

무선 센서 네트워크에서 이동 센서 노드 이용으로 최적 라우팅 방법

한성훈^o 한기준
 경북대학교 컴퓨터공학과
 {shhan^o, kjhan}@netopia.knu.or.kr

Mobile Sensor Node Using Optimal Routing In Wireless Sensor Network

Sunghoon Han^o KiJun Han
 Kyungpook National University Computer Engineering

요약

센서 네트워크(Sensor Network)는 항공기(Aircraft)로 살포되는 센서 노드(Sensor Node)들로 구성된다. 자연적인 장애물 즉, 바람, 나무 등이나 발딩과 같은 조형물로 인해 적절한 위치에 센서 노드들이 배치되지 못하여 불필요한 에너지 소비와 전송 지연 등이 발생하게 된다. 본 논문에서는 기존 논문에서 사용하던 고정 노드(Static Node) 뿐만 아니라 이동 노드(Mobile Node)를 센서 필드(Sensor Field)에 배치할 것이다. 각 센서 노드의 정보를 싱크(Sink)노드가 수집 분석 후 본 논문에서 제시한 제안에 따라 이동 노드 위치 변경하여 센서 네트워크 라우팅(Routing)의 성능을 향상시키는 방법을 제안한다.

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)은 재난관리 에너지 관리, 의료 및 건강 서비스, 지능형 홈, 지능형 교통시스템 등 수많은 분야에 응용될 것으로 보인다. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 요소 중 한 부분인 무선 센서네트워크(Wireless Sensor Network)이다[1]. 무선 센서 네트워크 기술은 인간이 접근하기 어려운 환경에서 다양한 응용이 가능한 기술이다.

무선 센서 네트워크는 센서 노드(Sensor Node)들의 크기가 작기 때문에 전력과 컴퓨팅 능력과 메모리에 제한적이다. 구성하는 센서의 수가 많고 센서 필드(Sensor Field)에 센서들이 랜덤(Random)하게 배치되기 때문에 센서 간에 토폴로지(Topology)를 예상하기 어려우며 빈번한 센서 노드들의 추가와 제거에 의해 센서 네트워크의 토폴로지가 쉽게 변한다는 특성을 갖는다.

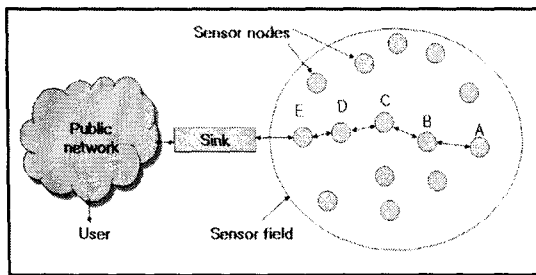


그림 1. Sensor Network Architecture

센서 네트워크는 탐지 지역인 센서 필드와 센서 필드를 채우는 센서 노드, 센서 노드로부터 수집된 정보를 전달 받는 싱크 노드(Sink Node)로 구성된다. 싱크 노드까지 센서들이 정보를 전달하기 위해서는 센서 노드가

탐지한 결과를 이웃노드들을 통해서 다중 홉으로 싱크 노드로 전달한다. 그림1은 센서 네트워크의 구조를 쉽게 보여주고 있다. 센서 노드 A가 이벤트가 발생하면 그 결과를 이웃 노드인 노드 B에게 전달을 하고 다시 센서 노드 C, D, E를 통해서 전달하여 싱크 노드까지 이동이 된다. 그리고 싱크는 공중망(Public Network)을 통하여 사용자(User)에게 정보를 전달한다. 모든 노드들은 싱크로 가는 경로를 유지해야 한다. 노드가 수명이 다하거나 새로운 노드가 추가 될 경우에는 네트워크 토폴로지(Topology)가 변하게 된다. 그리고 센서 노드들의 에너지 제한과 빈번히 변화하는 토폴로지는 효과적인 라우팅 프로토콜의 디자인을 필요로 한다.

센서 네트워크 라우팅 알고리즘 조사 연구 논문이 발표 되었다[2][3]. 많은 연구에서 센서 네트워크는 고정 노드(Static Node)들을 가지고 모델링한다. 센서 노드들은 이동성을 가지고 있지 않다. 본 논문에서는 대부분의 고정 노드에 추가적으로 적은 수의 이동노드(Mobile Node)들을 배치하여 고정 노드로 이루어진 네트워크에서 불필요한 고정 노드들을 이동 노드들로 대체함으로써 불필요한 에너지 소모와 홉 수(Hop Count)를 줄이므로 해서 무선 센서 네트워크 성능을 향상 시키는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구에서 이동 노드에 대해 설명하고, 3장에서 고정 노드로 이루어진 네트워크의 문제점과 불필요한 에너지 소모와 홉 수를 줄이는 방법에 대한 방법을 제시한다. 마지막으로 4장에서 결론과 향후계획으로 끝을 맺는다.

2. 관련연구

Improving Sensor Network Performance By Deploying Mobile Sensors[4]. 이 논문에서는 대부분의 고정노드와 일부분의 이동노드들을 이용을 해서 센서 네

트위크의 커버리지(Coverage) 개선을 하는 방법을 제시하고 있다. 이 논문의 모티브가 된 논문은, [5]에서는 배치를 위해서 이동노드들을 어떻게 사용할 것인가를 다루었다. 그러나 그들은 모든 노드가 이동성을 가진 센서 노드를 다루었다. [4]에서는 대부분의 고정적인 센서 노드와 일부분의 이동 노드를 다루었고, 네트워크 수행을 향상시키기 위해서 이동 노드들을 일부분 배치한다. 추가적으로, [5]에서는 주로 이동 노드를 배치하는 동안에 커버리지 증가를 위한 이동 센서를 어떻게 이용 할 것에 대해서만 다루었다면, [4]에서는 커버리지 개선뿐만 아니라 라우팅을 돕거나 네트워크 연결성 개선을 위해서 이동노드를 사용 하였다.

2.1 이동 노드 사용으로 센싱(Sensing) 커버리지 증가

이동 센서들은 센싱 커버리지를 증가 할 수 있다. 초기에 배치된 후에 센서 네트워크의 몇 개의 지역은 센서 위치가 랜덤이기 때문에 어떤 센서 노드에 의해서 커버되지 않을 수 있다. 센서 배치는 최근에는 관심을 받고 있다. 이 연구의 대부분은 [6,7]에서 환경은 충분히 알려져 있거나 컨트롤 된다고 가정한다. 그러나 환경들이 알려져 있지 않거나 재난지역, 유독성 물질이 있는 도시 지역과 같은 장애지역 일 때, 센서 배치는 원칙적으로 수행 할 수 없다. 항공기로 살포되는 센서들은 하나의 배치 방법이다. 그러나 그 기술을 사용하므로 해서 실질적인 착지 지역이 나무들, 빌딩들과 같은 장애물의 존재 때문에 컨트롤 할 수가 없다. 결론적으로 많은 노드들이 있다고 해서 커버리지가 증가하는 것은 아니다. 그러므로 커버리지가 요구되어지는 정확한 장소로 이동할 수 있는 이동성 노드들이 필요로 한다.

우리는 각각의 센서 노드는 자기의 위치를 인식하는 센서 네트워크를 다룬다. 그 네트워크는 개인적인 노드의 위치를 알아내는 [8]과 [9]와 같은 위치 서비스를 사용할 수 있다. [4]논문에서 가정하는 사항은 다음과 같다.

- 센서 네트워크에는 오직 하나의 싱크만이 있다.
- 멀티플 싱크로 센서 네트워크에 적용한다.
- 고정된 센서들과 이동 노드들 둘 다 균일하고 랜덤적으로 네트워크에 배치된다고 가정한다.

초기 배치 후에, 각각 이동 센서는 그들의 이웃노드(Static Sensors)에서 메시지를 브로드캐스트(Broadcast)한다. 그리고 이 메시지는 이웃노드에서 이동 노드란 것을 알리고 최초의 위치를 알려 준다. 이동 노드의 최초의 위치는 이웃 노드에 의해서 데이터 패킷 안에 저장되어 싱크노드로 피기 백(Piggy Back)되어 진다. 각각의 고정 노드는 그것의 소유한 위치를 싱크에게 데이터 패킷으로 피드 백 한다. 만약 고정 노드가 싱크에게 보낼 데이터 패킷이 없거나 일정 시간 동안에 싱크에게 어떤 패킷도 응답되지 않는다면, 고정 노드는 싱크에게 특수한 위치 패킷을 보낼 것이다. 일정 시간 후에, 싱크는 모든 싱크노드와 이동 노드들의 위치를 알게 된다. 그런 다음 싱크는 고정 노드들의 위치 기반으로 커버되지 않은 지역을 알게 된다. 우리는 센서 네트워크에서 커버되지 않은 지역을 결정하기 위해서 두 가지 스킴을 다음과

같이 디자인 한다.

센서 네트워크는 이차원적 정사각형 이다. 라고 가정한다. 네트워크는 여러 개의 작은 크기인 셀로 나누어진 다. 그림 2에서 싱크는 고정 노드의 위치 기반을 해서 싱크는 각각의 셀에서 고정 노드들의 수를 카운트 할 수 있다. 그리고 셀의 몇몇은 커버 되지 않은 지역으로 확인된다. 우리는 다음 기록을 사용 할 것이다.

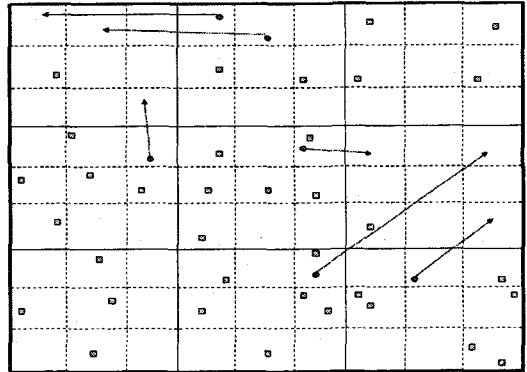


그림 2. 모바일 노드 이동

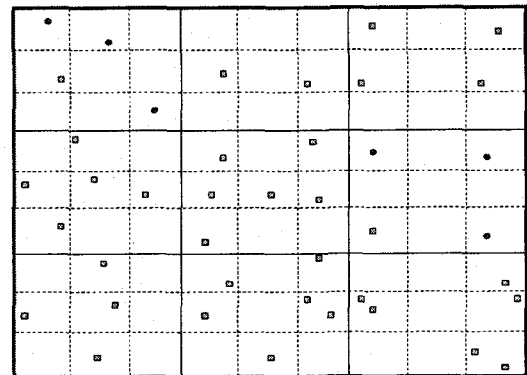


그림 3. 센싱 커버리지 증가

- 센서 네트워크는 $L \times L$ 정사각형이다.
- 모든 고정 노드의 수는 - N
- 모든 이동 노드의 수는 - M
- 각각의 셀은 $b \times b$ 정사각형

M 이동 센서 노드들을 위해서 그들의 일부는 $(\lambda M, 0 < \lambda < 1)$ 은 초기 스테이지에서 센싱 커버리지 개선을 위해 사용되어진다. 그리고 그들의 여분 $(1-\lambda)M$ 은 센서 네트워크 작동하는 동안 라우팅이나 연결을 돕기 위해서 사용된다. λ 는 시스템 파라메타이다. 그리고 그것은 고정 노드들의 커버리지 후에 결정되어질 수 있다.

셀에 있는 고정 노드의 평균 수는 $Nb^2 / L^2 = Nc$ 이다. 만약에 셀에서 고정 노드의 수가 $\beta Nc (0 < \beta < 1)$ 보다 적다면, 셀은 커버리지가 되지 않았다고 간주 되어 진다. 그 다음 모바일 센서 노드는 커버되지 않은 셀로 λM 가

이동 하도록 불러 질 것이다. 싱크는 커버리지 되지 않은 셀에서 이동 할 수 있는 가까운 이동 노드를 알 것이다. 이동 노드의 새로운 위치는 싱크에 의해서 결정되어진다. 커버되지 않은 셀에서의 고정노드의 위치기반과 이동 노드의 수는 셀로 이동 할 것이다. 커버되지 않은 셀은 기대되어지는 센서의 수 기반에서 여러 미니 셀로 구분된다. 예를 들어, 만약 C1 셀에 고정노드가 하나 있다면, 세 개의 이동 노드는 그 셀로 이동 할 것이다. 그다음 셀 C1은 4개의 미니 셀로 나누어진다. 각각 이동 노드는 고정노드가 포함되지 않는 미니 셀의 중앙으로 이동 할 것이다. 사각형의 그린 노드는 고정 노드이고 빨간색의 둥근 노드가 이동노드이다. 그림2 센서 네트워크는 검은 직선라인으로 9개의 셀로 나누어져 있다. 위쪽-왼쪽 셀과 중앙-오른쪽 셀은 커버되지 않았다. 두 셀은 오직 하나의 고정 노드를 가지고 있다. 세 개의 센서 노드는 각각의 커버되지 않은 셀로 이동 할 것이다. 각각 이동 센서는 미니 셀의 중앙으로 이동한다. 화살표는 이동 노드의 직접 이동을 보인다. 그림3은 이동 센서 이동 후 새로운 토폴로지이다. 커버리지는 센서 이동 후 개선되어진다. 예로 센싱 커버리지는 73%에서 92%로 오직 6개 모바일 센서로 증가 했다.

고정 노드와 이동 노드를 적절하게 사용을 하여 센싱 커버리지를 증가 시키는 방법을 보았다[4]. 고정 노드 사이에 이동 노드를 적절하게 운영하는 방법을 기술한 것을 이용하여 다음 3장에서 무선 센서 네트워크의 문제점을 분석을 하고 이동노드 운영을 활용하여 센서 네트워크 성능을 향상 시키는 방법을 제안한다.

3. 고정 노드로 이루어진 네트워크 문제점

무선 센서 네트워크는 항공기로 살포 되므로 랜덤적으로 배치가 된다. 이때 고른 분포가 이루어 지지 못하여 간격이 좁은 노드들이 발생이 된다. 그림 4처럼 이상적인 노드 배치가 이루어지면 에너지 효율 및 최소 홉 수(Hop count) 라우팅이 이룰 수 있다.

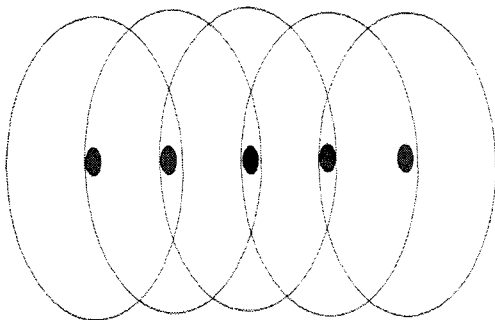
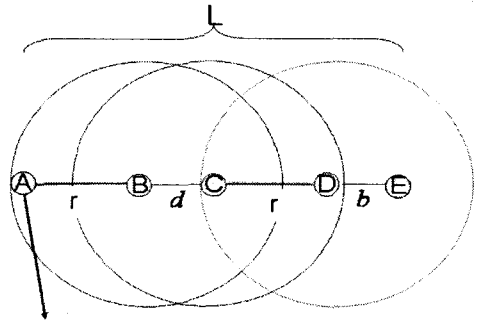


그림 4 이상적인 노드 배치

본 논문에서는 고정 노드가 일정하게 배치되지 못하는 것을 이동 노드를 활용을 하여 간격이 좁은 고정 노드를 이동 노드로 대체를 하여 센서 네트워크 성능을 향상시킬 것이다. 그림 5는 센서 네트워크 내에서 간격이 좁은 노드를 보여 주고 있다.

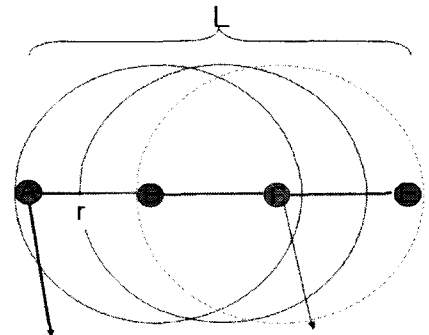


고정 노드

그림 5. 간격이 좁은 노드 B와C, D와E

- L = 노드 A 와 노드 E 사이 거리
- r = 노드 센싱 반지름
- d = 노드 B 와 노드 C 사이 거리
- b = 노드 D 와 노드 E 사이 거리
- d + b = r
- L = 3*r

고정 노드 A에서 고정 노드 E까지 경로가 이루어져 있다. 그 사이에 고정 노드 B, C, D가 있다. 이때 고정 노드 B와 고정 노드 C, 고정 노드 D와 고정 노드 E 사이가 노드 센싱 반지름 보다 작다. 이때 $d+b < r$ 되면 간격이 좁은 노드가 있다고 판단이 된다.



고정 노드

이동 노드

그림 6 고정 노드 F 배치

고정 노드 C, D를 대신하여 이동 노드 F를 대체를 하여 홉 수를 줄였다. 그리고 센서 네트워크 내에서 F노드는 노드 C와 노드 D가 다른 노드들과 연결이 되어 있다고 하면 대체가 된 노드인 F는 노드 C와 노드 D가 연결된 것을 그대로 이어 받아야 하고 한다. 노드 F가 통신을 하거나 데이터 전송을 할 때는 노드 C와 노드 D는 슬립모드(Sleep Mode)가 되어야 할 것이다. 토폴로지가 변경이 되어 이동 노드가 이동을 할 때에는 노드 C와 노드 D는 다시 작동을 할 것이다.

4. 결론 및 향후계획

본 논문은 센서 네트워크에서 센서 노드들이 랜덤적으로 배치가 이루어지므로 일정한 거리로 배치가 이루어지지 못하는 문제점들이 발생한다. 이런 문제점들로 인해 흡수가 증가하고 불필요한 에너지 소비가 이루어지는 것들을 제3장에서 보였다. 센서 네트워크 성능 향상 방안으로 간격이 좁은 고정노드 발생을 탐지하여 일정한 간격을 두고 이동노드로 배치를 하므로 해서 흡수와 고정 노드들의 불필요한 에너지 소비를 막는 방안을 보였다. 그리고 좁은 간격의 고정노드 발생의 위치에 따라서 성능의 차가 급격하게 일어난다. 간격이 좁은 노드들을 이동노드들로 교체를 했을 때, 이 경로 사용량이 많으면, 흡수와 불필요한 에너지 소비가 줄어든다.

센서 네트워크의 문제점들을 개선하여 센서 네트워크의 성능을 향상 시키는 방안을 본 논문에서 제시하였다. 불필요한 노드들이 발생하는 경우를 분석하고 간격이 좁은 노드들을 이동노드들로 교체를 했을 때 센서 네트워크의 성능 향상을 향후 시뮬레이션을 통하여 성능평가할 것이다. 또한 이동 노드를 활용한 네트워크 성능 향상에 대해서 연구할 계획이다.

networks. In Proc. of IEEEINFCOM 2001, Anchorage, AK, April 2001.

참고문헌

- [1] Ian F. Akyildiz, Weilian Su et al., "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, 2002
- [2] C. Karlof, D. Wagner, "Secure Routing in Wireless Sensor Networks: Attacks and Countermeasures," US Berkley, Course Term Project, 2002
- [3] S. Tilak, N. B. Abu-Ghazaleh, W.Heinzelman, "A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models," ACM Mobile Computing and Communication Review, Vol. 6, num. 2, April 2002
- [4] Xiaojiang Du, Fengjing Lin, "Improving Sensor Network Performance By Deploying Mobile Sensors", Performance, Computing, and Communications Conference, 2005,IPCCC2005.24th IEEE International, page 67-71, 7-9 April 2005.
- [5] G. Wang, G.Cao, and T. La Porta, "Movement-Assisted Sensor Deployment,"Proc. IEEE INFOCOM, Mar. 2004.
- [6] T. Clouqueur, V.Phipatanasuphorn, P. Ramanathan and K. k. Saluja, "Sensor Deployment Strategy for Target Detection," WSNA, 2002.
- [7] S. Dhillon, K. Chakrabarty and S. Iyengar, "Sensor placement for grid coverage under imprecise detections," Proc, International Conference on Information Fusion, 2002
- [8] A. Savvides, C. Han, and M. Strivastava. Dynamic finegrained localization in ad-hoc networks of sensors. In Proc. of ACM MOBICOM'01,pg166-179, ACM Press, 2001
- [9] L. Doherty, L. El Ghaoui, and K,S,J.Pister. Convex position estimation in wireless sensor