가를 위한 파라미터는 3GPP TR 37.868 문서를 기반으로 하였다. 그 외의 추가로 고려된 파라미터는 표 1 과 같다. 결과 그래프에서 “LTE”는 LTE 표준 기법 적용 시, “PIC”는 PIC 기법만 적용 시, “PIC/SDT”는 PIC 과 SDT 기법을 함께 적용 시에 대한 성능이다. 통계적 오차를 고려하여 각 결과는 20 회의 시뮬레이션 후 평균을 도출하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Parameters	Value
Traffic arrival model	Beta distribution, 10 s
Maximum number of resource blocks of PDSCH, PUSCH per UE	6
Update period for adaptive schemes	320 ms
Data size	160 bits
Default MSG2, MSG3, MSG4, MSG5 size [4]	56, 104, 1136, 392 bits
MSG3 size for SDT	264 bits

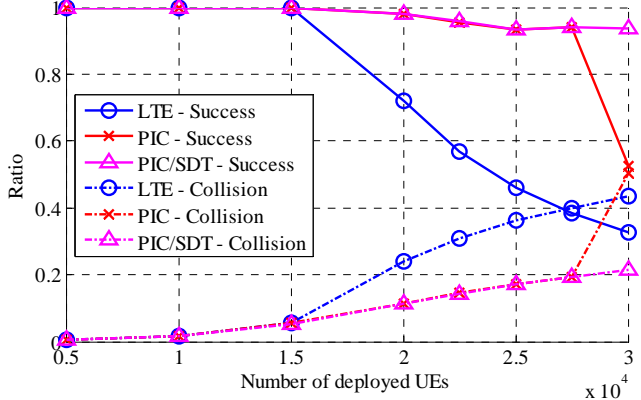


그림 1. RA 성공률 및 충돌률

그림 1 은 네트워크에 배치된 단말 수 대비 RA 성공률 및 프리앰블 충돌률이다. LTE 표준 적용 시 배치 단말 수 15,000 개부터 충돌률이 급격히 증가하고 이에 따라 RA 재시도 최대 횟수에 도달한 단말이 증가하여 RA 성공률이 감소함을 확인할 수 있다. PIC 적용 시 충돌률이 절반 이상 감소하여 RA 성공률이 증가하나 배치 단말 수 30,000 개에서는 충돌률이 급증하여 RA 성공률이 감소하였다. PIC 및 SDT 적용 시에는 충돌률의 급증 현상은 나타나지 않았으나 충돌률의 지속적 증가가 나타났다.

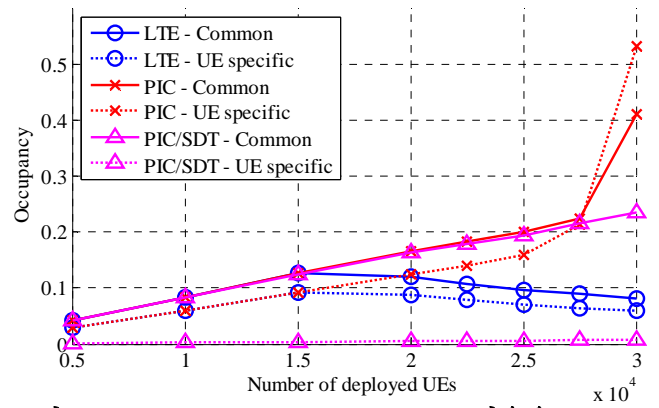


그림 2. Common / UE specific PDCCH 점유율

그림 2 는 각 기법에 대하여 Common space 및 UE specific PDCCH 의 평균 채널 점유율이다. 표준 LTE RA 에서는 충돌로 인해 MSG3~MSG5 송신 단계에 진입되는 단말 수가 줄어들어서 채널 점유율이 줄어든다. PIC 적용 시에는 충돌이 줄어들어 진입 단말 수가 증가하므로 UE specific space PDCCH 점유율이 증가한다. 그리고 단말 수 증가에 따라 해당 채널 부족 현상이 발생하게 되고 이는 RA 재전송을 수행하는 단말을 증가시킨다. 따라서 충돌률 증가 및 채널 점유율 급증 현상이 나타나고 RA 성공률 감소가 나타난다. PIC 및 SDT 적용 시에는 MSG4, MSG5 에 의한 UE specific space PDCCH 점유율이 감소하여 자원 부족 현상이 나타나지 않아 전송 성공률이 다시 증가한다.

4. 결론

성능평가 결과 LTE 표준 RA 절차는 많은 단말의 처리에 한계가 있음을 확인하였다. 이는 프리앰블 범위 변경과 같은 방법으로 개선할 수 있음을 확인하였다. 그러나 프리앰블 송신 성공이 많아지면 PDCCH 부족이 발생할 수 있으며 이는 RRC 메시지 송수신 변경과 같이 채널 점유율을 줄이는 방법으로 해결할 수 있음을 확인하였다.

5. 참고 문헌

- [1] 3GPP RP-151621, Narrowband IOT, 3GPP TSG RAN Meeting #69, Sep. 14-16, 2015.
- [2] 3GPP TS 36.321, Medium Access Control (MAC) protocol specification
- [3] 3GPP TR 37.868, RAN Improvements for Machine-type Communications
- [4] 3GPP TSG SA WG3 Security - MBMS ad-hoc #S3z030022, “Updating Encryption Keys for MBMS”, 3-4 September 2003.

6. 기타

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIP). (R0101-15-244, Development of 5G Mobile Communication Technologies for Hyper-connected smart services)