

무선 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 클러스터 헤드선출 방법

김요섭*, 이종용**, 이상훈**
*광운대학교 대학원
**광운대학교 교양학부
e-mail:yslf007@nate.com

Energy efficient Cluster-head Selection Method in Wireless Sensor Network

Kim, Yo Sup*, Lee, Jong Yong**, Lee, Sang-Hun**
*Kwangwoon University Graduate School
**Kwangwoon University General Education

요 약

에너지 효율성이 중요한 무선 센서 네트워크에서 클러스터링 기술은 클러스터 헤드 노드가 클러스터 멤버 노드의 데이터를 병합하여 싱크노드로 전송함으로써 센서노드들과 싱크노드 사이의 통신 횟수를 줄여 에너지 효율을 얻는다. 이와 관련된 연구로 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy) 프로토콜은 센서 네트워크의 데이터 처리 및 전송 부하를 센서 노드 전체에 분산 시켜 무선 센서 네트워크의 수명을 연장 하였다. 본 논문에서는 분산형 클러스터링 라우팅 기법 중 가장 대표적인 LEACH의 클러스터 헤드 결정 방법에 대한 고찰과 이를 토대로 새로운 확률적 클러스터 헤드 결정 방법의 도출을 이루어 내하고자 한다.

1. 서론

무선센서 네트워크는 사람의 접근이 어려운 지역이나 자연환경, 정밀한 센싱이 요구되는 특정 환경에 개별 컴퓨팅 능력을 가진 다수의 센서 노드를 배치하여 각 애플리케이션 서버에서 요구하는 다양한 데이터를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크를 말한다. 무선 센서네트워크는 기존의 인프라 기반 네트워크 또는 ad hoc 네트워크와 달리, 제한적인 메모리와 프로세서, 적은 배터리 용량으로 동작하는 한계점을 가지고 있기 때문에 무선 센서 네트워크를 구성하는데 고려하는 해야 할 주요 사항 중 하나는 에너지 소비를 최소화함으로써 네트워크의 생존성을 높이는 것이며 이를 위해 관련 통신 프로토콜도 저 전력 소모를 달성 할 수 있도록 설계 구현되어야 한다. [1][3]

일반적으로 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 네트워크의 구조에 의해 크게 평면 기반 라우팅, 위치 기반 라우팅 그리고 계층 기반 라우팅 기법으로 나눌 수 있다. 이중 계층 기반 라우팅 기법은 네트워

크 영역을 클러스터라는 작은 영역으로 분할 하여 관리하는 방법으로, 인접지역에서 발생한 사건에 대한 유사한 정보를 병합 하여 베이스노드로 전송함으로써 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 한다. 이러한 계층기반 라우팅 프로토콜 중 가장 대표적으로 LEACH (LowEnergy Adaptive Clustering Hierarchy)프로토콜이 있다.

LEACH는 에너지 소모가 가장 많은 클러스터 헤드를 확률 기반으로 선정하여 주기적으로 교체 하는 방법으로 기존 라우팅 프로토콜에 비해 센서네트워크의 전체 수명을 연장하였지만 확률적인 클러스터 헤드 결정 방식으로 각 라운드별 일정한 수의 클러스터 헤드가 선출되지 않고, 또한 센싱 필드 내의 특정 지역에 클러스터 헤드가 밀집 될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 LEACH를 보완한 LEACH-C(LEACH-Centralized)라우팅 프로토콜이 제안되었지만 LEACH-C 또한 모든 노드들이 매 라운드마다 기지국과 통신을 해야 하는 추가적인 에너지 소비와 모든 노드의 위치처리를 위한 부가적인 오버헤드가 발생한다.[4][6] 따라서 본 논문에서는 LEACH와 LEACH-C에서 발생하는 문제점 들을 해결 하기 위해 LEACH 프로토콜을 기반으로 에너지

효율 개선을 위한 알고리즘을 제안한다.

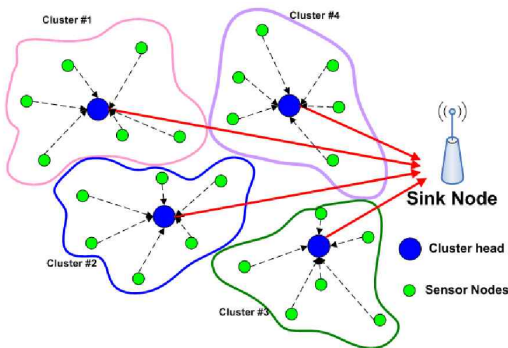
본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 계층기반 라우팅 프로토콜의 관계이론에 관하여 알아보고, 3장에서는 에너지 효율 개선을 위한 라우팅 프로토콜에 대해 제안하며, 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향으로 끝을 맺는다.

2. 관계이론

본 장에서는 계층기반 라우팅 프로토콜의 가장 대표적인 LEACH와 이를 개선한 LEACH-C에 대해서 살펴보고 이에 대한 문제점을 분석한다.

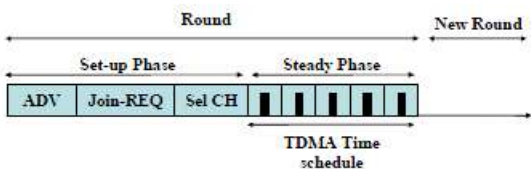
2.1 LEACH

LEACH는 완전 하계 분산된 자가 구성 클러스터링 프로토콜로써 클러스터헤드를 기준으로 네트워크를 지역 클러스터로 분할하여 전체 네트워크를 구성한다. 그림[1]은 LEACH의 네트워크 구성과 전송 과정을 나타낸다.



[그림 1] LEACH 네트워크 구성

LEACH의 한 ROUND는 그림[2]와 같이 크게 클러스터 형성단계인 set-up phase 와 실제로 통신이 이루어지는 steady-state phase로 구분된다.



[그림 2] LEACH 동작 과정

첫 번째 단계인 클러스터 형성 과정(set-up phase) 단계에서 모든 센서 노드는 스스로 자신의 클러스터 헤드 선출 여부를 아래 식에 따라 확률적

으로 결정한다.

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

위 식(1)은 클러스터 헤드를 선정하기 위해 임계값을 설정하기 위한 식을 나타낸다. P는 클러스터 헤드 선출 확률이며, r은 현재 라운드, G는 (1/p) 라운드 중 지난 라운드 에서 클러스터 헤드가 아니었던 노드들의 집합을 뜻한다. 각 센서노드는 새로운 라운드가 시작되면 라운드 시작 시점에 0과 1사이의 임의의 난수를 선택하고, 만약 선택한 수가 임계값보다 작다면 클러스터 헤드로 선출된다.

클러스터 헤드로 선출 시 이를 모든 노드가 수신할 수 있는 강도로 광고메세지(adv)를 브로드캐스트 한다. 해당 메시지를 수신한 비 클러스터 헤드 노드들은 수신 강도 등의 파라미터를 기반으로 자신의 클러스터 헤드를 결정하고, 해당 클러스터에 참여하겠다는 메시지(Join-REQ)를 해당 클러스터에게 전송하여 클러스터가 구성된다. 클러스터가 형성된 이후 클러스터 헤드는 자신의 클러스터 멤버들의 데이터 전송 순서를 지시하는 TDMA 스케줄을 작성하여 구성원 노드에게 알리며 라운드는 안정단계로 접어든다.

두 번째 단계인 안정 상태(steady state) 단계에서 클러스터 멤버는 설정된 TDMA 스케줄에 따라서 클러스터 헤드와 통신하고 자신에게 할당된 타임 슬롯(timeslot)이 지나면 슬립(sleep) 상태로 들어가게 된다. 클러스터 헤드는 멤버 노드로부터 수신한 센싱 데이터를 병합한 후 이를 싱크 노드에게 전달 한다. LEACH 라우팅 프로토콜에서는 이러한 과정을 계속 반복하며 클러스터링과 라우팅이 이루어진다.

2.1.1 LEACH의 단점

LEACH 프로토콜은 확률적인 클러스터 선출 방식으로 매 라운드별 일정한 수의 클러스터 헤드를 선출 하는 것을 보장할 수 없으며, 다만 (1/p) 라운드 기간 동안 전체 노드가 클러스터 헤드로 1번씩 선출 되는 것을 보장한다. 확률적 클러스터 헤드 선출 기법을 사용하는 LEACH는 매 라운드 마다 일정한 수의 클러스터 헤드를 선출 할 수 없어 에너지 소비가 비교적 효율적이지 못한 문제점을 갖고 있다.

2.2 LEACH - C

라운드마다 일정한 수의 클러스터를 구성하는 LEACH는 클러스터 헤드가 고르게 분포될 때 좋은 성능을 발휘할 수 있으나, 확실적인 방법으로는 이를 보장하지 못한다. LEACH-C(Centralized)는 이를 보완하기 위한 방법으로 기존의 LEACH 알고리즘이 갖는 특성을 그대로 유지하되 클러스터 헤드 결정을 싱크노드에서 수행하도록 중앙 집중 방식을 추가하였다.

LEACH - C 알고리즘은 다음과 같은 가정을 전제한다.

- * 센서노드 위치나 에너지등의 변화를 제어할 수 있는 BS 시스템이 필요하다.
- * 센서 노드의 위치 파악을 위한 GPS 또는 다른 방식의 위치 정보 알고리즘이 필요하다.

이는 단순함을 고려한 LEACH 본래의 취지를 크게 벗어나 보다 대부분의 센서 네트워크 어플리케이션 하에서 LEACH 보다 좋은 효율을 보여주지는 못하였다.

3. 제안 내용

3.1 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 LEACH의 헤드선출 알고리즘의 단순함을 고려한 LEACH 본래의 헤드선출 기법을 고려하여 새로운 방식의 클러스터 헤드 결정 방법을 모색하였다. 제안하는 클러스터 헤드 결정 방법은 다음과 같다. 모든 센서노드는 1부터 노드 수 만큼 순차적인 정수의 자신의 ID 값을 갖는다고 가정한다. 최초 클러스터 구성 단계에서 모든 노드는 아래의 클러스터 헤드 선출 식에 따라 자신의 클러스터 헤드 선출 여부를 결정한다.

$$Pch = r \bmod [1 / p] = id \bmod [1 / p] \quad (2)$$

위 식에서 r 은 현재 라운드 p는 클러스터 헤드선출 확률을 나타낸다. 예를 들어 100개의 노드와 헤드선출 확률 10%를 예로 보면, $r \bmod [1 / p]$ 의 클러스터 헤드결정 값은 최초 라운드 시작부터 전체 라운드 기간 동안 1,2,3,-,9,0,..의 값을 반복 한다.

최초 1라운드에는 $id \bmod [1/p]$ 의 값이 1 인 노드는 1,11,21,31 - 91 번 노드까지 총 10개의 노드이며

로 해당 노드들이 클러스터 헤드로 선출된다.

마찬가지로 2 라운드에는 $id \bmod [1/p]$ 의 값이 2인 노드 10개가 클러스터 헤드로 선출된다.

최초 $(1/p)$ 라운드가 지난 후에 다시 $r \bmod [1 / p]$ 의 값은 1,2,3,-,9,0,. 값을 반복하므로 항상 일정한 수의 클러스터 헤드를 선출할 수 있다. 하지만 노드의 ID는 변하지 않으므로 $(1 / P)$ 라운드마다 같은 ID의 노드들이 클러스터 헤드로 선출되며, 이러한 노드가 한 곳에 집중될 수 있으므로 $(1/P)$ 라운드 기간 동안 클러스터 헤드로 선정된 노드는 자신에 참여한 멤버 노드 중 임의의 노드 하나를 선정하여 해당 멤버 노드의 ID를 기억하고 해당 노드에 알려 $(1/P)$ 라운드 기간 중 다른 클러스터 헤드가 해당 노드의 ID를 기억하려 할 때 해당 노드의 ID는 제외 하고 다른 멤버노드의 ID를 기억하는 방식으로 ID를 교환하는 절차가 추가로 필요하다. 이렇게 교환된 ID는 다음 $(1/P)$ 라운드 기간 이후에 자신의 새로운 ID로 기억하게 되며, ID를 교환하지 못한 노드는 자신의 고유 ID 그대로 갖게 된다.

4. 결론

본 논문은 센서 네트워크에서 에너지 효율적인 라우팅 기법으로 제안된 LEACH 프로토콜의 특징과 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 소개하였다. LEACH는 확실적인 클러스터 헤드 선출 방식으로 일정한 수의 클러스터 헤드 선출을 보장할 수 없는 단점과 특정지역에 클러스터 헤드가 집중될 수 있는 단점이 있었다. 본 논문에서는 일정한 수의 헤드 선출을 보장할 수 없는 단점을 해결하기 위한 새로운 클러스터 헤드 선출 알고리즘을 제안하였다. 향후 연구에서는 NS2 시뮬레이터로 해당 알고리즘을 적용하여 결과를 테스트 하고, 실제 운용되고 있는 센서 노드에 알고리즘을 적용하여 결과를 측정함으로써 다양한 환경 요소를 가지고 있는 실제 상황에 적용하였을 때의 성능을 비교 평가해 볼 것이며 또한 제안한 알고리즘에서 노드 밀도를 고려한 알고리즘을 추가로 연구할 계획이다.

참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Network

- s,"IEEE Communications Mag., Vol. 40, No.8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [2] K. Akkaya and M. Younis, "A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks," Ad Hoc Networks, Vol. 3, pp. 325-349, 2005.
- [3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient routing protocols for wireless microsensor networks," in Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences (HICSS), Maui, HI, Jan. 2000.
- [4] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," IEEE Trans. Wireless Communications, Vol. 1, no. 4, pp. 660-670, Oct 2002.
- [5] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks" *IEEE Trans. Wireless Communications.*, Vol. 1, no. 4, pp. 660-670, Oct. 2002.
- [6] A. Boukerche, X. Cheng, J. Linus, "Energy-Aware Data-Centric Routing in Microsensor Networks," *ACM MsWiM '03*, San Diego, California, September. 2003.