

동적 클러스터링 무선센서 네트워크에서 이동물체 추적 실패시 효율적인 복구기법

임영석[°], 박명순[†]

고려대학교 컴퓨터정보통신대학원

kpgfa@hanmail.net[°], myongsp@ilab.korea.ac.kr[†]

Efficient Recovery Method for Missing Object Tracking
in Dynamic Clustering Wireless Sensor Networks

Young-Seog Im[°], Myong-Soon Park[†]

Dept. of Computer Engineering

Graduate School of Computer & Information Technology, Korea University

요 약

무선 센서 네트워크에서 이동하는 물체 추적 실패시 이를 복구하기 위하여 많은 센서들의 에너지를 소비하기 때문에 이동 물체 추적 복구는 전체 센서 네트워크의 생명주기 연장에 중요한 요소이다. 본 논문에서는 물체의 이동정보를 고려한 동적 클러스터링 환경에서 이동물체의 추적 실패시 이동물체를 효율적으로 재 탐지할 수 있는 이동물체 추적 복구 기법을 제안함으로써 이동하는 물체추적 실패후 재 탐지에 성공하는 복구율을 증가시켜서 센서 노드의 에너지 소모를 최소화 하여 전체 센서 네트워크의 생명주기를 연장시키고자 한다. 시뮬레이션 결과가 증명하는 바와 같이 제안한 방식은 보다 높은 복구율을 달성하였다.

I. 서 론

최근의 내장형 프로세서 및 RF 통신 모듈을 탑재한 저 전력 마이크로 센서 개발 기술은 무선 센서 네트워크에서의 가장 중요한 킬러 애플리케이션 중 하나인 물체 추적 애플리케이션의 개발을 가능하게 한다. 센서의 저렴한 가격 및 언제 어디서나 감시 가능한 능력으로 인하여 물체 추적 센서 네트워크는 상업 및 군사 등 많은 영역에서 무한한 응용 잠재력을 갖고 있다. 하지만 배터리 전원 공급으로 인한 센서의 파워 부족, 고도로 분산된 협동 작업, 불안정한 무선 통신 및 응용의 특수한 요구는 센서 네트워크를 설계함에 있어 많은 문제점으로 작용되고 있다.

무선 센서 네트워크에서 단순한 환경 모니터링을 위한 연구는 많이 진행되어 왔고 다양한 효율적인 방법들도 제안되었다. 하지만 무선 센서 네트워크에서의 물체추적은 애플리케이션의 특성상 기타 단순한 환경 모니터링 애플리케이션과는 전혀 다른 영역이기 때문에 전문적인 연구가 필요하다.

무선 센서 네트워크에서 이동성을 가지고 있는 물체를 추적하기 위해서는 센서 네트워크를 구성하고 있는 많은 노드들이 지속적으로 서로 협동하여 작업 해야만 한다.

센서 네트워크의 특징이라고 할 수 있는 배터리에 의존하는 저 전력소비특성으로 인해 센서 네트워크를 이용한 물체 위치 추적 기술을 개발함에 있어 가장 중요한 이슈는 최대한 물체 추적에 실패하지 않으면서 최소한의 에너지로 물체를 추적하고 더불어 어느 특정 노드의 과도한 에너지 소비를 억제함으로써 전체 센서 네트워크의 생명주기를 늘리는 것이다. 최근에 국외 선진국들에서는 대학과 연구소들을 중심으로 무선 센서 네트워크에서 전문적으로 이동 물체의 추적 및 복구를 지원하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이런 연구들을 살펴보면 주로 아래와 같은 세가지 방식을 사용한다.

첫째, 물체에 근접한 하나의 노드만 사용하여 그 노드의 위치로 물체의 위치를 근사적으로 표시하는 방식으로 추적 실패시 전체 노드에 대하여 물체 추적 복구 절차를 진행한다. 둘째, 물체에 근접한 여러 개의 노드들을 이용하여 물체를 모니터링 하는 방식으로 물체 추적 실패시 활성화 되어있는 노드들을 중심으로 물체 추적 복구를 진행한다. 셋째, 물체의 다음 위치를 예측하고 물체의 이동경로 주변의 노드들로 클러스터를 구성하여 물체를 모니터링 하는 방식으로 물체 추적 실패시 클러스터를 중심으로 물체 추적 복구를 진행한다.

대부분의 물체 추적관련 연구들은 이동하는 물체를 추적하는데 관심을 가지고 있다. 이동하는 물체를 추적하고

유지하는 방법도 중요하지만 추적 실패시 이를 복구하기 위하여 많은 센서들의 에너지를 소비하기 때문에 전체 센서 네트워크의 생명주기 연장에 중요한 요소이다.

본론의 첫 부분에서는 무선 센서네트워크에서 물체 추적 및 복구를 위한 기존의 방식을 분석하고 문제점을 제기하며 두 번째 부분에서는 물체의 이동정보를 감안한 동적 클러스터링 환경에서의 에러복구 기법을 제안하며 셋째 부분에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 방식의 효율성을 검증한다.

2. 관련연구

기존의 무선 센서 네트워크에서 물체추적에 대한 연구들을 크게 Naïve 방식, 계획적 모니터링 방식, 지속적 모니터링 방식, 예측기반의 방식, 동적 클러스터링 방식, 이동정보를 고려한 동적 클러스터링 등으로 분류할 수 있다. 그중에서 예측기반, 동적 클러스터링 등 방식은 기존의 센서네트워크에서의 일반적인 응용에서 부가적으로 지원하는 Naïve, 계획적 모니터링 방식과 달리 전문적으로 물체추적을 위해 연구 되었다. 각각을 살펴보면 다음과 같다.

Naïve 방식은 모든 센서 노드들은 활성화 상태를 계속 유지하면서 감지된 결과를 주기적으로 base station에 보내주기 때문에 물체 추적 복구 절차는 없지만 에너지 소모가 너무 많다.[1]

계획적 모니터링 방식은 모든 센서 노드들과 base station이 잘 동기화 되었다고 가정하고 센서 노드의 상태가 sleep과 wakeup 두 개 상태 사이에서 transit 할 수 있다. 센서 노드는 자신이 센싱해야 할 타임이 되면 바로 센싱하고 데이터를 base station에 보낸다. 모든 센서 노드들은 X초만큼 활성화상태에 있다가 (T-X)초 동안 수면 상태에 들어간다. 하지만 모든 센서 노드들과 base station이 잘 동기화 되어야 한다는 가정사항은 현실적으로 실현이 어렵다. 또한 물체를 추적하기 위해 사용되는 센서 노드의 수량이 많으므로 물체 추적 복구 절차는 없지만 에너지 소모가 많다.[2][3]

지속적 모니터링 방식은 모든 센서 노드들이 주기적으로 깨어나 센싱하다가 물체가 자신의 센싱범위에 들어온 센서 노드만 활성화 된다. 활성화 노드는 물체가 이웃노드의 센싱 범위에 들어가기 직전에 이웃노드를 깨워준다. 하나의 노드로만 모니터링 하기에 물체 추적 실패율이 높으며 활성화 노드는 계속 센싱하고 있어야 하기에 에너지 소모가 불균형적일 뿐 아니라 물체 추적 실패시 전체 노드를 대상으로 복구 작업을 수행하여 전반 네트워크 생명주기에 영향을 준다.[4]

예측기반 방식은 예측모델을 통하여 물체의 다음 위치를 예측하며 Wake up Mechanism을 통하여 물체가 현재노드의 센싱범위를 벗어나 인접노드로 들어가기 직전 인접노드를 깨우며 물체를 놓쳐버리면 전체 네트워크 범

위에서 물체 추적 복구를 한다. 예측기반 방식은 아래와 같은 세가지 Wake up Mechanism을 사용하여 이동 물체를 추적한다. 첫째, 목표 위치 부근의 하나의 노드만을 깨운다. 둘째, 이동경로상에 있는 노드 전체를 깨운다. 셋째, 이동경로 주변의 모든 노드를 깨운다. 선택된 Wake up Mechanism이 다음에 따라 존재하는 문제점 역시 다르다. 첫 번째 방식은 하나의 노드만 계속 센싱하기 때문에 에너지 소모가 불균형적이다. 또한 위치 예측의 정확성을 보장하지 못할 뿐 아니라 물체 추적 실패시 전체 노드에 대하여 복구를 수행하여야 하기 때문에 에너지 낭비가 많다. 두 번째 방식은 이동경로상의 노드들만 모니터링하기 때문에 물체가 이동 방향을 자주 바뀔 경우 물체 추적 실패율이 높으며, 물체 추적 실패시 전체 노드에 대하여 복구를 진행하여야 하기 때문에 에너지 낭비가 많다. 세 번째 방식은 이동경로 주변의 모든 노드들을 깨워 동시에 센싱하기 때문에 물체 추적 실패율은 낮고, 물체 추적 실패시 전체 노드에 대하여 복구를 진행하지만 에너지 낭비가 많다.[5][6][7]

동적 클러스터링 방식은 센서 네트워크는 파워가 강한 CH노드와 파워가 약한 SN노드로 구성된다. 물체를 센싱한 신호가 제일 강한 CH노드가 클러스터 헤드가 되고 주변의 SN노드들로 클러스터를 구성한다. SN노드들은 센싱한 정보를 클러스터 헤드인 CH노드에게 전송해주고 CH노드는 수집한 정보들을 base station에 전달해 준다. 물체를 놓치지 않기 위해서 모든 CH노드들은 지속적으로 센싱을 해야 한다. 오직 CH노드들만 클러스터 헤드가 될수 있기에 CH노드가 균일하게 뿌려지지 않은 지역에서는 물체추적이 어려우며 물체 추적 실패시 클러스터를 확산해 가는 방식으로 물체추적을 복구한다. 그리고 클러스터가 일단 구성된 후에는 헤드를 Rotation하지 않기에 물체의 이동이 매우 느린 경우에 특정 클러스터 헤드의 에너지 소모는 많아진다. 따라서 CH노드들 사이에 에너지 소모가 불균형해지고 전반 네트워크의 생명주기에 영향을 준다. [8][9][10][11]

이동정보를 고려한 동적 클러스터링은 물체의 이동정보를 고려하여 동적으로 클러스터링을 구성하여 물체 추적 실패율을 최소화 시킨 방식으로, 기존의 동적 클러스터링 방식 보다 전체 센서 네트워크의 생명주기가 길다. 이동정보를 고려한 동적 클러스터링 방식은 예측된 물체의 다음위치, 센서 노드들의 위치 및 센서 노드의 잔여 에너지량 등 정보를 종합적으로 고려하여 환경에 최적한 노드를 클러스터 헤드로 선출하며, 클러스터 헤드를 중심으로 그 주변의 센서 노드들로 클러스터를 구성 물체를 추적하게 된다.[12]

위에서 본 바와 같이 무선 센서네트워크에서의 이동 물체 추적 실패시 에러 복구 방식은 현재 활성화 된 노드, 활성화된 헤드 노드 또는 활성화된 클러스터를 중심으로 이동 물체 추적을 수행하며, 물체 추적 실패시 전체 노드에 대하여 복구를 수행한다. 그러나, 물체의 이동정보를 정확하게 예측하지 못한 상태에서의 물체 추적 복구

는 실용적이지 못하며 또한 빠른 물체를 추적하기 위해서는 간단하고 빠르게 에너지 효율적인 에러 복구 방식이 필요하다.

본 논문에서는 이동정보에 따른 동적 클러스터링 환경 하에서 에러 복구시 기존에 구성된 클러스터 중심으로 복구를 수행하지 않고, 최종적으로 물체를 센싱한 노드를 중심으로 물체 추적 복구를 수행함으로써 이동물체에 대한 물체 추적 복구율을 최대화 하여 전반 센서네트워크의 생명주기를 연장하고자 한다.

3. 동적클러스터링에서 물체이동을 고려한 복구기법

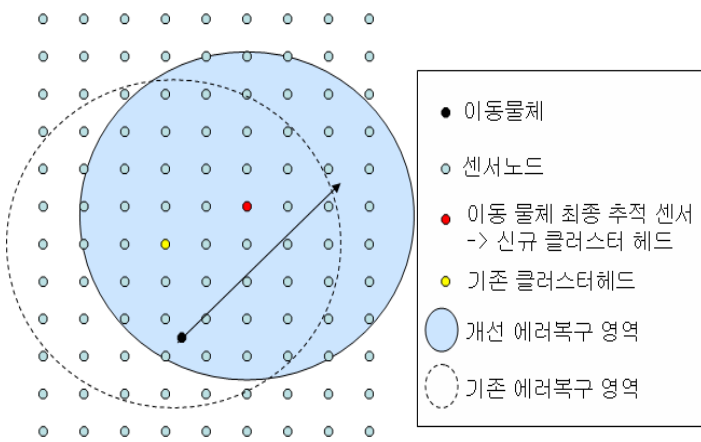
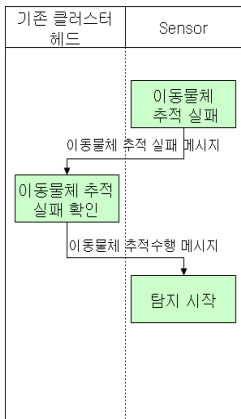


그림 1. 물체의 이동경로를 고려한 복구 클러스터 구성

물체의 이동정보를 고려한 동적 클러스터링 무선 센서 네트워크에서 그림 1과 같이 이동물체 추적 실패시 최종적으로 물체를 센싱한 센서 노드를 중심으로 그림 2와 같은 절차를 통하여 긴급 복구 클러스터를 구성, 물체 추적 복구를 수행하는 기법으로 추적에 실패한 물체를 찾기에 최적의 센서 노드들로 물체 추적 복구를 수행하여 전반 센서네트워크의 에너지 소모를 줄이는 것이며 아래와 같은 방식으로 동작한다.

• 기존(동적 클러스터링 방식)



• 개선(긴급 클러스터 구성 방식)

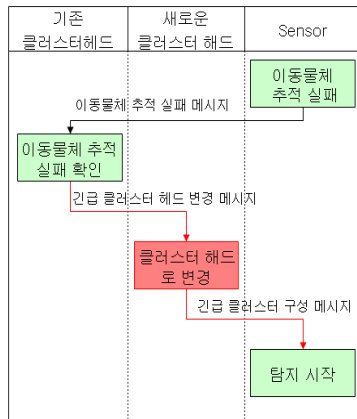


그림 2. 복구 클러스터 구성 방식 절차

3.1 이동 물체 추적 실패시 복구 방식

이동하는 물체 추적을 실패한 클러스터 헤드는 물체 추적 실패 이전 물체 추적을 맨 마지막 까지 수행한 클러스터 내부 노드에게 긴급 헤드교환 신청 메시지를 송신하고 클러스터 헤드를 교환한다. 내부 노드는 긴급 클러스터 헤드 변경 메시지를 수신시 이동 물체 추적에 실패했음을 인지하고 클러스터 헤드로 변경하고, 주변 노드들에게 긴급 클러스터 구성 메시지를 송신한다. 긴급 클러스터 구성 메시지를 받은 주변 노드들은 클러스터를 재구성하며 이동 물체 추적을 복구한다.

본 논문에서는 물체가 이동한다는 특징에 초점을 두고, 추적에 실패한 물체의 다음 위치를 추적하기 위하여 현재 구성된 클러스터 대신, 최종적으로 물체를 센싱한 클러스터 내부 노드를 중심으로 클러스터를 재구성하여 물체 추적 복구를 수행 하였다.

4. 시뮬레이션 및 결과 분석

NS-2에서 시뮬레이션 환경을 그림 3과 같이 구성한다. 100m X 100m 구간에 센싱 반경이 10m인 센서 노드들을 5m 거리를 사이 두고 균일하게 분포하였다. 일반성을 잃지 않는 전제하에서 실험과정을 간단히 하기 위하여 물체가 시작 속률 1m/s, 방향각 15°로 왼쪽 모퉁이로부터 시뮬레이션 구간으로 이동하도록 설정하고 시간 Δt 를 주기로 물체의 가속도 α 를 임의로 변화시킨다.

물체추적 센서네트워크에서 에너지 소모의 차이는 이동 물체 추적 실패 후 재복구에 성공하는 복구 성공 횟수에 정비례한다. 즉 복구 성공 횟수가 낮으면 에너지 소모가 많아짐을 의미한다.

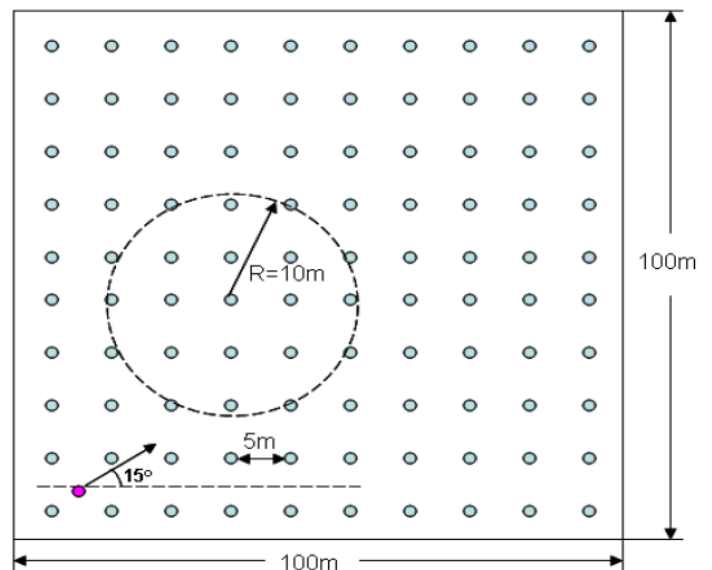


그림 3. 시뮬레이션 환경 설정

시뮬레이션은 물체의 이동경로를 고려한 무선센서네트워크에서 이동물체의 가속도의 변화속도를 다르게 주었을 때 20분 동안 발생한 물체 추적 실패 횟수와 기존 클러스터를 중심으로 복구를 진행하는 방식과 최종적으로 물체를 센싱한 노드를 중심으로 클러스터를 구성하여 복구를 진행하는 방식의 복구 성공횟수를 구하여 제안 방식의 효율성을 검증하였다.

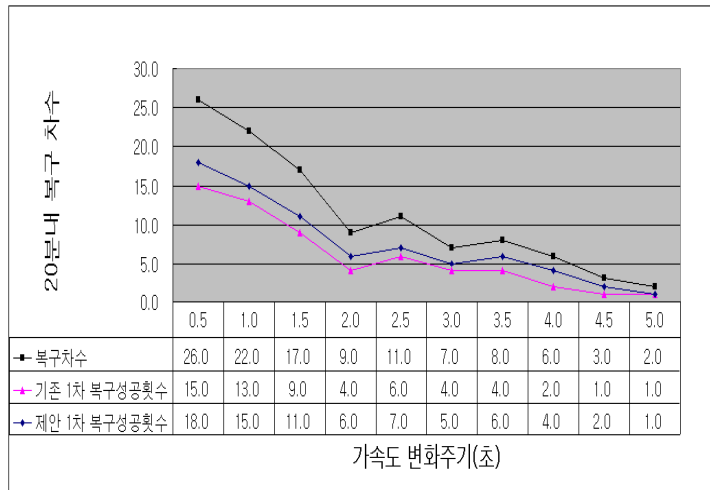


그림 4. 시뮬레이션 결과

그림 4에서 나타난 바와 같이 가속도의 변화가 빠르면 빠를수록 기존 클러스터를 중심으로 복구를 진행한 방식보다 최종적으로 물체를 센싱한 센서 노드를 중심으로 복구를 진행한 방식이 성공 비율이 증가하여 제안 방안이 효과적이라는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 무선 센서네트워크에서 동적 클러스터링 네트워크에서의 물체 추적 실패시 물체의 이동정보를 고려하여 효율적인 복구 기법을 제안하여 추적에 실패한 물체를 재탐지하는 복구율을 향상시키는 동시에 물체 추적에 참여하는 센서들의 에너지 소모를 최소화 하여 전체 센서네트워크의 생명주기를 연장하였다.

향후 과제로는 1차 물체 추적 복구 실패 이후에 전체 네트워크를 대상으로 복구하지 않고 좀더 에너지 효율적인 n차의 물체 추적 복구 기법을 연구하는 것이다.

참고문헌

[1] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan; "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks". Proceedings of the Hawaii Conference on System

Sciences, Jan. 2000.

[2] Arati Manjeshwar et al.; "TEEN: A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks". Proceedings of Wireless Networks and Mobile Computing, 2001.

[3] Arati Manjeshwar et al.; "APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks". Proceedings of Parallel and Distributed Processing Symposium(IPDPS'02), pp.195-202

[4] Balasubramanian, S.; Elangovan, I.; Jayaweera, S.K.; Namuduri, K.R.; "Distributed and collaborative tracking for energy-constrained ad-hoc wireless sensor networks". Proceedings of WCNC 2004. Page(s):1732 - 1737 Vol.3

[5] Yingpi Xu; Winter, J.; Wang-Chien Lee; "Prediction-based strategies for energy saving in object tracking sensor networks", Proceedings of Mobile Data Management, 2004 Page(s):346 - 357

[6] Yang, H.; Sikdar, B.; "A Protocol for tracking mobile targets using sensor networks". Proceedings of the First IEEE. 2003 Page(s):71 - 81

[7] Xu, Y.; Winter, J.; Lee, W.-C.; "Dual prediction-based reporting for object tracking sensor networks", Proceedings of MOBIQUITOUS 2004. Page(s):154 - 163

[8] Xiang Ji; Hongyuan Zha; Metzner, J.J; Kesidis,G.; "Dynamic cluster structure for object detection and tracking in wireless ad-hoc sensor networks". Proceedings of Communications, 2004 Page(s):3807 - 3811 Vol.73

[9] Wei-Peng Chen; Hou, J.C; Lui Sha; "Dynamic clustering for acoustic target tracking in wireless sensor networks". Proceedings of Mobile Computing, IEEE Transactions 2004 Page(s):258 - 271

[10] Wei-Peng Chen; Hou, J.C; Lui Sha; "Dynamic clustering for acoustic target tracking in wireless sensor networks: . Proceedings of Network Protocols 2003 Page(s):284 - 294

[11] Vercauteren, T.; Dong Guo; Xiaodong Wang; "Joint Multiple target tracking and classification in collaborative sensor networks". Proceedings of Selected Areas in Communications, IEEE Journal on Volume 23, Issue 4, 2005 Page(s):714 - 723

[12] 김광요; 박명순; "무선 센서네트워크에서 물체추적을 위한 동적 클러스터링 기법". 정보과학회지, 2005