

지능형 건축물 환경 모니터링 시스템에서의 서포트 벡터 머신을 이용한 동적 트리 라우팅에 대한 연구

이민우, 박귀태
고려대학교 전자전기공학과

Study of Dynamic Tree Routing Using Support Vector Machine for Intelligent Building Environmental Monitoring System

Min-Woo Lee, Gwi-Tae Park
Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Korea University

Abstract - 지능형 빌딩 환경 모니터링 시스템과 같이 실내에서 센서 네트워크를 이용하여 환경 데이터를 수집하는 네트워크가 점점 확산되고 있다. 이와 같은 건축물 내에서의 무선 센서 네트워크는 랜덤하게 센서 노드들이 뿌려지는 것이 아니라, 사람의 의지대로 배치가 된다. 따라서 위치정보를 모르는 상황의 무선 센서 네트워크들이 가지는 라우팅 방법을 사용하는 것이 아니라 더 간결하면서 강한 네트워크 유지 능력을 가지는 라우팅 방법이 사용되게 된다. 본 논문에서는 트리 라우팅을 이용한 건물 환경 모니터링 시스템에 에너지 효율을 높이기 위하여 네트워크의 상황을 고려한 SVM을 이용한 동적 라우터 선택기법을 포함한 동적 트리 라우팅 기법에 대한 연구와 이의 구현을 보이고 있다.

자가 원하는 위치에 센서 노드가 배치되는 형태이다. 따라서 무선 센서 노드들의 위치를 모두 미리 안다는 가정이 가능하게 된다. 이렇게 무선 센서 노드의 위치를 알고 있는 상황에서는 데이터를 전송하는 엔드 노드가 데이터를 수집하는 싱크 노드로 가기 위한 라우팅이 추가적인 오버헤드 없이 쉽게 구현될 수 있다. 따라서 실내 무선 센서 네트워크에서는 각각의 센서 노드의 위치를 알고 있다는 가정 하에서 에너지 효율적이면서도 견고한 라우팅을 가능하게 하는 토폴로지가 제안되어야 한다. 이를 위하여 선택 가능한 라우팅 토폴로지는 트리 라우팅 토폴로지이다. 그림 1은 트리 라우팅 토폴로지를 나타낸다. 그림에서 보는 것처럼 트리 구조는 싱크 노드와 라우터 노드, 엔드 노드로 구성이 되며 계층적인 구조를 갖는다.

1. 서 론

무선 센서 네트워크 기술은 우리 생활 속에 많은 부분을 차지하고 있으며 앞으로 더욱 많은 곳에서 생활을 편리하게 해줄 것이다. 여러 분야에서의 무선 센서 네트워크의 이용 중 건축물에서의 센서 네트워크의 접목은 이미 많은 발전을 거듭해오고 있다. 신축 건물일수록 건물이 지능화되고 있다. 각종 시설물에 대한 관리를 모두 중앙에서 처리할 수 있게 되어 있고, 건물의 각 부분에 대한 정보도 중앙 관리본부에서 모두 알 수 있게 기술력이 향상되어가고 있다. 기존의 건축물 관리용 네트워크가 유선으로 이루어져 있어서 이에 대한 관리 및 보수가 어려웠던 점을 보완하는 측면에서 무선 센서 네트워크는 유지 및 보수가 편리하고 저렴한 가격에 높은 효율을 낼 수 있는 좋은 기술이라고 할 수 있다.

건축물에서의 무선 센서 네트워크 기술을 이용하는 사례는 [지능형 빌딩 환경 모니터링 시스템]으로 구체화되어 현재 많은 연구가 이루어지고 있다. 무선 네트워크를 이용한 시스템은 여러 가지 설계를 고려해야 할 중요 사항 중 네트워크의 토폴로지 구성부분이 있다. 토폴로지를 어떻게 구성하느냐에 따라서 전체적인 네트워크의 효율이 결정되기 때문이다. 실내 건축물에서의 무선 네트워크는 실외에서의 구성과 같이 센서 노드들이 랜덤하게 뿌려지는 것이 아니라, 사람의 의지에 의해서 배치된다는 점에서 다른 실외 무선 센서 네트워크와 차이점을 보이고 있다. 따라서 랜덤한 분포를 가지는 무선 네트워크에서 사용하는 토폴로지가 아니라 건축물과 같은 실내에 적합한 토폴로지를 사용하여야 한다.

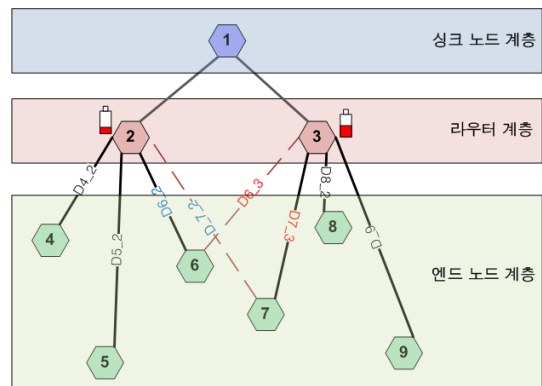
기존에 제안된 트리 기반의 네트워크 토폴로지는 계층적 구조를 가지고 있다. 이는 제일 상위에 있는 싱크 노드와 가장 하위에 있는 엔드 노드, 그리고 엔드 노드와 싱크 노드를 이어주는 라우터 노드로 구성된다. 트리 라우팅 토폴로지는 일단 외부적인 네트워크의 재구성 없는 한 노드들의 위치 변화가 없기 때문에 각 엔드 노드가 정해진 라우터 노드를 통해 싱크 노드로 가는 라우팅 경로가 안전하게 유지될 수 있다. 하지만, 지능형 건축물에서 무선 센서 네트워크가 노드는 정적이면서도 제한된 에너지를 갖고 있다. 따라서 이러한 에너지 효율을 고려하지 않은 정적인 트리 구조의 네트워크 토폴로지는 에너지 소모를 가중시켜 네트워크의 수명을 단축시킨다.

본 논문에서는 이러한 정적인 트리 라우팅 토폴로지를 보완하기 위하여 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine)을 이용한 동적 트리 라우팅 토폴로지 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 노드간 거리 및 노드의 잔여 에너지를 고려하여 자신의 라우터를 SVM을 이용하여 결정하는 동적인 토폴로지 구조를 갖는다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 정적인 트리 라우팅 토폴로지에 비하여 향상된 성능을 보인다. 논문의 구성은 본문에서 제안된 동적 트리 라우팅에 대한 자세한 설명과 SVM에 대한 소개, 그리고 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 보이며, 결론으로 제안된 알고리즘에 대한 성능 평가를 수행하였다.

2. 본 론

2.1 정적 트리 토폴로지 및 문제점

실내에서의 무선 센서 네트워크는 보통 센서 노드의 배치 상에서 사용



〈그림 1〉 트리 라우팅 토폴로지 개념도

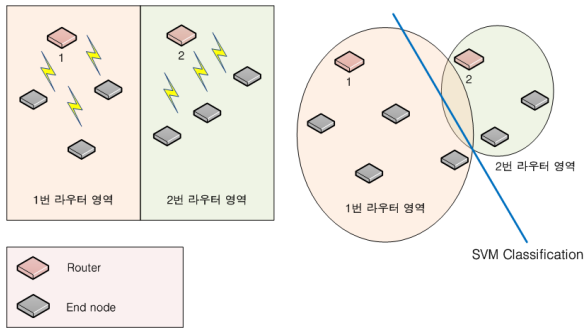
엔드노드는 부작된 특정한 센서를 이용하여 환경 정보를 받아들이고 이를 싱크노드로 보내는 역할을 한다. 실제적인 정보 수집의 일을 하는 노드라고 보면 된다. 라우터 노드는 그 역할을 두 가지로 이야기 할 수 있다. 첫 번째 역할은 엔드 노드와 싱크 노드를 연결해주는 다리와 같은 역할이다. 엔드 노드의 전송 거리가 직접 싱크 노드까지 닿지 않을 경우 엔드 노드가 싱크 노드로 바로 연결을 시도할 경우 소모되는 전송 에너지는 라우터를 거쳐서 전송을 할 경우에 소모되는 전송 에너지보다 크다. 그렇기 때문에 라우터를 거쳐서 연결을 하는 방법이 에너지 효율적인 측면에서 더욱 좋은 성능을 제공하는 것이다. 마지막으로 싱크노드는 엔드노드로부터 전송받은 데이터를 수집하는 노드로서 베이스 스테이션(Base Station)이라는 이름으로도 불린다.

트리 토폴로지는 이와 같은 세 가지 노드로 구성이 되며, 구현이 간단하고 견고한 토폴로지를 유지하는 장점을 가지고 있다. 하지만 데이터 전송이 정해진 경로를 통하여 이루어지기 때문에 특정 라우터가 다른 라우터에 비하여 상대적으로 많은 배터리를 소모할 수 있다. 이러한 에너지 소모로 인하여 라우터 노드가 데이터 전송 역할을 하지 못할 경우에 해당 라우터를 경로로 가지고 있던 하위의 엔드 노드들은 싱크 노드와 연결성을 가지지 못하며 따라서 데이터를 전송할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 각각의 노드가 자신의 라우터를 미리 정해진 경로를 통하여 데이터를 전송하는 것이 아니라, 현재 라우터의 상태에 따라 동적으로 라우터를 변화시키는 방법이 필요하다.

2.2 서포트 벡터 머신을 이용한 동적 트리 토폴로지

제안한 알고리즘은 각각의 노드가 자신의 라우터를 네트워크의 상황에 맞게 동적으로 변화시켜 주는 동적 트리 라우팅 토폴로지를 구성한다.

이 때 각각의 노드의 라우터 선정 방식은 노드가 접근 할 수 있는 영역 내의 라우터 중 라우터의 잔여 에너지양, 라우터와의 거리를 고려하여 에너지 효율적인 라우터 선정을 하게 되는 방식이다.



〈그림 2〉 SVM을 이용한 라우터 선정 알고리즘 개념도

효율적인 라우터 선정을 위하여 우리는 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine)을 적용하였다. 서포트 벡터 머신은 독일의 Vapnik과 Scolkopf에 의해 제안되었으며 최근 각광을 받고 있는 뉴럴 네트워크의 학습 이론 중 하나이다.[3] 서포트 벡터 머신은 입력 공간에 있는 데이터를 이용하여 분류 마진 값을 최대로 하는 하이퍼플레인(Hyperplane)을 구하는 것부터 시작하게 된다. 이렇게 주어진 학습 데이터를 이용하여 분류(Classification)을 위한 하이퍼플레인이 구해지게 되면 그 후에 입력되는 분류를 원하는 데이터는 서포트 벡터 머신을 이용하여 이진 분류가 되어 지게 된다.[2] 이러한 서포트 벡터 머신의 특징을 이용하여 동적 트리 라우팅 상에서 엔드노드가 이용하게 될 라우터의 선정한다.[6]

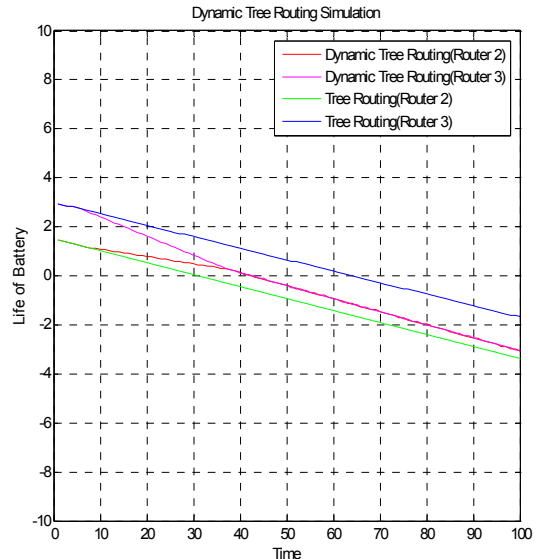
적합한 라우터 선정은 미리 정해둔 횟수의 패킷 전달이 된 후에 근접한 접근 가능한 두 개의 라우터 중 거리상으로 전송 에너지보다 에너지 잔량이 넉넉한 라우터를 선정하는 방식으로 이루어진다. 이때 엔드노드의 각 라우터에 대한 전송 에너지와 라우터의 잔여 에너지양을 계산하여 SVM에 입력 데이터로 넣어주게 되고 SVM은 이 데이터를 이용하여 라우터를 선택해주게 되는 것이다. 이를 통하여 제안된 알고리즘은 모든 노드들의 네트워크상의 연결성을 효율적으로 유지시켜 줄 수 있다. 또한 네트워크의 전체적인 에너지를 고려하면서 유지되기 때문에 네트워크의 전체적인 수명연장을 가져올 수 있게 된다.

2.3 실험 및 결과 분석

서포트 벡터 머신을 이용한 동적 트리 라우팅의 시뮬레이션을 위하여 다음과 같은 특성을 가진 무선 센서 네트워크 모델을 정의한다.

- 전체 네트워크는 1개의 싱크노드, 2개의 라우터 노드, 6개의 엔드노드로 이루어진다.
- 각 라우터노드는 3개씩의 엔드노드를 가진다.
- 센서 노드들은 설치 후 고정된다.
- 시뮬레이션 시작 시 한 개의 라우터(Router 2)는 에너지 잔량이 적다.
- SVM은 5라운드 마다 행해지게 된다.
- 네트워크 공간은 Free Space로 가정한다.[4]
- 각 노드의 전송 에너지는 최대 출력으로 한다.

위와 같은 모델을 정의한 후 100라운드의 트리 라우팅과 SVM을 이용한 동적 트리 라우팅의 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션에 사용된 무선 채널에서의 전송 에너지와 거리별 신호 감쇠, 수신 감도별 수신 가능에 대한 계산법은 [1]에 소개되어 있는 Wireless Channel의 Free Space를 따른다. 또한 시뮬레이션에 사용된 최대 전송 에너지는 [5]에 소개되어 있는 Rockwell's WINS sensor node의 기준에 따른다. 그림 3에서 보는바와 같이 트리 라우팅의 경우 각 라우터가 정해진 엔드노드와의 송수신을 하기 때문에 선형적인 배터리 소모를 보인다. 이는 Router 2가 먼저 에너지 고갈이 되었을 때 위에서 지정한 해당 라우터의 하위 노드들이 더 이상 데이터 전송을 하지 못하는 현상이 발생하게 되는 것이다. 즉, 전체 네트워크 중 일부분의 연결이 끊어지는 현상이 발생하는 것이다. 이와 같은 라우팅에 SVM을 이용한 동적인 라우터 선정 알고리즘을 더하게 되면 시작 시 불균형적이었던 두 라우터의 배터리 잔량이 서로 비슷해질 때 까지 비례적으로 소모를 하게 되고 두 라우터의 배터리 잔량이 비슷해질 때부터 선형적인 소모를 하게 된다. 이는 한쪽 라우터만 먼저 동작이 멈추어 네트워크의 특정부분의 손상이 오는 현상을 방지한다고 볼 수 있다.



〈그림 3〉 동적 트리 라우팅의 성능 평가

3. 결 론

제한된 에너지의 센서 노드들로 구성되는 센서 네트워크에서는 에너지를 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 늘리는 연구가 꼭 필요하다. 이를 위한 연구는 여러 분야에서 되고 있으며 그중에 하나가 라우터 선정 기법에 관한 연구이다. 라우터의 수용능력이 부족할 시 다른 라우터로 돌아서 Base Station으로 가는 것이다. 본 논문에서는 실내에서 활용 가능한 트리 라우팅에서 라우터 선정을 SVM Classification을 이용하여 좀 더 나은 라우터를 결정하는 방법을 제안했다. 시뮬레이션 결과 잔여 에너지가 많은 라우터를 결정하였기 때문에 비균등한 에너지 소모로 인한 네트워크의 파괴가 방지되었다.

본 연구는 앞으로 더 나은 네트워크의 효율을 얻기 위하여 다양한 학습 이론을 적용해보고 나아가 실제 센서 모듈에 알고리즘을 포팅하여 적용 가능한 이론인지와 실제 성능이 얼마나 나오는지 검증하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합기술개발사업 [과제번호:06 첨단융합 D01]의 지원으로 이루어졌습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Paolo Santi, "Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks", ISBN-13 : 978-0-470-09453-2, 2005
- [2] Simon Haykin, "Neural Networks a Comprehensive Foundation", ISBN : 0-13-908385-5,
- [3] 이인철, "무선 센서 네트워크에서 SVM 알고리즘을 이용한 클러스터 헤드 결정 기법", 대한전기공학회, 2009-2010, 2006
- [4] Breezecom.com, "Radio Signal Propagation" Technical Report.
- [5] RockwellScienceCenter, "WINS platform power consumption measurement", 2004
- [6] Chih-Wei Hsu, "A Practical Guide to Support Vector Classification", <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin>