

무선센서네트워크에서 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 재전송 임계치 설정 기법

차명수, 최준성, 손민한, 추현승*
성균관대학교 정보통신공학부
{chams, cjscmj, minari95, choo}@skku.edu

Threshold Setup of Retransmission for Reliable Data Forwarding in Wireless Sensor Networks

Myungsu Cha, Junseong Choe, Minhan Shon, and Hyunseung Choo
School of Information and Communication Engineering
Sungkyunkwan University

요 약

최근의 많은 연구들은 센서네트워크에서 무선링크들이 신뢰적이지 않고, 비대칭적인 것을 보여준다. 하지만 센서네트워크에서 신뢰성있는 통신은 매우 중요하기 때문에 ACK 메시지를 이용해 데이터 전송의 신뢰성을 높이는 기법들이 제안된다. 이 기법들은 전송노드가 수신노드로부터 데이터전송에 대한 ACK 메시지를 수신하여 데이터 전송의 신뢰성을 보장한다. 이 기법들 중 하나인 PDF 기법은 순방향 링크품질에 이용하여 데이터 재전송 임계치를 설정한다. 이를 통해 데이터전송은 성공했지만, ACK 메시지 수신 실패로 발생하는 데이터 재전송을 최소화하여 불필요한 에너지 사용을 방지할 수 있다. 하지만 이 기법은 순방향 링크품질에 따라 매우 다른 전송 성공률을 갖는다. 따라서 데이터의 신뢰성있는 전송을 보장할 수 없다. 본 논문은 순방향 링크품질에 관계없이 일정한 전송 성공률을 갖는 TSR 기법을 제안한다. 본 기법은 에너지 효율적이며 신뢰성있는 데이터 전송을 보장한다.

1. 서론

센서네트워크는 센싱한 데이터를 멀티 홉으로 목적지 노드까지 전송하는 것을 주목적으로 한다. 하지만 센서네트워크의 무선링크들은 불안정하므로 신뢰성있는 데이터 전송을 보장할 수 없다. 이를 위해 ACK 메시지를 이용하여 신뢰성있는 데이터전송을 보장하는 기법들이 등장하였다. 이 중 대표적인 기법은 Pure-ACK 기법[1]이다.

최근 많은 연구들이 센서네트워크의 무선링크가 비대칭적인 링크품질에 갖는 것을 증명한다[2,3]. 이러한 환경에서 Pure-ACK 기법은 데이터 전송은 성공하였지만, ACK 메시지의 수신 실패로 인해 불필요하게 데이터를 재전송하는 문제점을 갖는다. ACK 메시지의 수신 실패로 발생하는 불필요한 데이터 재전송을 최소화하고자 Probability based Data Forwarding (PDF) 기법[4]이 제안된다. 이 기법은 순방향 링크품질에 이용하여 데이터 재전송 임계치를 설정한다. 이를 통해 ACK 메시지 수신 실패로 발생하는 데이터 재전송의 낭비를 최소화할 수 있다. 하지만 PDF 기법은 순방향 링크품질에 따라 다른 전송 성공률을 가지므로, 신뢰성있는 데이터 전송을 보장할 수 없는 문제점이 있다.

본 논문은 Threshold Setup of Retransmission (TSR) 기법을 제안한다. 순방향 링크품질에 관계없이 동일한 전송 성공률을 보장하기위해 TSR 기법은 사용자가 원하는 전송 성공률과 순방향 링크품질에 동시에 고려하여

데이터 재전송 임계치를 설정한다. 이와 같은 고려를 통해 제안기법은 에너지 효율적으로 관리자가 원하는 데이터 전송 신뢰성을 보장할 수 있다.

2. 관련연구

비신뢰적인 무선링크를 갖는 센서네트워크에서 신뢰성있는 데이터 전송을 보장하는 효과적인 방법은 데이터 손실이 발생했을 때, 해당 데이터를 재전송하는 것이다. 이러한 프로토콜은 데이터의 손실을 파악하기위해 ACK 메시지를 이용한다. Pure-ACK 기법은 신뢰성있는 데이터 전송을 보장하기 위해 ACK 메시지를 이용하는 대표적인 기법으로 아래와 같이 동작한다.

송신노드는 다음 홉 노드에게 데이터를 전송한 후, ACK 메시지 수신을 위해 대기한다. 만약 다음 홉 노드가 데이터를 수신하면, 그 노드는 ACK 메시지를 송신노드에게 전송한다. 일정시간동안 송신노드가 ACK 메시지를 받지 못하면, 송신노드는 데이터에 손실이 발생했다고 판단한다. 이 때, 송신노드는 데이터의 신뢰성있는 전송을 보장하기 위해 동일한 데이터를 재전송한다. 이 과정은 전송노드가 ACK 메시지를 받을 때까지 반복된다. 이와 같은 방법으로 Pure-ACK 기법은 신뢰성있는 데이터 전송을 보장할 수 있다. 하지만, 비대칭적인 무선링크를 갖는 센서네트워크에서 Pure-ACK 기법은 데이터전송은 성공했지만, ACK 메시지 수신 실패로 인해 불필요하게 데이터

를 재전송하는 문제점이 있다.

불필요하게 발생하는 데이터 재전송을 최소화하기 위해 PDF 기법이 제안된다. Pure-ACK 기법은 링크품질에 관계없이 모든 송-수신 노드에 일정한 데이터 재전송 임계치를 적용하는 반면, PDF 기법은 식 1과 같이 순방향 링크품질에 의하여 데이터 재전송 임계치를 설정한다.

$$Threshold = \left\lceil \frac{1}{PRR_{out}} \right\rceil \quad (1)$$

식 1에서 PRR_{out} 은 순방향 링크품질에 나타낸다. PDF 기법에서 전송노드가 ACK 메시지를 수신하지 못해도 데이터 재전송 횟수가 재전송 임계치에 도달하면 데이터 재전송을 중단한다. 따라서 ACK 메시지 전송실패로 발생하는 불필요한 데이터 재전송을 최소화할 수 있다. 또한, PDF 기법에서 재전송 임계치는 데이터가 성공적으로 도달할 때까지 예상되는 데이터 재전송 횟수이므로 데이터의 높은 전송성공률을 기대할 수 있다.

3. 제안기법

기존에 제안된 PDF 기법은 Pure-ACK 기법에 비해 매우 뛰어난 에너지 효율을 얻을 수 있다. 그 이유는 순방향 링크품질에 의하여 데이터 재전송 임계치를 설정함으로써 불필요한 데이터 재전송을 최소화할 수 있기 때문이다. 하지만, PDF 기법은 순방향 링크품질에 따라 매우 다른 전송 성공률을 갖는 문제점이 있다. 예를 들어 순방향 링크품질이 0.7일 때, PDF 기법에서 재전송 임계치는 2가 된다. 여기서 식 2를 이용해 예상되는 전송 성공률을 구하면 0.91이다. 반면, 순방향 링크품질이 0.5일 때, PDF 기법에서 재전송 임계치는 2이다. 마찬가지로 식 2를 이용해 예상되는 전송 성공률을 구하면 0.75가 된다.

$$S_{probability} = 1 - (1 - PRR_{out})^{Threshold} \quad (2)$$

본 논문은 순방향 링크품질에 관계없이 신뢰성있는 데이터 전송을 보장하는 TSR 기법을 제안한다. 본 기법은 재전송 임계치를 설정할 때, 식 3과 같이 순방향 링크품질과 함께 사용자가 원하는 전송 성공률을 고려한다.

$$1 - (1 - PRR_{out})^{Threshold} \geq X \quad (3)$$

식 3에서 X 는 사용자가 원하는 전송 성공률이다. 제안기법은 사용자가 원하는 전송 성공률을 고려하여 데이터 재전송 임계치를 구함으로써 신뢰성있는 데이터 전송을 보장한다. 예를 들어 사용자가 원하는 전송 성공률이 0.9, 순방향 링크품질이 0.5일 때, TSR 기법의 데이터 재전송 임계치는 4인 것을 식 3을 이용해 구할 수 있다. 이를 식 2에 적용하여 예상되는 전송 성공률을 구하면 0.9375로 사용자가 원하는 전송 성공률을 보장한다.

또한, TSR 기법은 네트워크의 환경에 따라 사용자가 전송 성공률을 조정할 수 있으므로, 에너지 효율적인 데이터 전송이 가능하다. 기존 PDF 기법은 네트워크의 환경에 관계없이 데이터 전송 임계치를 설정한다. 반면에 TSR 기법은 네트워크 환경에 따라 사용자가 원하는 전송 성공

률을 지정함으로써, 에너지 효율적인 데이터 전송 임계치를 설정할 수 있다. 예를 들어 0.8이상의 전송 성공률이 요구되는 네트워크 환경에서 기존 PDF 기법의 데이터 재전송 임계치는 2인 반면, 제안기법의 데이터 재전송 임계치는 1로 불필요한 에너지 사용을 최소화할 수 있다.

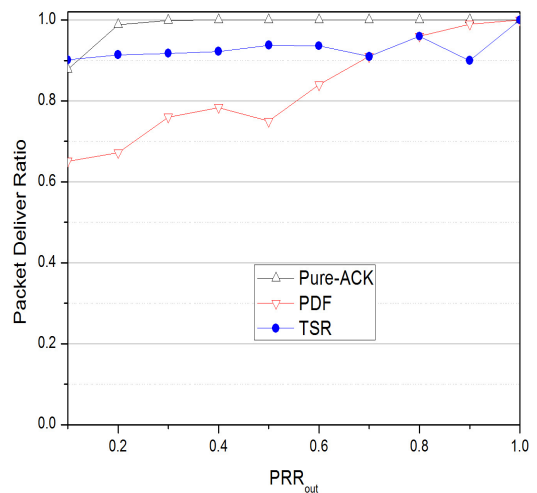
4. 성능평가

Pure-ACK, PDF, 그리고 제안기법의 성능을 평가하기 위해 본 논문은 한 홉거리에서 있는 노드 쌍들의 순방향 링크품질에 변경하면서 데이터 전송 성공률과 데이터 재전송 임계치를 측정한다.

그림 1과 표 1은 사용자가 원하는 전송 성공률이 0.9일 때, 데이터 재전송 임계치와 데이터 전송 성공률을 보인다. 그림 1은 제안기법이 PDF 기법과 다르게 순방향 링크품질에 관계없이 항상 0.9 이상의 전송 성공률을 보장함을 보인다. 표 1은 TSR 기법이 Pure-ACK 기법에 비해 상당히 작은 데이터 재전송 임계치를 갖고 있는 것을 보인다. 비록 순방향 링크품질이 0.1인 경우엔 제안기법의 데이터 재전송 임계치가 Pure-ACK 기법에 비해 다소 높지만, 이는 요구되는 전송 성공률을 보장하기 위함이므로, 합리적이라고 볼 수 있다.

<표 1> 데이터 재전송 임계치

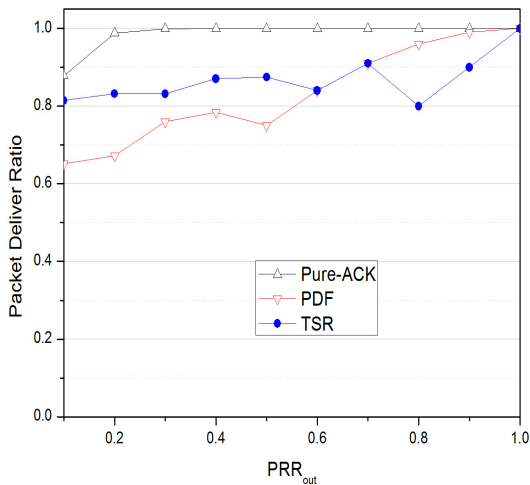
PRR _{out}	Pure-ACK	PDF	TSR
0.1	20	10	22
0.2	20	5	11
0.3	20	4	7
0.4	20	3	5
0.5	20	2	4
0.6	20	2	3
0.7	20	2	2
0.8	20	2	2
0.9	20	2	1
1	20	1	1



(그림 1) 전송 성공률

<표 2> 0.8 이상의 전송 성공률이 요구되는 네트워크

PRR _{out}	Pure-ACK	PDF	TSR
0.1	20	10	16
0.2	20	5	8
0.3	20	4	5
0.4	20	3	4
0.5	20	2	3
0.6	20	2	2
0.7	20	2	2
0.8	20	2	1
0.9	20	2	1
1	20	1	1



(그림 2) 전송 성공률

그림 2와 표 2는 사용자가 원하는 전송 성공률이 0.8일 때, 데이터 재전송 임계치와 데이터 전송 성공률을 보인다. 그림 2은 제안기법이 PDF 기법과 다르게 순방향 링크 품질에 관계없이 항상 0.8 이상의 전송 성공률을 보장함을 보인다. 표 2은 TSR 기법이 Pure-ACK 기법에 비해 상당히 작은 데이터 재전송 임계치를 갖고 있는 것을 보인다. 또한, 순방향 링크품질이 0.8 이상일 때, TSR 기법의 데이터 재전송 임계치는 오히려 PDF 기법보다 낮다. 이를 통해 제안기법은 가장 적은 데이터 재전송으로 사용자가 원하는 데이터 전송 성공률을 보장할 수 있다.

5. 결론 및 향후연구과제

본 논문에서 우리는 제한된 배터리 자원을 가진 무선 센서네트워크에서 신뢰성 있으면서도 에너지 효율적인 TSR 기법을 제안한다. TSR 기법은 실제 무선 센서네트워크 환경에서 무선링크가 갖는 비신뢰성과 비대칭성 그리고 네트워크 환경에 따라 요구되는 데이터 전송 성공률을 고려하여 데이터 재전송 임계치를 계산한다. 이러한 방법을 통해 제안기법은 신뢰성있는 데이터 전송의 보장할 수 있다. 또한, 네트워크 환경에 따라 탄력성있게 데이터 재전송 임계치를 조절하여 에너지 효율적인 데이터 전송을 가능케 한다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 지식경제부(정보통신산업진흥원) 대학ITRC 및 교육과학기술부(한국연구재단) 중점연구소지원사업의 일부지원으로 수행되었음 (NIPA-2011-(C1090-1121-0008), 2011-0018397).
책임저자: 추현승

참고문헌

- [1] B. Latr, P. D. Mil, I. Moerman, B. Dhoedt, and P. Demeester, "Throughput and Delay Analysis of Unslotted IEEE 802.15.4," *Journal of Networks*, Vol. 1, No. 1, pp. 20-28, 2006.
- [2] F. Akylidiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, issue. 8, pp. 102-116, 2002.
- [3] D. S. J. De Couto, D. Aguayo, J. Bicket, and R. Morris, "A High-Throughput Path Metric for Multi-Hop Wireless Routing," *Wireless Networks*, vol. 11, issue. 4, pp. 419-434, 2005.
- [4] D. T. Nguyen, W. Choi, and H. Choo, "PDF: A Novel Probability-based Data Forwarding Scheme in Lossy Wireless Sensor Networks," *ACM RACS*, 1-20, 2010.