
무선 센서 네트워크의 전송 신뢰성을 제공하는 링크계층 프로토콜

김남곤 · 석승준

경남대학교 컴퓨터공학과

SLC : Reliable Link-layer protocol for wireless Sensor Networks

Nam-Gon Kim · Seung-Joon Seok

Dep. of Computer Eng., Kyungnam University

E-mail : {atom, sjseok}@net.kyungnam.ac.kr

요 약

무선 센서 네트워크는 다양한 분야에 응용하여 사용하고 있다. 배터리를 사용하는 센서 노드는 전원이 제한적이기 때문에 다양한 기능과 전송의 신뢰성보다 저전력을 사용하는 동작에 더 최적화 되어있다. 하지만 더욱 다양한 목적으로 정확한 데이터를 사용하기 위해서는 전송의 신뢰성이 보장되어야 한다. 멀티홉 환경으로 구성되어 있는 센서 네트워크에서 종단간 전송 신뢰성을 보장하기 위해서는 링크(홉)간의 전송 신뢰성이 바탕이 되어야 하지만, IEEE 802.15.4 표준은 링크계층의 전송 신뢰성을 고려하지 않고 있다. 본 논문에서는 에너지를 효율적으로 사용하면서 링크(홉)간 전송 신뢰성을 제공하기 위한 링크계층 프로토콜을 제안한다.

ABSTRACT

Wireless Sensor Networks(WSNs) has been used for various applications. It is optimized to low power operation than various function and transmission reliability because of limited power by batteries. but it is necessary to guarantee of reliability for using exact data for more diversity purpose. In WSNs environment composed by multi-hop, it is guarantee to end-to-end transmission reliability based hop-by-hop reliability. however, IEEE 802.15.4 standard is not consider link-layer reliability. in this paper, we propose energy efficient Reliable Link-layer Protocol for Wireless Sensor Networks.

키워드

WSN, Realible, Link-layer, LLC

1. 서 론

센서노드는 크기가 매우 작으며 특정지역에 많은 수의 노드가 배치된다. 특히 사람이 접근하기 어려운 무인도나 깊은 산속, 수중 등에 센서 네트

워크를 설치하는 경우가 많고 배터리를 전원으로 사용하기 때문에 센서노드의 긴 작동시간을 요구한다. 주기적으로 전송하는 센서 데이터는 거의 일정한 데이터가 전송되므로 전송의 신뢰성이 크게 요구되지 않는다. 또한 제한된 전원을 사용하여 장시간 센서노드를 운용하기 위해 대부분의 센서 네트워크는 데이터 전송의 신뢰성보다 저전력으로 동작하도록 설계되었다.

다양한 응용 서비스 모델이 개발되고 사용자의

본 연구는 한국정보화진흥원(NIA)의 광대역통합연구개발(KOREN/APII/TEIN)활용 연구시험과제 지원을 받아서 진행되었음

요구사항이 증가하면서 데이터 전송의 신뢰성 보장이 필요하게 되었다. 홍수, 지진, 화재, 시설물 모니터링, 전술 네트워크 등에 사용하는 센서 네트워크는 짧은 전달시간과 높은 신뢰성이 요구된다. 또한 센서노드 제어 데이터, 센서노드 프로그램 업데이트 등 제어를 위한 메시지부터 파일에 이르기까지 데이터 전송 신뢰성 보장이 필요하다.

802.15.4 LR-WPAN 표준[1]은 링크계층에서의 전송 신뢰성을 고려하지 않고 있다. 그렇기 때문에 센서 네트워크에서 데이터 전송 신뢰성은 주로 전송계층에서 담당한다.[2][3][4][5][6][7] 이러한 프로토콜들은 링크계층의 전송신뢰성이 보장되지 않으면 전송성능 떨어질 뿐만 아니라, 에너지 소모도 늘어나게 된다.

본 논문에서는 종단간(end-to-end) 전송 신뢰성 보장을 위해 링크계층(hop-by-hop)에서 전송 신뢰성 보장을 위한 프로토콜을 제안하고자 한다.

III. Sensor Link Control

무선채널을 경쟁방식(CSMA/CA)으로 사용하는 통신방법은 채널충돌로 인한 전송을 실패할 수 있는 문제가 있다. 이러한 환경에서 링크계층에서 전송 신뢰성을 보장하는 LLC를 사용하지 않는 것은 종단간 전송 신뢰성을 보장하는 것을 매우 어렵게 만드는 요인이 될 수 있다.

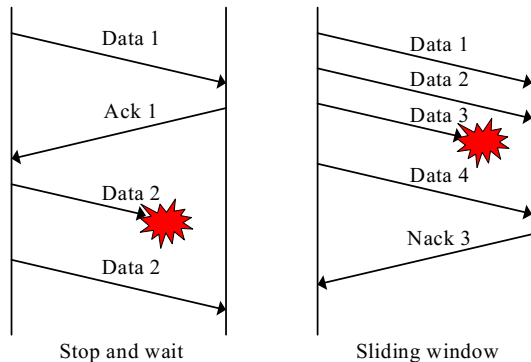


그림 1. 전송계층의 에러제어

그림 1은 센서 네트워크에서 전송 신뢰성 보장을 위해 전송계층에서 수행하는 에러제어 모델을 나타내고 있다. 멀티홉(Multi-hop) 토폴로지로 구성되는 센서 네트워크에서 효율적인 에러제어를 위해 주로 hop-by-hop 에러제어 사용하며, 이를 위해서는 네트워크계층과 전송계층을 수정해야 한다. stop and wait 방법은 각 패킷별로 확인응답을 받은 후 다음 패킷을 전송하는 것이다. 구현은 쉽지만 성능이 매우 떨어진다. 반면에 sliding window 방법은 수신측이 허용하는 만큼 여러개의 패킷을 보내고 에러가 발생한 패킷만 재전송한다. hop-by-hop 재전송을 위해서 보낸 패킷들

을 중간노드에서 캐싱(caching)해야 하며, 만약 마지막 패킷이 손실되었을 경우 탐지가 어려울 수 있다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 환경에 적합한 SLC(Sensor Link Control) 프로토콜을 제안하고자 한다. SLC 프로토콜은 LLC 부계층과 같이 센서네트워크의 링크계층의 전송신뢰성을 보장할 뿐만 아니라 전송계층의 기능을 일부 수행한다.

첫째, MAC 부계층에서 전송 실패시 재전송을 수행한다. 802.15.4에서 MAC 부계층의 디폴트 최대 재전송 횟수는 3으로 설정되어 있다. 일반적으로 최대 재전송 횟수가 7로 설정되어 있는 WLAN과 비교하면 채널충돌 발생시 전송실패 확률이 높다. 그러므로 MAC 부계층 위에서 해당 패킷을 재전송하는 기능이 필요하다.

둘째, MAC 부계층에서 데이터 전송을 성공하였다더라도 패킷에 비트에러가 발생하면 해당 패킷을 재전송해야 한다. 재전송을 하지 않고 에러를 복구하는 FEC(Forward Error Correction) 기법이 있으나 작은 크기의 센서 데이터에 적용하기에는 오버헤드가 크다.

셋째, 수신측의 버퍼 여유량을 넘지 않게 데이터를 전송하도록 흐름제어를 수행해야 한다. 흐름제어를 수행하지 않으면 아무리 MAC 부계층에서 데이터 전송을 성공하더라도 실제적으로 수신측에서 데이터를 받을 수 없고, 재전송 요구를 하게 된다.

넷째, 센서 네트워크는 종단간 혼잡제어보다 링크간 혼잡제어가 효과적이다. 센서노드는 자신의 센서데이터를 전송할 뿐만 아니라 다른 노드의 센서데이터를 전달하는 기능을 수행한다. 그렇기 때문에 중간노드의 버퍼가 손실되어 혼잡이 발생할 때 hop-by-hop으로 제어해야 한다.

다섯째, 컨트롤 오버헤드를 줄여야한다. 컨트롤 데이터도 전송할 때도 에너지가 소모되기 때문에 에너지를 효율적으로 사용하기 위해서는 컨트롤 메시지를 최대한 줄여야한다. 그러므로 전송의 성공을 통지하는 Acknowledge 메시지를 최대한 활용해야 한다.

그림 2는 이러한 Acknowledge 모델을 나타내

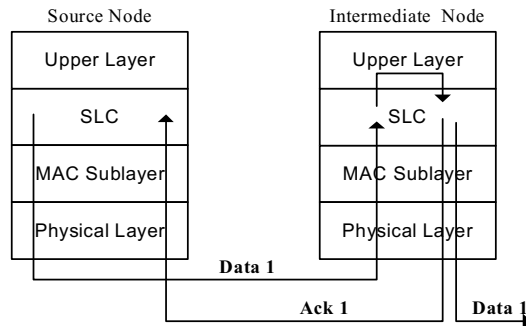


그림 2. SLC Acknowledge 모델

고 있다. 중간노드가 Acknowledge를 단순히 전송성공 여부만 알리는 것이 아니라, 패킷을 전달받아서 에러가 없음을 확인하고 송신버퍼에 패킷을 삽입한 후에 Acknowledge를 보낸다. 그러므로 에러제어와 혼잡제어에 필요한 각각의 컨트롤 데이터를 줄일 수 있다. 물론 Acknowledge 전달 지연시간은 다소 늘어날 수 있으나 그 차이는 매우 작다.

V. 결론 및 향후 연구계획

본 논문에서는 무선 센서네트워크에서 링크계층 전송 신뢰성을 보장하기 위한 SLC(Sensor Link Control) 프로토콜을 제안하였다. SLC는 에러제어와 흐름제어 뿐만 아니라 Multi-hop으로 구성되어 있는 토폴로지를 고려하여 hop-by-hop으로 혼잡제어를 수행한다. 또한 에너지를 효율적으로 사용하기 위하여 컨트롤 데이터를 최소화하기 위해 Acknowledge 메시지에 단순 전송성공 확인이 아닌 패킷의 에러와 혼잡이 발생하지 않았다는 의미를 부여하였다.

링크계층 전송 신뢰성을 위한 SLC의 기능을 정의하였지만 실제 센서노드에 적용하기 위해서는 더욱 자세한 프로토콜 설계가 필요하다. 향후 프로토콜을 설계하고 구현하여 실험을 할 것이다. 그 결과를 바탕으로 프로토콜의 성능을 평가하고 수정, 보완해 나갈 것이다.

참고문헌

[1] IEEE 802.15.4, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). New York, NY: IEEE, Sep. 2006.

[2] S. Kim, R. Fonseca, P. Dutta, A. Tavakoli, D. Culler, P. Levis, S. Shenker and I. Stoica, "Flush: a reliable bulk transport protocol for multihop wireless networks," Proc. of the 5th SenSys, pp 351-365, Australia, 2007

[3] C. Wan, A. T. Campbell and L. Krishnamurthy, "Pump-Slowly, Fetch-Quickly (PSFQ): A Reliable Transport Protocol for Sensor Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 23, No. 4, pp 862-872, April 2005

[4] S. Park, R. Vedantham, R. Sivakumar and I. F. Akyildiz, "A scalable approach for reliable downstream data delivery in wireless sensor networks," proc. of 5th MobiHoc, pp 78 -89, Japan, May 2004

[5] Y.G. Iyer, S. Gandham and S. Venkatesan, "STCP: a generic transport layer protocol for wireless sensor networks," proc. of 14th ICCCN, pp 449-454, USA, Oct. 2005

[6] F. Stann and J. Heidemann, "RMST: reliable data transport in sensor networks," proc. of 1st SNPA, pp 102-112, USA May 2003

[7] O.B. Akan and I.F. Akyildiz, "Event-to-sink reliable transport in wireless sensor networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 13, Num. 5, pp 1003-1016, Oct. 2005