The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 18, No. 5, pp.117-121, Oct. 31, 2018. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.5.117
JIIBC 2018-5-15

클러스터 구성 최적화를 통한 무선 센서 네트워크 수명 개선

Lifetime Improvement of WSN by Optimizing Cluster Configuration

이종용*

Jong-Yong Lee*

요 약 무선 센서 네트워크는 센서 노드들이 무선으로 구성되어 있는 네트워크이다. 무선으로 구성이 되기 때문에 설치 장소에 제약이 없다. 대신 센서 노드들은 배터리와 같은 제한된 에너지를 가지게 된다. 따라서 네트워크를 오랫동안 유지하려면 에너지 소모를 최소화하여야 한다. 에너지 소모를 최소화하기 위한 여러 프로토콜이 제안되었는데, 그 중 대표적인 프로토콜이 LEACH 프로토콜이다. LEACH 프로토콜은 클러스터 방식 프로토콜로 센서 공간을 클러스터로 나눔으로써 에너지 소모를 최소화한다. 클러스터의 구성에 따라 네트워크 수명이 증가할 수도 있지만, 오히려 수명이 단축될 수도 있다. 본 논문에서는 LEACH Protocol에서 클러스터 헤드 선출 방법을 개선하여 네트워크 수명을 향상시키고자 한다.

Abstract A Wireless Sensor Network is a network that is composed of wireless sensor nodes. There is no restriction on the place where it can be installed because it is composed wirelessly. Instead, sensor nodes have limited energy, such as batteries. Therefore, to use the network for a long time, energy consumption should be minimized. Several protocols have been proposed to minimize energy consumption, and the typical protocol is the LEACH protocol. The LEACH protocol is a cluster-based protocol that minimizes energy consumption by dividing the sensor field into clusters. Depending on how you organize the clusters of sensor field, network lifetimes may increase or decrease. In this paper, we will improve the network lifetime by improving the cluster head selection method in LEACH Protocol.

Key Words : WSN, LEACH, Cluster, Sensor, Configuration, Energy

Ⅰ. 서 론

무선 센서 네트워크[1][2]는 측정이 가능한 센서가 장착된 노드들이 무선으로 구성되고 통신하는 네트워크이다. 무선으로 구성되었기에 노드를 설치하는 장소에 대한 제한이 크게 없다. 다만 유선 네트워크와는 다르게 노드가 무선으로 구성되어 있어 배터리와 같은 제한된 에너지를 가진다. 보통, 사람이 가기 힘들거나 갈 수 없는 장소에 설치되는 경우도 있어 노드의 에너지가 모두 소모되었을 때에는 해당 노드를 더 이상 사용할 수 없게 된다. 사용할 수 없는 노드가 늘어날수록 네트워크는 사용할 수 없게 된다. 그렇기 때문에 네트워크를 오랫동안 유지하고 사용하려면 노드의 에너지 소모를 최소화해야 한다. 노드의 에너지 소모를 최소화하기 위한 여러 프로토콜들이 연구 및 제안되었는데[3][4][5][6], 그 중 대표적인 프로토콜이 클러스터 기반의 LEACH Protocol [7]이다. LEACH Protocol

*정회원, 광운대학교(주저자)
접수일자 : 2018년 7월 4일, 수정완료 : 2018년 9월 4일
게재확정일자 : 2018년 10월 5일

Received: 4 July, 2018 / Revised: 4 September, 2018 / Accepted: 5 October, 2018
*Corresponding Author: jyonglee@kw.ac.kr
Department of Culture, Kwangwoon University, Korea

은 클러스터 헤드 선출 임계식을 이용하여 클러스터 헤드 노드를 선출하고, 해당 클러스터 헤드 노드를 기준으로 센서 공간을 클러스터로 나눈다. 클러스터에 속한 멤버 노드는 기지국으로 데이터를 전송하는 것이 아니라 클러스터 헤드 노드로 데이터를 전송함으로써, 전송 거리를 단축시킨다. 전송 거리가 줄어듦에 따라 소모 에너지도 줄어들고, 자연스럽게 네트워크 수명도 향상된다. 하지만 임계식을 이용하기 때문에 클러스터 헤드 노드가 항상 효율적이게 선출되는 것이 아니다. 특히 인접한 노드끼리 클러스터 헤드 노드로 선출될 경우 비효율적인 클러스터를 형성할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 비효율적인 경우를 줄이는 개선 방법을 제안하고자 한다.

II. 관련 연구

1. LEACH 프로토콜

LEACH Protocol은 클러스터 기반 라우팅 프로토콜로, 센서 공간을 여러 개의 클러스터로 나눈다. 각 클러스터마다 클러스터 헤드를 담당하는 노드가 하나씩 있다. 클러스터 헤드 노드는 클러스터 내에 있는 멤버 노드들의 데이터를 수신 받은 후 데이터를 병융합하여 기지국으로 전송하는 역할을 한다. LEACH Protocol은 클러스터 구성 및 전송 스케줄을 결정하는 설정 단계와 설정 단계에서 결정된 스케줄에 맞게 전송이 이루어지는 정상 상태 단계로 구성된다.

클러스터 헤드 노드는 클러스터 내의 데이터들을 모으고 병융합 후 기지국으로 전송하기 때문에 에너지 소모가 크다. 그리고 멤버 노드와 다르게 전송 거리가 줄어들지도 않는다. 에너지 소모가 많은 클러스터 헤드 노드가 한 노드에만 지속적으로 선출되지 않고 모든 노드들이 균일하게 선출되어 에너지 소모를 분산시키는 것을 목적으로하는 LEACH Protocol은 설정 단계에서 아래 식 (1)과 같은 임계식을 이용하여 주기마다 클러스터 헤드 노드가 바뀌도록 한다.

$$T(n) = \begin{cases} \dfrac{p}{1-p(r \bmod \frac{1}{p})} & \text{if } n \in G \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

LEACH Protocol의 임계식은 주변에 클러스터 헤드로 선출된 노드가 있는지 고려하지 않는 문제가 있어, 근접한 노드끼리 클러스터 헤드로 선출될 수 있다. 클러스터 헤드 노드끼리 근접해 있을 경우에는 클러스터가 비효율적이게 구성이 될 수 있는 문제가 발생한다.

본 논문에서는 클러스터 헤드 노드를 선출할 때 주변 클러스터 헤드 수를 고려하여 근접한 노드가 클러스터 헤드 노드로 선출되지 않도록하는 방법을 제안하고자 한다.

III. 제안

LEACH Protocol에서 클러스터 헤드 노드를 선출할 때, 식 (1)과 각 노드에서 발생하는 난수를 비교하는 방법으로 클러스터 헤드 노드를 선출한다. 노드에서 발생한 난수가 식 (1)의 값보다 작으면 클러스터 헤드 노드로 선출된다.

식 (1)의 값과 노드의 난수 값은 0에서 1사이의 값을 가지게 된다. 따라서, 식(1)의 값이 1에 가까워질수록 선출 확률이 증가하게 된다.

이를 이용하여, 인접한 노드끼리 클러스터 헤드 노드로 선출되는 것을 방지하기 위해 클러스터 평균 범위 내 클러스터 헤드 노드와 일반 노드의 비율을 확인하고, 클러스터 헤드 노드가 많을 경우 선출 확률이 줄어들도록 LEACH Protocol의 임계식인 식(1)에 식 (2)와 같은 가중치를 추가하였다.

$$\frac{x_A - x_{A_CH}}{x_A} \quad (2)$$

여기서 x_A은 노드 x의 r범위 내 노드 수이고, x_{A_CH}는 노드 x의 r범위 내 클러스터 헤드 노드 수이다.

범위 r은 M x M 크기의 센서 공간에서 하나의 클러스터의 원면적이며, 아래 식(3)을 통해 구할 수 있다. 여기서 N은 총 노드의 개수이며, p는 클러스터 헤드 선출 확률이다.

$$\pi r^2 = \frac{M \times M}{N \times p} = \frac{M^2}{N \times p}$$
$$\rightarrow r^2 = \frac{M^2}{N \times p \times \pi}$$
$$\rightarrow r = \frac{M}{\sqrt{N \times p \times \pi}} \quad (3)$$

이 가중치를 추가함으로써, r범위 내 클러스터 헤드 노드가 많으면 많을수록 해당 노드의 클러스터 헤드 선출 확률을 낮출 수 있다.

Ⅳ. 실험 및 결과

1. 라디오 모델

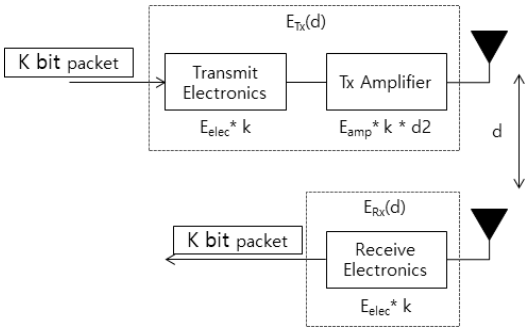

그림 1. 라디오 모델 순서도
Fig. 1. Flowchart of Radio Model

데이터를 전송할 때에는 데이터 메시지 크기에 따른 전송 에너지와 거리에 따른 증폭 에너지를 필요로 한다.

전송 거리가 자유 공간 거리 내라면 거리의 제곱을 소모하지만, 자유 공간을 벗어나면 거리의 네 제곱을 소모한다. 그렇기 때문에 무선 네트워크에서는 전송 거리가 멀어질수록 에너지 소모가 커진다.

$$E_{TX}(l,d) = E_{TX-elec}(l) + E_{TX-amp}(l,d)$$
$$E_{TX}(l,d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\varepsilon_{fs}d^2 \ , d \le d_0 \\ lE_{elec} + l\varepsilon_{mp}d^4 , d > d_0 \end{cases} \quad (4)$$

데이터를 수신할 때에는 데이터 메시지 크기에 따른 수신 에너지를 필요로 한다.

$$E_{RX}(l) = E_{RX-elec}(l) = lE_{elec} \quad (5)$$

2. 실험

MATLAB을 이용하여 기존 프로토콜과 제안된 프로토콜의 성능 비교를 하였으며, 라디오 모델 매개변수는 표 1의 값을 이용하였다.

표 1. 라디오 모델 파라미터
Table 1. Radio Model Parameters

Radio Model Parameter	값
Data Aggregation	5nJ/bit/signal
Energy dissipation to run the radio device (E_{elec})	50nJ/bit
Free space model of Transmitter Amplifier (ε_{fs})	10pJ/bit/m^2
Multi path model of Transmitter Amplifier (ε_{mp})	0.0013pJ/bit/m^4

실험 매개변수는 표 2의 값을 이용하였다.

실험 시 센서 공간은 100 x 100 크기와 200 x 200 크기 두 종류를 사용하였다. 노드 배치는 무작위 배치하였으며, 프로토콜간 성능 비교시에는 동일한 노드 배치를 이용하였다.

표 2. 실험 파라미터
Table 2. Simulation Parameters

Parameter	값
Number of Sensor Nodes	100
Sensor Field	100 x 100 200 x 200
Position of Base Station	(50, 150) (100, 300)
Initial Energy	0.5J

3. 실험 결과

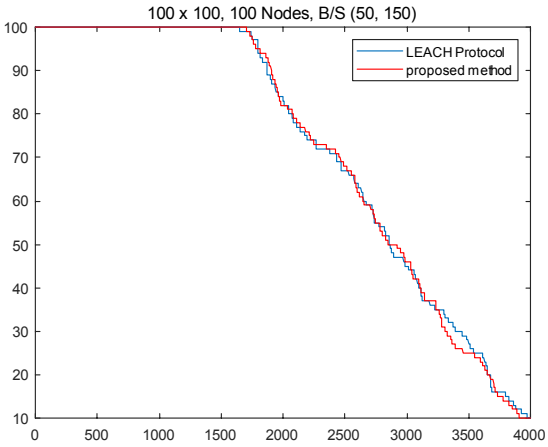

그림 2. 100 x 100 크기에서의 실험 결과
Fig. 2. Simulation Result at size 100 x 100

센서 공간이 100 x 100일 때의 실험 결과는 그림 2와 표 3과 같다. 제안하는 방법은 LEACH Protocol에 비해 3% 네트워크 수명이 향상된 것을 확인할 수 있다.

표 3. 100 x 100 크기에서의 실험 결과 비교
Table 3. Comparison of Simulation Results at size 100 x 100

Protocol	FND	개선율
LEACH 프로토콜	1647	
제안 방법	**1701**	**3% ▲**

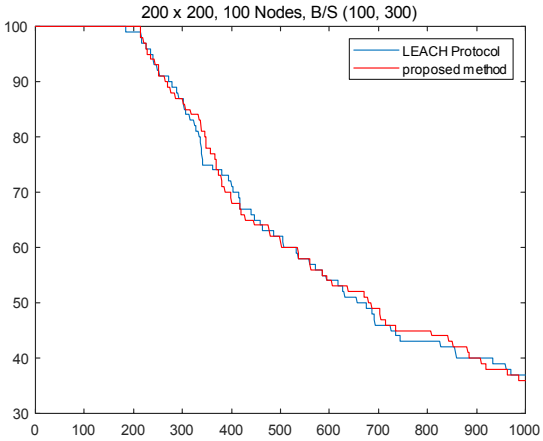

그림 3. 200 x 200 크기에서의 실험 결과
Fig. 3. Simulation Result at size 200 x 200

센서 공간이 200 x 200일 때의 실험 결과는 그림 3과 표 4와 같다. 제안하는 방법은 LEACH Protocol에 비해 15% 네트워크 수명이 향상된 것을 확인할 수 있다.

표 4. 200 x 200 크기에서의 실험 결과 비교
Table 4. Comparison of Simulation Results at size 200 x 200

Protocol	FND	개선율
LEACH 프로토콜	185	
제안 방법	**214**	**15% ▲**

V. 결 론

클러스터링 기반 무선 센서 네트워크 프로토콜의 경우 네트워크 수명 향상에 도움이 되지만, 클러스터를 대표하는 클러스터 헤드 노드는 클러스터 내의 멤버 노드들의 데이터를 모아 전송하기 때문에 에너지 소모가 크다. 게다가 기존 LEACH Protocol의 선출 임계식을 이용할 경우 클러스터 헤드 노드끼리 근접하게 선출되는 경우가 있다. 이 경우 클러스터 구성이 비효율적이게 될 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 최소화하기 위해 주변 클러스터 헤드 노드 수를 고려하여 클러스터 헤드 노드를 선출했으며, 실제 네트워크 수명이 향상되었다.

References

[1] J.Y. Lee and K.D. Jung and B.Shrestha and J.S. Lee “Energy Efficiency Improvement of the of a Cluster Head Selection for Wireless Sensor Networks”, International Journal of Smart Home, Vol.8, No.3 (2014), pp.9-18, 2014.
DOI: http://dx.doi.org/10.14257/ijsh.2014.8.3.02

[2] J.Y. Lee, “Energy Improvement of WSN Using The Stochastic Cluster Head Selection”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 15, No. 1(2015), pp.125-129.
DOI: http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.1.125

[3] Y.I. Song, K.D. Jung, S.R. Lee, and J.Y. Lee, “A Study of Cluster Head Election of TEEN applying the Fuzzy Inference System”, International Journal of Advanced Smart Convergence, Vol.5, No.1(2016), pp. 66-72.
DOI: http://dx.doi.org/10.7236/IJASC.2016.5.1.66

[4] W.S. LEE, K.D. Jung, and J.Y. Lee, "Improvement of Cluster Head selection of LEACH Protocol" International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), Vol.12, No.20, 2017.

[5] M.J. Handy, M. Haase, and D. Timmermann. "Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic cluster-head selection." Mobile and Wireless Communications Network, 2002. 4th International Workshop on. IEEE, 2002.
DOI: https://doi.org/10.1109/MWCN.2002.1045790

[6] G. Ran, H. Zhang, and S. Gong, “Improving on

LEACH Protocol of Wireless Sensor Networks Using Fuzzy Logic", Journal of Information & Computational Science, Vol. 7, No. 3 (2010), pp. 767-775.

[7] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000.
DOI: https://doi.org/10.1109/HICSS.2000.926982

저자 소개

이 종 용(정회원)

- 1983년 2월 : 한양대학교 원자력공학과(공학사)
- 1988년 2월 : 광운대학교 전자공학과(공학석사)
- 1993년 2월 : 광운대학교 전자공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 교수

<주관심분야 : 자동제어, 센서네트워크, 영상인식>

※ 이 논문은 2017년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.