

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.1.125>

IIBC 2015-1-16

확률적 클러스터 헤드 선출 방법을 이용한 WSN 에너지 개선

Energy Improvement of WSN Using The Stochastic Cluster Head Selection

이종용*

Jong-Yong Lee*

요약 무선센서네트워크의 효율적인 에너지 사용과 개별 노드의 수명 증가는 센서 네트워크의 효율적인 운영을 위해 매우 중요한 요소이며 많은 라우팅 프로토콜들이 네트워크 수명을 최대화하기 위해 개발되고 있다. 특히 Wendi Heinzelman에 의해 제시된 LEACH프로토콜은 간단하고 효율적인 클러스터링 기반의 라우팅 프로토콜로 잘 알려져 있다. 그러나 LEACH프로토콜은 총 데이터 전송량이 불규칙한 네트워크에서 효율이 떨어지게 되므로 클러스터의 안정도가 낮아지게 된다. 그러므로 본 논문에서는 클러스터링 기반의 라우팅 프로토콜에서 개선된 확률적 클러스터 헤드 선출 방법을 제안한다. LEACH프로토콜과 HEED프로토콜에 대해 조사해보고 LEACH프로토콜에 새로운 확률적 클러스터 헤드 선출방법을 적용하고 비교하여 개선된 점을 보여준다.

Abstract The most important factor within the wireless sensor network is to have effective network usage and increase the lifetime of the individual nodes in order to operate the wireless network more efficiently. Therefore, many routing protocols have been developed. The LEACH protocol presented by Wendi Heinzelman, especially well known as a simple and efficient clustering based routing protocol. However, because LEACH protocol in an irregular network is the total data throughput efficiency dropped, the stability of the cluster is declined. Therefore, to increase the stability of the cluster head, in this paper, it proposes a stochastic cluster head selection method for improving the LEACH protocol. To this end, it proposes a SH-LEACH(Stochastic Cluster Head Selection Method-LEACH) that it is combined to the HEED and LEACH protocol and the proposed algorithm is verified through the simulation.

Key Words : WSN, CH Selection, LEACH, Energy Model, SH-LEACH

1. 서론

무선센서네트워크(Wireless Sensor Network)는 요즘 떠오르는 유비쿼터스 네트워크(Ubiquitous Network)의

핵심 기술로서, 무선센서 네트워크는 데이터 수집이나 특정한 목적을 갖고 환경감시, 목표물 추적, 의료 시스템, 위험물 및 화재, 건물 내부 감시등 다양한 분야에서 정보를 수집한다.^[1]

*정회원, 광운대학교 교양학부

접수일자 : 2015년 1월 6일, 수정완료 : 2015년 2월 6일

게재확정일자 : 2015년 2월 13일

Received: 6 January, 2015 / Revised: 6 February 2015

Accepted: 13 February, 2015

*Corresponding Author: jyonglee@kw.ac.kr

Dept. of Culture, Kwang-woon University, Korea

무선 센서 네트워크 구성은 센서 모듈과 네트워크 모듈을 갖는 수많은 센서 노드(Sensor Node)들과 센서 노드들로부터 데이터를 받아 사용자가 접근할 수 있는 장치에 전달하는 BS(Base Station)으로 구성된다. 그러나 센서 노드는 한정된 배터리와 메모리, 연산처리, 통신거리의 제약이 있다. 또한 전송 매체로 무선통신을 사용하기 때문에 전송속도와 대역폭이 한정적이고 전원공급의 수단이 제한적이며, 보안에 취약하다.^[1]

무선센서 네트워크의 가장 큰 이슈는 수명주기를 최대화 하는 것이다. 무선센서 네트워크의 수명주기를 최대화 하기위해 현재 다양한 연구가 이루어지고 있다^[2]. 무선센서 네트워크는 에너지 효율성이 매우 중요하기 때문에 감지한 데이터를 BS에 효율적으로 전송하기 위해서는 라우팅 프로토콜이 중요하다. 클러스터링 기반의 라우팅은 기존에 있는 유선 네트워크에 비해 효율적인 통신에 관련된 장점을 가진 기술이며 수명 및 에너지 부문에서 큰 장점을 가지고 있다.^[2]

클러스터링 기반 라우팅 프로토콜은 지역적인 클러스터를 형성하므로 근접한 지역에서 일어난 일들에 대한 유사한 정보를 클러스터 헤드에 전송을 하고 클러스터 헤드는 데이터 모음을 수행하면서 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 한다. 무선센서 네트워크는 클러스터라는 작은 영역들로 분할이 되고 각 클러스터 에는 클러스터 헤드가 있으므로 클러스터 멤버로부터 데이터를 수집하고 모아 BS에 전달하거나 상위 클러스터 헤드에게 전달하는 역할을 한다.^[2,5,6]

본 논문에서는 LEACH라는 클러스터링 기반 라우팅 알고리즘에서 가장 중요한 클러스터 헤드 결정 방법에 대한 연구와 새로운 클러스터 헤드 선출 방법의 도출을 이루어내기 위하여 제 2장에서는 관련연구, 제3장에서는 제안된 알고리즘을 제시하고, 제안된 알고리즘에 대한 시뮬레이션 결과를 제 4장에 기술하였으며 제 5장에서는 결론을 제시하였다.

II. 관련 연구

이 장에서는 기존에 센서 네트워크를 위해 제시되었던 대표적인 라우팅 프로토콜인 LEACH, HEED 에 대해 설명하였다.

1. LEACH

LEACH는 Low-Energy Adaptive Clustering Hierachy의 약자로 로체스터 대학의 Wendi Heinzelman 교수가 MIT 박사논문(Application-Specific Protocol Architectures for Wireless Networks)에서 제안한 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜이다.^[3]

LEACH는 센서 네트워크의 전체 에너지 효율을 높이고자 개발된 클러스터 기반의 대표적인 프로토콜이다. LEACH는 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집 및 가공을 하여 직접 BS에게 전달하는 방식이다.

LEACH의 특성은 클러스터 형태가 라운드가 지날 때마다 계속해서 변경되며, 센서노드들 간에 스스로 클러스터 헤드를 선정한다. 이렇게 해서 클러스터 헤드 노드의 에너지 소모를 줄이고, 네트워크 전체 에너지 소모를 센서 노드들 간에 분산하여 골고루 소모시킬 수 있다.

또한 클러스터 헤드에서 데이터 퓨전을 통해 전송횟수를 줄임으로서 네트워크 에너지의 효율을 향상시킬 수 있다.

데이터는 결합하여 BS에 전송하기 때문에 전송되는 데이터양도 적다.

LEACH를 사용하면 전체 센서 노드 중 비율로 클러스터 헤드를 선정하게 되며, 센서 노드 내부에서 계산하여 자체적으로 클러스터 헤드가 결정되므로 중앙 관리 방식이 아니라 분산 관리 시스템이다.

Set-up 단계에서는 전체 센서 노드 중 n번 센서 노드는 0과 1사이의 난수를 선택하여 전체 노드들이 한 번씩 클러스터 헤드가 되는 것을 아래의 확률 식을 이용하여 보장한다.

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

T(n) = threshold
G = 클러스터가 되지못한 집합
r = 현재 라운드

만약 난수가 T(n)보다 작다면 n번 센서 노드는 다음 라운드에서 클러스터 헤드를 선출한다.

클러스터헤드가 선출되고 나면 클러스터 헤드는 브로드캐스팅 메시지를 보내 클러스터 멤버들을 모은다.

Steady 단계에서는 Set-up 단계에서 설정된 클러스터의 스케줄링에 따라 멤버노드가 클러스터헤드에 데이터를 전송한다. 멤버노드들은 평상시에 sleep 상태로 있다가 자신의 전송시간이 다가오면 깨어나 데이터를 전송하고 다시 sleep 상태로 돌아가므로 전송이외의 에너지소모를 줄일 수 있다. 그러나 클러스터 헤드 결정 과정에서 한번 클러스터 헤드로 결정이 되면 모든 노드들이 클러스터 헤드로 한 번씩 선정이 되지 않으면 다시 클러스터 헤드가 될 일은 없다. 그러므로 총 데이터 전송량이 불규칙한 센서 네트워크의 경우에는 효율이 상대적으로 많이 떨어지게 된다.

LEACH의 알고리즘은 아래의 그림 1과 같다.^[3]

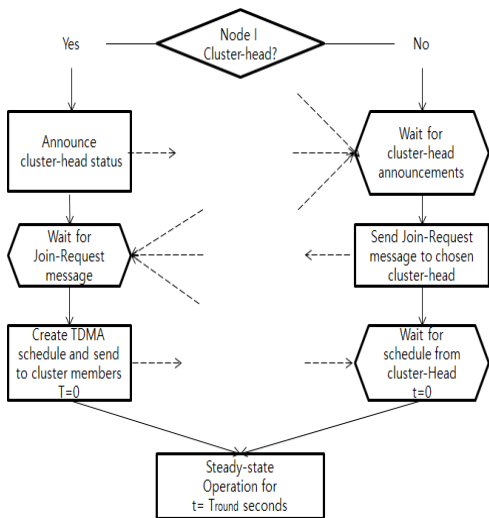


그림 1. LEACH 알고리즘
 Fig. 1. The LEACH algorithm

2. HEED

Hybrid Energy-Efficient, Distributed clustering approach의 줄임말로 Purdue University의 Osama Younis와 Sonia Fahmy가 만든 클러스터링 기반의 무선 센서 네트워크 라우팅 프로토콜이다.^[4]

HEED의 클러스터 헤드 선출은 모든 노드의 에너지를 알 필요가 없고 노드 자신의 파라미터만을 이용하여 클러스터 헤드를 선출한다. HEED의 클러스터 헤드 선출 확률 식은 아래와 같다.

$$CH_{prob} = C_{prob} \frac{E_{residual}}{E_{max}} \quad (2)$$

C_{prob} : 전체 네트워크에서 클러스터 헤드가 차지하는 비율
 E_{max} : 노드 자신의 초기 에너지
 $E_{residual}$: 노드 자신의 잔여 에너지

HEED는 이러한 확률이 계산되면 산출된 확률 값에 2를 곱하여 먼저 1에 도달하는 노드가 클러스터 헤드가 선출 되도록 한다. 2를 곱하는 이유는 시간에 따라 모든 노드의 에너지는 하향 곡선을 그리게 되므로 산출된 값이 작아져 대부분의 노드가 클러스터 헤드가 선출될 수 없는 제한점이 존재해 2를 곱한다. 그러나 모든 에너지가 유사하게 낮을 때는 클러스터 헤드선출 확률 값에 2배수를 곱할 시 그 값이 1에 도착하는 노드 수가 너무 많아 대부분의 노드가 클러스터 헤드가 될 수 있다는 단점이 존재한다.

III. 제안

1. LEACH 단점

LEACH는 앞서도 살펴본 바와 같이 클러스터 헤드 결정 과정에서 임의의 노드가 한번 클러스터 헤드로 결정되면 모든 노드들이 한 번씩 클러스터 헤드로 결정되지 않으면 그 임의의 노드는 클러스터 헤드가 될 수 없다. 총 데이터 전송량이 불규칙한 네트워크에는 효율이 떨어지게 되어 있다. 그러므로 LEACH는 클러스터의 안정도가 좋지 않다.

2. HEED의 확률적인 방법

HEED는 클러스터 헤드를 결정할 때 CH_{prob} 라는 확률론적인 방법을 이용 하여 클러스터 헤드를 결정한다. 데이터 전송량이 불규칙한 센서 네트워크에서는 효율적이지만 라우팅 기법이 복잡해 데이터 흐름이나 네트워크 구성과정에서 오류가 자주 일어날 수 있다.

3. 새로운 확률적 클러스터 선출 방안

그러므로 본 논문에서는 LEACH를 기반으로 하여 HEED의 확률적인 클러스터 헤드 방법을 도입해 새로운 클러스터 헤드 결정방법을 제안한다. LEACH처럼 노드 전체가 한 번씩 모두 클러스터 헤드가 선정되는 것보다 리 노드 각각에 대해 아래의 확률 식을 이용해 난수와 비교해 무작위로 클러스터 헤드를 결정하는 방법을 생각해 왔다.

$$CH_{prob} = C_{prob} \times \frac{E_{residual}}{E_{max}} \times \frac{C_{prob} * r}{1 + CH_{cho} \text{mod} \frac{1}{C_{prob}}} \quad (3)$$

식(3)은 HEED의 클러스터 헤드 선출 확률 함수를 개선한 식이다. 시간이 지날수록 모든 노드 에너지가 낮아져 클러스터 헤드 선출이 보장되지 않을 수가 있으므로 시간이 지남에 따라 라운드가 증가하기 때문에 라운드를 곱하여 확률을 일정 수준이상을 유지하도록 만들었다. CH_{cho} 는 현재 라운드 까지 선택된 노드가 클러스터 헤드로 선출되었던 횟수를 나타내는 파라미터를 본문에 추가해 최대한 비율을 최대한 일정하게 만들었다. 그리고 mod함수를 사용하여 선택된 노드가 라운드 마다 현재 라운드까지 클러스터 헤드로 결정된 노드가 많으면 확률이 줄어들고 결정된 횟수가 적으면 확률이 높아지게 만들었다. 이 제안된 알고리즘은 아래의 그림 2와 같다.

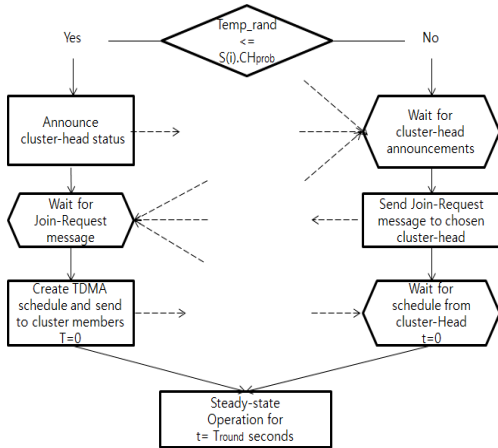


그림 2. 제안된 알고리즘
Fig. 2. The proposed algorithm

4. 시뮬레이션 및 결과

1. 실험환경

본 논문에서 제안한 확률적 클러스터 헤드 선출 방안은 matlab을 이용해 시뮬레이터를 구성하였다. 시뮬레이션에서 센서 노드 에너지 소비 모델은 아래의 그림 3과 같다. 또한 그림 3에서 사용한 에너지 소비 모델의 변수

설명은 표 1로 정리하였다. 시뮬레이션에 사용된 주요 변수의 설명과 값은 표 2와 같다 또한 각 노드들의 초기 에너지가 모두 동일하다는 가정 하에 시뮬레이션 하였다.

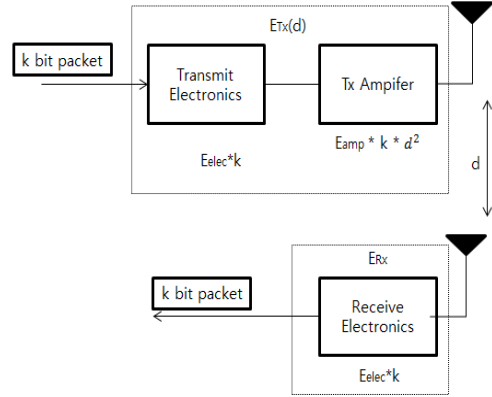


그림 3. 에너지 모델
Fig. 3. The Energy model

표 1. 에너지 모델 변수

Table 1. The parameter of the energy model

변수	설명	변수	설명
E_{elec}	회로 에너지 소모	E_{DA}	Aggregation
ϵ_{fs}	자유공간 손실	ϵ_{mp}	다중경로 손실
n	노드 수	C_{prob}	클러스터 헤드 비율
E_{TX}	전송 에너지	E_{RX}	수신 에너지

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Table 2. The simulation parameters

변수	설정
n	100
C_{prob}	0.10
ϵ_{mp}	100pJ/bit/m ²
E_{max}	0.5J
E_{TX}	50nJ/bit
E_{RX}	50nJ/bit

2. 시뮬레이션 결과

C_{prob} 값을 0.1로 주고 라운드를 2000번을 실시했을 때 아래의 그림과 같은 시뮬레이션 결과 값이 나온다.

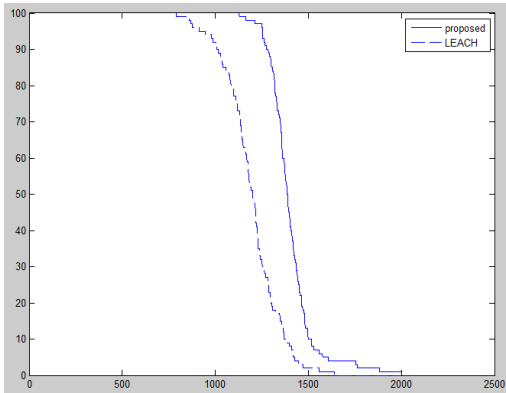


그림 4. 제안된 방법과 LEACH 비교
 Fig. 4. The comparisons of the LEACH and proposed method

라우팅 기법의 일반적인 평가 기준인 수명주기에서는 기존의 LEACH와 비슷하거나 약간 향상이 되었고 아래의 표에서 보듯이 첫 데드 노드 발생라운드도 제안된 알고리즘이 더 효율적이라고 할 수 있다.

표 3. 첫 데드 노드 발생 라운드
 Table 3. The round of the first dead node

데드 노드 발생률	LEACH (round)	제안방식 (round)
첫 발생	824	1205

V. 결론

본 논문에서는 무선센서 네트워크 클러스터 기반의 대표적 알고리즘인 LEACH와 HEED에 대해 조사해보고 LEACH를 기반으로 하여 HEED의 확실적인 클러스터 헤드 선출 방법을 도입한 새로운 확률적 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 노드의 에너지 소모가 균등하지만 LEACH보다 에너지소모량이 많고, 클러스터 헤드 수가 보장되지 않는다는 단점이 있지만, 클러스터 헤드의 일반적 평가 지표인 수명주기를 기준으로 하면 기존의 방법보다 좋은 성과를 보여주고, 첫 데드 노드 발생도 최대한 늦출 수 있다는 장점이 있다.

References

- [1] F. L. LEWIS, "Wireless Sensor Networks," To appear in Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications ed. D.J. Cook and S.K. Das, John Wiley, New York, 2004.
- [2] M. J. Handy, M. Haase, D. Timmermann "Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy with Deterministic Cluster-Head Selection," International Workshop 4th on IEEE Mobile and Wireless Communications, Network, 2002.
- [3] Wendi Rabiner Heinzelman, Anantha Chandrakasan, Hari Balakrishnan "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000
- [4] Ossama Yonis, Sonia Fahmy " HEED: A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks" IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, VOL.3, NO.4,
- [5] Seongsoo Cho, Bhanu Shrestha, Surendra Shrestha, Jong-Yong Lee, Suck-Joo Hong " Energy Efficient Routing in Wireless Sensor Networks," International Journal of Advanced Smart Convergence, Vol.3, No.2, 1-5, 2014
- [6] Sang-Hyun Lee, An-Gyoon Jeon, Kyung-II Moon "Wireless Sensor Networks in Smart Grid on Demand Management" International Journal of Internet Broadcasting and Communication, Vol. 6, No. 2, pp. 17-19, 2014

저자 소개

이종용(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>

• E-Mail : jyonglee@kw.ac.kr

※ 이 연구는 광운대학교 2009년도 교내 연구비로 조성되었습니다.