

트래픽 과부하 환경에서 Slotframe 크기에 따른 링크 기반 TSCH 스케줄러의 성능 분석

신주훈, 유용재, 박세웅
서울대학교 전기정보공학부 뉴미디어통신연구소

{[jhshin](mailto:jhshin@netlab.snu.ac.kr), [yjyoo](mailto:yjyoo@netlab.snu.ac.kr)}@netlab.snu.ac.kr, sbahk@snu.ac.kr

Performance Analysis of Link-Based TSCH Scheduler by Slotframe Size in Traffic Overload Environment

Juhun Shin, Yongjae Yoo, Saewoong Bahk

Department of Electrical and Computer Engineering, INMC, Seoul National University

요 약

본 논문은 저전력 무선네트워크(Low-power lossy network), LLN 에서 사용되는 MAC 프로토콜 TSCH 스케줄러인 ALICE 의 트래픽 과부하 환경에서 slotframe 크기에 따른 성능을 분석한다. 성능 분석 결과를 기반으로 성능 저하의 원인을 찾아 트래픽 과부하 환경에서 slotframe 크기를 설정할 때 고려해야 할 요소를 제시한다.

I. 서 론

저전력 무선네트워크(Low-power lossy network), LLN 은 다중 홉을 사용하여서 각 노드들의 에너지 소모를 최소로 통신해야 한다. 이를 위해서 초기에는 노드의 성능적 한계와 동기화 overhead 때문에 비 동기적인 통신 방식을 채택하였다. 하지만 기기의 성능 향상과 동기화 기술의 발전으로 현재에는 동기적인 통신 방식을 채택하고 있다.

Time-slotted channel hopping (TSCH)은 동기적인 통신 방식으로 동작이 가능하게 하면서 노드들 간의 간섭을 줄일 수 있어 LLN 에서 채택되고 있다. [1] 하지만 TSCH 는 노드들 간의 간섭을 줄이는 동시에 동기적으로 동작이 가능하게 하는 방법을 제시할 뿐 각 노드들이 어떤 채널과 시간에 수신 혹은 송신 동작을 해야 하는지에 대한 스케줄을 정의하고 있지 않다. 그러므로 노드들의 동작을 정의하는 스케줄러가 필요하게 된다.

본 논문에서는 ALICE [2]라는 송신 및 수신 노드의 노드 ID 를 사용하여서 송수신 링크 ID 를 정하고 이를 기반으로 스케줄을 정하는 스케줄러를 다룰 것이다. ALICE 가 트래픽 과부하 환경에서 slotframe 크기에 따라 성능이 어떻게 변하는지 확인하고 저하 원인을 분석하고자 한다.

II. 본론

1) 배경

slotframe 크기는 노드들의 전력 소모와 latency 와 연관되게 된다. slotframe 크기를 크게 설정한다면 slotframe 이 반복되는 주기가 길어지게 되고 이는 전력 소모의 감소와 latency 의 증가로 이어지게 된다. 반대로

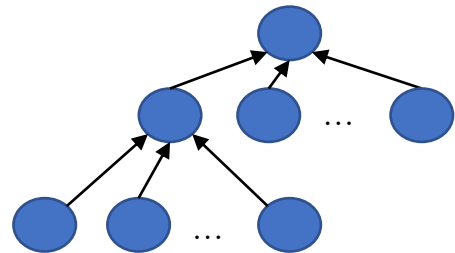


그림 1. 실험 토폴로지

slotframe 크기를 작게 설정한다면 slotframe 이 반복되는 주기가 짧아지게 되고 전력 소모의 증가와 latency 의 감소를 기대할 수 있다.

2) 실험 환경

트래픽 과부하 환경을 재현하기 위한 센서 노드들은 FIT/IOT-LAB testbed [3]에서 제공하는 M3 board 를 사용하였다. 총 노드 수는 33 개로 트래픽은 루트로의 상향링크를 고려하였다. 실험에 사용한 토폴로지는 그림 1 과 같다. 토폴로지에서는 루트 노드가 가장 위에 있는 노드이며 그 아래로 연결된 노드가 16 개이다. 루트와 연결된 16 개의 노드 중 하나의 노드는 아래로 16 개의 노드를 가진다. 이러한 환경에서는 16 개의 노드와 연결되어 있고 루트와 연결된 노드 (병목 노드)가 네트워크 트래픽의 많은 부분을 담당하게 되어 트래픽 과부하 환경을 재현할 수 있게 된다. 이때 노드들은 60 초마다 18 개의 루트로의 상향 패킷을 보내게 되며 slotframe 크기를 5, 7, 11, 13, 17, 23 으로 바꿔가며 실험하였다.

3) 실험결과

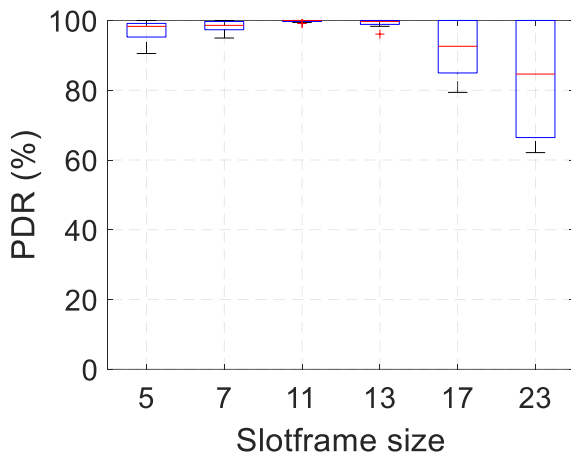


그림 2. Slotframe size 에 따른 end-to-end 패킷 전달률

그림 2 는 slotframe 크기에 따른 end-to-end 패킷 전달률을 보여준다. slotframe 크기가 11 인 경우에는 100%에 가까운 패킷 전달률을 보이나 크기가 커질 수록 패킷 전달률이 감소하는 현상을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 slotframe 크기가 커지는 경우에 slotframe 이 반복되는 주기가 길어지게 되어 같은 시간동안 보낼 수 있는 패킷의 양이 줄어들기 때문에 발생한다. 병목 노드에서 루트 노드로 보내야 하는 패킷의 양은 일정한데 slotframe 크기가 커질수록 주기는 더 길어지게 되어 보낼 수 있는 패킷 양은 줄어들어 큐 손실이 발생하는 것이다.

하지만 slotframe 크기가 11 인 경우보다 slotframe 크기가 더 작은 5, 7 인 경우에 패킷 전달률이 오히려 더 감소하는 모습을 볼 수 있다. 이 경우에는 slotframe 크기가 작아졌으므로 주기가 더 감소하여서 병목 노드에서 루트 노드로 보낼 수 있는 패킷의 양이 늘어나게 된다. 하지만 병목 노드에서 루트 노트로 가는 링크에서 병목 노드가 링크를 제대로 점유하지 못하기 때문에 패킷 전달률 감소가 발생한다. 그 이유는 TSCH 스케줄러인 ALICE 의 autonomous 스케줄링 방식에 기인한다. autonomous 스케줄링 이란 각각의 노드가 컨트롤 패킷을 주고받지 않고 스스로 스케줄을 정하는 방식을 말한다. 한 노드는 부모의 ID 만 알고 있게 된다면 부모와 트래픽을 주고받을 수 있게 된다. 이때 부모 노드 입장에서 살펴본다면 부모 노드 아래 여러 노드가 연결되어 있는 경우 한 링크에 여러 개의 노드가 할당되는 경우가 있게 된다. 이때 autonomous 스케줄링의 특성상 한 링크에 한 개의 노드를 제외한 다른 노드들의 동작은 무시하게 되어 링크 간의 리소스 겹침이 발생한다. 이러한 특성 때문에 병목 노드가 부모로 가는 링크를 점유하지 못하게 되고 큐 손실이 나게 되어 slotframe 크기가 11 인 경우 보다 패킷 전달률이 감소하는 것이다.

결과적으로 패킷 전달률은 slotframe 크기와 연관이 되게 되는데 링크 간의 리소스 겹침을 해결하기 위해서 slotframe 의 크기를 키우게 된다면 길어진 slotframe 주기가 문제가 될 수 있고 많은 리소스를 할당하기 위해서 slotframe 크기를 너무 작게 하면 링크 간의 리소스 겹침이 문제가 될 수 있어 적당한 slotframe 설정이 필요하다.

III. 결론

본논문에서는 트래픽 과부하 환경에서 slotframe 크기에 따라서 링크 기반 TSCH 스케줄러의 성능 저하 원인을 실험을 통해서 분석하였고 성능 저하의 두 가지 원인을 찾아냈다. 링크 간의 리소스 겹침과 slotframe 크기 증가에 따른 리소스의 부족이다. 두 가지 원인은 slotframe 크기에 따라 하나의 원인을 제거하면 다른 하나의 원인의 문제점이 심각해질 수 있기 때문에 적절한 분석을 통해서 slotframe 크기를 정해야 한다는 점을 제시한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다. (2021002280002).

참 고 문 헌

- [1] IEEE Computer Society. 2012. IEEE standard for information technology, 802.15.4e, Part. 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Amendment 1: MAC sublayer. IEEE Computer Society (2012).
- [2] S. Kim, H. Kim, and C. Kim. 2019. ALICE: Autonomous Link-based Cell Scheduling for TSCH. ACM IPSN (2019). <https://doi.org/10.1145/3302506.3310394>
- [3] FIT/IoT-LAB public testbed. Open. URL. <http://www.iot-lab.info>. (Open).