(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
G01S 5/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년05월16일
(11) 등록번호 10-0580143
(24) 등록일자 2006년05월09일

(21) 출원번호 10-2003-7009068
(22) 출원일자 2003년07월05일
번역문 제출일자 2003년07월05일
(86) 국제출원번호 PCT/US2001/048986
국제출원일자 2001년12월19일

(65) 공개번호 10-2003-0070597
(43) 공개일자 2003년08월30일
(87) 국제공개번호 WO 2002/54100
국제공개일자 2002년07월11일

(30) 우선권주장 09/755,708 2001년01월05일 미국(US)

(73) 특허권자
모토로라 인코포레이티드
미국, 일리노이 60196, 샤움버그, 이스트 앨공퀸 로드 1303

(72) 발명자
패트와리,닐,케이.
미국,플로리다33301,포트라우더데일,에스.이.퍼스트스트리트,1300

오데아,로버트,제이.
미국,플로리다33305,포트라우더데일,엔.이.26번째애비뉴,2524

알렌,버논,에이.
미국,플로리다33323,선라이즈,엔.더블유.39번째스트리트,11847

퍼킨스,매튜,알.
미국,플로리다33351,선라이즈,엔.더블유.103번째애비뉴,4311

부르주아,모니크,제이.
미국,플로리다33071,코랄스프링즈,엔.더블유.91번째애비뉴-에이피티.8-212,1555

(74) 대리인
이병호
정상구
신현문
이범래

심사관 : 이귀남

(54) 위치 추정을 위한 방법 및 장치

요약

알려진 위치 장치들(112-118, 134-138, 214-218, 224-228)과 알려지지 않은 위치 장치들(120-130, 222)사이의 송신된 신호들과, 알려지지 않은 위치 장치들(120-130, 222)의 쌍들 사이의 송신된 신호들을 측정하는 것에 의해 다수의장치

들(112-130)을 위치시키는 시스템은, 신호 측정치들을 다수의 제 1 서브 식들, 다수의 신호 측정치 예측 서브 식들을 포함하는 그래프 함수로 입력시키고, 예측된 신호 측정치가 실제적인 신호 측정치와 동일할 때 극값을 가지며, 그래프 함수를 최적화시킨다.

대표도

도 1

색인어

신호 측정, 위치, 극값.

명세서

기술분야

본 발명은 무선 장치들의 위치를 결정하는 시스템에 관한 것이다.

배경기술

개체의 위치를 알아내는 능력을 호출하는 다양한 시스템들이 제안되었다. 예를 들어, 자산 제어를 위해, 사무 빌딩의 범위들 내의 개체들(예를 들면, 랩탑 컴퓨터들)의 위치를 알아내는 것이 바람직할 것이다. 또한, 셀룰러 전화 사용자의 위치를 알아내는 것이 바람직하다.

GPS(Global Positioning System)은 다수의 고정된 또는 알려진 위치 수신기들 또는 송신기들을 사용하는 위치를 결정하기 위한 종래의 시스템의 예이다. GPS 수신기는 복수의 알려진 위치로부터 수신된 신호들을 처리함으로써 그의 위치를 결정한다. GPS의 단점은 도시의 협곡들(canyons) 또는 빌딩들 내에서는 GPS 위성들로부터의 신호들이 차단될 수 있다는 것이다.

사무 빌딩 등의 안에 있는 개체들을 추적하기 위하여, 빌딩 내의 고정된 위치들에서 수신기들의 그룹을 배열시키고, 위치될 각 개체에 송신기를 부착시키는 것이 연구되었다. 고정된 수신기들은 하나 또는 그 이상의 수신기들의 그룹으로부터 수신된 신호들에 기초하여 각 개체의 위치를 결정하도록 움직이는 중앙 컴퓨터에 연결된다. 불행하게도 이러한 타입의 시스템은 모든 고정된 수신기들, 그들과 기지국들 사이의 무선 연결들을 포함하는 상당수의 설치된 기반구조를 요구한다. 또한, 이러한 시스템들은 위치의 정확한 결정을 제공하지 않는다. 고정된 수신기 위치의 +/- 25%의 정확성이 통상적이다.

수신된 신호의 세기는 원리적으로 송신기와 수신기 사이의 거리를 결정하는데 사용될 수 있다. 불행하게도, 실제로 채널 감쇠에서의 부정확성들이 이루어질 수 있는 정밀도를 상당히 축소시킨다는 것이 발견되었다.

발명의 상세한 설명

다른 장치들의 위치를 알아내기 위해 위치들이 미리 알려지지 않은 장치들을 사용할 수 있는 것이 바람직할 것이다. 직접적인 통신이 수립될 수 없는 장치들의 위치를 알아낼 수 있는 것이 바람직할 것이다.

보다 적은 설치된 기반구조를 요구하는 위치를 결정하는 시스템 및 방법이 필요하다.

특히 빌딩들 및 도시의 협곡들 내에서 판독하는 위치를 얻는 문제들이 성공하지 못하였다.

따라서, 위에서 언급된 기존의 단점들을 극복하는 시스템 및 방법이 필요하다.

새로운 것으로 믿어진 본 발명의 특징들이 청구항들에서 설명된다. 그러나, 본 발명 자체는 첨부한 도면들과 연관하여 취하여진, 본 발명의 임의의 전형적인 실시예들의 다음 상세한 설명을 참조로 가장 잘 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 서로의 위치를 결정하는데 관련된 다수의 무선 장치들이 위치된 사무 빌딩의 인테리어의 평면도.

도 2는 GPS 위성들 및 셀룰러 네트워크 타워들에 의해 서비스되고, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 각각의 위치를 정하는데 관련된 무선 장치들이 위치된 도시 지역의 대략도.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 무선 장치의 블럭도.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 수신된 신호 증폭기의 블럭도.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 도착 거리 측정치들의 양방향 시간을 생성하기 위해 사용된 직접 시퀀스 확산 스펙트럼 송수신기의 블럭도.

도 6은 본 발명의 대안의 실시예에 따른 스마트 안테나의 블럭도.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 이웃 무선 장치들로부터 그의 거리를 결정하기 위해 무선 장치에 의해 수행된 프로세스의 흐름도.

도 8은 도 7에 도시된 프로세스에 응답하는 무선 장치에 의해 수행된 프로세스의 흐름도.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 복수의 무선 장치들의 위치를 추정하기 위해 공정 노드에 의해 수행된 프로세스의 흐름도.

실시예

본 발명이 많은 상이한 형식들에서 실시예가 가능하며, 본 명세서는 본 발명의 원리들의 예로써 고려되고, 본 발명이 도시되고 서술된 특정 실시예들로 제한되도록 의도되지 않는다는 이해로, 이들이 도면들에서 도시되고 상세한 특정 실시예들에서 설명될 것이다. 또한, 본원에서 사용된 용어들 및 단어들은 제한하는 것으로 고려되지 않으며, 오히려 단지 서술적인 것이다. 이하의 설명에서, 동일한 참조 번호들은 도면들의 몇몇 도(view)들에서 동일한, 유사한 또는 대응하는 부분들을 설명하는데 사용된다.

본 발명의 바람직한 실시예들을 따라, 시스템 및 방법은 이동 장치들을 위한 위치 추정들을 제공하기 위해 동작된다. 시스템은 설치된 기반 구조의 큰 양을 요구하지 않는다.

또한 신호들(예를 들면, GPS 신호들)의 전파로의 다양한 방해물들이 존재하는 도시 협곡들 및 빌딩들의 내부의 경우에, 시스템은 범위의 외부에 있지 않은 장치들을 위한 위치 정보를 제공하기 위해 동작할 수 있다.

시스템은 무선 통신 장치들을 사용하여 수행될 수 있으며, 다음 10년간 증가될 것으로 예상된다. 위치 결정에 있어서의 시스템의 정확성은 그의 정확성이 주어진 부피에서의 장치들의 수가 증가함에 따라 증가하기 때문에 증가로부터 이득이 될 것이다.

도 1은 사무 빌딩의 인테리어의 평면도(100)로서, 각각의 위치 결정에 관련된 다수의 무선 장치들이 위치되어 있다.

평면도는 복수의 사무실들을 둘러싸는 주변 벽(102)을 포함한다. 칸막이들의 제 1 세트(104) 및 칸막이들의 제 2 세트(106)는 주변 벽(102) 내에 포함된다. 벽으로 된 사무실들의 제 1 세트(108)는 주변 벽(102)의 제 1 면을 따라 위치되고 벽으로 된 사무실들(110)의 제 2 세트는 주변 벽(102)의 제 2 면을 따라 위치된다. 칸막이 벽들, 주변 벽(102), 및 벽으로 된 사무실들(108, 110)의 벽들은 그들의 전도성과 반사율을 결정하는 상이한, 주파수에 의존하는 전기적 특성들(즉, 굴절의 실수 및 허수 인덱스들)을 갖는다.

평면도에 도시된 원형의 개체들(112-132)은 이동 무선 장치들이며, 그들의 위치들은 알려져있지 않고 결정된다. 이러한 이동 무선 장치들(112-132)은 예를 들면, 랩탑 컴퓨터들과 같은 가치있는 자산들에 부착된 송수신기 보안 태그들, 또는 셀 폰들과 같은 이하에 설명된 하드웨어를 포함하는 무선 통신 장치들을 포함할 수 있다. 검은 원형들(112-118)은 이동 기준 무선 장치들을 나타낸다. 기준 장치들(112-118)의 위치들은 고정된 위치 장치들과 통신하거나 또는 그의 위치들이 미리 결정되는 장치들(예를 들면, GPS 위성들)에 의해 어떠한 측정 정확도 내로 결정될 수 있다. 다양한 기준 위치 기술들

이 종래에 알려져있다. 기준 무선 장치들(112-118)은 예를 들면 그들이 그들의 위치를 결정할 수 있는 GPS 수신기들을 갖출 수 있다. 대안적으로 참조 장치들(112-118)의 하나 또는 그 이상의 위치가 3개의 고정된 수신기들(134-138)을 사용하여 TDOA(Time Difference of Arrival)에 의해 결정될 수 있다. 각 참조 장치(112-118)는 3개의 고정된 수신기들(134-138)에 의해 수신되는 코딩된 시퀀스를 송신할 수 있다. 코딩된 시퀀스에서 수신된 고정된 수신기들(134-138)의 각각에서의 시간들 사이의 상대적인 시간 시프트와 고정된 수신기들(134-138)의 알려진 위치들은 이후 각 기준 장치의 위치를 계산하기 위하여 사용될 수 있다. 기준 장치들이 그들의 위치를 결정하도록 하는 시스템을 제공하기 위한 다른 가능한 방법은 복수의 상이한 코드 시퀀스들을 따라 사무 빌딩 전체의 상이한 위치들에서의 복수의 광들을 변조시키는 것이다. 기준 장치(112-118)는 이후 그가 검출하는(광검출기를 사용하여) 광이 변조되었던 특정 코드를 식별하는 것에 의해 그의 위치를 확인할 수 있다. 본 발명의 양수인에게 양도된 발명의 명칭이 "Interference-Robust Coded-Modulation Scheme for Optical Communications and Method for Modulating Illumination for Optical Communications"인, 2000년 12월 8일 출원된 일련 번호 09/733,717과, 발명이 명칭이 "Optically Based Location System and Method for Determining a Location at a Structure"인, Motorola,Inc.에 양도된, 미국 출원 대리인 문서 번호 CM03380J 에서, 공동 계류중인 출원들이 코드 변조된 광들을 사용하는 위치 시스템을 제공하고 본 명세서에 참조로 포함된다.

어둡지 않은 원들(120-130)은 기준 장치들에 반대되는 블라인드(Blind) 이동 무선 장치들을 나타낸다. 본 발명에 의해 제공된 특정 방법들은 이하에서 상세히 설명될 바와 같이 블라인드 장치들(120-130)을 위치시킬 수 있다. 점선들은 서로의 범위 내에 있는 장치들을 연결한다. 모든 장치들이 각 장치의 범위 내에 있는 것이 아님을 주의한다. 중앙 처리 노드(132)는 이하에서 더욱 상세히 설명될 바와 같이 기준 장치들(112-118)과 블라인드 장치들(120-130)의 위치들을 결정하는데 포함된 계산들을 수행하는 역할을 한다. 일부 실시예들에 따라 처리 노드(132)가 사용되지 않고 앞서 언급된 계산들이 무선 장치들(112-130)의 하나 또는 그 이상을 따라 분포된다. 기준 장치(118)와 블라인드 장치(130) 두 개 모두는 빌딩의 외부에 위치되어 있다는 것에 주의한다. 앞의 두개의 장치들은 무선 통신 장치들, 예를 들면 전화기들 일 수 있다. 이러한 두개의 외부 무선 장치들(118, 130)은 그들의 위치들을 결정하는데 다른 무선 장치들(112-116, 120-128, 132)의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 단지 하나의 이동 장치(120)가 프로세서 노드(132)의 범위 내에 있다고 하여도, 다른 이동 장치들은 장치들의 시퀀스를 통해 메세지들을 중계함으로써 프로세서 노드와 통신할 수 있다. 대안적으로 무선 장치들(112-132)의 범위는 높은 파워 송신기들의 사용을 통해 확장될 수 있으며, 따라서 모든 장치들(112-132)은 서로의 범위 내에 있을 것이다.

도 2는 GPS 위성들 및 셀룰러 네트워크 타워들(214-218)에 의해 서비스된 도시 지역(200)의 개략도이다. 도 2를 참조하면 제 1(202), 제 2(204), 제 3(206) 및 제 4(208) 빌딩들이 무선 송신 신호들을 가로막는, 및/또는 다중-경로 간섭을 일으킬 잠재성을 가진 도시 영역(200)에 위치된다. 두개의 GPS 위성들(210, 212)이 도시 영역(200)의 도 내의 궤도에 도시된다. 실제로는 두개 이상의 위성들이 도시 영역(200)의 도에 있을 것이다. 적어도 4개의 GPS 위성들로부터의 신호들이 그의 위치를 결정하기 위해 GPS 수신기에 대해 수신되어야 한다. 제 1 및 제 2 기지국 송수신기들(214 및 216)은 각각 제 1(202) 및 제 4(208) 빌딩들 위에 위치된다. 기지국 송수신기들(210 및 216)은 이동 무선 장치들(222-228)까지의 거리들을 결정하기 위해서 신호 측정치들을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 제 4 빌딩들의 왼쪽에 위치되는 제 3 기지국(218)은 위상-어레이 또는 '스마트(smart)' 안테나(220)로 장착된다. 스마트 안테나(220)는 처리 전자장치들 뿐만 아니라 복수의 방사 소자들을 포함한다. DOA(direction of arrival) 알고리즘을 이용하여, 스마트 안테나(220)는 그가 신호들을 수신하는 것으로부터 다양한 무선 장치들(222-228)로의 방향을 결정할 수 있다.

블라인드 장치(222)가 4개의 빌딩들(202-208) 사이에 위치되는 도 2에 도시된다. 블라인드 장치(222)는 도 1에 도시된 블라인드 장치(130)일 수 있다. 즉, 빌딩 내부 위치에 포함된 무선 장치들(112-130)은 또한 내부 빌딩 무선 장치들(112-130)의 위치가 보다 넓은 영역의 좌표 시스템 내에서 결정될 수 있도록 외부적으로 위치된 무선 장치들과 통신할 수 있다. 제 1, 제 2, 및 제 3 외부 기준 장치들(224-228)은 4개의 빌딩들(202-208)의 외부에 위치된다. 외부 기준 장치들의 하나가 기준 장치(118)로서 동일한 장치일 수 있다.

이동 스위칭 센터(230)는 3개의 기지국 송수신기들(214-218)과 통신한다. 이동 스위칭 센터(230)는 처리 노드(132)를 포함한다. 처리 노드(132)는 이동 스위칭 센터(230)를 통해 그들로부터 신호들을 수신하기 위해서 3개의 기지국들(214-218)과 전기적으로 연결된다. 처리 노드(132)에는 통신 위치 추정들의 목적을 위한 긴급-911 시스템(도시되지 않음)과 같은 외부의 정보 시스템과의 통신을 위해 통신 인터페이스가 제공될 수 있다.

빌딩들(202-208)은 하나 또는 그 이상의 GPS 위성들(210, 212)로부터의 신호가 블라인드 장치(222)로의 도달로부터 차단되고, 또는 아마도 블라인드 장치(222)가 GPS 수신기와 작동하지 않는다.

기준 장치(224-228)가 특정 기지국과 통신한다는 사실은 대략적으로 무선 네트워크 셀과 동일한 영역 내로 그를 위치시키기 위해 사용될 수 있다. 보다 나은 추정을 위하여, 하나 이상을 사용하는 TDOA와, 바람직하게는 세개 또는 그 이상의

기지국들(214-218)이 기준 장치들을 위치시키는데 사용될 수 있다. TDOA가 단지 하나의 기준국(214-218)의 범위 내에 있는 것에 의해 위치되는 것을 인에이블하기 위하여 하드웨어 및 소프트웨어에 기준 장치가 제공될 수 있다면, 이후 이는 블라인드 장치가 충분히 될 수 있다. 본 발명의 제공들에 따라 블라인드 장치와 하나 또는 그 이상의 기지국(들) 사이의 송신된 신호의 측정들은 블라인드 장치의 위치를 결정하기 위한 분포들의 범위 내에 존재한다.

도 3은 본 발명이 바람직한 실시예를 따른 무선 통신 장치(300)(송수신기의 개략도이다. 도 3을 참조하면 안테나(302)가 송신기-수신기 스위치(336)의 제 1 단말에 전기적으로 연결된다. 송신기-수신기 스위치(336)의 제 2 단말은 수신된 신호 증폭기(304)의 입력으로 전기적으로 연결된다. 수신된 신호 증폭기(304)의 출력은 복조기(306)에 전기적으로 연결된다. 로컬 진동자(310)가 또한 복조기(306)에 전기적으로 연결된다. 복조기(306)의 출력은 아날로그-디지털 컨버터(308)의 제 1 입력으로 전기적으로 연결된다. 수신된 신호 증폭기(304)의 신호 태핑 오프된 증폭기 피드백 루프가 아날로그-디지털 컨버터(308)의 제 2 입력으로 전기적으로 연결된다. 증폭기 피드백 루프로부터의 신호는 수신된 신호의 파워를 나타낸다. 이러한 측정치가 RSSI(Receiced Signal Strength Indicator)로 지칭된다. 거리의 유용한 지시자인 RSSI를 생성하기 위하여 신호가 미리정해진 파워에서 송신된다. 안테나(302), T/R 스위치(336), 수신된 신호 증폭기(304), 및 복조기(306)가 수신기를 구성한다.

디지털-아날로그 컨버터(316)의 출력은 변조기(314)로 전기적으로 연결된다. 로컬 진동자(310)가 또한 변조기(314)에 연결된다. 변조기(314)의 출력은 송신된 신호 증폭기(312)의 입력으로 전기적으로 연결된다. 송신된 신호 증폭기(312)의 출력은 송신기-수신기 스위치(336)의 제 3 단말로 전기적으로 연결된다. 변조기(314), 송신된 신호 증폭기(312), T/R 스위치(336), 및 안테나(302)가 송신기를 형성한다.

아날로그-디지털 컨버터(308)의 출력, 디지털-아날로그 컨버터(316)의 입력, RAM(Random Access Memory;318), 프로그램 메모리(320), 프로세서(322), 가속도계 인터페이스 전자 장치들(324), 및 GPS 또는 다른 기준 위치 모듈(326)이 전기적으로 디지털 신호 버스(328)에 연결된다. 프로그램 메모리(320)는 예를 들면 EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)의 형태로 취할 수 있다. 프로세서(322)는 바람직하게 프로그램가능한 DSP(Digital Signal Processor)를 포함한다. 가속도계 인터페이스 전자 장치들은 가속도계(330)와의 인터페이스를 위해 사용된다. 인터페이스 전자 장치들(324)은 프로세서(322)의 인터럽트 핀에 전기적으로 연결된다. 인터페이스 전자 장치들(324)은 무선 장치(300)가 이동될 때, 인터럽트가 프로세서(322)로 인가되도록 하는 신호를 출력하는 인터페이스 전자 장치들(324)로 입력되는 신호를 가속도계가 출력하도록 제공될 수 있다. 인터럽트 요청에 응답하여 실행되는 프로그램은 무선 장치의 위치 결정에 포함된 프로그램이다. 이러한 프로그램들은 이하에서 상세히 설명된다. 프로그램은 프로그램 메모리(320)에 저장된다. 가속도계가 위치 프로그램들의 수행을 트리거하기 (trigger) 위해 사용되는 것이 바람직하지만, 위치 프로그램들은 주기적으로 위치를 결정하도록 대안적으로 기록될 수 있다.

GPS 수신기 외에, 기준 위치 모듈(326)은 대안적으로, 예를 들면, 위에서 언급된 공동 계류중인 발명의 명칭이 "Optically Based Location System and Method for Determining a Location at a Structure" 및 "Interference-Robust Coded-Modulation Scheme for Optical Communications and Method for Modulating Illumination for Optical Communications"인 출원들에서 제공된 바와 같은, 수신된 광의 변조를 검출함으로써 사무실 내의 위치를 결정하는 모듈을 포함할 수 있다. 기준 위치 모듈(326)은 대안적으로, 예를 들면, 다른 근접 센서 기술을 사용할 수 있다. 예를 들면 몇몇 무선 통신 장치들에 대한 경우일 수 있는, 설계에 의한 블라인드인 장치들에서(예를 들면, GPS가 없는 셀 폰들), 기준 위치 모듈(326)은 존재하지 않을 것이다.

입력 아날로그 신호 변환기(332)는 아날로그-디지털 컨버터(308)의 제 2 입력으로 전기적으로 연결된다. 입력 아날로그 컨버터(332)는 예를 들면, 마이크로폰의 형태를 취할 수 있다. 출력 신호 변환기(334)는 디지털-아날로그 변환기(316)의 제 2 출력에 전기적으로 연결된다. 출력 신호 변환기(334)는 예를 들면 스피커의 형태를 취할 수 있다.

자산 제어 목적들을 위한 빌딩의 이동가능한 개체들을 태그하기 위해 사용되는 무선 장치의 경우에, 입력 및 출력 아날로그 신호 변환기들(332 및 334)을 분배하는 것이 가능하다.

도 3에 도시된 블럭도는 처리 노드(132)의 내부 아키텍처를 설명할 수 있다. 그러나 처리 노드(132)에 대하여 신호 변환기들(332 및 334)은 요구되지 않는다. 처리 노드(132)가 고정되어 있다면, 그 자신의 위치 좌표들로 미리 프로그램되어 여분의 다른 기준 위치 모듈(326)을 만들게 된다. 부가적으로, 처리 노드(132)가 고정되어 있으면 이후 가속도계(330), 및 인터페이스 전자 장치들(324)이 제거될 수 있다. 무선 수신기에 전기적으로 연결돈 워크스테이션 또는 개인 컴퓨터는 처리 노드(132)로서 또한 사용될 수 있다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 수신된 신호 증폭기(304)의 블럭도이다. 도 4를 참조하면 수신된 신호 증폭기(304)는 제 1 증폭기(404)에 전기적으로 연결된 입력(402), 제 1 증폭기(404)에 전기적으로 연결된 제 2 증폭기(406), 제 2 증폭기(406)에 전기적으로 연결된 제 3 증폭기(408)를 포함한다. 제 3 증폭기(408)이 출력은 복조기(306)와 정류기(410)에 전기적으로 연결된다. 정류기(410)는 저역 통과 필터(412)에 전기적으로 연결된다. 저역 통과 필터(412)의 출력은 미분 증폭기(414)의 제 1 입력으로 전기적으로 연결된다. 수신된 신호 증폭기(304)에 대한 파워 출력 세팅에 대응하는 세트 포인트 전압은 미분 증폭기(414)의 제 2 입력으로 인가된다. 미분 증폭기(414)의 출력은 아날로그-디지털 컨버터(308)의 제 2 입력으로, 및 제 1 증폭기(404)의 이득 세팅 입력으로 전기적으로 연결된다. 미분 증폭기의 출력이 RSSI이다. 아날로그-디지털 컨버터(308)와 결합되는, 수신된 신호 증폭기(304)는 신호 세기 측정기를 구성한다.

본 발명의 제공들에 따라, 제 1 블라인드 장치(102-130(도 1)) 및 제 2 블라인드 장치(102-130(도 1)), 기지국들(214-218(도 2)) 중 하나, 또는 고정된 수신기들(134-138(도 1)) 중 하나를 포함하는 수신된 신호 세기 측정치들은 제 1 블라인드 장치(222) 부근의 다른 이동 무선 장치들의 위치 결정에 이용될 수 있다.

도 5는 양방향 도착 시간(time of arrival) 거리 측정치들을 생성하기 위해 사용된 직접 시퀀스 확산 스펙트럼 송수신기(500)의 기능적인 블럭도이다. 도 5는 도 3에 도시된 하드웨어를 사용하여 수행될 수 있는 특정 기능들을 강조하는 것으로 의도되기 때문에 도 3에 도시된 임의의 하드웨어 소자들이 도 5에서 생략된다. 도 5를 참조하면, 도 3으로부터 안테나(302), 송신기-수신기 스위치(336), 수신된 신호 증폭기(304), 송신된 신호 증폭기(312), 복조기(306), 변조기(314), 및 로컬 진동자(310)가 도시된다.

복조기(306)는 로컬 진동자(310) 및 PN(pseudo random number sequence) 상관기(502)에 전기적으로 연결된다. PN 생성기(510)가 또한 PN 상관기(502)에 전기적으로 연결된다. PN 상관기(502)는 복조기(306)로부터 수신된 PN의 버전과 PN 생성기(510)에 의한 PN 입력의 버전 사이의 상관 계산을 수행하기 위해 동작한다. PN 상관기(502)는 최대 상관 계산 결과를 주는 PN의 두 버전들 사이의 상대적인 위상 시프트를 결정하는 위상 측정기(504)보다 앞서 동작한다. PN 상관기(502)의 출력은 기저 대역 위상 고정 루프(508)의 입력으로 전기적으로 연결된다. 기저 대역 위상 고정 루프(508)는 클럭(506)과 전기적으로 연결된다. 클럭(506)은 PN 생성기(510)와 전기적으로 연결된다. PN 생성기는 변조기(314)와 전기적으로 연결된다.

상관기(502), 위상 측정기(504), 기저 대역 위상 고정 루프(508), PN 생성기(510)는 프로그램 메모리(320)에 저장된 하나 또는 그 이상의 프로그램들로서 구현될 수 있으며, 프로세서(322)에 의해 수행된다.

동일한 송수신기(500)가 양방향 TOA 거리 측정치에 포함되는 둘 또는 그 이상의 장치들에 의해 사용될 수 있다. 하나의 장치는 개시자이며, 다른 장치는 응답자이다. 동작에서, 개시자는 PN을 먼저 생성시키고 송신한다. 응답자는 PN을 수신하고 위상 고정 루프(508)를 사용하여 시간을 측정하는 것에 의해 속도 클럭(506)을 조절하며, 수신된 기저 대역 신호의 칩 속도를 매치시키기 위해 PN 생성기(510)를 구동시키기 위해 사용된다. 시간의 주기를 기다린 후에 응답자는 PN을 재송신한다. 응답자가 대기하는 시간의 주기는 다음의 표현을 통하여 바람직하게 결정된다:

T=R*BT

여기서 BT는 의사 랜덤 넘버 시퀀스의 기간이며,

R은 랜덤 정수이다.

광속(c)에 의해 곱해진 의사 랜덤 넘버 시퀀스의 기간은 바람직하게 송수신기의 범위보다 커지며, 따라서 측정된 거리에서 모호성을 회피하게 된다.

그들이 동일한 의사 랜덤 넘버 시퀀스에 응답하여 프로그램된다면, 응답에 랜덤니스(randomness)를 주입하는 것은 다중 응답 장치들 사이의 충돌들을 회피하도록 의도된다.

응답기, 개시자에 의해 재송신된 PN을 수신하면, 상관기(502) 전에 동작하는 위상 측정기(504)를 사용하여, 의사 랜덤 넘버가 개시자에 의해 먼저 보내진 시간과 의사 랜덤 넘버가 응답자로부터 다시 수신된 시간 사이의 오프셋 시간을 결정한다. 오프셋 시간은 개시자와 응답자를 구분하는 거리의 측정치를 얻기 위해 C에 의해 곱해진다. 상관 동작은 수신된 신호의 위상이 측정되는 신호 측정치이다.

도 6은 본 발명의 대안의 실시예에 따른 스마트 안테나(220)의 블럭도이다. 도 6을 참조하면 안테나 어레이(602)는 송신기-수신기 스위치 어레이(604)에 전기적으로 연결된다. 안테나 어레이(602)는 위상 어레이를 포함하여, 선택된 방향으로부터 송신된 신호들이 선택될 수 있도록 한다. 송신기-수신기 스위치 어레이(604)는 하향 변환 어레이(606)와 상향 변환 어레이(608)에 전기적으로 연결된다. 하향 변환 어레이(606)는 다중 채널 아날로그-디지털 컨버터(618)로 전기적으로 연결된다. 상향 변환 어레이(608)는 다중 채널 디지털-아날로그 컨버터(610)로 전기적으로 연결된다. 디지털 신호 프로세서(612)는 다중 채널 아날로그-디지털 컨버터(618)와 다중 채널 디지털-아날로그 컨버터(610)로 전기적으로 연결된다. 디지털 신호 프로세서(612)는 랜덤 액세스 메모리(614), 및 프로그램 메모리(616)와 집적되거나 전기적으로 연결된다. DOA(Direction of Arrival) 알고리즘은 프로그램 메모리(616)에 저장되고 디지털 신호 프로세서(612)에 의해 실행된다. DPA 알고리즘은 안테나 어레이(602)의 특정 방향들로부터 도착하는 신호들을 선택하기 위해 다중 채널 아날로그-디지털 컨버터(618)에 의해 디지털화된 신호들을 처리한다. DOA 알고리즘은 원격 송신기가 위치된 방향을 결정한다. 신호들은 또한 안테나 어레이(602)의 복수의 안테나들로 인가된 신호들의 상대적인 위상을 제어하는 것에 의해 안테나 어레이(602)에 의해 특정 방향에서 송신될 수 있다.

다른 정보가 없는 특정 이동 무선 장치에 대한 단일 DOA 측정은 단지 그의 방향을 결정할 것이다. 그러나 이러한 측정치는 본 발명의 제공에 따라 특정 이동 장치 및 그 주변의 다른 이동 장치들에 대한 위치 추정들로 분배하기 위해 사용될 수 있다.

기지국(218)에 고정되는 것보다, 스마트 안테나(220)는 이동체 탑재 무선 장치와 같은 제 1 이동 장치에 탑재될 수 있다. 제 1 이동 장치의 방향(bearing)이 알려져 있지 않다면 다른 이동 장치들(예를 들면, 이동 장치들을 송신하는)로의 방향이 크게 사용되지 않을 것이지만, 제 1 장치에서 스마트 안테나를 사용하여 측정된 것으로서 두개의 다른 장치들로의 방향들 사이의 차이는 제 1 이동 장치의 회전들 하에서 불변이 될 것이며, 본 발명의 제공들에 따라 3개의 장치들 및 그들의 주변의 다른 장치들의 위치들을 추정하는데 사용될 수 있다.

앞으로 설명될 바와 같이, 본 발명은 각각의 범위 내에 있는 복수의 장치들의 서브셋들 사이의 신호들을 송신하는 것에 의해, 바람직하게는 두개 또는 그 이상의 블라인드 이동 장치들을 포함하는 복수의 이동 무선 장치들의 위치들을 결정하기 위한 방법 및 시스템을 제공한다. 장치들의 범위는 복수의 이동 장치들의 각 장치가 복수의 장치들의 모든 다른 장치들에 도달할 수 없도록 매우 작아질 수 있다. 낮은 범위를 갖도록 무선 장치들을 설계하는 것은 배터리 파워가 보존되도록 할 수 있다. 제한된 범위에도 불구하고, 본 발명은 위치 추정에 관계된 더 많은 장치들을 갖는 것에 의해 장치들에 대한 위치 추정들의 정확도를 개선시킬 수 있다.

본 발명이 일부 실시예들에 따라, 복수의 무선 장치들의 각각의 멤버들 사이에서 송신된 신호들과, 그의 범위 내에 있는 복수의 무선 장치들의 다른 무선 장치들이 실질적인 측정치 값들의 세트를 얻기 위해 측정된다. 무선 장치들의 그룹은 바람직하게 적어도 두 개의 블라인드 장치들을 포함하며, 그의 위치들은 측정 프로세스의 초기에 알려져 있지 않다. 좌표들의 복수의 세트들이 복수의 무선 장치들을 위해 가정된다. 가정된 좌표들은, 예를 들면, 무선 장치들의 이전의 알려진 좌표들일 수 있고, 또는 계산된 랜덤 넘버 생성기를 사용하여 임의로 선택된 좌표들 일 수 있다. 측정치들의 결과는 복수의 예견된 측정치 값들을 얻기 위해 가정된 좌표들에 기초하여 계산된다. 예견된 측정치 값들은 실제적인 측정치 값들과 비교되어, 가정된 좌표들이 실제적인 측정치 값들과 가정된 측정치 값들의 비교의 결과에 기초하여 교정된다. 실제적인 측정치 값들에 예견된 측정치 값들을 비교하고, 가정된 측정치들을 교정하는, 결과 측정치들을 예견하는 단계들은, 실제적인 값들과 예견된 값들 사이의 매치에서 더 이상의 개선이 예상되지 않을 때까지 반복되는 것이 바람직하다. 실제로 가정된 측정 값들을 실제적인 측정 값들과 비교하고 가정된 측정치들을 교정하는 프로세스는 수학적 함수를 최적화하는(최소 또는 최대를 찾는) 컴퓨터 프로그램에서 수행될 수 있다.

본 발명이 일부 실시예들에 따라 (A) 차례로 가정된 좌표들에 의존하는 예견된 신호 측정치 값과 (B) 실질적인 신호 측정치들에 의존하는 수학적 함수는 함수를 (적어도 대략적으로) 최대화 또는 최소화하는 가정된 좌표 값들을 결정하는 것에 의해 최적화된다. 좌표들의 최적화된 값들은 위치 추정들에 대응한다. 앞에 언급된 수학적 함수는 이후에 그래프 함수(GF)로서 참조될 것이다. 수학적 기호에서 그래프 함수는 바람직하게 다음의 표현을 포함한다:

Sub_Exp_1 = f1(ASM,f2(PC))

여기서 ASM은 실제적인 신호 측정치들의 세트이며,

PC는 가정된 좌표 변수들의 세트이고,

f1 및 f2는 수학적 함수들 또는 컴퓨터 프로그램 서브루틴들이다.

f2는 PC에 기초하여 예견된 신호 측정치들을 준다. PC는 바람직하게 적어도 두 개의 이동 블라인드 장치들의 좌표들을 포함하며, ASM은 바람직하게 두 개의 이동 블라인드 장치들 사이의 신호 측정치들을 포함한다. f2는 바람직하게 폐쇄된 형태에서 기록될 수 있는 수학적 표현을 포함한다(예를 들면, 서브루틴의 형태에서). 대안적으로, f2는 예를 들면 제 2 위치로부터 송신된 신호에 기초한 한 위치에서 신호 측정치를 예견하는 레이-트레이싱(ray-tracing) 프로그램을 포함할 수 있다.

그래프 함수는 다양한 블라인드 장치들과 단지 몇몇의 (바람직하게는 적어도 두개; 더욱 바람직하게는 적어도 세개의) 기준 장치들의 좌표들을 포함할 수 있으며, 장치들 사이의 많은 신호 측정치들에 의존한다. 단지 몇몇의 기준 장치들이 있고, 많은 측정치들을 사용하여 신호 측정치들이 큰 에러들을 포함할 수 있다고 하여도, 본 발명의 방법은 매우 정확하게 많은 블라인드 장치들을 위치시킬 수 있다. 그래프 함수라는 용어는 일부 송수신기들이 다른 송수신기들의 범위에 있는 송수신기들의 배열이 각각의 에지가 두 장치들 사이에서 형성된 신호 측정치에 대응하고, 에지 길이들이 두 장치들을 분리하는 거리들에 대응하는 송수신기들의 위치들의 그래프에 의해 표현될 수 있다는 것을 나타낸다. 본원에서 사용된 바와 같이, 서브 식이라는 단어는 항, 지수, 펙터 또는 초월 함수의 독립 변수나 그의 부분을 포함한다. 본 발명의 일부 실시예들을 따라 적어도 두개의 블라인드 무선 장치들의 좌표들에 의존하는 적어도 하나의 그래프 함수가 이들의 좌표들을 결정하기 위하여 최적화된다. 본 발명에 따라, 많은 블라인드 무선 장치들의 위치는 위치들이 계산들이 수행되기 전에 알려져 있지 않다고 하더라도 결정될 수 있다.

실질적인 신호 측정치에서 측정된 신호와 예견된 신호 측정치에서 예견된 신호는 바람직하게 TOA에 대하여 사용된 신호이다. 도 5에 도시된 송수신기들은 양방향 TOA 거리 측정치에 대하여 사용된 신호들을 송신하고 수신하기 위해 사용될 수 있다. 대안적으로, 신호는 RSSI에 대해 사용된 신호일 수 있다. RSSI를 사용할 때 두개의 송수신기들 사이의 분리가 채널 감쇠 모델에 기초하여 추론된다.

그래프 함수는 바람직하게 복수의 다음 형태의 서브 식들을 포함한다.

Sub_Exp_2 = f3(ASM1-f4(PC1,PC2))

여기서 ASM1은 실제적인 신호 측정치들의 세트이며,

PC1은 실제적인 신호 측정치의 형성에 관련된 제 1 무선 장치에 대응하는 가정된 좌표들의 세트이고,

PC2는 실제적인 신호 측정치의 형성에 관련된 제 2 무선 장치에 대응하는 가정된 좌표 세트이며,

f3은 함수이고,

f4는 PC1 및 PC2에 기초한 실제적인 신호 측정치를 예상하는 함수이다.

실제적인 신호 측정치가 수신된 신호 세기 측정치(RSSI)에 있는 경우에, f4는 바람직하게 그와 송신 장치 사이의 거리에 기초한 수신 장치에 도달하는 신호 세기를 예측하는 채널 감쇠 모델을 포함한다. 채널 감쇠 모델(CH_A_1)은 다음과 같은 형태를 취하는 것이 바람직하다:

$$P_{i,j} = P_o(d_0) - 10n\log\left(\frac{d_{i,j}}{d_o}\right)$$

여기서 $P_{i,j}$는 다른 것으로부터 i번째 및 i번째 장치들의 하나로 도착하기로 예측된 데시벨들(decibels)의 파워이고,

d_0는 기준 측정치를 형성하기 위해 사용된 기준 거리이며,

P_0는 거리 d_0에 의해 송신 장치로부터 분리되는 수신 장치에 도달하는 데시벨들의 파워이고,

$$d_{i,j}=\sqrt{(X_i-X_j)^2+(Y_i-Y_j)^2+(Z_i-Z_j)^2}$$

이며, 여기서 (X_i, T_i, Z_i)는 i번째 장치에 대한 가정된 좌표들의 세트이고,

(X_j, Y_j, Z_j)는 j번째 장치에 대한 가정된 좌표들의 세트이며,

n은 주어진 환경에 대해 실험적으로 결정된 파라메터로, 거리의 함수로서 파워의 손실을 특성화 한다.

이하에서 더욱 상세히 설명될 바와 같이 n은 기준 장치들 사이의 신호 측정치들에 기초하여 선택될 수 있다.

그래프 함수는 바람직하게 (각 에지에 대한) 장치들의 쌍 사이의 각 신호 측정치에 대하여 각각 Sub_Exp_2 형태의 복수의 서브 식들을 포함한다. Sub_Exp_2의 함수 또는 절차 f3은 바람직하게 실제적인 신호 측정치 ASM1이 f4에 의해 예견된 신호 측정치와 동일할 때 그가 극값을 갖는 특성을 가진다. 그래프 함수를 최적화 시키는 가정된 좌표 값들은 그래프 함수 내의 Sub_Exp_2 형태의 각각의 서브 식을 최적화시킬 필요가 없을 것이다. 후자는 신호 측정치들이 서브 식들을 개별적으로 최적화시킬 가정된 좌표들에서의 불일치들로 리딩하는 에러들을 포함한다는 사실 때문이다. 단일 장치의 가정된 좌표들에 의존하는 다중 서브 식들을 포함하는 그래프 함수를 사용하는 것이 바람직하다. 가정된 좌표들은 위에서 서술된 조건들 하에서 최적화된다. 이에 의해 개별적이고 실제적인 신호 측정치들의 에러들의 효과가 감소된다. 최적화는 그래프 함수의 극값에 대응하는 가정된 좌표들의 값들인 위치 추정들의 정밀도를 증가시킨다.

바람직하게 가정된 좌표 변수들의 세트는 최적화를 수행하기 전에 알려지지 않는 적어도 두 개의 블라인드 장치들과 위치들에 대한 좌표 변수들을 포함한다.

보다 바람직하게, 그래프 함수는 에러 함수의 확률을 포함하는 서브 식을 갖고, 항은 실제적인 측정치와 예견된 측정치 사이의 차이다. 수학적인 표현은 다음과 같다:

$$Sub_Exp_3 = fE(ASM1-f4(PC1,PC2))$$

여기서 ASM1, PC1, PC2 및 f4는 위에서 정의되었고,

PE는 에러 함수의 확률이다. 에러 함수의 확률은 바람직하게 연속적인 확률 밀도 함수이다.

바람직하게, 그래프의 복수의 에지들에 대하여 Sub_Exp_3 형태의 서브 식들이 있다. 바람직하게, 각 장치의 좌표를 포함하는 그래프 함수의 적어도 두개의 서브 식들이 있다.

보다 바람직하게, 에러 함수의 확률은 가우시안 분포 함수 서브 식을 포함한다. 가우시안 분포 서브 식들은 바람직하게 다음의 형태이다:

$$Sub_Exp_4=\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{ASM-f4(PC1,PC2)}{\sigma}\right)^2\right\}$$

여기서, ASM1, PC1, PC2 및 f4는 위에서 정의되었고,

σ은 ASM을 얻기 위해 사용된 측정 프로세스의 표준 편차이다.

각각이 그래프의 단일 에지에 대응하는 복수의 가우시안 서브 식들은, 바람직하게 그래프 함수에 함께 곱해진다. 그래프 함수는 바람직하게 가우시안 펙터들의 산물의 자연 대수의 음수를 취함으로써 얻어진다. 후자의 단계는 그래프 함수로부터 지수 함수를 추정하고, 산물을 합으로 변환하며, 함수와 그의 도함수들을 수치를 구하는 계산적인 비용을 감소시킨다. 그래프 함수의 도함수들의 계산은 컨주게이트 그래디언트 방법(conjugate gradient method)과 같은 최적화 알고리즘들의 몇몇 타입들에 대해 필요하다.

본 발명과 연관하여 사용될 수 있고 특히 신호 측정치들의 에러들의 분포를 모델링하는데 적합한 에러 함수들의 대안적인 확률은 레일리(Rayleigh) 분포, 웨이블(Wiebull) 분포, 및 스즈키(Suzuki) 분포를 포함한다. 앞의 에러 함수들의 확률의 각각은 함수의 모양을 결정하는 하나 또는 그 이상의 통계학적 모델 파라메터들을 포함한다. 레일리 분포는 레일리 파라메터를 포함한다. 웨이블 분포는 모양 파라메터와 측정된 신호의 RMS 값을 포함한다. 스즈키 분포는 가우시안 분포에서 표준 편차와 비슷한 역할을 수행하는 두 파라메터들을 포함한다.

각 무선 장치에 대한 다중의 측정들을 포함하는 함수의 사용은 각각의 무선 장치에 대한 위치 추정에서 에러가 있는 측정치의 결과가 감소되는 장점을 갖는다. 에러 함수들의 가우시안 확률을 사용하는 것은 각 측정치가 측정치의 표준 편차의 관점에서 적절한 웨이트로 주어진다는 장점을 갖는다. Sub_Exp_4는 실제적인 신호 측정치들이 예견된 신호 측정치와 동일할 때 (유일한) 극값을 갖는다. 실제적인 신호 측정치들이 큰 에러들을 가지고 있다고 하더라도, 본 발명의 제공들에 따라 개별적인 에러들의 결과는 신호 측정치들이 그들의 연관된 표준 편차에 따라 웨이트가 주어진 그래프 함수를 구성하는 것에 의해 감소된다.

대안적으로, 에러 함수의 레일리 분포가 사용될 수 있다. 에러 함수들의 확률은 에러 함수의 가우시안 분포의 경우에 표준 편차 σ와 같은, 하나 또는 그 이상의 통계학적 모델 파라메터들을 포함한다.

그래프 함수는 또한 바람직하게 기준 장치들의 위치 추정들을 포함하는 복수의 서브 식들을 포함한다. 기준 장치의 서브 식은 바람직하게 다음의 형태를 취한다:

Sub_Exp_5 = f5(PC3,RC3)

여기서 PC3은 기준 장치에 대해 가정된 좌표들이며,

RC3은 기준 위치 기술(예를 들면, GPS, 고정된 송수신기들을 사용하는 TDOA)에 의해 결정된 기준 장치의 좌표들이고,

f5는 기준 위치 기술의 좌표들(RC3)이 가정된 좌표들(PC3)과 동일할 때 극값(최대값 또는 최소값)를 갖는 함수이다.

더욱 바람직하게, 기준 장치 서브 식은 바람직하게 오차 함수의 확률을 포함하는 서브 식을 포함하는데, 독립 변수는 가정된 좌표와 기준 위치 기술에 의해 결정된 좌표 사이의 차이이다. 즉:

Sub_Exp_6 = PE(PC4-RC4)

이고, 여기서 PC4는 기준 장치에 대해 가정된 좌표이며,

RC4는 PC4에 대응하는 기준 위치 기술(예를 들면, GPS, 고정된 송수신기를 사용하는 TDOA)에 의해 결정된 기준 장치의 좌표이다.

보다 바람직하게, 그래프 함수는 다음 형태의 서브 식을 포함한다.

$$Sub_Exp_7 = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{(PC4-RC4)}{\sigma_B}\right)^2\right]$$

여기서 PC4 및 RC4는 위에서와 같이 정의되고,

σ_B는 기준 위치 기술에 의해 RC4의 측정과 연관된 표준 편차이다.

그래프 함수는 바람직하게 다음 형태의 서브 식을 포함한다:

$$Sub_Exp_8 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{P_{i,j} - P'_{i,j}}{\sigma_{db}} \right)^2 \right] \right\}$$

여기서 i는 위치 추정 계산에 관련된 무선 장치들을 나타내는 제 1 인덱스이고,

j는 위치 추정 계산에 관련된 무선 장치들을 나타내는 제 2 인덱스이며,

N은 서로의 위치를 추정하는데 관련된 무선 장치들의 수이고,

H_i는 i번째 무선 장치의 범위에 있는 모든 무선 장치들의 세트이며,

$P'_{i,j}$는 다른 것으로부터 i번째 및 j번째 장치들 중의 하나로 도착하는 파워의 측정치(데시벨들로 표현됨)이며,

$P_{i,j}$는 채널 감쇠 모델에 기초하여 다른 것으로부터 i번째 및 j번째 장치들 중의 하나로 도착할 것으로 예견되는 파워(데시벨들로 표현됨)이며,

σ_{dB}는 $P'_{i,j}$를 측정하기 위해 사용된 측정 프로세스에 포함된 표준 편차이다. 데시벨들로 표현된 파워의 오차들이 가우시안 분포를 따라 분포되기 때문에 σ_{dB}가 $P'_{i,j}$로 인가되는 것은 주목할 만하다. 절대 유닛들에 표현된, 파워 측정치의 에러들의 적합도는 가우시안 분포에 적합하지 않을 것이다.

Sub_Exp_8로 들어가는 파워 측정치들에 포함된 무선 장치들의 세트는 고정된 장치들, 고정되지 않은 기준 장치들, 및 블라인드 장치들을 포함한다.

CH_A_1과 같은 채널 감쇠 모델은 $P_{i,j}$ 및 $P'_{i,j}$에 대하여 서로의 좌표들을 추정하는데 포함된 N개의 무선 장치들을 포함하는 신호 측정치와 N개의 장치들의 가정된 좌표들로부터 추론된 거리에 의존하는 수학적인 표현을 얻기 위하여 Sub_Exp_8로 대신될 수 있다. 결과적인 식의 최대값에 대응하는 N개의 무선 장치들의 가정된 좌표들의 값들은 본 발명에 따라 N개의 장치들에 대한 위치 추정들에 대응한다. 다양한 알고리즘들이 다중-변수 함수를 최적화시키는 변수들의 값을 결정하기 위해 알려진다. Sub_Exp_8은 복수의 펙터들(서브 식의 형식)의 산물이다. 각각의 i번째 장치에 대한 좌표들을 포함하는 펙터들의 시퀀스가 있다는 것에 주의하라.

서로의 위치를 결정하는데 포함되는 모든 장치들이 서로의 범위에 포함되지는 않을 것이다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따라, 그래프 함수는 바람직하게 한 또는 그 이상의 장치들의 쌍들이 서로의 범위 내에 있지 않는 정보를 고려하는 범위 밖의 서브 식을 포함한다. 범위 밖의 서브 식은 서로의 범위 밖에 있다고 알려진 두 장치들 사이의 거리(두 장치들에 대해 가정된 좌표들의 세트들을 사용하여 결정하는)에 의존한다. 제 1 장치의 요청 응답으로부터 보내진 신호가 제 2 장치에 의해 응답되지 않으면 제 1 및 제 2 장치들은 서로의 범위의 밖에 있다고 결정될 수 있다. 범위 밖의 서브 식은 바람직하게 서로의 범위의 밖에 있는 두 장치들 사이의 가정된 거리를 증가시키는 경향이 있다. 예를 들어, 추정된 좌표들에 대응하는 그래프 함수의 극값이 최대값이면(최소값에 반대되는) 범위 밖의 서브 식은 바람직하게 서로의 범위의 밖에 있도록 결정되는 두 장치들 사이의 가정된 거리에 따라 단조롭게 증가한다. 한편, 그래프 함수의 추정된 좌표 극값이 최소이면, 범위 밖의 서브 식은 바람직하게 두 장치들 사이의 거리가 증가함에 따라 단조롭게 감소한다. 더욱 바람직하게, 범위 밖의 서브 식은 서로의 범위 밖에 있는 두 장치들 사이의 가정된 거리가 증가함에 따라 고정된 값으로 점근적으로 접근한다.

그래프 함수는 바람직하게 다음의 범위 밖의 서브 식을 포함한다:

$$Sub_Exp_9 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \int_{P_{i,j} - P_{thresh}}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{S}{\sigma_{db}} \right)^2 \right] dS$$

여기서 P_{thresh}는 무선 장치에 의해 검출될 수 있는 임계치 파워이다. 이전의 서브 식의 경우에, 채널 감쇠 모델에 대한 표현은 N 개의 장치들의 가정된 좌표들의 수학적인 함수를 얻기 위해 Sub_Exp_9의 $P_{i,j}$에 대하여 대용될 수 있다. Sub_

Exp_9는 그들이 다른 무선 장치들의 범위의 밖에 있다는 사실에 기초하여 무선 장치들의 위치에서 개연적인 짐작을 표현한다. Sub_Exp_8이 서로의 범위 내에 있는 무선 장치들 사이에서 수신된 신호들의 세기의 측정치들에 기초하여, N 개의 무선 장치들의 위치를 추정하는데 사용되는데 반하여, Sub_Exp_9는 무선 장치들의 특정한 쌍들이 서로의 범위 밖에 있다는 정보에 기초하여 위치 추정들을 개선하는데 사용된다. Sub_Exp_9는 또한 각 i번째 무선 장치의 가정된 좌표들을 포함하는 펙터들의 시퀀스를 포함한다. Sub_Exp_9의 지수적인 펙터는 서로의 범위의 밖에 있는 두 장치들 사이의 가정된 거리($P_{i,j}$는 단조롭게 증가하는 방법에 의존하는 것으로 가정된다)가 증가함에 따라 단조롭게 증가한다. 부가적으로 각 지수적인 펙터는 고정된 값으로 점근적으로 접근한다. 그래프 함수에서 사용된 것으로 발견된 극값이 최대값이면, 각 지수적인 펙터는 서로의 범위의 밖에 있는 장치들의 가정된 좌표들이 멀어지도록 푸쉬하게 의도될 것이지만, 이러한 푸쉬는 거리가 증가될 수록 하락할 것이다.

대안적으로, 범위 밖의 서브 식은 서로의 범위 밖에 있도록 결정되는 두 장치들의 가정된 좌표들 사이의 거리에 의존하고, 거리가 두 장치들 사이의 통신을 위한 임계치 거리보다 큰 어떤 값일 때 극값을 갖는다. 범위 밖의 서브 식의 극값은, 예를 들면, 유일한 것보다 큰 미리 결정된 펙터에 의해 곱해진 임계치 거리일 수 있다. 미리 결정된 펙터는 바람직하게 1 내지 10 사이에 있으며, 보다 바람직하게는 1.5 내지 5 사이이다.

바람직하게 그래프 함수는 또한 다음의 형태의 서브 식을 포함한다:

$$Sub_Exp_10 = \prod_{i \in R} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - x'_i}{\sigma_x}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{y_i - y'_i}{\sigma_y}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{z_i - z'_i}{\sigma_x}\right)^2 \right]$$

여기서 (x'_i, y'_i, z'_i)는 기준 위치 시스템(예를 들면, GPS, TDOA)을 사용하는 것에 의해 결정된 i번째 기준 장치에 대한 좌표들의 추정들의 세트이며,

(x_i, y_i, z_i)는 i번째 무선 장치에 대해 가정된 좌표들의 세트이고,

R은 기준 위치 기술로 장착되어 서로의 위치를 결정하는데 관련된 무선 장치들의 서브셋이며,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$는 각각, 기준 장치들의 x,y, 및 z 좌표들을 측정할 수 있는 기준 위치 시스템을 갖는 표준 오차들이다.

본 발명이 바람직한 실시예에 따라, 그래프 함수가 Sub_Exp_8의 $P_{i,j}$ 및 $P'_{i,j}$에 대한 채널 감쇠 모델(CH_A_1)의 오른쪽으로 대체하고, Sub_Exp_8, Sub_Exp_9, Sub_Exp_10의 산물의 자연 대수의 음수를 취함에 의해 얻어진다. 대수학적인 단순화 후에, 결과적인 그래프 함수는 다음의 형식을 취한다:

$$GF1 = \frac{b^2}{8}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j \in H_i}^{i-1}\left(\ln\frac{d'^2_{i,j}}{d^2_{i,j}}\right)^2$$

$$-\sum_{i=1}^{N}\sum_{j \notin H_i, j \neq i}\ln\left\{\int_{\frac{b}{2}\ln\frac{dth^2}{d^2_{i,j}}}^{\infty}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{S}{\sigma_{db}}\right)^2\right]dS\right\} + \frac{1}{2}\sum_{i \in R} d_{ii'}{}^2$$

여기서,

$$b = 10n/(\sigma_{db}\ln 10),$$

$$d_{i',i} = \left(\frac{(x_i - x'_i)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y_i - y'_i)^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z_i - z'_i)^2}{\sigma_z^2} + \right)^{(1/2)}$$

$d'_{i,j}$는 채널 감쇠 모델 CH_A_1로의 사용에 의해 다른 것으로부터 장치들의 하나로 도착하는 측정된 파워에서의 플러깅(plugging)에 의해 결정된 바와 같은, i번째 및 j번째 장치들 사이의 거리이며, $d_{i,j}$에 대하여 풀려지고,

(x'_i, y'_i, z'_i)는 기준 위치 기술(예를 들면, GPS)로부터 얻어진 i번째 장치의 좌표들이며,

$d_{i,j}$는 i번째 및 j번째 장치들의 가정된 좌표들 사이의 거리로, 즉,

$$d_{i,j}=\sqrt{(X_i-X_j)^2+(Y_i-Y_j)^2+(Z_i-Z_j)^2}$$

이고, (x_i,j_i,z_i)는 i번째 장치에 대해 가정된 좌표들의 세트이고,

(x_j,y_j,z_j)는 j번째 장치에 대해 가정된 좌표들의 세트이며,

d_{th}는 수신된 신호가 검출에 대한 임계치 레벨에 있을 송신 무선 장치로부터 수신 무선 장치를 분리시키는 거리이다. d_{th}는 시스템에서 사용된 수신기들에 대한 임계치 파워 레벨을 고려하여 채널 감쇠 모델을 사용하여 결정된다.

단순화(지수 및 자연 로그 연산자들의 조합을 포함하는) 후에 그래프 함수 GF1이 Sub_Exp_8, Sub_Exp_9, Sub_Exp_10을 포함한다는 것이 쉽게 명백하지 않다. 그러나 대수적인 단순화들은 GF1의 특성들을 변화시키지 않는다.

최적화 루틴들의 어떤 종류들, 예를 들면 컨쥬게이트 그래디언트 방법에 대해, 변수들에 대한 그래프 함수의 도함수들이 가정된다. 이들은 미적분에 의해 GF1에 대한 표현으로부터 결정될 수 있다.

TOA 측정치들이 RSSI 대신 사용되면 다음의 서브 식이 Sub_Exp_8 대신 그래프 함수에 포함될 수 있다:

$$Sub_Exp_11=\prod_{i=1}^{N}\prod_{j\in H_i,j\neq i}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{i,j}-d'_{i,j}}{\sigma_d}\right)^2\right]\right\}$$

여기서 $d_{i,j}$는 가정된 좌표들에 대한 i번째 및 j번째 무선 장치들 사이의 거리이고,

$d'_{i,j}$는 i번째 및 j번째 장치들 사이에서 측정된 바람직하게 교정된 거리이며,

σ_d는 두 장치들 사이의 거리의 측정치를 특성화 하는 불확실성이다.

TOA 측정치들은 다중 경로 효과들 때문에 거리를 과대평가하는 경향이 있다. TOA 측정치의 경우에 $d_{i,j}$는 측정된 거리보다 작은 값으로 되돌아가는 식을 사용하여 측정된 거리 상에서 동작하는 것에 의해 교정되었다. 보다 바람직하게, $d_{i,j}$는 측정된 거리로부터 미리 결정된 상수를 대체하는 것에 의해 얻어진다. 대안적으로 $d_{Ni,j}$는 측정된 거리 자신이다. 모든 경우들에서 $d_{i,j}$는 측정된 거리에 의존한다.

스마트 안테나들이 시스템에 제공되고 그들의 방향이 알려진 경우에(예를 들면, 기지국과 같은 고정된 위치에서 장착된 효과로) 이후 그래프 함수는 바람직하게 다음의 형태인 서브 식을 포함한다:

$$Sub_Exp_12=\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta_i-\arctan\left(\frac{y_i-y_s}{x_i-x_s}\right)}{\sigma_\theta}\right)^2\right\}$$

여기서 x_i는 i번재 장치의 가정된 x좌표이고,

y_i는 i번째 장치의 가정된 y좌표이며,

x_s는 스마트 안테나를 장착한 장치의 x좌표이고,

y_s는 스마트 안테나를 장착한 장치의 y좌표이며,

Θ_i는 스마트 안테나 DOA 알고리즘에 의해 측정된 i번째 장치로의 각도이고,

σ_Θ는 Θ_i의 측정치에서의 에러를 특성화 하는 표준 편차이다.

Sub_Exp_12는 i번째 장치에 대해 요구된 좌표들과 i번째 장치에 대해 측정된 각도 Θ_i에 의존한다. $\arctan((y_i-y_s)/(x_i-x_s))$ 서브-표시는 가정된 좌표들에 기초하여 측정된 각도를 예견한다. Sub_Exp_11은 가정된 좌표들에 기초하여 예견도는 각도 측정치가 측정된 각도와 매치할 때 극값(최대값)을 갖는다.

이동 장치들이 스마트 안테나들로 제공되는 경우에, 신호들이 제 2 및 제 3 장치로부터 제 1 장치에서 수신되는 각도 사이의 차이들의 측정치들이 그들의 주변에 있는 다른 장치들 뿐만 아니라, 제 1, 제 2 및 제 3 장치들의 위치들을 추정하는데 사용될 수 있다. 신호들이 스마트 안테나에 도착하는 각도들 사이의 차이의 측정치를 포함하도록 하기 위해 그래프 함수는 바람직하게 다음 형태의 서브 식을 포함한다:

$$\text{Sub_Exp_13} = \prod_{i=1}^{N}\prod_{k=1}^{m(i)}\prod_{j=k+1}^{m(i)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{angle_meas(i,j,k) - angle_post(i,j,k)}{\sigma_{angle}}\right)^2\right\}$$

여기서 angle_meas(i,j,k)는 j번째 장치를 향한 방향과 k번째 장치를 향한 방향 사이의, i번째 장치에 위치된 스마트 안테나를 사용하여 측정된 차이이고(angle_meas(i,j,k)는 j번째 및 k번째 장치들로부터 수신된 신호들에 기초하여 i번째 장치에서 결정된다),

σ_{angle}은 angle_meas(i,j,k) 측정의 에러의 표준 편차이며,

m(i)는 i번째 장치의 범위 내의 무선 장치들의 수이다.

angle_meas(i,j,k)는 코사인 법칙을 이용하면 다음과 같다:

$$\pi - \arccos\left(\frac{c^2-a^2-b^2}{ab}\right)$$

여기서,

$$a = \sqrt{\left(x_i-x_j\right)^2+\left(y_i-y_j\right)^2+\left(z_i-z_j\right)^2}$$

$$b = \sqrt{\left(x_i-x_k\right)^2+\left(y_i-y_k\right)^2+\left(z_i-z_k\right)^2}$$

$$c = \sqrt{\left(x_j-x_k\right)^2+\left(y_j-y_k\right)^2+\left(z_j-z_k\right)^2}$$

여기서, $(X_i,Y_i,Z_i)(X_j,Y_j,Z_j,)(X_k,Y_k,Z_k)$는 각각 i번째, j번째, 및 k번째 무선 장치들의 가정된 좌표들이다.

그래프 함수를 최대화하는 가정된 좌표들의 값들을 찾기 위해 인가될 수 있는 함수들의 극값을 결정하기 위한 다양한 접근들이 알려져 있다. 이들 중에 Press, W. H. et al., Numerical Recipes, N.Y., Cambridge University Press, 1986. p.

302-307에 설명된 컨쥬게이트 그래디언트 방법과 Numerical Recipes at p.326-334에 또한 설명된 시뮬레이트된 어닐링 방법, 그리고 Fogel, D.B. An Introduction to Simulated Evolutionary Optimization. IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 5, No. 1(1994년 1월)에 설명된 바와 같은 발생학적(Genetic) 알고리즘 방법들이 있다. 단일 표현 그래프 함수를 유도하는 것 보다, 그래프 함수는 서브루틴들의 계급에서 구현될 수 있다. 예를 들어, 그래프 함수의 각 서브 식이 프로그래밍 서브루틴에서 표현될 수 있다. 처리 노드(132)는 바람직하게 그래프 함수의 극값을 찾기 위한 최적화 루틴을 구현하는 프로그램 메모리(320)에 저장된 프로그램으로 제공된다. 대안적으로 최적화 루틴은 다중 노드들, 예를 들면 무선 장치들(112-132)에 의해 수행될 수 있다. 최적화 루틴이 다중 장치들에 의해 수행되는 경우에, 각 장치는, 예를 들면, 임의의 항들, 또는 그래프 함수의 임의의 도함수들의 수치를 구하여 다른 장치들과 결과를 공유한다.

도 7은 이웃 무선 장치들로부터 그 거리를 결정하기 위해 무선 장치에 의해 수행된 프로세스(700)의 흐름도이다. 프로세스(700)는 i번째 무선 장치의 투시로부터 도시된다. 프로세스 블럭(702)에서 i번째 무선 장치는 식별에 대한 요청을 보낸다. 식별에 대한 요청은 식별에 대한 요청과 함께 송신되는 파워 및 i번째 장치의 주변의 임의의 방해물들의 종류와 배열에 의해 명령되는 i번째 무선 장치의 제한된 범위 내의 다른 무선 장치들로 도달할 것이다. 프로세스 블럭(704)은 결정 블럭으로, 그의 결과는 i번째 장치에 의해 수신된 신호들에서의 충돌이 검출되었는가에 의존한다. 충돌이 검출되면 이후 프로세스 루프들은 프로세스 블럭(702)으로 되돌아간다. 충돌이 검출되지 않으면 이후 프로세스는 프로세스 블럭(706)으로 진행하고 식별 응답들이 i번째 무선 장치의 주변에 있는 무선 장치들로부터 수신된다. 프로세스 블럭(708)에서, 그들의 응답들에 수신된 프로세스 블럭(706)에서 응답된 장치들의 ID들은 i번째 장치의 메모리(예를 들면 RAM(318)(도 3))에서 기록된다.

프로세스 블럭(710)에서, 응답들이 프로세스 블럭(706)에서 수신된 각 무선 장치에 대한 신호 측정치들이 생성된다. 각 신호 측정치는 바람직하게 도착 측정치의 양방향 TOA를 포함한다. 양방향 TOA 측정치의 형성에 있어서, i번째 장치는 바람직하게 의사 랜덤 넘버를 사용하고, 응답이 요청되는 특정 장치의 식별을 인코딩하여 메세지를 보낸다. 식별은 DSCDMA (Direct Sequence Code Division Multi Access) 기술에 따른 의사 랜덤 넘버를 사용하여 인코딩될 수 있다. 응답이 이후 i번째 장치에서 수신되고, 응답 수신의 지연은 i번째 장치와 응답 장치 사이의 거리를 결정하기 위해 사용된다. 대안적으로, 각 신호 측정치는 i번째 장치와 응답 장치 사이의 거리를 계산하기 위해 채널 모델(예를 들면, CH_A_1)의 결합에서 사용되는 RSSI 신호 측정치를 포함할 수 있다. 대안적으로, 각 신호 측정치는 DOA 측정치를 포함할 수 있다. 신호 측정치들은 DOA, RSSI, 및 TOA를 포함하는, 그러나 이에 제한되지는 않는 그룹으로부터 선택된 신호 측정치들의 다른 타입들의 조합들을 포함할 수 있다. 프로세스 블럭(706)에서 수신된 식별 신호들 상의 신호 측정치에 기초하는 것이 또한 가능하다.

i번째 장치가 GPS와 같은 기준 위치 기술을 장착하고 있으면 기준 위치 추정이 얻어질 것이다. 프로세스 블럭(712)에서 신호 측정치의 결과, i번째 장치가 기준 위치 기술로 수행되는 경우의 i번째 장치에 대한 기준 위치 추정들이 처리 노드(132)로 통신으로 연결된다. 신호 측정치와 기준 위치 추정들의 결과는 처리 노드(132)로 직접 송신될 수 있으나, 바람직하게 결과들은 처리 노드(132)에 도착하기 전에 일련의 다른 무선 장치들(112-132)(도 1),(222-228)(도 2)을 통해 중계된다. 처리 노드들 사이의 송신들의 시퀀스에서의 정보를 중계하는 것은 송신을 위해 요구되는 파워가 적다는 장점을 갖는다. 애드호크(adhoc) 네트워크는 처리 노드(132)(도 1)로의 측정치 정보를 통신하기 위한 목적을 위한 각각의 위치를 결정하는데 포함된 장치들 중에서 수립될 수 있다. 애드호크 네트워크에서 송신 파워는 메시지가 목적지로 직접적으로 송신되기보다 이웃 장치들 사이에서 송신되기 때문에 소비된다. 다중 도약들을 통한 송신 메세지들은 애드호크 네트워크들에서 수행되는 것과 같이 직접적으로 도달할 수 없는 장치(예를 들면, 프로세서 노드)가 메세지가 이웃 장치를 통해 라우트되는 경우에는 도달할 수 있는 장점을 또한 갖는다. 이웃 장치를 통한 라우트는 직접적인 가시 송신으로의 배리어를 둘러쌀 수 있다.

프로세스(700)는 i번째 장치에 의해 운반된 가속도계(330)에 의해 트리거되는 인터럽트 검출에 응답하여 수행되는 프로그램에서 구현될 수 있다. 인터럽트에 대한 응답에서 i번째 장치는 또한 메세지를 그들이 또한 프로세스(700)를 수행하도록 요청하는 다른 무선 장치들로 송신할 수 있다. 대안적으로, 인터럽트에 응답하여 i번째 장치는 메세지를 그것이 움직였다는 것을 나타내는 처리 노드(132)(도 1)로 송신할 수 있으며, 메세지 수신에 응답하여 처리 노드(132)(도 1)는 그들이 또한 프로세스(700)를 수행하도록 요청하는 선택된 다른 무선 장치들로 메세지들을 송신할 수 있다. 다른 무선 장치들의 선택은 그들의 이전에 알려진 위치에 기초한 i번째 무선 장치로부터 미리 결정된 거리 내에 있는 그들의 존재에 기초될 수 있다. 장치들의 이전에 알려진 위치는 RAM(318)(도 3)에 기록될 수 있다.

도 8은 도 7에 도시된 프로세스에 응답하여 무선 장치에 의해 수행된 프로세스(800)의 흐름도이다. 도 8은 j번째 장치의 투시로부터 도시된다. 블럭(802)에서 식별을 위한 요청이 i번째 장치로부터 j번째 장치에 의해 수신된다. 프로세스 블럭(804)은 송신 충돌들을 회피하는 목적을 위한 제 1 랜덤 지연이다. 프로세스 블럭(806)에서 식별 메세지는 j번째 장치로부터 i번째 장치로 보내진다. (위에서 설명된 것과 같이 신호 측정치는 프로세스 블럭(806)에 송신된 메세지에 기초될 수 있다.) 프로세스 블럭(808)에서 위치 추정에 사용된 신호가 수신된다. 프로세스 블럭(808)에서 수신된 신호는 예를 들면, 의사 랜던 넘버에 기초한 DS-CDMA 신호를 포함한다. 프로세스 블럭(810)은 제 2 랜덤 지연이다(예를 들면, 도 5와 연관되

어 위에서 논의된 간격 T). 프로세스 블럭(812)에서, 위치 추정에 사용된 신호는 j번째 장치로부터 i번째 장치로 다시 송신된다. 프로세스 블럭(808)에서 수신된 신호 및 프로세스 블럭(810)에서 송신된 신호는 도 5에 도시된 송수신기와 연관하여 논의된 것과 같은 양방향 도착 시간 측정치에서 사용된 신호들이 될 수 있다.

각각의 위치를 결정하는데 포함된 N개의 장치들의 각각에서 프로세스(700)를 수행하는 것은 각 에지에 대해 얻어지는 두 개의 여분의 측정치들로 결과될 것이다(에지의 단부들에서의 각 노드들로부터의 것). 실제적인 측정 값들은 바람직하게 두 개의 여분의 측정치들의 평균이다.

도 9는 복수의 무선 장치들의 위치를 추정하는 처리 노드(132)(도 1)에 의해 수행된 프로세스의 흐름도이다. 프로세스 블럭(902)에서, 신호 측정치들과 기준 위치 추정들의 결과들(프로세스 블럭(712)(도 7)에서 송신된)이 복수의(N개의) 무선 장치들로부터 수신된다. 프로세스 블럭(904)에서 거리들은 거리를 측정하기 위해 사용된 신호 측정치들에 기초하여 계산된다. 프로세스 블럭(904)은 바람직하게 각 에지에 대한 임의의 측정치들을 평균화하는 서브단계를 포함한다. 프로세스 블럭(904) 대신에, 신호 측정치들에 포함된 무선 장치들이 측정치들에 기초하여 거리들을 계산하고 처리 노드(132)(도 1)로의 거리 정보를 운반할 수 있다. 처리 블럭(906)에서 신호 측정치들과 기준 기술 위치 추정들에 기초한 거리들이 그래프 함수로 들어가게 된다(예를 들면 GF1). 프로세스 블럭(908)에서 무선 장치들을 포함하는 각도 측정치들의 결과는 그래프 함수로 들어가게 된다(그래프 함수가 각도 측정들에 기초한 서브 식들을 포함하는 경우에). 프로세스 블럭(906 및 908)은 기준 기술 위치 추정들과, 호출 파라메터들로서 거리 및 각도 측정치들을 갖는 그래프 함수 최적화 서브루틴을 호출하는 것에 의해 수립될 수 있다. 프로세스 블럭(904)은 프로세스 블럭(906)과 조합될 수 있으며, 이는 신호 측정치들이 명백하게 나타나는 그래프 함수를 최적화하는 서브루틴이 호출 파라메터들로서 신호 측정치들의 결과들로 호출될 수 있다는 것을 말한다. 위에서 논의된 바와 같이 그래프 함수는 명백하게 신호 측정치들을 포함할 수 있다. 후자의 경우에 신호 측정치들은 그래프 함수 최적화 서브루틴으로의 호출 파라메터들로서 사용될 수 있다. 프로세스 블럭(910)에서 그래프 함수는 최적화되고 그래프 함수의 극값에 대응하는 가정된 좌표들의 값들은 복수의 무선 장치들 중의 적어도 이동 무선 장치들의 서브세트에 대한 위치 추정들로서 되돌려진다. 도 9에 도시된 프로세스를 수행하는 프로그램은 도 3에 도시된 컴퓨터 판독가능한 매체 예를 들면, 프로그램 메모리(320)에 저장될 수 있다.

위에서 주어진 채널 감쇠 모델(CH_A_1)은 송신 소스로부터 거리의 함수로 파워의 강하를 특성화 하는 파라메터 n을 포함한다. 본 발명의 다른 양상을 따라 파라메터 n의 값들, 또는 다른 채널 모델들에서의 다른 파라메터들은 기준 장치들사이에서 송신된 파워의 하나 또는 그 이상의 측정치들, 및 파워 측정치들을 생성하기 위해 사용된 기준 장치들의 위치 추정들에 기초하여 선택된다. 파라메터의 값의 선택은 제 1 기준 장치와 제 2 기준 장치 사이에서 만들어진 단일 파워 측정치에 기초될 수 있으나, 바람직하게는 두개 이상의 기준 장치들을 포함하는 하나 이상의 파워 측정치에 기초된다. 채널 모델은 위치 추정들과 기준 장치들 사이의 파워 측정치들을 포함하는 데이터로 이를 맞추는 것에 의해 최적화된다. 본 발명이 바람직한 실시예에 따라, 채널 모델은 이전에 언급된 데이터로의 최소 제곱법으로 맞춰진다. 한번 채널 모델의 파라메터들이 기준 장치들 사이의 측정치들을 사용하여 최적화되면, 최적화에 따른 파라메터들의 세트를 갖는 채널 모델은 블라인드 장치들과 기준 장치들, 및 블라인드 장치들의 쌍들 사이에서 신호 측정치들을 예견하기 위해 그래프 함수에서 사용될 수 있다.

위에서 주어진 채널 감쇠 모델(CH_A_1)은 특히 무선 장치들의 거리의 결정들에 기초된 RSSI와의 연관에 유용하다. 그러나, 본 발명은 이러한 채널 모델을 사용하는 것에 제한되지 않는다. 알려진 감쇠 특성들을 갖는 배리어들의 알려진 정렬이 있는 환경 내의 위치를 추정하는 경우에 다음 채널 감쇠 모델(CH_A_2)는 거리 측정에 기초한 RSSI와의 연관에 유용하다:

$$P_{i,j} = P_o(d_0) - 10n\log\left(\frac{d_{i,j}}{d_o}\right) - \sum_{l=1}^{M} X_l A_{i,j}^{l} \quad \text{(CH_A_2)}$$

여기서 M은 특정 환경의 배리어들의 형태들의 수이고,

X_l은 환경의 배리어의 l번째 형태의 감쇠이며,

$A^l_{i,j}$는 i번째와 j번째 장치들의 가정된 위치들 사이의 라인에 의해 중단되는 l번째 형태의 배리어들의 수이고,

다른 기호들은 위에서 주어진다.

예를 들어, M=3인 평면도(100)(도 1)의 경우에, X_1,X_2, 및 X_3은 각각 도 1에 도시된 정육면체 벽들(도 1), 벽으로 된 사무실들(108)의 벽들(도 1)을 통한 통과에 경험된 감쇠로 대응한다. 채널 감쇠 모델(CH_A_2)은 맵의 컴퓨터 데이터 표현, 예

를 들면 도 1에 도시된 것과 같은 평면도에 대응하여 사용된다. 맵 또는 평면도의 컴퓨터 표현은 최적화 또는 위치 추정의 목적을 위한 그래프 함수 또는 그래프 함수의 도함수들을 추정하는데 CH_A_2에 연관하여 사용된다. 맵의 컴퓨터 표현은 두 장치들의 인터섹트의 가정된 좌표들 사이의 라인인 배리어들의 수 및 형태를 결정하는데 사용된다. 배리어들의 수 및 형태는 이후 CH_A_2의 합을 추정하는데 사용되고, 예견된 파워는 가정된 좌표들에 기초한 CH_A_2를 사용하여 결정될 수 있다.

CH_A_2는 두개의 무선 장치들 사이에서 송신된 파워를 결정하는 n개의 파라메터들 X_l에 부가적으로 다수의 파라메터들을 갖는다는 것에 주의한다. 신호 환경을 특성화 하는 것이 또한 가능하며, 또는 다른 워드들에서 채널 모델 n의 파라메터들을 CH_A_2에 의해 기준 장치들 사이의 다중 측정치들의 결과로 맞춤으로써 최적화하는 것이 필요하다. 기준 장치들을 위한 위치 추정들과, 기준 장치들 사이에서 송신된 신호들의 추정치들은 채널 감쇠 모델의 파라메터들(n, X_l)에 대한 값들을 선택하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 파라메터 값 선택을 이루한 한 방법은 최소 제곱법에서 측정치 데이터로 채널 모델 식을 맞추는 것이다. 최소 제곱법의 경우에 채널 모델에서 결정될 파라메터들보다 더 많은 측정치들이 취해진다. 바람직하게 각각이 기준 장치들의 다른 쌍들을 포함하는 최소 M+ 2개의 측정치가 파라메터들(n, X_l)의 값들을 선택하는데 사용된다. CH_A_2만큼 많은 X_l들 및 n에서 선형이며, 선형 대수학은 이러한 파라메터들을 위한 최소 제곱들의 해답을 결정하는데 사용될 수 있다. 명백하게 설명되지 않는 다른 채널 모델들의 파라메터들이 또한 기준 장치 측정치들에 기초한, 예를 들면, 최소 제곱 맞춤에 의해 최적화될 수 있다.

위에서 설명된 시스템은, 위치 추정에 포함된 장치들의 개수가 증가함에 따라 그가 결정하는 위치 추정들이 보다 정확해지는 경향이 있다는 장점을 갖는다. 후자는 특히 무선 장치가 오는 10년동안 증가될 것으로 예상되는 사실의 관점에서 전조가 좋다.

위에서 설명된 시스템의 다른 장점은 신호들을 한정하는 것이 각각의 무선 통신 장치에 의해 송신되는 파워가, 신호들을 한정하는 것이 단지 가장 가까운 이웃 무선 통신 장치들의 몇몇에 도달할 것만을 요구하고, 고정된 기지국으로부터 먼 곳은 아니기 때문에 낮아질 수 있다는 것이다. 각 장치의 적당한 파워 레벨에서의 범위 내에 고정된 기지국이 있다는 것을 확신하기 위해 필요한 것과 다르게 다수의 고정된 기지국들을 위한 필요를 동일하게 취함으로써 제거된다. 고정된 기지국들의 많은 수가 또한 정확한 위치 추정들을 얻기 위해 필요하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

무선 장치들의 알려지지 않은 위치들을 추정하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

신호 측정치를 얻기 위해 알려지지 않은 위치들을 갖는 제 1 무선 장치와 제 2 무선 장치 사이에서 전송되는 제 1 신호의 측정치를 수신하는 단계와;

상기 신호 측정치, 상기 제 1 무선 장치에 대한 가정된 좌표들의 세트, 및 상기 제 2 무선 장치들에 대한 가정된 좌표들의 세트에 의존하는 함수를 최적화하는 단계와,

적어도 부분적으로 상기 최적화된 함수에 기초하여 상기 제 1 및 제 2 무선 장치들에 대한 위치들을 추정하는 단계를 포함하는, 위치 추정 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 신호의 측정치를 수신하는 상기 단계는,

제 2 신호가 상기 제 1 장치로부터 제 2 장치로 전송된 제 1 시간과, 상기 제 1 신호가 상기 제 2 신호에 응답하여 상기 제 2 장치에 의해 전송된 후 상기 제 1 장치에서 수신된 제 2 시간 사이의 차이에 의존하는 오프셋 시간의 측정치를 수신하는 서브단계를 포함하는, 위치 추정 방법.

청구항 3.

무선 장치들의 알려지지 않은 위치들을 추정하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

신호 측정치를 얻기 위해 제 1 무선 장치와 제 2 무선 장치 사이에서 전송되는 제 1 신호의 측정치를 수신하는 단계와;

상기 신호 측정치, 상기 제 1 무선 장치에 대한 가정된 좌표들의 세트, 및 상기 제 2 무선 장치들에 대한 가정된 좌표들의 세트에 의존하는 함수를 최적화하는 단계를 포함하고;

상기 함수를 최적화하는 단계는 다음 형태의 서브 식을 포함하는 함수를 최적화하는 서브 단계를 포함하며,

$$Sub_Exp_9 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \int_{p_{i,j} - p_{thresh}}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{S}{\sigma_{db}} \right)^2 \right] dS$$

여기서, i는 위치 추정 계산에 관련된 i번째 무선 장치들을 나타내는 제 1 인덱스이고,

j는 위치 추정 계산에 관련된 j번째 무선 장치들을 나타내는 제 2 인덱스이며,

N은 서로의 위치를 추정하는데 관련된 무선 장치들의 수이고,

H_i는 i번째 무선 장치의 범위 내에 있는 모든 무선 장치들의 세트이며,

$P_{i,j}$는 채널 감쇠 모델, 및 i번째 및 j번째 장치들에 대한 가정된 좌표들에 기초하는 $P'_{i,j}$의 추정이고,

σ_{dB}는 $P'_{i,j}$를 측정하는데 사용된 측정 프로세스에 기인된 표준 편차이고,

P_{thresh}는 무선 장치에 의해 검출될 수 있는 임계 파워인, 위치 추정 방법.

청구항 4.
삭제

청구항 5.
삭제

청구항 6.
삭제

청구항 7.
삭제

청구항 8.
삭제

청구항 9.
삭제

청구항 10.
삭제

청구항 11.
삭제

청구항 12.
삭제

청구항 13.
삭제

청구항 14.
삭제

청구항 15.
삭제

청구항 16.
삭제

청구항 17.
삭제

청구항 18.
삭제

청구항 19.
삭제

청구항 20.
삭제

청구항 21.
삭제

청구항 22.
삭제

청구항 23.
삭제

청구항 24.
삭제

청구항 25.
삭제

청구항 26.
삭제

청구항 27.

삭제

청구항 28.

삭제

청구항 29.

삭제

청구항 30.

삭제

청구항 31.

삭제

청구항 32.

삭제

청구항 33.

삭제

청구항 34.

삭제

청구항 35.

삭제

청구항 36.

제 1 항에 있어서, 상기 함수를 최적화하는 단계는 다음 형식의 서브 식을 포함하는 함수를 최적화하는 서브 단계를 포함하며,

$$Sub_Exp_8 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{P_{i,j} - P'_{i,j}}{\sigma_{db}} \right)^2 \right] \right\}$$

여기서, i는 위치 추정 계산에 관련된 i번째 무선 장치들을 나타내는 제 1 인덱스이고,

j는 위치 추정 계산에 관련된 j번째 무선 장치들을 나타내는 제 2 인덱스이며,

N은 서로의 위치를 추정하는데 관련된 무선 장치들의 수이고,

H_i는 i번째 무선 장치의 범위에 있는 모든 무선 장치들의 세트이며,

$P'_{i,j}$는 i번째 장치 및 j번째 무선 장치들 사이에서 송신된 파워의 측정치이며,

$P_{i,j}$는 채널 감쇠 모델, i번째 및 j번째 장치들에 대한 가정된 좌표들에 기초한 $P'_{i,j}$의 추정이고,

σ_{dB}는 $P'_{i,j}$를 측정하기 위해 사용된 측정 프로세스에 기인한 표준 편차인, 위치 추정 방법.

청구항 37.

제 36 항에 있어서, 상기 함수를 최적화하는 단계는 다음 형식의 서브 식을 포함하는 함수를 최적화하는 서브 단계를 포함하며,

$$Sub_Exp_10 = \prod_{i \in R} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - x'_i}{\sigma_x} \right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{y_i - y'_i}{\sigma_y} \right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{z_i - z'_i}{\sigma_x} \right)^2 \right]$$

여기서 (x'_i, y'_i, z'_i)는 기준 위치 기술을 사용하는 것에 의해 결정된 i번째 기준 장치에 대한 좌표들의 세트이며,

(x_i, y_i, z_i)는 i번째 무선 장치에 대해 가정된 좌표들의 세트이고,

R은 기준 위치 기술을 구비하여 서로의 위치를 결정하는데 관련된 무선 장치들의 서브세트이며,

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$는 각각, 상기 기준 위치 기술이 기준 장치들의 x,y, 및 z 좌표들을 측정할 수 있는 표준 편차들인, 위치 추정 방법.

청구항 38.

처리 노드에 있어서,

제 1의 알려지지 않은 위치 장치와 제 2의 알려지지 않은 위치 장치 사이에 송신된 제 1 신호의 제 1 신호 측정의 제 1 결과와, 상기 제 2의 알려지지 않은 위치 장치와 알려진 위치 장치 사이에 송신된 제 2 신호의 제 2 신호 측정의 제 2 결과를 수신하기 위한 수신기와,

상기 제 1 알려지지 않은 위치 장치 및 상기 제 2 알려지지 않은 위치 장치의 가정된 좌표들에 의해 상기 제 1 신호 측정치와, 상기 제 2 신호 측정치와, 상기 제 1 알려지지 않은 위치 장치 및 상기 제 2 알려지지 않은 위치 장치의 가정된 좌표들의 함수를 최적화하기 위한 프로세서를 포함하고,

상기 제 1 및 제 2 알려지지 않은 위치 장치들의 위치들이 추정되는, 처리 노드.

청구항 39.

제 38 항에 있어서,

외부 시스템 통신 인터페이스 시스템을 더 포함하는, 처리 노드.

청구항 40.

위치 추정 시스템에 있어서,

복수의 무선 장치들로서, 각각이,

신호 측정기 및,

신호 측정치를 송신하기 위한 송신기를 포함하는, 상기 복수의 무선 장치들과;

처리 노드로서,

제 1의 알려지지 않은 위치 장치와 제 2의 알려지지 않은 위치 무선 장치 사이에 송신된 제 1 신호의 제 1 신호 측정의 제 1 결과와, 상기 제 2의 알려지지 않은 위치 무선 장치와 알려진 위치 장치 사이에 송신되는 제 2 신호의 제 2 신호 측정의 제 2 결과를 수신하기 위한 수신기 및,

상기 제 1의 알려지지 않은 위치 장치 및 상기 제 2의 알려지지 않은 위치 장치의 가정된 좌표들에 의해 상기 제 1 신호 측정치와, 상기 제 2 신호 측정치와, 상기 제 1 알려지지 않은 위치 장치 및 상기 제 2 알려지지 않은 위치 장치의 가정된 좌표들의 함수를 최적화하기 위한 프로세서를 포함하는, 상기 처리 노드를 포함하는, 위치 추정 시스템.

청구항 41.

양방향 도착 시간 신호에 응답하는 방법에 있어서, 상기 방법은,

제 1 지속 기간을 갖는 의사 랜덤 시퀀스(pseudo random sequence)를 수신하는 단계와,

상기 의사 랜덤 시퀀스의 주파수에 클록을 위상 동기시키는 단계와,

상기 클록을 사용하여 측정된 상기 제 1 지속 기간의 랜덤한 배수를 대기하는 단계와,

상기 의사 랜덤 시퀀스를 송신하는 단계를 포함하는, 응답 방법.

청구항 42.

원격 송수신기에 대한 거리를 측정하는 방법에 있어서,

제 1 시간에 제 1 지속 기간의 의사 랜덤 시퀀스를 전송하는 단계와,

상기 제 1 지속 기간보다 큰 상기 제 1 시간으로부터 카운팅된 제 2 지속 기간 후 상기 의사 랜덤 시퀀스를 수신하는 단계와,

수신된 의사 랜덤 시퀀스의 위상을 국부적으로 생성된 의사 랜덤 시퀀스의 위상과 비교하는 단계를 포함하는, 측정 방법.

청구항 43.

삭제

청구항 44.

삭제

청구항 45.

삭제

청구항 46.

삭제

청구항 47.

삭제

청구항 48.
삭제

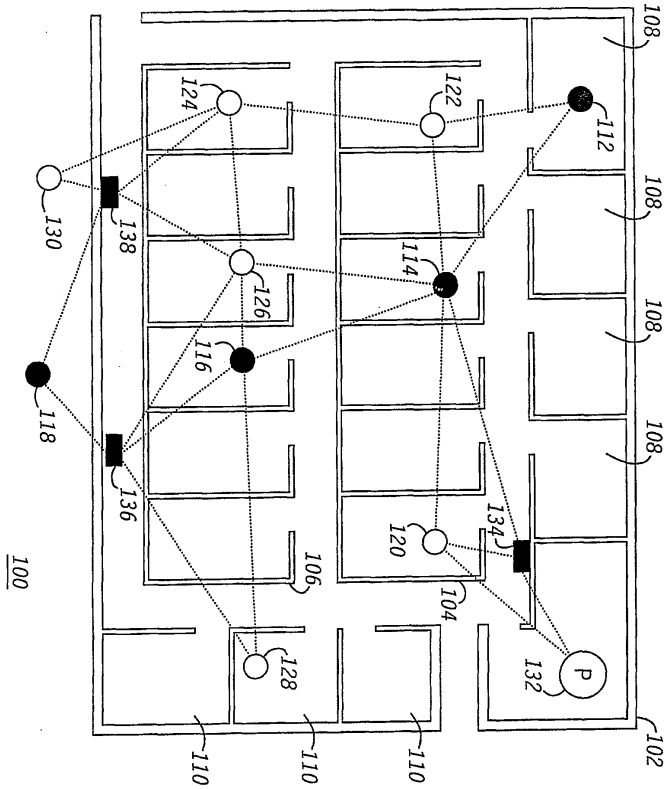
청구항 49.
삭제

청구항 50.
삭제

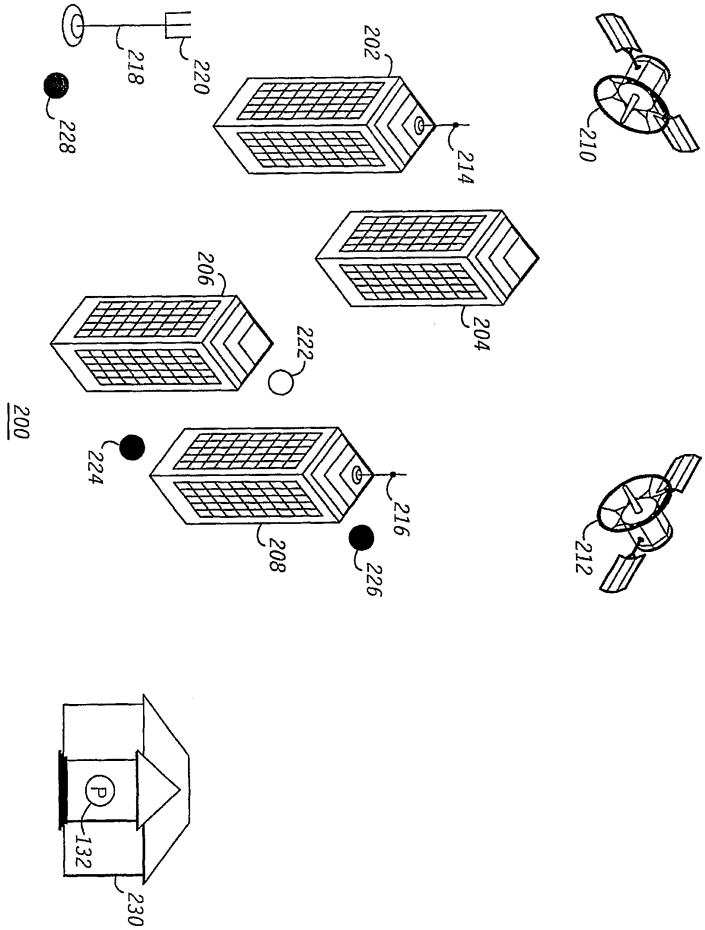
청구항 51.
삭제

도면

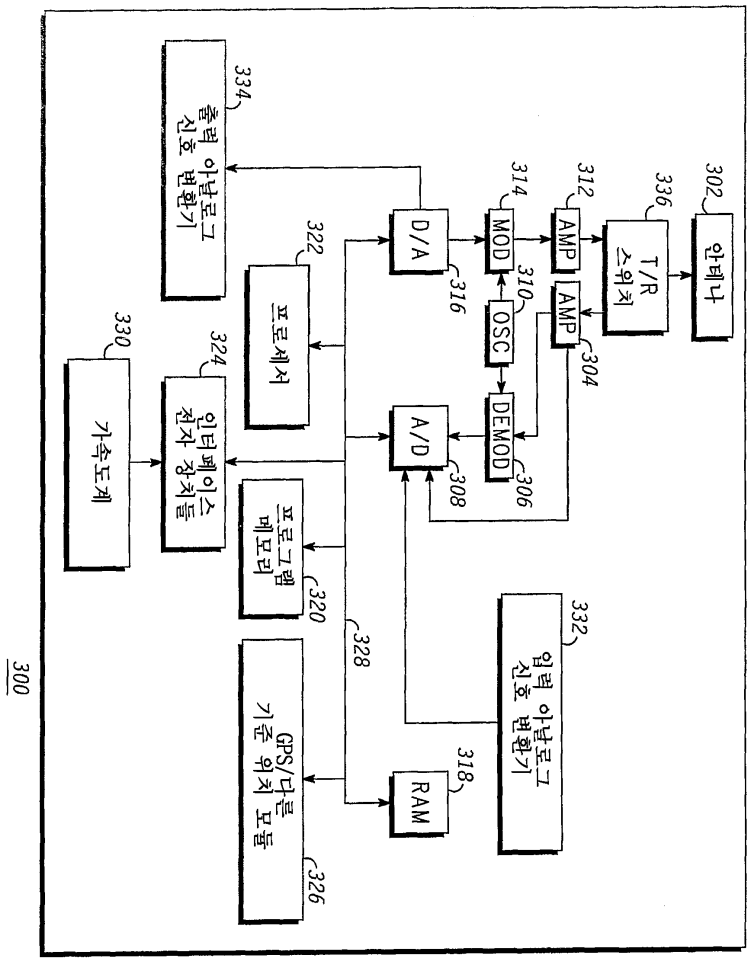
도면1



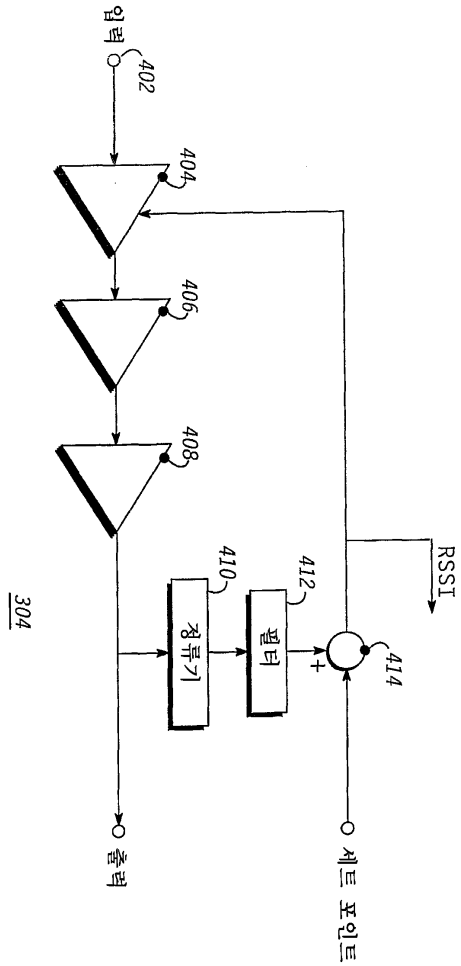
도면2


200
202
204
206
208
210
212
214
216
218
220
222
224
226
228
P
132
230

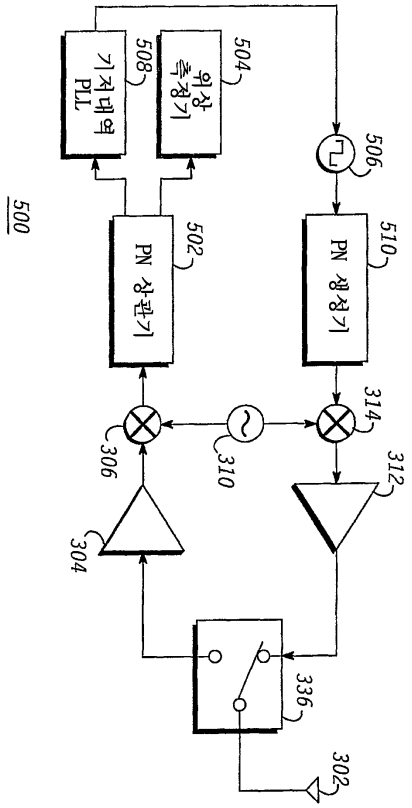
도면3


300
302
안테나
336
T/R 스위치
312
AMP
304
AMP
314
MOD
310
OSC
306
DEMOD
308
A/D
316
D/A
334
출력 아날로그 신호 변환기
322
프로세서
324
인터페이스 전자 장치들
330
가속도계
320
프로그램 메모리
328
318
RAM
332
입력 아날로그 신호 변환기
326
GPS/다른 기준 위치 모듈

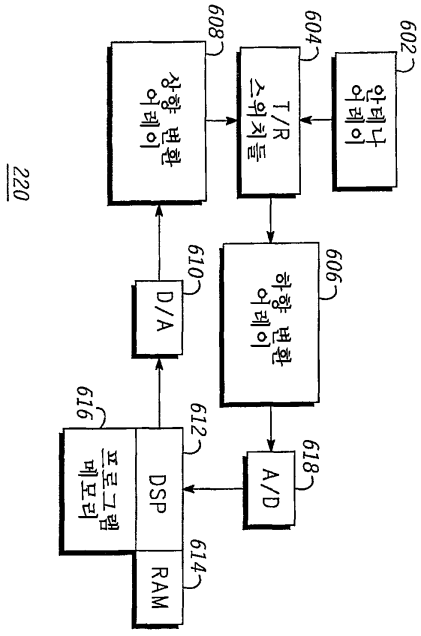
도면4



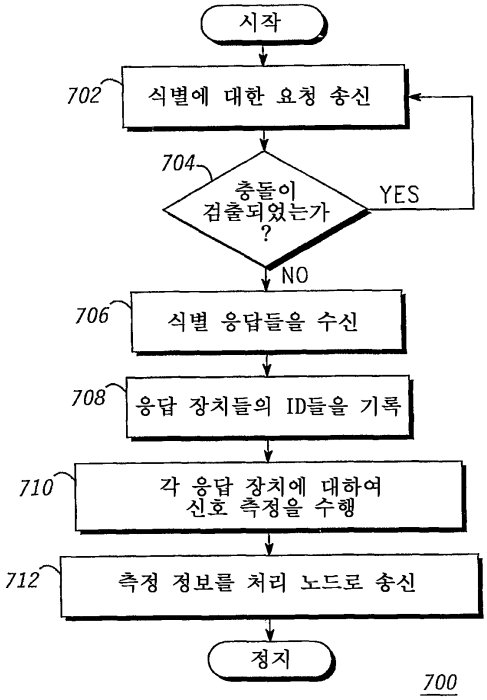
도면5


500
기저대역 PLL
508
위상 측정기
504
506
PN 상관기
502
PN 생성기
510
306
310
314
312
304
336
302

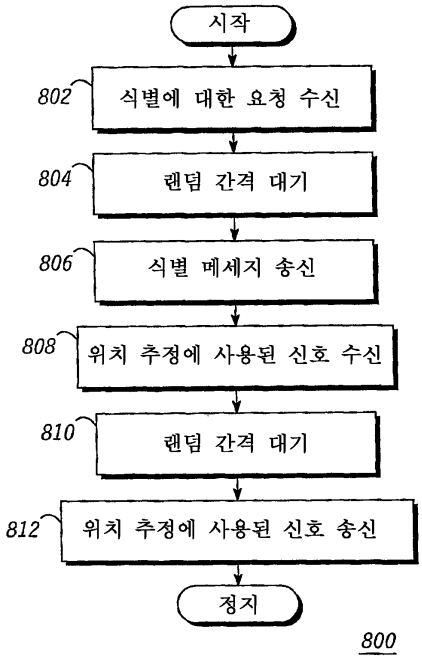
도면6


220
상향 변환 어레이
608
T/R 스위치들
604
안테나 어레이
602
D/A
610
하향 변환 어레이
606
프로그램 메모리
616
DSP
612
A/D
618
RAM
614

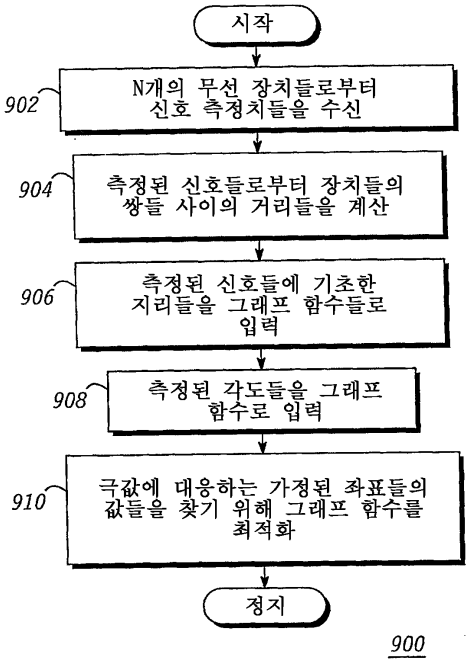
도면7


시작
702
식별에 대한 요청 송신
704
충돌이 검출되었는가 ?
YES
NO
706
식별 응답들을 수신
708
응답 장치들의 ID들을 기록
710
각 응답 장치에 대하여 신호 측정을 수행
712
측정 정보를 처리 노드로 송신
정지
700

도면8


시작
802
식별에 대한 요청 수신
804
랜덤 간격 대기
806
식별 메세지 송신
808
위치 추정에 사용된 신호 수신
810
랜덤 간격 대기
812
위치 추정에 사용된 신호 송신
정지
800

도면9


시작
902
N개의 무선 장치들로부터 신호 측정치들을 수신
904
측정된 신호들로부터 장치들의 쌍들 사이의 거리들을 계산
906
측정된 신호들에 기초한 지리들을 그래프 함수들로 입력
908
측정된 각도들을 그래프 함수로 입력
910
극값에 대응하는 가정된 좌표들의 값들을 찾기 위해 그래프 함수를 최적화
정지
900