



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0033906
(43) 공개일자 2012년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 12/28 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0095658

(22) 출원일자 2010년09월30일

심사청구일자 2010년09월30일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

유상조

인천광역시 남구 소성로 71, 하이테크관 316호 (용현동, 인하대학교)

진승환

인천광역시 남구 소성로 71, 하이테크관 316호 (용현동, 인하대학교)

(74) 대리인

특허법인무한

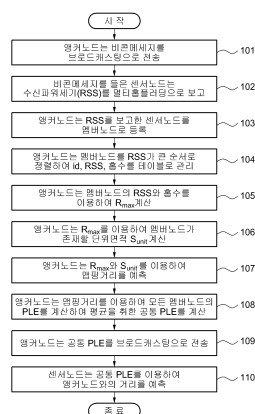
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 순차적 정렬된 RSS을 이용한 무선 센서 네트워크에서의 거리 측정 방법

(57) 요약

순차적 정렬된 RSS을 이용한 무선 센서 네트워크에서의 거리 측정 방법이 개시된다. 무선 센서 네트워크에서의 거리 측정 방법은 PLE(path loss exponent)를 이용하여 센서 노드의 거리를 측정하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법에 있어서, 기준점이 되는 노드인 앵커 노드에서 비콘 메시지를 전송하는 단계; 센서 노드에서 비콘 메시지를 수신하여 비콘 메시지에 대하여 RSS(received signal strength) 정보 및 홉(hop) 정보를 앵커 노드로 전송하는 단계; 앵커 노드에서 RSS 정보를 전송한 센서 노드를 자신의 전파범위 내에 있는 멤버 노드로 등록하고 멤버 노드가 전송한 RSS 정보와 홉 정보를 이용하여 전파 반경을 계산하는 단계; 앵커 노드에서 전파 반경과 멤버 노드의 수를 이용하여 멤버 노드에 대한 단위 면적과 맵핑 거리를 계산하는 단계; 앵커 노드에서 각 멤버 노드에 대하여 RSS 정보와 맵핑 거리를 이용하여 PLE를 계산한 후 PLE의 평균 값을 공통 PLE로 설정하여 멤버 노드로 전송하는 단계; 및 멤버 노드에서 공통 PLE과 RSS 정보를 통해 앵커 노드와의 거리를 측정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NIPA-2010-C1090-1011-0007
부처명	정보통신연구진흥원
연구사업명	대학IT연구센터 육성지원사업
연구과제명	초광대역(UWB) 무선전송 및 시스템 응용기술
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2010.01.01 ~ 2010.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

PLE(path loss exponent)를 이용하여 센서 노드의 거리를 측정하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법에 있어서,

기준점이 되는 노드인 앵커 노드에서 비콘 메시지를 전송하는 단계;

상기 센서 노드에서 상기 비콘 메시지를 수신하여 상기 비콘 메시지에 대하여 RSS(received signal strength) 정보 및 홉(hop) 정보를 상기 앵커 노드로 전송하는 단계;

상기 앵커 노드에서 상기 RSS 정보를 전송한 상기 센서 노드를 자신의 전파범위 내에 있는 멤버 노드로 등록하고 상기 멤버 노드가 전송한 상기 RSS 정보와 홉 정보를 이용하여 전파 반경을 계산하는 단계;

상기 앵커 노드에서 상기 전파 반경과 상기 멤버 노드의 수를 이용하여 상기 멤버 노드에 대한 단위 면적과 맵핑 거리를 계산하는 단계;

상기 앵커 노드에서 각 멤버 노드에 대하여 상기 RSS 정보와 상기 맵핑 거리를 이용하여 PLE를 계산한 후 상기 PLE의 평균 값을 공통 PLE로 설정하여 상기 멤버 노드로 전송하는 단계; 및

상기 멤버 노드에서 상기 공통 PLE과 상기 RSS 정보를 통해 상기 앵커 노드와의 거리를 측정하는 단계를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 앵커 노드의 전파 반경이 상기 센서 노드의 전파 반경 보다 크게 설정되어,

상기 앵커 노드는 상기 센서 노드에 대하여 특정 노드를 목표하지 않고 상기 비콘 메시지를 전송하는 방식인 브로드캐스팅(broadcasting) 방식으로 상기 비콘 메시지를 전송하고,

상기 센서 노드는 상기 앵커 노드와의 사이에 존재하는 다른 센서 노드를 중계하여 전송하는 방식인 멀티홉 플러딩(multi hop flooding) 방식으로 상기 RSS 정보와 홉 정보를 전송하는 것

을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전파 반경을 계산하는 단계는,

RSS 값이 가장 작은 센서 노드인 바운더리(boundary) 노드의 상기 RSS 정보 및, 홉 수가 가장 큰 센서 노드의 홉 정보를 이용하여 상기 앵커 노드의 최대의 전파 반경을 계산하는 것

을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 거리 측정 방법은,

상기 앵커 노드에서 상기 RSS 값이 큰 순서로 상기 멤버 노드를 정렬하여 테이블로 관리하는 단계를 더 포함하고,

상기 전파 반경을 계산하는 단계는,

상기 테이블에 정렬된 상기 멤버 노드의 RSS 정보를 이용하여 상기 바운더리 노드에 대한 RSS 비(ratio)를 산출

하는 것

을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 멤버 노드의 단위 면적과 맵핑 거리를 계산하는 단계는,

상기 전파 반경을 상기 멤버 노드의 수로 나눈 면적을 상기 멤버 노드의 상기 단위 면적으로 설정한 후, 상기 단위 면적을 이용하여 상기 홉 정보에 따라 각 멤버 노드가 위치할 예상 거리인 맵핑 거리를 할당하는 것

을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 무선 센서 네트워크에서 수신 신호 세기(RSS)(received signal strength)를 이용하여 센서 노드의 거리를 측정하는 거리 측정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 무선 센서 네트워크는 다수의 센서 노드를 이용하여 특정 지역이나 대상을 모니터 하거나 네트워크 내에서 발생하는 이벤트를 탐지하기 위한 시스템 중의 하나이다. 무선 센서 네트워크 시스템은 자신의 위치 정보를 독자적으로 획득할 수 있는 소수의 앵커 노드와 앵커 노드의 위치 정보를 이용하여 자신의 위치를 판별할 수 있는 다수의 센서 노드로 구성된다.

[0003] 이벤트가 발생하면 센서 노드는 자신의 센싱 지역에서 이벤트가 발생했음을 감지하고 사용자에게 메시지를 보내는데, 이 때 위치 정보가 없다면 사용자는 이벤트가 어디서 발생했는지 알 수가 없어 이에 대응하지 못하므로 센서 노드의 위치를 구하기 위한 포지셔닝(positioning) 알고리즘이 필요하다.

[0004] 포지셔닝 알고리즘에서 센서 노드의 위치를 구하기 위해서는 적어도 3개의 앵커로부터의 거리를 알아야 하며, 앵커에서 측정된 거리가 정확할수록 센서 노드의 정확한 위치를 획득할 수 있다.

[0005] 거리 측정 방법에서 RSS를 이용한 방법은 현존하는 RF(radio frequency) 단말기에서 별도의 추가적인 장치를 필요로 하지 않고 구현이 쉬워 일반적으로 많이 사용되므로 무선 센서 네트워크에 적합하다는 장점이 있으나, 정확한 RSS를 검출해야 하는 전제 조건이 필요하다.

[0006] 일반적으로, RF 시스템은 경로 손실(path loss) 모델을 따르는데, 이것은 송신된 신호의 세기는 거리에 따라 세기가 감소되는 것을 정량화한 모델이다. 즉, 송신된 신호의 세기와 수신된 신호 세기 사이의 관계를 거리와 특정 파라미터로 나타내게 된다. 이때, 파라미터는 환경에 따라 가변적이 될 수 있으며 이를 PLE(path loss exponent)라고 한다.

[0007] 기존의 RSS를 이용한 거리 측정 알고리즘은 PLE를 이상적인 값으로 가정하거나, 시스템이 구축될 환경에서 거리를 고정시키고 반복적으로 RSS를 측정함으로써 해당 환경에 대한 PLE를 구하는 방식이었다.

[0008] 하지만, 동일한 공간이라도 PLE는 기후나 장애물 등 여러 요소에 의해 시간적으로 가변적인 값이 될 수 있으며, 시스템에 따라 사전에 인위적인 측정을 통해 PLE를 획득하지 못하는 경우도 있다.

[0009] 따라서, 무선 센서 네트워크는 능동적으로 PLE를 획득하고 이를 통해 거리 및 위치를 측정하는 방법이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 무선 센서 네트워크에서 각 센서 노드가 자신의 위치를 판단하기 위해 필요로 하는 거리 정보를 획득하기 위한 방법으로 RSS를 앵커 노드에 보고하고 앵커 노드는 수집된 RSS를 바탕으로 각 센서 노드의 PLE를 예측하여 공통으로 적용할 수 있는 PLE를 계산할 수 있는 거리 측정 방법이 개시된다.

[0011] 공통적으로 적용될 수 있는 공통 PLE를 구하기 위해 각 노드의 확률적 예상 위치를 지정하는 방법, 앵커 노드가 미지의 환경에서 다수의 센서 노드의 RSS정보와 홉 정보를 바탕으로 자신의 전파반경을 구하는 방법, 앵커 노드가 자신의 전파범위 내에 있는 멤버 노드들이 공통으로 사용할 수 있는 PLE를 구하는 방법이 개시된다.

과제의 해결 수단

[0012] PLE(path loss exponent)를 이용하여 센서 노드의 거리를 측정하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법에 있어서, 기준점이 되는 노드인 앵커 노드에서 비콘 메시지를 전송하는 단계; 센서 노드에서 비콘 메시지를 수신하여 비콘 메시지에 대하여 RSS(received signal strength) 정보 및 홉(hop) 정보를 앵커 노드로 전송하는 단계; 앵커 노드에서 RSS 정보를 전송한 센서 노드를 자신의 전파범위 내에 있는 멤버 노드로 등록하고 멤버 노드가 전송한 RSS 정보와 홉 정보를 이용하여 전파 반경을 계산하는 단계; 앵커 노드에서 전파 반경과 멤버 노드의 수를 이용하여 멤버 노드에 대한 단위 면적과 맵핑 거리를 계산하는 단계; 앵커 노드에서 각 멤버 노드에 대하여 RSS 정보와 맵핑 거리를 이용하여 PLE를 계산한 후 PLE의 평균 값을 공통 PLE로 설정하여 멤버 노드로 전송하는 단계; 및 멤버 노드에서 공통 PLE와 RSS 정보를 통해 앵커 노드와의 거리를 측정하는 단계를 포함하는 무선 센서 네트워크 시스템의 거리 측정 방법이 제공된다.

[0013] 일측에 따르면, 앵커 노드의 전파 반경이 센서 노드의 전파 반경 보다 크게 설정되어, 앵커 노드는 센서 노드에 대하여 특정 노드를 목표하지 않고 메시지를 전송하는 방식인 브로드캐스팅(broadcasting) 방식으로 비콘 메시지를 전송하고, 센서 노드는 앵커 노드와의 사이에 존재하는 다른 센서 노드를 중계하여 전송하는 방식인 멀티 홉 플러딩(multi hop flooding) 방식으로 RSS 정보와 홉 정보를 전송한다.

[0014] 다른 측면에 따르면, 전파 반경을 계산하는 단계는, RSS 값이 가장 작은 센서 노드인 바운더리(boundary) 노드의 RSS 정보 및, 홉 수가 가장 큰 센서 노드의 홉 정보를 이용하여 앵커 노드의 최대의 전파 반경을 계산할 수 있다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 멤버 노드의 단위 면적과 맵핑 거리를 계산하는 단계는, 전파 반경을 멤버 노드의 수로 나눈 면적을 멤버 노드의 상기 단위 면적으로 설정한 후, 단위 면적을 이용하여 홉 정보에 따라 각 멤버 노드가 위치할 예상 거리인 맵핑 거리를 할당할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 센서 노드들이 앵커 노드로부터 비콘(beacon) 메시지 받으면 자신의 RSS를 보고하여 멤버 노드로 등록되고 앵커 노드는 수집된 RSS를 바탕으로 환경에 따라 가변적인 PLE를 능동적으로 추정함으로써 각 센서 노드가 자신의 위치를 판단하는데 기여할 수 있다.

[0017] 앵커 노드의 전파반경이 센서 노드의 전파반경보다 크므로 시스템에 필요한 앵커 노드의 수를 줄일 수 있어 비용절감에 효과적이고, 환경에 따라 가변적인 앵커 노드의 전파반경을 자발적으로 예측할 수 있어 다른 종류의 앵커 노드를 사용하거나 앵커 노드의 전파반경을 조절하여 자유롭게 네트워크를 구성할 수 있다.

[0018] 따라서, 시간에 따라 변할 수 있는 PLE를 보다 능동적으로 구하여 센서 노드에 대한 거리 오차를 감소시키고 거리 및 위치 측정의 정확성을 더욱 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 순차적 RSS 정렬에 따른 무선 센서 네트워크에서의 거리 측정 방법을 도시한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 무선 센서 네트워크에서 앵커 노드와 센서 노드의 동작 모습을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 단위 면적에 따른 맵핑 거리를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0021] 본 명세서에서, 정의된 용어는 다음과 같다.

[0022] 앵커 노드: 거리의 기준점이 되는 노드

- [0023] 센서 노드: 앵커 노드와의 거리를 구하려는 노드
- [0024] 멤버 노드: 앵커 노드의 전파범위 내에 있는 노드
- [0025] 바운더리 노드: 최외각에 위치한 노드
- [0026] 브로드캐스팅: 특정 노드를 목표로 하지 않고 일방적으로 통보하는 전송방법
- [0027] 멀티홉 플러딩: 목표 노드까지 메시지를 전달하기 위해 중간에 다른 노드를 중계하여 전송하는 방법
- [0028] 비콘 메시지: 주기적으로 앵커 노드가 보내는 메시지
- [0029] 단위 면적: 앵커 노드의 전파가 미치는 영역을 멤버 노드의 수로 나눈 면적
- [0030] 맵핑거리: 단위 면적을 이용하여 구한 멤버 노드의 예상거리
- [0031] 본 발명의 일실시예들은 무선 센서 네트워크와 같은 무선 시스템에 적용되는 거리 측정 알고리즘에 관한 것이다. 일실시예에 따른 무선 시스템은 센서 노드의 분포가 고르고 분포 밀도가 높은 지역에서 각 노드로부터 RSS를 받은 앵커 노드가 이 값을 순차적으로 배열한 뒤 각각의 노드에서의 PLE를 구하고 각각의 PLE를 평균치로 계산하여 공통 PLE를 얻을 수 있다. 그리고, 일실시예에 따른 무선 시스템은 앵커 노드의 전파범위 내에 있는 노드들은 공통 PLE를 적용하여 자신의 거리를 측정할 수 있다.
- [0032] 특히, 본 발명의 일실시예는 무선 센서 네트워크와 같이 노드의 전파 반경이 작고 다수의 노드로 구성된 네트워크인 경우 패킷의 흐름이 특정 싱크 노드로 집중되는 시스템에서 싱크 노드는 수집된 데이터를 바탕으로 자신의 범위 내에서 공통적으로 적용할 수 있는 PLE를 결정지을 수 있으며, 미지의 환경에서 자신의 전파 범위를 알 수 없는 앵커 노드가 센서 노드로부터 수집된 RSS와 홉 수를 통해서 자신의 전파 범위를 추정할 수 있다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 순차적 RSS 정렬에 따른 무선 센서 네트워크에서의 거리 측정 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0034] 단계(101)에서 무선 시스템은 앵커 노드에서 센서 노드 보다 큰 전파반경을 이용하여 비콘 메시지를 주기적으로 브로드캐스팅한다.
- [0035] 단계(102)에서 무선 시스템은 비콘 메시지를 수신한 센서 노드에서 이에 대한 응답으로 수신한 RSS를 비콘 메시지를 송신한 앵커 노드에게 멀티홉 플러딩으로 보고한다.
- [0036] 단계(103)에서 무선 시스템은 앵커 노드에서 자신의 전파반경 범위 내에 있어 자신의 주기적인 비콘 메시지를 받아 수신 신호의 세기인 RSS를 보고하는 센서 노드를 자신의 멤버 노드로 간주 및 등록한다. 만일 임의의 센서 노드가 여러 앵커 노드로부터 비콘 메시지를 받을 경우, 센서 노드는 각 앵커 노드로부터 받은 메시지의 RSS를 각각의 앵커 노드에게 보고한다. 일실시예에 따른 거리 측정 방법은 하나의 앵커 노드가 멤버 노드들과 통신하여 각 센서 노드들의 거리를 구하는 방법을 포함하며 센서 노드가 여러 앵커 노드로부터 거리정보를 얻어 자신의 위치정보를 획득하는 방법은 포함하지 않는다. 그러나, 센서 노드의 위치정보 획득에 관한 방법은 거리정보가 획득되면 기존의 포지셔닝 알고리즘을 통해 유도될 수 있다. 센서 노드는 전파반경이 앵커 노드보다 작으므로 RSS를 보고하기 위해 멀티홉으로 유니캐스팅하여 앵커 노드에게 보고하게 되는데, 이 과정에서 홉 정보도 앵커 노드에게 전달된다.
- [0037] 단계(104)에서 무선 시스템은 앵커 노드에서 멤버 노드의 ID, RSS, 홉 정보를 얻을 수 있고 획득한 정보를 RSS 값이 큰 순서로 멤버 노드를 정렬하여 테이블로 관리한다.
- [0038] 단계(105)에서 무선 시스템은 앵커 노드에서 멤버 노드의 RSS와 홉수를 이용하여 자신의 전파반경 R_{max} 를 계산한다.
- [0039] 단계(106) 내지 단계(109)에서 무선 시스템은 앵커 노드에서 전파반경 R_{max} 를 이용하여 단위면적 S_{unit} 과 맵핑거리를 구하고 최종적으로 자신의 범위 내에서 공통PLE를 계산하여 멤버 노드들에게 전송한다.
- [0040] 단계(110)에서 무선 시스템은 멤버 노드에서 공통PLE와 RSS를 이용하여 앵커 노드로부터의 거리를 예측한다.
- [0041] 상기한 단계(106) 내지 단계(110)의 과정은 수학식 1 내지 수학식 11를 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0042] 일반적으로 송신 노드에서 발생된 송신신호의 크기는 전송거리가 길어짐에 따라 크기가 감소하여 수신 노드에서 수신된 신호의 크기 RSS는 log-normal 모델로 나타낼 수 있으며 수학식 1과 같이 표현된다.

수학식 1

$$P_r(d)[dB] = P_r(d_0)[dB] + 10\beta \log_{10}\left(\frac{d_0}{d}\right)$$

[0043]

[0044]

여기서, $P_r(d)$ 은 거리 d 에서의 수신신호의 세기이며 데시벨단위로 나타낸다. $P_r(d_0)$ 은 거리 d_0 에서의 수신신호의 세기로 레퍼런스 값이며 일반적으로 $d_0 = 1$ 이다. β 는 PLE이며 환경에 따라 그 값이 다르며 일반적으로 값의 범위는 2에서 6사이가 된다.

[0045]

본 발명의 일실시예에서는 앵커 노드가 멤버 노드로부터 얻은 정보를 바탕으로 자신의 전파반경 $R_{\max}$ 를 구하는 방법을 포함한다. 또한, 전파반경 $R_{\max}$ 와 멤버 노드의 수를 이용하여 하나의 멤버 노드가 차지하는 단위면적 S_{unit} 을 구하는 방법을 포함한다. 또한, 앵커 노드에서 단위면적 S_{unit} 로부터 유도된 각 멤버 노드의 예상거리와 멤버 노드가 보고한 RSS를 통하여 각 노드에서의 PLE를 획득하는 방법을 포함한다. 그리고, 앵커 노드에서 각 노드에서 획득한 PLE를 평균하여 하나의 PLE로 통일하고 이 값을 각 멤버 노드에게 알려 각 멤버 노드가 앵커 노드로부터 얻은 PLE와 RSS를 이용하여 앵커 노드와의 예상거리를 구하는 방법을 포함한다.

[0046]

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 무선 센서 네트워크에서 앵커 노드와 센서 노드의 동작 모습을 설명하기 위한 도면이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 앵커 노드는 브로드캐스팅으로 비콘 메시지를 전달하고(210) 센서 노드는 멀티홉 플러딩(220)으로 앵커 노드에게 RSS를 보고하며, 이 과정에서 홉 수도 보고된다. 도 2에서 실선의 원은 앵커 노드의 전파반경 $R_{\max}$ (230)을 나타내고 점선의 원은 센서 노드의 전파반경(240)을 나타낸다. 도 2에서 멤버 노드 m (250)은 앵커 노드로부터 10홉 떨어진 거리에 위치하고 있다고 가정한다.

[0047]

앵커 노드가 자신의 전파반경 $R_{\max}$ 를 구하는 과정은 자신의 모든 멤버 노드의 RSS와 홉 수를 이용하는 과정을 포함한다. 멤버 노드가 보고한 홉 수에서 가장 큰 홉 수를 $H_{\max}$ 라고 하면 $R_{\max}$ 를 이용하여 앵커 노드에서 i 번째 홉 거리 d^i 를 수학식 2와 같이 구할 수 있다.

수학식 2

$$d^i \approx \frac{i}{H_{\max}} \cdot R_{\max}$$

[0048]

[0049]

본 발명의 일실시예에서는 각 홉의 가장 작은 RSS를 갖는 바운더리노드의 RSS와 각 바운더리노드의 PLE, 그리고 수학식 2를 이용하여 전파반경 $R_{\max}$ 를 구하는 방법을 포함한다.

[0050]

i 번째 홉과 j 번째 홉의 RSS비 $C_{i,j}$ 는 i 번째 홉의 바운더리노드의 RSS를 RSS^i 라고 하면 수학식 3와 같이 구할 수 있다.

수학식 3

$$C_{i,j} = \frac{RSS^j - P_r(d_0)}{RSS^i - P_r(d_0)}$$

[0051]

[0052]

앵커 노드의 범위 내에서 동일한 PLE를 이용하므로 각 바운더리노드에서 PLE가 동일함을 이용하면 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$\beta^i = \frac{RSS^i - P_r(d_0)}{10 \log_{10}(d_0/d^i)} = \frac{RSS^j - P_r(d_0)}{10 \log_{10}(d_0/d^j)} = \beta^j$$

[0053]

[0054] β^i, β^j 는 각각 i, j 번째 홉에서의 PLE이고 RSS^i, RSS^j 는 각각 i, j 번째 홉에서의 RSS, d^i, d^j 는 각각 i, j 번째 홉 거리이다. 수학식 4를 정리하면, 수학식 3의 우변의 형태로 나타낼 수 있고 수학식 2를 이용하여 $C_{i,j}$ 는 홉 수, $H_{\max}$, $R_{\max}$ 의 관계인 수학식 5로 결정된다.

수학식 5

$$\begin{aligned} C_{i,j} &= (\log_{10} d_0 - \log_{10} d^j) / (\log_{10} d_0 - \log_{10} d^i) \\ &= \frac{\log_{10} d_0 - (\log_{10} j - \log_{10} H_{\max} + \log_{10} R_{\max})}{\log_{10} d_0 - (\log_{10} i - \log_{10} H_{\max} + \log_{10} R_{\max})} \\ &= \frac{\log_{10} j - \log_{10} H_{\max} + \log_{10} R_{\max}}{\log_{10} i - \log_{10} H_{\max} + \log_{10} R_{\max}} \end{aligned}$$

[0055]

[0056] 수학식 5를 $R_{\max}$ 에 대해 정리하면 RSS비 $C_{i,j}$ 를 사용하여 구한 앵커 노드의 전파반경이 된다. 따라서 특별히 $C_{i,j}$ 를 사용하여 구한 $R_{\max(i,j)}$ 라 하고 수학식 6으로 구할 수 있다.

수학식 6

$$R_{\max(i,j)} = \left\{ \left(\frac{i}{H} \right)^{C_{i,j}} \cdot \frac{H}{j} \right\}^{\frac{1}{1-C_{i,j}}}$$

[0057]

[0058] 최종적으로 앵커 노드의 전파반경 $R_{\max}$ 는 모든 $C_{i,j}$ 에 대한 $R_{\max(i,j)}$ 의 평균인 수학식 7을 이용하여 결정된다.

수학식 7

$$R_{\max} = E[R_{\max(i,j)}] \quad (1 \leq i, j \leq H_{\max})$$

[0059]

[0060] 앵커 노드는 자신의 전파반경과 멤버 노드의 수를 이용하여 하나의 멤버 노드가 차지하는 단위면적 S_{unit} 을 구할 수 있다. 이 단위면적은 확률적으로 적어도 하나의 노드가 있을 범위가 되며 수학식 8로 결정된다.

수학식 8

$$S_{\text{unit}} = \frac{\pi \cdot R_{\max}^2}{N}$$

[0061]

[0062] 여기서, N 은 멤버 노드의 개수 이다.

[0063] 도 3은 본 발명의 실시예에 있어서, 단위 면적에 따른 맵핑 거리를 설명하기 위한 도면이다. 도 3에서 링모양 A_k 의 크기는 모두 S_{mit} 로 동일하다. 앵커 노드와 가장 가까운 d_1 과 $\hat{d}_k$ 의 차이(310)는 클 확률이 높지만 d_k 와 $\hat{d}_k$ 의 차이(320)는 k 가 증가함에 따라 감소함을 보여준다. k 가 N 에 가까워질수록 $d_k \approx \hat{d}_k$ (330)로 간주할 수 있다. k 번째 멤버 노드의 맵핑거리 $\hat{d}_k$ 는 수학적 9에 의해 결정된다.

수학적 9

[0064]

$$\hat{d}_k = \sqrt{\frac{k}{N}} \cdot R_{\max}$$

[0065] 앵커 노드는 k 번째 멤버 노드의 RSS값 RSS_k 와 맵핑거리 $\hat{d}_k$ 를 이용해 k 번째 멤버 노드에 해당하는 PLE β_k 를 구하고 이것의 평균을 취하여 공통 PLE $\hat{\beta}_{com}$ 를 계산하며 수학적 10에 의해 결정된다.

수학적 10

[0066]

$$\hat{\beta}_{com} = \sum_{k=1}^N \frac{\beta_k}{N} = \sum_{k=1}^N \frac{[RSS_k - P_r(d_0)] / 10 \log_{10}(d_0 / \hat{d}_k)}{N}$$

[0067] 앵커 노드로부터 공통 PLE를 획득한 멤버 노드는 최종적으로 앵커 노드와의 거리 $\tilde{d}_k$ 를 구하며 수학적 11에 의해 결정된다.

수학적 11

[0068]

$$\tilde{d}_k = d_0 \cdot 10^{\frac{P_r(d_0) - RSS_k}{10 \cdot \hat{\beta}_{com}}}$$

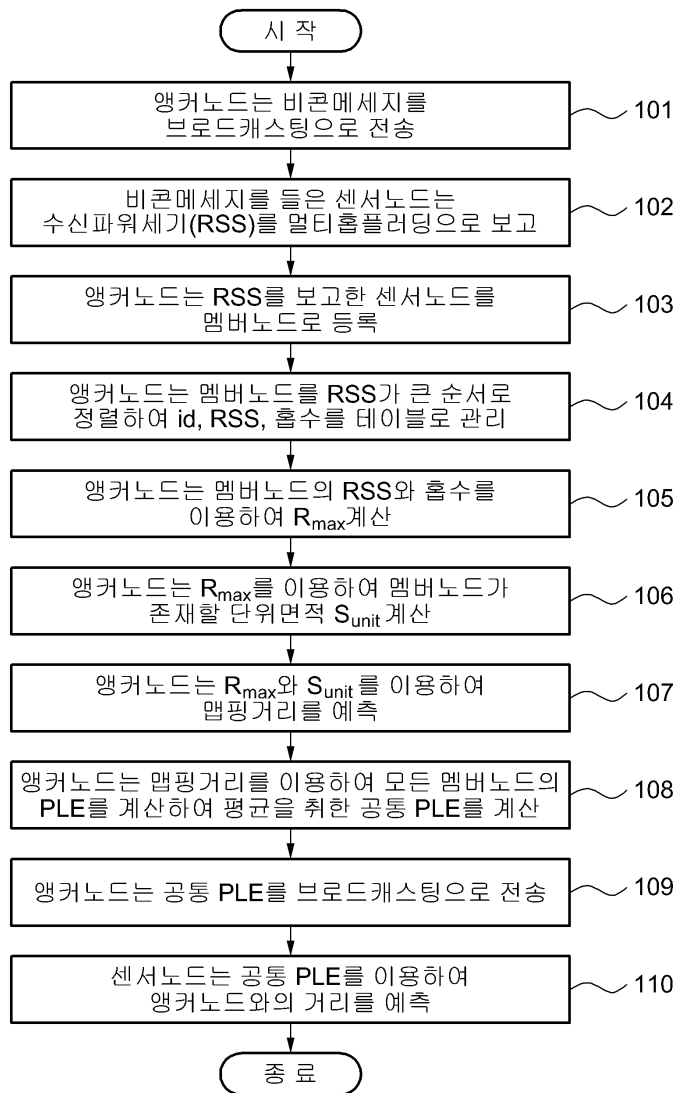
[0069] 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따르면, 센서 노드들이 앵커 노드로부터 비콘 메시지 받으면 자신의 RSS를 보고하여 멤버 노드로 등록되고 앵커 노드는 수집된 RSS를 바탕으로 환경에 따라 가변적인 PLE를 능동적으로 추정함으로써 각 센서 노드가 자신의 위치를 더욱 정확하게 측정할 수 있다.

[0070] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

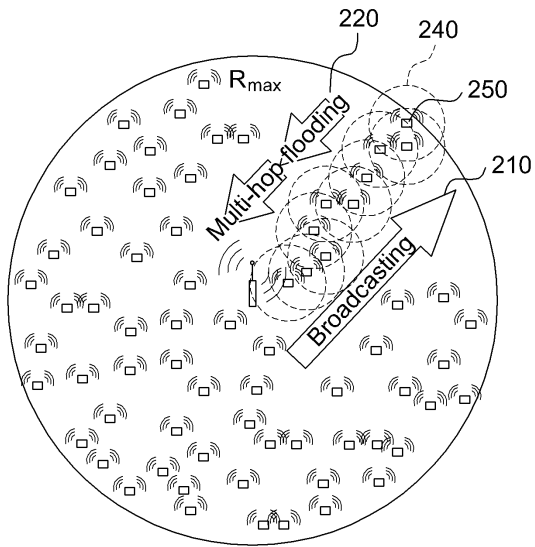
[0071] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

도면1



도면2



도면3

