

무선 센서 네트워크에서 데이터 신뢰성을 위한 링크 비용 산출 방안에 관한 연구

이대희¹ · 조경우¹ · 강철규² · 오창현^{1*}

¹한국기술교육대학교(KOREATECH) · ²SEMES

A Study on the Link Cost Estimation for Data Reliability in Wireless Sensor Network

Dae-hee Lee¹ · Kyoung-woo Cho¹ · Chul-gyu Kang² · Chang-heon Oh^{1*}

¹Korea University of Technology and Education · ²SEMES Co. LTD.

E-mail : akwpffks8489@koreatech.ac.kr

요 약

무선 센서 네트워크는 싱크 노드로 데이터가 집중되는 수렴적인 구조로 인해 네트워크 내 불균형적인 에너지 소모가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존 연구에서는 소스 노드 및 싱크 노드 사이에 중계 노드를 배치하여 싱크 노드로 집중되기 전 데이터를 병합 및 처리하였다. 하지만 링크 품질을 고려하지 않은 중계 노드의 배치는 재구성된 라우팅 경로의 링크 품질에 따른 패킷 손실을 야기한다. 따라서 본 논문에서는 중계 노드 선정을 위한 라우팅 경로 재구성 시 데이터 신뢰성을 고려한 링크 비용 산출 방법을 제안한다. 라우팅 메트릭 값으로 홵 수 및 RSSI를 고려한 링크 비용 산출 수식을 제안하며 센서 모듈 간 패킷 전송 실험을 통해 RSSI 임계값을 선정한다.

ABSTRACT

Wireless sensor networks have unbalanced energy consumption due to the convergence structure in which data is concentrated to sink nodes. To solve this problem, in the previous research, the relay node was placed between the source node and the sink node to merge the data before being concentrated to the sink node. However, selecting a relay node that does not consider the link quality causes packet loss according to the link quality of the reconfigured routing path. Therefore, in this paper, we propose a link cost calculation method for data reliability in routing path reconfiguration for relay node selection. We propose a link cost estimation formula considering the number of hops and RSSI as the routing metric value and select the RSSI threshold value through the packet transmission experiment between the sensor modules.

키워드

Wireless sensor network, Data aggregation tree, Routing metric, Link cost, RSSI

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 센서 노드와 싱크 노드가 멀티 홵으로 연결되어 각 센서 노드가 수집한 데

이터를 싱크 노드로 전송하는 수렴적인 구조를 갖는다 [1]. 싱크 노드 주변의 센서 노드는 싱크 노드로부터 멀리 떨어져 있는 센서 노드보다 데이터 전송 및 처리량이 많아 상대적으로 에너지 소모량이 크다. 무선 센서 네트워크의 불균형한 에너지 소모는 특정 노드의 에너지를 고갈시키는 에너지

* corresponding author

홀 문제를 야기한다 [2]. 이로 인해 네트워크의 정상적인 데이터 수집 및 전송이 불가능하게 되어 네트워크 기능 상실 및 수명 감소 문제가 발생한다 [3],[4].

기존 연구에서는 무선 센서 네트워크의 에너지 불균형 소모 문제를 해결하기 위해 네트워크 내 최적의 중계 노드를 선정하는 데이터 병합 트리를 이용하고 있다. 선정된 중계 노드에서 데이터를 병합 및 처리하여 네트워크의 불균형 에너지 소모를 해결하고자 하였다 [5],[6]. 하지만 중계 노드 선정 시 최단거리 및 에너지 소모율만을 고려하는 것은 경로 재구성 후 링크 품질이 낮은 경로로 인해 패킷 손실이 발생할 문제가 있다.

따라서 본 논문에서는 데이터 병합 트리 기반 무선 센서 네트워크에서 데이터 신뢰성을 위한 링크 비용 산출 방안을 제안한다. 제안하는 방법은 데이터 병합 트리에서 경로 선정 시 각 경로의 링크 비용을 산출하기 위해 홉 수 및 RSSI를 고려한다. 또한 센서 모듈을 이용한 데이터 전송 실험을 통해 RSSI 임계값을 선정한다.

II. 링크 비용 산출 방법

본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 데이터 병합 트리에서 최적의 경로 설정을 위해 홉 수 및 링크 품질을 고려한다. 경로 선정을 위한 링크 비용 산출 수식은 기존 연구에서 사용한 수식을 이용한다 [7]. 라우팅 매트릭 값으로 소스 노드 및 싱크 노드 간의 홉 수, 경로 간 RSSI를 이용하여 링크 산출 수식은 다음과 같다.

$$LC = \alpha H + n \cdot (1 - \alpha) \cdot f_{rssi}(R_{cur}) \quad (1)$$

식 (1)은 소스 노드와 싱크 노드 간의 거리를 나타내는 홉 수 (H), 경로 간의 링크 품질을 나타내는 RSSI ($f_{rssi}(R_{cur})$)를 통해 링크 비용을 산출한다. α 는 홉 수와 RSSI 매트릭 중에 어떤 요소에 가중치를 더 부여할지 결정하며 $0 < \alpha < 1$ 의 값을 갖는다. H , $f_{rssi}(R_{cur})$ 은 둘 다 정수 값이므로 매트릭 값의 범위를 균등하게 스케일링해주는 scale factor ρ 는 고려하지 않았다.

식 (1)의 $f_{rssi}(R_{cur})$ 는 다음 식 (2)와 같다.

$$f_{rssi}(R_{cur}) = \begin{cases} \infty & , R_{cur} \leq R_{th} \\ \frac{R_{cur}}{R_{th}} & , R_{cur} > R_{th} \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)의 R_{cur} 는 현재 수신측 노드의 수신 감도이며 R_{th} 는 수신 감도의 임계값을 나타낸다. R_{cur} 값이 R_{th} 보다 작은 경우 노드 간의 패킷 손실이 크므로 링크 비용을 ∞ 으로 설정하여 경로 선

택 시 제외한다. R_{cur} 값이 R_{th} 을 초과한 경우에는 $\frac{R_{cur}}{R_{th}}$ 을 계산하여 수신 감도가 좋은 경로를 선정한다. 또한 R_{cur} 값이 R_{th} 을 초과한 경우 링크 비용 산출 시 $f_{rssi}(R_{cur})$ 값이 H 보다 작은 값이 나오므로 n 을 곱해주어 홉 수 보다 RSSI에 높은 가중치를 부여하였다.

III. 실험 및 결과

RSSI의 임계값을 선정하기 위해 센서 모듈을 이용한 데이터 전송 실험을 진행하였다. 통신방식의 경우 대규모 IoT(Internet of Things) 환경에서 경량의 센싱 데이터 수집을 위해 등장한 LPWA(Low Power Wide Area) 기술 중 LoRa를 선정하였다. 실험에 사용한 센서 모듈의 LoRa transceiver의 경우 Semtech사의 SX1278이 사용되었다.



그림 1. 데이터 전송 실험환경

그림 1은 해당 센서 모듈을 이용한 데이터 전송 실험 환경을 나타낸다. 모듈 간 데이터 전송에 사용된 LoRa parameter의 경우 주파수는 868MHz, coding rate 4/5, spreading factor 7, bandwidth 125kHz로 설정하였다. 실내에서 실험 진행을 위해 LoRa transceiver의 안테나를 제거하였으며, 거리 및 송신 전력을 변경하여 RSSI를 조절하였다. -100~119dBm의 RSSI 범위를 조절하며 해당 RSSI 값에서 5회 반복하여 패킷 전송률을 측정하였다.

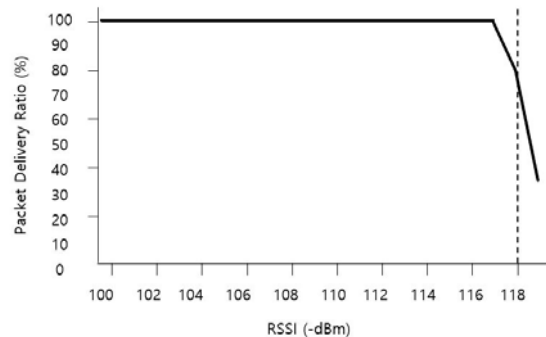


그림 2. RSSI 값에 따른 패킷 전송률

그림 2는 RSSI 값에 따른 평균 패킷 전송률을 나타낸다. 실험 결과 -100~-117dBm의 경우 100%의 패킷 전송률을, -118dBm의 경우 80%, -119dBm의 경우 36%의 평균 패킷 전송률을 확인하였다. 따라서 95% 이상의 패킷 전송률 확보를 위해 링크 비용 산출 시 식 (2)의 수신 감도의 임계값 R_{th} 을 -118dBm으로 선정하였다.

IV. 결 론

네트워크 내 데이터가 싱크 노드로 집중되는 구조를 갖는 무선 센서 네트워크는 에너지 홀 문제가 발생하며 이로 인해 네트워크의 기능 상실 및 수명 감소의 문제가 야기된다. 기존 연구에서는 중계 노드 선정을 통해 데이터를 병합하는 데이터 병합 트리를 이용하여 에너지 홀 문제를 해결하고자 하였다. 하지만 중계 노드 선정 시 링크 품질을 고려하지 않아 라우팅 경로 재구성 후 패킷 손실 문제가 발생할 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 데이터 병합 트리 기반 무선 센서 네트워크에서 데이터 신뢰성을 위한 링크 비용 산출 방안을 제안하였다. 라우팅 경로 재구성 시 각 경로 간 링크 비용을 산출하기 위해 라우팅 메트릭 값으로 홉 수 및 RSSI를 고려하였다. 링크 비용 산출 수식에서 홉수보다 RSSI에 가중치를 더 부여하였으며 정수값을 가지는 라우팅 메트릭으로 인해 scale factor를 고려하지 않았다. 또한 RSSI 임계값을 선정하기 위해 센서 모듈을 통해 데이터 전송 실험을 진행하였다. 실험 결과 링크 비용 산출을 위한 RSSI 임계값을 -118dBm으로 선정하였다. 선정된 RSSI 임계값 및 링크 비용 산출 수식을 이용하여 데이터 병합 트리 기반 무선 센서 네트워크에서 라우팅 경로 재구성 시 최적의 경로 선정이 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] M. A. Mahmood, W. K. G. Seah, and I. Welch, "Reliability in wireless sensor networks: a survey and challenges ahead," *Computer Networks*, Vol. 79, No. 14, pp. 166-187, Mar. 2015.
- [2] J. Ren, Y. Zhang, K. Zhang, A. Liu, J. Chen, and X. S. Shen, "Lifetime and energy hole evolution analysis in data-gathering wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, Vol. 12, No. 2, pp. 788-800, Mar. 2015.
- [3] H. Yetgin, K. T. K. Cheung, M. E. Hajjar, and L. H. Hanzo, "A survey of network lifetime maximization techniques in wireless sensor networks," *IEEE Communications Surveys &*

- Tutorials*, Vol. 19, No. 2, pp. 828-854, Jan. 2017.
- [4] A. Ghaffari, "Congestion control mechanisms in wireless sensor networks: A survey," *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 52, pp. 101-115, Jun. 2015.
- [5] S. Wan, Y. Zhang, and J. Chen, "On the construction of data aggregation tree with maximizing lifetime in large-scale wireless sensor networks," *IEEE Sensors Journal*, Vol. 16, No. 20, pp. 7433-7440, Jun. 2016.
- [6] H. H. Choi, "An energy-efficient data-centric routing algorithm for wireless sensor networks," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 20, No. 11, pp. 2187-2192, Nov. 2016.
- [7] M. H. Kim, "A study on the optimal path selection considering application requirements in wireless sensor networks," M.S. Theses, Korea University, Seoul, 2014.