

무선 센서네트워크에서 네트워크 수명의 최대화를 위한 토폴로지 기반의 라우팅 프로토콜

홍난경^o 권기석 김호진 윤현수

한국과학기술원

{nkhong^o, kskweon, hojin, hyoon}@nslab.kaist.ac.kr

Topology-based Routing Protocol for Maximizing Network Lifetime in Wireless Sensor Networks

Rankyung Hong^o Kisuk Kweon Hojin Ghim Hyunsoo Yoon

Dept. of Electrical Engineering & Computer Science,

Division of Computer Science

Korea Advanced Institute of Science and Technology

1. 서 론

우리는 센서 네트워크의 전체적인 수명을 최대화 할 수 있는 라우팅 알고리즘을 제안한다. 센서 네트워크는 센서가 배치되어 있는 지형적 환경에 매우 밀접한 연관을 갖는다. 우리는 복잡한 모형의 장애물이 다수 위치한 네트워크 환경을 대상으로 한다. 복잡한 환경은 빌딩 내부 또는 복잡한 도시에 센서 네트워크가 배치될 수 있다는 점에서 실생활에 바로 적용 가능한 환경이다. 이런 환경에서 네트워크 수명의 최대화를 위하여 절대적인 에너지 소모를 최소화하는 라우팅 알고리즘을 사용한다 할지라도 그 결과는 항상 수명을 최대화 하지 않는다. 지형적인 요건으로 말미암아 자주 라우팅 패스로 사용되는 특정 노드(앞으로 critical node라고 이름)들은 다른 노드들 보다 에너지 소모가 빠르기 때문에 더 이상 데이터를 전송할 수 없는 상태에 이르는 시간이 빨라진다. 뿐만 아니라 critical node들은 두 영역을 연결하는 릴레이 노드로서 동작하는 경우가 많기 때문에 네트워크 파티션을 일으키는 원인이 된다. 따라서 우리는 네트워크 수명의 최대화의 목적을 달성하기 위하여 critical node의 에너지상태를 반영하는 라우팅 알고리즘을 제안한다. 그리고 기본적으로 센서네트워크가 한정된 배터리 에너지를 가진 매우 많은 수의 노드로 구성되어 있기 때문에 제안하는 알고리즘은 확장성과 단순성을 갖는다.

2. 문제 정의

임의의 크기와 모양을 가진 영역 A (sensing area)안에 균등한 방식으로 센서노드가 분산되어 있다고 가정한다. 센서의 개수는 A 안에 위치하는 장애물의 크기와 개수에 따라 센서가 놓일 수 없는 면적이 달라지므로 고정되지 않는다. 우리는 실제 환경에 적용 가능한 알고리즘의 제안을 위하여 비현실적인 가정들 제외한다.

우리는 복잡한 환경에서 전체 네트워크의 수명을 최대한으로 연장하기 위한 효율적인 라우팅 문제를 푼다. 네트워크 수명의 정의는 네트워크가 분할되기 전까지의 시간을 말한다. 우리는 네트워크 토폴로지를 Weighted graph로 추상화 시킨다. 그리고 critical node의 에너지양을 graph에 반영함으로써 계속적으로 최소 에너지양을 가지는 노드를 관찰한다. 라우팅 패스 결정은 추상화된 graph를 기반으로 함으로써 네트워크 수명을 최대화 하는 라우팅 문제를 해결하고자 한다.

3. 수명 연장을 위한 토폴로지 기반의 라우팅 프로토콜

제안하는 아이디어의 핵심은 네트워크를 undirected weighted graph로 추상화시키는 것이다. 이때 graph의 edge cost의 값이 무엇이 되는가에 따라 결정된 라우팅 패스는 네트워크 수명을 더 연장 가능하도록 한다. 우리는 critical node의 에너지의 소모가 네트워크 수명에 큰 영향을 준다고 생각하였기 때문에 critical node의 잔여 에너지를 weighted graph의 edge cost로 반영한다. 우리는 제안하는 라우팅 알고리즘의 개요를 말한다.

● **준비단계: 장애물의 경계선(boundary)노드 인지(recognition)**

제안하는 알고리즘이 실행되기 이전의 준비 단계로 경계선 인지 알고리즘(Boundary recognition in sensor networks by topological methods)[1]을 실행해야 한다. 이 알고리즘은 네트워크에 분산되어 있는 센서 노드들에게 의미 있는 이름표를 부여한다. 이름표를 부여할 때 장애물 또는 네트워크의 테두리에 놓여 있는 센서노드를 기준으로 한다. 이름표를 보면 각 센서 노드들이 여러 개의 장애물중 어떤 장애물 근처에 놓인 센서노드이고, 장애물로부터 몇 홉 거리에 있는지에 관한 정보도 알 수 있다. 또한 같은 거리에 여러 장애물이 있는 경우 모든 장애물에 대한 구분인자와 떨어진 거리 정보들을 가진다.

● **D노드와 R노드의 선택**

각 센서 노드는 준비단계에서 받은 이름표를 기준으로 D노드를 선정한다. 이때 D노드는 위에서 언급한 critical node를 말한다. D노드가 선정된 후에 R노드 선택이 이루어진다. R노드는 undirected weighted graph에서 vertex역할을 하는 노드로서 D노드의 잔여 에너지 정보를 반영하여 graph의 정보 유지 및 라우팅 패스를 결정을 하는 노드이다.

● **센서노드 개수의 추정**

우리는 센서노드의 개수에 관한 어떠한 가정을 두지 않는다. 그래프를 구성하고 유지하는데 critical node의 잔여에너지 양의 정보가 필요하다. 매번 노드의 잔여 에너지를 알아내는데 많은 비용의 들기 때문에 노드 개수와 토폴로지를 기반으로 하는 추정 알고리즘을 제안한다. 이에 앞서 본 단계에서는 복잡한 환경에 분산된 노드들의 개수를 효율적으로 알아내는 알고리즘을 제시한다.

● **Undirected weighted graph를 사용하여 네트워크 토폴로지 구성**

선택된 R노드를 vertex로 하고 D노드의 잔여 에너지를 edge cost로 하는 그래프를 구성한다. 지형적인 네트워크의 모습은 변화 없기 때문에 우리는 토폴로지의 변형보다는 노드의 잔여 에너지의 정보 변화를 그래프에 잘 반영해줘야 한다.

● **라우팅 알고리즘과 에너지상태 추정 방법을 통한 그래프 유지**

가장 작은 에너지를 소비하는 라우팅 패스는 모든 경우에서 네트워크 수명을 최대화하기 위한 방법이 아니다. 우리는 적은 에너지를 남긴 노드들을 고려하는 라우팅 알고리즘을 제안하기 위하여 D노드의 잔여 에너지를 반영한 전체 네트워크 토폴로지 정보를 undirected weighted graph로 유지한다. 이 정보는 모든 R노드가 유지하며 그래프의 정보를 통하여 최소 에너지를 가진 노드를 지나가지 않는 shortest path를 정한다. 일반적으로 글로벌한 그래프의 정보를 유지하기 위해서는 많은 추가 비용이 소모 된다. 하지만 우리는 R노드 개인이 자신이 가진 정보를 바탕으로 D노드의 잔여 에너지를 추정하기 위한 효율적인 알고리즘을 제안한다.

4. 결 론

우리는 복잡하고 많은 장애물 즉, 센서 노드가 놓일 수 없어서 통신일 불가능한 부분이 있는 환경에서 센서네트워크의 수명을 최대화 할 수 있는 효율적인 라우팅 알고리즘을 제안했다. 실제 센서 노드를 분산시키는 우리 주변의 환경이 매우 복잡하며 본 알고리즘이 더 현실성을 가지기 위하여 라우팅 알고리즘은 비현실적인 가정 없이 오직 주변노드와 연결정보(connectivity information)만을 이용한다. 우리는 복잡한 환경만이 가지는 특징 즉, 장애물 사이의 골목에 놓임으로써 라우팅 경로에 많이 사용되는 critical node라는 개념을 정의했다. critical node는 다른 노드들에 비하여 더 자주 라우팅 경로로 선택될 가능성이 높기 때문에 에너지 소모가 급격히 이루어진다는 특징을 가진다. 따라서 제안하는 라우팅 알고리즘은 critical node의 잔여 에너지 상태를 undirected weighted graph의 edge cost로 반영을 하여 잔여 에너지 양이 적은 노드를 피하는 패스를 선정한다. 뿐만 아니라 우리는 graph정보 유지비용을 줄이기 위하여 효율적인 에너지 추정 알고리즘도 제안했다. 본 알고리즘은 분산된 센서네트워크의 최대의 수명을 유지할 수 있으며 실제 생활에 적용이 가능한 실용적인 라우팅 알고리즘이다.

5. 참고문헌

[1] Wang Y, Gao J, Mitchell JSB. Boundary Recognition in Sensor Networks by Topological Methods. In Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), Los Angeles, CA, USA, pp.122--133, September 2006.