

SOFM을 이용한 센서 네트워크 노드 배치의 최적화

Location Optimization for a Wireless Sensor Network Nodes
Using a SOFM(Self-Organization Feature Map) Algorithm

정경권, 배상민, 김건욱, 박현창
동국대학교 전자공학과

Kyung-kwon Jung, Sang-min Bae, Keonwook Kim, Hyun-Chang Park
Department of Electronic Engineering, Dongguk Univ.

Abstract

본 논문은 무선 센서 네트워크에서 SOFM을 이용하여 센서 노드를 배치하는 방법을 제안한다. 제안한 방식은 특정 공간에서 센서 노드의 밀도가 일정하도록 SOFM을 이용하여 센서 노드를 배치시킨다. 시뮬레이션으로 최적의 위치를 탐색하고, 그 위치에 무선 센서 노드를 설치하여 제안한 방식의 성능을 검토하였다.

Keywords

Wireless Sensor Network, SOFM, network topology.

I. 서 론

센서 기술, MEMS(Microelectromechanical systems) 기술, 저전력 전자 공학 기술, 저전력 RF 설계 기술 등의 발달로 무선 네트워크를 통하여 연결될 수 있는 소형, 저가, 저전력의 센서 노드들이 개발되어 왔다. 이러한 센서 노드들은 센싱, 데이터 처리, 통신 컴포넌트들로 구성된다. 각 노드는 애드 혹(ad hoc) 네트워크를 구성하여 무선 네트워크를 형성한다. 이러한 무선 센서 네트워크는 환경 모니터링에 주로 사용되어 왔고 현재 유비쿼터스 환경에 적용 가능한 어플리케이션으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 매우 많은 수의 센서 노드들이 무선 네트워크를 형성하여 헬스, 군사, 홈 네트워크, 환경 감시, 공장 관리, 재난 감시 등의 다양한 응용에 적용될 수가 있다. 기존의 응용과 달리 건물 내부와 같이 제한된

환경에 무선 센서 네트워크를 적용할 경우 최소한의 노드를 이용해 최적의 네트워크를 구성할 수 있다면 기술적, 경제적인 측면에서 이득을 얻을 수 있을 것이다[1-3].

본 논문에서는 제한된 환경의 모니터링을 위한 최적의 센서 노드 배치를 제안한다. 제안한 방법은 신경 회로망의 SOFM(Self-Organizing Feature Map) 방식을 노드 배치에 적용시켜 시뮬레이션하고, 그 결과에 따른 센서 배치를 통해 성능을 확인한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2장에서는 무선 센서 네트워크에 대해 설명하고 제 3장에서 적용한 SOFM 알고리즘에 대해 소개하고 제 4장에서는 제안된 알고리즘을 Matlab을 이용하여 시뮬레이션한다. 제 5장에서 논문의 결론을 맺고 향후 연구과제에 대해 논한다.

II. 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 물리적 데이터를 센서 노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 노드(Base-station)에 전달하는 다수의 센서 노드로 구성되는 무선 네트워크이다. 노드간의 통신은 CSMA-CA를 기반으로 애드 혹 방식을 이용 무선 네트워크를 형성한다.

센서 네트워크 노드들의 하드웨어는 마이크로프로세서, 저장장치, 센서부, 통신부, 전원부로 구성되어진다. 센서 노드는 오랜 기간 동안 물리적 데이터를 센싱하고 무선 통신을 해야 하기 때문에 저전력 기술을 필요로 한다. 본 논문에서는 그림 1의 전자부품연구원에서 개발한 TIP30CM을 사용하여 센서 네트워크

를 구성하였다. TIP30CM은 표 1과 같은 구성을 가진다[4].

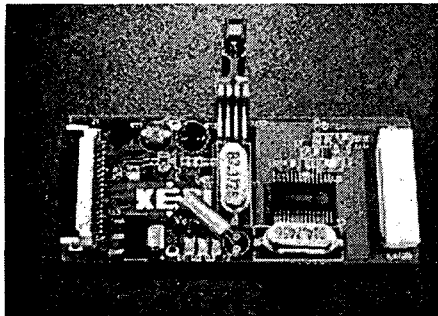


그림 1. TIP30CM

표 1. TIP30CM의 하드웨어 구성

Processor	8bit RISC, 8MHz
Memory	128KB Program Flash
Operating System	TinyOS
Multi-channel Radio	868/916MHz
Data Rate	38Kbaud
Sensor	Temperature, Humidity, Light
Power	3.0~3.3V
Range	15m in lab

현재 센서 네트워크는 다양한 센서를 이용한 환경 모니터링, 주거환경 모니터링, 유비쿼터스 환경에의 적용 등에 활발한 연구가 진행되고 있다.

III. SOFM

1984년 Kohonen이 제안한 SOFM은 비지도 학습(unsupervised learning) 알고리즘의 일종으로 단일경쟁 뉴런 층으로 구성된 신경회로망이다. 경쟁 뉴런은 1차원이나 2차원 혹은 그 이상의 차원에서 물리적으로 정돈되어 있고, 각 뉴런은 특정반경의 이웃 뉴런을 가지게 된다.

일반적인 경쟁학습에서 뉴런들은 승자 뉴런을 결정하고, 승자 뉴런의 연결강도를 강화하는 winner-takes-all 방식을 취한다. SOFM이 일반적인 경쟁 학습과 다른 점은 승자 뉴런의 연결강도뿐 아니라 이웃뉴런의 연결강도까지 갱신한다는 점이다. 학습이 진행되는 동안 결과적으로 승자뉴런과 이웃하는 뉴런들은 비슷한 연결 강도를 가지게 되고, 승자 뉴런과 이웃 뉴런들은 유사한 입력 벡터에 반응하게 된다

[5][6].

SOFM알고리즘의 단계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[단계 1] 연결강도를 초기화 한다. N개의 입력으로부터 M개의 출력 뉴런사이의 연결강도를 작은 임계값의 임의수로 초기화 한다. 초기의 이웃 반경은 모든 뉴런들이 포함 될 수 있도록 충분히 크게 잡았다가 점차로 줄어든다.

[단계 2] 새로운 입력 벡터를 제시한다.

[단계 3] 입력 벡터와 모든 뉴런들 간의 거리를 계산한다.

입력과 출력뉴런 j 사이의 거리 d_j 는 아래 식 (1)과 같이 계산한다.

$$d_j = \sum_{i=0}^{N-1} (x_i(t) - w_{ij}(t))^2 \quad (1)$$

여기서 $x_i(t)$ 는 시각 t 에서 i 번째 입력 벡터이고 $w_{ij}(t)$ 는 시각 t 에서의 i 번째 입력벡터와 j 번째 출력 뉴런사이의 연결 강도이다.

[단계 4] 최소 거리에 있는 출력 뉴런을 선택한다. 최소거리 d_j 인 출력 뉴런 j^* 를 선택한다.

[단계 5] 뉴런 j^* 와 그 이웃들의 연결강도를 재조정한다.

뉴런 j^* 와 그 이웃 반경 내의 뉴런들의 연결강도를 아래 식 (2)에 의해 재조정한다.

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha [x_{i(t)} - w_{ij}(t)] \quad (2)$$

여기서 j 는 j^* 의 이웃 반경 내의 뉴런이고 i 는 0에서 N-1까지의 정수 값이다. α 는 0과 1사이의 값을 가지는 이득 항(gain term)인데 시간이 경과함에 따라 점차 작아진다.

[단계 6] 단계 2로 가서 반복한다.

이와 같은 경쟁 학습을 통해서 연결강도는 입력 패턴을 클러스터링(clustering)하게 된다. 센서 네트워크

크는 그림 2-(a)와 같이 전파 반경(radius range) 내에 다른 센서 노드가 위치해야 애드 혹은 가능하게 되고 그림 2-(b)와 같이 형성되면 통신이 이루어 지지 않는다.

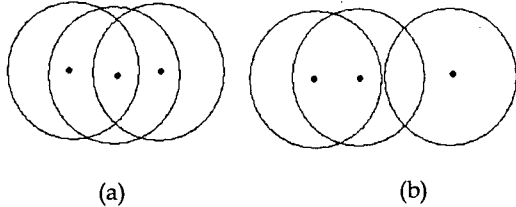


그림 2. 통신 범위

센서 노드의 위치를 SOFM의 출력층과 대응시키고 인접 뉴런의 거리가 전파 반경 내에 위치하면 뉴런을 제거하고 전파 반경을 벗어난 위치에 있으면 뉴런을 추가하고, 학습을 수행하여 최적의 위치를 계산한다.

IV. 시뮬레이션

건물의 내부 등 제한된 지역에 구성되는 무선 센서 네트워크는 노드의 위치를 지정해 줌으로서 최적의 성능을 이끌어 낼 수 있다. 본 논문에서는 SOFM을 센서 노드 배치에 적용함으로써 최적의 위치를 찾아내는 시뮬레이션을 수행하였다.

SOFM은 입력 뉴런의 개수는 2개, 출력 뉴런의 개수는 2개에서 전파 범위에 따라 M개까지 조정되며, 1차원 특징지도(feature map)와 2차원 특징지도를 적용하였다.

실험에서 노드의 통신 범위는 반경 10M로 정하였고, 실험한 건물을 모델로 하여 랜덤하게 생성된 배치 정보에 대해 학습을 통해 노드간의 최적의 위치를 찾아내도록 하였다. 그림 3, 4, 5에서 눈금 1은 실제 20M를 나타낸다.

반복학습을 통해 얻어진 최적의 센서 노드의 개수는 12개이고 전파 범위는 그림 3과 같다. 그림 2-(a)에서처럼 모든 노드가 통신을 할 수 있음을 볼 수 있다. 그림 4는 학습 과정을 나타낸 것으로 5개의 노드 일 때의 전파 범위이다.

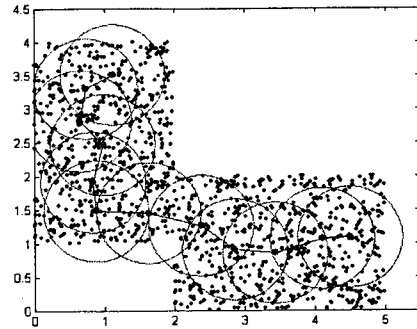


그림 3. SOFM을 통해 최적화 된 노드 위치

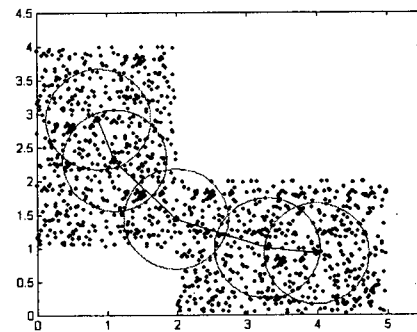


그림 4. 노드의 수가 부족한 상태의 네트워크 구성

그림 5는 2차 배열로 된 14개 노드를 이용해 네트워크를 구성한 모습이다. 그림에서 보이듯이 노드간의 중복이 발생하여 안정된 라우팅 경로를 확보할 수 있지만 최적의 라우팅 경로를 찾기 위한 노드간의 빈번한 통신으로 인해 통신채널의 낭비와 그로 인한 전력소모가 발생된다[7].

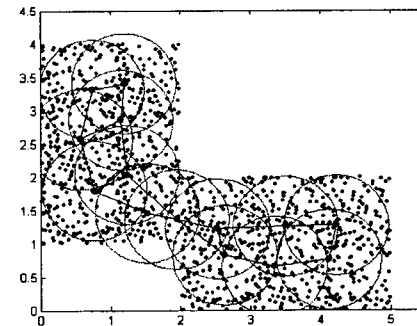


그림 5. 2x7 배열을 이용한 네트워크의 구성

시뮬레이션을 통해 얻은 결과를 이용해 TIP30

CM 노드를 실제로 건물에 배치하고 실험해 보았다. 그림 6에서처럼 노드를 배치하였고 노드간의 라우팅이 원활이 이루어짐을 확인할 수 있었다.

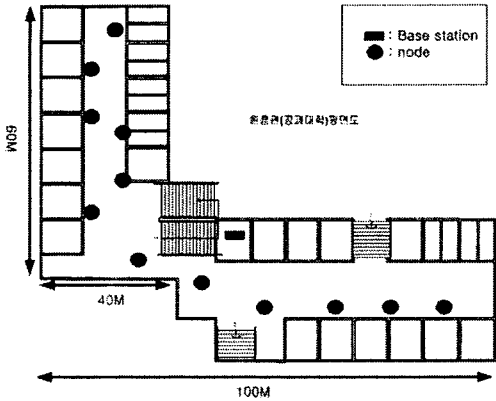


그림 6. 시뮬레이션 결과에 따른 센서 노드의 배치

V. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 SOFM을 이용한 센서 노드의 최적 배치를 제안하였다. 제안한 방식은 SOFM의 학습을 통하여 각각의 센서 노드가 전파 범위에 위치하도록 배치하는 방식이다. 시뮬레이션을 통해 한정된 공간에 노드의 배치는 적정 개수의 노드만으로 원활한 라우팅이 가능함을 알 수 있다. 시뮬레이션과 시뮬레이션 결과에 따른 실험을 통하여 센서 노드간의 원활한 통신을 확인하였다.

향후 무선 센서 네트워크의 노드 배치가 통신채널 사용에 미치는 영향과 그로 인한 전력소모에 관한 연구가 필요 할 것이다.

[참고 문헌]

- [1] David Culler, Deborah Estrin, Mani Srivastava, "Overview of Sensor Networks," IEEE Computer, pp 41~49, Aug 2004.
- [2] S. Megerian, F. Koushanfar, M. Potkonjak, Mani B. Srivastava, "Worst and Best-Case Coverage in Sensor Networks," IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE

COMPUTING, Vol. 4, No 1, pp84~92, Jan 2005.

[3] F. Zhao, L. Guibas, *Wireless Sensor Network: An information processing approach*, Morgan Kaufmann Publishers, 2004.

[4] <http://www.maxfor.co.kr>

[5] M. T. Hagan and H. B. Demuth, *Neural network design*, PWS publishing Co., pp. 14-1~14-21, 1996.

[6] 김대수, *신경망 이론과 응용 1*, 하이테크정보세계, Vol 9, pp169~188, 1999.

[7] H. Cam, S. Ozdemir, D. Muthuavinashiappan, P. Nair, "Energy efficient security protocol for wireless sensor networks," Vehicular Technology Conference, IEEE 58th Vol. 5, pp2981~2984, Oct. 2003.