

하이브리드 센서네트워크 환경에서 노드의 Self-Deployment를 위한 방안

김훈*, 전영준, 신승호

인천대학교 컴퓨터공학과

{kimhoon*, mars, shin0354}@incheon.ac.kr

Method for Self-Deployment of Node in Hybrid Sensor Network Environment

Hoon Kim*, Young-Jun John, Seung-Ho Shin
Dept. of Computer Engineering, University of Incheon

1. 서론

유비쿼터스 시대의 센서 네트워크는 우리 생활과 환경을 혁명적으로 바꾸어주는 기술이다. 이 기술의 기본적인 정보에 해당하는 라우팅, 센서 위치, 센서 배치, 센싱 데이터 등은 센서 네트워크에서 매우 중요한 정보이며, 센서노드는 사용목적과 그 응용에 따라 크기와 생존 기간 등이 다르다[1]. 본 연구에서는 센서 노드에 이동성을 추가하여 사용 목적을 제한하였다. 노드의 이동성을 제어한다는 것은 MANET의 이동성과는 다르다. Ad-Hoc은 노드의 제어 가 없는 이동성을 가지지만, 제어 가능한 이동성은 사용자가 계획적이고 의도적으로 이동시킬 수 있다는 것이다 [2]. Smart Dust와 같은 매우 작은 센서노드의 살포형태가 아닌 환경에서 센서 노드의 수가 적다면 사람이 배치할 수 있지만, 그 수가 많아지면 사람이 손으로 배치하는 것은 어려울 것이다[2]. 각 노드사이의 최대 적용범위를 유지하기 위한 알고리즘으로 Virtual Force Algorithm[3]를 사용하였다. 센서노드는 이동성을 가지고 있으나에 따라 스태틱 노드와 모바일 노드로 나뉘는데, 위 두 노드의 혼합 환경을 Hybrid Sensor Network[4]라고 한다. 연구에 사용한 센서노드는 기본적인 Zigbee 플랫폼에 이동로봇을 연결한 모바일 노드 형태이며 노드를 자동으로 최적의 위치에 배치하는 것과 사용자가 원하는 위치에 배치하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 본론

MICAz 및 Telos 등의 센서 플랫폼은 소형 MCU(Micro Controller Unit)를 사용하고, RF 통신을 위한 Zigbee 모듈을 가지고 있다. 이러한 연산 장치와 네트워크기능을 가지고 있기 때문에 충분히 이동장치의 제어기로 사용할 수 있다. 이 절에서는 각각의 노드를 자동으로 배치하는 Self-Deployment[5] 알고리즘을 제안한다. 여기서 배치 방법은 2가지로 나뉜다. 센서노드가 서로 통신하여 배치하는 방법과 사용자가 원하는 경로에 배치하는 방법을 설명한다. 전자를 자동 자기배치라 하고, 후자를 반자동 자기배치라고 정의한다. 각 센서 노드는 이동한 경로를 기억하여 센서 배치 후 회수기능도 가질 수 있다. 관련연구에서 두 노드 사이의 거리는 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용하여 측정된 것과 VFA[3]를 이용하여 두 노드의 거리를 유지하는 것에 중점을 두고 배치 방법을 제안한다. VFA는 Potential Field 와 Disk Packing을 합한 알고리즘이다[3]. 각 센서 노드는 2가지 힘을 가지고 있다. 이것은 서로 끌어당기는 인력(Attractive)과 밀어내려는 척력(Repulsive)인데, 두 센서노드를 자석으로 가정하여 볼 수 있다. VFA[3]에서 노드가 받는 힘의 합은 다음식과 같다.

(1)

(2)

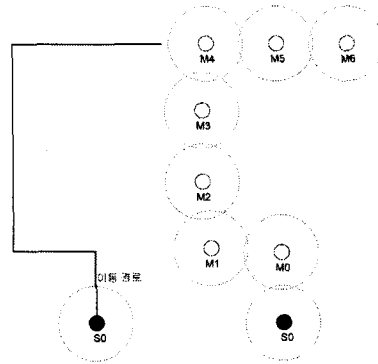
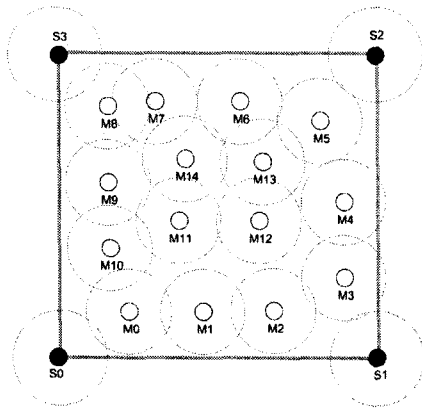
$$\vec{F}_i = \sum_{j=1, j \neq i}^k \vec{F}_{ij} + \vec{F}_{iR} + \vec{F}_{iA}$$

$$\vec{F}_{ij} = \begin{cases} (w_A(d_{ij} - d_{th}), a_{ij}) & \text{if } d_{ij} > d_{th} \\ 0, & \text{if } d_{ij} = d_{th} \\ (w_{R\frac{1}{d_j}}, a_{ij} + \pi), & \text{if } \textit{otherwise} \end{cases}$$

$$\therefore \vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14}$$

W_A : Attractive, W_R : Repulsive d_{th} : Distance, d_{th} : Threshold, a_{ij} : Orientation

식 (1)에서 \vec{F}_i 은 센서 노드 S1을 기준으로 주변 3개 노드의 힘을 합한 값이다. 척력과 인력이 작용하는 구분과 방향은 식 (2)와 같다[3]. 실험에 사용한 모바일 센서 노드는 MICAz 플랫폼과 모터드라이버(LB1630)을 사용하였다. 모터의 속도 제어는 PWM(Pulse Width Modulation)을 사용하였다. 자동 자기배치는 사각 공간에 모바일 노드가 자동으로 배치된다. 정사각형 공간의 각 모서리에는 Static 노드를 배치한다. Static 노드는 Mobile 노드가 고르게 퍼지도록 도와주는 역할을 하며, Mobile 노드가 이동하는 최대의 경계점이 된다. Mobile 노드는 4개의 Static 노드가 만들어놓은 사각 공간 안에서만 이동한다. <그림 5>는 배치가 완료된 상태의 모습을 나타낸다.



Mx : Mobile Node, Sx : Static Node

< 그림 5. 자동 자기배치 >

< 그림 6. 반자동 자기배치 >

첫 번째 Mobile 노드인 M0노드가 출발점인 S0노드와 식 (2)의 $\vec{F}_{MS0}=0, \text{ if } d_{MS0}=d_{th}$ 이 될 때까지 이동한다. 즉 두 노드사이의 인력과 척력이 0이 되는 최대 네트워크 범위에 위치하게 된다. 여기서 노드의 거리 경계(Dth)는 송신출력 0dBm인 RSSI(Received Signal Strength Indication)값이다. M0 노드는 각 노드의 통신 메시지 중 strength 변수 값이 0dBm일 때 까지 이동한다. 배치가 완료된 M0노드는 Static 노드인 S0에게 자신이 이동한 경로와 배치완료메시지를 전송한다. 이동한 경로 정보는 Mobile 노드의 위치계산에 사용된다. 두 번째 Mobile 노드인 M1은 M0노드가 이동한 경로로부터 시작하여 식 (2)의 $\vec{F}_{MM0}=0, \text{ if } d_{MM0}=d_{th}$ 이 될 때까지 위와 같은 과정을 거치며, M3 노드가 이동하여 두 번째 Static 노드인 S1과 통신하게 되면 더 이상 S1 방향으로 이동하지 않고 다음 노드부터 왼쪽방향으로 회전하여 이동한다. Mobile 노드가 2개 이상의 노드와 통신하게 되면 왼쪽으로 회전한다. 그 이유는 사각 공간 안에서만 배치하기 위해서이다. 반자동 자기배치는 사용자가 원하는 이동경로에 Mobile 노드를 배치시키는 방법이다. PC에서 각 노드의 이동 경로를 결정하여 Mobile 노드에게 이동명령 메시지를 송신한다. < 그림 6 >은 이동 경로를 따라 배치가 완료된 상태의 모습을 나타낸다. Static 노드인 S0은 Mobile 노드에 이동명령 메시지를 주고, 배치 완료 메시지를 PC에 전송하는 역할을 한다. 첫 번째 M0노드가 이동명령 메시지를 받으면 S0노드와 식 (2)의 $\vec{F}_{MS0}=0, \text{ if } d_{MS0}=d_{th}$ 이 될 때까지 이동한다. 이때 PC의 이동명령 메시지는 방향만 결정하고 이동거리는 Mobile노드가 결정하여 S0노드에 전송한다.두 번째 M1노드는 M0 노드가 이동한 경로까지 이동하고 PC에서 보낸 방향을 참조하여 식 (2)의 $\vec{F}_{MM0}=0, \text{ if } d_{MM0}=d_{th}$ 이 될 때까지 위와 같은 과정을 거친다. 각 노드는 자신이 이동한 경로를 기억하므로 노드의 회수는 마지막 노드부터 이동한 경로를 반대로 이동하여 처음 상태로 돌아온다.

3. 결론

본 연구에서는 Static Sensor Node 와 Mobile Sensor Node의 혼합 환경인 Hybrid Sensor Network에서 노드의 자기 배치를 제안하였다. VFA[3](Virtual Force Algorithm)을 사용하여 Mobile 노드를 배치하였고, 모터 제어에 사용된 PWM(Pulse Width Modulation)방법으로 노드의 실제 이동거리와 위치를 사용자에게 알릴 수 있었다. 이동거리와 배치된 위치의 높은 정확도를 위해서는 더욱 정밀한 모터의 사용과 제어가 필요하였다. 또한 CC2420 모듈의 RSSI(Received Signal Strength Indication)값을 측정하여 각 노드사이의 거리를 최대로 유지하였다. 하지만 연구에 사용된 Mobile 센서노드는 장애물을 탐지하는 기능이 없어 장애물을 포함한 환경에서는 실험할 수 없었다. 자동 자기배치에서 이동 방향 탐지를 위해 노드를 왼쪽으로 회전하여 4개의 Static 노드 사각 공간 내에서 적절한 위치를 찾았지만, 향후 연구에서 한쪽 방향으로만 회전하여 배치될 위치를 찾는 것보다 사각 공간 내에 어디라도 배치 될 수 있는 지능적인 위치 탐색이 필요하다.

참고 문헌

- [1] S. Meguerdichian, S. Slijepcevic, V. Karayan and M. Potkonjak, "Coverage problems in wireless ad-hoc sensor networks," Proc. IEEE Infocom, vol. 3, pp. 1380-1387, 2001
- [2] Dantu, K.; Rahimi, M.; Shah, H.; Babel, S.; Dhariwal, A.; Sukhatme, G.S. "Robomote: enabling mobility in sensor networks," Information Processing in Sensor Networks, Fourth International Symposium on, pp.404-409, 2005
- [3] Y. Zou and K. Chakraborty, "Sensor deployment and target localization based on virtual forces," Proc. IEEE InfoCom(InfoCom'03), San Francisco, CA, pp.1293-1303, April 2003
- [4] Gaurav Sharma, Ravi Mazumdar, "Hybrid Sensor Networks: a small world," International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing, Proceedings of the 6th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing, USA, pp. 366-377, 2005
- [5] A. Howard, M. J. Matari, and G.S. Sukhatme, "An Incremental Self-Deployment Algorithm for Mobile Sensor Networks," Autonomous Robots special issue on intelligent embedded systems 13(2):113-126(2002).