

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0122027
(43) 공개일자 2012년11월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 64/00 (2009.01) H04W 84/18 (2009.01)
H04W 84/18 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2011-0039977

(22) 출원일자 2011년04월28일
심사청구일자 2011년04월28일

(71) 출원인
연세대학교 원주산학협력단
강원도 원주시 연세대길 1
주식회사 아이캔텍
경기도 성남시 분당구 성남대로 349, 601호 (정자동, 시그마타워)

(72) 발명자
김영환
경상북도 봉화군 봉화읍 문단리 1760-1
정종인
경기도 의왕시 호성로 48-7, LG아파트 104동 801호 (오전동)
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
최관락, 송인호, 민영준

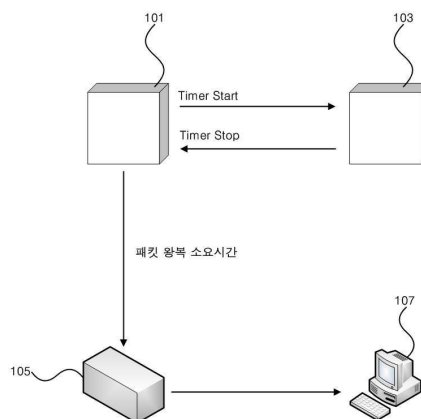
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 무선 센서네트워크에서의 거리 추정 시스템, 거리 추정장치 및 방법

(57) 요약

무선 센서네트워크에서의 거리 추정 시스템, 거리 추정장치 및 방법이 제공된다. 노드 간 거리 추정장치에 있어서, 노드간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출된 확률분포 및 제1 노드 및 제2 노드간에 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간의 거리를 추정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면, 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 이용함으로써 무선 센서네트워크에서의 노드간 거리를 효율적으로 추정할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

석정봉

강원도 원주시 흥업면 무수막1길 44

김도완

경기도 용인시 수지구 상현로 67-12, 금호베스트빌
아파트 131동 704호 (상현동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 m-02-20080701155156

부처명 교육과학기술부

연구사업명 지역혁신인력양성사업

연구과제명 네트워크기반 임베디드 스트리밍 서버-클라이언트 시스템 및 프로토콜 개발

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2009.05.01 ~ 2011.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

노드 간 거리 추정장치에 있어서,

노드간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출된 확률분포 및 제1 노드 및 제2 노드간에 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간의 거리를 추정하는 제어부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 패킷 왕복 소요시간은,

상기 제1 노드가 상기 제1 노드로부터 상기 제2 노드로 송신 패킷을 전송 시 타이머를 온 시키고, 상기 제2 노드로부터 상기 송신 패킷에 대한 응답 패킷을 수신 시 상기 타이머를 오프 시키는 경우의 상기 타이머에서 측정된 클럭(clock) 수를 의미하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 확률분포는 노드간에 측정되는 상기 거리에 따른 클럭수의 확률분포를 의미하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간에 측정되는 클럭 수는 상기 타이머를 동작시키는 과정에서 소모되는 클럭 수 및 패킷을 처리하는데 소모되는 클럭 수를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포 중 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드에서 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간의 분포와 일치율이 최대인 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 선택하며 상기 선택된 확률분포에 대한 거리를 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간의 거리로 추정하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 확률분포를 산출하기 위해 측정된 상기 패킷 왕복 소요시간의 개수는 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드의 거리 추정을 위해 측정된 패킷 왕복 소요시간의 개수보다 많은 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 노드간의 거리를 기 설정된 간격으로 조정하며, 상기 각 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간을 기 설정된 횟

수만큼 반복적으로 측정하고, 상기 측정결과를 이용하여 상기 노드간의 거리에 따른 확률분포를 각각 산출하는 확률분포 산출부

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치.

청구항 8

노드와 네트워크를 통해 연결되는 거리 추정 장치에서 무선 네트워크에서의 노드간 거리를 추정하는 방법으로서,

제1 노드 및 제2 노드간에 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 상기 제1 노드로부터 수신하는 단계; 및

노드간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출된 확률분포 및 상기 수신된 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드의 거리를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 패킷 왕복 소요시간은

상기 제1 노드가 상기 제1 노드로부터 상기 제2 노드로 송신 패킷을 전송 시 타이머를 온 시키고, 상기 제2 노드로부터 상기 송신 패킷에 대한 응답 패킷을 수신 시 상기 타이머를 오프 시키는 경우의 상기 타이머에서 측정된 클럭(clock) 수를 의미하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제1 노드 및 상기 제2 노드의 거리를 추정하는 단계는,

상기 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포 중 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드에서 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간의 분포와 일치율이 최대인 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 선택하며 상기 선택된 확률분포에 대한 거리를 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간의 거리로 추정하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 확률분포를 산출하기 위해 측정된 상기 패킷 왕복 소요시간의 개수는 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드의 거리 추정을 위해 측정된 패킷 왕복 소요시간의 개수보다 많은 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정방법.

청구항 12

상대 센서노드로 패킷 전송 시 타이머를 동작시키고, 상기 상대 센서노드로부터 패킷 수신 시 타이머를 정지시켜 패킷 왕복 소요시간을 측정하는 센서노드; 및

상기 센서노드에서 반복하여 측정된 복수의 상기 패킷 왕복 소요시간 및 노드간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출된 확률분포를 이용하여 상기 센서노드와 상기 상대 센서노드간의 거리를 추정하는 거리 추정장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 거리 추정 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 패킷 왕복 소요시간은,

상기 타이머에서 측정된 클럭(clock) 수를 의미하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 거리 추정

시스템.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 거리 추정장치는

상기 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포 중 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드에서 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간의 분포와 일치율이 최대인 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 선택하며 상기 선택된 확률분포에 대한 거리를 상기 센서노드 및 상기 상대 센서노드간의 거리로 추정하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 거리 추정 시스템.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 노드간의 거리를 기 설정된 간격으로 조정하며, 상기 각 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간을 기 설정된 횟수만큼 반복적으로 측정하고, 상기 측정결과를 이용하여 상기 노드간의 거리에 따른 확률분포를 각각 산출하는 확률분포 산출부

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 거리 추정 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 무선 센서네트워크에서의 거리 추정 시스템, 거리 추정장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 무선 센서네트워크에서의 노드간 거리를 효율적으로 추정할 수 있는 무선 센서네트워크에서의 거리 추정 시스템, 거리 추정장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 무선 센서 네트워크의(Wireless Sensor Network: WSN)의 센서노드는 온도와 습도, 주변 환경 정보, 움직임 등 다양한 정보를 획득하고, 원격지의 정보 저장소에 전송할 수 있다. 따라서 무선 센서 네트워크는 검색, 구조, 재난지역 모니터링, 목표물 트래킹 등 실용적이고 상업적인 다양한 서비스에 이용된다.

[0003] 무선 센서 네트워크에서 필수적인 기능 중 하나는 각 노드의 위치 검출 또는 추정 기능이다. 수많은 노드 각각에서 관측된 데이터는 각각의 노드의 위치가 명시되지 않으면 실질적 활용이 어려운 경우가 많기 때문이다. 잘 알려진 위치 결정 방법으로는 센서 노드의 설치 때부터 정보를 입력하는 방식 및 GPS 장치를 부착하는 방식이 있는데 센서 노드 설치 때부터 정보를 입력하는 방식은 센서노드의 재배포 및 이동에 취약하고 GPS 장치를 부착하는 방식은 우수한 위치측정 성능을 제공하나 많은 전력소모 및 비용증가 등의 문제가 발생하며, 건물 내부의 위치 측정이 불가능하다.

[0004] 이에 대하여 무선 센서 네트워크의 각 노드간의 거리를 바탕으로 하여 노드의 위치를 인식하는 방법이 있다. 이렇게 각 노드간의 거리를 바탕으로 하여 노드의 위치를 인식하는 경우에 있어서는 노드 간의 정확한 거리를 검출하는 것이 필수적이다.

[0005] 노드간 거리 측정 방식으로는 수신 전파 세기(Received Signal Strength Indication: RSSI)의 감쇄를 관찰하는 ROA(Received signal strength Of Arrival) 기법과 시간을 이용하여 거리를 측정하는 TOA(Time Of Arrival) 또는 TODA(Time Difference Of Arrival) 기법이 있다. TOA 또는 TODA 기법은 패킷 왕복 소요 시간(Round Trip Time: RTT)을 기반으로 하여 지연시간을 산출함으로써 노드 간의 거리를 검출하는데 시간 측정의 정확도에 따라 성능이 좌우된다.

[0006] 그러나 RSSI를 활용한 위치측정 방식은 무선통신의 특성상 통신간섭, 이동 장애물, 센서노드의 이동성의 특징에 따라 전파의 수신신호 세기가 매우 큰 범위로 차이가 날 수 있으므로 신뢰성 있는 위치 정보 제공에 매우 취약하다.

[0007] 또한, 시간을 이용하여 거리를 측정하는 기법은 송수신 패킷의 시각을 기록하는 과정에서 노드가 처리하는데 소요되는 시간, 시간 측정에 있어서 타이머 정확도의 한계 및 송신 패킷에 송신 시각을 저장하는 과정에서 발생하

는 패킷 전송 처리 지연시간 등으로 패킷의 송수신 시간을 정확하게 측정하지 못함으로 인해 오차가 크게 발생하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명에서는 무선 센서네트워크에서의 노드간 거리를 효율적으로 추정할 수 있는 무선 센서네트워크에서의 거리 추정 시스템, 거리 추정장치 및 방법을 제안하고자 한다.
- [0009] 본 발명의 다른 목적들은 하기의 실시예를 통해 당업자에 의해 도출될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 노드 간 거리 추정장치에 있어서, 노드 간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출된 확률분포 및 제1 노드 및 제2 노드간에 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간의 거리를 추정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정장치가 제공된다.
- [0011] 여기서, 상기 패킷 왕복 소요시간은 상기 제1 노드가 상기 제1 노드로부터 상기 제2 노드로 송신 패킷을 전송 시 타이머를 온 시키고, 상기 제2 노드로부터 상기 송신 패킷에 대한 응답 패킷을 수신 시 상기 타이머를 오프 시키는 경우의 상기 타이머에서 측정된 클럭(clock) 수를 의미할 수 있다.
- [0012] 상기 확률분포는 노드간에 측정되는 상기 거리에 따른 클럭수의 확률분포를 의미할 수 있다.
- [0013] 상기 제어부는, 상기 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포 중 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드에서 측정된 복수의 패킷 왕복 소요시간의 분포와 일치율이 최대인 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 선택하며 상기 선택된 확률분포에 대한 거리를 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드간의 거리로 추정할 수 있다.
- [0014] 상기 확률분포를 산출하기 위해 측정된 상기 패킷 왕복 소요시간의 개수는 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드의 거리 추정을 위해 측정된 패킷 왕복 소요시간의 개수보다 많은 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 상기 노드간의 거리를 기 설정된 간격으로 조정하며, 상기 각 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간을 기 설정된 횟수만큼 반복적으로 측정하고, 상기 측정결과를 이용하여 상기 노드간의 거리에 따른 확률분포를 각각 산출하는 확률분포 산출부를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 본 발명의 다른 일실시예에 따르면, 노드와 네트워크를 통해 연결되는 거리 추정 장치에서 무선 네트워크에서의 노드간 거리를 추정하는 방법으로서, 제1 노드 및 제2 노드간에 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 상기 제1 노드로부터 수신하는 단계; 및 노드간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출된 확률분포 및 상기 수신된 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 상기 제1 노드 및 상기 제2 노드의 거리를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 노드간 거리 추정방법이 제공된다.
- [0017] 또한, 본 발명의 또 다른 일실시예에 따르면, 상대 센서노드로 패킷 전송 시 타이머를 동작시키고, 상기 상대 센서노드로부터 패킷을 수신 시 타이머를 정지시켜 패킷 왕복 소요시간을 측정하는 센서노드; 및 상기 센서노드에서 반복하여 측정된 복수의 상기 패킷 왕복 소요시간 및 노드 간의 거리에 따른 확률분포를 이용하여 상기 센서노드와 상기 상대 센서노드간의 거리를 추정하는 거리 추정장치를 포함하되 상기 확률분포는 노드간의 서로 다른 거리에 따라 각각 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 무선 센서 네트워크에서의 거리 추정 시스템이 제공된다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따르면, 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 이용함으로써 무선 센서네트워크에서의 노드간 거리를 효율적으로 추정할 수 있게 된다.
- [0019] 측정하려는 센서노드 사이에 이동성이 있는 물체의 존재뿐만 아니라 이동성이 있는 센서노드의 측정에 있어서 측정 오차에 강인하다. 또한 센서노드간 동기화 기술이 사용되지 않기 때문에 이로 인한 고사양의 성능을 요구

하는 장비가 필요 없다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크 시스템을 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 거리 추정장치의 상세한 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 확률분포의 산출을 위해 각 거리에서 1000번의 패킷 왕복소요시간을 측정한 예를 도시한 것이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서네트워크에서의 거리 추정방법의 전체적인 흐름을 도시한 순서도이다.
- 도 5는 장애물이 있는 경우와 없는 경우에 산출된 확률분포의 일례를 도시한 도면이다.
- 도 6은 장애물이 있는 경우와 없는 경우에 본 발명의 거리 추정 방법과 종래의 수신 신호 세기를 이용하여 거리를 추정하는 방법을 이용하여 거리를 추정한 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.
- [0022] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서 네트워크 시스템을 도시한 도면이다.
- [0024] 도 1을 참조하면, 무선 센서 네트워크 시스템(100)은 송신 노드(101), 수신 노드(103), 게이트웨이(105) 및 거리 추정장치(107)를 포함한다.
- [0025] 송신 노드(101) 및 수신 노드(103)는 센서 노드로 이루어질 수 있으며 센서 노드는 센싱 디바이스(Sensing Device)로서 무선 센서 네트워크를 구성하는 지능형 통신 디바이스를 말한다.
- [0026] 센서 노드는 일반적으로 물리적인 상황 데이터를 수집하고 상황 변화에 반응하여 실시간 상황 탐지 정보 즉 센싱 데이터를 게이트웨이(105)로 전송하며 이에 더하여 본 발명에서는 노드간 거리 측정을 위한 패킷 왕복 소요시간을 게이트웨이(105)로 전송한다.
- [0027] 보다 상세하게 노드간 거리 측정을 위해 송신 노드(101)는 수신 노드(103)로 송신 패킷을 전송함과 동시에 타이머를 동작 시키며, 수신 노드(103)는 송신 패킷을 수신한 후 응답 패킷을 송신 노드(101)로 전송한다. 송신 노드(101)는 응답 패킷 확인 즉시 타이머를 정지시키고 타이머에서 측정된 패킷의 왕복 소요시간을 무선통신을 이용하여 게이트웨이(105)로 전송한다. 여기서 타이머는 송신 노드(101)의 내장된 타이머일 수 있다. 또한, 무선 통신은 통상의 RF 통신을 말하며, 이에 는 지그비(Zigbee), 블루투스(Bluetooth), 와이파이(WiFi) 등이 적용될 수 있다.
- [0028] 게이트웨이(105)는 송신 노드(101)에서 전송된 패킷 왕복 소요시간을 수집하여 거리 추정장치(107)로 전송한다.
- [0029] 이 경우 패킷 왕복 소요시간은 송신 노드(101)와 수신 노드(103)의 패킷 처리 시간을 포함하기 때문에 송신 노드(101)와 수신 노드(103)간의 거리로 인한 전송시간만을 추출하는 것이 어렵다. 즉 하드웨어적으로 송수신 노드(101, 103)의 마이크로 컨트롤러가 패킷 처리에 몇 개의 어셈블리 명령어(assembly instruction)를 사용하는지 정확히 예측하기 어려울 수 있다.
- [0030] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 정확한 거리 추정을 위해 노드간 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 이용하여 송신 노드(101) 및 수신 노드(103)간의 거리를 추정한다.
- [0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 거리 추정장치의 상세한 구성을 도시한 블록도이다.
- [0032] 도 2를 참조하면, 거리 추정장치(107)는 수신부(201), 확률분포 산출부(203) 및 제어부(205)를 포함할 수 있다.
- [0033] 수신부(201)는 송신 노드(101)로부터 전송된 패킷 왕복 소요시간을 게이트웨이(105)를 통하여 수신한다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따르면 패킷 왕복 소요시간은 송신 노드(101)가 수신 노드(103)로 송신 패킷을 전송 시 타이머를 온 시키고, 수신 노드(103)로부터 송신 패킷에 대한 응답 패킷을 수신 시 타이머를 오프 시키는 경우의 타이머에서 측정된 클럭 수로 정의될 수 있다.

[0035] 이때, 타이머의 해상도(resolution)에 따라 1초 동안 발생하는 클럭이 결정되며 이에 따라 1 클럭당 무선 신호의 이동할 수 있는 거리가 결정된다.

[0036] 예를 들어 타이머가 최대 32MHz의 해상도를 가지는 경우 1초당 $32 \times 10^6 \text{ clock/sec}$ 클럭이 발생하며, 1 클럭당 무선 신호가 이동할 수 있는 거리는 하기의 수학적 식 1과 같이 결정된다.

[0037] [수학적 식 1]

$$S_c = \frac{V_p}{T_c}$$

[0038]

[0039] 여기서, S_c 는 1 클럭 동안 무선 신호가 이동할 수 있는 거리, V_p 는 무선 신호의 전달 속도 즉, 전자기파의 속도이며, T_c 는 1초 동안 타이머에서 발생하는 클럭의 수를 각각 의미한다.

[0040] 따라서, 무선 신호의 속도가 $3.0 \times 10^8 \text{ m/sec}$ 라면 32 MHz 해상도를 가지는 타이머에서 1 클럭 동안 무선 신호가 이동하는 거리는 9.375m가 된다.

[0041] 타이머에서 측정되는 클럭 수는 송신 노드(101)와 수신 노드(103)사이를 패킷이 왕복하는 시간 동안 측정되는 클럭 수 외에 타이머를 동작시키는 과정에서 소모되는 클럭 수를 포함할 수 있으며 이에 따라, 패킷 왕복 소요시간에 따른 거리 측정에 오차가 발생할 수 있다. 즉, 타이머의 동작에는 각 몇 개의 어셈블리 명령어가 필요하며, 이 때 타이머의 클럭 수도 증가하여 실제보다 더 많이 측정된다. 예를 들어, 타이머를 동작시키는 과정에서 3 또는 4 클럭을 소모한다면, 상기 수학적 식 1에 따라 최대 약 $\pm 40\text{m}$ 의 오차범위를 야기한다.

[0042] 또한 상기에서 살펴본 바와 같이 패킷 왕복 소요시간은 이벤트 트리븐(event driven)방식으로 동작하는 타이머로 인해서, 실제 패킷이 수신된 시간의 다음 클럭 수를 가리킨다. 즉, 최대 1 클럭 미만의 시간의 오차가 발생할 수 있다. 이 때문에 송신 노드(101)와 수신 노드(103)가 동일한 거리를 유지를 하고 있다 하더라도 매 측정 시 마다 달라질 수 있다

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 서로 다른 거리에 위치한 노드간의 패킷 왕복 소요시간을 반복적으로 측정하고, 이를 확률적으로 분석하여 송신 노드(101)와 수신 노드(103)의 거리를 추정하게 된다.

[0044] 본 실시예에 따른 확률분포 산출부(203)는 노드간의 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 산출한다.

[0045] 즉, 노드간의 거리를 기 설정된 간격으로 조정하며 각 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간을 기 설정된 횟수만큼 반복적으로 측정하고 그 결과를 이용하여 노드간의 거리에 따른 확률분포를 각각 산출한다.

[0046] 일례로, 노드간의 통신 가능 거리가 1~13미터 라고 가정하는 경우 1미터부터 13미터까지 2미터 간격으로 노드들을 위치 시키고 각각의 거리에서 1000번의 각 패킷 왕복 소요시간을 측정하여 확률분포를 산출할 수 있다. 여기서 패킷 왕복 소요시간의 측정 횟수는 사용자에게 의해 임의로 정해질 수 있을 것이며, 측정 횟수가 많고, 타이머의 해상도가 높을수록 보다 정밀한 확률분포를 산출할 수 있을 것이다. 또한, 거리 간격 역시 사용자에게 의해 임의로 정해질 수 있다.

[0047] 이하 도 3를 참조하여 확률분포에 대해 설명 하도록 한다.

[0048] 도 3은 확률분포의 산출을 위해 각 거리에서 1000번의 패킷 왕복소요시간을 측정한 예를 도시한 것이다.

[0049] 상기한 바와 같이, 노드간 거리가 동일하다고 하더라도 노드간 패킷 왕복 소요시간이 측정 시마다 달라질 수 있기 때문에, 소정 거리에 있는 노드간 패킷 왕복 소요시간은 측정 시마다 서로 다른 클럭 수로 표현될 수 있다.

- [0050] 도 3은 1에서 13m의 거리에 위치한 노드를 2m 간격으로 측정하는 경우, 적어도 3개의 클럭 수로 각 거리에 위치한 노드간의 패킷 왕복 소요시간이 표현되는 것으로 가정한 것이다. 여기서, a 클럭은 1000번의 패킷 왕복 소요시간 동안 측정되는 클럭수중 가장 작은 클럭 수를 b, c 클럭은 그 다음 크기를 보이는 클럭 수를 의미한다. 노드간의 거리가 가까울수록 a 클럭으로 측정되는 경우가 많으며, 멀수록 c 클럭으로 측정되는 경우가 많음을 확인할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 노드의 하드웨어적인 성능 및 확률분포를 산출하려는 노드간의 거리 범위에 따라 측정되는 클럭 수의 개수는 달라질 것이다. 여기서 하드웨어적인 성능이 높을수록 즉, 타이머의 해상도가 높을수록 패킷 왕복 소요시간의 측정 횟수는 줄어들 수 있음을 의미 하며, 측정할 수 있는 거리 계산이 더욱 정밀해 질것으로 기대된다.
- [0052] 이하에서는 다시 도 2를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 거리 추정장치(107)에 대해 설명하기로 한다.
- [0053] 제어부(205)는 노드간의 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포 및 송신 노드(101) 및 수신 노드간에 측정된 적어도 둘 이상의 제1 패킷 왕복 소요시간을 이용하여 송신 노드(101)와 수신 노드(103)간의 거리를 추정한다.
- [0054] 즉, 제어부(205)는 거리에 따른 패킷 왕복 소요시간의 확률분포 중 송신 노드(101)와 수신 노드(103)에서 복수회 측정된 패킷 왕복 소요시간의 분포와 일치율이 최대인 패킷 왕복 소요시간의 확률분포를 선택하며, 선택된 확률분포에 대한 거리를 송신 노드(101)와 수신 노드(103)간의 거리로 추정할 수 있다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제어부(205)에서 송신 노드(101)와 수신 노드(103)간의 거리 추정을 위해 수신부(201)에 수신되는 패킷 왕복 소요시간의 개수는 확률분포 산출에 이용되는 기 설정된 패킷 왕복 소요시간의 개수보다 적을 수 있다.
- [0056] 또한 본 발명의 일 실시예에 따르면 거리 추정장치(107)에서 거리 추정을 위해 확률분포를 이용하는 경우 확률분포 산출부(203)에서 직접 산출된 확률분포를 이용할 수도 있으며 또는 서버나 데이터 베이스에 미리 저장된 확률분포를 이용할 수도 있을 것이다.
- [0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 센서네트워크에서의 거리 추정방법의 전체적인 흐름을 도시한 순서도이다. 이하 도 4를 참고하여 각 단계별로 수행되는 과정을 설명한다.
- [0058] 단계(S400)에서는 송신 노드(101) 및 수신 노드(103)간에 측정되는 복수의 패킷 왕복 소요시간을 수신한다.
- [0059] 여기서, 수신되는 패킷 왕복 소요시간의 개수는 송신 노드(101) 및 수신 노드(103)의 하드웨어적 성능 또는 주변 환경에 따라 사용자에게 의해 자유롭게 설정될 수 있을 것이다.
- [0060] 단계(S410)에서는 수신된 복수의 패킷 왕복 소요시간 및 노드간의 거리에 따른 확률분포를 이용하여 송신 노드(101) 및 수신 노드(103)간의 거리를 추정한다.
- [0061] 즉, 거리에 따른 확률분포 중 송신 노드(101) 및 수신 노드(103)에서 측정된 복수의 패킷 왕복소요시간의 분포와 일치율이 최대인 확률분포를 선택하며, 선택된 확률분포에 대한 거리를 상기 송신 노드(101)와 상기 수신 노드(103)간의 거리로 추정한다.
- [0062] 지금까지 본 발명에 따른 무선 센서네트워크에서의 거리 추정방법의 실시예들에 대하여 설명하였고, 앞서 도 2 내지 도 3에서 설명한 거리 추정장치(107)의 구성이 본 실시예에도 그대로 적용이 가능하다. 이에 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0063] 이어서, 수신 전파 세기(Received Signal Strength Indication: RSSI)를 이용한 거리 추정 및 본 발명의 확률분포를 이용한 거리 추정을 이용한 테스트 및 성능평가를 수행하였다. 테스트는 폭 2미터 길이 20미터의 콘크리트 복도에서 이루어졌으며 1차 측정과 2차 측정은 이동하는 장애물이 없는 상태에서 3차 측정은 이동 장애물을 포함한 상태에서 거리추정을 하였으며 그 결과를 도 5 내지 도 6에 각각 나타내었다.
- [0064] 도 5는 장애물이 있는 경우와 없는 경우에 산출된 확률분포의 일례를 도시한 도면이며, 도 6은 장애물이 있는 경우와 없는 경우에 본 발명의 거리 추정 방법과 종래의 수신 신호 세기를 이용하여 거리를 추정하는 방법을 이용하여 거리를 추정한 결과를 비교 도시한 도면이다.
- [0065] 도 5를 참조하면, 확률분포를 산출하기 각각의 거리에서 1000번의 각 패킷 왕복 소요시간을 측정하였으며, 송신 노드(101)와 수신 노드(103)간의 거리가 가까울수록 타이머의 클럭 수가 a로 측정되는 경우가 많으며, 송신 노

드(101)와 수신 노드(103)간의 거리가 멀수록 타이머의 클럭 수가 b로 측정되는 경우가 많음을 확인할 수 있다.

도 6(a)는 수신 전파 세기를 이용하여 거리를 추정한 결과를 도시한 도면이며 도 6(c)를 참조하면 2차 측정에서는 약 ± 0.5 미터와 ± 0.3 미터의 오차를 보이거나 3차 측정에서는 약 ± 1.5 미터의 오차를 보이면서 장애물에 취약함을 확인할 수 있다.

도 6(b)는 본 발명의 거리에 따른 확률분포를 이용하여 거리를 추정한 결과를 도시한 도면이며 도 6(c)를 참조하면 1차, 2차, 3차 측정 실험 모두에서 ± 0.2 미터 범위 내의 오차를 보임을 확인할 수 있다

따라서 본 발명에 의한 확률분포를 이용한 거리 추정방법은 장애물이 있는 환경에서도 기존의 수신 전파 세기를 이용하여 거리를 추정하는 방식에 비해 오차가 증가하지 않는 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

또한, 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 일 실시예들의 동작을 수행하기 위해 적어도 하나의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

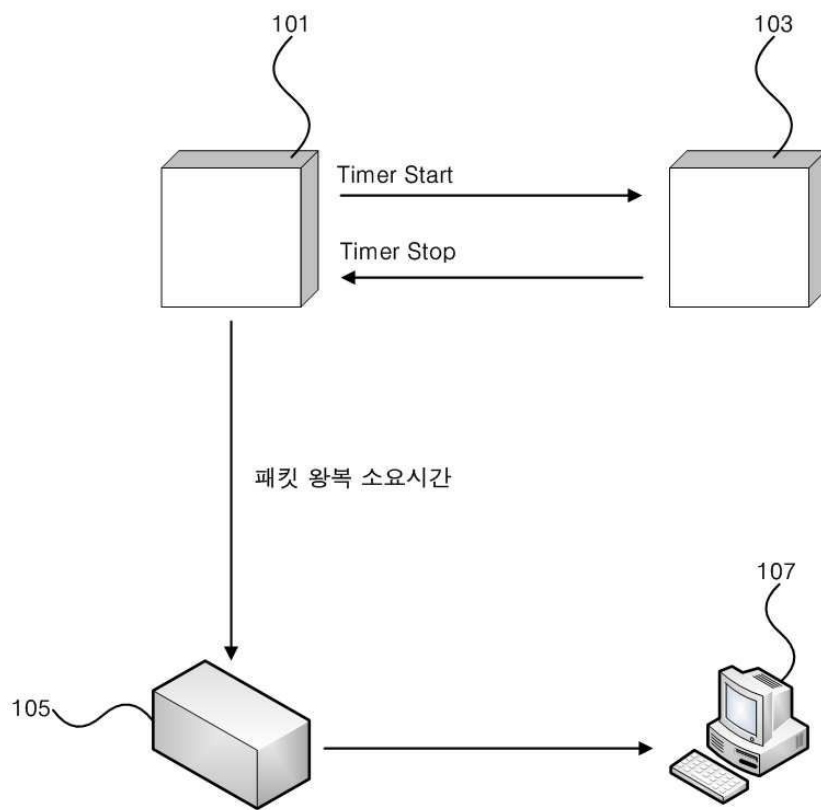
이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

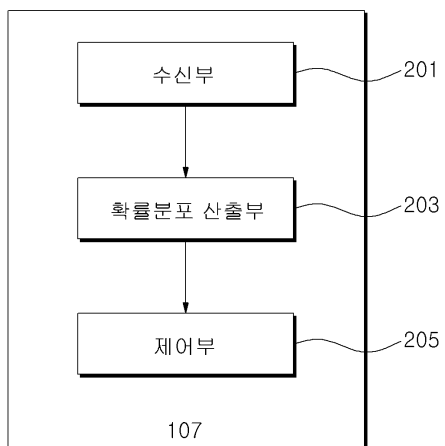
101: 송신 노드	103: 수신 노드
105: 게이트웨이	107: 거리 추정장치
201: 수신부	203: 확률분포 산출부
205: 제어부	

도면

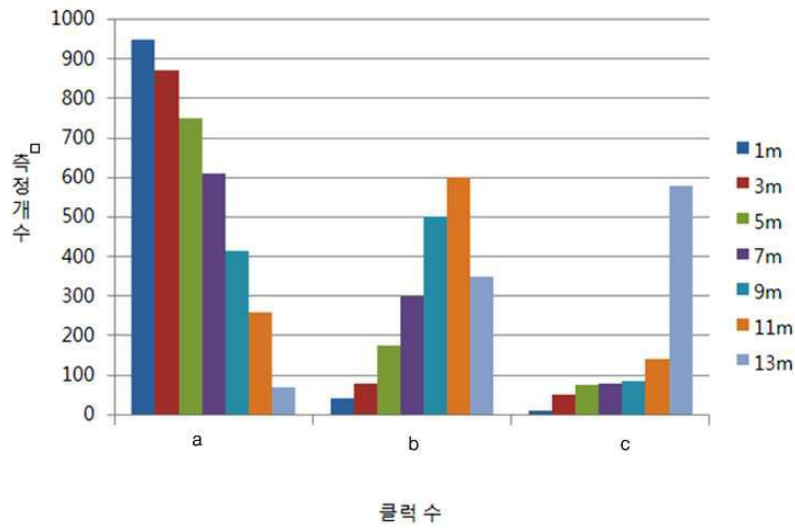
도면1



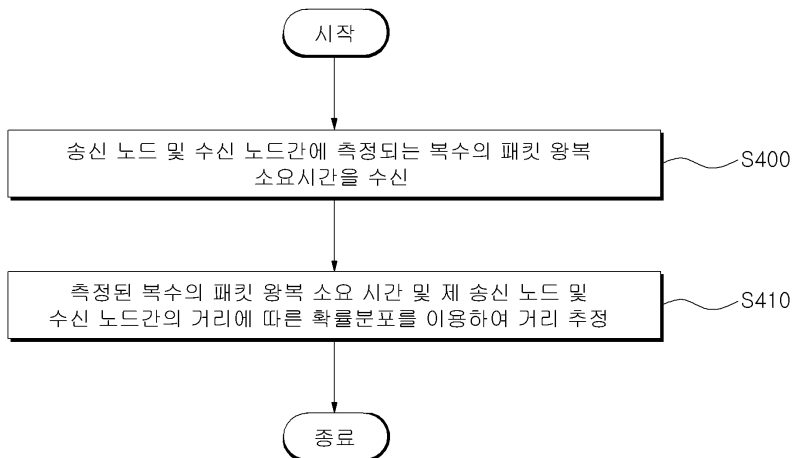
도면2



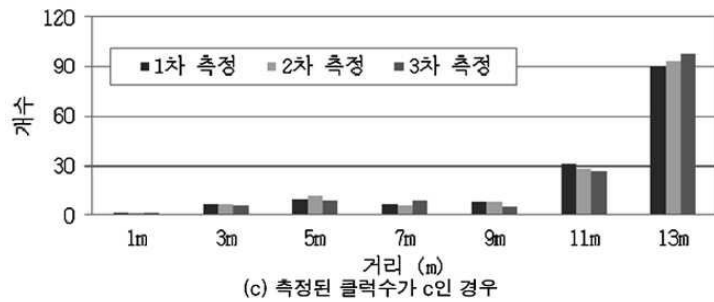
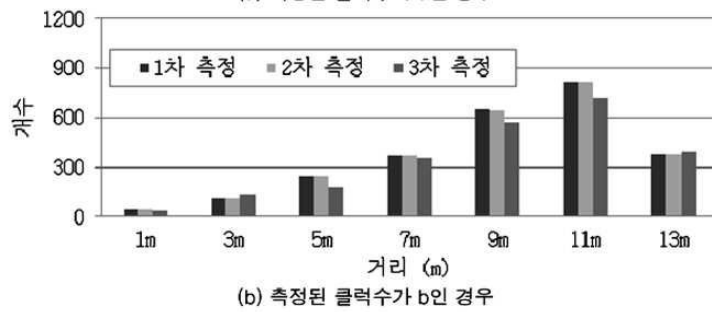
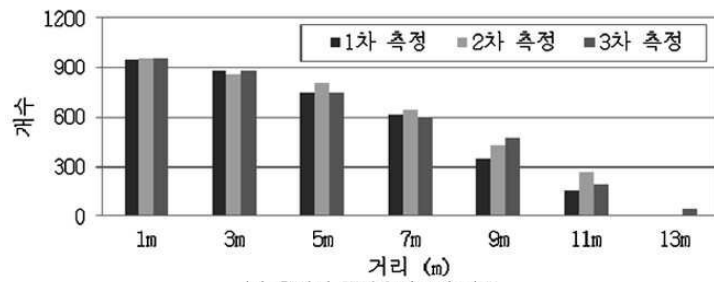
도면3



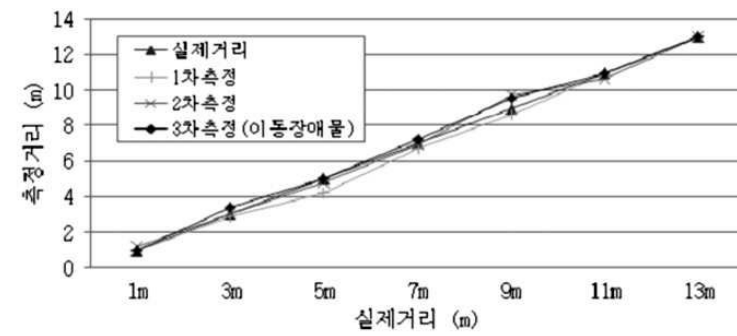
도면4



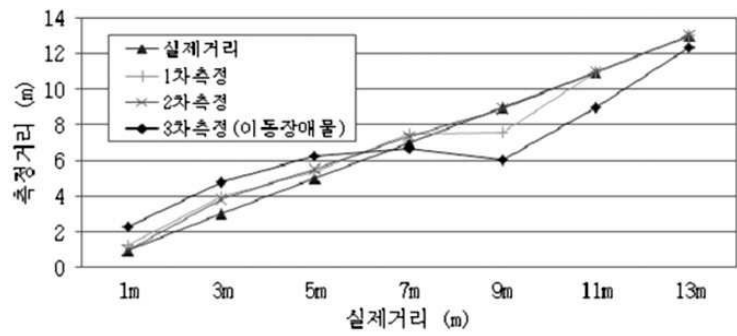
도면5



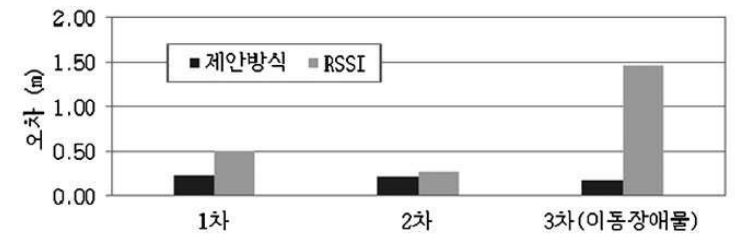
도면6



(a) 확률분포를 이용하여 거리 추정된 결과



(b) RSSI를 이용하여 거리 추정된 결과



(c) 거리 추정 오차 비교