

무선 센서 네트워크의 분산 기반 라우팅 기법

조범성, 손민한, 추현승
 성균관대학교 정보통신대학 컴퓨터공학과
 e-mail : {uniseraph, minari95, choo}@skku.edu

Distribution based Reliable Routing Scheme with Cooperative Nodes for Wireless Sensor Networks

Bum-Sung Cho, Min Han Shon, Hyunseung Choo
 College of Information and Communication Engineering,
 Sungkyunkwan University

요 약

무선센서네트워크 환경에서는 에너지 효율적인 데이터 패킷 전송을 위해 multi-hop routing 기법과 multi-path routing 기법 등이 연구되고 있다. 두 기법 모두 에너지를 적게 소모하는 경로를 택하여 데이터 패킷을 전송한다. 그러나 에너지를 적게 소모하는 경로를 택하기 위해 센서 노드 간 거리가 가까워져 목적지까지 데이터 패킷을 전송하는데 많은 홉 수를 필요로 한다. 따라서 본 논문에서는 에너지 효율적인 경로를 택하면서 동시에 목적지 가까이에서 데이터 패킷 전송을 이어가는 cooperative communication 기반의 라우팅 기법을 제안한다.

1. 서론

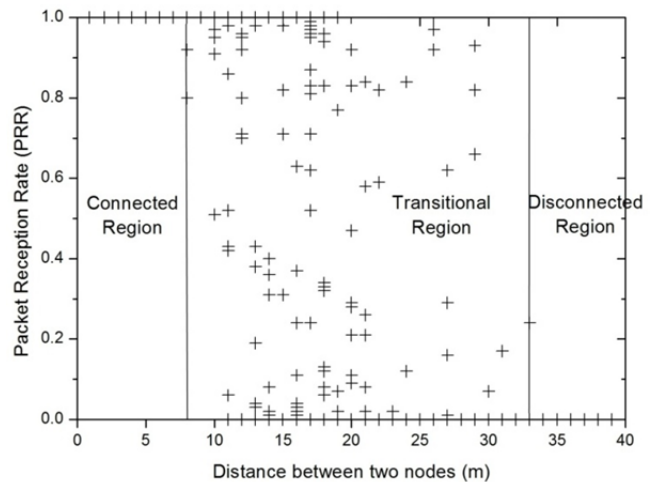
무선센서네트워크 환경에서는 센서 노드의 배터리 용량을 감안하여 적은 에너지로 데이터 패킷을 전송할 수 있는 연구가 이루어지고 있다. 원거리에 있는 센서 노드에게 데이터 패킷을 전송하기 위해서는 근거리에 있는 노드에게 전송하는 것 보다 많은 에너지 소모를 필요로 한다. 또 실제 무선센서네트워크 환경에서는 센서 노드의 전송 반경 내에서 센서 노드와 거리가 멀어질수록 전송률이 떨어지는 현상이 발생한다. 따라서 적은 에너지를 소모하면서 데이터 패킷 전송을 보장하기 위해 노드 간 거리가 짧은 경로를 선호한다.

그러나 노드 간 거리가 짧은 경로를 선택하면 목적지까지 소요되는 홉 수가 많아지고, 데이터 패킷을 전송할 때 네트워크 환경에 영향을 받아 패킷 손실이 일어날 수 있는 경우의 수도 많아진다. 이를 보완하기 위해 센서 노드 주변에서 데이터 패킷을 overhear 한 이웃 노드를 이용하여 에너지 효율적인 경로를 선택하면서 [1], 동시에 목적지 가까이에서 데이터 전송을 이어갈 수 있는 라우팅 기법 연구가 이루어지고 있다.

2. 관련 연구

GF-ETX (Geographic Forwarding Extension) 는 실제 무선센서네트워크 환경에서 패킷 손실이 일어나는 현상을 감안하여 PRR×Distance 기반으로 수신 노드를 선정한다 [2]. 목적지까지의 거리와 더불어 PRR (Packet Reception Rate) 을 고려함으로써 센서 노드 간 거리는

가까워지는데 반해 재전송 횟수가 줄어들어 에너지 측면에서 이득을 얻는다.



(그림 1) Packet reception rate of considered link loss model at different distance

그러나 GF-ETX 가 선정한 수신 노드는 대부분 [3] 논문의 저자가 소개하는 transitional region 에서 선정되고, transitional region 은 (그림 1) 과 같이 불안정한 패킷 전송 성공률을 나타낸다. 이 사실은 GF-ETX 가 선정한 수신 노드가 불안정한 네트워크 환경에서 데이터 패킷 수신에 실패할 수 있고, 이 때 수신 노드의 이웃 노드가 그 패킷을 overhear 할 가능성이 있다고 말해준다.

Cooperative communication 기반의 라우팅 기법 중

하나인 CBF (Cluster Based Forwarding) 는 위 사실에 착안하여 센서 노드 주변의 이웃 노드를 cluster 로 형성하고, cluster 에 속한 노드 중 데이터 패킷을 overhear 한 노드가 그 패킷을 전송하도록 한다 [4]. CBF 는 기존 라우팅 기법에 모듈 방식으로 추가되며, CBF 가 소개하는 distant helper 는 기존 라우팅 기법이 선정한 수신 노드보다 목적지에 가까이 위치한다. Distant helper 선정은 cost-saving 관점에 이득이 되는 노드 중 목적지와 가장 가까운 노드에게 time slot 을 할당하는 방식으로 진행된다.

3. 제안 동기 및 가정 사항

CBF 가 선정한 distant helper 는 ACK 기반의 제어 패킷을 수신 노드에게 보내고, 수신 노드는 최초 데이터 패킷을 송신한 노드에게 데이터에 대한 ACK 를 보낸다. 이 과정에서 한번의 제어 패킷 전송과 두 번의 ACK 전송이 이루어진다. 그리고 목적지와 가장 가까운 노드가 distant helper 로 선정되어 distant helper 가 수신 노드에게 보내는 제어 패킷이 손실될 가능성이 있다. 제어 패킷이 손실되면 최초 송신 노드로 보내는 ACK 가 늦어져 불필요한 데이터 패킷 재전송이 일어난다. 데이터 패킷 재전송은 무선센서네트워크에서 네트워크 life time 과 직결되는 에너지 측면에 비효율적인 영향을 미칠 수 있다. 또 distant helper 를 선정하기 위해서는 데이터 패킷 전송이 일어나기 전에 네트워크 내에 배치되어 있는 모든 센서 노드가 각각 cluster 를 형성해야 하고, 네트워크 내 노드가 이동성을 가진다면 모든 cluster 는 다시 구성되어야 하는 단점이 있다.

본 논문에서는 다음 사항을 가정한다.

- 네트워크 내에는 일정한 전송 반경을 가지는 센서 노드가 불규칙하게 분포되어 있다.
- 네트워크 내의 모든 센서 노드는 GPS 또는 localization algorithm 을 이용해 자신의 절대 위치 정보를 알고 있다.
- 네트워크 내의 모든 센서 노드는 이웃 노드와의 주기적인 메시지 교환을 통해 이웃 노드의 위치 및 전송률 정보를 알고 있다.
- 센서 노드가 보내는 데이터 패킷은 ACK model 을 기반으로 한다.
- 센서 노드의 수학적 계산은 무시할 정도로 작은 에너지를 소모한다.

Link Loss Model

실제 무선센서네트워크 환경과 비슷한 link loss model 을 사용한다. 센서 노드 사이의 PRR 은 식 (1) 과 같고, PRR 의 범위는 0 과 1 사이이다 [5, 6].

$$PRR(d) = (1 - \frac{1}{2} e^{-\frac{\alpha(d)}{2} \frac{1}{0.64}})^{16f-8l} \quad (1)$$

여기서 d 는 센서 노드 사이의 거리, $\alpha(d)$ 는 d 만큼의 거리에서 SNR (Signal to Noise Ratio), f 는 frame 의 길이, 그리고 l 은 preamble 의 길이를 나타낸다.

Helper Value (H)

H 는 수신 노드의 connected region 내에서 데이터 패킷을 overhear 한 센서 노드에 의해 식 (2) 와 같이 계산된다.

$$H(r, h) = \frac{D(r,d) - D(h,d)}{Connected\ Range} \quad (2)$$

식 (2) 에서 r 은 수신 노드, h 는 helper node, d 는 목적지, D(a,b) 는 a 와 b 사이의 거리, 그리고 connected range 는 connected region 의 반경을 의미한다.

Waiting Time (W)

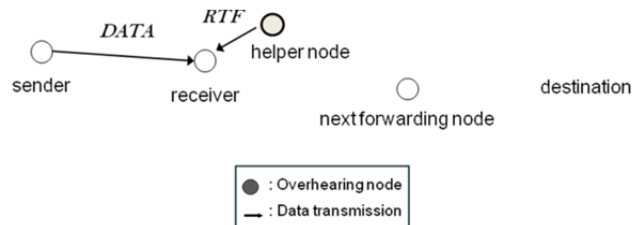
W 는 위에서 계산된 H 의 값이 클수록 작은 값을 가지기 위해 식 (3) 과 같이 계산되고, δ_h 는 predefined maximum waiting time 을 의미한다.

$$W = (1 - H) \times \delta_h \quad (3)$$

4. 제안 기법

본 논문에서는 분산 네트워크 환경에서 센서 노드 connected region 내의 helper node 를 이용한 reliable 라우팅 기법을 제안한다. 제안 기법은 기존 라우팅 기법에 pluggable module 방식으로 적용되어 적용 대상 기법의 algorithm 은 그대로 유지된다. 그리고 데이터 패킷 전송이 일어나기 전에 후보 helper node 를 구성하는 절차를 요구하지 않는다.

제안 기법 구성은 다음과 같다. 먼저 그림 (2) 와 같이 송신 노드가 데이터 패킷을 전송하면 패킷을 overhear 한 노드들이 H 를 계산하고 W 만큼 타이머를 설정한다. W 가 소진된 노드는 수신 노드에게 RTF (Ready To Forward) 패킷을 전송하여 helper node 가 있음을 알린다. 이 때 패킷을 overhear 한 노드들은 자신이 수신 노드의 connected region 내에 있는지, 그리고 수신 노드보다 목적지 가까이에 위치하고 있는지를 위치 정보를 토대로 판단한 후 위 동작을 수행한다.



(그림 2) Simple map of reliable routing scheme
최초 RTF 패킷을 받은 수신 노드는 helper node 가 존재함을 알고 helper node 가 overhear 한 패킷에 대해 송신 노드로 ACK 를 전송한다. RTF 패킷을 보낸 helper node 는 바로 다음 포워딩 노드에게 overhear 한 데이터 패킷을 전송한다. 두 개 이상의 센서 노드가 RTF 패킷을 수신 노드에게 전송하는 것을 방지하기 위해 W 가 소진되지 않은 노드들은 다른 센서 노

드의 RTF 패킷, 또는 다음 포워딩 노드에게 전송하는 데이터 패킷을 overhear 하면 타이머를 중단한다.

5. 결론

본 논문에서는 센서 노드 connected region 내의 helper node 를 이용하여 목적지 가까이에서 데이터 패킷을 전송하는 reliable routing scheme 을 제안하였다. 네트워크에 분포되어 있는 센서 노드들이 미리 후보 helper node 를 구성할 필요 없이, 분산 네트워크 환경에서 데이터 패킷 전송이 일어날 때 동적으로 helper node 가 정해지는 기법이다. Lossy link 환경에서도 센서 노드 connected region 내에서는 패킷 전송이 보장되는 점을 이용하여 불필요한 패킷 전송을 줄이고 helper node 선정 비용을 최적화하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 지식경제부(정보통신산업진흥원) 대학 ITRC[NIPA-2012-(H0301-12-3001)], 지식경제부(한국산업기술평가 관리원)의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)[10041244, 스마트 TV 2.0 소프트웨어 플랫폼] 및 교육과학기술부(한국 연구재단)의 중점연구소지원사업(2012-0005861)의 일부 지원으로 수행되었음.
책임저자: 추현승

참고문헌

- [1] J. Liang, J. Wang, J. Chen, "An Overhearing-based Scheme for Improving Data Persistence in Wireless Sensor Networks." in *Proc. IEEE ICC International Conference on*, May. 2010, pp. 1-5.
- [2] M.Z. Zamalloa, K. Seada, B. Krishnamachari, A. Helmy, "Efficient Geographic Routing over Lossy Links in Wireless Sensor Networks." *ACM Trans. Sens. Netw.* May. 2008, 4, 1-33.
- [3] M. Zuniga, B. Krishnamachari, "Analyzing the Transitional Region in Low Power Wireless Links." in *Proceedings of IEEE International Conference on Sensors and Ad Hoc Communications and Networks*, Santa Clara, CA, USA, October. 2004, pp. 517-526.
- [4] Q. Cao, T.F. Abdelzaher, T. He, R. Kravets, "Cluster-Based Forwarding for Reliable End-to-End Delivery in Wireless Sensor Networks." in *Proceedings of IEEE International Conference on Computer Communications*, Anchorage, AK, USA, May. 2007, pp. 1928-1936.
- [5] M. Zuniga, B. Krishnamachari, "Analyzing the Transitional Region in Low Power Wireless Links." in *Proceedings of IEEE International Conference on Sensors and Ad Hoc Communications and Networks*, Santa Clara, CA, USA, October. 2004, pp. 517-526.
- [6] M.Z. Zamalloa, B. Krishnamachari, "An Analysis of Unreliability and Asymmetry in Low-power Wireless Links." in *ACM Trans. Sens. Netw.*, June. 2007, 3, 7.