

무선 센서 네트워크에서 효율적인 데이터 수집을 위한 위치 기반의 클러스터링

장형준*, 이인철*, 박귀태*
고려대학교*

Location-aware Clustering for Efficient Data Gathering in Wireless Sensor Networks

Hyeong-Jun Chang*, In-Chul Lee*, Gwi-Tae Park*
Dept. of Electrical Engineering, Korea University*

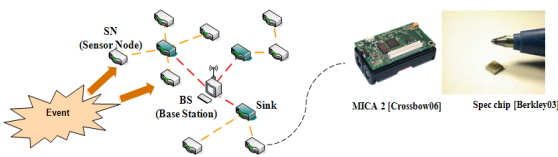
Abstract - Advances in hardware and wireless network technologies have placed us at the doorstep of a new era where small wireless devices will provide access to information anytime, anywhere as well as actively participate in creating smart environments. In this paper, we propose location-aware clustering method in wireless sensor networks. Previous clustering algorithm assumes that all nodes know its own location by GPS. But, it is unrealistic because of GPS module cost and large energy consumption. So, we operate localization ahead of cluster set-up phase. And Considering node density and geographic information, Cluster Heads are elected uniformly. Moreover, communication between CHs is prolonged network lifetime.

1. 서 론

최근 무선 통신과 디지털 전자 분야의 발달로 저비용, 저전력, 저용량, 다기능 의 센서 노드가 널리 개발되고 있으며, 무선 센서 네트워크에 대한 관심이 증가하면서 다양한 시나리오를 바탕으로 어플리케이션이 연구 개발되고 있다[1][4]. 이러한 무선 센서 네트워크의 다양한 용도에도 불구하고 한정된 에너지자원을 가진 센서 노드들로 구성되어 있어서 한번 배치된 후에는 유지,보수가 어려운 한계점을 가지고 있다. 이러한 이유 때문에 무선 센서 네트워크에서 가장 중요한 연구 과제 중 하나는 에너지 소비를 최소화 하고, 한정된 자원을 효율적으로 사용하여 네트워크 수명을 최대화하는 것이다.

수백에서 수천 개에 이르는 노드들로 이루어진 무선 센서 네트워크에서 각 노드의 위치를 수동으로 설정하는 것은 불가능한 경우가 많다. 그렇다고 모든 노드에 GPS(Global Positioning System)을 부착하는 것은 하드웨어적으로나 전력 면에서 너무나 많은 비용이 요구된다.

따라서 위치가 알려진 일부 노드들을 기준으로 나머지 노드들의 위치를 알아내는 방법들이 연구 개발되고 있다.



<그림 1> 무선 센서 네트워크의 형태

무선 센서 네트워크에 대한 관심이 높아짐에 따라 초기의 연구는 소규모의 네트워크 상에서의 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 하지만, 이 연구들은 제한된 네트워크 크기와 제한된 센서 노드 개수상에서의 연구가 대부분이었기 때문에 대규모의 무선 센서 네트워크에서의 활용이 지극히 제한된다.

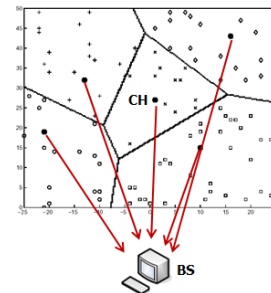
따라서 본 논문에서는 대규모의 무선 센서 네트워크에서도 적용 가능한 위치 기반의 클러스터링 알고리즘을 설계하고 시뮬레이션 하는데 목적이 있다. 센서 노드들의 에너지 소비를 줄여 네트워크 수명을 연장하기 위하여 클러스터링 알고리즘을 선택하였다[2][3].

기존의 계층적 라우팅 알고리즘은 대부분 GPS모듈을 이용하거나 센서 노드들의 위치를 직접 지정하여 배치해서 각각의 센서 노드들의 위치를 알고 있다는 가정하에 전개된다. 하지만, 이는 대규모의 무선 센서 네트워크 값비싼 GPS 모듈을 모든 센서 노드에 부착한다는 것은 비용이 너무 많이 들기 때문에 현실성이 떨어진다[5]. 그래서 본 논문에서는 자신의 위치를 알 수 있는 몇 개의 센서 노드들을 이용하여 전체 센서 노드들의 위치를 측정 후 클러스터링 알고리즘을 실행한다.

2. 본 론

2.1 기존 클러스터링 알고리즘의 문제점

지금까지 기존의 클러스터링 알고리즘을 소개하였다. 하지만 기존의 클러스터링 알고리즘은 다음과 같은 문제점이 있다[8].



<그림 2> 클러스터 헤드간의 멀티 홉 통신

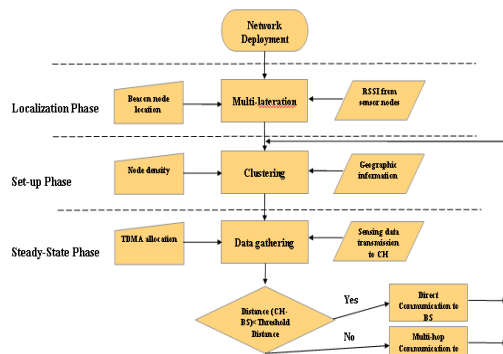
첫째, '모든 노드들은 자신의 위치를 알고 있다' 라는 가정은 모든 노드가 GPS 모듈을 통하여 자신의 위치 정보를 알고 있다는 것이다. 센서 노드의 위치정보를 실시간으로 알 수 있다는 장점이 있지만 GPS 모듈을 통한 에너지 소비가 크기 때문에 모든 노드에 GPS 모듈을 장착한다는 것은 한계가 있고, 실내환경에서 사용이 불가능하다[6].

둘째, '클러스터 헤드는 네트워크 안에서 랜덤하게 선출된다.' 라는 가정은 전체 네트워크 안에서 지정된 클러스터 헤드 개수에 따라서 클러스터가 형성되는데, 이때 노드 밀집도를 고려하지 않기 때문에 위스트 케이스 인 경우 클러스터 헤드가 한 쪽으로 몰려서 구성될 수 있다. 이는 전체 노드들 중 일부 노드들이 클러스터 조인(Join)의 실패를 야기시킨다[7].

셋째, '클러스터 헤드와 베이스 스테이션은 직접 통신으로 정보를 전달한다.' 라는 가정은 네트워크 사이즈가 커지거나 클러스터 헤드와 베이스 스테이션의 거리가 멀어질 경우 비효율적인 에너지 소모가 발생한다. 이는 클러스터 헤드간의 멀티 홉 통신을 통하여 해결할 수 있다.

2.2 제안하는 클러스터링 기법 구조

제안하는 알고리즘 구조의 블록 다이어그램은 다음과 같다.

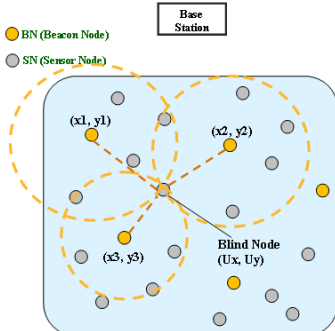


<그림 3> 제안하는 클러스터링 기법의 플로우 차트

기존의 클러스터링 알고리즘의 2가지 단계 (Set-up phase, Steady-state)로 이루어져 있는데 그 이전에 위치를 알고 있는 몇 개의 Beacon node를 이용하여 위치 측정을 하는 Localization Phase를 추가하였다.

2.2.1 Localization Phase

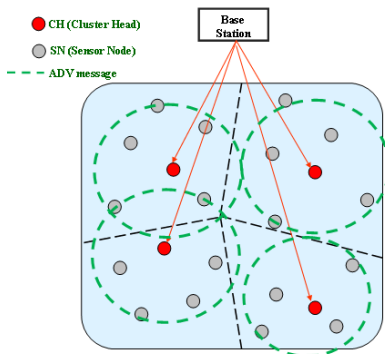
Set-up Phase 이전에 Localization 을 시행함으로써, 기존 클러스터링 알고리즘의 비현실적인 가정, 즉 모든 노드가 GPS 모듈을 통하여 위치 정보를 획득한다는 한계점을 극복하였다. 우선, 자신의 위치를 알고 있는 비콘 노드들은 자신의 maximum transmission range로 자신의 위치를 브로드 캐스트 한다. 각 센서 노드들은 비콘노드로부터 RSSI를 측정하여 비콘노드와의 거리를 계산한다. 3개 이상의 beacon node로부터 받은 RSSI값으로 삼각측량법을 통하여 자신의 위치를 계산한다.



<그림 4> Localization Phase

2.2.2 Set-up Phase

Set-up Phase 에서는 이전에 Localization phase 를 통하여 얻어진 노드들 위치 정보를 통하여, 노드 밀집도를 계산하여 전체 네트워크를 균형적으로 지역을 나눈다. 나누어진 지역 안에서 클러스터 헤드를 선출한다.

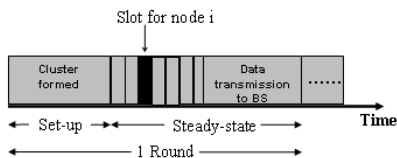


<그림 5> Set-up Phase

선출된 클러스터 헤드는 ADV message 를 브로드캐스트하고, 이 메시지를 받은 센서 노드들은 RSSI 값을 통하여 가장 가까운 클러스터 헤드로 Join 메시지를 보낸다.

2.2.3 Steady-state Phase

Steady-state phase에서는 set-up phase 에서 선출된 클러스터 헤드가 자신의 클러스터 멤버에게 TDMA 스케줄을 전송한다. 각 클러스터 멤버는 자신의 TDMA slot 에 자신의 센싱 데이터를 클러스터 헤드로 전송한다.



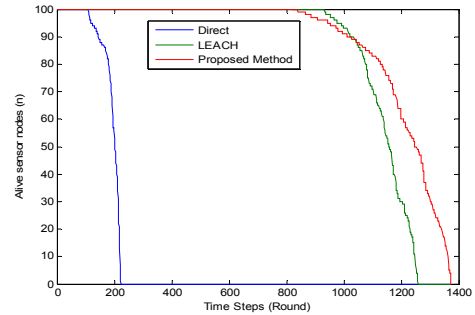
<그림 6> Steady-state Phase

클러스터 헤드는 자신의 클러스터 멤버에게 받은 데이터를 병합하여 베이스 스테이션으로 전송한다. 이때, 클러스터 헤드와 베이스 스테이션과의 거리와 미리 설정한 임계거리를 비교하여 직접 통신 또는 멀티-홉 통신을 시행한다.

4. 결 론

그림 7 은 노드의 초기 에너지가 0.5J/node 일 때 라운드 별 살아있는 노드의 개수를 나타낸 그래프이다. 제안한 위치 기반의 클러스터링 기법

은 초기 Localization phase에서 사용되는 에너지 소비 때문에 FND(First Node Die) 는 일찍 발생하지만 노드의 위치 정보와 밀집도를 통한 지역적 클러스터 형성 결과, 기존의 클러스터링 알고리즘 LEACH보다 약 74 round 정도 네트워크가 유지되는 것을 확인할 수 있다.



<그림 7> Number of alive sensor node per round

본 논문에서는 센서 네트워크를 위해 개발된 계층적 라우팅 프로토콜에 대하여 알아보고, 기존 클러스터링 알고리즘의 문제점을 지적하고 이를 보완 수정하였다.

기존의 계층적 라우팅 알고리즘은 대부분 GPS 모듈을 이용하거나 센서 노드들의 위치를 직접 지정하여 배치해서 각각의 센서 노드들의 위치를 알고 있다는 가정 하에 전개된다. 하지만 값비싼 GPS 모듈을 모든 센서 노드에 부착한다는 것은 비용이 너무 많이 들기 때문에 현실성에 떨어진다. 그래서 본 논문에서는 기존의 클러스터링 알고리즘시행 전에 Localization Phase를 두어 자신의 위치를 알고 있는 몇 개의 비콘 노드를 이용하여 전체 센서 노드들의 위치를 측정후 클러스터링을 실행하였다. 또한, 이러한 위치정보를 이용하여 클러스터 헤드를 선출하기 전에 노드들의 위치와 밀집도를 고려하여 클러스터링을 지역적으로 나누어 구성하였다. 그리고 클러스터 헤드와 베이스 스테이션 거리가 멀어질 경우 비효율적인 에너지 소모가 발생하므로 클러스터 헤드간의 멀티홉 통신을 통하여 이를 해결하였다. 지금까지는 노드의 움직임이 없는 정적인 네트워크에서의 위치 측정 및 라우팅 프로토콜의 연구가 활발히 되어 왔다. 하지만 노드의 움직임이 있는 동적인 네트워크에서 정확한 위치 측정과 이에 걸맞는 라우팅 프로토콜의 연구가 진행되어야 하겠다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합기술개발사업 [과제번호:06 첨단융합 D01]의 지원으로 이루어졌습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] C. Y. Chong and S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges", Proc. of the IEEE, vol. 91, no. 8, p.1247-1256, Aug. 2003.
- [2] J. Deng, Y. S. Han, W. B. Heinzelman, and P.K. Varshney. "Scheduling Sleeping Nodes in High Density Cluster-based Sensor Networks." ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications (MONET) Special Issue on "Energy Constraints and Lifetime Performance in Wireless Sensor Networks", 2004. to appear.
- [3] Sameer Tilak, Nael B. Abu-Ghazaleh, and Wendi Heinzelman, "A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models", ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Volume 6, Number 2, 2002, pp. 23-36
- [4] I. F. Akyildiz et al. "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication Magazine IEEE. vol. 40, no. 8, p.102-114, Aug. 2002.
- [5] C. Savarese, J.M. Rabaey, and J. Beutel, "Locationing in Distributed Ad-Hoc Wireless Sensor Networks", ICASSP, May 2001.
- [6] N. Bulusu, J. Heidemann, and D. Estrin, "GPS-less Low-Cost Outdoor Localization for Very Small Devices", IEEE Personal Communication, October 2000.
- [7] J. Bruck, J. Gao, and A. Jiang, Localization and Routing in Sensor Networks by Local angle Information, ACM Mobihoc, May 2005.
- [8] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", In Proceedings of the Hawaii Conference on System Sciences, Jan. 2000.