

빅데이터 집성을 위한 MANET 센서 커버리지에 관한 연구[‡]

문영주*, 강지훈*, 최성민*, 임종범**

*고려대학교 정보대학

**동국대학교 IT융합교육센터

e-mail: {moonyj, k2j23h, csmhpp}@korea.ac.kr, jblim@dongguk.edu

A Study on Sensor Coverage in MANET for Big Data Aggregation

YoungJu Moon*, JiHun Kang*, SungMin Choi*, JongBeom Lim**

*Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University

**IT Convergence Education Center, Dongguk University

요 약

이 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경과 이동성을 지원하는 MANET이 결합된 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제를 해결하기 위한 방안을 제시한다. 이 문제를 해결하기 위한 기존 연구들의 가정 사항은 센서 노드의 밀집도가 높다는 것이다. 따라서 센서 노드들의 sleep, wake-up 등의 스케줄링 방안들이 제시되어 왔다. 하지만 센서 노드들의 밀집도가 낮은 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제를 해결하기 위한 연구는 미비한 상태이다. 제안하는 방식은 단일 실패점이 있는 중앙집중형 방식이 아닌 분산형 방식과 자가 조직 방식을 취하고 있어 메시지 복잡도가 낮으며 노드의 수에 확장적이다. 또한 각 노드가 전체 노드 정보를 알고 있다는 가정을 배제하고 있어 동적인 환경에 적합하다.

1. 서론

무선 센서 네트워크(wireless sensor network, WSN)는 센서를 네트워크로 구성한 것을 말한다. 무선 센서 네트워크 기술은 유비쿼터스(ubiquitous) 및 IoT(internet of things), M2M(machine to machine) 패러다임이 확대되면서 활발하게 연구되고 있는 기술 중 하나이다. 이와 더불어 MANET(mobile ad hoc network)은 고정된 베이스 스테이션이나 유선 백본 네트워크에 의존 없이 노드들 간의 동적인 데이터 전송을 수행하는 무선 노드들의 집합으로 정의된다.

MANET 노드들은 기존의 유선 노드들과는 달리 제한된 전력, 프로세싱 능력, 메모리 자원 및 이동성과 같은 특성들을 가지고 있다. 이렇게 무선 센서 네트워크 기술과 MANET 기술이 접목되면서 지역 모니터링 및 스마트 디스트(먼지 크기의 작은 센서를 물리적 공간에 먼지처럼 뿌려 주위의 정보를 감지하는 기술)와 같은 응용이 가능해졌다.

MANET 환경에서 중요한 이슈 중 하나가 바로 센서 커버리지(sensor coverage)이다. 기존의 많은 연구들에서 다수의 센서 노드들이 밀집하게 존재하는 환경에서 제한된 전력, 프로세싱 능력, 메모리 자원을 효율적으로 사용

하기 위한 센서 노드의 sleep, wake-up 등의 스케줄링 문제들을 다루었다 [1]. 하지만 센서 노드들이 밀집되어 있는 환경이 아닌 모바일 센서들의 밀집도가 낮은 경우에는 sleep, wake-up 등의 스케줄링 문제보다 센서 노드들 간 센서 커버리지가 서로 겹치지 않게 이동하는 것이 빅데이터 집성(aggregation)을 위해 중요하다. 다시 말해 밀집도가 낮은 환경에서 다수의 노드가 같은 위치에 있는 것보다 서로 센서 커버리지가 겹치지 않는 범위에서 거리를 두며 이동하는 것이 효율성 측면에서 더 바람직하다.

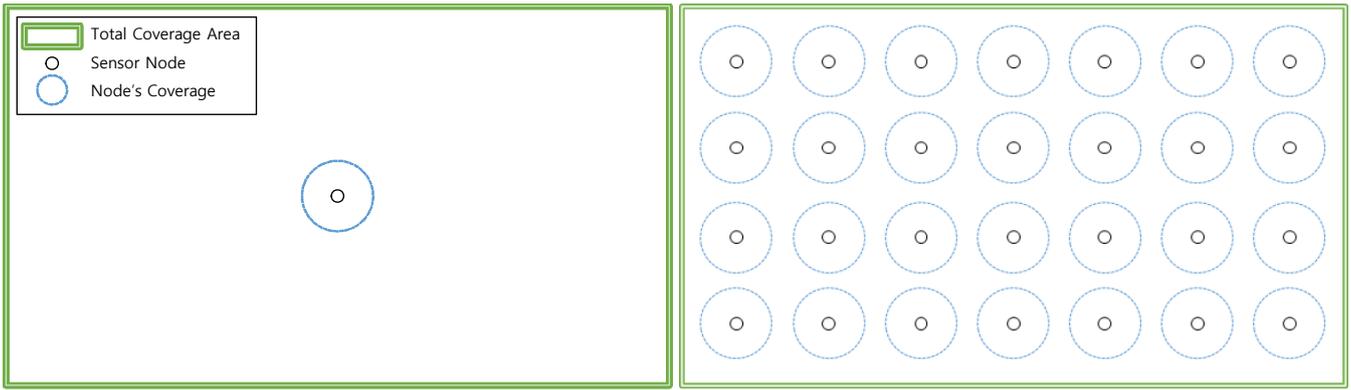
이 논문에서는 MANET 환경에서 센서 노드들의 밀집도가 낮은 환경에서 빅데이터 집성을 위한 센서 커버리지를 최대화 문제를 다룬다. 센서 커버리지 최대화 문제를 해결하기 위해 단일 실패점(single point of failure)이 존재하는 중앙집중형(centralized) 방식이 아닌 센서 노드 간의 메시지 교환 방식을 이용하는 자가 조직(self-organization) 방식을 이용한다.

2. 문제 정의 및 해결 방안

(그림 1)은 밀집도가 낮은 MANET 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제의 예를 보여준다. (그림 1)의 왼쪽은 28개의 센서 노드가 존재하고 모든 노드의 위치가 동일할

† 교신 저자

‡ 이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
(NRF-2015R1D1A1A01061373)

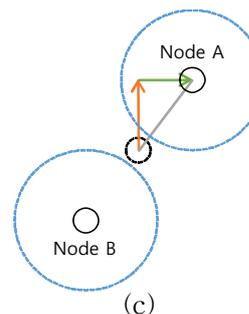
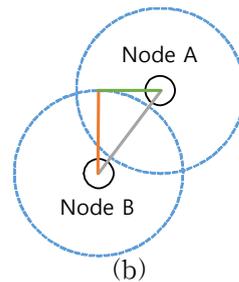
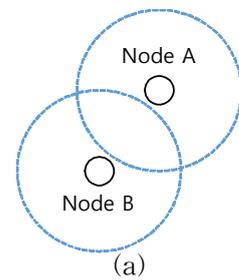


(그림 1) 밀집도가 낮은 MANET 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제
(왼쪽: 28개의 노드 전부가 같은 위치에 있는 경우, 오른쪽: 28개 노드의 커버리지가 겹치지 않는 경우)

때의 모습이다. 이러한 경우 전체 커버리지 영역 중 아주 적은 영역만을 모니터링 할 수 있기 때문에 효율성 문제 뿐만 아니라 빅데이터를 집성하는 데에 제약점이 따른다. 반면 (그림 1)의 오른쪽은 28개의 센서 노드가 각 노드의 커버리지가 겹치지 않는 범위 내에서 전체 커버리지 영역을 모니터링 하는 모습을 보여준다. 이러한 경우 전체 커버리지 영역 중 더 많은 부분을 모니터링 하므로 (그림 1)의 왼쪽보다 더 넓은 범위 영역의 데이터를 효과적으로 집성할 수 있다.

(그림 2)는 밀집도가 낮은 MANET 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제를 해결하기 위한 제안 방안 예시를 보여준다. 만약 노드 A가 다른 노드와의 주기적인 메시지 전송을 하면서 센서 커버리지가 중복되는 노드 B를 발견하였다 가정하자(그림 2)-(a). 그렇다면 노드 A는 노드 B와의 거리를 계산할 수 있다(그림 2)-(b). 이 거리에는 노드 A와 노드 B 간의 x(가로) 거리 차이와 y(세로) 거리 차이가 발생한다. 이러한 경우 노드 A는 x 거리와 y 거리의 반대 방향으로 이동하는 방안을 제시한다(그림 2)-(c). 이 때 x 거리와 y 거리의 전체 이동 범위는 사전에 정의된 설정 값으로 이동할 수 있다. 단, 전체 이동 거리에서 x 거리와 y 이동 거리의 비율은 (그림 2)-(b)에서 측정된 비율로 정한다.

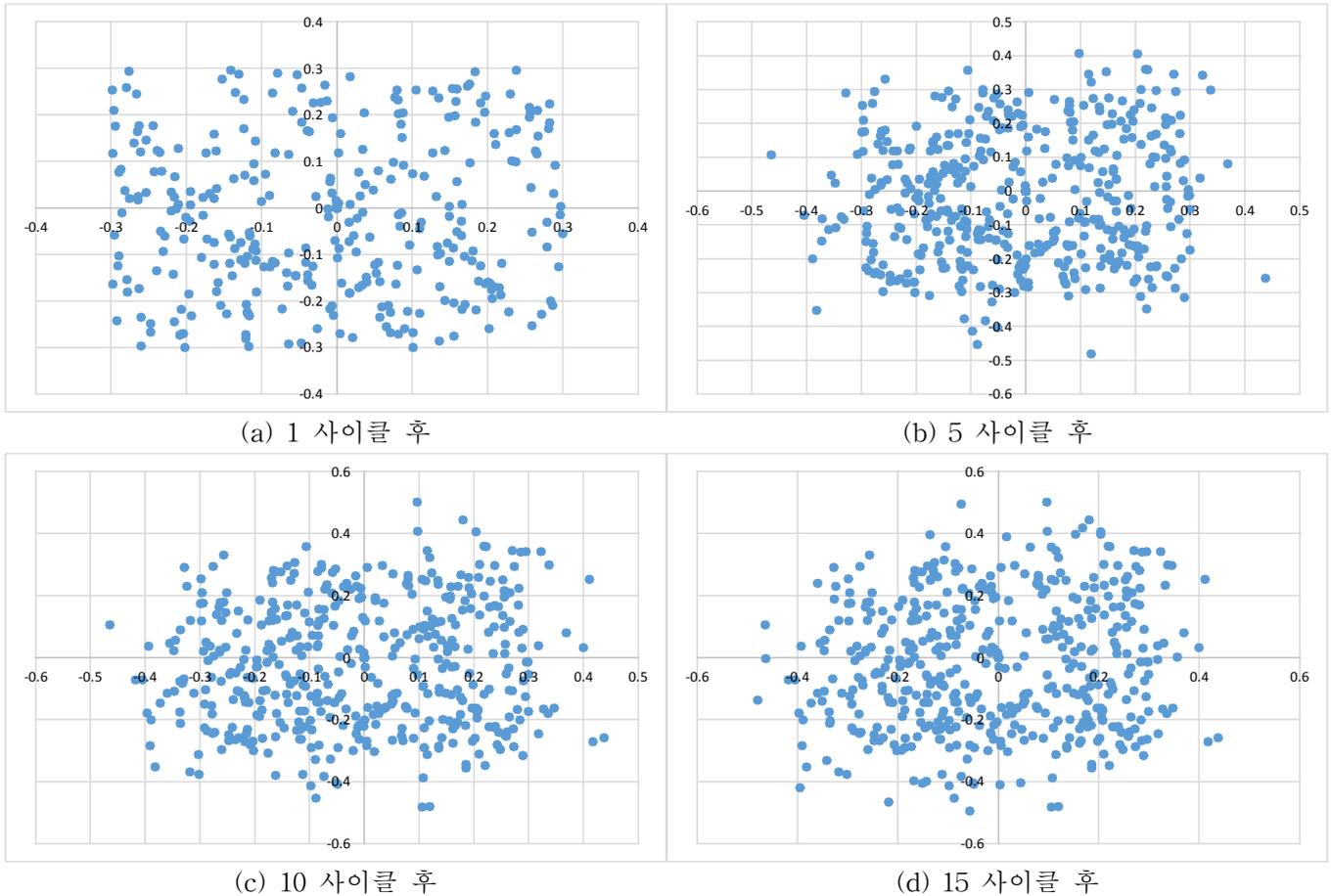
제안하는 방식에서는 노드들 간의 메시지 전송 방식을 브로드캐스트(broadcast)가 아닌 유니캐스트(unicast) 방식을 사용한다. 따라서 메시지 복잡도가 $O(n^2)$ 가 아닌 $O(n)$ 이다(n 은 전체 센서 노드의 수). 또한 슈퍼 노드 또는 컨트롤 노드 없이 노드들 간의 메시지 전송 교환 방식만을 사용하여 자가 조직의 형태로 위치 이동이 발생하여 단일 실패점이 존재하지 않는다. 이로 인하여 밀집도가 낮은 MANET 환경에서 센서 커버리지를 최대화하여 정해진 영역에서의 데이터를 집성하거나 처리하는데 효율성과 효과성을 배가할 수 있다.



(그림 2) 밀집도가 낮은 MANET 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제를 해결하기 위한 제안 방안 예시

3. 성능 평가

제안하는 센서 커버리지 방법은 자가 조직 방식을 이용하여 위치를 이동한다. 또한 각 노드는 시스템에 존재하는 전체 노드 정보를 안다는 가정도 배제하고 있다. 따라서 성능평가에서는 전체 노드 수는 500개로 하되 각 노드가 유지하는 이웃노드의 정보의 수는 20개로 한정하였다. 이렇게 각 노드가 유지하는 이웃노드의 수를 한정함에도 불



(그림 3) 성능 평가 결과

구하고 요구하는 센서 커버리지를 최대화 할 수 있는지 여부를 실험하였다. 전체 커버리지 영역은 -1부터 1까지 2차원 형태의 상대 영역으로 설정하였으며, 앞서 설명하였듯이 위치 이동은 가까운 노드가 있다는 것을 발견한 노드가 이동하는 푸시(push) 모드를 가정하였다. 이동하는 거리는 영역을 벗어나지 않는 특정 범위에서 랜덤 값만큼 이동하도록 하였다. 또한 최악의 시나리오를 가정하여 실험 초기 단계에서는 모든 노드가 (0, 0) 위치하도록 설정하였다.

(그림 3)은 1 사이클, 5 사이클, 10 사이클, 15 사이클 후의 실험 결과 모습을 보여준다. (그림 3)-(a)에서 보는 것과 같이 단지 1 사이클 후에도 많은 노드들이 상당 부분 퍼져 있는 것을 확인할 수 있다. 5 사이클((그림 3)-(b)), 10 사이클((그림 3)-(c)), 15 사이클((그림 3)-(d)) 후에는 전체 위치 범위가 더 넓어지면서 센서 노드들이 더 많은 영역에 퍼져지는 모습을 볼 수 있다.

하지만 15 사이클 후에도 몇몇 노드들이 가까운 범위 내에서 몰려있는 모습을 볼 수 있다. 이와 같이 결과가 나온 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 첫째, 실험에서 위치 이동 모드는 푸시 모드만을 사용하여 노드들의 이동이 푸시-풀(push-pull) 모드를 사용하는 방법보다 자유롭지 않다. 둘째, 각 노드가 유지하는 이웃노드의 수가 전체

노드 수에 비해 적기 때문에 가까운 위치에 있는 이웃노드를 타겟노드로 선택하는 확률이 적다. 셋째, 각 노드가 유지하는 이웃노드의 정보가 위치 정보에 기반하지 않고 랜덤 값으로 정적으로 설정하였기 때문에 동적인 환경에 적응하지 못한다. 그럼에도 불구하고 더 많은 사이클 이후에는 가까운 거리에 뭉쳐있는 현상은 어느정도 해소되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

이 논문에서는 밀집도가 낮은 MANET 환경에서 센서 커버리지 최대화 문제를 해결하기 위한 자가 조직 기반 센서 노드 위치 이동 기법을 제안하였다. 제안하는 방식은 중앙 조정자(central coordinator) 또는 슈퍼 노드 없이 각 노드가 전체 노드 정보가 아닌 일부 이웃 노드 정보만을 유지하면서 센서 커버리지 최대화 문제를 해결할 수 있다는 것을 보였다.

참고문헌

[1] Nayak, Amiya, and Ivan Stojmenovic. "Wireless sensor and actuator networks." John-Whiley & sons (2010).