

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0083543
H04L 12/28 (2006.01) (43) 공개일자 2006년07월21일

(21) 출원번호 10-2005-0004385
(22) 출원일자 2005년01월18일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
(72) 발명자 김형석
서울 동작구 사당2동 극동아파트 112동 909호
(74) 대리인 권혁록

심사청구 : 있음

(54) 무선 센서 네트워크의 라우팅 방법

요약

본 발명은 센서 노드들을 셀 단위로 구분하는 무선 센서 네트워크 시스템에서 센서 노드의 라우팅 방법에 관한 것으로서, 목적지로 전달할 탐지 정보를 수신할 경우, 상기 탐지 정보를 요청한 목적지가 포함된 셀까지 한 홉(hop)에 도달 가능한지를 확인하는 과정과, 상기 목적지가 포함된 셀까지 한 홉에 도달하지 못할 경우, 상기 탐지 정보를 전달 가능한 인접 셀들 중, 상기 목적지와의 거리가 단축되는 셀들의 집합을 구성하는 과정과, 상기 구성한 셀들의 집합에서 소정 기준에 의해 에너지 밀도를 판단하여 특정 셀을 선택하고, 상기 선택된 셀로 상기 탐지 정보를 전송하는 과정을 포함하여, 상기 무선 센서 네트워크의 수명을 연장하여 한정된 배터리 에너지를 가진 상기 센서 노드들로 하여금 탐지기간을 연장해주고, 데이터 연결 경로가 끊기지 않고 장기간 지속될 수 있도록 유지할 수 있는 이점이 있다.

대표도

도 2

색인어

센서 네트워크, 라우팅, 셀, 경로 설정, 이웃 셀

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래기술에 따른 다중경로 라우팅 방법을 도시하는 도면,

도 2는 본 발명에 따른 무선 센서 네트워크 시스템에서 셀 단위의 에너지 밀도를 사용하여 라우팅하는 방법을 도시하는 도면,

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 센서 네트워크에서 시스템의 수명시간을 연장하기 위한 경로를 설정하는 절차를 도시하는 도면,

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 에너지 레벨 변화에 따라 테이블을 갱신하기 위한 절차를 도시하는 도면, 및

도 5는 본 발명에 따른 성능의 개선을 도시하는 그래프.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 무선 센서 네트워크의 라우팅 방법에 관한 것으로서, 특히 상기 무선 센서 네트워크에서 셀 단위의 에너지 밀도를 사용하여 시스템의 수명시간을 연장하기 위한 라우팅 방법에 관한 것이다.

상기 무선 센서 네트워크는 수 백 또는 수천 개의 소형 센서 노드들을 넓은 지형에 분포시켜 주변 정보를 탐지하고, 상기 탐지한 주변 정보에 대한 데이터를 생성하여 원거리에 있는 정보 수집처로 송신하는 기능을 수행하여, 주로 군사용, 자연 환경 측정용, 및 위급상황 감시용 등으로 사용된다. 상기 센서 노드들은 상기 탐지한 주변 정보에 대한 데이터를 생성하는 역할뿐만 아니라 다른 센서 노드로부터 전달받은 데이터를 다음 센서 노드로 전달해주는 라우터로서의 역할도 수행한다. 그런데 상기 센서 노드들은 사용자에게 의해 충전될 수 없기 때문에 제한된 자원을 갖는 문제점이 있다.

또한, 상기 무선 센서 네트워크는 데이터 소스(Source)인 센서 노드가 발생시키는 정보 데이터를 다중 홉(Multi-hop)을 통하여 상기 정보 데이터를 필요로 하는 멀리 떨어진 정보 수집처에 전달한다. 따라서, 상기 무선 센서 네트워크는 정보 데이터의 전송 시, 최적의 경로를 설정하기 위하여 적절한 라우팅 프로토콜(Routing Protocol)이 필요하다.

종래 기술에 따른 상기 무선 센서 네트워크에서 데이터 전송 시 최적의 경로를 설정하기 위한 라우팅 방식은, Proactive 라우팅, Reactive 라우팅, Geographic 라우팅, 및 다중경로 라우팅(Multi-path routing)이 있다.

먼저 상기 Proactive 라우팅 방식은 각 노드들의 최소 거리 경로를 경유하여 모든 다른 센서 노드에 도달할 수 있는 비용(cost)을 미리 계산하여 라우팅 테이블에 저장하여, 상기 라우팅 테이블을 사용하여 라우팅을 수행한다. 상기 라우팅 테이블은 주기적으로 전체 네트워크를 통해 업데이트(Update) 된다. 대표적으로 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector : 이하, DSDV라 칭함) 라우팅 방식이 있다.

한편, 상기 Reactive 라우팅 방식은 경로 설정의 요구가 있을 경우에만 경로를 설정 하는 라우팅 방식이다. 즉, 상기 경로 설정의 요구가 있으면, 각 센서 노드에서 연결된 다른 모든 센서 노드로 신호를 브로드 캐스팅(Broad-Casting)하여 최소 거리 경로의 이웃 센서 노드를 찾아 경로를 설정한다. 또한 상기 경로가 설정되면 고정적으로 상기 설정된 경로를 사용하여 라우팅을 수행한다. 대표적으로 AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector : 이하, AODV라 칭함) 라우팅 방식이 있다.

다음으로 상기 Geographic 라우팅 방식은 각 센서 노드들의 위치 정보를 이용하는 라우팅 방식으로, 데이터 패킷을 수신한 센서 노드가 자신의 이웃한 센서 노드들의 위치 정보를 이용하여 상기 자신의 이웃 센서 노드들 중에서 목적지와 거리가 가장 가까운 센서 노드를 선택하여 라우팅을 수행한다. 상기 선택된 센서 노드가 상기 데이터 패킷을 수신한 센서 노드보다 목적지와 거리가 더 가까우면 상기 데이터 패킷을 수신한 센서 노드는 상기 선택된 센서 노드로 상기 데이터 패킷을 전송한다.

마지막으로 상기 다중 경로 라우팅(Multi-path routing)은, 도 1에 도시된 바와 같이 소스와 목적지간에 복수개의 경로를 미리 설정하여 데이터 송신 시, 하나의 경로를 임의의 확률로 선택하여 데이터를 전송한다.

일반적으로, 상기 무선 센서 네트워크에 속하는 전체 센서 노드들 중, 적어도 하나의 센서 노드의 배터리 전력이 모두 소모 되는데 소요되는 시간을 시스템의 수명시간(System Lifetime)이라 한다. 그런데, 상술한 라우팅 방식들은 최소 거리 경로를 설정하기 위하여 특정 센서 노드에 사용이 편중되는 경우가 발생하여 상기 무선 센서 네트워크 시스템의 수명시간이 짧아지는 문제점이 있다.

먼저 상기 DSDV(Proactive 라우팅 방식)는 라우팅 테이블을 관리하고, 하나의 센서 노드가 라우팅 정보를 주기적으로 다른 센서 노드들과 공유하기 위하여, 상기 하나의 센서 노드의 정보를 상기 다른 모든 센서 노드들에게 전달해야 한다. 따라서, 센서 노드 수가 많고, 각 센서 노드의 메모리가 적은 상기 무선 센서 네트워크의 특성상 상기 DSDV 방식은 배터리 전력이 상당히 많이 소모 된다. 또한, 상기 센서 노드들의 배터리 전력을 공평하게 사용하지 않고 최적의 경로만을 지속적으로 사용하므로 특정 센서 노드의 배터리 수명이 단축되는 문제점이 있다.

또한, 상기 AODV(Reactive 라우팅 방식)는 상기 DSDV에 비해서는 전력 소모가 적지만, 경로가 설정되면, 상기 설정된 경로를 고정적으로 사용하기 때문에 상기 고정된 경로에 포함되는 센서 노드들의 배터리 수명이 고정된 경로에 포함되지 않는 다른 센서 노드들에 비해 단축된다.

한편, Geographic 라우팅 방식은, 상기 주변 센서 노드의 위치 정보를 이용하여 경로를 찾아낸다. 따라서, 상기 AODV와 DSDV에 비해 메모리 사용량과 전력 소모는 적으나, 상기 Geographic 라우팅 방식도 가장 가까운 센서 노드를 찾아 경로를 설정하고, 특정 경로만을 이용하여 데이터를 전달하므로 역시 특정 센서 노드들의 배터리 수명이 단축된다.

마지막으로 상기 다중 경로 라우팅 방식은 여러 경로를 교대로 사용하여 데이터를 전송하기 때문에 특정 센서 노드의 사용이 집중되지 않지만, 상기 도 1에 도시된 전력소모 편중 센서 노드(101)와 같이 여러 경로들이 교차하는 센서 노드의 배터리 수명이 단축되는 단점이 있다.

상술한 바와 같이 특정 센서 노드들이 전력을 불공평하게 많이 소모하여 배터리의 잔류 전력을 모두 잃게 되면, 상기 센서 노드들이 속한 지역에서의 정보를 탐지할 수 없게 된다. 또한, 해당 지역에 포함된 센서 노드들을 경유한 데이터 전달이 불가능하게 되므로 통신망이 분리되어 두절되거나 새로운 통신 경로를 개설하기까지 통신이 지연되는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 무선 센서 네트워크에서 특정 센서 노드들에 전력소모가 편중되는 것을 방지하기 위한 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 무선 센서 네트워크에서 센서 노드들의 잔류 에너지 밀도를 모니터링하여 특정 센서 노드들에 전력 소모가 편중되는 것을 방지하기 위한 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 무선 센서 네트워크에서 셀 단위의 에너지밀도를 고려하여 라우팅하기 위한 방법을 제공함에 있다.

상기 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 1견지에 따르면, 센서 노드들을 셀 단위로 구분하는 무선 센서 네트워크 시스템에서 센서 노드의 라우팅 방법은, 목적지로 전달할 탐지 정보를 수신할 경우, 상기 탐지 정보를 요청한 목적지가 포함된 셀까지 한 홉에 도달 가능한지를 확인하는 과정과, 상기 목적지가 포함된 셀까지 한 홉에 도달하지 못할 경우, 상기 탐지 정보를 전달 가능한 인접 셀들 중, 상기 목적지와 거리가 단축되는 셀들의 집합을 구성하는 과정과, 상기 구성한 셀들의 집합에서 소정 기준에 의해 에너지 밀도를 판단하여 특정 셀을 선택하고, 상기 선택된 셀로 상기 탐지 정보를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 제 2견지에 따르면, 센서 노드들을 셀 단위로 구분하는 무선 센서 네트워크 시스템에서 센서 노드의 에너지 레벨정보 교환 방법은, 에너지 레벨이 변화할 경우, 이웃 셀과 자신의 셀에 포함되는 센서노드들에게 상기 에너지 레벨의 변화 정보를 알리는 과정과, 이웃 센서 노드로부터 잔류 에너지 레벨의 변화 정보를 수신할 경우, 이웃 노드 테이블을 액세스하여 상기 이웃 센서 노드의 에너지 레벨 정보를 갱신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면의 참조와 함께 상세히 설명한다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단 된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

이하, 본 발명은 무선 센서 네트워크에서 시스템의 수명시간(lifetime)을 연장하기 위한 기술에 대해 설명할 것이다. 다시 말해, 상기 무선 센서 네트워크에서 특정 센서 노드에 사용이 편중되어 상기 특정 센서 노드의 배터리 수명이 짧아지는 것을 방지하여 상기 무선 센서 네트워크 시스템의 수명시간을 연장하기 위한 라우팅 방법을 제공함에 있다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 센서 네트워크 시스템에서 셀 단위의 에너지 밀도를 사용하여 라우팅하는 방법을 도시하고 있다.

먼저, 상기 무선 센서 네트워크에서 경로를 설정하기 위해서는 센서 노드들에 주소(Address)를 부여해야 하는데, 이하 본 발명은, 셀 단위로 구분하여 각 센서 노드에 주소를 부여한다. 여기서 셀 단위로 구분하여 각 센서 노드에 주소를 부여하는 이유는, 상기 센서 네트워크에서는 일반 통신망과 달리 센서 노드들의 수 및 과밀도로 인한 오버헤드 때문에 유일한 글로벌 어드레스(Global Address)(예 : IP 어드레스)를 부여하기 어렵기 때문이다. 일반적으로, 센서 노드들은 지리적 위치 정보를 이용하여 구별된다는 점을 이용하여, 무선 센서 네트워크의 전체 지역을 셀 단위로 구분하여 각 셀에 지정된 지리적 위치를 기반으로 각 센서 노드에 주소를 부여한다.

즉, 셀은 상기 도 2에 도시된 바와 같이 격자(Grid)형태로 나뉘며, 동일 셀 내에 있는 센서 노드들은 (x, y, n)과 같이 나타내어 구별될 수 있다. 여기서, x, y는 셀의 위치이며, n은 셀 내의 각 센서 노드에게 지정된 고유 주소이다. 일 예로 상기 도 2를 참조하면, 셀 (2, 2)에 위치한 센서 노드들은 각각 (2, 2, 1), (2, 2, 2), (2, 2, 3)과 같이 주소를 부여받는다.

각 센서 노드에 주소를 부여하기 위한 셀의 크기는 하기 수학식 1을 이용하여 구한다.

하기 수학식 1은, 한 셀에 있는 어떤 센서 노드가 G개의 인접 셀들에 있는 다른 모든 센서 노드들과 직접 통신하기 위한 상기 셀의 단위 길이를 구하는 수식이다. 여기서, 상기 G는 하나의 홉(hop)으로 도달 가능한 셀들의 갯수를 나타내며, 하기 수학식 2를 이용하여 구한다.

$$\text{수학식 1} \\ u_x^2 + u_y^2 \leq r_{\max}^2 / (L + 1)^2$$

상기 수학식 1을 참조하면, U_x 는 상기 셀의 단위 가로 길이를 나타내며, U_y 는 상기 셀의 단위 세로 길이를 나타낸다. 또한, L은 셀들 간의 인접도를 나타내고, r_{\max} 는 데이터 패킷을 전송할 수 있는 최대 거리를 나타낸다. 즉, 상기 r_{\max} 는 상기 센서 노드가 데이터를 무선 신호로 하나의 홉으로 전송할 수 있는 최대 거리이다.

하기 수학식 2는, 하나의 홉으로 도달 가능한 셀들의 갯수를 구하는 수식이다.

$$\text{수학식 2} \\ G = 4L(L + 1)$$

상기 수학식 2를 참조하면, G는 하나의 홉에 도달 가능한 셀들의 갯수를 나타내며, L은 셀들 간의 인접도를 나타낸다. 일 예로, L이 1이면, 8개의 인접한 셀이 있으며, L이 2이면, 24개의 인접 셀이 있다.

상기 무선 센서 네트워크의 목적지(201)에서 특정 지역(203)의 정보를 얻기 위해서는 먼저, 상기 특정 지역(203)에 정보를 요청하는 요청 패킷(request packet)을 전송하여야 한다.

상기 특정 지역(203)의 정보를 얻기 위해 상기 목적지(201)가 상기 요청 패킷을 전송하면, 각 셀의 대표인 라우터 센서 노드는 상기 요청 패킷을 수신하여 상기 요청 패킷의 정보에 따라 상기 특정 지역(203)으로 상기 요청 패킷을 전달하기 위해 다음 셀로 전달한다. 여기서, 상기 라우터 센서 노드는 셀내에 포함된 센서 노드들 중, 에너지 레벨이 가장 높은 센서 노드를 칭한다.

상술한 바와 같이 상기 라우터 센서 노드는 상기 요청 패킷을 수신하면, 상기 라우터 센서 노드가 포함된 셀 내의 모든 센서 노드들의 속성을 나타내는 속성 테이블을 검색하여 상기 요청 패킷의 정보와 일치하는 센서 노드들이 존재 할 경우, 상기 요청 패킷을 해당 센서 노드에 전달한다. 만일, 상기 요청 패킷 정보와 일치하는 센서 노드가 없으면, 다음 셀을 선택하여 상기 요청 패킷을 전송한다.

여기서, 요청 패킷은, query(속성, 관련지역, 요청 지역)의 구조를 갖는다. 예를 들어, "(x1, y1; x2, y2)의 영역의 평균 온도를 (x3, y3)로 보내 주세요"라는 요청이 있으면, 상기 속성은 평균 온도이고, 상기 관련 지역은 (x1, y1; x2, y2)이며, 요청 지역은 (x3, y3)에 해당한다. 필요에 따라 요청 패킷은 희망하는 업데이트 주기도 포함할 수 있다.

상기 요청 패킷을 수신한 특정 지역의 센서 노드(203)는 상기 목적지가 원하는 탐지 정보를 생성하고, 상기 센서 노드에 포함된 이웃 노드 테이블과 이웃 셀 테이블을 이용하여 에너지 밀도가 가장 높은 이웃 셀을 선택하여 상기 생성한 탐지 정보를 전송한다. 상기 탐지 정보를 전송 받은 셀의 라우터 센서 노드는 다시 상기 라우터 센서 노드에 포함된 상기 이웃 노드 테이블과 이웃 셀 테이블을 이용하여 상기 탐지 정보를 전송할 셀을 선택하여 전송한다. 상술한 과정을 반복하여 상기 탐지 정보를 목적지까지 전송한다.

여기서, 상기 센서 노드들은, 상기 이웃 노드 테이블과 이웃 셀 테이블을 포함한다. 또한, 셀의 무선 반경이내에 모든 센서 노드들이 속해 있는 인접 셀을 이웃 셀(neighbor cell)이라 칭한다.

하기 표 1은 이웃 노드 테이블을 나타낸다.

[표 1]

Neighbor node	Cell	Energy level	attributes
(22, 24, 1)	same cell	4	light
(22, 24, 2)	same cell	3	acoustic
(22, 25, 1)	neighbor cell 2	4	N/A
(21, 24, 1)	neighbor cell 3	2	N/A
(21, 24, 2)	neighbor cell 3	0	N/A
...

상기 표 1에서 알 수 있듯이, 상기 이웃 노드 테이블은 이웃하는 센서 노드들의 정보를 포함하고 있다. 상기 "Neighbor node" 필드는 상기 이웃센서 노드들의 주소를 나타내고, 상기 "Cell" 필드는 상기 이웃센서 노드들이 포함되어 있는 셀을 나타낸다. 또한, 상기 "Energy level" 필드는 상기 각 센서 노드들의 현재 배터리의 에너지 상태를 나타내며, 상기 "attributes" 필드는 각 센서 노드의 센서들의 속성(예 : light = 빛, acoustic = 소리)을 나타낸다.

하기 표 2는 이웃 셀 테이블을 나타낸다.

[표 2]

Neighbor cell	ANC to D1	FC to D1
1	○	×
2	○	○
3	○	×
4	×	×
5	○	×
...

상기 표 2에서 알 수 있듯이, 상기 이웃 셀 테이블은 이웃하는 셀들의 상태를 나타내고 있다. 상기 "Neighbor cell" 필드는 이웃 셀의 번호를 나타내며, 상기 "ANC(Available Neighbor Cell) to D1" 필드는 목적지가 원하는 탐지 정보를 보낼 수 있는 이웃 셀을 나타낸다. 즉, 목적지로부터 요청 패킷을 수신할 경우, 상기 셀(=D1)에게 상기 요청 패킷을 전송해준 이웃 셀들을 나타낸다. 또한, "FC(Forwarding Cell) to D1" 필드는 상기 "ANC to D1" 필드에서 선택된 셀 중, 상기 임의의 셀(=D1)에서 데이터 패킷을 전송하기 위한 이웃 셀을 나타낸다. 즉, 상기 요청 패킷을 수신한 셀 D1에서 상기 요청 패킷을 전송할 수 있는 이웃 셀, 즉 상기 "ANC(Available Neighbor Cell) to D1" 필드에서 선택된 이웃 셀(1, 2, 3, 5) 중 목적지와 거리가 가장 가깝고 에너지 레벨이 가장 높은 셀을 선택하여 상기 요청 패킷을 전송하는데 이때 선택된 셀이 상기 "FC(Forwarding Cell) to D1"에서 선택된 이웃 셀 "2"이다.

이하, 목적지로부터 요청 패킷을 수신한 소스가 생성한 탐지 정보를 상기 목적지로 전송하기 위한 방법을 예를 들어 설명하기로 한다. 여기서, 상기 소스는 상기 목적지에서 송신한 요청 패킷을 수신하여 상기 목적지가 원하는 탐지 정보를 생성하는 센서 노드를 칭한다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 소스가 생성한 탐지 정보를 수신한 라우터 센서노드에서 상기 탐지 정보를 다음 라우터 센서 노드로 라우팅하기 위한 절차를 도시하고 있다.

상기 도 3을 참조하면, 먼저 라우터 센서 노드는 301단계에서 상기 탐지 정보가 수신되는지 확인한다.

상기 소스가 생성한 탐지정보가 수신되면, 상기 라우터 센서 노드는 303단계로 진행하여 하기 수학식 3을 이용하여 상기 목적지까지 한 홉으로 도달 가능한가를 검사한다.

하기 수학식 3은 상기 라우터 센서 노드가 포함된 셀 i에서 상기 목적지까지 한 홉에 도달 가능한가를 확인하기 위한 수식이다.

$$\text{수학식 3} \\ DEV_i \text{ 와 } d(i, D) \leq \sqrt{2}L$$

상기 수학식 3을 참조하면, 상기 D는 요청 패킷을 보낸 상기 목적지가 포함된 셀을 나타내고, 상기 V_i 는 상기 셀 i의 이웃 셀 집합을 나타낸다. 또한, 상기 $d(i, D)$ 는 상기 셀 i와 상기 셀 D사이의 거리를 나타내며, 상기 L은 셀들간의 인접도를 나타내며, 상기 $\sqrt{2}L$ 는 한 홉이 갈 수 있는 최대 거리를 나타낸다. 즉, 상기 수학식 3을 이용하면, 상기 목적지가 속한 셀 D는 상기 셀 i의 이웃 셀의 집합에 포함되며, 상기 셀 D와 셀 i사이의 거리가 $\sqrt{2}L$ 보다 가까운지 검사한다. 만일, 상기 수학식 3의 조건을 만족하면, 상기 라우터 센서 노드는 313단계로 진행하여 상기 탐지 정보를 상기 셀 D의 라우터 센서 노드를 거치지 않고 상기 목적지에 직접 전달한 후, 상기 라우터 센서 노드는 본 알고리즘을 종료한다. 여기서 상기 탐지 정보를 상기 셀 D의 라우터 센서 노드를 거치지 않고 상기 목적지에 직접 전달하는 것은, 불필요한 에너지의 소모를 막기 위함이다.

만일, 상기 수학식 3의 조건을 만족하지 못하면, 즉, 상기 목적지까지 한 홉에 도달할 수 없으면, 상기 소스는 305단계로 진행하여 하기 수학식 4를 이용하여 상기 목적지로의 경로가 존재하는지 검사한다.

하기 수학식 4는 상기 셀 i에서 목적지로의 경로가 존재하는지 확인하기 위한 수식이다.

$$\text{수학식 4} \\ j \in A_i \subset V_i$$

상기 수학식 4를 참조하면, 상기 j는 상기 셀 i에서 상기 탐지 정보를 전송할 임의의 셀을 나타낸다. 상기 A_i 는 상기 표 2의 ANC(Available Neighbor Cell)를 만족하는 셀들의 집합을 나타내며, 상기 V_i 는 상기 셀 i의 이웃 셀의 집합을 나타낸다. 즉, 상기 셀 i에서 상기 목적지까지 경로를 설정하기 위한 다음 셀 j의 조건을 제공하고 있다.

만일, 상기 목적지까지의 경로가 존재하지 않으면, 즉 상기 수학식 4를 만족하지 못하면, 상기 라우터 센서 노드는 315단계로 진행하여 더 이상 상기 탐지 정보를 상기 목적지까지 전달할 수 없으므로 상기 탐지 정보를 폐기한 후, 상기 라우터 센서 노드는 본 알고리즘을 종료한다.

상기 목적지까지의 경로가 존재한다면, 즉 상기 수학식 4의 조건을 만족하는 셀이 존재한다면, 상기 라우터 센서 노드는 307단계로 진행하여 하기 수학식 5와 수학식 6을 이용하여 한번의 홉으로 상기 셀 i에서 도달 가능한 거리에 있는 임의의 셀들을 찾아 하나의 집합(이하, J라 칭함)으로 구성한다.

하기 수학식 5는 상기 셀 i와 셀 j의 거리가 한번의 홉으로 도달 가능한지를 확인하는 수식이다.

$$\text{수학식 5} \\ d(i, j) \leq \sqrt{2}L$$

상기 수학식 5를 참조하면, 상기 d(i, j)는 상기 셀 i와 상기 셀 j사이의 거리를 나타낸다. 즉, 상기 셀 i와 상기 셀 j사이의 거리와 한 홉이 갈 수 있는 최대거리를 비교한다.

하기 수학식 6은 상기 셀 i와 상기 셀 j에서 목적지까지의 거리를 확인하는 수식이다.

$$\text{수학식 6} \\ d(i, D) > d(j, D)$$

상기 수학식 6을 참조하면, 상기 d(i, D)는 상기 셀 i에서 목적지가 속한 셀 D까지의 거리를 나타내며, 상기 d(j, D)는 상기 셀 j에서 목적지가 속한 셀 D까지의 거리를 나타낸다. 즉, 상기 데이터 패킷을 전송할 다음 셀을 상기 셀 i보다 상기 목적지와의 거리가 짧은 셀로 결정한다.

이후, 상기 라우터 센서 노드는 309단계로 진행하여 상기 307단계에서 구성한 셀의 집합 J에서 하기 수학식 7을 사용하여 경로 결정 값이 최소가 되는 셀을 선택한다.

하기 수학식 7은 상기 셀의 집합 J에 포함된 상기 셀들 중 상기 경로 결정 값이 최소가 되는 셀을 선택하기 위한 수식이다.

$$\text{수학식 7} \\ M(i, j) = \alpha d(j, D) + \beta \left\{ \sum_{m \in S_j} W_{E(j, m)} E(j, m) \right\}^{-1} + \gamma d(i, j)$$

상기 수학식 7을 참조하면, 상기 M(i, j)는 상기 경로를 결정하기 위한 값을 나타내며, 상기 d(j, D)는 상기 셀 j에서 상기 셀 D사이의 거리를 나타내고, 상기 d(i, j)는 상기 셀 i에서 상기 셀 j사이의 거리를 나타낸다. 또한, 상기 $\left\{ \sum_{m \in S_j} W_{E(j, m)} E(j, m) \right\}^{-1}$ 식은 상기 셀의 에너지 밀도의 역수를 나타낸다. 즉, 단위면적의 셀에서 에너지 레벨의 합인 에너지 밀도의 역수를 나타낸다. 여기서, 상기 에너지 밀도의 역수를 사용하는 것은, 상기 경로 결정 값은 상기 에너지 밀도가 같을 경우, 상기 d(j, D)와 d(i, j)를 고려하여 상기 두 거리 값(d(j, D)와 d(i, j))이 최소가 되는 셀을 선택해야하므로 상기 에너지 밀도의 역수를 사용하여 상기 경로 결정 값이 최소가 되는 셀을 선택하기 위해서이다. 즉, 상기 경로 결정 값이 최소가 되는 셀은 에너지 밀도가 가장 높은 셀이며, 목적지와의 거리가 최소가 되는 셀이다.

상기 두 번째 식 $\left\{ \sum_{m \in S_j} W_{E(j, m)} E(j, m) \right\}^{-1}$ 에서 상기 E(j, m)는 상기 셀 j에 m번째 센서 노드의 잔류 에너지 레벨을 나타낸다. 상기 $W_{E(j, m)}$ 은 상기 셀 j내에 포함되는 센서 노드들의 서로 다른 에너지 레벨에 대한 가중치이다. 예를 들어, 상기 셀 j내에 4개의 센서 노드가 있을 경우, (1, 1, 1, 1)과 (4, 0, 0, 0)의 서로 다른 에너지 레벨 구성이 있으면, 상기 셀 내의 에너지 레벨의 합은 같더라도 가중치에 의해 다르게 가치가 평가될 수 있다. 즉, 에너지 레벨이 가장 높은 센서 노드를 선택하기 위하여 상기 가중치를 적용한다.

상기 α, β, γ 는 각 수식에 대한 가중치로 상기 수학식 7에서 에너지 필드의 값을 더 중요하게 다루기 위하여 $\beta \gg \alpha, \gamma$ 조건이 성립하여야 한다.

상기 셀의 집합 J중에서 상기 $M(i, j)$ 이 최소인 셀을 선택한 후, 즉 에너지 밀도가 가장 높은 셀을 선택한 후, 상기 라우터 센서 노드는 311단계로 진행하여 상기 선택된 셀 내의 라우터 센서 노드에게 상기 탐지 정보를 전달한 후, 상기 라우터 센서 노드는 본 알고리즘을 종료한다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 센서 네트워크에서 센서 노드의 에너지 레벨의 변화에 따라 테이블을 갱신하기 위한 절차를 도시하고 있다.

상기 도 4를 참조하면, 먼저 센서 노드는 401단계에서 상기 센서 노드의 에너지 레벨이 변화하는지 확인한다. 만일, 상기 센서 노드의 에너지 레벨이 변화하면, 상기 에너지 레벨이 변화한 센서 노드는 403단계로 진행하여 자신의 셀 및 이웃 셀들에게 상기 센서 노드의 에너지 레벨이 변화한 정보를 전송한다.

이후, 센서 노드는 405단계로 진행하여 상기 표 1의 이웃 센서 노드 테이블에서 자신의 에너지 레벨 값을 갱신한다.

한편, 상기 센서 노드의 에너지 레벨에 변화가 없을 경우, 상기 센서 노드는 407단계로 진행하여, 이웃 센서 노드들로부터 에너지 레벨 변화 정보가 수신되는지 확인한다. 상기 이웃 센서 노드의 에너지 레벨이 변화한 정보를 수신하면, 상기 센서 노드는 상기 405단계로 진행하여 상기 표 1의 이웃 노드 테이블에서 상기 에너지 레벨이 변화한 정보를 송신한 이웃 노드의 에너지 레벨 값을 갱신한 후, 상기 도 3의 경로를 설정하는 절차에 따라 상기 탐지 정보를 갖고 있는 셀은 이웃 셀들의 에너지 밀도를 고려하여 목적지까지의 경로를 재 설정한다. 이후, 상기 센서 노드는 본 알고리즘을 종료한다.

도 5는 본 발명에 따른 라우팅 성능이 개선됨을 도시하는 그래프이다.

상기 도 5를 참조하면, 본 발명에서 제시한 라우팅 방식(이하, CEDV(Cellular Energy Density Vector)라 칭함)과 상기 무선 센서 네트워크에서 이용 가능한 라우팅 방식인 Directed Diffusion(이하, DD라 칭함), AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector), DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)을 오랜 시간 동작시킨 후 계속 동작 중인 센서 노드의 개수를 측정한 것이다. 상기 도 5에 도시된 바와 같이 본 발명의 라우팅 사용 시 시스템 수명이 오래 지속됨을 나타낸다.

한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 무선 센서 네트워크에서 셀 내의 센서 노드들의 잔류 에너지 밀도를 모니터링하여 특정 지역에 배치되어 있는 센서 노드들에게 전력 소모를 편중하지 않고 전체 지역에서 고르게 소모되도록 통신 경로를 설정한다. 이로 인하여 상기 무선 센서 네트워크의 수명을 연장하여 한정된 배터리 에너지를 가진 상기 센서 노드들로 하여금 탐지기간을 연장해 주고, 데이터 연결 경로가 끊기지 않고 장기간 지속될 수 있도록 유지하는 효과를 가지도록 한다.

또한, 유지 보수하기 쉽지 않은 넓은 지역에 무작위로 배치된 상기 센서 노드들로 이루어진 상기 무선 센서 네트워크에서 상기 센서 노드의 추가 배치없이 센서 네트워크의 가용 기간을 연장시킬 수 있는 이점이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

센서 노드들을 셀 단위로 구분하는 무선 센서 네트워크 시스템에서 센서 노드의 라우팅 방법에 있어서,

목적지로 전달할 탐지 정보를 수신할 경우, 상기 탐지 정보를 요청한 상기 목적지가 포함된 셀까지 한 홉(hop)에 도달 가능한지를 확인하는 과정과,

상기 목적지가 포함된 셀까지 한 홉에 도달하지 못할 경우, 상기 탐지 정보를 전달 가능한 인접 셀들 중, 상기 목적지와 거리 단축되는 셀들의 집합을 구성하는 과정과,

상기 구성한 셀들의 집합에서 소정 기준에 의해 에너지 밀도를 판단하여 특정 셀을 선택하고, 상기 선택된 셀로 상기 탐지 정보를 전송하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 센서 노드는, 이웃 센서 노드들의 에너지 레벨과 속성정보를 저장하는 제 1테이블과 이웃 셀들의 사용 유무정보와 라우팅 결과를 저장하는 제 2테이블을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 목적지와의 거리가 단축되는 셀들의 집합을 구성하는 과정은,

상기 탐지 정보를 전송할 다음 셀이 인접한 셀인지 판단하는 과정과,

상기 목적지까지의 제 1거리와 상기 탐지 정보를 전송할 다음 셀에서 상기 목적지까지의 제 2거리를 구하여 비교하는 과정과,

상기 제 2거리가 상기 제 1거리보다 작은 인접 셀들을 가지고 집합을 구성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 탐지 정보가 목적지가 포함된 셀에 한 홉 도달 여부는 하기 수학식 8에 의해 판단되는 것을 특징으로 하고,

$$\text{수학식 8} \\ d(i, j) \leq \sqrt{2}L$$

여기서, $d(i, j)$ 는 상기 탐지 정보를 수신한 센서 노드가 포함된 셀 i 와 상기 목적지를 포함하는 셀 j 와의 거리, $\sqrt{2}L$ 은 한 홉에 도달할 수 있는 최대거리를 나타내며,

상기 $d(i, j)$ 값이 상기 $\sqrt{2}L$ 값보다 작거나 같은 경우에 상기 탐지 정보가 상기 셀 j 에 도달 가능한 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서,

상기 소정 기준은 하기 수학식 9에 의해 판단되는 것을 특징으로 하고,

수학식 9

$$M(i, j) = \alpha d(j, D) + \beta \left\{ \sum_{m \in S_j} W_{E(j, m)} E(j, m) \right\}^{-1} + \gamma d(i, j)$$

여기서, $d(j, D)$ 는 상기 탐지 정보를 전송할 센서 노드가 포함된 셀 i 와 목적지가 포함된 셀 D 와의 거리, $d(i, j)$ 는 상기 셀 i 와 상기 탐지 정보를 수신할 센서노드를 포함할 셀 j 와의 거리, $\left\{ \sum_{m \in S_j} W_{E(j, m)} E(j, m) \right\}^{-1}$ 는 상기 셀 j 의 에너지 밀도의 역수, $E(j, m)$ 는 상기 셀 j 에 포함되는 센서 노드들의 잔류 에너지 레벨, $W_{E(j, m)}$ 은 상기 셀 j 에 포함되는 센서 노드들의 서로 다른 에너지 레벨에 대한 가중치를 나타내며,

상기 에너지 레벨의 역수와 상기 $d(j, D)$ 값과, $d(i, j)$ 값을 합하여 가장 작은 값을 갖는 상기 특정 셀을 선택하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6.

제 1항에 있어서,

상기 목적지가 포함된 셀까지 한 홉에 도달 가능할 경우, 상기 목적지를 포함하는 셀 내에서 잔류 에너지 레벨이 가장 높은 센서 노드를 거치지 않고 상기 목적지로 직접 상기 탐지 정보를 전달하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7.

센서 노드들을 셀 단위로 구분하는 무선 센서 네트워크 시스템에서 센서 노드의 에너지 레벨정보 교환 방법에 있어서,

에너지 레벨이 변화할 경우, 이웃 셀과 자신의 셀에 포함되는 센서노드들에게 상기 에너지 레벨의 변화 정보를 알리는 과정과,

이웃 센서 노드로부터 잔류 에너지 레벨의 변화 정보를 수신할 경우, 이웃 노드 테이블을 액세스하여 상기 이웃 센서 노드의 에너지 레벨 정보를 갱신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

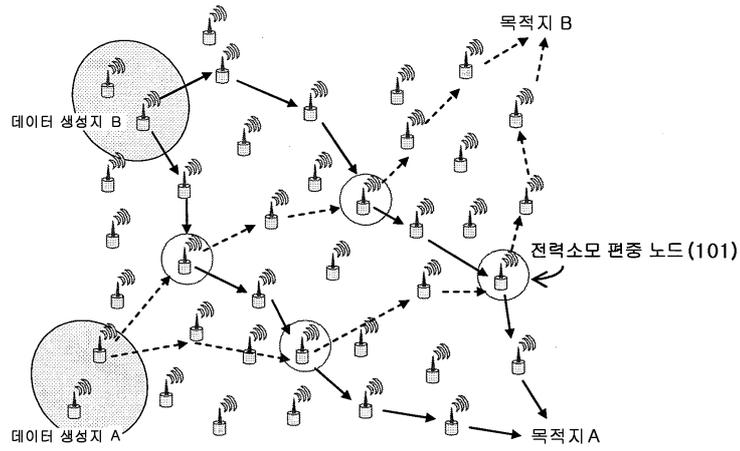
청구항 8.

제 7항에 있어서,

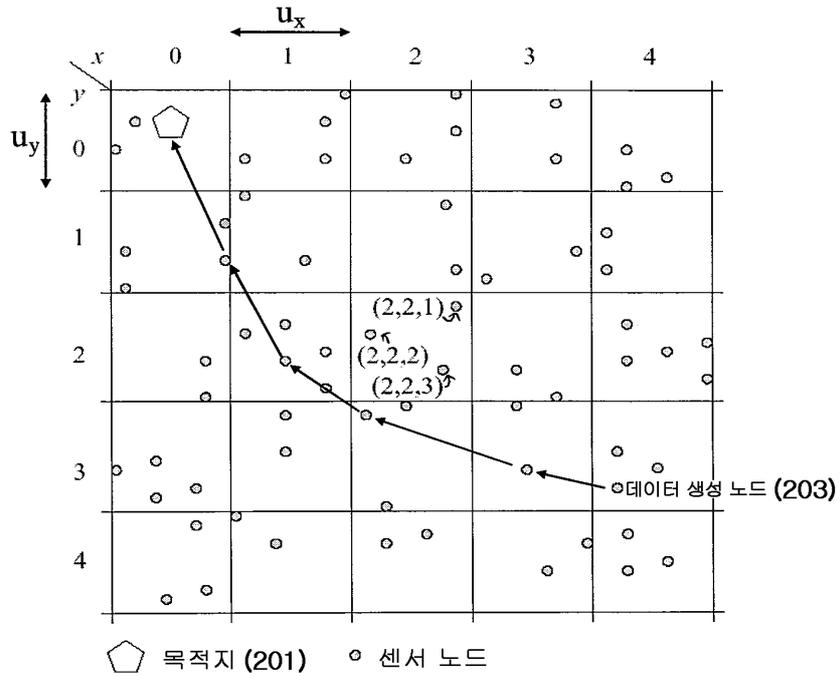
상기 이웃 노드 테이블은, 상기 이웃 센서 노드들의 에너지 레벨, 속성 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

도면

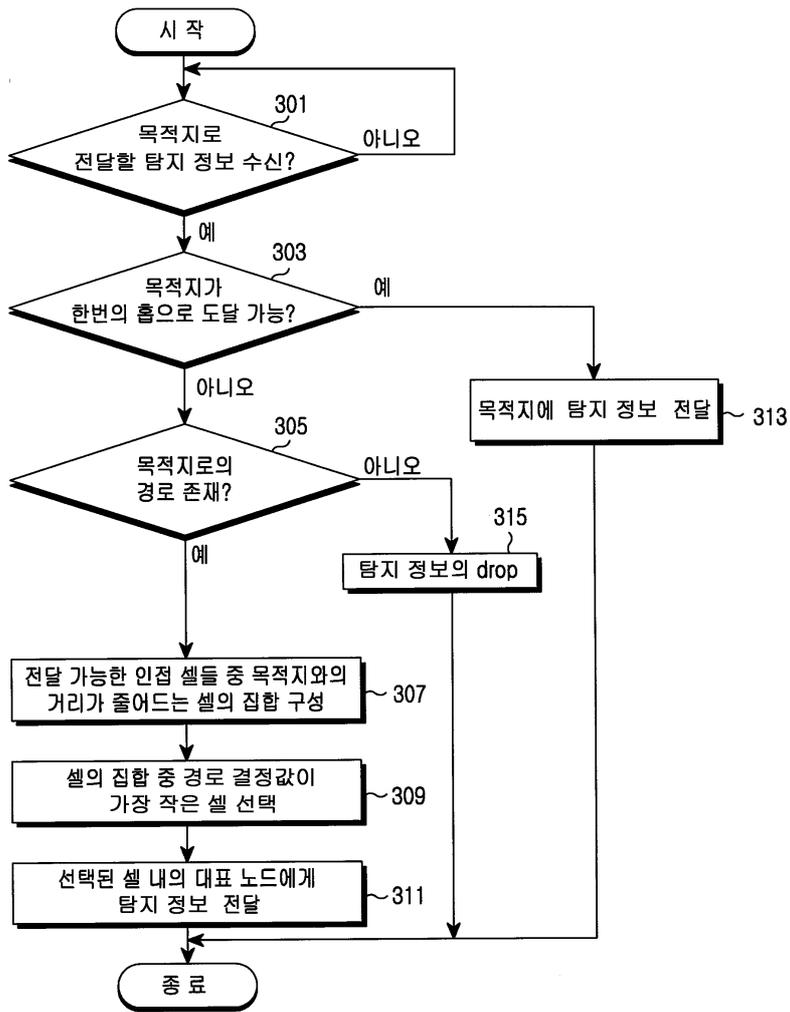
도면1



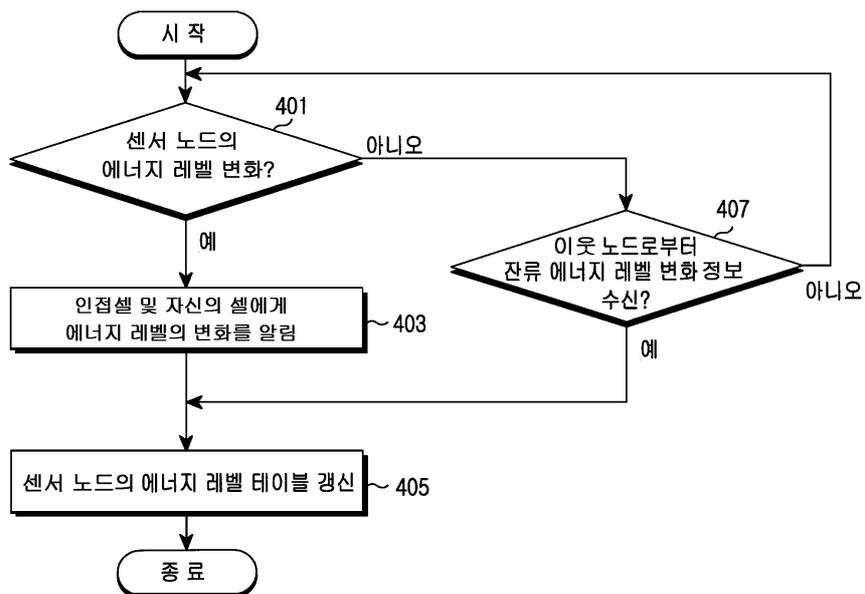
도면2



도면3



도면4



도면5

