

LTE 시스템 상에서 DRX 파라미터의 영향분석

김현무, 최영준
 아주대학교 컴퓨터공학과
 e-mail : tiper@ajou.ac.kr, choiyj@ajou.ac.kr

A Study on the Effect of DRX parameters in LTE Systems

Hyun-Moo Kim, Young-June Choi
 Dept. of Computer Engineering, Ajou University

요 약

Discontinuous Reception 메커니즘은 LTE 시스템에서 고속 트래픽 성취에 뒤따른 이동 단말의 배터리 효율성의 중요도 상승에 따라 3GPP 표준으로 채택된 이동 단말의 비 연결적인 컨트롤 채널 수신 확인 기법이다. 본 연구에서는 채널 상황 및 트래픽 특성에 효율적인 DRX 파라미터 설정의 중요성에 대해 확인하기 위해 NS-3 시뮬레이터를 통해 DRX 활성화/비활성 파라미터에 따른 성능을 확인하였으며 실험 결과에 통해 DRX 활성화/비활성 파라미터의 비율에 따른 성능 변화를 확인하였다.

1. 서론

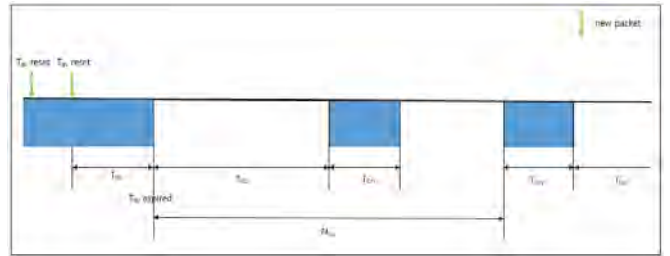
4G LTE 시스템에서 고속, 대용량 패킷 전송을 위해 64QAM 모듈레이션, MIMO(Multiple-Input Multiple-Output), Space-division multiple access 등의 다양한 기술이 적용되었다. 이는 사용자에게 다양한 무선 환경을 제공함과 동시에 이동 단말의 더 높은 계산도 및 배터리 소모를 불러일으켰다. 따라서 이동 단말의 배터리 효율성을 성취하기 위한 기술 중의 하나로써 3GPP에서 Discontinuous reception(DRX) 기술이 표준으로 채택되었다[1]. DRX 기술을 통해 UE는 비 지속적으로 컨트롤 채널을 확인하며 확인하지 않는 동안 수신 모뎀을 끄고 배터리 효율을 높인다. 본 연구에서는 DRX 파라미터에 따른 성능 및 배터리 소모를 확인하여 파라미터 설정 및 파라미터 간 역량을 분석한다.

2. DISCONTINUOUS RECEPTION

RRC_CONNECTED 상태에서 UE는 다운링크 패킷의 유무를 알기 위해 매 서브프레임마다 컨트롤 채널 정보를 확인한다. 다운링크 패킷이 해당 UE에 할당되지 않았을 때, UE가 불필요하게 수신장치로 인한 전력을 소모하는 것을 막기 위해 일정 기간 동안 다운링크 패킷이 할당되지 않을 경우 UE는 DRX로 동작하며 배터리 효율을 확보한다.

DRX 동작은 다음의 서브프레임 TTI 단위의 타이머로 구성된 파라미터들에 의해 이루어진다[2][3].

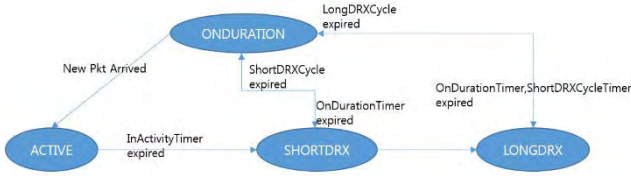
- drx-Inactivity Timer (T_{IN})
- onDuration Timer (T_{ON})
- drxShortCycleTimer (N_{DS})
- ShortDRXCycle (T_{SD})
- LongDRXCycle (T_{LD})



(그림 1) DRX 파라미터에 따른 DRX 동작

<그림 1>에 DRX 파라미터에 따른 동작이 그려져 있다. 마지막 패킷이 수신된 후에 T_{IN} 동안 UE는 컨트롤 채널 확인을 지속한다. 다운링크 패킷이 수신될 때마다 UE는 T_{IN} 을 초기화하며 T_{IN} 이 만기될 경우, UE는 DRX 모드로 들어간다. Short DRX가 정의되어 있다면 T_{SD} , 그 외에 T_{LD} 에 정의된 서브프레임 동안 UE는 DRX sleep 모드로 동작하며 배터리 효율 기회를 가진다. DRX 모드 구간을 정의하는 T_{SD} 혹은 T_{LD} 가 만기되면 T_{ON} 에 정의된 서브프레임 동안 EU는 eNB에 대기중인 다운링크 패킷이 있는지 확인하고 패킷이 확인될 경우 곧바로 Active 상태로 돌아간다. 패킷이 확인되지 않으면 UE는 다시 DRX 모드를 반복한다. N_{DS} 에 정의된 수만큼 Active/DRX sleep 상태를 반복하고 다운링크 패킷이 확인되지 않을 경우 UE는 Short DRX 대신 Long DRX 상태에 들어간다.

<그림 2>에 DRX 파라미터의 초기화 및 만기에 따른 UE 상태 변화가 설명되어 있다. ACTIVE와 ONDURATION은 모두 Active 상태로 정상적으로 매 서브프레임마다 컨트롤 채널을 확인하는 상태이며 Short DRX의 정의 및 N_{DS} 파라미터에 따라 SHORTDRX 혹은 LONGDRX 상태에서 배터리 효율



(그림 2) DRX 상태 변화

성을 올린다.

DRX 모드는 UE의 배터리 효율성을 향상에 기여하지만 DRX 모드에 있는 동안, 패킷이 버퍼링되어 지연될 가능성이 있다. 지연과 배터리 효율의 Trade-Off 관계에 따라 사용자가 요구하는 배터리 효율 및 지연에 따라 DRX 파라미터를 설정하거나 트래픽 특성 혹은 채널 상태에 따라 효율적인 파라미터 설정이 중요하다.

[4]에서 저자는 MCS 값을 이용하여 채널 상황에 따른 DRX 파라미터 조절 알고리즘을 제안하였다. 그러나 조절되는 파라미터 구간이 동일하여 파라미터 별 특성화된 조절이 어렵다. [5]에서는 대표적인 알고리즘인 Proportional Fair Algorithm과 Modified Largest Weighted Delay First(M-LWDF) 알고리즘에 DRX 메커니즘을 고려한 DRX-aware Algorithm을 제안하였다. 그러나 DRX 파라미터들에 대한 자세한 고려가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Inactivity Timer, OnDuration Timer 및 DRX Cycle 값의 변화에 따른 Delay, Throughput, Sleep ratio를 확인하여 DRX 파라미터들의 각각의 영향을 확인하였다.

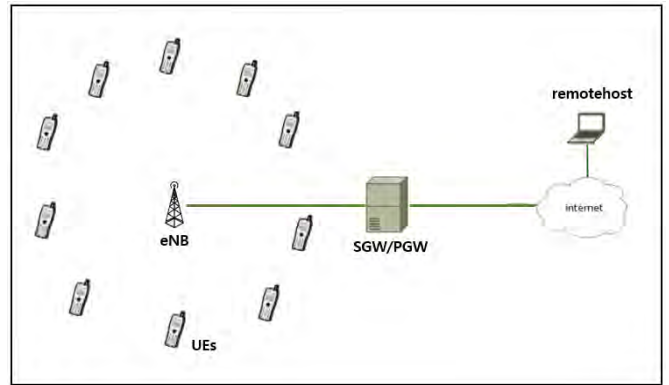
3. 실험

DRX의 Throughput과 배터리 효율을 실험하기 위해 Network Simulator3(Ns3) 시뮬레이터에서 실험을 진행하였다[2]. 시뮬레이터 상에서 MAC 계층의 스케줄러 내에서 각 UE의 DRX 파라미터의 변경을 추적하고 DRX 모드에 있는 UE에게는 리소스 블록 할당을 제한하는 방식으로 DRX를 구현하였다. <그림 3>에 시나리오에 대한 EPC 환경이 나타나있다. 단일 eNB 상에서 같은 거리 상에 있는 10개의 UE가 SGW/PGW를 거쳐 remoteshost와 UDP 트래픽을 송신 및 수신한다.

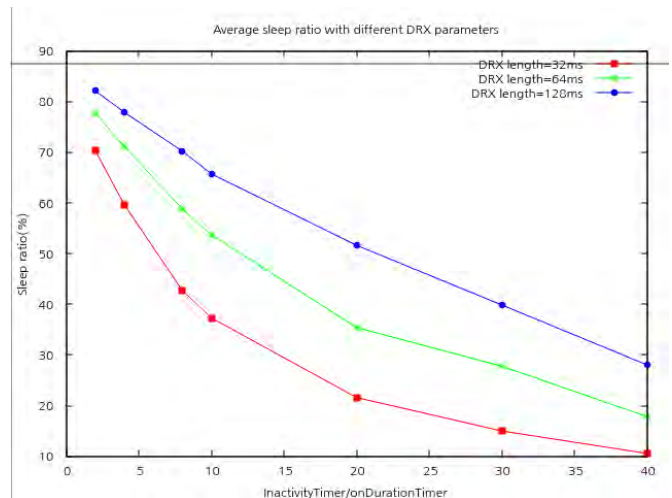
가정사항으로 Active 기간을 정의하는 T_{IN} 과 T_{ON} 의 값을 같게 정의하였다. 3GPP 표준에서 T_{IN} 은 T_{ON} 과 비슷한 서브프레임 수를 가지나 1000 이상의 값을 가질 수도 있도록 정의되었다. 또한, Short DRX과 Long DRX의 값을 같게 정의하여 선택사항인 Short DRX의 기능을 제한하고 Long DRX로 동작할 수 있도록 DRX Length로 정의하였다. 실험에 사용한 파라미터 값이 <테이블 1>에 나타나있다.

<테이블 1> DRX 파라미터 환경

DRX parameters	Values (ms)
T_{IN}, T_{ON}	2, 4, 8, 10, 20, 30, 40
DRX Length	32, 64, 128



(그림 3) 시나리오 환경

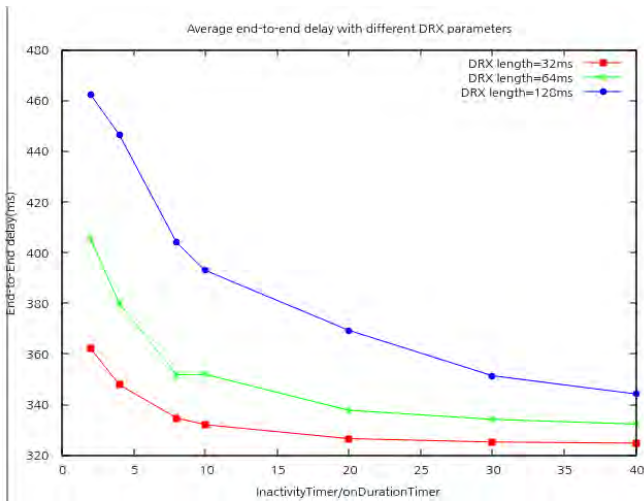


(그림 4) T_{IN}, T_{ON} , DRX Length에 따른 Sleep ratio

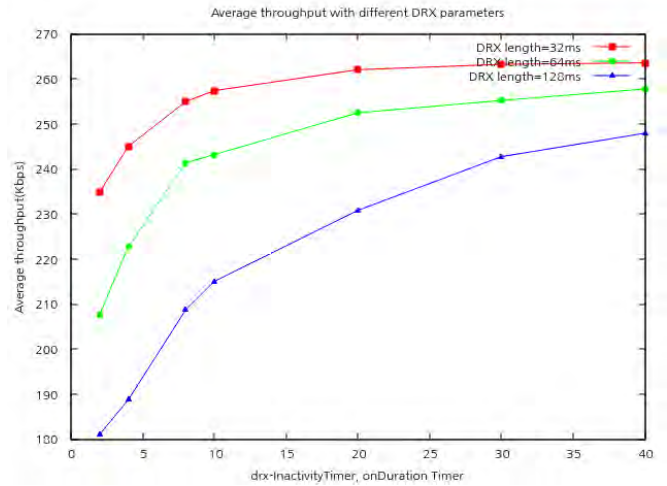
<그림 4>에 T_{IN}, T_{ON} , DRX Length의 변화에 따른 UE의 Sleep ratio 평균이 그려져 있다. Sleep ratio의 경우 스케줄러 상에서 UE의 DRX 상태를 추적하여 DRX 모드로 동작한 Subframe의 수와 전체 Subframe의 수의 비율을 계산하였다.

<그림 5>는 DRX 파라미터의 변화에 따른 UE의 End-to-End Delay 평균이 나타나있다. DRX sleep 길이가 32ms일 때 20ms 정도의 delay 차이를 보이는 것과 비교하여, 128ms의 DRX sleep 길이로 동작할 때 40ms의 차이로 비교적 큰 폭의 delay 감소를 보인다. 32ms의 DRX length에서 20-40의 drx-Inactivity Timer와 onDuration Timer는 큰 지연 감소를 보여주지 못하고 있다. 또한 <그림 6>의 Throughput 평균에서도 큰 변화를 보이지 않으면서 Sleep ratio만을 감소시킨다. 따라서 DRX length에 효율적인 Active 구간을 선택해야 하며, DRX length에 비해 과도한 Active 파라미터 선택은 배터리 비효율적이다.

<그림 4>, <그림 5>, <그림 6>의 drx-Inactivity Timer, onDuration Timer에 대해 Delay, Throughput의 변화는 2-10ms에서 가장 크다. 이는 DRX Length에 비해 active 구간의 타이머가 적을수록 성능 변화에 민감함을 뜻한다. DRX Length=32ms와 DRX length=64ms의 결과에서 근접한 값을 보이는 구간이 각각 있다.



(그림 5) T_{IN}, T_{ON} , DRX Length 에 따른 Average Delay



(그림 6) T_{IN}, T_{ON} , DRX Length 에 따른 Throughput

이에 대해 비슷한 결과를 얻기 위해 DRX length 와 Active 파라미터의 트래픽 특성에 적합성이 필요할 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 LTE 시스템에서 고속, 대용량 트래픽을 구축하기 위해 더더욱 요구되는 UE 의 배터리 효율성에 대해 DRX 메커니즘의 파라미터 조절의 중요성을 알아보기 위해 Network Simulator 3 시뮬레이터에서 eNB 의 MAC 계층의 스케줄러를 통해 DRX 메커니즘을 구현하고 drx-Inacvitiy Timer 와 onDuration Timer 의 변화에 DRX length 의 변화에 따른 Throughput, Delay, Battery 효율성을 확인하였다. 실험 결과를 통해 트래픽 특성에 따른 DRX sleep / DRX active 파라미터 선택에 따른 성능이 크게 변화함을 확인하였으며, 크게 분류한 sleep/active 파라미터의 비율에 대한 성능을 조절하여 사용자의 요구사항에 따른 효율적인 성능을 이룰 수 있음을 확인하였다. 앞으로의 연구에서 채널 상황에 따른 DRX 파라미터 조절 및 트래픽 특성 예측에 따른 DRX 파라미터 설정에 대한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 3GPP TS 36.331 Radio Access Network Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Resource Control (RRC) Protocol Specification, v.12.3.0, 2014.
- [2] 3GPP TS 36.321, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Medium Access Control (MAC) Protocol Specification, v.11.5.0, 2014.
- [3] Bontu, C.S, Illidge, E, "DRX mechanism for power saving", IEEE Communications Magazine, Volume 47, Issue 6, Page 48-55, 2009
- [4] G Prio, N Baldo, M Miozzo, "An LTE module for the ns-3 network simulator", International ICST, 2009
- [5] Huang Bo, et al, "DRX-Aware Scheduling Method for Delay-Sensitive Traffic", IEEE Communications Letters Vol.14 Issue.12, 2010