

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.5.87>
JIIBC 2019-5-12

클러스터 기반 WSN 프로토콜에서 클러스터 헤드 노드의 전송 방법 개선

Improvement of Cluster-head node's Transmission Method in Cluster-based WSN Protocol

이종용*

Jong-Yong Lee*

요 약 WSN은 배터리와 같은 제한된 전원을 가진 센서 노드가 무선으로 구성된 네트워크이다. 센서 노드의 배터리가 모두 소모되면 해당 노드는 더는 동작하지 않으며, 일정 이상의 노드가 동작하지 않으면 네트워크는 제 역할을 하지 못하게 된다. 따라서 노드의 에너지 효율을 높여 에너지 소모를 최소화하면 네트워크의 수명을 증가시킬 수 있다. 에너지 효율을 높이기 위한 프로토콜은 다양하게 있으며, 그중 클러스터 방식과 체인 방식의 프로토콜이 있다. 클러스터 기반 프로토콜은 센서 공간을 클러스터로 나누어 각 클러스터마다 클러스터 내 데이터를 수집해 전송하는 클러스터 헤드를 선출한다. 클러스터 헤드로 선출된 노드의 경우 에너지 소모가 심한 문제가 있다. 체인 기반 프로토콜로 센서 노드들을 체인으로 연결하여 전송한다. 본 논문에서는 클러스터 기반 프로토콜인 LEACH Protocol에서 클러스터 헤드의 에너지 소모를 줄이기 위해 체인 연결 기법을 사용하여 네트워크 수명을 늘리고자 한다.

Abstract WSN is a wirelessly configured network of sensor nodes with limited power such as batteries. If the sensor node's battery is exhausted, the node is no longer available. Therefore, if the network is to be used for a long time, energy consumption should be minimized. There are many Wireless Sensor Network Protocols to improve energy efficiency, including Cluster-based and chain-based Protocols. Cluster-based Protocols elect Cluster Heads and divide sensor field into Clusters. The Cluster Head collects the data in the Cluster and transmits it to the Base Station. In the case of nodes elected as Cluster Heads, there is a problem of energy consumption. The chain-based Protocol links sensor nodes in a chain and finally transmits all data to the Base Station. In this paper, we intend to increase the network lifetime by using a chain to reduce the energy consumption of the Cluster Head in the Cluster-based Protocol, LEACH Protocol.

Key Words : Cluster, Chain, Energy, Network, Transmission, WSN

*정회원, 광운대학교 인제니움학부대학
접수일자 2019년 8월 20일, 수정완료 2019년 9월 20일
게재확정일자 2019년 10월 4일

Received: 20 August, 2019 / Revised: 20 September, 2019 /

Accepted: 4 October, 2019

Corresponding Author: jyonglee@kw.ac.kr

Ingenium college of liberal arts, KwangWoon University, Korea

I. 서 론

WSN^{[1][2]}은 데이터를 수집할 수 있는 센서 노드들이 무선으로 구성된 네트워크를 말한다. 센서 노드들은 일반 가정이나 자연환경, 도로 등에 설치되어 환경의 변화를 측정 혹은 관찰할 수 있다. WSN은 이러한 장점들도 있지만, 단점도 존재한다. WSN는 유선 네트워크와는 달리 센서 노드마다 배터리와 같은 제한된 전원이 장착되어 동작한다. 배터리가 모두 소모되어 버리면 해당 센서 노드는 더는 제 역할을 하지 못하게 된다. 그러므로 네트워크가 오랫동안 유지되려면 에너지 소모를 최소화해야 한다. 네트워크의 에너지 효율을 높이기 위한 WSN 프로토콜이 다수 존재하며 방식도 다양하다. [3][4][5][6]

클러스터 기반 프로토콜인 LEACH Protocol^[7]은 센서 공간을 클러스터로 나눔으로써, 클러스터에 속한 멤버 노드들은 기지국으로 직접 전송하는 것보다 전송 거리를 줄일 수 있다. 또한, 클러스터 헤드 선출 확률 식을 이용하여 클러스터 헤드를 주기적으로 순환시켜 선정하는 프로토콜이다. PEGASIS^[8]는 체인 기반 프로토콜로 육십쟁이 알고리즘을 이용하여 노드들을 체인으로 연결한다. 체인으로 구성된 노드 중 하나가 리더 노드가 되어 기지국으로 데이터를 전송한다. LEACH Protocol의 경우 클러스터 헤드의 에너지 소모가 크다. 이 클러스터 헤드의 전송 거리를 단축하거나 전송 방법을 개선함으로써 네트워크 수명을 개선할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 이 클러스터 헤드를 체인으로 연결하여 전송함으로써 네트워크 수명을 개선하고자 한다.

II. 관련 연구

1. LEACH Protocol

LEACH Protocol은 클러스터 기반 라우팅 프로토콜이다. 센서 공간을 클러스터로 나누고, 클러스터마다 클러스터를 대표하는 클러스터 헤드 노드가 하나씩 있다. LEACH Protocol은 클러스터 헤드를 선정할 때 클러스터 내의 모든 노드가 한 번씩 클러스터 헤드가 될 기회를 준다. LEACH Protocol은 클러스터 헤드 선출이 이루어지는 설정 단계와 실질적으로 전송이 이루어지는 정상 상태 단계가 있다. 클러스터 헤드는 클러스터 내 멤버 노드의 데이터를 모아 전송하기 때문에 에너지 소모가 많다. 한 노드가 지속적으로 클러스터 헤드로 선정되면 네트워크 수명이 빠르게 줄어들기 때문에 LEACH

Protocol에서는 임계식을 이용하여 모든 노드들이 한 번씩 클러스터 헤드로 선정될 수 있도록 한다. 설정 단계에서는 식 (1)의 $T(n)$ 임계식을 이용하여 클러스터 헤드를 선정한다.

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

식 (1)에서 p 는 클러스터 헤드 선정 확률을 나타내고, r 은 현재 라운드를 나타낸다. 집합 G 는 이전 라운드까지 클러스터 헤드로 선정되지 않은 노드들의 집합이다. 집합 G 에 속한 노드만 클러스터 헤드로 선정될 자격을 얻는다. 클러스터 헤드로 선정될 경우에는 집합 G 에 더 이상 속하지 않게 된다. 만약 집합 G 가 비어 더는 클러스터 헤드가 될 수 있는 노드가 없으면, 에너지가 남아 있는 노드를 집합 G 에 속하도록 하여 클러스터 헤드로 선정될 수 있도록 한다. 각각의 라운드가 시작되면 각각의 노드들이 독립적으로 자신이 집합 G 에 속하는지 확인 후 집합 G 에 속하면 0과 1 사이의 임의의 수를 이용하여 임계치와 비교한다. 만약 임의의 수가 $T(n)$ 의 값보다 작다면 노드는 현재 라운드에서 클러스터 헤드가 된다. 클러스터 헤드가 모두 선정되고 나면 클러스터 내 멤버 노드들은 데이터를 클러스터 헤드로 전송한다. 클러스터 헤드는 수신받은 데이터들은 모두 모아 자신의 데이터와 함께 기지국으로 전송한다. LEACH Protocol의 순서도는 아래 그림 1과 같다.

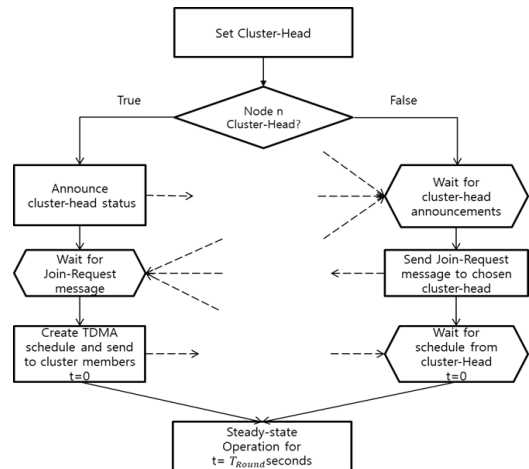


그림 1. LEACH Protocol 순서도
Fig. 1. Flowchart of LEACH Protocol

2. PEGASIS

PEGASIS는 체인 기반 라우팅 프로토콜이다. 기지국으로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드에서 시작하여 욕심쟁이 알고리즘을 통해 기지국까지 전송하는 체인을 아래 그림 2와 같이 구성한다. 각 노드들은 가까운 노드로부터 데이터를 수신받고 데이터 병 용합 후 다른 가까운 노드로 전송한다. 그리고 최종적으로 체인으로 구성된 노드 중 리더 노드로 선정된 노드가 기지국으로 데이터를 전송하는 역할을 수행하게 된다.

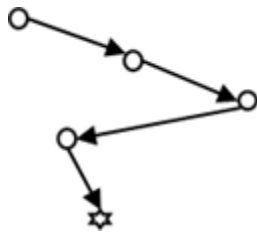


그림 2. 욕심쟁이 알고리즘을 이용한 체인 구성
 Fig. 2. Chain construction using the greedy algorithm

III. 제 안

LEACH Protocol의 경우 클러스터를 구성하는 방법으로 노드의 전송 에너지를 줄인다. 클러스터의 모든 데이터를 모아 전송하는 클러스터 헤드는 소비되는 에너지가 더 많다. 센서 공간이 넓을 경우 이러한 클러스터 헤드의 에너지 소모가 더욱 커지게 되는 문제점이 있다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 클러스터 헤드 노드들을 체인 구성하여 전송하고자 한다.

제안하는 방법은 기존 LEACH Protocol과 동일하게 클러스터 구성까지 마친다. 이후, 클러스터 헤드 노드는 기지국으로 바로 전송하지 않고 아래 단계와 같이 체인을 구성한 후, 체인에 따라 전송한다.

1. 기지국으로부터 d_0 범위 내 노드들을 우선 체인 연결한다. 만약 d_0 범위 내 노드가 하나도 없다면 가장 가까운 노드를 연결한다.
2. 연결된 노드들 기준으로 d_0 범위 내 노드들을 체인 연결한다. 마찬가지로 범위 내 노드가 하나도 없다면 가장 가까운 노드를 연결한다.
3. 모든 노드들이 체인 연결이 될 때까지 2단계를 반복한다.

그림 3과 같이 체인 구성이 진행된다.

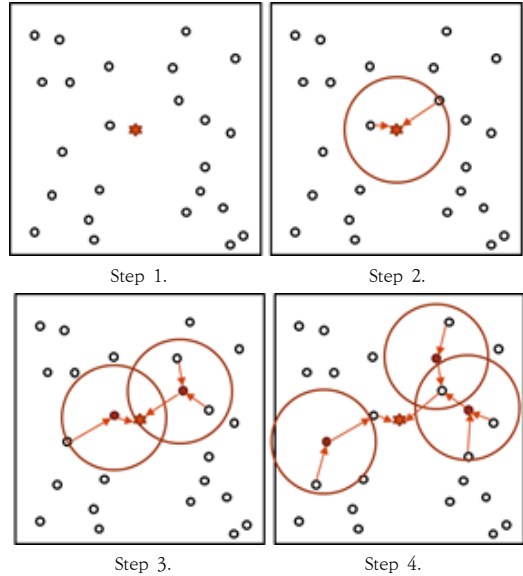


그림 3. 제안 방법 순서
 Fig. 3. Step of Proposed Method

이러한 방법은 욕심쟁이 알고리즘을 사용하지 않고도 체인이 순환되는 경우를 방지할 수 있고, 하나의 노드가 여러 개의 체인을 연결할 수 있어서 PEGASIS처럼 가장 멀리 있는 노드에서부터 목적지까지 돌아서 전송하는 경우를 최소화할 수 있다.

IV. 모의 실험 및 결과

1. 라디오 모델

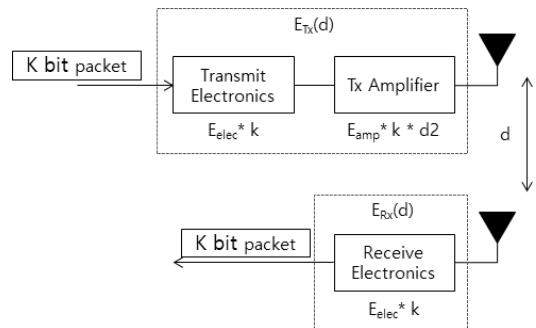


그림 4. 라디오 모델 순서도
 Fig. 4. Flowchart of Radio Model

데이터를 전송할 때에는 데이터 메시지 크기 l 과 전송 거리 d 에 따른 전송 에너지 $E_{TX-amp}(l, d)$ 와 증폭 에너지 $E_{TX-amp}(l, d)$ 를 필요로 한다.

전송 거리가 d_0 거리 이내라면 d^2 을 소모하지만, d_0 거리를 벗어나면 d^4 을 소모한다. 그러므로 무선 네트워크에서는 전송 거리가 멀어질수록 에너지 소모가 커진다. 데이터를 전송할 때 소모되는 에너지는 식 (2)와 같다.

$$E_{TX}(l, d) = E_{TX-elec}(l) + E_{TX-amp}(l, d)$$

$$E_{TX}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2, & d \leq d_0 \\ lE_{elec} + l\epsilon_{mp}d^4, & d > d_0 \end{cases} \quad (2)$$

데이터를 수신할 때에는 데이터 메시지 크기 l 에 따른 수신 에너지 $E_{RX-elec}(l)$ 를 필요로 한다. 데이터를 수신할 때 소모되는 에너지는 식 (3)과 같다.

$$E_{RX}(l) = E_{RX-elec}(l) = lE_{elec} \quad (3)$$

라디오 모델의 순서도는 그림 4와 같다.

모의 실험에서 사용될 라디오 모델 매개변수는 표 1의 값을 이용하였다.

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

Radio Model Parameter	값
E_{DA}	$5n.J/bit/signal$
E_{elec}	$50n.J/bit$
ϵ_{fs}	$10p.J/bit/m^2$
ϵ_{mp}	$0.0013p.J/bit/m^4$

2. 모의 실험

LEACH 프로토콜과 제안된 프로토콜의 성능 비교를 하였으며, MATLAB을 이용하여 모의 실험하였다. 센서 공간 내 노드 배치는 무작위 배치하였다. 모의 실험에서 사용될 매개변수는 표 2의 값을 이용하였다.

표 2. 모의 실험 매개변수
Table 2. Simulation Parameters

Parameter	값
Number of Sensor Nodes	200
Sensor Field	400 x 400
Position of Base Station	(200, 200)
Initial Energy	0.5J

3. 모의 실험 결과

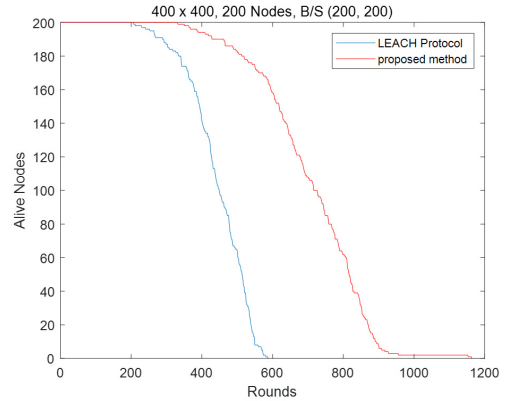


그림 5. 모의 실험 결과: 라운드 별 살아 있는 노드 그래프
Fig. 5. Simulation Result: Alive node graph by round

위 모의 실험 매개변수를 이용하여 네트워크 수명을 비교한 결과는 그림 5와 표 3과 같았다. 제안하는 방법은 LEACH Protocol에 비해 60% 네트워크 수명이 향상된 것을 확인할 수 있다.

표 3. 모의 실험 결과: FND 비교
Table 3. Simulation Result: FND Comparison

Protocol	FND	개선율
LEACH Protocol	206	
제안 방법	331	60% ▲

V. 결 론

클러스터링 기반 WSN 프로토콜의 경우 네트워크 수명 향상에 도움이 되지만, 클러스터의 데이터를 모아 전송하는 클러스터 헤드의 에너지 소모가 크다. 또한, 센서 공간이 넓을 경우 클러스터 헤드의 전송 거리가 멀어질 수 있으며, 그에 따라 에너지 소모가 더 심해질 수 있다. 이를 개선하기 위해 클러스터 헤드 노드끼리 체인을 구성하여 기지국으로 바로 전송하는 것보다 가까운 클러스터 헤드 노드를 거쳐 갈 수 있도록 하였다. 실제 모의 실험 결과 넓은 센서 환경에서 기존 LEACH Protocol에 비해 더 나은 네트워크 수명을 보여주었다. 하지만 제안된 방법의 경우 핫 스팟 문제를 고려하지 않았다. 추후, 이러한 문제를 개선하고자 한다.

References

- [1] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2002.1024422>
- [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/IIBC.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] J.Y. Lee, K. Jung, H. Jung, and D. Lee, "Improving the Energy Efficiency of a Cluster Head Election for Wireless Sensor Networks", International Journal of Distributed Sensor Networks, Article ID 305037, 6 pages, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1155%2F2014%2F305037>
- [6] J.Y. Lee, K. Jung, B. Shrestha, J. LEE, and S. Cho, "Energy Efficiency Improvement of the of a Cluster Head Selection for Wireless Sensor Networks", International Journal of Smart Home, Vol. 8, No. 3, pp.9-18, 2014.
- [7] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, 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>
- [8] S. Lindsey, and C.S. Raghavendra. "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems." Aerospace conference proceedings, 2002. IEEE. Vol. 3. IEEE, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1109/AERO.2002.1035242>

저 자 소 개

이 종 용(정회원)



- 1983년 2월: 한양대학교 원자력공학과(공학사)
 - 1988년 2월: 광운대학교 전자공학과(공학석사)
 - 1993년 2월: 광운대학교 전자공학과(공학박사)
 - 2005년 3월~현재: 광운대학교 교수
- 관심분야 : 자동제어, 센서네트워크, 영상인식, 빅데이터

※ 이 논문은 2018년도 광운대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.