

무선 센서 네트워크 환경에서의 dynamic cluster 기반의 에너지 효율적인 클러스터링 기법

박정임⁰, 강정훈, 박명순[†]

고려대학교 컴퓨터정보통신대학원

jipark@sundosoft.com⁰, { kjhoun, myongsp[†] }@ilab.korea.ac.kr

Energy Efficient Clustering Method for Dynamic Cluster based Wireless Sensor Network

Jung Im Park⁰, Jung Hun Kang, Myong-soon Park[†]

Graduate School of Computer Information & Communications, Korea University

요약

무선 센서 네트워크에서 이벤트 영역을 탐지하는데 있어 이동성을 가진 target objects의 첫 boundary information을 탐지하는 것도 중요하지만 탐지 후 변화하는 boundary information을 지속적으로 반영하는 것도 또한 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 boundary information의 지속적인 반영방법에 대해, Event의 발생빈도에 따른 clustering update 모델링과 특정 상황에 따른 cluster를 재구성해야 하는 방안을 비교 분석한 후 이에 대한 클러스터링의 에너지 효율적인 방법에 대해서 제안하고 있다.

1. 서론

무선 센서 네트워크에서 이동하는 물체를 에너지 효율적으로 추적하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중 대표적인 것은 물체의 이동에 따라 동적으로 클러스터링을 구성해 나가는 방법이다. 무선 센서 네트워크에서 이동성을 가지고 있는 물체를 추적하고 정보를 획득하기 위해서는 센서 네트워크를 구성하고 있는 많은 노드들이 지속적으로 서로 협동하여 작업해야 하지만, 각 센서들은 배터리에 의존하고 있어 제한된 처리 능력과 통신능력을 가지고 있다. 따라서 생명주기를 늘리기 위해 얼마나 최소의 에너지를 소비하느냐가 커다란 관건중의 하나이다. 이에 따라 무선 센서 네트워크에서 센서가 뿌려진 지역에 걸쳐 target detection 또는 tracking, 환경 모니터링 및 data detection 등의 연구는 활발히 진행되고 있다. 그런데 넓은 지역에 걸쳐 진행될 수 있는 재난성 화재나 화학적 오염 등을 감지하거나 발견하는 등의 환경에서는 기존의 연구를 적용하기에는 적합하지 않다. 이는 각 센서들의 제한된 에너지 때문이다. 넓은 지역에 분포되어 있는 모든 센서들로부터 정보를 습득해야 하지만, Event가 발생된 넓은 지역의 센서들은 같은 정보를 획득하게 되므로 불필요한 에너지의 사용을 초래할 수 있다. 이러한 문제를 해결하고자 에너지 효율성을 고려한 object detection

과 tracking을 위해 제안된 연구로 dynamic cluster structure가 있다. 이는 큰 지역에 있는 모든 센서들의 정보를 수집하는 방법을 지양하고 boundary에 있는 센서들의 정보를 획득하여 dynamic cluster 구조로 target objects의 boundary information을 탐지하는 방법이다. 그러나 위치를 탐지한 후 일정시간이 지나면 target objects는 이동성을 가지고 있기 때문에 그 위치는 변화하게 된다. 따라서 변화하는 target objects의 boundary information을 지속적으로 탐지하여야 하는데 그 변화된 위치를 탐지하기 위해서는 cluster를 갱신하거나 다시 재구성하여야 한다.

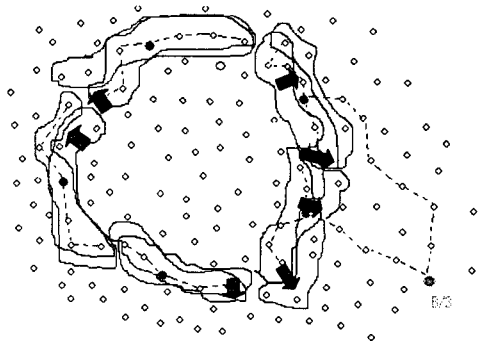


그림 1. Boundary Information의 확장

이동성을 가진 target objects의 첫 boundary information을 탐지하는 것도 중요하지만 탐지 후 변화하는 boundary information을 지속적으로 반영하는 것 또한 매우 중요하다. 따라서 boundary information의 지속적인 반영방법에 대해 Event의 발생빈도에 따른 clustering update 모델링과 특정 상황에 따른 cluster를 재구성해야 하는 방안을 비교 분석한 후 이에 대한 에너지 효율적인 선형 클러스터링 방법에 대해서 제안하고자 한다.

2. 관련 연구

대부분의 Object tracking관련 연구들은 single이나 multiple individual targets에 대한 탐지와 트래킹에 관한 내용이다. [1][2][3][4]

또 다른 접근의 연구 [5][6]은 phenomena을 detecting 하는 내용이지만 phenomena이 정적인 것만을 고려하여 어떻게 phenomena이 분산된 지역에서 빠르게 변화하고 재배치될 수 있도록 update하는 방법에 대해서는 논의되지 않았다.

최근의 Object 탐지와 트래킹에 대한 Dynamic Cluster구조[7]는 센서 네트워크상에서 이동성을 가진 커다란 범위의 continuous objects에 대한 boundary 정보로 물체의 움직임을 파악하기 위한 효율적이고 효과적인 구조를 제안하고 있다.

에너지 효율적인 선형 클러스터링 구성 방법을 구현하기 위한 가정 사항은 다음과 같다. 먼저, 각각의 센서 노드들은 조밀하게 분포되어 일정한 주기로 동작을 하며, target object를 감시한다. 클러스터링은 Boundary 센서들로 이루어져 있다. 클러스터링의 노드 구성 방법은 선형 구조로 이루어져 있으며, 클러스터 헤더의 위치는 선형 클러스터 구조의 중앙에 위치하고 있다. 클러스터 헤더는 노드로 부터 수집된 boundary Information을 기존의 전송 프로토콜을 사용하여 멀티 홉으로 Base Station으로 전송한다. 또한 Event 지역은 natural limited speed로 위아래 방향으로 확대되어 이동한다.

3. Boundary 정보 변화에 따른 클러스터링 구성 기법

무선 센서 네트워크에서 Boundary의 변화에 따라 에너지 소비를 줄이고 Boundary Information을 감지하여 선형 클러스터를 유지하기 위해서는 클러스터링 정보의 구성 방법을 변화시킬 필요가 있다.

3.1 클러스터 추가 노드 구성 방법

클러스터링 정보의 구성 방법에는 다음과 같은 2가지

방법을 적용할 수 있다. 먼저, 클러스터 주변의 노드가 필요에 의해 클러스터 내부로 참여하고자 할 때, 클러스터 끝단의 노드 정보를 단순히 업데이트 함으로써 전체적인 클러스터 정보의 변경 없이 직접적으로 확장 가능하도록 Updating 방법을 적용할 수 있다. 두번째는 추가적인 노드의 요구가 발생한 경우 클러스터를 구성하는 노드들의 전체 정보를 재구성함으로써 적절한 클러스터를 재 설정하는 Re-Clustering 방법을 적용할 수 있다.

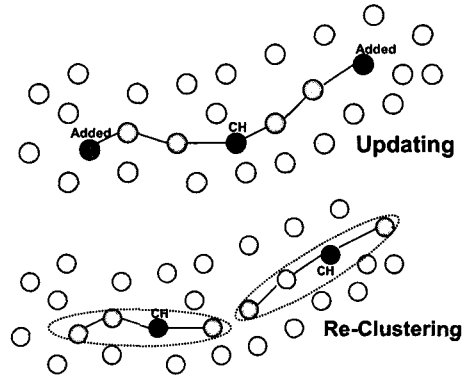


그림 2. 클러스터에 추가되는 노드들의 구성 방법

3.2 클러스터에 추가되는 노드 수에 따른 구성 방법의 선택 적용

Event 지역이 natural limited speed로 확대되어질 때 각 클러스터의 구성원들을 업데이트 하거나 클러스터를 재구성하는 것을 결정하기 위한 방법을 위한 알고리즘은 다음과 같다.

- Step 1. cluster header checks new boundary sensors (NBS)
- Step 2. if $NBS < \infty$, CH updates structure by NBS
if not, report it to B/S (base station)
- Step 3. each CH continues step 2
- Step 4. B/S gathers each CH's information, and then
if change rate $> \infty$, order reclustering
if not, order CH updates its' info.

먼저 Boundary Sensor들을 통하여 클러스터링을 먼저 구성하며, natural limited speed로 event 지역은 위 아래 방향으로 확대되어 이동하는 것을 가정으로 한다.

Step 1. 일정시간 후 각 클러스터 헤더는 Event 지역이 이동함에 따른 새로운 boundary sensors(NBS)를 체크한다.

Step 2. 만약 주어진 임계값(α) 보다 NBS개수가 작으면 클러스터 헤더는 NBS로 클러스터 구성센서들의 정보를 업데이트 한다. 그렇지 않을 경우는 B/S에 NBS들을 보고 한다.

Step 3. 각 클러스터안의 클러스터 헤더는 Step 2를 반복 한다.

Step 4. B/S는 각 클러스터 헤더의 정보를 모은 후, 만약 NBS의 변화율이 임계값(α)보다 크다면 클러스터를 재구성하도록 명령한다. 그렇지 않을 경우는 해당 클러스터 구성센서의 정보를 업데이트 하도록 한다.

4. 실험 결과

본 논문의 실험은 선형 구조의 클러스터에서 Boundary Information의 확장에 따른 클러스터의 추가적인 노드에 대해 클러스터 구성을 업데이트 하는 방법과 재구성하는 방법에 대한 비교를 NS-2 환경에서 시뮬레이션 하였다. 50 x 50의 배열로 구성된 센서 노드들에 대해 10, 15, 30개의 노드로 구성되는 클러스터들을 가장 자리에 배치하여 Boundary Information을 구성하고, 추가되는 노드의 수를 변화하여 이미 구성된 클러스터 정보에서 추가되는 노드들의 정보를 업데이트 / 재구성 하는 방법을 통해 클러스터 헤더의 누적 부하율을 측정함으로써 누적된 부하를 처리하는데 소비되는 전체 소비 에너지를 고려하여 클러스터 업데이트 방법과 클러스터 재구성 방법에 대해 비교하여 보았다.

클러스터 노드 수에 따른 부하율 측정

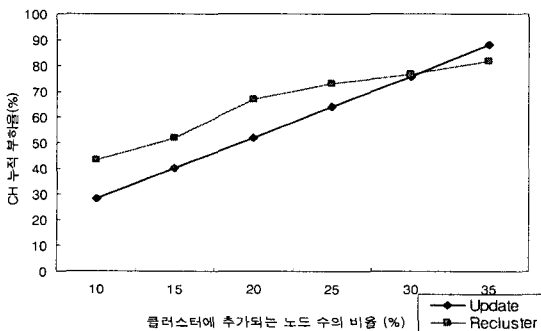


그림 3. 클러스터 노드 수에 따른 부하율의 측정

그림3의 결과에서와 같이 무선 센서 네트워크에서 이동성을 가지고 있는 물체를 추적하고 정보를 획득하는데 있어 boundary information의 지속적인 반영방법에 대해, 시뮬레이션 한 결과 클러스터링 노드 구성 비율이 초기 클러스터링 노드 수에 대해 30% 이하의 노드 수가 증가되는 경우, 클러스터링을 재구성하지 않고 변경되거나

추가된 노드에 대해 단순히 클러스터 노드 정보를 업데이트 하는 것이 클러스터 헤더에 걸리는 부하를 감소시킴으로써 보다 적은 에너지 소모를 가져올 수 있었으며, 만약 추가되는 노드 수의 증가율이 초기 클러스터링의 노드수에 비해 30% 이상 증가될 경우 오히려 클러스터링을 재구성하여 적절한 클러스터링을 구성하는 것이 Boundary Information을 구성하는데 있어 클러스터 헤더에 걸리는 부하율을 보다 감소시킴으로써 효율적인 에너지 소모를 가져올 수 있음을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 이동성을 가지고 있는 물체를 추적하고 정보를 획득하는데 있어 boundary information의 지속적인 반영방법에 대해, 클러스터링 노드 구성 비율의 30% 을 기준으로 적을 경우에는 업데이트 방법이, 클 경우에는 클러스터 재구성 방법을 통해 클러스터링을 유지하는 것이 Boundary Information을 구성하는데 있어 보다 적은 에너지 소모로 CH의 오버헤드를 줄일 수 있음은 물론, 보다 효율적으로 클러스터를 구성할 수 있다는 결론을 얻었다.

참고 문헌

- [1] X. Ji, H. Zha. Detection and Tracking Large Continuous Objects in Wireless Ad-Hoc Sensor Networks, Technical Report, Departmentn of Computer Science and Enginerring, Pennsylvania State University, 2003.
- [2] D. Li, K. Wong, Y. Hu, and A. Sayeed, Detection, classification and tracking of targets in distributed sensor network, IEEE Signal Processing Magazine, vol 19, no.2, pp.17-29, March 2002.
- [3] K. Yao, R.E. Hudson, C.W. Reed, T.L. Tung, D. Chen, and J. Chen, Estimation and tracking of an acoustic/seismic source using a beamforming array based on residual minimizing methods. In the Proceedings of IRIAIRIA, pp. 152-163, January 2001.
- [4] F. Zhao, J. Shin, and J. Reich, Information-driven dynamic sensor collaboration for target tracking, IEEE Signal Processing Magazine, Col 19, no. 2, pp.61-72, March 2002.
- [5] K. K. Chintalapudi and R. Govindan, Localized edge detection in sensorfields. Proceedings of the IEEE ICC Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, April 2003.
- [6] J. Liu, P. Cheung, L. Guonidas, and F. Zho, A dual-space approach to tracking and sensor management in wireless sensor networks, ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications Workshop, Atlanta, September 2002
- [7] Xiang ji; Hongyuan Zha; Metzner, J.J.; Kesidis, G.; Communications, 2004 IEEE International Conference on Volume 7, 20-24 June 2004 Page(s)