

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.<sup>7</sup>  
G01S 1/02

(11) 공개번호 10-2005-0121176  
(43) 공개일자 2005년12월26일

(21) 출원번호 10-2004-0115525  
(22) 출원일자 2004년12월29일

(30) 우선권주장 1020040046217 2004년06월21일 대한민국(KR)

(71) 출원인 한국전기연구원  
경남 창원시 성주동 28-1

(72) 발명자 최성수  
경기도 성남시 분당구 분당동 164-7  
오희명  
서울특별시 강동구 명일1동 삼익그린1차아파트 207동 908호  
김관호  
서울특별시 강동구 명일2동 신동아아파트 1동 1206호  
신요안  
서울특별시 동작구 사당3동 대림아파트 10동 1401호  
이원철  
서울특별시 서초구 반포2동 대우아파트 103동 206호  
박운용  
서울특별시 중랑구 면목3동 456-1호  
박영진  
경기도 안양시 동안구 평촌동 75-2 인덕원대우아파트 113동 1406호

(74) 대리인 특허법인 율촌

심사청구 : 있음

(54) 순차 송수신 방식을 이용한 비동기 무선 측위 시스템 및방법

요약

시간 동기화 없이 간접적인 시간 동기를 정확히 구해내는 방법을 제시하여 오차를 최소화함으로써 고정밀 위치 추적이 가능하고, 정확한 전파 전송 경로 상의 거리 정보를 알지 못하더라도, 펄스의 순차적 송수신을 통해 정확한 측위가 가능하도록 하며, 송신 횟수의 최소화에 의해 전력 소모가 적은 무선 측위 방법 및 시스템이 제안된다.

본 발명의 무선 측위 시스템은, 무선 측위의 대상인 타겟 디바이스(target device), 복수개의 비콘 디바이스(beacon device) 및 처리 유닛(processing unit)을 포함하는 무선 측위 시스템이며, (a) 복수개의 비콘 디바이스는 각각, 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하고, 무선 신호 송신 모듈을 이용하여 무선 신호를 송신하고, 카운터 모듈을 이용하여 무선 신호의 송신 이후의 시점에 수신된, 다른 비콘 디바이스들 및 타겟 디바이스로부터 송신된 무선 신호들의 수신 시점들을 각각 감지하며, (b) 타겟 디바이스는, 적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고, 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 복수개의 비콘 디바이스

들로 무선 신호를 송신하며, (c) 처리 유닛은, 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각에서 감지된 무선 신호의 수신 시점에 관한 정보를 이용하여 복수개의 비콘 디바이스 각각과 타겟 디바이스까지의 거리를 계산하여, 타겟 디바이스의 위치를 구하는 것을 특징으로 한다.

**대표도**

도 2

**색인어**

무선 측위, 위치 추적, 위치 표정, 초광대역, UWB, BEACON, TAG

**명세서**

**도면의 간단한 설명**

도1은 본 발명의 무선 측위 시스템의 한 실시예의 개략도를 나타낸다.

도2는 본 발명의 무선 측위 시스템의 실시예의 작동을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 무선 측위 시스템에 있어서, 타 디바이스로부터 수신한 무선 신호와 송신 신호 사이의 지연 시간을 도시한다.

도 4, 5, 6 및 7은 본 발명의 무선 측위 방법의 바람직한 실시예에 있어서, 위치를 알고 있는 제1 디바이스, 제2 디바이스 및 제3 디바이스와, 측위 대상 디바이스에서 수행되는 과정의 흐름을 각각 예시한다.

도 8은 본 발명의 무선 측위 시스템의 다른 한 실시예의 개략도를 나타낸다.

도 9는 본 발명의 무선 측위 시스템의 다른 한 실시예의 작동을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 무선 측위 시스템을 large scaled cluster 구조와 small scale sub-cluster 구조에 적용한 경우를 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 본 발명의 무선 측위 시스템을 스타(star) 네트워크 구조에 적용한 경우를 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 본 발명의 무선 측위 시스템을 스타 네트워크 구조에 적용한 경우 무선 측위를 위한 신호 송신 과정을 예시한다.

도 13은 본 발명의 무선 측위 시스템을 클러스터-트리(cluster-tree) 네트워크 구조에 적용한 경우를 설명하기 위한 도면이다.

도 14는 본 발명의 무선 측위 시스템을 클러스터-트리 네트워크 구조에 적용한 경우 무선 측위를 위한 신호 송신 과정을 예시한다.

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 무선 측위 기법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 비콘 디바이스(beacon device)들 사이의 거리 정보 및 동기화를 전제로 하지 않고도 순차적인 무선 신호의 송수신에 의하여 타겟 디바이스(target device)의 위치를 표정하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

여기서 비콘 디바이스(beacon device)라 함은 상술한 타겟 디바이스(target device)의 위치를 표정하기 위한 기준이 되는 디바이스를 말하며, 적어도 상기 타겟 디바이스의 위치 표정 과정이 이루어지기 이전에 미리 그 위치가 알려진 것을 말한다.

최근 들어 UWB 무선 기술의 장점이 주목받기 시작하면서, 극히 짧은 시간 폭을 가지는 UWB 펄스의 응용 대상의 하나로, 근거리 고정밀 무선 측위(positioning) 시스템에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

UWB 펄스는 1 나노초(nsec) 이하의 짧은 시간 폭을 가지기 때문에, UWB 펄스를 측위 시스템에 응용할 경우 기존의 통신 시스템으로는 얻지 못했던 수cm 급의 높은 정밀도를 갖는 무선 측위가 가능하게 된다. 또한, UWB 펄스는 초광대역에 걸쳐 아주 낮은 전력 레벨을 가지므로, 타 전자기기에의 간섭도 제거할 수 있게 된다.

미국 특허 5,589,838호 및 5,216,429호에 개시된 기존의 무선측위 기법은 비콘 디바이스들 간의 시간 동기화를 필요로 한다. 종래 기술의 경우에는 시간 분해능에 의해 결정되는 측위 정밀도가 일반적으로 수십m 정도의 레벨이었으므로, 비콘 디바이스들 사이의 동기화 과정에서 발생하는 오차가 측위의 정밀도를 크게 손상시키지 않는 범위에서 동작하는 것이 가능하였다.

그러나, 현재 요구되는 고정밀도의, 즉 nsec급 이하의 시간 분해능을 갖는 시스템에서는, 상술한 종래 기술의 경우와 같이 비콘 디바이스들 간의 시간 동기화를 필요로 하는 시스템의 형태로 구성될 경우, 시간 동기 획득을 위한 PLL(Phase Lock Loop)의 조정 오차 및 유선 신호 전달 오차 등이 펄스 시간 폭보다 더 커지게 되어, 동기화를 위한 비콘 디바이스들 간의 링크가 무선 경로를 통해 이루어질 경우는 물론 유선 경로를 통해 이루어질 경우에도 동기화 오차에 의한 문제가 심각하게 나타난다.

그러므로 이러한 기존의 방식을 그대로 적용하여서는, 상술한 동기화 오차에 의해, 극히 짧은 폭을 갖는 UWB 펄스의 장점을 최대한 살린 고정밀 위치 표정을 할 수 없게 된다.

또한, 미국특허 제6,054,950호에서는 비콘 디바이스들 사이의 유선 접속을 통한 데이터 송수신이나 동기화가 필요 없이 미리 알고 있는 비콘 디바이스의 좌표를 이용하여 타겟 디바이스의 위치를 표정하는 방법을 제안하고 있다. 우선, GPS를 이용하여 각 비콘 디바이스들을 동기화하는 방법이 제안되고 있으나 이 방법은 비콘 디바이스에 GPS 수신기 등이 구비되어야 하므로 시스템이 복잡하여지므로 실용화하기가 어렵다는 문제점이 있고, GPS를 이용하는 방식으로는 시간 동기화의 정밀도에 한계가 있게 되어 수 m이하 고정밀도의 무선 측위는 불가능하다.

상기 종래 기술에서 제안된 또 다른 방법은, 제1 비콘 디바이스에서 발생시킨 제1 펄스를 제2 비콘 디바이스 및 타겟 디바이스에서 수신한 후, 연속적으로 상기 제2 비콘 디바이스에서 다시 제3 비콘 디바이스와 타겟 디바이스로 제1 펄스를 전송하며, 이러한 과정을 제N 비콘 디바이스까지 반복하고, 타겟 디바이스에서 수신한 각 펄스 간의 도달 시간의 차이와, 상기 미리 알고 있는 비콘 디바이스의 좌표를 이용하여 계산한 비콘 디바이스들 간의 거리를 이용하여 타겟 디바이스의 위치를 계산하는 방법이다.

그러나, 이 방법에서는, 타겟 디바이스가 신호 수신 기능 및 연산기(processor) 기능을 수행하여야 하므로 타겟 디바이스의 구조가 매우 복잡하게 된다는 문제점이 있어 그 응용이 제한된다는 한계가 있다. 또한, 이 방법을 적용하여 정확한 타겟 디바이스의 측위를 수행하기 위해서는, 미리 알고 있는 비콘 디바이스들의 좌표를 이용하여 계산한 비콘 디바이스들 사이의 거리가 비콘 디바이스들 사이의 실제 전파 전송 경로의 길이와 같다는 가정을 만족하여야 하는데, 실제의 전파 전송 경로는 지표 굴곡 등 다양한 환경 변수에 따라 복잡하여질 수 있기 때문에 이러한 가정이 만족되지 않는 경우가 많아, 이 방법을 사용하게 되더라도 측정의 정확도를 높이기 위해서는 결국 비콘 디바이스들 사이의 동기화가 필요하게 되는 문제점을 갖고 있다.

또한, 위치 추적의 대상인 타겟 디바이스(또는 태그(Tag))는 일반적으로 휴대가 가능한 단순화된 개별 장치로서 전원 공급이 용이하지 못하며, 예를 들어, 근거리 무선측위 시스템을 적용한 개인 휴대통신이나 RF-ID에서 물류 관리를 위한 태그에 이르기까지의 여러 가지 응용 분야에 널리 활용될 수 있도록 하기 위해서는, 일반적으로 저 전력으로 설계되어야 한다. UWB 펄스는 그 특성상 작은 전력을 갖는 신호이지만, 타겟 디바이스에서 수행되는 연산 횟수나 신호 송신 회수를 최소화할 수 있도록 하여 단순화된 구성의 타겟 디바이스를 사용한 저전력 동작을 가능하게 하는 위치 추적 방식의 개발이 절실히 필요하다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 시간 동기화 없이 간접적인 시간 동기를 정확히 구해내는 방법을 제시하여 오차를 최소화함으로써 고정밀 위치 추적이 가능한 무선 측위 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다. 특히, 본 발명을 적용함에 있어서, 무선 신호로서 UWB 펄스를 사용할 경우, 그 장점을 최대한 살려 고정밀도의 위치 추적이 가능하게 된다.

나아가서, 본 발명은 타겟 디바이스에서의 복잡한 연산 과정이 필요 없어 단순한 구조의 타겟 디바이스를 사용하는 것이 가능하고, 타겟 디바이스의 구성 단순화 및 신호 송신 회수의 최소화를 통하여 저전력 동작이 가능하도록 하면서도, 정밀한 위치 추적이 가능한, 무선 측위 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

또한, 본 발명은 비콘 디바이스들 사이의 동기화가 되어 있지 않고, 정확한 전파 전송 경로 상의 거리 정보를 알지 못하더라도, 펄스의 송수신을 통해 ToA(Time of Arrival) 및 TDoA(Time Difference of Arrival)를 검출할 수 있도록 하여 보다 정확한 측위가 가능하도록 하는 무선측위 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

나아가서, 본 발명은, 스타(star) 구조 및 클러스터 트리(cluster-tree) 구조의 네트워크에 각각 적용 가능한 무선측위 시스템 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

또한, 본 발명은 저 전력의 디바이스들을 사용하여 비 동기 무선 측위가 가능하도록, 전체 시스템을 소규모의 부 클러스터 영역들로 나누고, 각 부 클러스터 간의 중첩된 영역에 존재하는 디바이스들을 이용하여 무선 측위를 수행함으로써 저 전력의 디바이스들로도 정확한 측위가 가능하도록 하는 방법 및 시스템을 제공하기 위한 것이다.

더 나아가서 본 발명은, WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술에 적용이 가능하도록, 전송 신호에 있어서 타겟 디바이스 및 비콘 디바이스들의 어드레스를 다양한 측위 모드에 맞도록 효율적으로 관리하는 방안을 제안하기 위한 것이다.

#### 발명의 구성 및 작용

이와 같은 목적을 달성하기 위한, 본 발명의 제1 특징에 의한 무선 측위 시스템은, 무선 측위의 대상인 타겟 디바이스(target device), 복수개의 비콘 디바이스(beacon device) 및 처리 유닛(processing unit)을 포함하는 무선 측위 시스템이며, (a) 상기 복수개의 비콘 디바이스는 각각, 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하고, 상기 무선 신호 송신 모듈을 이용하여 무선 신호를 송신하고, 상기 카운터 모듈을 이용하여 상기 무선 신호의 송신 이후의 시점에 수신된, 다른 비콘 디바이스들 및 상기 타겟 디바이스로부터 송신된 무선 신호들의 수신 시점들을 각각 감지하며, (b) 상기 타겟 디바이스는, 적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고, 상기 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 복수개의 비콘 디바이스들로 무선 신호를 송신하며, (c) 상기 처리 유닛은, 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각에서 감지된 상기 무선 신호의 수신 시점에 관한 정보를 이용하여 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각과 상기 타겟 디바이스까지의 거리를 계산하여, 상기 타겟 디바이스의 위치를 구하는 것을 특징으로 한다.

바람직하게는, 상기 복수개의 비콘 디바이스는 적어도, 제1 무선 신호를 송신하는 제1 비콘 디바이스 및 상기 제1 무선 신호를 수신한 이후 소정 지연 시간 경과 후 제2 무선 신호를 송신하는 제2 비콘 디바이스를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 복수개의 비콘 디바이스는, 상기 제2 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제3 무선 신호를 송신하는 제3 비콘 디바이스를 더 포함할 수 있다.

나아가서, 상기 타겟 디바이스는 상기 제3 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제4 무선 신호를 송신하는 것일 수 있다.

바람직하게는, 상기 제1 비콘 디바이스는 상기 제2 무선 신호, 제3 무선 신호 및 제4 무선 신호의 수신 시점을 각각 감지하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 제2 비콘 디바이스는 상기 제3 무선 신호 및 제4 무선 신호의 수신 시점을 각각 감지하는 것이 바람직하다.

그리고 상기 제3 비콘 디바이스는 상기 제4 무선 신호의 수신 시점을 감지하는 것이 바람직하다.

여기서, 상기 소정 지연 시간은, 적어도 상기 수신한 무선 신호가 다른 모든 비콘 디바이스에서 수신되기에 충분한 시간임이 바람직하다.

필요에 따라, 본 발명의 무선 측위 시스템은, 상기 복수개의 비콘 디바이스를 식별하기 위한 주소 리스트를 관리하며, 상기 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 하나의 비콘 디바이스로 무선 측위를 요청하는 기준 무선 신호를 송신하며, 상기 복수개의 비콘 디바이스들에서 감지된 상기 수신 시점 정보들을 수신하여 상기 처리 유닛에 전송하는 코디네이터 디바이스를 더 포함할 수 있다.

본 발명의 제2 특징에 의한 무선 측위 시스템은, 무선 신호의 송수신이 가능한 복수개의 디바이스(device)가 분포된 소정 지역을 대상으로 한 무선 측위 시스템이며, 상기 복수개의 디바이스를 식별하기 위한 주소 리스트를 관리하며, 상기 복수개의 디바이스 중에서 그 위치를 알고 있고, 무선 송수신이 가능한 거리 내에 존재하는 두 개 이상의 디바이스를 선택하여, 상기 복수개의 디바이스 중 그 위치를 알고자 하는(측위 대상인) 다른 디바이스의 무선 측위를 요청하기 위한 기준 무선 신호를 송신하는 코디네이터 디바이스를 포함하며, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들은 각각, 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하고, 상기 무선 신호 송신 모듈을 이용하여 무선 신호를 송신하고, 상기 카운터 모듈을 이용하여 상기 무선 신호의 송신 이후의 시점에 수신된, 다른 디바이스들로부터 송신된 무선 신호들의 수신 시점들을 각각 감지하며, 상기 측위의 대상인 디바이스는, 적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들로 무선 신호를 송신하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 상기 코디네이터 디바이스 및 상기 복수개의 디바이스는, 상기 코디네이터 디바이스를 중심으로 한 스타(star) 구조를 갖도록 구성된 것일 수 있으며, 또는, 수 개의 클러스터로 이루어진 클러스터-트리(cluster-tree) 구조를 갖는 것일 수도 있다.

상기 측위 대상 디바이스는, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들과 무선 송수신이 가능한 거리에 있으나, 상기 코디네이터 디바이스와는 무선 송수신이 곤란한 거리에 있는 것일 수 있으며, 이를 통하여 디바이스들의 무선 송신 출력이 높지 않더라도, 광범위한 지역의 측위가 가능하게 된다.

또한, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스로서, 제1 디바이스, 제2 디바이스 및 제3 디바이스 이외에도 제4 디바이스를 추가하여 무선 측위를 진행하고 제4 디바이스가 높이를 검출하도록 하여 3차원 무선 측위가 가능하도록 할 수도 있다.

또한 무선 측위의 정밀도를 향상시키기 위하여, 상기 측위 대상 디바이스가 상기 무선 신호를 복수 회 송신하여, 상기 각 무선 신호에 의해 구하여진 상기 측위 대상 디바이스의 위치 데이터의 평균값을 취하는 방법을 적용할 수도 있다.

본 발명의 제3 특징에 의한 무선 측위 방법은, 적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고 무선 측위의 대상인 타겟 디바이스(target device), 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하는 복수개의 비콘 디바이스(beacon device) 및 처리 유닛(processing unit)을 이용한 무선 측위 방법이며, (a) 상기 복수개의 비콘 디바이스가 순차적으로 무선 신호를 송신하는 단계; (b) 상기 타겟 디바이스가 상기 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 복수개의 비콘 디바이스들로 무선 신호를 송신하는 단계; (c) 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각이 상기 무선 신호를 송신한 이후에 다른 비콘 디바이스 및 상기 타겟 디바이스로부터 송신된 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점들을 각각 감지하는 단계; 및 (d) 상기 처리 유닛이, 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각에서 감지된 상기 무선 신호의 수신 시점에 관한 정보를 이용하여 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각과 상기 타겟 디바이스까지의 거리를 계산하여, 상기 타겟 디바이스의 위치를 구하는 단계를 포함한다.

바람직하게는, 상기 복수개의 비콘 디바이스는 적어도 제1 비콘 디바이스, 제2 비콘 디바이스 및 제3 비콘 디바이스를 포함하며, 상기 (a) 단계는, 상기 제1 비콘 디바이스에서 제1 무선 신호를 송신하는 단계, 상기 제2 비콘 디바이스에서 상기 제1 무선 신호를 수신한 후 소정 지연 시간 경과 후, 제2 무선 신호를 송신하는 단계, 상기 제3 비콘 디바이스에서 상기 제2 무선 신호를 수신한 후 소정 지연 시간 경과 후, 제3 무선 신호를 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 (c) 단계는, 상기 제1 비콘 디바이스에서 상기 제2 무선 신호, 제3 무선 신호 및 상기 타겟 디바이스로부터의 무선 신호를 수신하고 각각의 수신 시점을 감지하는 단계, 상기 제2 비콘 디바이스에서 상기 제3 무선 신호 및 상기 타겟 디바이스로부터의 무선 신호를 수신하고 각각의 수신 시점을 감지하는 단계, 및 상기 제3 비콘 디바이스에서 상기 타겟 디바이스로부터의 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 감지하는 단계를 포함하는 것일 수 있다.

본 발명의 제4 특징에 의한 무선 측위 방법은, (a) 소정 지역에 분포하고 무선 신호의 송수신이 가능한 복수개의 디바이스(device) 중에서 그 위치를 알고 있고, 무선 송수신이 가능한 거리 내에 존재하는 두 개 이상의 디바이스를 선택하는 단계; (b) 상기 복수개의 디바이스 중 그 위치를 알고자 하는(측위 대상인) 다른 디바이스를 선택하는 단계; (c) 상기 위치를 알고 있는 디바이스들이 순차적으로 무선 신호를 송신하는 단계; (d) 상기 측위 대상인 디바이스가 상기 위치를 알고 있는 디바이스들 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 위치를 알고 있는 디바이스들로 무선 신호를 송신하는 단계; 및 (e) 상기 위치를 알고 있는 디바이스들 각각이 상기 무선 신호를 송신한 이후에 다른 상기 위치를 알고 있는 다른 디바이스 및 상기 측위 대상 디바이스들로부터 송신된 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점들을 각각 감지하는 단계를 포함한다.

이하에서는 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 관하여 상세히 설명한다.

도1은 본 발명의 무선 측위 시스템의 한 실시예의 개략도를 나타낸다. 도시된 실시예의 시스템은, 제1 비콘 디바이스(10), 제2 비콘 디바이스(20) 및 제3 비콘 디바이스(30) 등 다수 개의 비콘 디바이스와 그 각각으로부터 데이터를 수신하는 제어부(200), 그리고 위치 추적의 대상인 타겟 디바이스(또는 태그)(100)로 이루어진다. 여기서 비콘 디바이스들 사이는 유선 데이터 통신 경로가 구비되어 있지 않아도 무방하며, 데이터의 송수신은 모두 무선 상으로 이루어질 수 있다.

제어부(200)(control unit)는, 각 비콘 디바이스(10, 20, 30)들로부터 ToA(Time of Arrival) 및 TDoA(Time Difference of Arrival) 정보를 수집하여, 적절한 연산을 거쳐 최종적으로 타겟 디바이스(100)의 위치를 표정하게 되는 주 처리 장치에 해당한다.

제어부(200)는 각 비콘 디바이스(10, 20, 30)들과 교신 가능하며, 교신의 형태는 유/무선 접속에 의한 것 어느 것이라도 가능하나, 무선 접속에 의한 교신이 바람직하다. 제어부(200)에는 비콘 디바이스 개수 및 신호 송신 순서 등의 필요한 정보가 저장될 수 있다. 제어부(200)는 독립된 장치이거나 어느 한 비콘 디바이스에 일체화되어 구현된 형태일 수도 있다.

비콘 디바이스(10, 20, 30)들은, 고정 또는 이동 위치의 비콘 디바이스들로서, 신호 송수신 기능을 가지고, 이하에서 설명할 무선 측위 과정에서 안테나를 통하여 각각 한 번의 신호 송신을 하게 된다. 각 비콘 디바이스(10, 20, 30)의 위치는 이미 알려져 있다. 또한, 자체 카운터(counter) 또는 타이머(timer)를 보유하고 있어 신호 송수신 과정에서 신호의 송수신 시간 정보를 도출할 수 있다.

특히, 제2 비콘 디바이스(20) 및 제3 비콘 디바이스(30)은 단순한 아날로그 릴레이(analog relay) 기능만 가져도 전체 무선 측위 시스템 구현이 가능하다. 이것은 아래에서 설명할 무선 측위 과정에 따를 경우, 제1 비콘 디바이스(10)가 능동적으로 신호 송신한 후, 제2 및 제3 비콘 디바이스(20, 30)는 제1 비콘 디바이스(10)의 신호를 수신한 후 수동적으로 순차적 신호 송신 과정을 진행하면 되기 때문이다.

또한, 타겟 디바이스(100)는 무선 측위의 대상이며, 신호 송수신 기능을 가지고, 이하에서 설명할 무선 측위 과정에서 무지향성 안테나를 통하여 한 번의 신호 송신을 하게 된다. 타겟 디바이스는 다양한 응용에서 충분한 이동성을 가지도록 구성되어야 하는 경우가 많으므로, 저 전력 동작을 하는 것이 바람직하고, 비콘 디바이스 보다 간소화된 수신 기능 및 송신 전력 레벨을 가지도록 구성될 수 있다. 비콘 디바이스들(10, 20, 30)과는 달리 타겟 디바이스(100)의 위치는 정해져 있지 않으며, 자체 타이머를 보유하고 있어 신호 송신 과정에서 설정된 타이밍을 적용할 수 있다.

도2는 본 발명의 무선 측위 시스템의 실시예의 작동을 설명하기 위한 도면이다. 도 2는 시스템의 동작 시 각 비콘 디바이스들(10, 20, 30)과 타겟 디바이스(100)의 송수신 신호 및 타이밍 정보를 나타낸다.

우선, 제1 비콘 디바이스(10)는 제1 무선 신호를 전송함과 동시에 카운터를 동작시킨다. 여기서 무선 신호는 UWB 규격에 따르는 임펄스 신호일 수 있다. 제2 비콘 디바이스(20)는  $T_{12}$ 초 후에 제1 비콘 디바이스(10)가 전송한 제1 무선 신호를 수신함과 동시에 에너지 검출(energy detection) 또는 상관기(correlator)에 의한 검출 등의 방법을 통하여 적정 레벨의 신호인지를 판단한다. 이때, 사전 결정된 임계치(threshold) 이상일 때, 타이머(또는 카운터)를 동작시킨다. 또한, 사전 결정된 지연 시간( $T$ 초) 경과 후에, 다시 다른 비콘 디바이스들(10, 30)과 타겟 디바이스(100)에 제2 무선 신호를 전송한다.

제2 비콘 디바이스(20)에서 전송한 제2 무선 신호를 수신한 제1 비콘 디바이스(10)는 에너지 검출(energy detection) 또는 상관기(correlator)에 의한 검출 등을 통하여 적정 레벨의 신호이면 전송된 제2 무선 신호의 수신으로 판단하고, 그 시점의 카운터 정보를 이용하여 지연 시간(T초)을 포함한 제1 비콘 디바이스(10)와 제2 비콘 디바이스(20) 사이의 RTT(Round Trip Time) 정보(RTT<sub>12</sub>)를 획득하게 된다.

$$RTT_{12} = T + 2T_{12} \quad (1)$$

여기서 T<sub>12</sub>는 제1 비콘 디바이스(10)과 제2 비콘 디바이스(20) 사이의 무선 신호 도달 시간(ToA)을 나타낸다.

제1 비콘 디바이스(10)가 전송한 제1 무선 신호는 T<sub>13</sub>초 후에 제3 비콘 디바이스(30)에 수신된다. 그 후에 제3 비콘 디바이스(30)에는 제2 비콘 디바이스(20)에서 송신한 제2 무선 신호가 수신되며, 제3 비콘 디바이스(30)는 제2 무선 신호의 수신 시점 이후 소정 지연 시간(T)이 경과하면 제3 무선 신호를 송신한다. 제3 무선 신호는 제2 비콘 디바이스(20)와 제1 비콘 디바이스(10)에 각각 도달한다.

제3 비콘 디바이스(30)에서 전송한 제3 무선 신호를 수신한 제2 비콘 디바이스(20)는 에너지 검출(energy detection) 또는 상관기(correlator)에 의한 검출 등을 통하여 적정 레벨의 신호이면 전송된 제3 무선 신호의 수신으로 판단하고, 그 시점의 카운터 정보를 이용하여 지연 시간(T초)을 포함한 제2 비콘 디바이스(20)와 제3 비콘 디바이스(30) 사이의 RTT(Round Trip Time) 정보(RTT<sub>23</sub>)를 획득하게 된다.

$$RTT_{23} = T + 2T_{23} \quad (2)$$

여기서 T<sub>23</sub>은 제2 비콘 디바이스(20)와 제3 비콘 디바이스(30) 사이의 무선 신호 도달 시간(ToA)을 나타낸다.

이와 동일한 방법으로 제1 비콘 디바이스(10)에서는, 제1 비콘 디바이스(10)와 제3 비콘 디바이스(30) 사이의 RTT(Round Trip Time) 정보(RTT<sub>13</sub>)가 획득된다.

$$RTT_{13} = T_{12} + 2T + T_{23} + T_{13} \quad (3)$$

여기서 T<sub>13</sub>은 제1 비콘 디바이스(10)와 제3 비콘 디바이스(30) 사이의 무선 신호 도달 시간(ToA)을 나타낸다.

제3 비콘 디바이스(30)가 송신한 제3 무선 신호는 타겟 디바이스(100)에 도달한다. 타겟 디바이스(100)는 미리 정해진 지연 시간(T초)이 경과한 후, 다시 다른 비콘 디바이스들(10, 20, 30)로 제4 무선 신호를 전송한다.

제4 무선 신호를 수신한 제3 비콘 디바이스(30)는 그 수신 시점을 감지하고, 이를 통하여 제3 비콘 디바이스(30)와 타겟 디바이스(100) 사이의 RTT(Round Trip Time) 정보(RTT<sub>34</sub>)가 획득된다.

$$RTT_{34} = T_{34} + T + T_{34} \quad (4)$$

여기서 T<sub>34</sub>는 제3 비콘 디바이스(30)와 타겟 디바이스(100) 사이의 무선 신호 도달 시간(ToA)을 나타낸다.

또한, 제4 무선 신호를 수신한 제2 비콘 디바이스(20)는 그 수신 시점을 감지하고, 이를 통하여 제2 비콘 디바이스(20)와 타겟 디바이스(100) 사이의 RTT(Round Trip Time) 정보(RTT<sub>24</sub>)가 획득된다.

$$RTT_{24} = T_{23} + T + T_{34} + T + T_{24} \quad (5)$$

여기서  $T_{24}$ 는 제2 비콘 디바이스(20)와 타겟 디바이스(100) 사이의 무선 신호 도달 시간(ToA)을 나타낸다.

또한, 제4 무선 신호를 수신한 제1 비콘 디바이스(10)는 그 수신 시점을 감지하고, 이를 통하여 제1 비콘 디바이스(10)와 타겟 디바이스(100) 사이의 RTT(Round Trip Time) 정보( $RTT_{14}$ )가 획득된다.

$$RTT_{14} = T_{12} + T + T_{23} + T + T_{34} + T + T_{14} \quad (6)$$

여기서  $T_{14}$ 는 제1 비콘 디바이스(10)와 타겟 디바이스(100) 사이의 무선 신호 도달 시간(ToA)을 나타낸다.

위와 같은 과정을 통하여 얻어진 RTT(Round Trip Time) 정보를 통하여, 다음과 같이 각 디바이스들 간의 ToA 정보를 계산에 의하여 획득할 수 있다.

$$T_{12} = (RTT_{12} - T)/2 \quad (7)$$

$$T_{23} = (RTT_{23} - T)/2 \quad (8)$$

$$T_{13} = (RTT_{13} - T_{12} - T_{23} - 2T) \quad (9)$$

$$TOA_{34} = (RTT_{34} - T)/2 \quad (10)$$

$$TOA_{24} = (RTT_{24} - T_{23} - TOA_{34} - 2T) \quad (11)$$

$$TOA_{14} = (RTT_{14} - T_{12} - T_{23} - TOA_{34} - 3T) \quad (12)$$

위의 정보를 이용하여 다음과 같은 TDoA(Time Difference of Arrival) 정보가 획득 가능하다.

$$TDOA_{12} = TOA_{14} - TOA_{24} \quad (13)$$

$$TDOA_{23} = TOA_{24} - TOA_{34} \quad (14)$$

이상과 같이, ToA 정보 및 TDoA 정보가 얻어진다면, 이를 사용한 기하학적 계산에 의하여 타겟 디바이스(100)의 위치를 구할 수 있다. 예를 들어, 각각의 비콘 디바이스(10, 20, 30)의 위치를 이미 알고 있으므로, 이들을 중심으로 하는 2차 곡선의 교점을 구함으로써 타겟 디바이스(100)의 위치를 구할 수 있다.

이상에서는 비콘 디바이스들(10, 20, 30)과 타겟 디바이스(100)가 모두 1회의 송신을 통하여 타겟 디바이스(100)의 위치를 구하는 본 발명의 무선 측위 방법의 한 실시예를 도시하였을 뿐, 상술한 구체적인 과정에는 많은 변형 실시가 가능하다. 예를 들어, 각각의 비콘 디바이스(10, 20, 30)와 타겟 디바이스(100)의 무선 신호 전송 순서나 타이밍이 달라질 수 있으며, 그에 따른 ToA 정보와 TDoA 정보의 획득을 위해, 어떠한 신호의 도달 시간을 측정할 것인지 또는 구체적인 계산식을 어떠한 것을 사용할 것인지는 다양하게 변형될 수 있다.

또한, 본 발명이 적용된 변형 실시예로서, 무선 측위의 정밀도를 향상시키기 위하여, 타겟 디바이스로부터 송신되는 무선 신호를 복수 회 발생시켜 그 평균값을 이용하여 데이터의 정밀도를 높이거나, 통신 시스템 내에서 각 무선 채널의 상황을 모니터링 또는 추정(estimation)하여 무선 채널의 상황에 따라 무선 측위 과정의 반복 횟수를 설정하여 그 평균값을 구함으로써 데이터의 정밀도를 높이는 등의 방식이 사용 가능하다.



이상의 과정을 통한 본 발명의 무선 측위 시스템을 적용하면, 태그는 1회의 송신만 하면 족하므로, 송신 전력의 소모를 최소화할 수 있고, 동기화를 필요로 하지 않아 UWB 펄스가 제공하는 좁은 펄스폭을 충분히 활용한 고정밀 무선 측위가 가능하게 된다.

도 3은 본 발명의 무선 측위 시스템에 있어서, 타 디바이스로부터 수신한 무선 신호와 송신 신호 사이의 지연 시간을 도시한다. 지연 시간은 송신 신호(ST)와 수신 신호(SR) 사이의 시간 차이로 정의되며, 예를 들어, 수신단(Rx)에서 신호(SR)를 수신한 후, 수신 카운터(Rx\_counter)를 동작시켜 계수된 펄스의 개수가 미리 설정된 값에 이르면 송신단(Tx)을 통하여 신호(ST)를 전송하고, 송신 카운터(Tx\_counter)를 동작시킨다. 타겟 디바이스의 경우에는, 송신 카운터(Tx\_counter)는 반드시 구비될 필요가 없게 된다. 지연 시간(T)은 다른 측위용 디바이스들이 수신될 때까지의 충분한 시간을 설정하면 된다. 지연 시간은 각각의 디바이스에서 에너지 검출 후 복호화하여 각 신호의 주소 일치 여부를 확인한 후 프레임화할 때까지의 시간인 각 디바이스에서의 처리 시간을 포함하는 것이 바람직하다.

도 4, 5, 6 및 7은 상술한 본 발명의 무선 측위 방법의 바람직한 실시예에 있어서, 위치를 알고 있는 제1 비콘 디바이스, 제2 비콘 디바이스 및 제3 비콘 디바이스와, 측위 대상 디바이스(타겟 디바이스 또는 태그)에서 수행되는 과정의 흐름을 각각 예시한다.

이러한 무선 측위 시스템에서의 각 구성 요소의 동작은, 예를 들어, 다음과 같이 이루어진다. 도 4는 제1 비콘 디바이스(10)의 작동을 예시한다.

S110: 제1 비콘 디바이스(10)는 제1 무선 신호를 제2 비콘 디바이스(20), 제3 비콘 디바이스(30) 및 타겟 디바이스(100)에 전송한다.

S120: 또한 제2 비콘 디바이스(20)로부터 제2 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록한다.

S130: 또한, 제3 비콘 디바이스(30)로부터 제3 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록한다.

S140: 그리고 타겟 디바이스(100)로부터 제4 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록한다.

도 5는 제2 비콘 디바이스(20)의 작동을 예시한다.

S210: 제2 비콘 디바이스(20)는 첫 번째 수신된 무선 신호(즉, 상기 제1 무선 신호)를 인지한다.

S220: 그 이후, 사전 결정된 지연 시간(T초) 후에 제2 무선 신호를 전송한다.

S230: 이어서, 제3 비콘 디바이스(30)로부터 송신된 제3 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록한다.

S240: 타겟 디바이스(100)로부터 송신된 제4 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록한다.

도 6은 제3 비콘 디바이스(30)의 작동을 나타낸다.

S310: 제3 비콘 디바이스(30)는 제2 비콘 디바이스(20)로부터 송신된 제2 무선 신호를 인지한다.

S320: 그 이후, 사전 결정된 지연 시간(T초) 후에 제3 무선 신호를 전송한다.

S330: 타겟 디바이스(100)로부터 송신된 제4 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록한다.

도 7은 타겟 디바이스(100)의 작동을 나타낸다.

S410: 타겟 디바이스(100)는 제3 비콘 디바이스(30)로부터 송신된 제3 무선 신호를 인지한다.

S420: 그 이후, 사전 결정된 지연 시간(T초) 후에 제4 무선 신호를 전송한다.

도 8은 본 발명의 무선 측위 시스템의 다른 한 실시예의 개략도를 나타낸다. 여기서는 본 발명의 무선 측위 시스템을 복수 개의 무선 송수신이 가능한 디바이스들이 분포되어 있는 무선 네트워크 상에 목표로 하는 소정 디바이스의 위치를 알기 위해서 적용하는 경우를 예시한다. 많은 디바이스들은 각각을 식별하기 위한 주소(address)를 보유하고 있다. 무선 측위 과정은 도시된 코디네이터 디바이스(210)에 의하여 관리된다. 코디네이터 디바이스(210)에는 처리 유닛(220)이 접속된다. 처리 유닛(220)은 각각의 디바이스에서 인식된 수신 시점에 관한 데이터를 사용하여 측위 대상인 디바이스(타겟 디바이스)의 위치를 계산하는 역할을 수행하며, 코디네이터 디바이스(210)와는 단지 기능적으로 구분될 뿐, 일체로 구성된 것일 수도 있다. 코디네이터 디바이스(210)는 무선 송수신 모듈을 구비하며, 네트워크를 구성하는 디바이스들의 주소 리스트를 관리한다.

이를 통하여 무선 네트워크를 구성하는 디바이스들의 위치를 구하는 것이 가능한데, 그 위치를 미리 알고 있는 3개의 디바이스(110, 120, 130)를 통하여 측위 대상 디바이스(200)의 위치를 추적한다. 위치를 알고 있는 디바이스들(110, 120, 130)은 적어도 위치 추적이 이루어지고 있는 동안에는 그 위치가 고정되어야 정확한 위치 추적이 가능하다. 위치를 알고 있는 디바이스들(110, 120, 130) 및 측위 대상 디바이스(200)는 무선 송수신이 가능한 것이어야 한다. 도 8에서는, 일반적으로 측위 대상인 RFID의 태그 등은 간단한 기능만을 구비하도록 된 디바이스이므로, 이를 RFD(Reduced Function Device)라 나타내었고, 네트워크 상에서 위치 추적의 기준이 되는 상대적으로 많은 기능과 자원을 갖추고 있는 디바이스를 P\_FFD(Positioning Full Function Device)라고 나타내었다. 측위 대상 디바이스의 위치를 알기 위해서는 도시된 바와 같이, 측위 대상 디바이스(200)와 각각의 위치를 알고 있는 디바이스(110, 120, 130) 사이의 신호 도달 시간(ToA)을 알아야 한다.

도 9는 본 발명의 무선 측위 시스템의 다른 한 실시예의 작동을 설명하기 위한 도면이다. 코디네이터 디바이스(210)는 측위 대상 디바이스의 위치를 구하기 위하여 네트워크 상에서 위치를 미리 알고 있는 디바이스들(110, 120, 130)을 선정하고, 그 주소를 주소 리스트로부터 획득한 이후에, 도 9에 도시된 바와 같이 기준 무선 신호(0)를 위치가 미리 알려진 디바이스들(110, 120, 130)로 송신한다. 여기서 측위 대상 디바이스(200)는, 위치가 미리 알려진 디바이스들(110, 120, 130)과 무선 송수신이 가능한 영역에 있는 것이면 되고, 코디네이터 디바이스(210)와는 반드시 무선 송수신이 가능하지 않아도 된다. 위치를 알고 있는 디바이스들 중 제1 디바이스(110)에서 상기 기준 무선 신호(0)를 수신하고, 소정 지연 시간(T) 경과 후, 제1 무선 신호를 송신한다. 그 이후의 과정은 상술한 도 2에 예시한 과정과 동일하다.

도 10은 본 발명의 무선 측위 시스템을 (a) large scaled cluster 구조와 (b) small scale sub-cluster 구조에 적용한 경우를 설명하기 위한 도면이다. large scaled cluster 구조에 적용하는 경우는, 각각의 디바이스가 상대적으로 넓은 범위 내에서 무선 송수신하여야 하므로 전력 소모가 커지게 되는 문제점이 있다. 또한, 각각의 디바이스 간에 데이터 전송 모드와 무선 측위 모드는 서로 구별되어야 데이터의 혼선을 방지할 수 있게 되는데, large scaled cluster 구조에서는 무선 측위 과정 동안 클러스터 내의 데이터 전송 모드가 비 활성화되어야 하므로, 네트워크의 데이터 전송 효율이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다.

이를 극복하기 위하여, 도 10의 (b)에 도시된 바와 같이, 무선 네트워크의 large scaled cluster를 소정의 부 클러스터(sub-cluster)로 분할하여, 순차적인 측위를 수행하는 것이 가능하다. 예를 들어, 클러스터 1-1과 클러스터 1-2로 분할된 경우, 코디네이터 디바이스는 클러스터 1-1에 존재하며, 클러스터 1-1 내에서 측위를 수행하여 각 디바이스들의 위치를 추적하는 것이 가능하다. 클러스터 1-1과 클러스터 1-2의 중첩 부분에 존재하는 디바이스들은 클러스터 1-1 내에 존재하는 코디네이터와 무선 송수신이 가능하여 직접 위치를 알 수 있는 디바이스들이며, 클러스터 1-2 내에 존재하는 디바이스들과도 무선 송수신이 가능하게 된다. 따라서 클러스터 1-1과 클러스터 1-2가 중첩된 위치에 존재하는 디바이스들의 위치를 먼저 측정하고, 이들을 비콘 디바이스로 하여 클러스터 1-2에 존재하는 다른 디바이스들의 위치를 측정하는 단계적 측위 방법을 적용하는 것이 가능하다.

상술한 무선 측위 방식에서는, 각각의 디바이스들이 상대적으로 작은 부 클러스터 내에서만 무선 송수신이 가능하면 되므로, 소비 전력이 작은 것이어도 가능하며, 한 부 클러스터 내에서 측위 과정이 진행되고 있는 동안 다른 부 클러스터 내에서는 데이터의 송수신이 가능하므로 네트워크의 데이터 전송 효율을 높일 수 있게 된다는 장점이 있다.

도 11은 본 발명의 무선 측위 시스템을 스타(star) 네트워크 구조에 적용한 경우의 예를 설명하기 위한 도면이다. 스타 네트워크 구조란 도시된 바와 같이 코디네이터 디바이스가 모든 디바이스와 직접 송수신하는 형태를 말한다.

이 경우에, 코디네이터 디바이스를 중심으로 하여 순차적으로 클러스터 내에 존재하는 디바이스들의 측위를 진행하고자 하는 경우에는, 코디네이터 디바이스가 보유하고 있는 각 디바이스들의 주소 리스트로부터 순차적으로 측위 대상 디바이

스를 선택하고, 그 위치를 미리 알고 있는 디바이스(P\_FFD1, P\_FFD2, P\_FFD\_3)를 이용하여, 순차적으로 다른 디바이스의 측위를 진행하면 된다. 특정 주소의 디바이스를 타겟 디바이스로 하여 측위를 요청받은 경우에는, 그 타겟 디바이스의 주소를 포함시켜 코디네이터가 무선 신호를 전송하고, 이후 순차처리를 통하여 측위를 수행하게 된다.

도 12는 본 발명의 무선 측위 시스템을 스타 네트워크 구조에 적용한 경우 무선 측위를 위한 신호 송신 과정을 예시한다. 도시된 바와 같이, 코디네이터는 무선 신호의 송신을 수행할 순서에 따라, 미리 위치를 알고 있는 디바이스들의 주소(P\_addr.)와 측위 대상 디바이스의 주소(T\_addr.)를 무선 신호에 실어 전송한다. 미리 위치를 알고 있는 디바이스들의 주소(P\_addr.)는 각각의 디바이스가 무선 신호를 송신할 순서대로 되어 있다. 코디네이터 디바이스는 리스트 최상단의 미리 위치를 알고 있는 제1 디바이스(P\_FFD1)로 무선 신호를 전송한다.

무선 신호는, 신호를 송신하는 디바이스의 주소(S\_addr.), 신호를 수신할 디바이스의 주소(D\_addr.), 이후에 순차적으로 신호를 송신함으로써 측위 과정에 관여할 디바이스들의 주소 리스트(P\_addr.)와, 측위 대상 디바이스의 주소(T\_addr.)를 포함하도록 포맷될 수 있다. 각각의 디바이스는 무선 측위 과정에서 도 12에 도시된 바와 같은 정보를 담은 무선 신호를 송신할 수 있다.

도 13은 본 발명의 무선 측위 시스템을 클러스터-트리(cluster-tree) 네트워크 구조에 적용한 경우를 설명하기 위한 도면이다. 클러스터-트리 네트워크 구조란 도시된 바와 같이 코디네이터 디바이스가 모든 디바이스와 직접 송수신하지 않고, 계층적으로 네트워크가 구성되어 있는 형태를 말한다.

이 경우에, 코디네이터 디바이스를 중심으로 하여 순차적으로 클러스터 내에 존재하는 디바이스들의 측위를 진행하고자 하는 경우에는, 코디네이터 디바이스가 보유하고 있는 각 디바이스들의 주소 리스트로부터 순차적으로 측위 대상 디바이스를 선택하고, 그 위치를 미리 알고 있는 디바이스(P\_FFD1, P\_FFD2, P\_FFD\_3)를 이용하여, 순차적으로 다른 디바이스의 측위를 진행하면 된다.

특정 주소의 디바이스를 타겟 디바이스로 하여 측위를 요청받은 경우에는, 그 타겟 디바이스의 주소를 포함시켜 코디네이터가 무선 신호를 전송하고, 이후 순차처리를 통하여 측위를 수행하게 된다. 이 경우, 상술한 도 12의 경우와는 달리, 코디네이터에 보유된 주소 리스트로부터 얻어진 위치를 미리 알고 있는 디바이스의 리스트는 무선 신호의 전송을 위하여 재 정렬되어야 한다.

도 14는 본 발명의 무선 측위 시스템을 클러스터-트리 네트워크 구조에 적용한 경우의 무선 측위를 위한 신호 송신 과정을 예시한다. 예를 들어 도 13에서 디바이스 RFD5를 측위 대상 디바이스로 요청한 경우, 코디네이터 디바이스는 그에 인접한 디바이스의 리스트(N\_addr.)를 이용하여 측위 대상 디바이스 RFD5가 자신에게 인접한 디바이스가 아님을 확인하고, 주소 리스트를 활용하여 RFD5와 인접하고 그 위치를 미리 알고 있는 디바이스의 주소(도 13의 예에서는 P\_FFD3)를 확인한다. 이후, 코디네이터 디바이스는 자신에게 인접하고 그 위치를 알고 있는 디바이스 리스트(N\_P\_addr.)에 상기 RFD와 인접하고 위치를 알고 있는 디바이스(P\_FFD3)의 주소를 최하위로 추가하여 도 14에 도시된 바와 같이 미리 위치를 알고 있는 디바이스들의 주소(P\_addr.) 리스트를 만든 후 이를 무선 신호에 실어 전송한다. 이후의 순차적 무선 신호 전송 과정은 상술한 도 12의 경우와 동일하다.

본 발명에 의한 무선 측위 시스템 및 방법은 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 형태로 변형, 응용 가능하며 상기 바람직한 실시예에 한정되지 않는다. 또한 본 발명을 구성하는 구성 요소가 일체로 구성되었는지 또는 수개의 부분으로 서로 분리될 수 있도록 구성되었는가의 여부는 본 발명의 기술적 사상의 범위를 벗어나는가를 결정하는 데에 있어서 중요한 요소가 아님이 자명하며, 본 발명의 단순한 변형에 지나지 않는다고 볼 것이다.

상기 실시예의 경우는 주로 UWB 펄스를 무선 송수신 신호로 사용하는 경우에 대해서 설명하였으나, 본 발명의 기술적 사상은 그에 국한되지 않으며, UWB 펄스가 아닌 연속 신호 등 일반적인 무선 신호를 사용하는 경우로 확장될 수 있음은 당연하다.

또한, 상기 실시예의 경우는 주로 3개의 비콘 디바이스를 사용하는 경우를 중점적으로 설명하였으나, 2개의 비콘 디바이스를 사용하는 것도 가능하며, 이 경우, 2개의 비콘 디바이스 각각에 대한 TOA 정보를 얻어, 2개의 비콘 디바이스를 중심으로 원 또는 쌍곡선이 얻어지게 된다. 이러한 원 또는 쌍곡선의 교점을 구하면 태그의 위치를 구해낼 수 있게 되는데, 원 또는 쌍곡선의 교점은 2개 이므로, 2개 중에서 어느 것이 실제 태그의 위치인가를 결정하여야 한다. 이를 위해서는 비콘 디바이스로 전송된 태그의 무선 송신 전력 세기나 반대로 태그로 전송된 비콘 디바이스로부터의 무선 송신 전력 세기 등의

데이터를 이용하여 실제 태그의 위치를 결정할 수 있다. 나아가서, 비콘 디바이스의 수를 4개 이상으로 하여 본 발명을 적용할 경우, 더욱 위치 표정의 정밀도를 높일 수 있다. 또한, 4개 이상의 비콘 디바이스를 사용하는 경우에, 타겟 디바이스의 위치뿐만 아니라 높이가 고려된 3차원 무선 측위가 가능하게 된다.

또한, 상기 실시예와 도면은 발명의 내용을 상세히 설명하기 위한 목적일 뿐, 발명의 기술적 사상의 범위를 한정하고자 하는 목적이 아니며, 이상에서 설명한 본 발명은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 상기 실시예 및 첨부된 도면에 한정되는 것은 아님은 물론이며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라 청구범위와 균등 범위를 포함하여 판단되어야 한다.

### 발명의 효과

본 발명의 무선 측위 시스템 및 방법을 적용할 경우, 동기화가 필요하지 않고, 비콘 디바이스들의 순차 송신을 통한 비동기 동작으로부터 간접 시간 동기를 획득할 수 있게 된다.

또한, 비콘 디바이스들이 할당된 순서에 따라 무지향성 안테나를 통해 순차적으로 무선 신호를 전송하며, 이 신호는 나머지 비콘 디바이스들 및 태그에 의해 수신된다. 태그는 시스템 내의 모든 비콘 디바이스들의 순차 송신을 모두 수신하면 최종적으로 1회만 송신한다. 각 비콘 디바이스들 및 태그는 일정 대기 시간(*processing time*) 후에 전송하므로, 모든 경우에 대해 RTT(*Round Trip Time*)를 측정할 수 있으며, 이를 바탕으로 간접적 동기와 함께 ToA 또는 TDoA 정보를 획득할 수 있게 된다.

또한, 본 발명을 적용할 경우, 태그 신호 송신 회수를 최소화하여 저전력 동작이 가능하게 된다.

본 발명이 특히 UWB 펄스 신호의 높은 시간 분해능을 바탕으로 고정밀 무선측위 시스템을 구성할 경우에 응용될 경우, 문제점으로 제기되는 비콘 디바이스들의 동기화 문제 및 태그의 전력소모 문제를 해결할 수 있다는 장점을 갖는다. 따라서, 본 발명에 의해 근거리 무선 측위 시스템 실용화를 앞당기게 될 것이 기대되며, 이러한 본 발명은 향후 유비쿼터스 환경을 위한 다양한 응용 분야에서 활용될 수 있을 것으로 전망된다.

본 발명에 의하여, 시간 동기화 없이 간접적인 시간 동기를 정확히 구해내는 방법을 제시하여 오차를 최소화함으로써 고정밀 위치 추적이 가능하게 된다. 특히, 본 발명을 적용함에 있어서, 무선 신호로서 UWB 펄스를 사용할 경우, 그 장점을 최대한 살려 고정밀도의 위치 추적이 가능하게 된다.

본 발명에 의하여, 타겟 디바이스에서의 복잡한 연산 과정이 필요 없어 단순한 구조의 타겟 디바이스를 사용하는 것이 가능하고, 타겟 디바이스의 구성 단순화 및 신호 송신 회수의 최소화를 통하여 저전력 동작이 가능하도록 하면서도, 정밀한 위치 추적이 가능하게 된다.

또한, 본 발명에 의하여, 비콘 디바이스들 사이의 동기화가 되어 있지 않고, 정확한 전파 전송 경로 상의 거리 정보를 알지 못하더라도, 펄스의 송수신을 통해 ToA(*Time of Arrival*) 및 TDoA(*Time Difference of Arrival*)를 검출할 수 있도록 하여 보다 정확한 측위가 가능하게 된다.

또한, 본 발명을 적용하여, 스타(*star*) 구조 및 클러스터 트리(*cluster-tree*) 구조의 네트워크에 각각 적용 가능한 무선측위 시스템 및 방법을 제공하는 것이 가능하게 된다.

또한, 본 발명에 의하여, 저 전력의 디바이스들을 사용하여 비 동기 무선 측위가 가능하도록, 전체 시스템을 소규모의 부 클러스터 영역들로 나누고, 각 부 클러스터 간의 중첩된 영역에 존재하는 디바이스들을 이용하여 무선 측위를 수행함으로써 저 전력의 디바이스들로도 정확한 측위가 가능하게 된다.

나아가서 본 발명에 의하여, WPAN(*Wireless Personal Area Network*) 기술에 적용이 가능하도록, 전송 신호에 있어서 타겟 디바이스 및 비콘 디바이스들의 어드레스를 다양한 측위 모드에 맞도록 효율적으로 관리하는 방안이 마련된다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

무선 측위의 대상인 타겟 디바이스(target device), 복수개의 비콘 디바이스(beacon device) 및 처리 유닛(processing unit)을 포함하는 무선 측위 시스템에 있어서,

(a) 상기 복수개의 비콘 디바이스는 각각, 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하고, 상기 무선 신호 송신 모듈을 이용하여 무선 신호를 송신하고, 상기 카운터 모듈을 이용하여 상기 무선 신호의 송신 이후의 시점에 수신된, 다른 비콘 디바이스들 및 상기 타겟 디바이스로부터 송신된 무선 신호들의 수신 시점들을 각각 감지하며,

(b) 상기 타겟 디바이스는, 적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고, 상기 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 복수개의 비콘 디바이스들로 무선 신호를 송신하며,

(c) 상기 처리 유닛은, 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각에서 감지된 상기 무선 신호의 수신 시점에 관한 정보를 이용하여 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각과 상기 타겟 디바이스까지의 거리를 계산하여, 상기 타겟 디바이스의 위치를 구하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 복수개의 비콘 디바이스는 적어도, 제1 무선 신호를 송신하는 제1 비콘 디바이스 및 상기 제1 무선 신호를 수신한 이후 소정 지연 시간 경과 후 제2 무선 신호를 송신하는 제2 비콘 디바이스를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 복수개의 비콘 디바이스는, 상기 제2 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제3 무선 신호를 송신하는 제3 비콘 디바이스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 타겟 디바이스는 상기 제3 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제4 무선 신호를 송신하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 제1 비콘 디바이스는 상기 제2 무선 신호, 제3 무선 신호 및 제4 무선 신호의 수신 시점들을 각각 감지하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 6.

제5항에 있어서,

상기 제2 비콘 디바이스는 상기 제3 무선 신호 및 제4 무선 신호의 수신 시점을 각각 감지하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 7.

제6항에 있어서,

상기 제3 비콘 디바이스는 상기 제4 무선 신호의 수신 시점을 감지하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 8.

제2항에 있어서,

상기 소정 지연 시간은, 적어도 상기 수신한 무선 신호가 다른 모든 비콘 디바이스에서 수신되기에 충분한 시간인 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 복수개의 비콘 디바이스를 식별하기 위한 주소 리스트를 관리하며, 상기 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 하나의 비콘 디바이스로 무선 측위를 요청하는 기준 무선 신호를 송신하며, 상기 복수개의 비콘 디바이스들에서 감지된 상기 수신 시점 정보들을 수신하여 상기 처리 유닛에 전송하는 코디네이터 디바이스를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 10.

무선 신호의 송수신이 가능한 복수개의 디바이스(device)가 분포된 소정 지역을 대상으로 한 무선 측위 시스템에 있어서,

상기 복수개의 디바이스를 식별하기 위한 주소 리스트를 관리하며, 상기 복수개의 디바이스 중에서 그 위치를 알고 있고, 무선 송수신이 가능한 거리 내에 존재하는 두 개 이상의 디바이스를 선택하여, 상기 복수개의 디바이스 중 그 위치를 알고 자 하는(측위 대상인) 다른 디바이스의 무선 측위를 요청하기 위한 기준 무선 신호를 송신하는 코디네이터 디바이스를 포함하며,

상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들은 각각, 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하고, 상기 무선 신호 송신 모듈을 이용하여 무선 신호를 송신하고, 상기 카운터 모듈을 이용하여 상기 무선 신호의 송신 이후의 시점에 수신된, 다른 디바이스들로부터 송신된 무선 신호들의 수신 시점들을 각각 감지하며,

상기 측위의 대상인 디바이스는, 적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들로 무선 신호를 송신하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들 각각에서 감지된 상기 무선 신호의 수신 시점에 관한 정보를 이용하여 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들 각각과 상기 측위 대상인 디바이스까지의 거리를 각각 계산하여, 상기 타겟 디바이스의 위치를 구하는 처리 유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 12.

제10항에 있어서,

상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스는,

상기 코디네이터 디바이스로부터 상기 기준 무선 신호를 수신한 후, 소정 지연 시간 경과 후 제1 무선 신호를 송신하는 제1 디바이스,

상기 제1 무선 신호 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제2 무선 신호를 송신하는 제2 디바이스, 및

상기 제2 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제3 무선 신호를 송신하는 제3 디바이스를 포함하며,

상기 측위 대상 디바이스는, 상기 제3 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제4 무선 신호를 송신하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 제1 디바이스는 상기 제2 무선 신호, 제3 무선 신호 및 제4 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 기록하고,

상기 제2 디바이스는 상기 제3 무선 신호 및 제4 무선 신호의 수신 시점을 각각 기록하고,

상기 제3 디바이스는 상기 제4 무선 신호의 수신 시점을 기록하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 14.

제12항에 있어서,

상기 소정 지연 시간은, 적어도 상기 수신한 무선 신호가 다른 모든 비콘 디바이스에서 수신되기에 충분한 시간인 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 15.

제10항에 있어서,

상기 코디네이터 디바이스 및 상기 복수개의 디바이스는, 상기 코디네이터 디바이스를 중심으로 한 스타(star) 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 16.

제10항에 있어서,

상기 코디네이터 디바이스 및 상기 복수개의 디바이스는, 수 개의 클러스터로 이루어진 클러스터-트리(cluster-tree) 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 17.

제10항에 있어서,

상기 코디네이터 디바이스는, 상기 주소 리스트로부터 상기 위치를 알고 있는 디바이스 및 상기 측위 대상 디바이스의 주소를 추출하고, 상기 주소들을 무선 신호 송신 순서에 따라 정렬하여 상기 위치를 알고 있는 디바이스 중 제1 디바이스로 전송하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 18.

제17항에 있어서,

상기 제1 디바이스는 상기 전송된 주소 리스트 중, 상기 제1 디바이스가 무선 신호를 송신한 이후에 무선 신호를 송신할 디바이스의 순서대로 정렬하여 상기 위치를 알고 있는 디바이스 중 제2 디바이스로 전송하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 19.

제18항에 있어서,

상기 제2 디바이스는 상기 전송된 주소 리스트 중, 상기 제2 디바이스가 무선 신호를 송신한 이후에 무선 신호를 송신할 디바이스의 순서대로 정렬하여 상기 위치를 알고 있는 디바이스 중 제3 디바이스로 전송하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 20.

제12항에 있어서,

상기 제1 무선 신호, 제2 무선 신호 및 제3 무선 신호는, 적어도 신호를 수신할 디바이스의 주소 및 측위 대상 디바이스의 주소를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

### 청구항 21.

제10항에 있어서,

상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스는,

상기 코디네이터 디바이스로부터 상기 기준 무선 신호를 수신한 후, 소정 지연 시간 경과 후 제1 무선 신호를 송신하는 제1 디바이스,

상기 제1 무선 신호 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제2 무선 신호를 송신하는 제2 디바이스,



상기 제2 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제3 무선 신호를 송신하는 제3 디바이스, 및

상기 제3 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제4 무선 신호를 송신하는 제4 디바이스를 포함하며,

상기 측위 대상 디바이스는, 상기 제4 무선 신호의 수신 이후 상기 소정 지연 시간 경과 후 제5 무선 신호를 송신하여, 3차원 무선 측위가 가능하도록 하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 22.

제12항에 있어서,

상기 측위 대상 디바이스는 상기 무선 신호를 복수 회 송신하여, 상기 각 무선 신호에 의해 구하여진 상기 측위 대상 디바이스의 위치를 평균함으로써 상기 무선 측위의 정밀도를 향상시키는 것을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 23.

제10항에 있어서,

상기 측위 대상 디바이스는, 상기 위치를 미리 알고 있는 디바이스들과 무선 송수신이 가능한 거리에 있으나, 상기 코디네이터 디바이스와는 무선 송수신이 곤란한 거리에 있는 것임을 특징으로 하는 무선 측위 시스템.

## 청구항 24.

적어도 무선 신호 송신 모듈 및 무선 신호 수신 모듈을 구비하고 무선 측위의 대상인 타겟 디바이스(target device), 적어도 무선 신호 송신 모듈, 무선 신호 수신 모듈 및 카운터 모듈을 구비하는 복수개의 비콘 디바이스(beacon device) 및 처리 유닛(processing unit)을 이용한 무선 측위 방법에 있어서,

(a) 상기 복수개의 비콘 디바이스가 순차적으로 무선 신호를 송신하는 단계;

(b) 상기 타겟 디바이스가 상기 복수개의 비콘 디바이스 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 복수개의 비콘 디바이스들로 무선 신호를 송신하는 단계;

(c) 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각이 상기 무선 신호를 송신한 이후에 다른 비콘 디바이스 및 상기 타겟 디바이스로부터 송신된 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점들을 각각 감지하는 단계; 및

(d) 상기 처리 유닛이, 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각에서 감지된 상기 무선 신호의 수신 시점에 관한 정보를 이용하여 상기 복수개의 비콘 디바이스 각각과 상기 타겟 디바이스까지의 거리를 계산하여, 상기 타겟 디바이스의 위치를 구하는 단계를 포함하는 무선 측위 방법.

## 청구항 25.

제24항에 있어서,

상기 복수개의 비콘 디바이스는 적어도 제1 비콘 디바이스, 제2 비콘 디바이스 및 제3 비콘 디바이스를 포함하며,

상기 (a) 단계는,

상기 제1 비콘 디바이스에서 제1 무선 신호를 송신하는 단계,

상기 제2 비콘 디바이스에서 상기 제1 무선 신호를 수신한 후 소정 지연 시간 경과 후, 제2 무선 신호를 송신하는 단계,  
상기 제3 비콘 디바이스에서 상기 제2 무선 신호를 수신한 후 소정 지연 시간 경과 후, 제3 무선 신호를 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 방법.

## 청구항 26.

제25항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 제1 비콘 디바이스에서 상기 제2 무선 신호, 제3 무선 신호 및 상기 타겟 디바이스로부터의 무선 신호를 수신하고 각각의 수신 시점을 감지하는 단계,

상기 제2 비콘 디바이스에서 상기 제3 무선 신호 및 상기 타겟 디바이스로부터의 무선 신호를 수신하고 각각의 수신 시점을 감지하는 단계, 및

상기 제3 비콘 디바이스에서 상기 타겟 디바이스로부터의 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점을 감지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 측위 방법.

## 청구항 27.

(a) 소정 지역에 분포하고 무선 신호의 송수신이 가능한 복수개의 디바이스(device) 중에서 그 위치를 알고 있고, 무선 송수신이 가능한 거리 내에 존재하는 두 개 이상의 디바이스를 선택하는 단계;

(b) 상기 복수개의 디바이스 중 그 위치를 알고자 하는(측위 대상인) 다른 디바이스를 선택하는 단계;

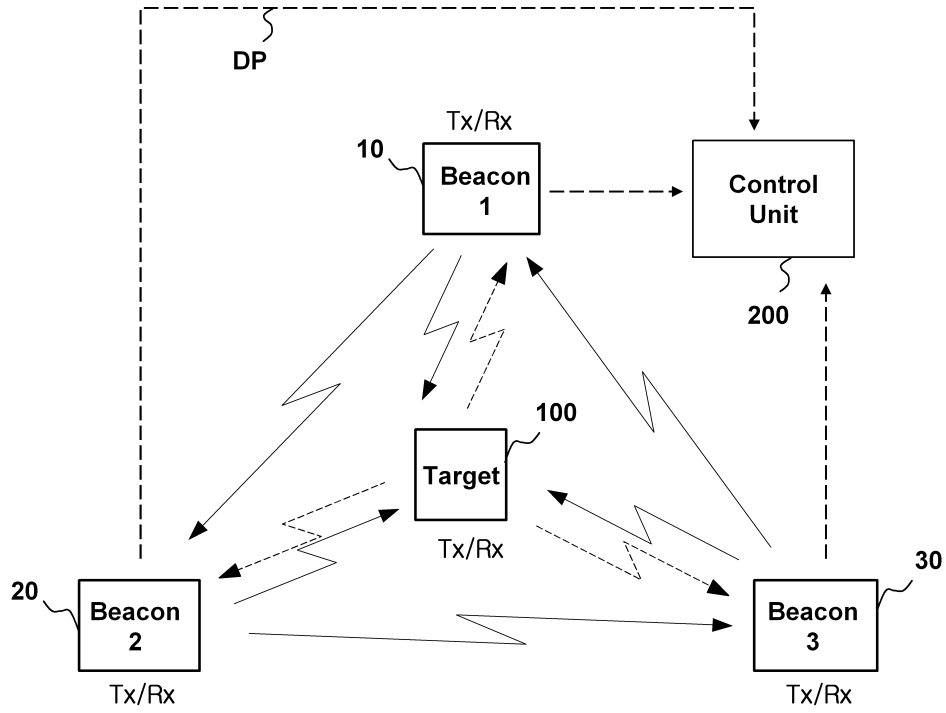
(c) 상기 위치를 알고 있는 디바이스들이 순차적으로 무선 신호를 송신하는 단계;

(d) 상기 측위 대상인 디바이스가 상기 위치를 알고 있는 디바이스들 중 적어도 어느 하나로부터 송신된 무선 신호를 수신한 후, 상기 위치를 알고 있는 디바이스들로 무선 신호를 송신하는 단계; 및

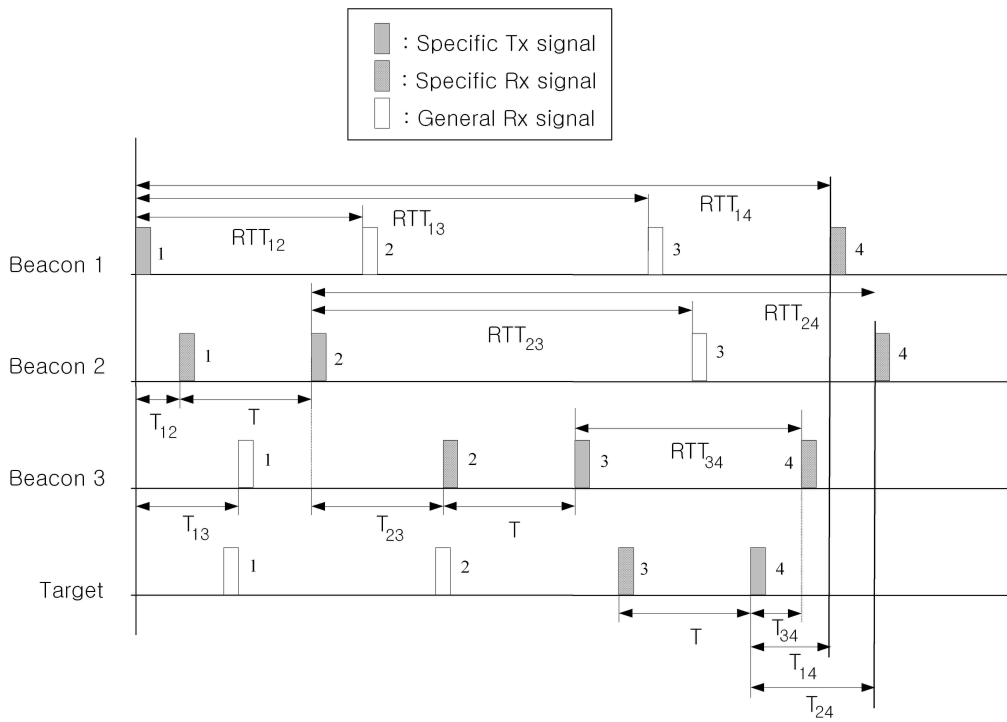
(e) 상기 위치를 알고 있는 디바이스들 각각이 상기 무선 신호를 송신한 이후에 다른 상기 위치를 알고 있는 다른 디바이스 및 상기 측위 대상 디바이스들로부터 송신된 무선 신호를 수신하고 그 수신 시점들을 각각 감지하는 단계를 포함하는 무선 측위 방법.

도면

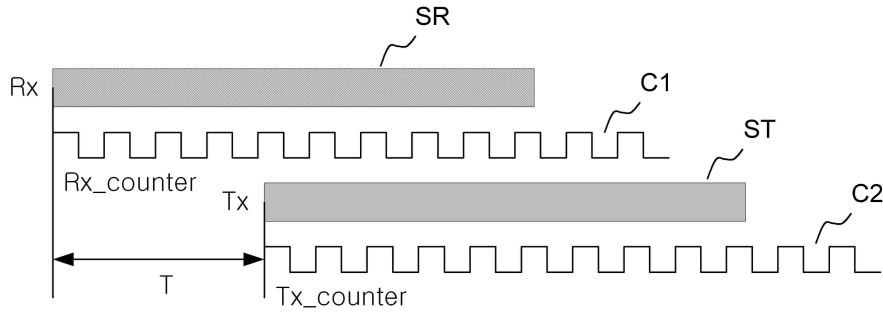
도면1



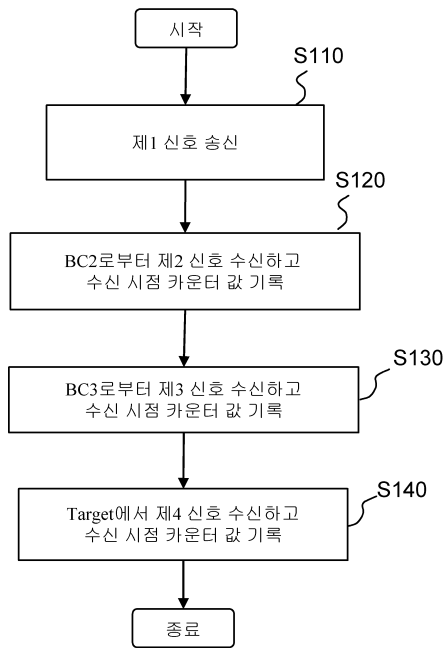
도면2



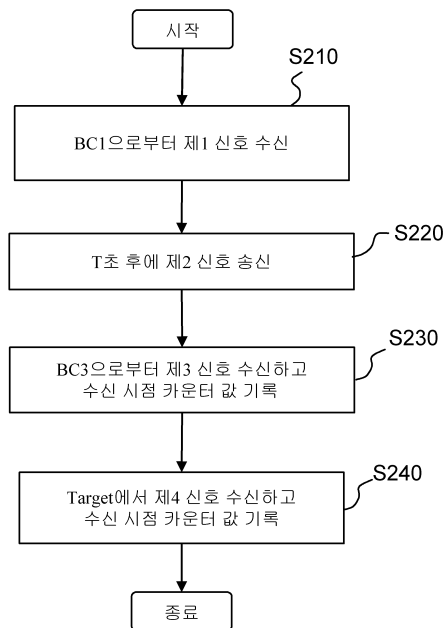
도면3



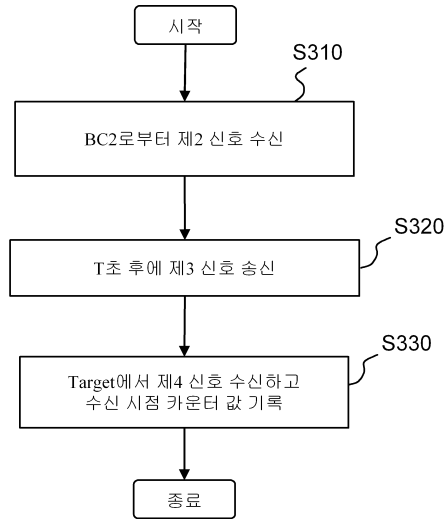
도면4



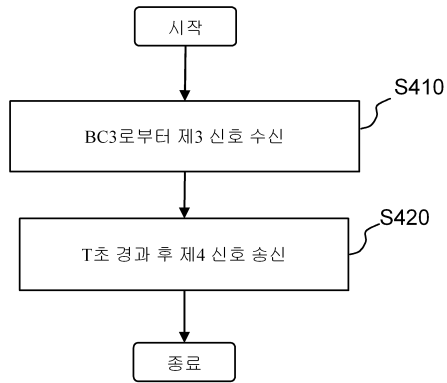
도면5



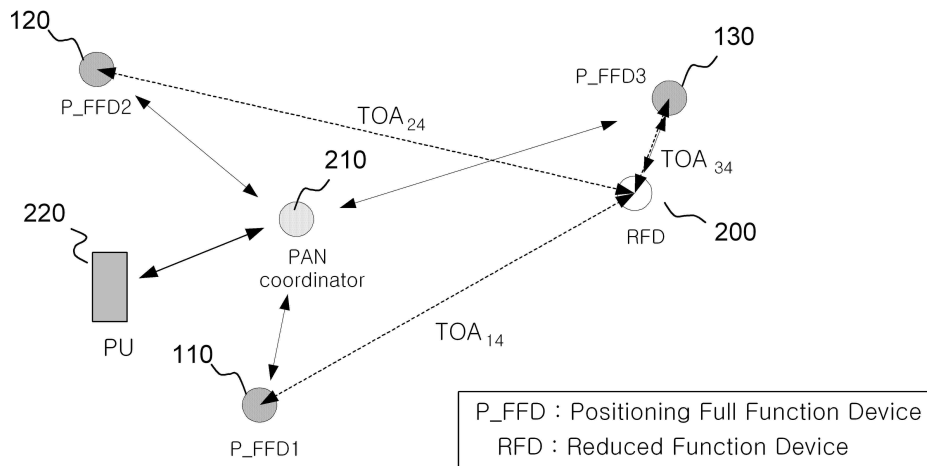
도면6



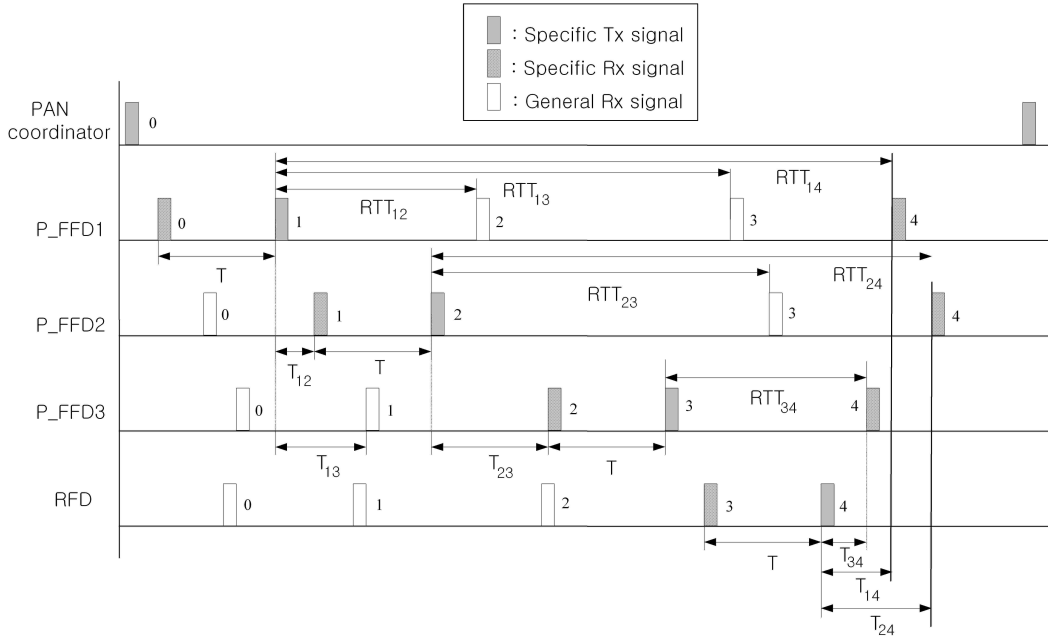
도면7



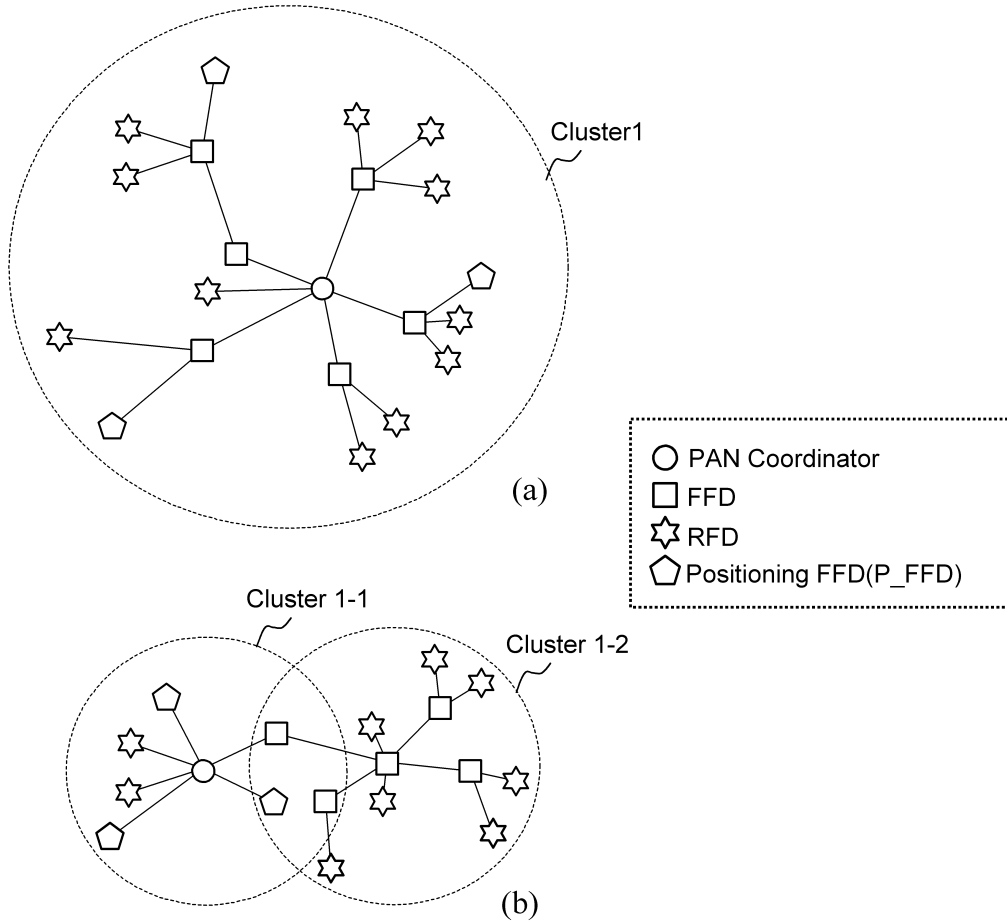
도면8



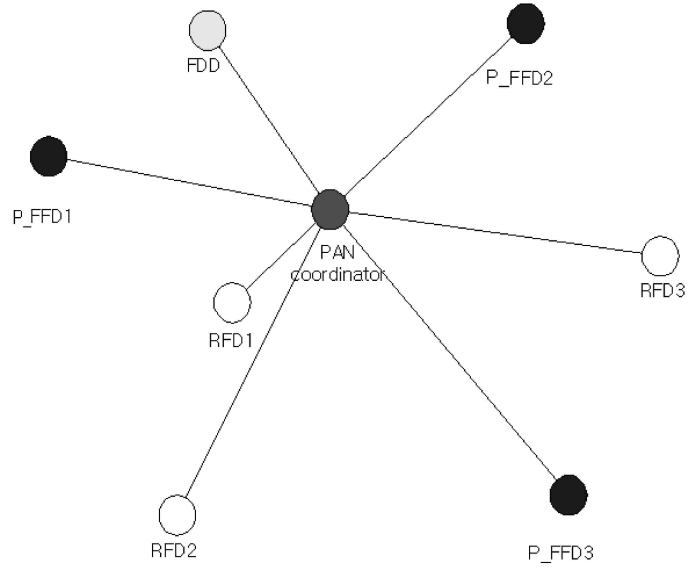
도면9



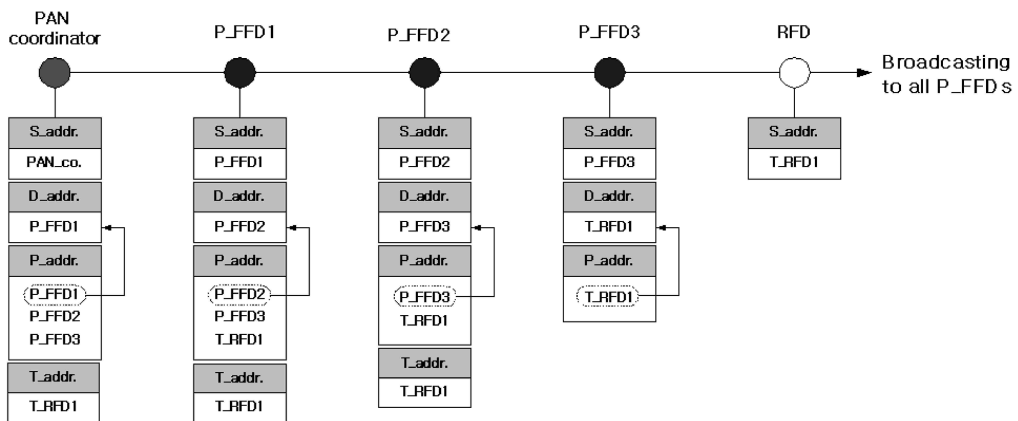
도면10



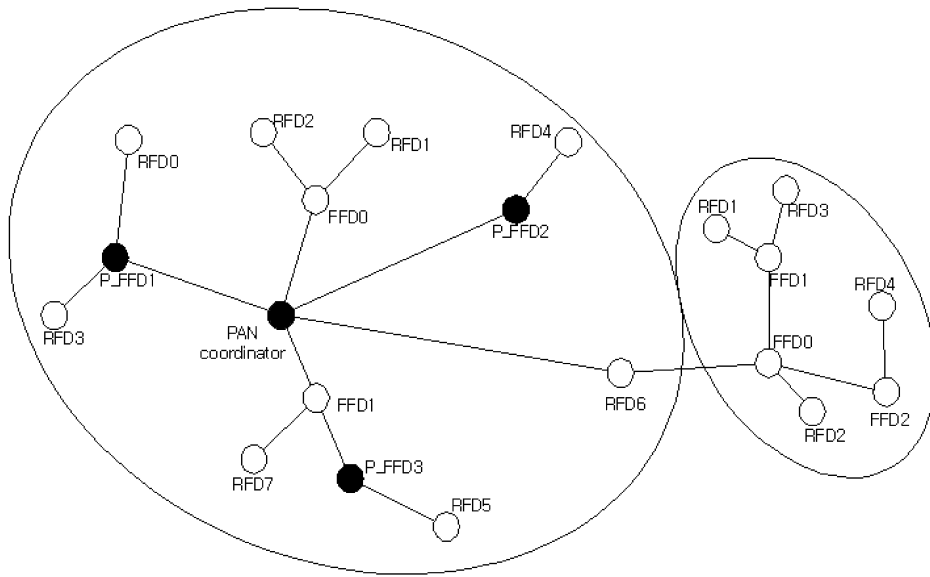
도면11



도면12



도면13



도면14

