

센서의 상대적 위치정보를 이용한 무선 센서 네트워크에서의 클러스터링 알고리즘

정우현^o 장형수

서강대학교 컴퓨터공학과

jwh81@sogang.ac.kr, hschang@sogang.ac.kr

Relative Location based Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks

W. H. Jung^o H. S. Chang

Department of Computer Science and Engineering, Sogang University

1. 서론

Wireless Sensor Networks(WSNs)상에 존재하는 sensor들의 lifetime을 연장하기위하여 많은clustering algorithm이 개발되었다 이 중 GPS가 없는 일반적인 WSNs에 적용되는 clustering algorithm은 sensor의 위치를 직접적으로 파악할 수 없기 때문에 지리적으로 고르지 못한 cluster를 구성하여 sensor들의 큰 energy 소모를 야기할 수 있다 본 논문에서는 상대적 위치정보를 이용하여 지리적으로 고른 cluster를 구성하고 sensor와 BS사이의 거리를 고려하여 cluster head의 선출빈도를 조절하는 새로운 centralized clustering algorithm "RLCA : Relative Location based Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks"를 제안하고자 한다

2. 본론

RLCA는 sensor들과 sensor 분포지역으로부터 먼 거리에 위치해 있는 하나의BS로 구성되는 일반적인 WSNs에 적용 가능한 clustering algorithm이다. 이때 sensor는 one-hop 통신을 기반으로 하고 battery는 재충전 될 수 없으며 GPS는 장착하지 않음을 가정한다 Energy를 모두 소모한 sensor가 처음 발생하는데 까지 걸리는 시간을WSNs의 lifetime이라 정의하였을 때 lifetime을 최대한 연장해보고자 하는 것이RLCA의 목표이다. RLCA는 sensor의 상대적 위치를 지정하는 단계cluster head가 선출되는 집합을 지정하는 단계 cluster setup 및 data transmission 단계로 구성된다

2.1 Sensor의 상대적 위치 지정

Sensor의 상대적 위치를 지정하는 과정은sensor가 sensing을 시작하기 이전 단계인network deployment phase에서 이루어진다. 우선 BS와 sensor들은 특정 power level로 다른 sensor들에게 "hello" message를 보냄으로 해서 message를 받은 sensor가 signal strength를 통해 message를 보낸 sensor혹은 BS와의 거리를 계산하게 한다 이후 각 sensor들은 BS와의 거리, 다른 sensor와의 거리, 그리고 자신의energy 보유량 등의 정보를 BS에게 전송하게 된다

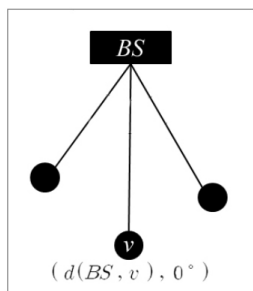


그림 1. v의 위치지정

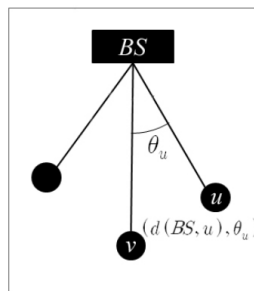


그림 2. u의 위치지정

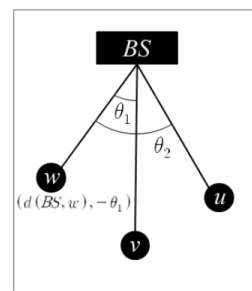


그림 3. w의 위치지정

$$\theta_u = \cos^{-1} \left(\frac{d(v, u)^2 - d(BS, v)^2 - d(BS, u)^2}{-2 \times d(BS, v) \times d(BS, u)} \right), \theta_u \geq 0 \quad (1) \quad \theta_1 = \cos^{-1} \left(\frac{d(v, w)^2 - d(BS, v)^2 - d(BS, w)^2}{-2 \times d(BS, v) \times d(BS, w)} \right), \theta_1 \geq 0 \quad (2)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{d(u, w)^2 - d(BS, u)^2 - d(BS, w)^2}{-2 \times d(BS, u) \times d(BS, w)} \right), \theta_2 \geq 0 \quad (3)$$

위 그림1, 그림2, 그림3은 세 개의 sensor들로 이루어진 WSNs 상에서 sensor들로부터 정보를 받은 BS가 sensor들의 상대적 위치를 지정하는 과정을 보여주는 예이다 우선 BS는 그림 1과 같이 sensor들 중 임의의 sensor $v(v \in V)$ 를 선택하여 $(d(BS, v), 0^\circ)$ 로 위치를 지정한다 여기서 V 는 BS를 포함한 전체 sensor들의 집합을 의미하고 $d(BS, v)$ 는 BS와 sensor v 사이의 거리를 의미한다 이 후 그림2와 같이 v 와의 거리정보가 있는 임의의sensor(= u)를 선택하여 식(1)의 cosine 법칙을 통해 θ_u 를 구하고 u 의 위치를 $(d(BS, u), \theta_u)$ 로 지정한다 마지막으로 v, u 모두와 거리정보가 있는 sensor(= w)에 대하여 식(2), 식(3)에 의해 그림3에 표시된 θ_1, θ_2 를 각각 구하고 $\theta_1 < \theta_2$ 와 $\theta_2 > |\theta_u - \theta_1|$ 가 만족되므로 w 의 위치를 $(d(BS, w), -\theta_1)$ 로 지정한다 이와 같이 이미 위치가 지정된 임의의 두sensor를 기준으로 WSNs 상의 모든 sensor들의 상대적 위치를 지정한다

이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구함No.R01-2007-000-10511-0)

2.2 Cluster Head 선출 집합 지정

이 과정은 cluster head가 지리적으로 고르게 선출되도록 하기 위하여 cluster head가 선출되는 집합을 상대적 위치 정보를 바탕으로 지정하는 과정이다. 아래 그림4, 그림5, 그림6은 cluster의 개수가 5개 일 때 cluster head 선출 집합이 정해지는 과정을 보여주는 예이다

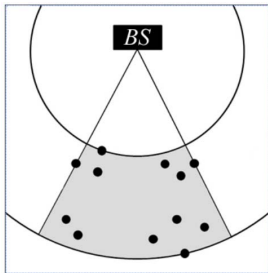


그림 4. sensor분포 지역 지정

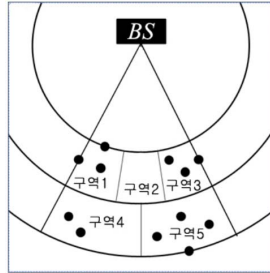


그림5. 구역 나누기

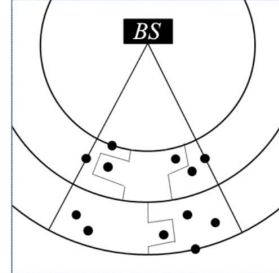


그림6. cluster head 선출 집합 지정

우선 BS는 BS로부터 가장 가까운 sensor와 가장 먼 sensor, 그리고 BS를 기준으로 가장 큰 각을 이루는 두 sensor를 파악하여 그림 4와 같이 sensor의 분포지역을 지정한다. 이후 BS는 sensor 분포 지역을 이미 지정된 cluster의 개수만큼 지리적으로 고르게 나눈다. 나뉜 각 구역을 그림 5와 같이 각각 구역1, 구역2, ..., 구역5라 하자. 각 구역으로 나뉜 sensor들은 cluster head로 선출되었을 때 BS로부터 거리가 멀수록 energy 소모가 많다는 점을 고려하여 재배치된다. 즉, 그림6과 같이 BS로부터 같은 거리에 위치한 구역들은 같은 수의 sensor를 포함하게 하되, BS로부터 거리가 먼 구역에는 더 많은 sensor를 포함하게 하여 sensor의 cluster head 선출 빈도를 낮추는 것이다. 이렇게 재배치된 각 구역은 cluster head 선출 집합으로 지정된다.

2.3 Cluster setup 및 Data transmission

지정된 cluster head 선출 집합에서는 매 round 마다 하나의 cluster head가 선출되게 된다. 이때 각 cluster head 선출 집합에서 $cost(v_i, r) = \frac{e_i(r-1)}{d(BS, v_i)^2}$ ($1 \leq i \leq (\text{the number of sensors}), r \geq 1$)의 값이 가장 작은 sensor가 해당 cluster head 선출 집합의 cluster head로 지정되게 된다. 여기서 r 은 round 횟수를 의미하고, $e_i(r)$ 은 r 번째 round 종료 후 sensor v_i 가 보유한 energy 양을 의미한다. 선출된 cluster head들은 다른 sensor들을 상대로 "cluster head advertisement" message를 broadcasting하고, message를 받은 cluster head가 아닌 sensor들은 가장 가까운 거리에 위치한 cluster head에게 해당 cluster head의 cluster에 속하겠다는 message를 보냄으로써 cluster setup이 완료되게 된다. Cluster가 정해지고 나면 sensor들은 자신이 속해있는 cluster의 cluster head가 지정한 TDMA schedule에 따라 sensing된 정보를 cluster head에게 전달한다. Cluster head는 해당 cluster에 속한 sensor들로부터 sensing된 정보가 모두 전달되면 data gathering을 수행하여 sensing 정보를 조합하고, 조합된 정보를 BS에게 전달한다.

3. 결론

아래 그림7과 그림8은 본 논문에서 제시한 RLCA와 대표적인 clustering algorithm인 LEACH[1]를 비교 실험한 결과이다. 이때 BS는 100×100 WSNs와 200×200 WSNs에서 모두 sensor 분포지역으로부터 먼 거리에 위치하게 하였고, cluster의 개수는 $0.05 \times (\text{the number of sensors})$ 로 지정하였다.

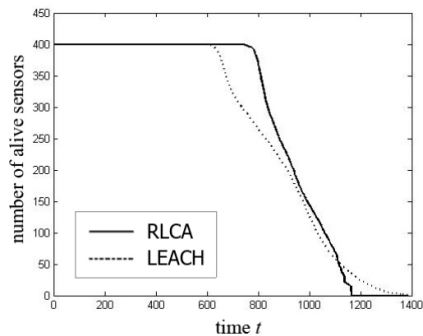


그림 7. 100×100 WSNs

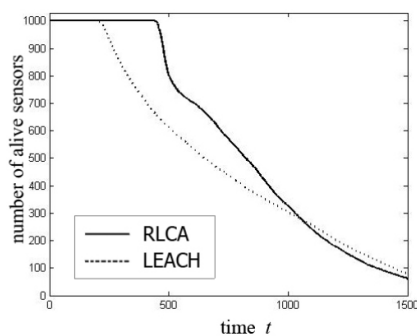


그림 8. 200×200 WSNs

실험 결과 100×100 WSNs와 같은 비교적 작은 WSNs상에서는 그림7에서와 같이 lifetime을 128% 연장하였음을 알 수 있고, 비교적 규모가 큰 200×200 WSNs상에서는 그림8에서 보이듯이 lifetime을 207% 연장하였음을 알 수 있다. 만약 WSNs의 규모에 따라 적절한 cluster head 선출 비율이 지정될 수 있다면 RLCA는 더욱 효율적인 clustering algorithm이 될 수 있을 것이다.

참고문헌 : [1] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks", in *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 8, pp. 3005- 3014, Jan. 2000.