

스몰셀 기반 사물인터넷에서 패킷 지연시간 향상을 위한 디바이스 개인화 방법

Device Personalization Methods for Enhancing Packet Delay in Small-cells based Internet of Things

이 병 복¹ 한 왕 석² 김 세 진^{3*}
ByungBog Lee Wang Seok Han Se-jin Kim

요 약

최근 무선통신 기술이 급속도로 발전하면서 스마트 센서를 이용한 사물통신 (Machine-to-Machine, M2M)과 사물인터넷 (Internet of Things, IoT) 등의 신규 서비스들이 창출되고 있다. 본 논문에서는 사용자들이 스마트폰이나 태블릿PC 등의 사용자 장비 (User Equipment, UE)를 이용하여 사물인터넷 디바이스 (IoT Device, IoTD)를 제어하는 환경에서, 스몰셀 기지국(Small-cell Access Point, SAP)을 도입하여 IoTD를 개인화하는 방법을 제안한다. 이를 위해, 먼저 UE, IoTD, 그리고 SAP 로 구성되는 시스템 아키텍처를 소개한다. 이후, IoTD의 프로파일 등록 절차와 태내·외 UE의 IoTD를 제어 절차로 구성되는 IoTD 개인화 방법을 제안한다. 마지막으로 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법의 시스템 성능을 분석하였고, 전형적인 방법보다 제안하는 방법이 패킷 지연시간, 패킷 손실률, 그리고 정규화된 수율 측면에서 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

☞ 주제어 : 사물인터넷, 스몰셀, 디바이스 개인화

ABSTRACT

Recently, with greatly improving the wireless communication technology, new services are created using smart sensors, i.e., machine-to-machine (M2M) and Internet of Things (IoT). In this paper, we propose a novel IoT device (IoT D) personalization method that adopt Small-cell Access Points (SAPs) to control IoTDs using user equipments (UEs), e.g., smart phones and tablet PC, from service users. First, we introduce a system architecture that consists of UE, IoTD, and SAP and propose the IoTD personalization method with two procedures, i.e., IoTD profile registration procedure and IoTD control procedure. Finally, through simulations, we evaluated the system performance of the proposed scheme and it is shown that the proposed scheme outperforms the conventional scheme in terms of the packet delay, packet loss probability, and normalized throughput.

☞ keyword : Internet of Things, Small-cell, Device Personalization

1. 서 론

최근 무선통신 기술이 급속도로 발전하면서 스마트 센서를 이용한 사물통신 (Machine-to-Machine, M2M)과 사물인터넷 (Internet of Things, IoT) 등의 신규서비스들이 창

출되었고, 현재 국내·외에 위치한 산·학·연들로부터 큰 관심을 받고 있다[1-2]. M2M은 모든 사물에 센서와 통신 기능을 부과하여 지능적으로 정보를 수집하고 상호 전달하는 기술로써, 이미 자동차, 의료, 그리고 스마트 그린 (Green) 기술 등으로 우리 주변에서 많이 사용되고 있다 [3]. 반면, M2M에 다양한 기술이 융합·통합되면서 발전된 새로운 형태인 IoT는 통신장비와 사람의 통신을 목적으로 하는 M2M과 달리 사물과 사물이 통신할 수 있는 기술을 의미한다. 즉, IoT는 센싱·통신·서비스 기술의 분산된 환경 요소에 대하여 인간의 명시적 개입 없이 상호 협력적으로 센싱, 네트워킹, 정보처리 등 지능적 관계를 형성하는 사물 공간 연락망이라 정의 할 수 있다.

¹ IoT Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Daejeon 34129, Korea.

² LOTTE Data Communication Div. Executive, Seoul 153-705, Korea.

³ Dept. of Computer Science and Statistics, Chosun Univ., Gwangju 34129, Korea.

* Corresponding author (sjkim@chosun.ac.kr)

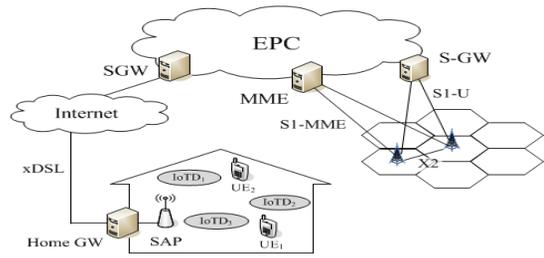
[Received 21 August 2016, Reviewed 25 September 2016, Accepted 30 October 2016]

2016년 2월 Cisco에서 발표한 보고서에 따르면, 2015년부터 2020년까지 전세계 모바일 디바이스의 연평균 성장률은 약 8%에 달할 것으로 전망되었다 [4]. 또한, 피쳐폰 (Feature phone) 점유율은 29% (50% → 21%) 감소하지만, 스마트폰과 M2M 디바이스는 2015년부터 2020년까지 각각 8% (32% → 40%)와 18% (8% → 26%)가 증가될 것으로 예상되었다. 이는 M2M 및 IoT 디바이스의 대량생산 기술이 발전하면서 경제적 한계를 극복하게 되고, 향후 더 다양한 환경에서 사용자에게 안전하고 편리한 신규 서비스를 제공할 것으로 예상되기 때문이다.

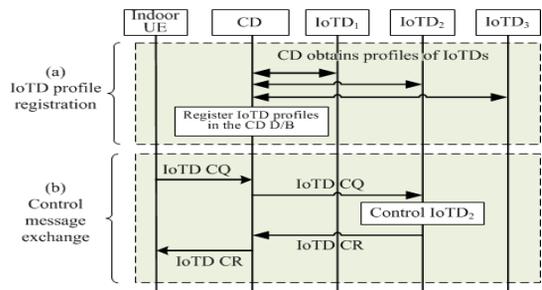
본 논문에서는 사용자들이 스마트폰이나 태블릿PC 등의 사용자 장비 (User Equipment, UE)를 이용하여 주변의 사물인터넷 디바이스 (IoT Device, IoTD)를 제어하는 환경에서, 스몰셀 기지국(Small-cell Access Point, SAP)을 활용하여 IoTD를 개인화하여 제어하는 방법을 제안한다. 이를 위해, 먼저 UE, IoTD, 그리고 SAP로 구성되는 시스템 아키텍처를 소개한다. 이후, IoTD의 프로파일 등록 절차와 맥내·외 UE의 IoTD를 제어 절차로 구성되는 IoTD 개인화 방법을 제안한다. 마지막으로 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법의 시스템 성능을 분석하고 결론을 맺는다.

2. 시스템 아키텍처

그림 1은 맥내에 위치한 다양한 IoTD들이 효율적으로 메시지를 교환할 수 있도록 SAP를 도입한 새로운 시스템 아키텍처를 나타낸다. 맥내에는 N 개의 UE, K 개의 IoTD, 그리고 1개의 SAP가 토폴로지를 구성한다. SAP는 셀룰러와 IEEE 802.15.4 지그비(Zigbee) 인터페이스, IoTD 프로파일과 상태정보를 저장하는 데이터베이스(D/B), 그리고 UE 정보를 저장하는 UE D/B 등이 내장된다. SAP, UE, 그리고 IoTD들은 1홉 통신이 가능한 거리에 위치하며, 모든 장치는 메시지 교환을 위해 Zigbee 기반 Unslotted Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA) 방법을 이용한다. 또한, 2.4GHz Industrial Scientific and Medical equipment (ISM) 밴드에서 250kbps의 채널 1개를 사용한다. 한편, Evolved Packet Core (EPC)에는 UE의 정보를 확인하기 위한 UE Management Server (MS)와 UE D/B, IoTD의 상태정보를 확인할 수 있는 IoTD MS와 IoTD D/B, 그리고 스몰셀 게이트웨이(SGW) 등이 존재한다. SAP는 인터넷을 통해 SGW까지 연결되며, EPC에 위치한 UE MS와 D/B 그리고 IoTD MS와 D/B를 이용하여 맥의 UE가 맥내에 위치한 IoTD를 제어할 수 있도록 서비스를 제공한다.



(그림 1) 시스템 아키텍처
(Figure 1) System architecture



(그림 2) CD 기반의 전형적인 방법 예
(Figure 2) An example of traditional methods based on CDs

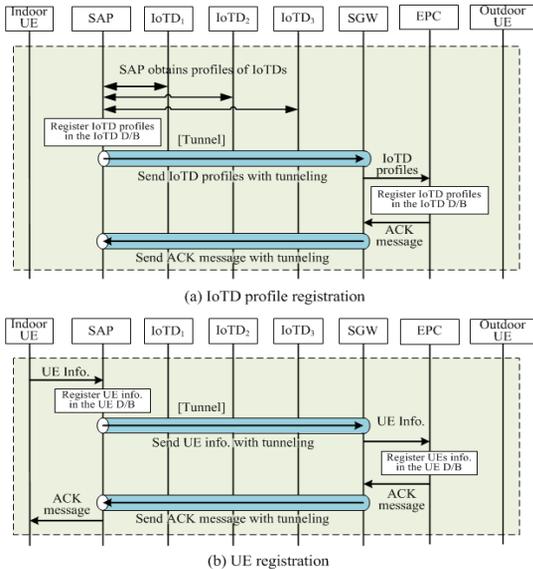
그림 2는 Coordinator Device (CD)를 중심으로 UE와 IoTD가 별형 네트워크(Star topology)를 구성하여, UE가 IoTD를 제어하는 전형적인 방법의 예를 나타낸다. 그림 2-(a)는 CD가 먼저 IoTD 프로파일을 획득하여 CD D/B에 저장하는 과정을 나타낸다. 이후, 그림 2-(b)는 맥내 UE가 IoTD를 제어하는 방법을 나타낸다. 즉, UE와 IoTD₂는 IoTD CQ/CR 메시지를 교환하기 위해 항상 CD를 경유한다. 따라서, UE가 IoTD를 제어하기 위해 총 4번(IoTD CQ 메시지 2번 + IoTD CR 메시지 2번)의 메시지가 전송된다.

3. 제안하는 스몰셀 기반 IoTD 개인화 방법

3.1 IoTD와 UE 프로파일 등록 절차

그림 3은 제안하는 스몰셀 기반 IoTD 개인화 방법에서 IoTD와 UE의 등록 절차를 나타낸다. 그림 3-(a)는 맥내 SAP가 다수의 IoTD로부터 IoTD 프로파일을 획득하는 절차이다. 획득한 IoTD 프로파일은 SAP와 EPC에 위치한 IoTD D/B에 등록한다. 이때, SAP와 EPC가 메시지를 교

환하는 구간에서 SAP와 SGW 사이(인터넷)는 보안을 향상시키기 위해 터널을 이용한다. 그림 3-(b)는 허가된 맥내·외 UE에게만 맥내 IoTD 제어권을 부여하기 위해 SAP와 EPC에 위치한 UE D/B에 UE 정보를 등록하는 절차를 나타낸다. 이때, SAP와 SGW 사이는 터널을 이용한다.



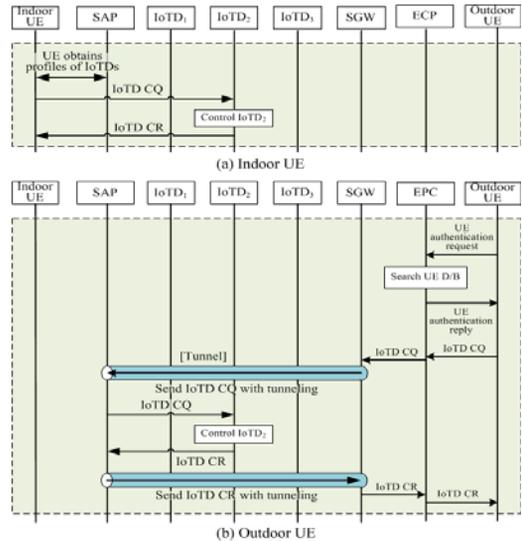
(그림 3) 제안하는 IoTD와 UE 등록 절차
(Figure 3) Proposed IoTD and UE registration procedure

3.2 맥내·외 UE의 IoTD 제어 절차

그림 4는 맥내·외 UE가 IoTD를 제어하는 절차를 나타낸다. 그림 4-(a)는 맥내 UE가 IoTD₂를 제어하는 방법의 예를 나타낸다. 즉, UE는 SAP로부터 미리 획득한 IoTD 프로파일[그림 3-(a)참고]을 이용하여 (SAP를 경유하지 않고) 직접 IoTD₂를 제어한다. 따라서, UE와 IoTD는 SAP를 경유하지 않고 IoTD CQ/CR 메시지를 교환하기 때문에 총 2번(IoTD CQ 메시지 1번 + IoTD CR 메시지 1번)의 메시지가 전송된다. 제안하는 방법이 그림 2에서 소개한 전형적인 방법과 비교해 IoTD CQ/CR 메시지 교환 방법 및 메시지 전송 횟수가 크게 다를 수 있다.

그림 4-(b)는 EPC에 위치한 구성요소(UE MS와 D/B, IoTD MS와 D/B 등) 통해 인증된 맥외 UE가 SAP를 이용하여 맥내 IoTD₂를 제어하는 절차의 예를 나타낸다. 즉, 맥외 UE는 먼저 EPC에 위치한 UE MS와 D/B를 이용하여

인증 받는다. 이후, 허가된 맥외 UE는 EPC에 위치한 IoTD MS와 D/B를 이용하여 맥내 IoTD와 IoTD CQ/CR 메시지를 교환한다. 이때, UE와 IoTD는 이동통신 기지국(eNB), EPC, SGW, SAP를 경유하여 IoTD CQ/CR 메시지를 전송하며, SAP와 SGW 사이는 터널을 이용한다.



(그림 4) 제안하는 IoTD 제어 절차
(Figure 4) Proposed IoTD Control Procedure

3.3 패킷 지연시간, 패킷 손실률, 수율 분석

시스템 성능은 수정된 M/G/1 큐잉 모델을 이용하여 맥내·외에 위치한 UE가 IoTD를 제어할 때의 패킷 지연시간, 패킷 손실률, 정규화된 수율(Normalized throughput)을 분석한다[5]. 먼저, UE는 IoTD CQ 메시지를 전송하기 전에 CCA를 수행하기 때문에 Channel busy probability a 를 분석한다. N 개의 UE 중에서 1개의 UE가 메시지를 전송하면, 한 번의 Busy cycle 동안 성공할 평균 확률은 $(1-P_{loss})E[\Gamma]$ 이다. P_{loss} 는 패킷 손실률이고, Γ 는 M/G/1 큐잉시스템에서 하나의 Busy period 동안 전송되는 패킷의 수이다. $E[\Gamma]=1/(1-\rho)$ 와 같이 계산되고, $\rho = \lambda(E[D_{HoL}] + T_{TX})$ 는 전송밀도를 나타낸다. λ 는 포아송분포를 따르는 패킷 도착률 (단위: ms), $E[D_{HoL}]$ 는 큐에서 Head of Line 지연시간, T_{TX} 는 전송시간일 때, $E[D_{HoL}] + T_{TX}$ 는 M/G/1 큐잉시스템에서 예상되는 서비스 시간이 된다. 따라서, 전형적인 방법과 제안하는 맥내·외 UE에 대한 T_{TX} 는 각각 식 (1)과 (2)와 같다.

$$T_{TX} = T_{CCA} + 2L_{CQ}T_B + 2L_{CR}T_B + 4T_{turn} \quad (1)$$

$$T_{TX} = T_{CCA} + L_{CQ}T_B + L_{CR}T_B + 2T_{turn} \quad (2)$$

여기에서 L_{CQ} 와 L_{CR} 은 각각 IoTD CQ 와 CR 메시지의 길이를 나타내며, T_{turn} 은 Turnaround time을 나타낸다.

IEEE 802.11 관련 연구에서 Corresponding collision probability 는 일반적으로 고정값으로 가정한다[6]. 본 연구에서도 확률 α 를 고정값으로 가정하면, 서비스 시간은 독립적이 된다. 따라서, N UE 가 점유하는 하나의 Busy cycle 에서 Time period 는 $(N-1)(1-P_{loss})E(I)T_{TX}$ 가 되며, α 는 식 (3)과 같이 계산된다.

$$\alpha = \frac{(N-1)(1-P_{loss})E(I)T_{TX} \frac{E[I]E[D_{HoL}]}{\frac{1}{\lambda} + E[I]E[D_{HoL}]}}{E[I]E[D_{HoL}]}, \quad (3)$$

여기에서 $E[D_{HoL}]$ 는 식 (4)와 같이 계산된다.

$$E[D_{HoL}] = \sum_{v=0}^M \alpha^v (1-\alpha) \left\{ \sum_{i=0}^v \frac{W_i - 1}{2} \sigma + (v+1) T_{CCA} \right\} + \alpha^{M+1} \left\{ \sum_{i=0}^M \frac{W_i - 1}{2} \sigma + (M+1) T_{CCA} \right\}, \quad (4)$$

여기에서 $W_j = \min\{2^j W_{min}, W_{max}\}$ 이고, $W_{min} = 2^{BE_{min}}$ 과 $W_{max} = 2^{BE_{max}}$ 이다. 이때 BE_{min} 와 BE_{max} 는 최소와 최대 백오프 지수를 나타낸다. 또한, M 과 σ 는 최대 백오프 시도 수와 백오프 슬롯의 길이를 나타낸다. 식 (4)에서 앞부분은 패킷이 성공적으로 전송된 경우이고, 뒷부분은 $M+1$ 번째 뒤에 CCA 수행 중 패킷 전송이 실패된 경우를 나타낸다. 따라서, P_{loss} 는 식 (5)와 같이 계산된다.

$$P_{loss} = \alpha^{M+1}, \quad (5)$$

정규화된 수율 S 는 채널이 IoTD CQ와 CR을 전송하는데 할당된 부분으로 계산한다. 즉, 하나의 Busy cycle 동안 $N(1-P_{loss})E(I)$ 이 평균적으로 전송되기 때문에 S 는 식 (6)과 같이 계산된다.

$$S = \frac{N(1-P_{loss})E(I)L_{CQ}T_B}{\frac{1}{\lambda} + E[I](E[D_{HoL}] + T_{CYC})}, \quad (6)$$

여기에서 T_{CYC} 는 하나의 사이클 동안 IoTD CQ와 CR 메시지를 전송하기 위한 시간이다. 따라서, 전형적인 방법과 제안하는 방법에서 맥내·외 UE에 대한 T_{CYC} 는 각각 식 (7)과 (8)과 같이 계산된다.

$$T_{CYC} = 2L_{CQ}T_B + 2L_{CR}T_B + 4T_{turn} \quad (7)$$

$$T_{CYC} = L_{CQ}T_B + L_{CR}T_B + 2T_{turn} \quad (8)$$

마지막으로 M/G/1 큐잉 이론에 따라 패킷의 전송과 삭제 전까지 대기하는 전형적인 방법과 제안하는 맥내·외 UE에 대한 지연시간 $E[D]$ 는 각각 식 (9)와 (10)과 같다.

$$E[D] = \frac{\lambda b^{(2)}}{2(1-\rho)} + E[D_{HoL}], \quad (9)$$

$$E[D] = \frac{\lambda b^{(2)}}{2(1-\rho)} + E[D_{HoL}] + 2T_{MB} + 2T_{BU} + 2T_{MS}, \quad (10)$$

여기에서 $b^{(2)}$ 는 second moment 기간으로 Head of queue 에 도착하는 시간부터 성공적으로 전송되거나 삭제될 때까지의 시간을 의미한다. 또한, T_{EB} , T_{BM} , T_{MS} , 그리고 T_{SI} 는 각각 UE \rightarrow eNB, eNB \rightarrow MME (Mobility Management Entity in EPC, MME \rightarrow SAP, 그리고 SAP \rightarrow IoTD 사이에서 메시지를 전송하기 위한 시간이다.

4. 성능 분석

본 장에서는 제안하는 스몰셀 기반 IoTD 개인화 방법의 시스템 성능을 분석하기 위해 Matlab 소프트웨어를 이용한 시스템 레벨 시뮬레이션을 수행한다. 성능분석은 예상 패킷 지연시간, 패킷 손실률, 정규화된 수율, 그리고 맥의 UE의 패킷 지연시간 측면에서 분석하며, 맥외 UE 는 인터넷과 EPC 구간에서 패킷 손실이 발생하지 않는다고 가정한다. 또한, 시스템 성능은 IoTD와 UE 등록 절차가 수행된 후, 맥내·외 UE가 IoTD를 제어하기 위해 IoTD CQ/CR 메시지를 교환하는 절차를 λ 와 IoTD 수를 증가시키면서 분석한다. 이유는 SAP가 IoTD 프로파일을 획득하는 과정이나 EPC의 UE D/B에 UE 정보 등록 과정에서 다수의 IoTD와 UE가 동시 또는 하나씩 등록한다는 가정과 분석에 한계가 있기 때문이다. 한편, 맥내 UE와 비교해 맥외 UE 는 eNB, EPC, 그리고 $T_{Internet}$ 에서 메시지 전송 지연시간이 크게 발생하기 때문에 먼저 맥내 무선 구

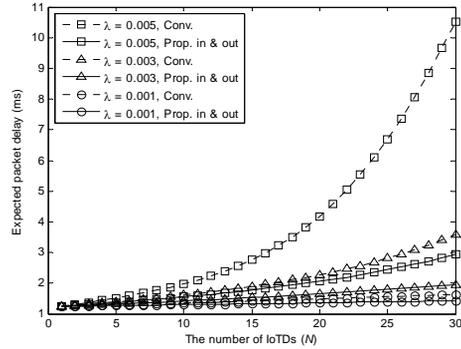
(표 1) 시뮬레이션 파라미터

(Table 1) Simulation parameters

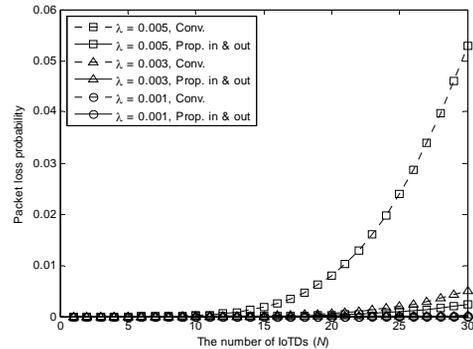
파라미터	값
주파수 대역	2.4GHz [7]
채널 수	1
최대 전송률	250kbps [7]
UD 수 (N)	1~30
IoT D 수 (K)	1~20
SAP 수	1
BE_{min}, BE_{max}	3,5[7]
최대 백오프 수 (M)	4 [7]
패킷 도착률 (λ)	0.003~0.005/ms
바이트 당 전송시간 (T_B)	0.032ms [8]
Turn around time (T_{turn})	0.192ms [8]
Each CCA period (T_{CCA})	0.128ms [7]
Response wait time (T_{wait})	491.52ms [7]
각 backoff slot 길이 (σ)	0.320ms [7]
UE에서 eNB로 전송하는 시간(2ms)과 UE의 프로세싱 시간(2ms) (T_{EB})	4ms [9]
eNB에서 MME로 전송하는 시간(7ms)과 eNB의 프로세싱 시간(2ms) (T_{BM})	9ms [9]
MME에서 SAP로 전송하는 시간($T_{Internet}$ ms)과 MME의 프로세싱 시간(2ms) (T_{MS})	($T_{Internet}+2$)ms [9]
SAP에서 IoT D로 전송하는 시간(2ms)과 SAP에서 프로세싱 시간(2ms) (T_{SI})	4ms [9]

간에서의 성능을 분석하고, 이후 $T_{Internet}$ 의 변화에 따른 지연시간 분석을 수행한다. λ 는 패킷 손실률을 10^{-2} 이하를 위한 기준에 따라 실험을 통해 얻은 0.001, 0.003, 그리고 0.005의 값을 이용한다. Table 1은 성능분석을 위한 시뮬레이션 파라미터를 나타낸다.

그림 5는 전형적인 방법과 제안하는 방법의 예상되는 패킷 지연시간을 분석한 결과이다. λ 가 0.001과 0.003일 때, IoT D 수가 증가함에 따라 예상되는 패킷 지연시간은 서서히 증가하며, 제안하는 방법이 전형적인 방법보다 조금 더 좋은 성능을 보인다. 반면, λ 가 0.005일 때, IoT D 수가 증가함에 따라 전형적인 방법은 예상되는 패킷 지연시간이 급격하게 증가하여, 제안하는 방법보다 훨씬 안 좋은 성능을 보인다. 이는 전형적인 방법에서 UE와 IoT D가 IoT D CQ/CR 메시지를 교환하기 위해 항상 SAP를 경유하기 때문이다. 하지만, 제안하는 방법은 UE가 IoT D를 제어하는데 SAP를 경유하지 않고 직접 IoT D CQ/CR 메시지를 전송하기 때문이다.



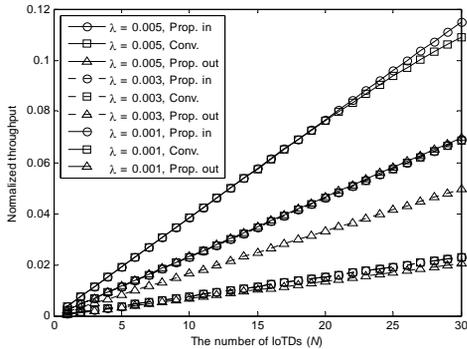
(그림 5) 예상 패킷 지연시간
(Figure 5) Expected packet delay



(그림 6) 패킷 손실률
(Figure 6) Packet loss probability

그림 6은 전형적인 방법과 제안하는 방법의 패킷 손실률을 분석한 결과이다. λ 가 0.001과 0.003일 때, IoT D 수가 증가함에 따라 예상되는 패킷 손실률은 0.01 미만이다. 하지만, 전형적인 방법은 λ 가 0.003일 때 패킷 손실률이 서서히 증가하고, λ 가 0.005일 때 IoT D 수가 증가함에 따라 급격하게 증가하고 있다. 반면, 제안하는 방법은 λ 가 0.005일 때에도 서서히 증가할 뿐만 아니라 전형적인 방법의 λ 가 0.003일 때의 성능보다도 패킷 손실률이 더 낮다.

그림 7은 전형적인 방법과 제안하는 방법의 정규화된 수율을 분석한 결과이다. 제안하는 방법의 맥외 UE 분석에서 $T_{Internet}$ 은 50ms를 가정한다. λ 가 0.001과 0.003일 때, 전형적인 방법과 제안하는 방법의 맥내 UE에 대한 성능은 거의 동일하다. 하지만, λ 가 0.005일 때, IoT D 수가 증가하여 $N > 17$ 가 되면 제안하는 방법의 맥외 UE에 대



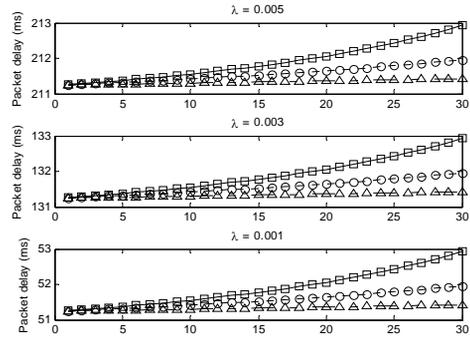
(그림 7) 정규화된 수율
(Figure 7) Normalized throughput

한 성능이 전형적인 방법보다 좋은 성능을 보인다. 이는 $N > 17$ 이 되면, 전형적인 방법에서 패킷 손실률이 서서히 증가하여 수율이 낮아지기 때문이다. 한편, λ 가 0.001 일 때, 제안하는 방법의 맥외 UE는 전형적인 방법과 제안하는 방법의 맥내 UE에 대한 성능보다 조금 낮은 결과를 보인다. 하지만, λ 가 0.003 과 0.005 일 때, 제안하는 방법의 맥외 UE는 다른 방법들과 비교해 크게 낮은 성능을 보인다. 즉, λ 가 0.005 일 때, 제안하는 방법의 맥외 UE에 대한 수율은 다른 방법들이 λ 가 0.003 일 때의 수율과 거의 동일한 성능을 보인다. 이는 EPC 와 인터넷을 경유하는 동안에 발생하는 지연시간 때문이다.

그림 8 은 제안하는 방법에서 맥외 UE가 IoTD를 제어할 때, λ 의 변화에 따른 패킷 지연시간을 분석한 결과이다. 삼각형(Δ), 원(\circ), 그리고 사각형(\square)은 각각 $T_{Internet}$ 이 10, 50, 그리고 90ms 인 경우를 나타낸다. λ 가 증가함에 따라 맥외 UE와 IoTD가 IoTD CQ/CR을 교환하는데 발생하는 지연시간이 크게 증가한다. $T_{Internet}$ 이 10 과 50ms 일 때, 맥외 UE 수가 증가해도 지연시간이 크게 증가하지 않는다. 반면, $T_{Internet}$ 이 90ms 일 때, 맥외 UE 수가 증가함에 따라 지연시간이 크게 증가한다.

5. 결 론

본 논문에서는 맥내·외 UE 들이 맥내 IoTD를 제어할 때, SAP를 이용하여 시스템 성능을 향상시키는 IoTD 개인화 방법을 제안하였다. 시스템 레벨 시뮬레이션을 통해 패킷 지연시간, 패킷 손실률, 그리고 정규화된 수율 측면에서 시스템 성능을 분석하였고, 제안하는 방법이 전형적



(그림 8) Outdoor UE 의 예상 패킷 지연시간
(Δ : $T_{Internet}=10$, \circ : $T_{Internet}=50$, \square : $T_{Internet}=90$)
(Figure 8) Packet delay of the outdoor UE
(Δ : $T_{Internet}=10$, \circ : $T_{Internet}=50$, \square : $T_{Internet}=90$)

인 방법보다 성능이 향상됨을 알 수 있었다. 또한, 인터넷에서 패킷 전송시간과 패킷 도착률이 증가함에 따라 맥외 UE의 패킷 전송시간이 크게 증가함을 알 수 있었다. 향후 연구에서는 맥내 UE가 IoTD로 메시지를 전송할 때, 직접 전송방법과 SAP를 경유하는 2홉 전송방법 중에서 에너지 절감과 패킷 전송시간을 감소시키는 유동적 패킷 전송방법에 대해 연구할 계획이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] D. Giusto, A. Iera, G. Morabito, L. Atzori, The Internet of Things, Springer, 2010.
<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4419-1674-7>
- [2] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, D. Georgakopoulos, "Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 16, no. 1, pp. 414-454, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1109/SURV.2013.042313.00197>
- [3] J. Kim, J. Lee, J. Kim, J. Yun, "M2M Service Platforms: Survey, Issues, and Enabling Technologies," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 16, no. 1, pp. 61-76, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1109/SURV.2013.100713.00203>
- [4] Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2015-2020, accessed 21 July 2016.

- <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html>
- [5] T. Kim, J. Park, H. Chong, K. Kim, B. Choi, "Performance analysis of IEEE 802.15.4 non-Beacon mode with the unslotted CSMA/CA," IEEE Commun. Lett., vol. 12, no. 4, pp. 238-240, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1109/LCOMM.2008.071870>
- [6] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," IEEE Trans. Select. Areas Commun., vol. 18, No. 3, pp. 535-547, 2000.
<http://dx.doi.org/10.1109/49.840210>
- [7] IEEE 802.15.4-2006, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), June 2006.
<http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>
- [8] Texas Instruments. CC2520: 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee-ready RF Transceiver.
http://www.mouser.com/Texas-Instruments/?gclid=CjwKEAiA6YDBBRDwtpTQnYzx5IASJAC57ObMeE2cDbzfmJ3tbF6CYevCB0b0iBpUOQMi-4ZoeRlzhocIGrw_wcB
- [9] Z. Li and M. Wilson, "User Plane and Control Plane Separation Framework for Home Base Stations," Fujitsu Sc.Technol. J, vol. 46, no. 1, pp. 79-86, 2010.
<http://www.fujitsu.com/global/documents/about/resources/publications/fstj/archives/vol46-1/paper26.pdf>

● 저 자 소 개 ●



이 병 복 (ByungBok Lee)

1991년 호원대학교 전자계산학과(공학사)
1993년 전북대학교 대학원 전자계산학과(공학석사)
2005년 고려대학교 대학원 컴퓨터정보학과(이학박사)
1993~현재 한국전자통신연구원 근무

관심분야 : 이동통신 단말기 시스템, 임베디드 시스템 개발 및 실행 환경, 무선 센서네트워크 전송기술 etc.

E-mail : bblee40@etri.re.kr



한 왕 석 (Wang Seok Han)

1988년 대구대학교 전산통계학과(이학사)
2001년 고려대학교 경영대학원 경영과학 및 MIS(경영학석사)
2011년 고려대학교 대학원 전산학과(이학박사)

1998~현재 롯데정보통신, IDC 부문 부문장 근무

관심분야 : 정보통신, Cloud Computing, Big Data, Software Defined Network, 사물인터넷 etc.

E-mail : wshan@lette.net



김 세 진 (Se-Jin Kim)

2004년 조선대학교 전산학과(이학사)
2006년 고려대학교 대학원 전산학과(이학석사)
2010년 고려대학교 대학원 전산학과(이학박사)
2015~현재 조선대학교 컴퓨터통계학과 교수

관심분야 : 정보통신, 이동통신, Software Defined Network, 사물인터넷 etc.

E-mail : sjkim@chosun.ac.kr