

# 센서 네트워크 환경에서 위치 정보 기반의 클러스터링 기법

현상훈\*, 김병관\*, 김진환\*, 이광모\*  
\*한림대학교 컴퓨터공학과  
e-mail : nopine@hallym.ac.kr

## A Clustering Method based on Location Information in Sensor Network Environment

Sang-hun Hyun\*, Byoung-kwan Kim\*, Jin-whan Kim\*, Kwang-mo Lee\*  
\*Dept. of Computer Engineering, hallym University

### 요 약

센서 네트워크(Sensor network)는 주변 데이터를 수집하기 위해 널리 퍼뜨려진 작고, 값싼 센서들이 밀집된 무선 네트워크이다. 또한 센서 네트워크는 특수한 활동을 수행하기 위하여 상호 협동하는 센서 노드들의 모임으로 나타낼 수 있으며, 무선 센서 네트워크는 멀리 떨어진 위치에서 물리적인 환경의 감시와 제어를 용이하게 한다. 그러므로, 센서 네트워크는 기후가 혹독한 위치에서 감지한 정보를 모으거나 군사 목적, 주변 환경 감시와 같은 다양한 분야에서 응용되고 있다. 그러나, 일반적으로 저전력 센서들을 이용하는 센서 네트워크는 에너지 효율성을 고려하여 전체 네트워크 성능을 저하시키지 않고 데이터를 수집하는 것이 가장 큰 목적이다. 따라서, 본 논문에서는 위치 측정으로 인한 상대적인 위치 정보에 기반한 클러스터링 기법인 홉 트리(Hop-tree)를 제안한다. 제안된 클러스터링 기법은 위치 측정으로 인해 각 센서 노드들의 상대적인 위치를 알 수 있다는 것과 각 센서 노드들의 에너지를 효율적으로 이용할 수 있다는 장점을 가진다.

### 1. 서론

센서 네트워크(Sensor network)는 주변 데이터를 수집하기 위하여 널리 퍼뜨려진 작고, 값싼 센서들이 밀집된 무선 네트워크이다. 그러므로 센서 네트워크는 특수한 활동을 수행하기 위하여 상호 협동하는 센서 노드들의 모임으로써 나타낼 수 있으며, 무선 센서 네트워크는 멀리 떨어진 위치에서 물리적인 환경의 감시와 제어를 용이하게 한다. 또한, 무선 센서 네트워크는 기후가 혹독한 위치에서 감지한 정보를 모으거나 군사 목적, 주변 환경 감시와 같은 다양한 분야에서 응용된다[1].

센서 네트워크 환경에서 센서 노드는 주로 제한된 데이터를 처리하지만 서로 다른 다수의 노드들 사이의 정보 교환을 통해 주어진 환경에서 좀 더 자세한 측정값을 얻는 능력을 가질 수 있다.

그러나 이러한 센서 노드들은 단말 노드들의 하드웨어 제약과 에드혹 방법의 배치로 인해 제한된 컴퓨팅 파워와 처리 능력의 제약이 따른다. 이와 같은 환경에서 시스템의 견고함(robustness)과 시스템의 생명주기(lifetime)를 최대화 하기 위해 다양한 방면에서 활발히 연구되고 있다[2].

그 중 첫째로 센서 노드들은 작고 제한된 에너지를 가지고 있기 때문에 전력 소비를 얼마나 최소화하여 데이터를 처리하고 전송하여 네트워크 생명주기(life

cycle)를 오래 지속할 수 있도록 하는 것이 센서 네트워크의 가장 중요한 연구 분야이다.

두 번째로는 위치 측정(Localization)에 관련된 연구이다. 대부분의 경우에 센서 노드들은 에드혹의 방법으로 배치된다. 이것은 상호 협동 시스템에서 노드들이 스스로 서로의 위치를 확인해야 한다는 것을 의미한다.

세 번째로는 라우팅(Routing)기법에 관한 연구이다. 얼마나 효율적으로 데이터를 주고 받을 수 있는지는 통신의 가장 큰 역할이기 때문이다[13].

위의 세가지 연구 분야는 현재 센서 네트워크에서 가장 중요한 연구 분야로 주를 이루고 있다. 대부분의 연구에서는 한가지 분야에 초점을 맞추고 있지만 본 논문에서는 각 센서 노드들의 상대적인 위치 정보를 이용하여 구성된 네트워크 환경에서 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 위치 정보 기반의 클러스터링 기법(Hop-tree)을 제안함으로써 세 가지 연구 분야 모두에 초점을 맞추고자 한다.

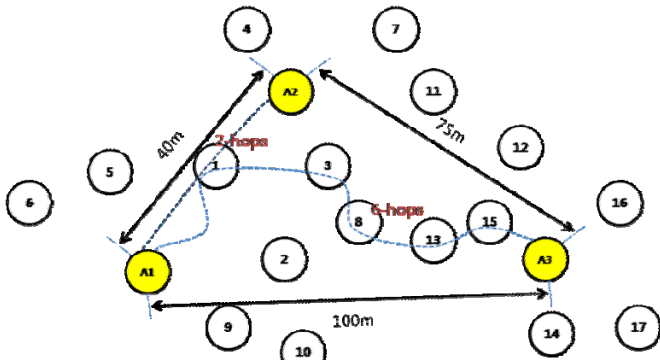
### 2. 관련 연구

#### 2.1 위치 측정(Localization)

##### 2.1.1 DV-Hop

DV-Hop 은 노드의 배치 분포가 균일하고 기준 노드의 밀도가 적은 경우에 사용할 수 있는 위치 측정 기

법이다[3]. 이 방식은 노드 사이의 연결성을 이용하여 노드간 거리를 추정한다. 각 기준 노드는 자신의 위치 정보를 다른 기준 노드로 multi-hop flooding 기법으로 전송하는데, 이때 다른 기준 노드로 전송되기까지의 가장 짧은 hop count 를 저장한다. 하나의 기준 노드가 다른 기준 노드로부터의 메시지를 받으면 두 기준 노드의 위치 좌표를 통해 직선 거리를 구하고 메시지가 전송되기까지의 가장 적은 hop 수로 나누어 노드간 1-hop 의 평균 거리를 추정한다. 이렇게 두 기준을 통해 구해진 노드간 평균거리는 다시 네트워크 전체로 전송되어 전체 네트워크에서의 노드간 평균거리를 계산하는데 사용된다. 노드간 평균 거리가 구해지면 일반 노드의 위치는 노드간 평균 거리와 기준 노드까지의 hop 수를 곱해 얻은 거리값을 이용해 삼변측량법을 이용해 구할 수 있다. (그림 1)은 DV-hop 기법에서 노드간 평균 거리를 구하는 한 예를 보여준다[14].



(그림 1)DV-Hop 위치 측정

## 2.2 클러스터링(Clustering)

일반적으로 인접한 센서 노드들은 유사한 정보의 데이터를 가지고 있으므로 유사한 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비가 크다. 이러한 특성을 고려할 때 클러스터링 기법이 효율적인 라우팅을 가능하게 하는 하나의 방법이 된다. 일반적인 클러스터링 기법의 동작은 각 클러스터 헤더에 의해 로컬 클러스터가 형성되고 클러스터 멤버는 주위 환경에 대한 정보를 인지, 가공한 후 클러스터 헤더로 전송한다. 클러스터 헤더는 데이터 집약(data aggregation)을 수행하여 중복되는 정보의 전송을 방지한다[6].

### 2.2.1 LEACH

LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)[7]는 클러스터 헤더가 클러스터에 포함된 센서 노드들로부터 데이터를 전송 받은 후 데이터를 병합하여 싱크 노드로 전송하는 방식이다. LEACH 기법의 특징은 네트워크를 구성하는 모든 센서 노드들의 에너지 소모를 균등하게 하여 네트워크 생존시간을 최대화하기 위해 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤더를 라운드(round)라는 시간 단위마다 무작위로 선택하고 네트워크 전체적인 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤더에서 클러스터의 데이터를 병합하여 싱크 노드로 보낸다.

LEACH 는 클러스터 헤더 역할을 공평하게 순환시켜, 네트워크 수명 연장을 목표로 한다. 하지만 클러스터 헤더 선출 시 센서 노드의 잔여 에너지의 대한 고려가 없기 때문에 특정 센서 노드의 에너지가 고갈되는 경우가 많다. 따라서 LEACH 는 아주 간단한 클러스터 형성 절차를 갖지만 에너지 효율적인 클러스터 구조를 형성하지는 못한다[6].

### 2.2.2 LEACH-C (LEACH-Centralized)

LEACH 의 분산 클러스터 구성 알고리즘은 클러스터 헤더의 선정과 클러스터 헤더 노드의 수를 보장하지 못하는 단점이 있다. 그러나 base station(혹은 싱크 노드)이 통제하여 클러스터를 구성하는 LEACH-C[12]는 클러스터 헤더가 아닌 노드들이 자신이 속한 클러스터의 헤더에게 데이터를 전송하는데 있어서 에너지를 최소화하는 최적의 클러스터 헤더를 선정함으로써 효율적인 클러스터를 구성할 수 있다. LEACH-C 는 클러스터 구성을 위해 base station 를 사용하며, base station 은 각 라운드의 시작 단계인 setup phase 에서 각각의 노드에 대한 위치 정보와 남아있는 에너지에 대한 정보를 전송 받는다. 전송 받은 정보를 이용하여 네트워크 전체 노드들의 평균 에너지를 계산하고 평균 에너지보다 낮은 에너지를 가진 노드는 클러스터 헤더 선정에서 제외된다. 평균 에너지보다 높은 에너지를 가진 노드들 중에서 simulated annealing algorithm 을 이용하여 클러스터 헤더를 선정한다. Base station 은 현재 라운드에서 최적의 클러스터 헤더에 대한 노드 ID 를 포함한 메시지를 모든 노드들에게 전송한다. 메시지를 받은 노드는 자신의 ID 와 같으면 클러스터 헤더가 되고 다르다면 데이터 전송을 위해 TDMA slot 을 결정한다.

그러나 이 방법은 매번 각 노드들이 기지국과 통신을 해야 하기 때문에 클러스터 구성에 많은 양의 에너지를 소모하게 된다. 또한 추가적인 통신 기술을 통해서 자신의 위치 정보에 대한 처리를 해야 하는 부가적인 오버헤드가 생기는 문제점이 있다[6].

## 3. 위치 정보를 이용한 클러스터링

### 3.1 문제 제기

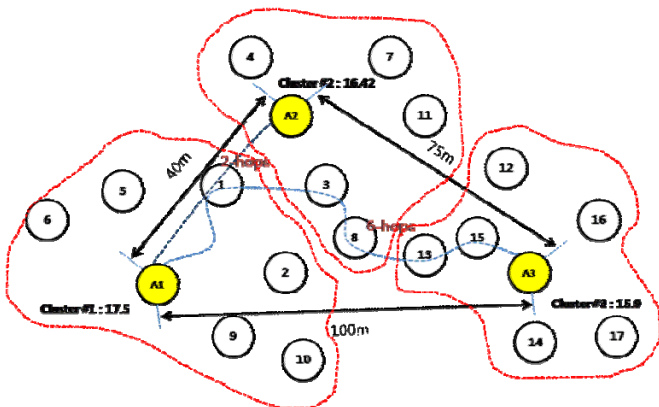
기존의 연구에서 대부분의 센서 네트워크 클러스터링 기법은 송수신 센서 노드의 직접적인 데이터 전송을 가정한다[7][8][9][10]. 하지만 무선 매체는 거리에 따른 감쇠 효과가 매우 크기 때문에 프로세싱 센터에 데이터를 직접 전달하는 클러스터 헤더의 에너지 소비량은 매우 크다[11]. 또한 최근에는 기술의 발달로 작은 센서 개발이 이루어지고 있으며 이 작은 센서에는 적은 용량의 배터리가 탑재 되기 때문에 이는 통신 범위와 데이터 전송량의 제약을 가져오게 된다[4]. 그러므로, 자신의 통신 범위 내에 있지 않은 다른 센서 노드들과 통신하기 위해서는 센서 필드내의 모든 센서를 통한 다중 홉(Multi-hop)방식[5]을 이용하는 것이 바람직 하다. 따라서 에너지 소비가 큰 클러스터 헤더와 센서 노드의 고정된 통신 범위를 고려하는 다중 홉 방식의 클러스터링 기법의 필요성이 제기되

고 있지만[6] 기존 클러스터링 기법들은 클러스터 헤드로 데이터를 직접 전송하여 클러스터 헤드의 에너지 소비량을 크게 만들 뿐 아니라 클러스터 헤드를 지속적으로 선출하는 빈번한 재구성으로 인한 에너지 소비가 많다는 단점이 있다. 또한, 클러스터 헤드의 전송범위에 속하지 않는 센서들은 아무런 역할도 하지 못하게 되며 LEACH-C 의 경우 위치 정보도 처리해야 하기 때문에 부가적인 오버헤드가 발생하여 전체 네트워크의 성능을 저하시키게 된다.

따라서 본 논문에서는 위치 정보를 기반으로 한 클러스터링을 위해 다중 홉에 적합한 위치 측정 기법인 DV-hop[3]을 이용하여 로컬 클러스터를 구성하고 에너지 효율적인 라우팅을 위한 홉 트리를 제안한다.

### 3.2 로컬 클러스터 구성

위의 (그림 1) 에서 A1, A2, A3 가 위치를 알고 있는 기준 노드(앵커 노드 즉 클러스터 헤더)이고 나머지가 일반 노드일 때 A1 노드가 자신의 위치 정보를 포함한 메시지를 multi-hop flooding 방식으로 전송하면 이 메시지는 가장 짧은 hop count 인 2 hop 을 거쳐 A2 노드로, 6hop 을 거쳐 A3 노드에 도착하게 된다. 각 기준 노드는 자신의 위치 정보를 알기(위치 측정 기법에서는 일반 센서 노드들의 위치를 측정하기 위해 자신의 위치 정보를 알고 있는 3 개 이상의 앵커(Anchor) 노드가 필요하다.) A1, A2 노드간 직선거리가 40m, A1, A3 노드간 직선거리가 100m 임을 계산하고 각 hop 수인 2, 6 으로 나눈다. 최종적으로 hop 간 평균 거리는  $\frac{40 \times 100}{2+6} = 17.5$  가 된다. 이와 마찬가지로 A2, A3 각 기준 노드를 기준으로 평균 거리를 계산해보면 각각 16.42, 15.9 가 나온다. A1, A2, A3 각각의 1 hop 당 평균 거리는 다시 네트워크 전체로 전송된다. 이때 각 센서들은 먼저 받은 데이터가 있으면 그 이후에 수신되는 데이터는 버리게 된다. 이것은 대부분의 일반 노드가 가장 밀접한 기준 노드로부터 단지 한번의 데이터를 수신하는 것을 보장 할 수 있다. 따라서 각 기준 노드에 가까운 센서들일수록 각 기준 노드의 1 hop 당 평균 거리를 수신하게 되며 이 평균 거리값으로 로컬 클러스터가 구성된다.



(그림 2) 로컬 클러스터 구성

구성된 로컬 클러스터는 위의 (그림 2)와 같다. (그

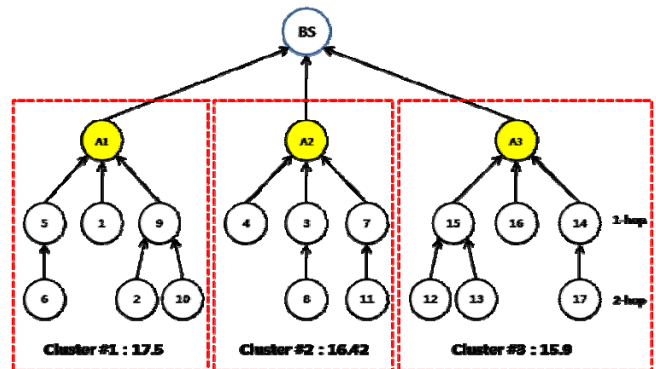
림 2)와 같이 기준 노드 A1 으로부터 계산 된 1 hop 당 평균 거리인 17.5 를 수신한 센서들이 로컬 클러스터로 구성된다.

### 3.3 홉 트리(Hop tree) 구성

로컬 클러스터가 구성되면 클러스터 헤더의 에너지 소비량을 최소화하고 각 센서들의 에너지를 효율적으로 사용하여 전체 네트워크 성능을 향상시킬 수 있도록 홉 트리를 구성한다.

홉 트리의 구성 단계는 다음과 같다.

- (1) 각 기준 노드는 현재 로컬에 속해 있는 노드들에게 메시지를 보낸다.
- (2) 메시지를 수신한 노드들은 hop count 와 id 를 확인한다.
- (3) Hop count 가 1 이면 클러스터 헤더로부터 메시지를 수신했음을 알고 클러스터 헤더로 연결된다.
- (4) 만약 hop count 가 2 이상이라면 hop count - 1 에 해당하는 홉수를 가진 노드와 연결된다.
- (5) 이때, 가장 밀접하고 연관된 노드에게 한번의 메시지를 수신하기 위하여 처음 수신된 메시지를 제외한 나머지 수신 데이터는 버린다.



(그림 3) 홉 트리(Hop tree)

예를 들면, Cluster #1 에서 2 번 노드의 경우 1 번 노드와 9 번 노드로부터 메시지를 수신 할 수 있다. 하지만 밀접하고 연관된 노드에게 한번의 메시지를 수신하기 위해 만약 2 번 노드가 9 번 노드로부터 먼저 메시지를 수신했다면 그 다음에 수신되는 모든 메시지는 버리게 된다. 따라서 2 번 노드는 9 번 노드에 연결되게 된다. 이렇게 연결된 전체 홉 트리는 (그림 3)과 같다.

위와 같이 홉 트리를 구성하여 각 클러스터 헤더가 자신의 로컬 클러스터의 트리를 가지게 함으로써 각 센서들의 상대적인 위치를 알 수 있으며 또한 센서들의 에너지를 효율적으로 사용할 수 있게 된다. 데이터를 전송함에 있어서도 각 센서들은 본인이 속한 루트에게만 데이터를 전송함으로써 브로드 캐스트로 인한 데이터 중복의 오버헤드를 줄일 수 있게 된다.

## 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 위치 정보를 사용하여 로컬 클러스

터 구성하고 구성된 로컬 클러스터 마다 홉 트리를 구성하여 브로드 캐스트로 인한 메시지의 오버헤드를 줄임과 동시에 에너지 효율적인 라우팅을 제공함으로써 네트워크 전체 성능을 향상시키는 기법을 제안하였다. 이 기법은 상대적인 위치 정보를 이용하여 로컬 클러스터가 구성되며 구성된 로컬 클러스터 상에서 hop count에 의해 트리가 구성되는 방식이다.

앞으로 진행되어야 할 연구는 먼저 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법에 대한 정확한 분석이 필요하다. 또한 기존의 클러스터링 기법과 생명주기(life cycle), 데이터 전송율(data rate)을 비교하여 제안한 기법이 좀 더 효율적임을 증명할 것이며 제안된 기법을 통해 네트워크의 전체 성능이 향상될 것으로 기대한다.

### 참고문헌

- [1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam and E. Cayirci, "A survey on sensor network," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 4, pp. 102-114, 2002.
- [2] N. Bulusu, D. Estrin, L. Girod and J. Heidemann, "Scalable coordination for wireless sensor network: Self-configuring Localization Systems," In Proceedings of the Sixth International Symposium on Communication Theory and Application(ISCTA 2001), Ambleside, Lake District, UK, July 2001.
- [3] D. Niculescu and B. Nath, "Ad hoc Positioning System(APS)," IEEE Globecom '01, San Antonio, TX, Nov 2001.
- [4] B. Warneke, M. Last, B. Liebowits, and K. Pister, "SmartDust: Communication with a Cubic Millimeter Computer", IEEE Computer, January 2001, Page(s) : 2~9.
- [5] S. Toumpis and A.J Goldsmith, "Capacity regions for wireless ad hoc networks", Wireless Communications, IEEE Transactions on Volume 2, Issue 4, pp. 736-748, Jul 2003.
- [6] 최진철, 이채우, "클러스터 기반 다중 홉 센서 네트워크의 모델링 기법," 대한 전자공학회 전자공학회 논문지-TC 전자공학회 논문지 제 43 권 TC 편 제 1 호, pp. 57-71, 2006.
- [7] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", in Proc. Of the 33<sup>rd</sup> Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 3005-3014, 2000.
- [8] S. Toumpis, and A.J. Goldsmith, "Capacity regions for wireless ad hoc networks", Wireless Communications, IEEE Transactions on Volume 2, Issue 4, pp. 736-748, 2003.
- [9] A. Manjeshwar, and D.P. Agrawal, "TEEN : A routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks", Parallel and Distributed Processing Symposium., Proc. 15<sup>th</sup> International pp. 2009-2015, 2001.
- [10] A. Manjeshwar, and D.P. Agrawal, "APTEEN : A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks", Parallel and Distributed Processing Symposium., Proceedings International, pp. 195-202,

2002.

- [11] E.J. Duarte-Melo, and M. Liu, "Analysis of energy consumption and lifetime of heterogeneous wireless sensor networks", In Proc. of IEEE Globecom, Taipei, Taiwan, 2002.
- [12] W. Heinzelman, A. 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.
- [13] "Sensor Networks: An Overview", <http://www.csif.cs.ucdavis.edu/~bharathi/>.
- [14] 이지영, 양성원, 이영화, 차호정, "유비쿼터스 환경에서의 위치인식 기술," 한국 인터넷 정보학회 인터넷 정보학회지, pp. 30-37, 2006.