

센서네트워크의 라우팅 프로토콜에서 에너지 효율을 고려한 채널 선택 기법

Channel Selection Technique Considering Energy Efficiency in Routing Algorithms of the Sensor Network

Sagun Subedi¹ · Sang-Il Lee^{2*}

¹Ph.D. Student, Department of Information and Electronic Engineering, Mokpo National University, Muan, 58554 Korea

^{2*}Professor, Department of Information and Electronic Engineering, Mokpo National University, Muan, 58554 Korea

ABSTRACT

Energy Efficiency in any WSN (Wireless Sensor Network) is a critical issue to elongate the life of the batteries equipped in sensors. LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) is one of the mostly used routing algorithms which reduce the amount of transmitted data and save the energy in the network. In this paper, a new technique to select channels in routing algorithms is suggested and compared with the LEACH, ALEACH and PEGASIS. This technique forms clusters depending upon the node density as the deployment of the nodes is random. As a result, the proposed algorithm presents the better performance of the energy efficiency than those of the current algorithms.

Keywords : Energy Efficiency, LEACH, Routing Algorithm, Wireless Sensor Network

I. 서론

무선센서네트워크는 수 개에서 수 천 개 이상의 센서로 구성되며, 통상 주변의 온도, 습도 및 진동 등 다양한 요소들을 무선으로 감지하게 된다. 무선센서네트워크에는, 최소한 한 개의 베이스 노드 또는 싱크 노드라 불

리는 노드를 포함하고 있으며, 이 노드를 통해서 네트워크의 센서들은 외부 세상과 연결되게 된다. 네트워크의 수명은 노드의 배치 및 연결 효율성에 따라 결정되며 무선센서네트워크에서 매우 중요한 이슈가 된다. 통상 임의의 배치 및 결정론적 배치로 구분되어 지며, 각 노드에서 사용되는 에너지를 절감함으로써 네트워크의 수명을 연장할 수 있다.

본 논문에서는 각 노드에서 사용되는 에너지 절감을 위해 네트워크 내에서 전달되는 정보의 라우팅 방법에 대해 논의하고자 한다. 각 노드에서 사용되는 에너지는 정보를 송신하거나 수신할 때 그리고 대기 또는 수면상태에서 이루어진다. 그러나 대기 또는 수면상태에서 사용되는 에너지는 상대적으로 매우 작기 때문에 본 논문에서는 정보를 송신 또는 수신할 때 사용되어지는 에너지에 대해서만 고려하기로 한다. 네트워크에서 소요되는 에너지의 최소화를 위한 방법으로 데이터 집합 기법이 주로 이용된다[1]. 데이터 집합이란 집합 알고리즘을 이용하여 센서노드로부터 센서데이터를 수집하여 집합하는 알고리즘이다. 데이터집합 알고리즘으로는 중앙화 접근법(centralized approach), LEACH(Low-energy adaptive clustering hierarchy), TAG(Tiny aggregation) 등이 있다. 데이터 집합 알고리즘은 불필요한 데이터가 전송되는 것을 최소화하여 무선센서네트워크에서 데이터 전송에 소요되는 총 에너지의 양을 최적화하게 된다.

II. 이론적 배경

무선센서네트워크에서 데이터 전송을 위한 LEACH 알고리즘은 매우 독창적인 방법이다[2]. 센서네트워크에서 대부분의 응용 프로토콜 구조는 센서로부터 수집된 데이터를 기저 기착지(base station) 로 전송하는 기능을 포함하는데, 바로 이 전송방법을 어떻게 계층적인 라우팅 방법으로 설계하느냐에 따라 여러 알고리즘이 개발될 수 있다. 각 프로토콜에 따라 여러 번 반복적으로

Received 12 February 2020, Revised 14 April 2020, Accepted 20 April 2020

* Corresponding Author Sang-Il Lee(E-mail:leesi@mokpo.ac.kr, Tel:+82-61-450-2430)

Professor, Department of Information and Electronic Engineering, Mokpo National University, Muan, 58554 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2020.24.5.662>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

전송이 이루어지며, 매 회마다 설정단계와 정상상태단계라는 두 단계를 거치게 된다[3].

설정단계에서는 클러스터 헤드의 선택이 이루어진다. 각 노드 'n'에 대해 임의의 값 'x'가 선택되며, 아래 식(1)에서 보여주는 바와 같이 임계값 'T(n)'과 비교된다. 만약 'x'가 'T(n)'보다 작게 되면 클러스터 헤드로 선택되어 지고, 그렇지 않을 경우 구성노드가 된다. 이전에 클러스터 헤드가이었던 노드는 다시 클러스터 헤드로 할당될 수 없다.

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

정상상태단계에서 클러스터 헤드는 구성 노드에 대해 시간다중분할접속방식으로 데이터 송신 계획을 수립한다. 각 구성노드들은 각 노드에 할당된 시간동안 데이터를 전송하고 그 외 시간에는 수면상태를 유지한다. 신호를 수신한 후 클러스터 헤드는 데이터 집합과정을 거치게 된다. 데이터 집합이란 여러 신호를 하나의 신호로 통합하는 기법으로 수신된 모든 신호 중에서 적절하고 필요한 정보만이 선택되어 기저 기착지로 단일 송신 방식으로 전송된다.

PEGASIS(Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems)이라는 방식은 각 노드에 대해 인접 노드로 송수신 하기 위해 차례대로 대표노드가 되어 기저 기착지로 전송하는 역할을 하게 된다[4]. 노드들은 체인을 구성하기 위해 조직화되는데 이는 특정센서 노드에 의해 시작되는 탐욕알고리즘을 사용하여 센서노드 스스로 수행할 수 있다. 체인을 형성하기 위해 모든 노드들은 네트워크에 대한 총체적인 정보를 공유하고 있고, 탐욕알고리즘을 수용하고 있다고 가정한다.

ALEACH(Advanced LEACH)는 분할 알고리즘을 이용하여 클러스터를 형성한다[5]. 이 때 노드들은 어떠한 중앙 집중적인 통제 없이 자율적으로 의사결정을 하게 되며, 장거리 통신은 하지 않아도 되는 장점이 있다. 이 프로토콜의 목표는 전체 네트워크에서 우수 클러스터를 구성하는 것으로 이 때 각 로컬 노드는 자율적으로 의사결정을 수행한다. 알고리즘은 매번 설정단계로부터 시작되며 이 때 각 클러스터들은 조직화된다. 이후 정상상태단계에서 데이터들이 각 노드에서부터 기착지로 전송되며 이 때 각 각에 해당하는 클러스터 헤드를

통과하게 된다.

위에서 소개한 각각의 알고리즘은 장점과 단점을 가지고 있다. LEACH와 ALEACH의 경우에는 클러스터 헤드의 선정이 무작위로 이루어지며 클러스터의 형성이 불규칙적이고 클러스터의 사이즈가 유동적인 단점도 발생한다[6]. PEGASIS의 경우 클러스터가 형성되지 않거나 노드 간 거리가 증가하는 어려움이 생긴다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 분산 소스코딩기법을 응용하고자 한다. 통상 각 노드 간 데이터 전송 거리가 길어질수록, 전송해야 할 데이터가 늘어날수록 각 노드가 소비해야 하는 에너지는 비례적으로 늘어나게 된다. 현실적으로 데이터의 양과 전송거리는 임의로 줄일 수 없으며 따라서 최적화하는 방법을 찾아야 한다. 본 연구에서는 전송해야 할 노드의 숫자가 다소 증가하더라도 노드 간 전송길이를 최적화함으로써 네트워크에서 사용되는 에너지 사용의 효율성을 향상시키고자 하는 것이다.

III. 수학적 모델 및 실험

노드 간 통신에 사용되는 전파모델은 1차 전파모델로 센서 노드 간 정보를 교환하기 위한 것이다[7]. 송수신기가 작동하기 위해 소모되는 에너지는 $50nJ/bit$ 이다. 송신기와 수신기 사이의 거리에 따라 자유공간 모드(d^2 전력손실)와 다중경로모드(d^4 전력손실)로 구분되며, 각 각의 모드에 대해 서로 다른 증폭기 값이 설정된다. 자유공간의 경우 $1nJ/bit$, 다중경로의 경우 $1.3nJ/bit$ 가 각각 적용되었다. 디지털 코딩, 변조, 필터링 및 신호의 분산 정도가 주요 요소로 고려하여 전기 에너지 E_{elec} 를 계산할 수 있다. 증폭 에너지 $E_{fs}d^2$ 과 $E_{mp}d^4$ 은 수신기까지의 거리와 허용 가능한 비트-에러율에 의해 결정된다.

각 노드의 초기 에너지는 $0.5J$ 로 지정되어 있다. 주어진 신호 대 잡음 비에 대해 각 노드에서 소요되는 에너지는 전송부분이 수신부분의 5배이다. 네트워크 내에 50개의 노드가 있다고 가정하였으므로 시스템 내 전체 에너지는 $25J$ 이다. 전송에너지는 $5 \times 10^{-7} J$, 수신에너지는 $10^{-7} J$, 데이터집합에너지는 $5 \times 10^{-8} J$ 이 사용되었다. 1,000회 연산 결과 얼마나 에너지가 절약되었

는지를 계산할 수 있다.

설정단계

설정단계에서 각 노드의 위치와 잔여 에너지를 계산하기 위해 다음과 같은 단순한 알고리즘을 따른다. 첫 단계에서는 클러스터 헤드가 없는 상태로 알고리즘이 시작된다. 이것은 기착지가 각 노드에 대한 모든 정보를 저장할 수 있도록 해준다. 다음 단계에서는 식 (1)에서 주어진 확률함수에 따라 클러스터 헤드들이 선택되어지며, 본 연구에서는 식 (2)와 같이 개선된 확률함수를 적용한다. 첫 단계에서 연산결과는 각 노드에 의해 소비된 에너지의 양을 알게 되며, 이를 통해 기착지와 각 노드의 연결을 결정한다. 두 번째 단계에서는 클러스터 헤드의 선택이 수행된다.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{n - p((r) \bmod (\frac{n}{p}))} - \sum_{i=1}^{R_{MAX}} \frac{(E_{\in I} - E_{TXi} - E_{RXi})}{E_{FS} \sqrt{E_{MP}}} & \text{if } n \in G \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

정상상태단계

클러스터 헤드들이 선택되어진 이후 정상상태 과정이 시작된다. 정상상태에서 클러스터들이 형성되는데 희망에 의해서가 아닌 필요에 의해서 이루어지게 된다. 각 노드들의 배치는 임의로 이루어지기 때문에 주어진 클러스터 헤드의 수가 충분하지 않을 수도 있으며, 경우에 따라서는 필요 이상이 될 수도 있다. 두 번째 단계에서 각 노드의 위치가 결정되기 때문에 클러스터 수는 자연스럽게 결정된다. 클러스터가 결정되는 동안 알고리

즘은 가장 멀리 위치한 노드를 기억하게 되고 이에 따른 에너지 소비가 이루어지게 된다. 결과적으로 클러스터들이 형성된다.

IV. 실험 결과

제안된 알고리즘에 의해 소비된 에너지와 기존의 알고리즘에 의한 결과를 표 1에서 보여주고 있다. 센서네트워크의 면적, 노드의 수, 기착지 위치, 관계된 노드의 수, 소멸한 노드 등이 비교되었으며, 가장 중요한 요소는 얼마만큼의 에너지가 절약되었는가 하는 것이다. 본 연구에서 제안한 알고리즘은 표 1에서 보여주는 바와 같이 여러 파라미터에 대해서 좋은 결과를 보여준다. 동일한 조건에서 여러 알고리즘을 적용하여 전송에 소요된 총 에너지와 이에 따라 절약된 에너지의 양을 계산하였다. 계산에 적용한 공간의 크기는 50단위 x 50단위로 50개의 노드가 적용되었다. 중요한 결과는 기착지가 계산 공간으로부터 먼 경우로 인접 노드로부터 최소 100 단위 이상 먼 위치에 기착지가 있을 때이다. 기착지로부터 각 클러스터 헤드나 노드에 신호를 전송하고자 할 때에는 아무런 제약조건을 받지 않게 되는데, 기착지가 지속적으로 에너지를 공급받을 수 있게 되기 때문이다. 따라서 각 알고리즘은 각자의 방식으로 각 노드가 기착지와 통신을 하기 위한 방법과 시기를 결정해야 한다. 그 이유는 각 노드는 가용한 에너지가 제한되기 때문이다.

Table. 1 Comparison of Different Algorithms

Algorithms/observation	LEACH	PEGASIS	ALEACH	OUR ALGORITHM
Area	50*50	50*50	50*50	50*50
Nodes	50	50	50	50
Base Station	25,150	25,150	25,150	25,150
Dead Nodes	45	4	5	1
Nodes actively involved	5	39	31	1
Remaining Alive Nodes	0	7	24	48
Total Energy Saved	-0.8512	-0.0059	-0.3551	14.8801

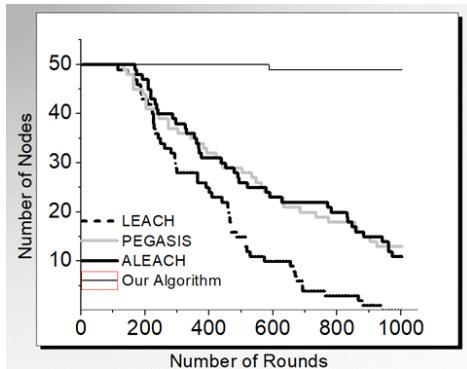


Fig. 1 Comparison of Simulation Results

그림 1에서 계산 결과를 비교하였다. 무선센서 네트워크에서 90%의 노드가 동작하지 않을 시 시스템이 작동불능상태라고 통상 일컬어진다. 결과적으로 각 알고리즘에 따라 소비된 총 에너지는 25.8512(LEACH), 25.0059(PEGASIS), 25.3551(ALEACH), 10.1199(제안된 알고리즘)이다. 본 연구에서 제안하는 알고리즘을 적용하였을 때 기존의 알고리즘에 비해 두 배 이상으로 에너지 소모량을 감축할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크의 에너지 효율성을 증가시키기 위해 새로운 알고리즘을 고려하였다. 어떤 라우팅 프로토콜을 이용하느냐에 따라 네트워크에서 소요되는 총 에너지가 결정되며, 클러스터 헤드의 선택방법이 중요한 역할을 하게 된다. 결과적으로 클러스터 헤드의 선택 방법에 따라 임의로 배치된 노드들의 수명이 결정될 수 있다. 본 연구에서는 기존의 LEACH 알고리즘에서 새로운 채널 선택방법을 적용함으로써 네트워크에서 소비되는 총 에너지의 양을 효율적으로 줄일 수 있게 되었다. 그러나 본 연구에서 사용된 네트워크의 크기는 실제 적용하기에는 부족한 작은 공간에 대해 적용하였으며, 실제 환경에 적용하기 위해서는 보다 큰 네트워크에 대한 실험이 필요할 것으로 보이며, 이에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by Korea Electric Power Corporation(Grant number: R18XA04).

REFERENCES

- [1] D. Sing, and C. K. Panda, "Performance analysis of modified stable election protocol in heterogeneous WSN," *International Conference on Electrical, Electronics, Signals, Communication and Optimization (EESCO)*, pp. 1-5, 2015.
- [2] K. K. Tae, M. Y. Kim, J. H. Choi, and H. Y. Youn, "An energy efficient and optimal randomized clustering for wireless sensor networks," *IEEE/ACIS 16th International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*, pp. 1-6, 2015.
- [3] W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," *IEEE Transactions on wireless communications*, vol. 1, no. 4, pp. 660-670, 2002.
- [4] S. Lindsey, and S. R. Cauligi, "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems," *Aerospace conference proceedings, 2002. IEEE*, vol. 3, 2002.
- [5] M. S. Ali, D. Tanay, and R. Biswas, "ALEACH: Advanced LEACH routing protocol for wireless microsensor networks," *International Conference on Electrical and Computer Engineering*, pp. 909-914, 2008.
- [6] J. Won, and H. K. Park, "An Adaptive Power-Controlled Routing Protocol for Energy limited Wireless Sensor Networks," *Journal of information and communication convergence engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 135-141, 2018.
- [7] S. Dehghani, P. Mohammad, and B. Bherang, "Comparison on energy-efficient cluster based routing algorithms in wireless sensor network," *Procedia Computer Science*, vol 72, pp. 535-542, 2015.