

LoRaEnergySim 시뮬레이터에서 LBT 방식 지원을 위한 개선

박상수^o

^o이화여자대학교 컴퓨터공학전공

e-mail: sangsoo.park@ewha.ac.kr^o

Improvements in the LoRaEnergySim Simulator for Supporting LBT Method

Sangsoo Park^o

^oDept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

● 요약 ●

본 논문에서는 대규모 LoRaWAN 환경에서 무선 통신을 통한 단말기와 게이트웨이 간에 패킷의 송수신에 있어 시간 및 소비전력의 특성의 도출이 가능한 시뮬레이터인 LoRaEnergySim에서 LBT 방식의 미디어 접근 제어 방식을 지원하도록 개선하여 국내 TTA 표준에 따른 시뮬레이션이 가능하도록 한다. 이를 위해 LoRaEnergySim 프레임워크 노드의 상태 전환 모델에 LBT 상태를 추가하고 에너지 프로파일에 LBT 상태에서 소비되는 에너지 항목을 추가한다. 개선된 LoRaEnergySim 시뮬레이션의 기능을 검증하기 위해 임의의 패킷에 대해 상태 전환 모델에 따라 하나의 상태에서 소비되는 전력과 다음 상태로 전이되기까지 소요되는 시간을 도식화 할 수 있는 부가 모듈을 구현한다.

키워드: LoRaWAN, LBT, 시뮬레이션(simulation), 상태 전환 모델

I. Introduction

LoRaEnergySim은 대규모 LoRaWAN이 적용된 환경에서 무선 패킷의 시간 및 소비전력을 분석할 수 있는 시뮬레이터이다[1][2]. LoRaEnergySim은 단말기 간 공유되는 무선 채널을 통한 패킷 송수신에 있어 충돌을 피하기 위해 특정 기간 내에 전송할 수 있는 시간의 비율을 제한하는 듀티 사이클링 방식을 사용한다[3]. 그러나 국내 TTA 표준에 따르면 LoRaWAN이 사용하고 있는 비면허 대역인 ISM은 LBT(Listen Before Talk) 방식이 표준으로 채택되었다[4]. LBT 방식은 각 단말기는 패킷 전송을 시작하기 전에 먼저 해당 무선 채널의 가용성을 확인하며, 채널이 비어있는 경우에만 패킷 전송이 이루어진다. 반면, 해당 채널이 이미 다른 단말기에 의해 사용 중인 경우 단말기는 설정된 백오프 시간 동안 대기한 후 재전송을 시도한다.

본 논문에서는 LoRaEnergySim에서 국내 TTA 표준에 따른 LBT 방식의 미디어 접근 제어 방식을 지원하도록 개선하고 해당 방식의 동작 여부를 확인하기 위해 개선된 LoRaEnergySim으로부터 추출된 로그를 이용하여 임의의 패킷에 대해 상태 전환 모델에 따라 하나의 상태에서 소비되는 전력과 다음 상태로 전이되기까지 소요되는 시간을 도식화 할 수 있는 부가 모듈을 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LoRaWAN 시뮬레이터와 미디어 접근 제어 방식에 대한 기존 연구를 살펴본다. 3장에서는

LBT 방식의 세부 설계와 구현 방법을 기술하며 도식화 부가 모듈을 사용하여 구현된 기법이 올바르게 동작함을 보여준다. 마지막으로 5장은 본 논문의 결론을 기술한다.

II. Related Works

LoRaWAN에 대한 성능을 분석하기 위한 다양한 시뮬레이터가 제안되었다[5]. 미디어 접근 제어 방식에 대한 연구 중에서 [6]은 다양한 방식에 따른 성능을 비교하기 위해 LoRaEnergySim을 확장하여 CSMA 미디어 접근 제어 방식을 구현할 때 LBT 방식의 일부 구현이 이루어졌다[7]. 본 연구는 국내 TTA 표준인 LBT 방식을 LoRaEnergySim에 지원하도록 함으로써 이에 대한 독자적인 분석이 가능하여 기존 연구와 차별성을 갖는다.

III. The Proposed Scheme

본 논문은 LoRaEnergySim 프레임워크의 노드의 상태 전환 모델에서 그림 1과 같이 3개의 상태를 추가하여 패킷을 송신하기 전에 노드 외부에 전송되고 있는 패킷을 감지하고 이러한 패킷이 없을 때까지 백오프(슬립)하도록 구현하였다. 또한 그림 2와 같이 부가

모듈을 사용하여 상태 전환 모델에 따라 하나의 상태에서 소비되는 전력과 다음 상태로 전이되기까지 소요되는 시간을 도식화하여 구현된 LBT가 동작함을 검증하였다.

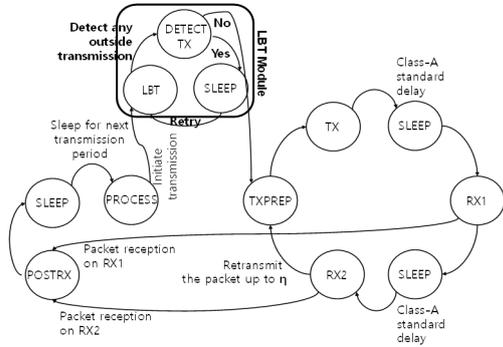


Fig. 1. LBT Add-on in the Node Model

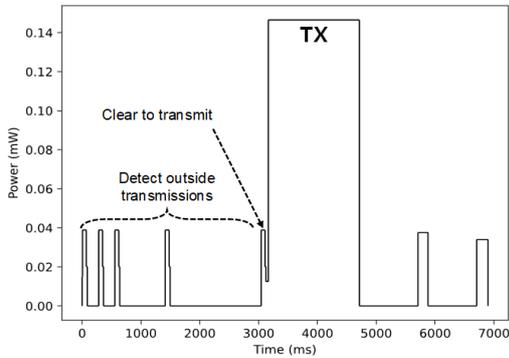


Fig. 2. An Example of Backoffs before a Transmission by LBT Media Access Control Mechanism

IV. Conclusions

본 논문에서는 대규모 LoRaWAN 시뮬레이터인 LoRaEnergySim에서 국내 표준의 LBT 미디어 접근 제어 방식을 지원하도록 개선하고 개선된 기능을 검증하기 위해 시간에 따른 소비전력을 도식화 할 수 있는 부가 모듈을 통해 구현된 기법이 올바르게 동작함을 검증하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2021R1F1A1050088).

REFERENCES

- [1] G. Callebaut, G. Ottoy, and L. van der Perre, "Cross-Layer Framework and Optimization for Efficient Use of the Energy Budget of IoT Nodes," 2019 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), pp. 1-6, Marrakesh, Morocco, 2019.
- [2] LoRaEnergySim, <https://github.com/GillesC/LoRaEnergySim>
- [3] T. Karunathilake, A. Udugama and A. Forster, "LoRa-DuCy: Duty Cycling for LoRa-Enabled Internet of Things Devices," 2021 Twelfth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), Jeju Island, Korea, Republic of, 2021.
- [4] TTA Standard, "920 MHz Physical Layer (PHY) Specification for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)", December 2020.
- [5] Idris, Sadiq, Thenuka Karunathilake, and Anna Forster. 2022. "Survey and Comparative Study of LoRa-Enabled Simulators for Internet of Things and Wireless Sensor Networks" Sensors, Vol. 22, No. 15, 2022.
- [6] L. Beltramelli, A. Mahmood, P. Österberg, M. Gidlund, P. Ferrari and E. Sisinni, "Energy Efficiency of Slotted LoRaWAN Communication With Out-of-Band Synchronization," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 70, pp. 1-11, 2021,
- [7] LoRaMACSim, <https://github.com/Beltra90/LoRaMACSim>