

## 무선 센서 네트워크에서 싱크와의 거리를 고려한 효율적인 클러스터링 기법

강태욱<sup>0</sup>, 정일규, 한기준  
 경북대학교 컴퓨터공학과

{blromans<sup>0</sup>, nilgu19}@netopia.knu.ac.kr, kijan@bh.knu.ac.kr

### An Efficient Clustering Scheme Considering Distance from a SINK for Wireless Sensor Networks

Taewook Kang<sup>0</sup>, Ilgyu Jung, Kijun Han  
 Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

#### 요 약

무선 센서 네트워크는 제한된 에너지를 가지는 작은 센서 노드들로 구성된다. 한번 배치된 센서 노드들은 유지보수 및 새로운 에너지의 공급이 어렵다. 따라서 각 노드가 가지는 제한된 에너지를 얼마나 효율적으로 사용하느냐가 무선 센서 네트워크의 수명에 큰 영향을 미친다. 본 논문에서는 이러한 에너지 효율성 향상을 위해 연구된 LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy), LEACH-C(LEACH-Centralized), BCDCP(Base-station Controlled Dynamic Clustering Protocol)와 같은 클러스터링 기반의 계층적 라우팅 프로토콜들을 설명하고, 그 문제점을 살펴본다. 그리고 그 문제점들을 해결하기 위한 방법으로 센서 필드의 노드와 싱크와의 거리를 고려한 새로운 클러스터링 기법을 제안한다. 제안하는 클러스터링 기법에서 각 노드는 클러스터를 형성할 때 기존 방식에 비해 적은 역할을 수행함으로써 자신의 에너지를 보존할 수 있다.

#### 1. 서 론

무선 센서 네트워크는 제한된 에너지를 가지는 많은 수의 저전력 대기능 센서 노드들로 구성된다. 각각의 센서 노드들은 제한된 연산능력과 센싱능력을 가지며, 밀집한 지역에 조밀하게 배치되어 군사, 홈 네트워크, 환경감시, 재난감시 등의 다양한 응용에 적용 될 수 있다. 군사용 또는 환경감시와 같은 많은 무선 센서 네트워크 응용에서 센서 노드들은 사용자의 접근이 제한적이며, 에너지원의 교체는 쉽지 않다. 그러므로 센서 네트워크 프로토콜은 자가구성(self-organizing) 능력을 가지며, 센서 노드들이 서로 협력하여 동작한다.[1]

무선 센서 네트워크는 그림 1과 같이 센서 노드들이 배치된 센서 필드(sensor field)와 이를 인터넷 혹은 위성 등의 외부망과 연결시켜주는 싱크(sink)로 구성된다.[2]

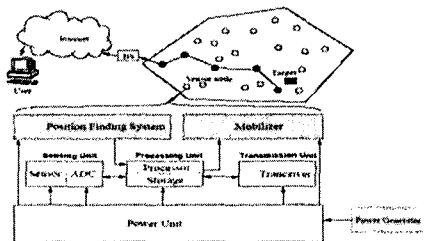


그림 1. 센서 노드와 무선센서 네트워크의 구조

클러스터 기반의 계층적 라우팅 프로토콜에서 센서 필드의 센서 노드들은 클러스터의 멤버로써 센싱 기능을 담당하는 노드, 클러스터의 헤드(CH)로써 멤버들의 데이터를 수집하여 싱크 혹은 다른 클러스터 헤드로 그 데이터를 전송하는 노드로 나뉘어진다. 여기서 클러스터 헤드를 선정하는 방식에 따라 크게 분산형 방식(distributed)과 중앙형 방식(centralized)으로 구분된다. 중앙형 방식은 센서필드의 센서들로부터 수집된 데이터를 바탕으로 싱크가 클러스터 헤드를 선정하고 그 헤드를 중심으로 클러스터가 형성되는 방식이며, 분산형 방식은 센서필드의 각 노드들이 정해진 확률에 의해 스스로 클러스터 헤드가 되고 클러스터가 형성되는 방식을 말한다.

분산형 방식은 클러스터 헤드가 고르게 분포되는 것을 보장하지 못하고, 중앙형 방식은 클러스터 헤드는 고르게 분포될 수 있으나 각 노드가 추가적인 역할을 수행하여야 하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 싱크와의 거리를 기반으로 센서필드를 분할하고 센서 노드의 추가적인 역할 없이 그 영역별로 클러스터 헤드를 분산시키는 기법을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 처음 2장에서 관련 연구를 소개하고, 3장에서 싱크와의 거리를 고려한 클러스터링 기법을 제안한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

센서 필드에서 인접 노드간 중복된 데이터 전송으로 인한 에너지 낭비는 클러스터링을 통한 계층적 라우팅을 통해 감소될 수 있다. 대표적인 클러스터링 기반 라우팅 프로토콜에는 LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[3], LEACH-C(LEACH-Centralized)[4], BCDCP(Base Station Controlled Dynamic Clustering Protocol)[5] 등이 있다.

2.1 LEACH

LEACH는 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버들로부터 데이터를 수집해서 직접 싱크로 전달한다. 동작방식은 그림 2와 같이 크게 클러스터 형성단계와 데이터 전송의 두 단계로 구분된다.

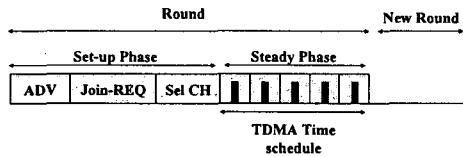


그림 2. LEACH의 동작방식

클러스터 헤드로 선정된 노드는 일반적인 센싱 노드보다 훨씬 많은 에너지를 소비하기 때문에 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공평하게 분산하기 위해 그 역할을 순환하며 수행한다. 특정 라운드에서 클러스터 헤드는 식(1)의 임계값( $T(n)$ )보다 작을 때 헤드로 선정된다[3].

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

선정된 클러스터 헤드를 바탕으로 클러스터가 형성되며, 클러스터 헤드가 멤버들에게 타임 슬롯을 할당하여 데이터를 전송 받고, 전송 받은 데이터를 퓨전 하여 CDMA 방식으로 싱크에게 전달한다.

2.2 LEACH-C

라운드마다 일정한 수의 클러스터를 구성하는 LEACH는 클러스터 헤드가 고르게 분포될 때 좋은 성능을 발휘할 수 있으나, 분산형 방법으로는 이를 보장하지 못한다. LEACH의 결정을 보완하기 위한 LEACH-C는 클러스터 헤드를 싱크가 직접 결정해주는 점을 제외하고 LEACH와 동작방식이 동일하다.

센서 노드들은 자신의 위치와 에너지 레벨을 싱크에게

전송한다. 싱크는 이를 바탕으로 필드 전체의 평균 에너지를 계산하고 그 이하의 에너지를 가진 노드는 클러스터 헤드가 되는 것을 회피하고, 센싱 노드들의 전송 에너지가 최소가 되도록 일정한 수의 클러스터 헤드를 선정한다[4]. LEACH와 마찬가지로 클러스터 헤드의 수는 전체 노드수의 5%가 되었을 때 라운드당 소비되는 에너지가 최소가 된다[4,5].

2.3 BCDCP

BCDCP는 LEACH-C와 동작방식이 유사한 중앙형 방식 클러스터링 기법이다. 하지만, 클러스터 헤드가 퓨전한 데이터를 싱크에게 직접 전송하는 것이 아니라 CH-to-CH 방식으로 싱크까지 전송한다. 또한 클러스터 설정 단계에서 전체 센서 노드들의 에너지 정보를 바탕으로 전체 센서필드의 평균 에너지를 구하고 클러스터 헤드 후보집합을 생성한 다음 각 클러스터에 거의 같은 수의 센서 노드들이 분포 될 수 있도록 분산 과정을 거쳐 클러스터 헤드를 선정한다[5].

LEACH-C와 BCDCP와 같이 중앙형 방식의 클러스터링 기법은 각 센서 노드들이 매 라운드마다 자신의 위치 정보와 에너지 정보를 싱크로 전송하기 때문에 각 노드는 많은 에너지를 낭비할 수 있다. 또한 각 노드는 위치 정보를 알기 위해서는 추가적인 GPS 장치가 부착되어야 한다.

3. 제안하는 클러스터링 기법

위에서 설명한 중앙형 방식의 클러스터 헤더 선정방식은 각 센서 노드들에게 각 라운드마다 각 센서 노드의 정보를 요구하고 있다. 우리는 각 노드들에게 추가적인 장치 또는 전송 부담 없이 클러스터 헤드를 고르게 분포시켜 전체 센서 필드에서 각 라운드마다 소비되는 에너지의 양을 감소 시킨다. 그림 3은 제안하는 클러스터링 기법의 알고리즘을 나타낸다.

1. 싱크가 센서 필드 전체에 방송
2. 각 센서 노드는 싱크와의 거리를 기반으로 레벨화
3. 첫번째 레벨에 속한 노드중 일정 수의 노드가 클러스터 헤드 광고
4. 두번째 레벨에 속한 노드중 첫번째 레벨의 광고 메시지를 받지 못한 노드중 일정수의 노드가 클러스터 헤드 광고
5. 클러스터 설정
6. 기존 방식의 데이터 전송단계와 동일(CH-to-CH)
7. 3 ~ 6 반복

그림 3. 제안하는 클러스터링 기법의 동작방식

사용자는 센서 필드를 동일한 면적으로 나눌 수 있는 전파 반경( $r_1$ )을 알고 있다. 싱크는 일반적인 센서 노드들 보다 에너지 제약으로부터 자유롭고 센서 필드 전역에 방송이 가능하다. 이러한 싱크가 센서 필드 전체에 방송을 하고 각 센서 노드들은 그 신호강도를 기반으로 자신과 싱크와의 거리를 계산한다.

각 노드들은 계산된 거리에 따라 스스로 레벨화 되어 그 정보를 알고 있다. 첫 번째 레벨에 속한 센서 노드 중 일정한 수의 노드가 반경  $r_2$ 을 가지고 클러스터 헤드 광고 방송을 함으로써 클러스터 형성이 시작되고, 그림 3의 순서대로 동작한다. 주변의 노드들로부터 여러 번의 클러스터 헤드 광고를 수신할 지라도 신호강도가 강한 클러스터 헤드에게 가입 메시지를 보냄으로써 가입이 이루어진다. 그림 4는 클러스터 형성 과정을 나타낸다.

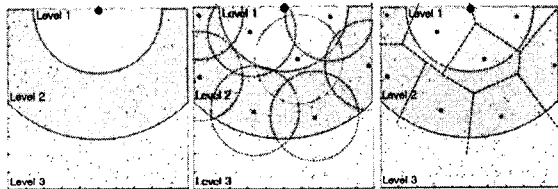


그림 4. 클러스터 형성 과정

필드 전체 면적을 동일하게 분할하였으므로 각 레벨에서의 클러스터 헤드의 개수는 센서 필드 전체의 클러스터 헤드 개수를 레벨의 수로 나눈 값으로 한다. 클러스터가 형성되면 클러스터 헤드는 각 멤버에게 타임 슬롯을 할당하고 각 노드들로부터 데이터를 수신한다. 수신한 데이터는 클러스터 헤드에 의해 퓨전(fusion)되어 인근의 다른 클러스터 헤드에게 전송된다.

각 센서 노드들은 GPS와 같은 자신의 위치를 알 수 있는 추가장치가 없다. 따라서 일반적인 노드가 클러스터 헤드에게 데이터를 전송할 때는 클러스터 헤드 광고방송의 신호강도로 계산된 거리를 바탕으로 전송하며 클러스터 헤드는 반경을  $r_2$ 로 다른 클러스터 헤드에게 데이터를 전송한다.

이와 같은 기법은 클러스터 헤드가 분산되는 것을 보장 하면서 중앙형 방식과 같이 각 노드의 정보를 알기 위한 추가적인 전송을 요구하지 않는다. 그리고, 기존의 클러스터링 알고리즘에서 클러스터 헤드 광고방송이 필드 전체를 대상으로 이루어지면서 많은 에너지를 소비하게 되는데 우리는 광고방송의 범위를 제한함으로써 소비되는 전체 에너지의 양을 감소시켰다.

#### 4. 결론

본 논문에서 우리는 각 노드에게 추가적인 부담을 주지 않고 클러스터 헤드를 필드 전체에 고르게 분산시킬 수

있는 기법을 제안하였다. 우리의 기법에서는 센서 노드와 싱크와의 거리를 기반으로 전체 센서 필드를 동일한 면적으로 나누어 레벨화 하고, 각 레벨에서 같은 수의 클러스터 헤드를 발생시켰다. 클러스터 헤드가 되고자 하는 노드는 필드 전체가 아닌 일정한 범위로 광고방송을 하도록 하여 에너지 소비를 감소시켰다. 이렇게 고르게 분포된 클러스터 헤드들은 비슷한 수의 클러스터 멤버들을 가지고 멤버들과 헤드와의 거리도 비슷하게 된다. 그 결과 각 라운드 마다 소비되는 전체 에너지의 양은 감소하게 된다.

우리의 클러스터링 기법에서는 필드를 몇 개로 레벨화 할지를 결정하는 것과 클러스터 헤드 광고방송의 범위를 결정하는 것이 매우 중요하다. 앞으로 센서 노드의 밀집도 등을 고려한 최적의 값을 찾는 연구를 진행 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Ian F.Akyildiz et al., " A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol.40, No.8, Aug. 2002, pp.102-114.
- [2] Jamal N. Al-Karaki , Ahmed E. Kamal, " Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: A Survey" IEEE Wireless Communications , December 2004, pp.6-28
- [3] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, " Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proc. 33rd Hawaii Int' l. Conf. Sys. Sci., Jan. 2000
- [4] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, " An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," , in IEEE Transactions on Wireless Communications, October 2002.
- [5] Muruganathan, S.D., et al., "A centralized energy-efficient routing protocol for wireless sensor networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 43, pp. s8-s13, March 2005