

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.2.373

JCCT 2022-3-49

클러스터 헤드와 기지국간의 거리를 고려한 향상된 LEACH-C 라우팅 프로토콜

An improved LEACH-C routing protocol considering the distance between the cluster head and the base station

김태현*, 박세영**, 권오석***, 이종용****, 정계동*****

TaeHyeon Kim*, Sea Young Park**, Oh Seok Kwon***,
Jong-Yong Lee****, Kye-Dong Jung*****

요약 무선 센서 네트워크는 다양한 분야에서 활용 되어지고 있다. 무선 센서 네트워크는 보안, 군사감지, 환경관리, 산업제어, 홈 자동화 등 많은 영역에 적용된다. 하지만 네트워크를 구성하는 노드의 제한된 에너지에 한계로 활용범위가 제한되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 대표적 라우팅 프로토콜 중 LEACH-C를 기반으로 네트워크의 전송을 개선하여 에너지를 효율적으로 사용하는 LEACH-CCBD(Low Energy Adaptive Clustering hierarchy - Centralized with Cluster and Basestation Distance) 알고리즘을 제안한다. LEACH-CCBD 알고리즘은 클러스터 구성시 멤버노드들의 클러스터 소속에 대하여 멤버 노드로부터 클러스터의 거리와 클러스터 노드로부터 기지국까지의 거리를 합산한 값을 비교하여 선정 우선순위를 두어 클러스터 헤드를 소속시키는 기법이다. 제안한 LEACH-CCBD는 Matlab 시뮬레이션을 이용하여 각 프로토콜에 대한 성능 결과를 확인하였다. 실험결과 에너지 효율성이 LEACH, LEACH-C 알고리즘보다 우수함을 보였다.

주요어 : 무선센서네트워크, 라우팅프로토콜, 에너지, 리치, 리치-씨

Abstract Wireless sensor networks are being used in various fields. Wireless sensor networks are applied in many areas, such as security, military detection, environmental management, industrial control, and home automation. There is a problem about the limit of energy that the sensor network basically has. In this paper, we propose the LEACH-CCBD (Low Energy Adaptive Clustering hierarchy - Centralized with Cluster and Basestation Distance) algorithm that uses energy efficiently by improving network transmission based on LEACH-C among the representative routing protocols. The LEACH-CCBD algorithm is a method of assigning a cluster head to a cluster head by comparing the sum of the distance from the member node to the cluster distance and the distance from the cluster node to the base station with respect to the membership of the member nodes in the cluster when configuring the cluster. The proposed LEACH-CCBD used Matlab simulation to confirm the performance results for each protocol. As a result of the experiment, as the lifetime of the network increased, it was shown to be superior to the LEACH and LEACH-C algorithms.

Key words : WSN, Routing Protocol, Energy, LEACH, LEACH-C

*정회원, 광운대학교 플라즈마 디스플레이학과 박사과정
(제1저자)

**정회원, 광운대학교 실감융합콘텐츠학과 박사과정 (참여저자)

***정회원, 광운대학교 플라즈마 디스플레이학과 박사 (참여저자)

****정회원, 광운대학교 인제니움학과 교수 (참여저자)

*****정회원, 광운대학교 인제니움학과 교수 (교신저자)

접수일: 2022년 2월 28일, 수정완료일: 2022년 3월 1일

게재확정일: 2022년 3월 8일

Received: February 28, 2022 / Revised: March 1, 2022

Accepted: March 8, 2022

*Corresponding Author: gdchung@kw.ac.kr

Dept. of Ingenium College of liberal arts, KwangWoon Univ,
Korea

I. 서론

무선 센서 네트워크는 사람이 직접 다가가지 못하는 척박한 외부적 물리 환경에서 센싱 데이터를 모니터링 하고 네트워크를 통해 클러스터 헤드 또는 기지국으로 전달하는 센서들로 구성되어있다. 무선 센서 네트워크는 다량의 센서로 구성되어있다. 그리고 각 센서 노드들은 서로 연결되어 있다. [1-4]

현재 무선 센서 네트워크 분야는 저전력 소비에 대한 이슈를 가지고 있다. 제한적인 배터리를 가지고 있기 때문에 이에 대해서 네트워크의 수명을 유지하기 위해서 에너지 효율성은 핵심 고려 요소가 된다. [5-7]

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 내에서 사용되는 프로토콜 중 LEACH-C(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy-Centralized)를 기반으로 주안점을 추가하여 에너지 효율성을 높이는 제안을 하였다. 제안된 프로토콜은 Matlab 시뮬레이션을 이용하여 각 프로토콜에 대한 성능 결과를 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 LEACH-C 라우팅 프로토콜에 대하여 기술하고 3장에서는 제안 알고리즘인 LEACH-CCB 프로토콜에 대해, 4장에서는 Matlab을 통해 성능을 평가하고 5장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해서 소개하고자한다.

II. 관련연구

1. LEACH-C

LEACH-C는 LEACH를 기반으로 제안된 프로토콜이다. LEACH는 대표적인 계층형 라우팅 프로토콜로 클러스터의 개념과 클러스터 헤드에 대한 개념을 적용하였으며 확률 임계식을 통해 클러스터의 개수를 선정하는 주안점들을 제안하였다.

LEACH는 위와 같은 단순한 클러스터링 과정을 통해 라우팅 프로토콜을 진행함에 따라 클러스터 내에서 항상 에너지를 효율적으로 소비할 수 없는 형태가 이루어진다는 단점이 있다. 이에 따라 LEACH-C 알고리즘이 제안되었다.

LEACH-C는 LEACH에서 제안된 클러스터 형태에서 노드들끼리의 라우팅 연결을 중앙 집중형으로 구성하는 방식을 추가하여 LEACH 프로토콜의 단점을 보완하였다.

1) LEACH-C 클러스터링

각 라운드가 시작될 때, 각 노드는 GPS 기술을 사용하여 위치와 잔류 에너지를 BS로 보낸다. 이 단계에서 클러스터 형성 알고리즘 "Annaling"이 적용된다. 적절한 클러스터 형성을 위해 BS는 노드의 평균 에너지를 계산하고 이 평균보다 적은 에너지를 가진 노드를 결정한다. 이러한 노드는 CH를 선택하는 동안 고려되지 않는다. CH와 해당 클러스터가 결정되면 BS는 노드와 해당 CH의 식별자를 포함하는 메시지를 브로드캐스트한다. [8-9]

CH의 선택 단계와 클러스터 구성 후에 BS는 멤버 노드의 수와 각각의 CH를 확인한다. TDMA 스케줄링은 각 멤버 노드의 전송 타임 스케줄을 결정하기 위해 생성된다.

2) LEACH-C 전송방식

전송 단계는 할당된 슬롯 동안 노드가 CH로 데이터를 전송하는 프레임으로 나뉜다. 에너지를 절약하기 위해 슬롯 밖의 통신 인터페이스를 끌 수 있게 해준다. 노드에 할당된 슬롯은 동일하지만 클러스터 내 노드 수에 따라 달라지기 때문에 클러스터마다 프레임이 다르다. 데이터가 CH로 전송되면 데이터를 집계하여 최종 결과를 BS로 보낸다.

LEACH-C는 모든 라운드에서 동일한 노드를 CH로 선택하면, 짧은 시간 내에 노드가 비활성화되며 모든 라운드에서 CH의 수의 고정을 보장하며 TDMA/CDMA 기술을 사용하면 계층 구조를 갖고 여러 수준에서 클러스터링을 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 단점으로는 클러스터 내 및 클러스터 간 원홉 전송을 사용하면 노드와 CH가 더 많은 에너지를 소비하게 된다. 노드는 좌표와 잔류 에너지를 BS에 전달할 수 없으며, 이로 인해 클러스터링이 비효율적일 수 있다. 이로 인해 데이터 손실로 인해서 네트워크의 수명이 짧아질 수 있다. [10-12]

III. 제안프로토콜 : LEACH-CCBD

1. LEACH-CCBD

LEACH-C는 클러스터 내 및 클러스터 간 원홉 전송을 사용하면 노드와 CH가 더 많은 에너지를 소비하게 된다. 노드는 좌표와 잔류 에너지를 BS에 전달할 수 없으며,

이로 인해 클러스터링이 비효율적일 수 있다. 또한 데이터 손실로 인해서 네트워크의 수명이 짧아질 수 있다.

따라서, 데이터 전송을 재구성하여 에너지를 효율적으로 사용하는 LEACH-CCBD(Low Energy Adaptive Clustering hierarchy - Centralized with Cluster and Basestation Distance) 알고리즘을 제안한다. LEACH-CCBD 알고리즘은 클러스터 구성시 멤버노드들의 클러스터 소속에 대하여 멤버 노드로부터 클러스터의 거리와 클러스터 노드로부터 기지국까지의 거리를 합산한 값을 비교하여 선정 우선순위를 두어 클러스터 헤드를 소속시키는 기법이다.

1) LEACH-CCBD 클러스터링

LEACH-C와 같은 방식으로 클러스터링 이후 노드 멤버에서 클러스터 소속을 적용하는 기준에 대해서 클러스터 헤드와의 거리와 해당 클러스터헤드와 기지국 간의 거리를 모두 합산하여 해당 합산 거리가 적은 값에 대한 우선순위로 클러스터 소속을 구성한다.

2) LEACH-CCBD 전송방식

첫 클러스터에 소속 후 멤버노드부터 첫 클러스터 헤드까지 전송을 진행하며 전송이 완료되어 데이터 병합 이후 다시 한번 노드멤버에서 클러스터 소속을 적용하는 기준에 대해서 클러스터 헤드와의 거리와 해당 클러스터헤드와 기지국간의 거리를 모두 합산하여 해당 합산 거리가 적은 값에 대한 우선순위로 클러스터 소속을 구성한다.

$$T(n)_1 = \begin{cases} T(n) \times \frac{d_{toCHBSav}}{d_{toCHBSn}} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{ohterwise} \end{cases} \quad (1)$$

LEACH-CCBD 전송방식은 다음 수식 (1)과 같다.

다음 수식에 들어가는 각 항들은 다음과 같이 설명한다.

$d_{toCHBSav}$: 네트워크에서 센서 노드와 클러스터 헤드, 기지국까지의 합산에 대한 평균 거리

$d_{toCHBSn}$: 센서 노드와 클러스터 헤드, 기지국 사이의 합산 거리

다음 제안 알고리즘을 통해 제안된 라우팅 프로토콜은 그림 1과 같다.

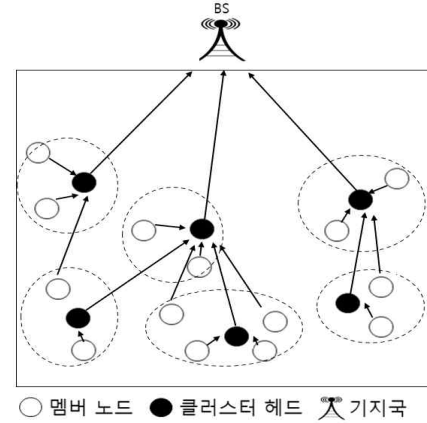


그림 1. LEACH-CCBD의 클러스터링 및 전송
 Figure 1. Clustering and transmission of LEACH-CCBD

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 시뮬레이션 실험 결과로는 다음과 같다. 그림 2와 같은 라디오 모델을 사용하였다. 그리고 각 프로토콜 성능 비교에 대한 시뮬레이션 환경 변수는 다음 표 1과 같이 정의하였다.

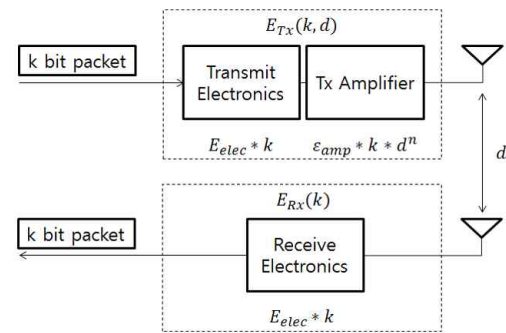


그림 2. 라디오 모델
 Figure 2. Radio Model

표 1. 실험 매개변수
 Table 1. Experimental Parameter

Parameter	Value
네트워크 크기	100 x 100 (m)
노드의 수 (n)	100
초기값 (E_0)	0.5 J
전송량	1000 bits
병합에너지(E_{DA})	5 nJ/bit
전송에너지(E_{elec})	50 nJ/bit
증폭에너지(ϵ_{mp})	0.0013 pJ/bit
증폭에너지(ϵ_{fs})	10 pJ/bit

위 실험변수와 라디오 모델을 이용하여 Matlab 시뮬레이션을 이용하여 각 프로토콜에 대한 성능 결과를 확인하였다. 기지국의 위치를 100 x 100으로 배치하여 각 LEACH, LEACH-C, 제안 프로토콜인 LEACH-CCBD의 라우팅 프로토콜의 시뮬레이션 성능 결과값은 그림 3과 같다. 각 적용된 프로토콜의 명칭은 LEACH, LEACH-C, 제안 프로토콜인 LEACH-CCBD의 라우팅 프로토콜이다.

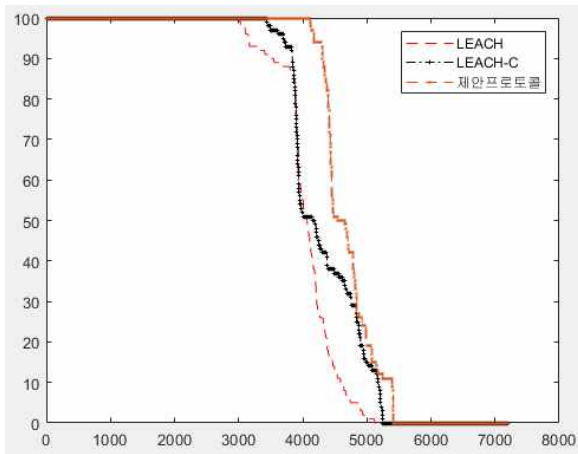


그림 3. 라우팅 프로토콜간의 성능비교
Figure 3. Performance comparison between routing protocols

실험 결과로는 다음 표 2와 같다. FND(First Node Death), HND(Half Node Death), LND(Last Node Death) 성능평가 항목으로 구분하여 결과를 확인하였다. FND는 각 프로토콜 별로 3019, 3420, 4109 라운드 때 발생하였으며, HND는 4044, 4154, 4539 라운드, LND는 5128, 5241, 5409 라운드에 발생하였다. LEACH 프로토콜에 비하여 증감율은 다음 표 2와 같다. LEACH 대비 제안 프로토콜의 FND는 136%, HND는 112%, LND는 105%가 증가함을 확인할 수 있었다.

표 2. 각 프로토콜별 FND, HND, LND의 증가율
Table 2. Increase/decrease rates of FND, HND, and LND for each protocol

증가율	FND (First Node Dead)	HND (Half Node Dead)	LND (Last Node Dead)
LEACH	100%	100%	100%
LEACH-C	113%	103%	102%
제안프로토콜	136%	112%	105%

V. 결 론

무선 센서 네트워크는 보안, 군사감지, 환경관리, 산업제어, 홈 자동화 등 많은 영역에 적용된다. 무선 센서 네트워크는 여러 분야에서 활용되어지고 있다. 그러나 네트워크를 구성하는 노드의 제한된 에너지에 한계로 활용범위가 제한되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 대표적 라우팅 프로토콜 중 LEACH-C를 기초로 데이터 전송을 재구성해 에너지 효율성을 높이는 LEACH-CCBD(Low Energy Adaptive Clustering hierarchy - Centralized with Cluster and Basestation Distance) 알고리즘을 제안한다. LEACH-CCBD 알고리즘은 클러스터 구성시 멤버노드들의 클러스터 소속에 대하여 멤버 노드로부터 클러스터의 거리와 클러스터 노드로부터 기지국까지의 거리를 합산한 값을 비교하여 선정 우선순위를 두어 클러스터 헤드를 소속시키는 기법이다. 제안한 LEACH-CCBD는 Matlab 시뮬레이션을 이용하여 각 프로토콜에 대한 성능 결과를 확인하였다. 실험 결과 에너지 효율성이 LEACH, LEACH-C 알고리즘보다 우수함을 보였다.

실험 결과로는 FND(First Node Death), HND(Half Node Death), LND(Last Node Death) 성능평가 항목으로 구분하여 결과를 확인하였다. FND는 각 프로토콜 별로 3019, 3420, 4109 라운드 때 발생하였으며, HND는 4044, 4154, 4539 라운드, LND는 5128, 5241, 5409 라운드에 발생하였다. 또한 LEACH 프로토콜에 비하여 증감율을 비교해보면 FND는 136%, HND는 112%, LND는 105%가 증가함을 확인할 수 있었다.

References

- [1] Kim, Youngkyun. "Boundary Node Detection in Wireless Sensor Network", The Journal of the Convergence on Culture Technology, vol. 4, no. 4, 국제문화기술진흥원, pp. 367 - 372, Nov. 2018. doi:10.17703/JCCT.2018.4.4.367.
- [2] Min, Seongwon, et al. "Design of Coordinator Based on Android for Data Collection in Body Sensor Network." International Journal of Advanced Culture Technology, vol. 5, no. 2, 국제문화기술진흥원, pp. 98 - 105, June 2017. doi:10.17703/IJACT.2017.5.2.98.
- [3] I. F. Akyidiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks",

- IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102–114, March 2002. doi: 10.1109/MCOM.2002.1024422
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, “Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks”, In Proceedings of the Hawaii Conference on System Sciences, Maui, Hawaii, pp. 1–10, Jan. 2000. doi: 10.1109/HICSS.2000.926982
- [5] W. Heinzelman, “Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks”, PhD thesis, MIT, June 2000.
- [6] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, “An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks”, IEEE Transactions on Wireless Communication, Vol. 1, Issue 4, pp. 660–670, Oct. 2002. doi: 10.1109/TWC.2002.804190
- [7] Shuo Shi, Xinning Liu and Xuemai Gu, “An energy-efficiency Optimized LEACH-C for wireless sensor networks,” 7th International Conference on Communications and Networking in China, pp. 487–492, 2012. doi: 10.1109/ChinaCom.2012.6417532.
- [8] A. Rahmanian, H. Omranpour, M. Akbari and K. Raahemifar, “A novel genetic algorithm in LEACH-C routing protocol for sensor networks,” 2011 24th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering(CCECE), pp. 001096–001100, 2011. doi: 10.1109/CCECE.2011.6030631.
- [9] W. Xinhua and W. Sheng, “Performance Comparison of LEACH and LEACH-C Protocols by NS2,” 2010 Ninth International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, pp. 254–258, 2010. doi: 10.1109/DCABES.2010.58.
- [10] D. Mehta and S. Harous, “Improving LEACH-C using sink mobility,” 2016 IEEE 7th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), pp. 1–6, 2016. doi: 10.1109/UEMCON.2016.7777901.
- [11] SIVAKUMAR, P.; RADHIKA, M. “Performance analysis of leach-ga over leach and leach-c in wsn”, Procedia Computer Science, pp. 248–256, 2018. doi : 10.1016/j.protcy.2012.05.024
- [12] GEETHA, V. A.; KALLAPUR, Pranesh V.; TELLAJEERA, Sushma. “Clustering in wireless sensor networks: Performance comparison of leach & leach-c protocols using ns2”, Procedia Technology, pp. 163–170, 2012. doi: 10.1109/ChinaCom.2012.6417532