

무선 센서 네트워크에서 딜레이 기반의 에너지 효율적이며 신뢰성 있는 데이터 전송기법

손민한*, 추현승*

*성균관대학교 정보통신공학부

e-mail:{minari95,choo}@skku.edu

Advanced Delay-based Reliable Data Transmission for Efficiency in Wireless Sensor Networks

Min han Shon* and Hyunseung Choo*

*School of Information and Communication Engineering,
Sungkyunkwan University

요 약

최근에 에너지 효율적이며 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장하기 위한 많은 라우팅 기법의 연구가 진행되고 있다. 하지만 현재까지 무선센서네트워크에서의 표준 라우팅 기법이 없는 상황에서 신뢰성을 제공하기 위한 새로운 라우팅 기법을 제안하는 것은 실용적이지 않으며 비효율적이다. 본 논문에서는 신뢰성 있는 데이터 전송을 범용적으로 보장하기 위해서 기존의 라우팅 기법의 신뢰성 및 확장성을 제공하는 모듈기법인 DRDT(Delay-based Reliable Data Transmission)를 향상시킨 ADRDT(Advanced Delay-based Reliable Data Transmission) 기법을 제안한다. ADRDT는 수신노드가 불안정한 링크상태로 인해 데이터 수신을 실패하는 경우 데이터를 오버헤어링한 헬퍼노드(helper node)의 협력적인 재전송을 통해 신뢰성을 제공한다. 헬퍼노드는 수신노드의 이웃노드가 데이터를 오버헤어링할 때 딜레이를 이용한 분산적 방법을 통해 동적으로 선정되며, 수신노드와의 링크상태를 고려하기 때문에 효과적으로 재전송 횟수를 감소시킨다. 제안 기법은 기존 기법과 비교해 전송 비용을 약 16.5% 감소시킨다.

1. 서론

무선센서네트워크(Wireless Sensor Networks)에서 에너지 효율적이며 신뢰성 있는 데이터 전달을 보장하는 것은 주요한 과제이다. 기존의 수많은 연구는 전파반경내에서 반드시 전송을 보장하는 이상적인 링크모델을 가정하고 진행하였다[1][2]. 하지만 최근에 진행하고 있는 연구에서는 신호의 감쇄, 간섭, 페이딩과 같은 요소들로 인해 링크가 높은 불안정성을 가짐을 보인다[3][4]. 특히 무선센서네트워크에서는 다른 무선환경과 비교하여 높은 패킷 손실율을 갖기 때문에 신뢰성을 보장하는 패킷 재전송 기법의 경우 재전송 횟수가 비약적으로 증가하는 문제점이 발생한다[5]. 따라서 에너지 효율적이며 신뢰성 있는 데이터 전송 기법에 대한 고려가 반드시 필요하다.

하지만 아직까지 표준 라우팅 기법이 정해지지 않은 상황에서 신뢰성을 위한 기법을 다시 제안하는 것은 유용하지 못하다. 현재 애플리케이션에 종속적으로 운용되고 있는 각각의 라우팅 기법을 새로운 라우팅 기법으로 대체하는 것은 사실상 불가능하기 때문이다. 대신 기존의 라우팅 기법을 확장하여 신뢰성 있는 데이터 전송을 보장할 수 있는 모듈 접근법이 더욱 효과적이다. 모듈기법이 현실

적인 무선센서네트워크 환경에서 모든 라우팅 기법들의 신뢰성 보장을 보장하기 위한 범용적인 해결책이 되기 위해서는 다음과 같은 고려사항이 요구된다. 첫째, 센서모드의 에너지와 같은 한정적인 제약 때문에 기존 라우팅 프로토콜에 확장하는 경우 추가적인 비용이 적어야 한다. 둘째, 모듈기법은 네트워크 계층에서 수행하는 경로선택에 참여하지 않으며, 하위 계층에서 독립적으로 신뢰성을 제공해야 한다. 셋째, 모듈기법은 재전송 횟수를 효과적으로 감소시켜 데이터 전송에 있어서 높은 에너지 효율을 보장해야 한다.

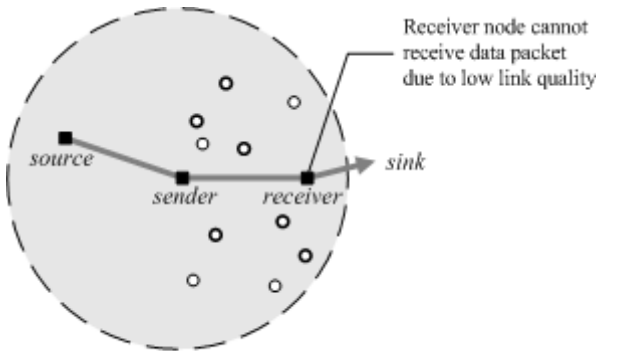
본 논문에서는 네트워크 계층 하위에서 동작하는 확장 계층을 통해 데이터 전송의 신뢰성을 보장한 DRDT(Delay-based Reliable Data Transmission)[6]에서 헬퍼노드 활용을 향상시킨 ADRDT(Advanced Delay-based Reliable Data Transmission)를 제안한다. ADRDT는 수신노드로 전송하는 데이터를 오버헤어링한 이웃노드가 헬퍼노드로서 동작할 것인지를 결정한다. 만약 수신노드가 비 신뢰적인 구간에 위치해 데이터 수신에 실패한다면, 선정된 헬퍼노드가 데이터를 재전송함으로써 신뢰성을 높인다. 이 때 헬퍼노드는 송신노드에 비해 수신노드와의 링크상태가 우수하기 때문에 재전송횟수를 감소시

켜 에너지 효율적인 전송을 보장한다.

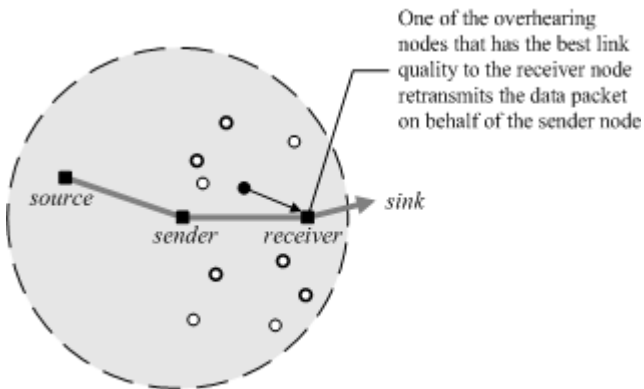
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련연구로 DRDT 기법을 소개하고 3장에서 제안기법인 ADRDT의 동작 과정을 기술한다.

2. 관련연구

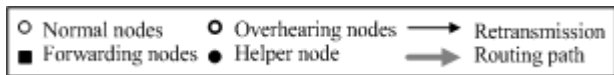
기존 라우팅 기법을 확장하여 데이터 전송의 신뢰성을 보다 에너지 효율적으로 보장하기 위한 DRDT 기법이 제안되었다. DRDT의 기본 아이디어는 수신노드로 전송되는 데이터를 오버히어링한 이웃노드의 협력적인 재전송을 통해 데이터 전송 성공률을 높이고 재전송 횟수를 감소시키는 것이다.



(a) Data reception failure of receiver



(b) Data retransmission with use of helper node



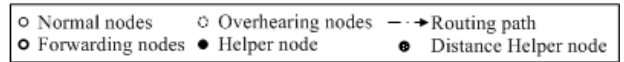
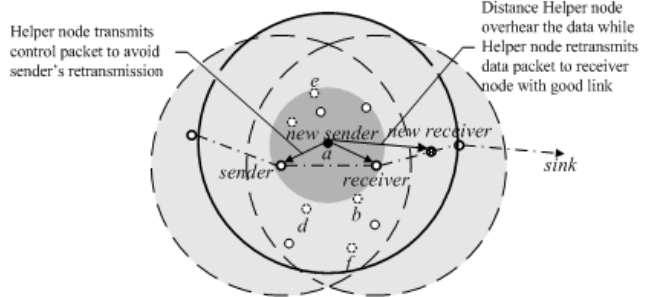
(그림 1) DRDT 기법에서의 데이터 전송

그림 1 (a)에서 데이터를 오버히어링한 수신노드의 이웃노드는 모두 헬퍼노드의 후보가 되며, 딜레이를 이용한 분산적인 방법을 통해 스스로 헬퍼노드의 선정 유무를 판단한다. 이 때 헬퍼노드는 수신노드와의 PRR[7][8]을 고려하여 데이터 재전송횟수를 최소화할 수 있는 노드로 선정된다. 수신노드가 송신노드와의 낮은 PRR로 인해 데이터 수신에 실패한 경우, 그림 1 (b)에서 볼 수 있듯이 선정된 헬

퍼노드는 송신노드를 대신해 데이터를 재전송하며, 송신노드가 재전송할 때 보다 PRR이 좋은 링크를 이용함으로써 재전송횟수를 효과적으로 감소시킨다.

3. 제안기법

DRDT 기법은 헬퍼노드 선정시 센터(Sender)와 리시버(Receiver)의 PRR 값을 동시에 고려해 헬퍼노드를 정하기 때문에 대부분 거의 대부분 센터와 리시버의 Connected region[7][8]에 있는 노드를 헬퍼노드로 선정하고 DRDT 기법에 의해 데이터를 전송한다. 이 때 헬퍼노드가 데이터를 전송할 수 있는 대상은 리시버에 한정되어 있다. 제안기법은 전송대상을 리시버에 한정하지 않고 헬퍼노드를 새로운 센터로 설정하고 헬퍼노드 시스템을 적용한다.



(그림 2) ADRDT 기법에서의 데이터 전송

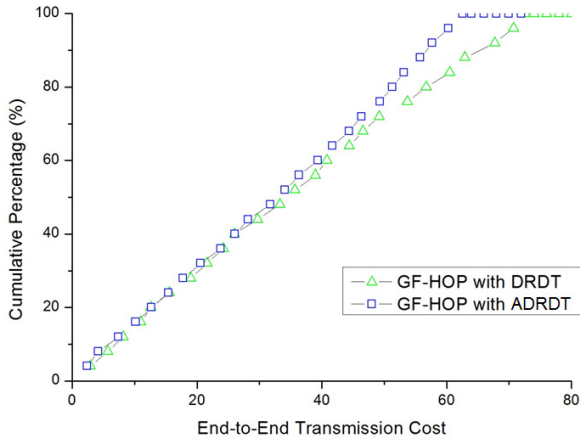
헬퍼노드 a가 센터가 전송한 데이터를 오버히어링하였고 리시버가 데이터를 전송받지 못한 경우 a가 새로운 센터가 되고 기존의 리시버로 전송시 헬퍼노드 시스템을 적용하여 새로운 헬퍼노드를 사용하여 새로운 리시버로 전송한다. 이러한 경우 기존 DRDT에 비해 데이터 전송에서의 고효율성을 기대할 수 있다.

4. 성능평가

시뮬레이션 환경은 다음과 같다. 300m×300m의 센서 토폴로지에 2500개의 센서노드를 뿌아중 랜덤 분배(Poisson random distribution)한다. 센서 노드의 전송 반경은 25m로 설정하고 그리디 전송 알고리즘을 기본 라우팅 기법으로 선정하였다.

실험은 그리디 전송 알고리즘에 DRDT를 적용한 기법과 ADRDT를 적용한 기법을 비교하였다. 그림 3은 두 기법을 적용하였을 시 모든 데이터가 전송될 때의 End-to-End 전송 비용을 비교한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 DRDT를 적용한 기법은 모든 데이터를 전송하는데 73의 비용이 들고 ADRDT를 적용한 기법은 데이터 전

송에 61의 비용을 소비하였다. 이를 비교하였을 때 ADRDT를 적용한 기법은 기존 기법과 비교해 약 16.5%의 성능향상을 보인다.



(그림 3) 두 기법의 End-to-End 전송 비용 비교

5. 결론

본 논문은 무선센서네트워크에서 에너지 효율적이며 신뢰성 있는 기법을 제안한다. 제안기법인 ADRDT는 기존 DRDT에서 헬퍼노드의 사용 방법을 개량한다. 기존의 헬퍼노드가 전송 데이터를 오버헤어하였을 때 이미 정해져 있는 다음 노드에 무조건 전송하는 것이 아니라 그 위치에서 다시 그리디 전송을 시도하는 것이다. 제안기법은 데이터 전송에 있어 기존 기법에 비해 더 적은 홉 수와 더 적은 전송비용을 갖는다. 실험결과 제안기법은 기존기법에 비해 데이터 전송 비용을 약 16.5% 감소시키는 효율적이며 신뢰도 높은 전송을 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 지식경제부(정보통신산업진흥원) 대학ITRC 및 교육과학기술부(한국연구재단) 차세대 정보/컴퓨팅 기술개발 사업의 일부지원으로 수행되었음 (NIPA-2011-(C1090-1121-0008), No. 2011-0020517).

교신저자: 추현승

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey," *Computer Networks*, vol.38, pp.393-422, 2002.
- [2] F. Ingelrest, D. Simplot-Ryl, and I. Stojmenovic, "Optimal Transmission Radius for Energy Efficient

Broadcasting Protocols in Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems*, vol.19, no.12, pp.1601-1613, 2006.

[3] D. Ganesan, D. Estrin, A. Woo, and D. Culler, "Complex Behavior at Scale: An Experimental Study of Low-Power Wireless Sensor Networks," *International Workshop on Distributed Event-based Systems*, 2002.

[4] Z. Zhao and R. Govindan, "Understanding packet Delivery performance In Dense Wireless Sensor Networks," *International Conference on Embedded Networked Sensor Systems 2004*, vol.1, pp.1-16, 2004.

[5] J. M. Reason and J. M. Rabaey, "A Study of Energy Consumption and Reliability in a Multi-Hop Sensor Networks," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 8, no. 1, pp. 84-97, 2004.

[6] J. Seo, M. Kim, I. Hur, W. Choi, and H. Choo, "DRDT: Distributed and Reliable Data Transmission with Cooperative Nodes for Lossy Wireless Sensor Networks," *MDPI, Sensors*, vol. 10, no. 4, pp. 2793-2811, 2010.

[7] K. Seada, M. Zuniga, A. Helmy, and B. Krishnamachari, "Energy Efficient Forwarding Strategies for Geographic Routing in Lossy Wireless Sensor Networks," *International Conference on Embedded Networked Sensor Systems 2004*, pp.108-121, 2004.

[8] M. Zuniga, K. Seada, B. Krishnamachari, and A. Helmy, "Efficient geographic routing over lossy links in wireless sensor networks," *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, vol.4, no.12, 2008.