(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월17일
(11) 등록번호 10-1785852
(24) 등록일자 2017년09월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/00 (2006.01) *G08B 21/02* (2006.01)
G08B 21/10 (2014.01) *H04W 64/00* (2009.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/0081 (2013.01)
G08B 21/0269 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0075790
(22) 출원일자 2016년06월17일
심사청구일자 2016년06월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020070118607 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
김덕경
서울특별시 강남구 선릉로 222, 109동 302호(대치동, 대치아이파크아파트)
진정현
경기도 부천시 오정구 소사로 809, 가동 508호(원종동, 오건아파트)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 2 항 심사관 : 정소연

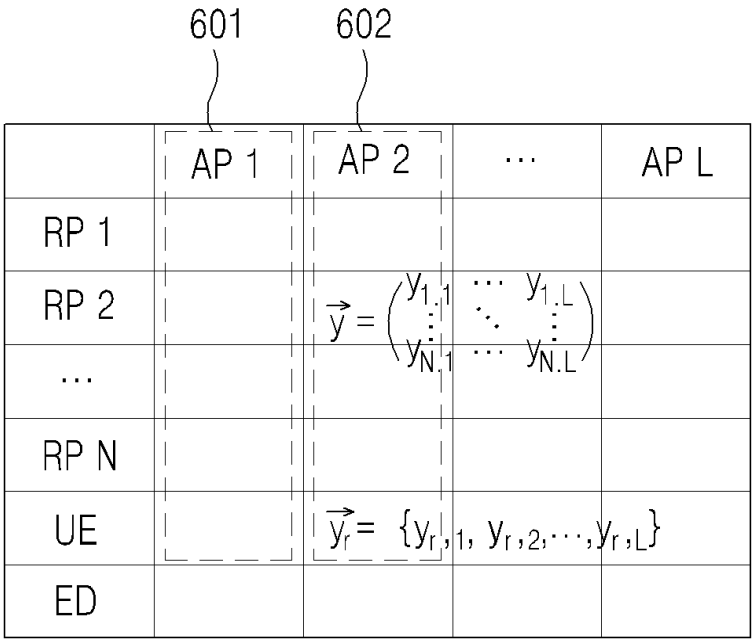
(54) 발명의 명칭 **재난환경에서 유클리디언 디스턴스에 기초하여 위치를 추정하는 방법 및 시스템**

(57) 요 약

재난환경에서 유클리디언 디스턴스에 기초하여 위치를 추정하는 방법 및 시스템이 개시된다. 실내 환경에서 단말(User Equipment)의 위치를 추정하는 방법에 있어서, 상기 실내에 설치된 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 각각으로부터 신호를 수신하는 단계, 상기 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 사이에 존재하는 복

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도6



수의 참조 포인트들(Reference Points) 각각에서 상기 복수의 액세스 포인트들로부터 수신된 신호에 기초하여 생성된 무선 맵(Radio Map)에 상기 수신된 신호를 추가하는 단계, 상기 무선 맵에 기초하여 각 참조 포인트에서 수신된 신호와 단말에서 수신된 신호에 기초하여 액세스 포인트(AP) 별로 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)를 계산하는 단계, 상기 유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 액세스 포인트들 중에서 오류 액세스 포인트를 검출하는 단계, 및 상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 상기 오류 액세스 포인트들을 제외한 액세스 포인트들을 대상으로, 최근접 이웃 알고리즘(KNN)에 기초하여 상기 단말의 위치를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G08B 21/10 (2013.01)
H04W 64/00 (2013.01)
G01S 2205/007 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
김범무 외2. 선박의 WLAN 환경에서 K-최근접 이웃 알고리즘 기반 Fingerprinting 방식을 적용한 위치 추정 방법. 한국정보통신학회지. 2014.Vol.18, No.10, 2530-2536쪽
권대우 외4. 실내외 위치측위를 위한 Fingerprint 기반 측정오차 감소 방안 연구. 대한안전경영과학회지. 2011년 3월, 제13권 제1호, 107-114쪽
KR1020140028368 A
KR101516769 B1
KR101390722 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 53540-1
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 대학 IT육성,지원(스마트_기타연구비)
연구과제명 [교비]스마트한 주파수 이용을 위한 스펙트럼 및 전파기술(3차년도)(교비대응)
기 여 율 1/1
주관기관 인하대학교 산학협력단
연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

실내 환경에서 재난이 발생한 경우에 단말(User Equipment)의 위치를 추정하는 방법에 있어서,

상기 실내에 설치된 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 각각으로부터 신호를 수신하는 단계;

상기 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 사이에 존재하는 복수의 참조 포인트들(Reference Points) 각각에서 상기 복수의 액세스 포인트들로부터 수신된 신호에 기초하여 생성된 무선 맵(Radio Map)에 상기 수신된 신호를 추가하는 단계;

상기 무선 맵에 기초하여 각 참조 포인트에서 수신된 신호와 단말에서 수신된 신호에 기초하여 상기 재난이 발생한 실내에 설치된 액세스 포인트(AP) 별로 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)를 계산하는 단계;

상기 유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 액세스 포인트들 중에서 오류 액세스 포인트를 검출하는 단계; 및

상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 상기 오류 액세스 포인트들을 제외한 액세스 포인트들을 대상으로, 최근접 이웃 알고리즘(KNN)에 기초하여 상기 단말의 위치를 추정하는 단계

를 포함하고,

상기 오류 액세스 포인트를 검출하는 단계는,

상기 액세스 포인트(AP) 별 유클리디언 디스턴스를 크기값 순으로 정렬하는 단계; 및

정렬된 유클리디언 디스턴스가 기정의된 기준값 이상에 해당하는 액세스 포인트를 상기 오류 액세스 포인트일 가능성이 존재하는 후보군으로 결정하는 단계

를 포함하고,

상기 단말의 위치를 추정하는 단계는,

상기 후보군에 포함된 액세스 포인트를 대상으로, 컴비네이션 연산을 수행하여 오류 액세스 포인트를 최종 결정하는 단계; 및

상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 컴비네이션 연산에 따른 경우의 수 마다 결정된 오류 액세스 포인트를 제외시키는 단계

를 포함하고,

상기 유클리디언 디스턴스를 계산하는 단계는,

상기 참조 포인트들 각각에서 액세스 포인트 별로 수신된 신호와 단말에서 상기 액세스 포인트 별로 수신된 신호 간의 차의 절대값의 제곱의 합을 통해 상기 유클리디언 디스턴스를 계산하고,

행과 열로 구성된 상기 무선 맵은, 각 참조 포인트에서 상기 복수의 액세스 포인트들 각각으로부터 수신된 신호가 상기 무선 맵의 행에 포함되도록 생성되는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

실내 환경에서 재난이 발생한 경우에 단말(User Equipment)의 위치를 추정하는 시스템에 있어서,

상기 실내에 설치된 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 각각으로부터 신호를 수신하는 정보 수신부;

상기 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 사이에 존재하는 복수의 참조 포인트들(Reference Points) 각각에서 상기 복수의 액세스 포인트들로부터 수신된 신호에 기초하여 생성된 무선 맵(Radio Map)에 상기 수신된 신호를 추가하는 무선 맵 처리부;

상기 무선 맵에 기초하여 각 참조 포인트에서 수신된 신호와 단말에서 수신된 신호에 기초하여 상기 재난이 발생한 실내에 설치된 액세스 포인트(AP) 별로 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)를 계산하는 계산부;

상기 유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 액세스 포인트들 중에서 오류 액세스 포인트를 검출하는 오류 AP 검출부; 및

상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 상기 오류 액세스 포인트들을 제외한 액세스 포인트들을 대상으로, 최근접 이웃 알고리즘(KNN)에 기초하여 상기 단말의 위치를 추정하는 위치 추정부

를 포함하고,

상기 오류 AP 검출부는,

상기 액세스 포인트(AP) 별 유클리디언 디스턴스를 크기값 순으로 정렬하고, 정렬된 유클리디언 디스턴스가 기정의된 기준값 이상에 해당하는 액세스 포인트를 상기 오류 액세스 포인트일 가능성이 존재하는 후보군으로 결정하고,

상기 위치 추정부는,

상기 후보군에 포함된 액세스 포인트를 대상으로, 컴비네이션 연산을 수행하여 오류 액세스 포인트를 최종 결정하고, 상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 컴비네이션 연산에 따른 경우의 수 마다 결정된 오류 액세스 포인트를 제외시키고,

상기 계산부는,

상기 참조 포인트들 각각에서 액세스 포인트 별로 수신된 신호와 단말에서 상기 액세스 포인트 별로 수신된 신호 간의 차의 절대값의 제곱의 합을 통해 상기 유클리디언 디스턴스를 계산하고,

행과 열로 구성된 상기 무선 맵은, 각 참조 포인트에서 상기 복수의 액세스 포인트들 각각으로부터 수신된 신호가 상기 무선 맵의 행에 포함되도록 생성되는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 재난 환경에서 액세스 포인트(Access Point)로부터 수신된 신호를 이용하여 단말(User Equipment)의 위치를 추정하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 위치추정 기술에는 다양한 방법이 존재하며 각 방법의 조건과 장단점이 구분된다. 위치 추정 기술은 시간, 각도, 신호세기 등 방법에 따라 구별할 수 있으며, 시간 기반의 위치 추정의 경우, TOF(Time Of Flight), TDOA(Time Difference Of Arrival) 등이 존재하며, 정확도는 높으나, LOS(Line of Sight)를 요구하는 기술이기 때문에 LOS가 적고 다중 경로가 많은 실내(indoor) 환경에서는 적용이 어렵다. 각도 기반의 위치 추정의 경우 역시 시간 기반과 마찬가지로 LOS를 요구하며, AoA(Angle Of Arrival)에 따라 정확도가 달라진다. 이때, 정확도는 다중 경로에 반비례하므로, 다중 경로가 많은 실내 환경에서는 적용이 어렵다.

[0003] 신호세기 기반의 위치 추정의 경우, 수신 신호를 기반으로 로그 디스턴스(log-distance)를 사용하여 거리를 측

정하는 경로 손실(path loss) 기반 위치 추정과 핑거 프린트(Finger Print)를 이용한 무선 맵(Radio Map) 기반의 위치 추정이 존재한다. 경로 손실 기반의 위치 추정의 경우, 실내 환경에서는 LOS가 없으나, 다른 방향의 경로가 존재하므로 실제 위치 추정에 적용하기 어렵고, 무선 맵 기반의 위치 추정의 경우, 다른 방법들보다 실내 환경에서 성능이 좋으나, 고성능을 위해 고밀도 맵을 요구하는 단점이 존재한다.

[0004] 이처럼, 대부분의 위치 추정 방법들은 LOS(Line of Sight)를 요구하며 다중경로 영향에 취약하기 때문에 실내환경에서 사용할 수 있는 방법은 한정적이다. 이러한 이유로, 실내환경에서는 무선 맵(Radio Map) 기반의 최근접 이웃 알고리즘(K Nearest Neighbor, KNN), 즉, 무선 맵을 이용하여 단말의 위치를 추정한다.

[0005] 최근접 이웃 알고리즘(KNN)은 수신기가 복수개의 송신기로부터 수신하는 신호벡터와 위치를 알고 있는 포인트가 수신한 신호벡터간의 유클리디언 디스턴스를 계산한다. 비슷한 위치에 존재할수록 송신기로부터 받는 두 신호벡터간의 차이(유클리디언 디스턴스)는 작다. 그 후, 유클리디언 디스턴스가 작은 K개 포인트의 평균좌표로 수신기의 위치를 추정한다.

[0006] 최근접 이웃 알고리즘을 실내 환경에 적합하나, 재난 환경에서와 같이 건물이 붕괴되거나, 화재 등으로 인해 액세스 포인트에 고장 또는 소실이 발생한 경우에는 단말의 위치를 추정하는데 어려움이 존재한다. 즉, 액세스 포인트의 변화로 인해 미리 생성된 무선 맵과 현재 수신기에서 수신받은 신호 간의 차이가 발생하여, 액세스 포인트의 고장 전의 기존 최근접 이웃 알고리즘(KNN)과 다른 유클리디언 디스턴스가 계산된다. 결국, K개의 참조 포인트(reference point)는 수신 신호가 이상이 없을 때와는 달라지게 되면, 수신기의 위치는 그대로이지만 액세스 포인트의 이상으로 고장 전과는 전혀 다른 위치가 단말의 위치로 추정되는 오류가 발생하게 된다.

[0007] 예컨대, 도 1의 110을 참고하면, 액세스 포인트(AP) 주변의 건물이 무너져서 AP의 위치가 변경되거나, 단말(UE)과 액세스 포인트(AP) 사이에 장애물이 발생하는 경우가 존재할 수 있으며, 결국 단말의 현재 위치를 추정 시 오류로 작용하게 된다. 도 1의 120을 참고하면, 액세스 포인트(AP)가 설치된 시설물 자체가 무너지거나 주변 시설물의 붕괴로 인해 액세스 포인트(AP)의 전원이 오프(OFF)될 수 있으며, 전원이 오프(OFF)된 AP로 인해 단말의 현재 위치 추정 시 오차가 크게 발생할 수 있다.

[0008] 따라서, 재난 환경에서 액세스 포인트가 이동, 고장, 소실 등으로 인해 오류가 발생하더라도, 오류 액세스 포인트(이하, '오류 AP '라 칭함)를 적절하게 처리하여 단말의 위치를 보다 정확히 추정하는 기술이 요구된다.

[0009] 한국공개특허 제10-2010-0073302호는 위성항법장치 모듈이 구비된 단말의 위치 결정 장치 및 방법에 관한 것으로서, GPS 신호에 기초하여 단말의 위치를 결정하는 기술을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 실내 환경에 재난이 발생하여 액세스 포인트(AP)가 고장 또는 소실되더라도, 오류 AP를 검출 및 제거하여 단말의 위치를 보다 정확하게 추정하는 기술에 관한 것이다.

[0011] 또한, 실내(예컨대, 건물 내부)의 모든 액세스 포인트들을 대상으로 오류 AP일 가능성을 모두 계산하지 않고, 오류 AP일 가능성이 높은 특정 AP를 후보군으로 결정하고, 후보군에 기초하여 단말의 위치를 추정함으로써, 계산 복잡도를 낮추면서도 위치 추정 정확도를 높이는 기술에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 실내 환경에서 단말(User Equipment)의 위치를 추정하는 방법에 있어서, 상기 실내에 설치된 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 각각으로부터 신호를 수신하는 단계, 상기 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 사이에 존재하는 복수의 참조 포인트들(Reference Points) 각각에서 상기 복수의 액세스 포인트들로부터 수신된 신호에 기초하여 생성된 무선 맵(Radio Map)에 상기 수신된 신호를 추가하는 단계, 상기 무선 맵에 기초하여 각 참조 포인트에서 수신된 신호와 단말에서 수신된 신호에 기초하여 액세스 포인트(AP) 별로 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)를 계산하는 단계, 상기 유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 액세스 포인트들 중에서 오류 액세스 포인트를 검출하는 단계, 및 상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 상기 오류 액세스 포인트들을 제외한 액세스 포인트들을 대상으로, 최근접 이웃 알고리즘(KNN)에 기초하여 상기 단말의 위치를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 일측면에 따르면, 상기 유클리디언 디스턴스를 계산하는 단계는, 상기 복수의 참조 포인트들 및 단말을 행(ro

w)으로 하고, 상기 복수의 액세스 포인트들을 열(column)로 하는 상기 무선 맵(Radio Map)에 포함된 열 벡터에 기초하여 각 액세스 포인트의 유클리디언 디스턴스를 계산할 수 있다.

[0014] 다른 측면에 따르면, 상기 오류 액세스 포인트를 검출하는 단계는, 상기 액세스 포인트(AP) 별 유클리디언 디스턴스를 크기값 순으로 정렬하는 단계, 및 정렬된 유클리디언 디스턴스가 기정의된 기준값 이상에 해당하는 액세스 포인트를 후보군으로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 또 다른 측면에 따르면, 상기 단말의 위치를 추정하는 단계는, 상기 후보군에 포함된 액세스 포인트를 대상으로 컴비네이션 연산을 수행하여 상기 단말의 위치를 추정할 수 있다.

[0016] 실내 환경에서 단말(User Equipment)의 위치를 추정하는 시스템에 있어서, 상기 실내에 설치된 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 각각으로부터 신호를 수신하는 정보 수신부, 상기 복수의 액세스 포인트들(Access Points) 사이에 존재하는 복수의 참조 포인트들(Reference Points) 각각에서 상기 복수의 액세스 포인트들로부터 수신된 신호에 기초하여 생성된 무선 맵(Radio Map)에 상기 수신된 신호를 추가하는 무선 맵 처리부, 상기 무선 맵에 기초하여 각 참조 포인트에서 수신된 신호와 단말에서 수신된 신호에 기초하여 액세스 포인트(AP) 별로 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)를 계산하는 계산부, 상기 유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 액세스 포인트들 중에서 오류 액세스 포인트를 검출하는 오류 AP 검출부, 및 상기 복수의 액세스 포인트들 중에서 상기 오류 액세스 포인트들을 제외한 액세스 포인트들을 대상으로, 최근접 이웃 알고리즘(KNN)에 기초하여 상기 단말의 위치를 추정하는 위치 추정부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본원발명은, 실내 환경에 재난이 발생하여 액세스 포인트(AP)가 고장 또는 소실되더라도, 오류 AP를 검출 및 제거하여 단말의 위치를 보다 정확하게 추정할 수 있다.

[0018] 또한, 실내(예컨대, 건물 내부)의 모든 액세스 포인트들을 대상으로 오류 AP일 가능성을 모두 계산하지 않고, 오류 AP일 가능성이 높은 특정 AP를 후보군으로 결정하고, 후보군에 기초하여 단말의 위치를 추정함으로써, 계산 복잡도를 낮출 수면서 동시에 위치 추정 정확도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 재난 상황으로 인해 실내에 설치된 액세스 포인트에 고장이 발생하는 경우를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 격자 구조의 RP 및 AP를 포함하는 무선 맵(Radio Map)을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 유클리디언 디스턴스에 기초하여 위치를 추정하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 있어서, 위치 추정 시스템의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 단말에서 수신한 AP 별 신호를 무선 맵에 추가하는 동작을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 무선 맵의 열(column) 별로 유클리디언 디스턴스를 계산하는 동작을 설명하기 위해 제공되는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 검출된 오류 AP를 제거한 후 단말의 위치를 추정한 경우의 성능 결과를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

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

[0022] 본 실시예들은 재난 환경에서 최근접 이웃 알고리즘(K Nearest Neighbor, KNN)을 이용하여 실내에 위치하는 단말의 현재 위치를 추정하는 기술에 관한 것이다. 특히, 본 실시예들은, 코엑스, 가든 파이브 등의 복합 건물, 지하철 역사, 공항, 백화점 등의 건물 내부에 재난이 발생 시, 재난 발생으로 인해 고장 또는 소실된 액세스 포인트(즉, 오류 AP)를 검출하고, 검출된 오류 AP를 제거한 후 단말의 현재 위치를 추정하는 기술에 관한 것이다.

[0023] 본 실시예들에서 최근접 이웃 알고리즘에 기반하는 무선 맵(Radio MAP)은 격자 구조의 액세스 포인트(AP)와 액

세스 포인트들 사이에 존재하는 격자 구조의 참조 포인트들(Reference Point, RP)에 기초하여 미리 구축될 수 있다. 예컨대, 무선 맵(Radio MAP)은 각 참조 포인트에서 각 액세스 포인트로부터 수신된 신호에 기초하여 테이블 형태로 미리 구출될 수 있다.

[0024] 본 실시예들에서, 참조 포인트는 핑거프린트 포인트(Fingerprint Point, FP)로서, 건물 내부에 물리적으로 설치된 액세스 포인트(AP)들 사이에 위치하는 가상의 지점(Point)을 나타낼 수 있다. 그리고, 액세스 포인트는, 무선 액세스 포인트로서, 와이파이(WiFi), 블루투스(Bluetooth), 비콘(Beacon) 등의 통신을 통해 네트워크로 단말을 연결하는 장치를 나타낼 수 있다.

[0025] 본 명세서에서, 액세스 포인트로부터 수신된 신호는, 수신 신호의 세기, 액세스 포인트(AP)의 MAC 주소, AP의 식별 정보(ID), 및 AP의 위치 좌표(맵 상의 x, y 좌표) 등을 포함할 수 있으며, 상기 정보들 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0026] 본 실시예들에서 단말의 현재 위치 추정은 단말에 설치된 서비스 어플리케이션(예컨대, 실내 위치 추정 어플리케이션)을 통해 단말에서 수행될 수도 있고, 상기 서비스 어플리케이션을 통해 단말로부터 제공받은 정보에 기초하여 위치 기반 서비스를 제공하는 서버에서 수행될 수도 있다. 예컨대, 단말에서 수행되는 경우, 단말에서 서비스 어플리케이션을 다운받아 설치 시, 미리 구축된 무선 맵을 서버로부터 제공받아 저장하고 있을 수 있다. 그리고, 저장된 무선 맵과 단말에서 각 AP로부터 수신된 신호에 기초하여 오류 AP 검출 및 위치 추정이 수행될 수 있다. 반면, 서버에서 수행되는 경우, 단말에서 각 AP로부터 수신된 신호 정보가 서비스 어플리케이션을 통해 서버로 제공될 수 있으며, 서버에서는, 단말로부터 수신된 신호 정보와 무선 맵에 기초하여 오류 AP 검출 및 단말의 위치 추정을 수행하고, 위치 추정 결과를 단말로 제공할 수 있다. 이하의 실시예들에서는 단말에서 위치 추정을 수행하는 경우를 가정하여 설명하기로 한다.

[0027] 본 실시예들은, KNN 알고리즘을 기반으로 재난 환경에서 실내에 위치하는 단말의 현재 위치를 추정하므로, KNN 알고리즘에 대해 먼저 설명하기로 한다. 이때, 액세스 포인트들(AP)의 수는 L개이고, 참조 포인트들(RP)의 수는 N개인 경우를 가정하여 설명하기로 한다.

[0028] 단말인 위치 추정 시스템에서 AP별로 수신되는 신호(y_r)의 집합은 아래의 수학식 1과 같이 표현되고, i번째 참조 포인트(RP)에서 AP별로 수신되는 신호의 집합은 아래의 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

[0029] $$\overrightarrow{y_r} = \{y_{r,1}, y_{r,2}, \cdots, y_{r,L}\}$$

[0030] 수학식 1에서, $y_{r,1}$은 위치 추정 시스템이 AP 1로부터 수신된 신호를 나타내고, $y_{r,2}$는 위치 추정 시스템이 AP 2로부터 수신된 신호, $y_{r,L}$은 위치 추정 시스템이 AP L로부터 수신된 신호를 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0031] $$\overrightarrow{y_i} = \{y_{i,1}, y_{i,2}, \cdots, y_{i,L}\}$$

[0032] 수학식 2에서, $y_{i,1}$은 i번째 참조 포인트(RP)에서 AP 1로부터 수신된 신호를 나타내고, , $y_{i,2}$는 i번째 참조 포인트(RP)에서 AP 2로부터 수신된 신호, $y_{i,L}$은 i번째 참조 포인트(RP)에서 AP L로부터 수신된 신호를 나타낼 수 있다.

[0033] 이때, 각 참조 포인트의 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)는 아래의 수학식 3에 기초하여 계산될 수 있다.

수학식 3

[0034] $$D_i = \sum_{j=1}^{L} |y_{r,j} - y_{i,j}|^2 \quad i = 1,2,\ldots,N$$

[0035] 수학식 3에 따르면, 단말에서 수신한 j번째 AP의 신호와 각 RP에서 수신한 j번째 AP의 신호 간의 차의 절대 값의 제곱 합으로써, 유클리디언 디스턴스가 계산될 수 있다. 예컨대, 단말에서 수신한 1부터 L까지의 AP 신호와 i 번째 RP에서 수신한 1부터 L까지의 AP 신호 간의 차의 절대값의 제곱이 계산될 수 있다. 즉, L개의 절대값의 제곱이 계산될 수 있으며, 계산된 L개의 절대값의 제곱을 합함으로써, i번째 참조 포인트에서의 유클리디언 디스턴스가 계산될 수 있다.

[0036] 이처럼, KNN 알고리즘은 RP 별로(즉, 행 단위로) 유클리디언 디스턴스를 계산할 수 있으며, 계산된 유클리디언 디스턴스 중 가장 작은 기정의된 K개의 참조 포인트(RP)가 선택될 수 있다. 예컨대, 3개의 참조 포인트(RP)가 선택된 경우, 선택된 3개의 참조 포인트 각각의 위치 좌표(단말의 디스플레이에 단말의 위치를 표시하는 맵 상에서의 x, y 좌표)의 평균에 기초하여 단말의 위치가 추정될 수 있다. 여기서, 참조 포인트 각각의 위치 좌표는 무선 맵 구축이 미리 알고 있을 수 있다.

[0037] KNN 알고리즘은, 재난이 발생하기 이전에 미리 구축된 무선 맵에서의 사전에 저장한 RP의 AP 별 수신 신호와 현재 단말이 수신하는 신호를 이용하여 위치를 추정하므로, 재난 전과는 달라진 K개의 RP가 선택되어 추정된 위치의 오차가 매우 큰 상황이 발생할 가능성이 있다. 이에 따라, 오류 AP를 검출하고, 검출된 AP를 제거한 후 단말의 위치를 추정하도록 KNN 알고리즘을 변형할 수 있다. 이하에서는 변형된 KNN 알고리즘에 기반하여, 오류 AP를 검출 및 검출된 AP를 제거한 후 유클리디언 디스턴스를 계산하여 단말의 위치를 추정하는 동작에 대해 상세히 설명하기로 한다. 특히, 변형된 KNN 알고리즘은 열 단위로(즉, AP 별로) 유클리디언 디스턴스를 계산하고, 모든 AP를 대상으로 오류 AP일 경우의 수를 구하는 것이 아니라, 후보군을 결정하여 특정 후보군을 대상으로 해당 AP가 오류 AP일 경우를 가정하여 단말의 위치를 추정할 수 있다.

[0038]

[0039] 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 격자 구조를 가지는 참조 포인트들과 액세스 포인트들을 도시한 도면이다.

[0040] 도 2에 따르면, 기정의된 일정 거리 1를 두고 액세스 포인트들(202)이 격자 구조로 건물 내부에 배치될 수 있으며, 액세스 포인트들(AP, 202) 사이에 다시 가상의 포인트인 참조 포인트(RP, 201)들이 일정 거리 2를 두고 격자 구조로 배치될 수 있다.

[0041] 그리고, 각 RP(201)에서 수신된 각 액세스 포인트들의 신호를 포함하는 무선 맵(Radio Map)이 사전에 미리 생성될 수 있으며, 생성된 무선 맵에 기초하여 오류 AP 검출 및 단말의 현재 위치가 추정될 수 있다.]

[0042] 예컨대, 액세스 포인트들의 개수가 100개이고, 참조 포인트들의 개수가 1000개인 경우, 참조 포인트 1에서 100개의 AP들 각각으로부터 수신된 신호가 무선 맵의 1행(210)에 포함되고, 참조 포인트 2에서 100개의 AP들 각각으로부터 수신된 신호가 무선 맵의 2행(220)에 포함될 수 있다. 동일한 방법으로, 참조 포인트 3 내지 참조 포인트 1000 각각에서 100개의 AP들로부터 수신된 신호가 무선 맵의 3항 내지 1000행(N=1000, 230)에 포함될 수 있다. 즉, 1000x100의 행과 열로 구성된 무선 맵(200)이 해당 건물 내부를 이동하는 단말의 위치를 추정하기 위해 사전에 구축될 수 있다.

[0044] 도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 유클리디언 디스턴스에 기초하여 위치를 추정하는 방법을 도시한 흐름도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 있어서, 위치 추정 시스템의 내부 구성을 도시한 블록도이다.

[0045] 도 4에서, 위치 추정 시스템(400)은 정보 수신부(410), 맵 처리부(420), 계산부(430), 오류 AP 검출부(440), 및 위치 추정부(450)를 포함할 수 있다. 그리고, 도 3의 각 단계들(310 내지 350)은 위치 추정 시스템(400)의 구성 요소들, 즉, 정보 수신부(410), 맵 처리부(420), 계산부(430), 오류 AP 검출부(440), 및 위치 추정부(450)에 의해 수행될 수 있다.

[0046] 310 단계에서, 정보 수신부(410)는 실내(즉, 복합 건물, 지하철 역사, 공항, 백화정 등)에 설치된 복수의 액세

스 포인트들 각각에서 전송한 신호를 수신할 수 있다. 예컨대, 단말(UE)인 위치 추정 시스템(300)이 실내의 임의의 위치에 존재하는 경우, 단말이 존재하는 임의의 위치가 정확히 어디인지를 추정하기 위해 임의의 위치에서 복수의 액세스 포인트들(401, 042, 403) 각각에서 전송한 신호를 수신할 수 있다. 여기서, 수신된 신호는 MAC 주소, AP의 식별 정보(ID), 및 AP의 GPS 좌표 정보 등을 포함할 수 있다.

[0047] 320 단계에서, 맵 처리부(420)는 서버(미도시)로부터 미리 제공받은 무선 맵(Radio)에 수신된 신호를 AP 별로 추가할 수 있다.

[0048] 예를 들어, 도 5와 같이, 맵 처리부(420)는 각각의 액세스 포인트들로부터 수신된 신호 중 신호 세기를 AP 별로 무선 맵(500) 상에 추가할 수 있다. 즉, 복수의 참조 포인트들(RP)이 행(row)으로 구성되고, 복수의 액세스 포인트들(AP)이 열(column)로 구성된 위치 추정 시스템(400)에서 수신한 신호와 관련하여 한 행(row, 501)이 추가될 수 있다. 예컨대, L개의 AP들이 존재하는 경우, L개의 AP들 각각으로부터 수신된 신호 세기가 무선 맵(500)의 한 행(501)에 추가될 수 있다.

[0049] 330 단계에서, 계산부(430)는 정보 수신부(410)에서 수신된 신호가 한 행으로 추가된 무선 맵(500)에 기초하여 액세스 포인트(AP) 별로 유클리디언 디스턴스(Euclidean Distance)를 계산할 수 있다. 즉, 계산부(430)는 참조 포인트들 각각에서 AP 별로 수신된 신호와 위치 추정 시스템(400)에서 수신한 신호에 기초하여 AP 별 유클리디언 디스턴스를 계산할 수 있다. 이때, 계산부(430)는 아래의 수학식 4에 기초하여 무선 맵(500)의 열(column) 방향으로 유클리디언 디스턴스를 계산할 수 있다.

수학식 4

[0050]
$$D_j = \sum_{i=1}^{N} |y_{r,j} - y_{i,j}|^2 \quad j = 1,2,\ldots,L$$

[0051] 수학식 4에 따르면, 위치 추정 시스템(400)에서 수신한 j번째 AP의 신호와 각 RP에서 수신한 j번째 AP의 신호 간의 차의 절대 값의 제곱 합으로써, 유클리디언 디스턴스가 계산될 수 있다.

[0052] 예컨대, 위치 추정 시스템(400)에서 AP 1 으로부터 수신한 신호와 1부터 N번째 참조 포인트(RP)에서 AP 1으로부터 수신한 신호 간의 차이값의 제곱이 계산될 수 있다. 즉, N개의 차이값의 제곱이 계산될 수 있다. 동일한 방법으로, 위치 추정 시스템(400)에서 AP 2로부터 수신한 신호와 1부터 N번째 참조 포인트에서 AP 2로부터 수신한 신호 간의 차이값의 제곱이 계산될 수 있다. 즉, AP 2에 대해 다시 N개의 차이값의 제곱이 계산될 수 있다. 마찬가지로, L개의 AP들에 대해 N개의 차이값의 제곱이 계산될 수 있으며, 계산된 차이값의 제곱의 합으로써, 유클리디언 디스턴스가 계산될 수 있다. 즉, 도 6과 같이, 무선 맵에 포함된 열 벡터에 기초하여 열 단위로(즉, AP 별로, 601, 602) 유클리디언 디스턴스가 계산될 수 있으며, AP 별로 계산된 유클리디언 디스턴스가 무선 맵(600)에 한 행(610)으로 추가될 수 있다.

[0053] 340 단계에서, 오류 AP 검출부(440)는 상기 유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 AP들 중에서 오류 AP 를 검출할 수 있다.

[0054] 341 단계에서, 오류 AP 검출부(440)는 열(column) 방향, 즉, AP 별로 계산된 유클리디언 디스턴스를 크기가 큰 순서에서 작은 순서로 순차적으로 정렬할 수 있다. 예컨대, 오류 AP 검출부(440)는 위의 수학식 4에 기초하여 계산된 AP 별 유클리디언 디스턴스를 아래의 수학식 5와 같이 크기 순서로 정렬할 수 있다.

수학식 5

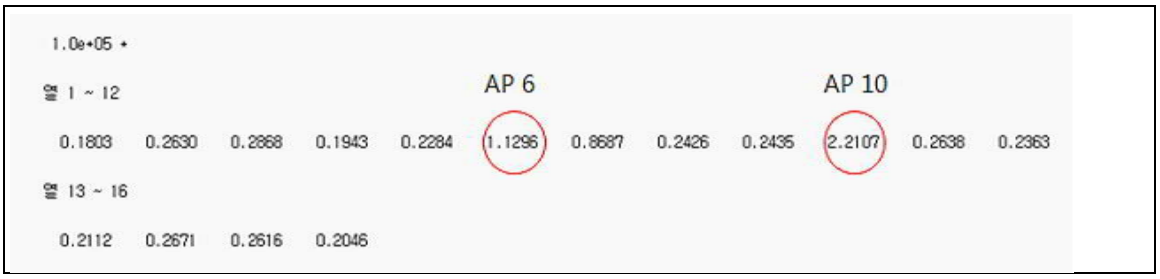
[0055]
$$\mathrm{Sort}(\vec{D}) = \{D'_1, D'_2, D'_3, \ldots, D'_L\}$$

[0056] 342 단계에서, 오류 AP 검출부(440)는 정렬된 AP 별 유클리디언 디스턴스에 기초하여 오류 AP 검출에 이용되는 후보군을 결정할 수 있다.

[0057] 예컨대, 오류 AP 검출부(440)는 정렬된 AP 별 유클리디언 디스턴스가 기정의된 기준값 이상에 해당하는 AP를 오류 AP일 가능성이 높은 후보군으로 결정할 수 있다. . 즉, 아래의 표 1과 같이, 정렬 후 유클리디언 디스턴스의 값 차이가 극명하게 나눠지는 특정 지점이 후보군으로 결정될 수 있다.

표 1

[0058]



[0059] 위의 표 1을 참고하면, 정렬된 유클리디언 디스턴스 중 AP 6 및 AP10이 다른 AP들보다 유클리디언 디스턴스가 극명하게 큰 값을 가짐을 확인할 수 있다. 오류 AP 검출부(440)는 AP 6 및 AP 10과 같이 기준값 이상으로 극명하게 큰 유클리디언 디스턴스를 가지는 AP들을 후보군으로 결정할 수 있다. 표 1에서는 AP 6와 AP10이 후보군으로 결정될 수 있다.

[0060] 다른 예로, 오류 AP 검출부(440)는 기준값 이상으로 극명하게 큰 유클리디언 디스턴스를 가지는 AP까지를 후보군으로 결정할 수도 있다. 예컨대, 오류 AP 검출부(440)는 AP1 내지 AP10 까지를 후보 군으로 결정할 수도 있고, AP 6 내지 AP 10을 후보군으로 결정할 수도 있다.

[0061] 350 단계에서, 위치 추정부(450)는 복수의 AP 들중에서 후보군에 포함된 오류 AP를 제외한 AP를 대상으로, 최근접 이웃 알고리즘(KNN)에 기초하여 단말의 위치를 추정할 수 있다. 이때, 위치 추정부(450)는 후보군에 포함된 AP들을 대상으로, 컴비네이션 연산을 수행하여 오류 AP를 결정할 수 있다.

[0062] 예컨대, 후보군에 포함된 AP가 3개인 경우, 위치 추정부(450)는 3개의 AP들 중 고장이 발생한 AP가 0개인 경우, 1개인 경우($_3C_1$), 2개인 경우($_3C_2$), 3개 모두 고장일 경우($_3C_3$)의 수 각각에 대해 컴비네이션 연산을 수행할 수 있다. 그리고, 위치 추정부(450)는 후보군에 포함된 AP들 중 고장이 1개인 경우에, 복수의 AP들(즉, 무선 맵에 포함된 전체 AP들) 중 해당 AP(예컨대, AP 6, AP 7, 또는 AP 8)을 제거한 후 KNN 알고리즘에 기초하는 위의 수학식 3에 따라 각 RP 에서의 유클리디언 디스턴스를 계산할 수 있다. 마찬가지로, 고장이 2개인 경우에, 무선 맵의 전체 AP들 중 해당 AP(예컨대, AP 6와 AP 7, AP 6와 AP8, 또는 AP7과 AP8)을 제거한 후 KNN 알고리즘에 기초하는 위의 수학식 3에 따라 각 RP 에서의 유클리디언 디스턴스를 계산할 수 있다.

[0063] 그리고, 위치 추정부(450)는 계산된 각 RP에서의 유클리디언 디스턴스에 기초하여 기정의된 K개(예컨대, K=3)의 참조 포인트를 위치 추정을 위한 포인트로 선택할 수 있다. 예컨대, 각 RP에서의 유클리디언 디스턴스가 가장 작은 3개의 참조 포인트(RP)가 선택될 수 있다. 그러면, 위치 추정부(450)는 후보군의 크기에 따라 생기는 고장 경우의 수만큼 구한 3개 참조 포인트(RP)의 유클리디언 디스턴스 평균이 가장 작은 경우를 실제로 고장난 경우로 판단할 수 있다. 그리고, 위치 추정부(450)는 평균이 가장 작은 경우에 해당하는 3개의 RP(즉, 유클리디언 디스턴스 평균 계산 시 가장 작은 값으로 계산될 때에 선택된 3개의 RP) 각각의 위치 좌표(x, y 좌표)의 평균을 계산하고, 계산된 평균에 해당하는 위치 좌표를 단말, 즉, 위치 추정 시스템(400)의 현재 위치로 결정할 수 있다.

[0065] 도 7은 본 발명의 일실시예에 있어서, 검출된 오류 AP를 제거한 후 단말의 위치를 추정한 경우의 성능 결과를 도시한 그래프이다.

[0066] 도 7에서 시스템 모델은 다수의 AP, RP가 일정한 간격으로 분포되어 있으며, 임의의 위치에 단말을 생성하는 경우를 가정한다. 오류 AP 검출 알고리즘을 통해 단말의 위치를 추정하고 실제 위치와의 차이를 에러 거리로 나타낼 수 있다. 그리고, 도 7에서는 오류 AP의 수를 1 내지 3(AP 6, AP7, AP10, AP11), 감소량을 10, 20, 30dB가 되도록 할 경우의 각 시나리오 성능을 비교하고 있다.

[0067] 도 7에 따르면, KNN 알고리즘의 경우, 오류 AP 수가 많을수록, 그리고 감소량이 클수록 에러 거리가 매우 커지는 것을 확인할 수 있다. 그리고, 전체 검색 알고리즘의 경우, 오류 AP의 수에 따라 전체 AP 중 특정 AP에 오류가 발생한 경우의 수를 고려하여 K개의 RP의 유클리디언 디스턴스가 가장 작은 값을 가질 때 평균 (x,y) 좌표

로 단말의 위치를 추정하므로, 계산 복잡도가 증가할 수 있다.

[0068] 열방향 유클리디언 디스턴스에 기초하여 결정된 후보군을 대상으로 오류 AP를 제거하고 위치를 추정하는 제안 알고리즘의 경우, 성능은 전체 검색 알고리즘과 거의 같으면서, 오류 AP 후보군을 만들어 위치를 추정하기 때문에, 더 적은 수의 계산량을 가짐을 확인할 수 있다.

[0069] 도 7에 따르면, 오류 AP의 수와 감소량이 전부 랜덤한 경우, 평균 에러 거리는 전체 검색 알고리즘, 제안하는 알고리즘, KNN 알고리즘 순으로 5m, 6m, 150m를 가짐을 확인할 수 있다. 즉, 제안한 알고리즘의 경우 전체 검색 알고리즘의 성능을 가지면서, 계산 복잡도는 확연히 낮아짐을 알 수 있다.

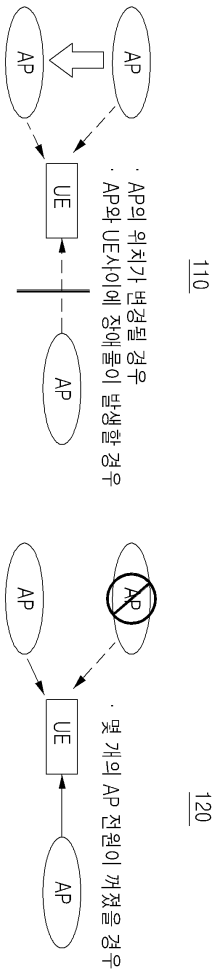
[0070] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 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 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0071] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

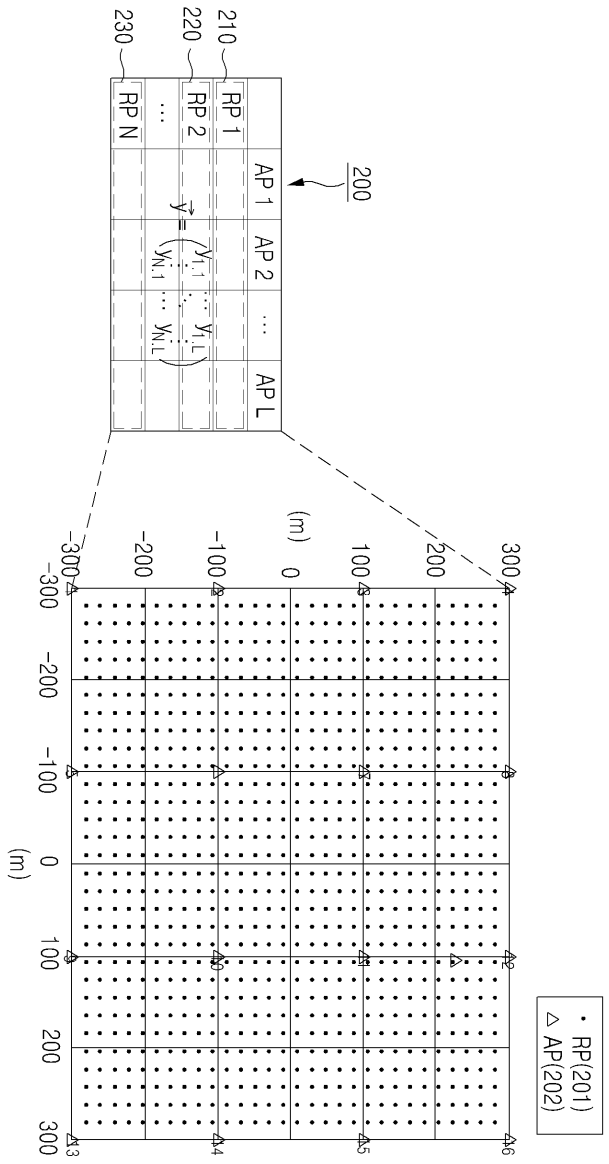
[0072] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

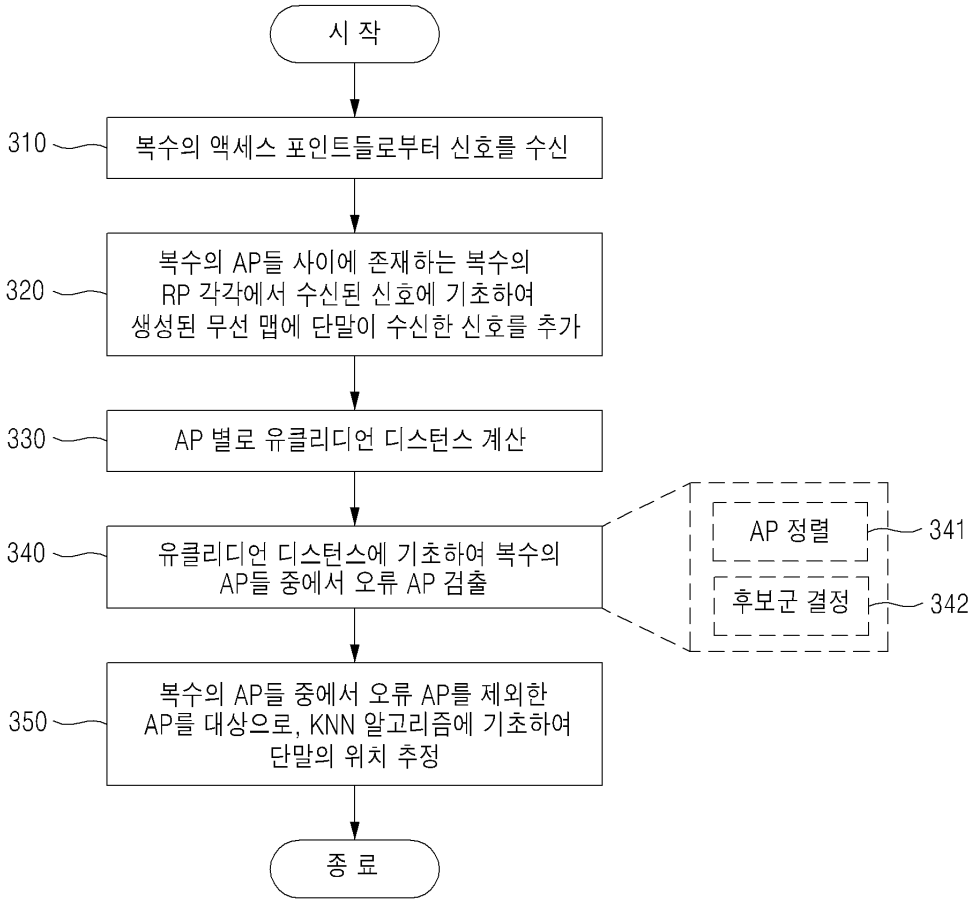
도면1


AP
AP
UE
AP
· AP의 위치가 변경될 경우
· AP와 UE사이에 장애물이 발생할 경우
110
AP
AP
UE
AP
· 몇 개의 AP 전원이 꺼졌을 경우
120

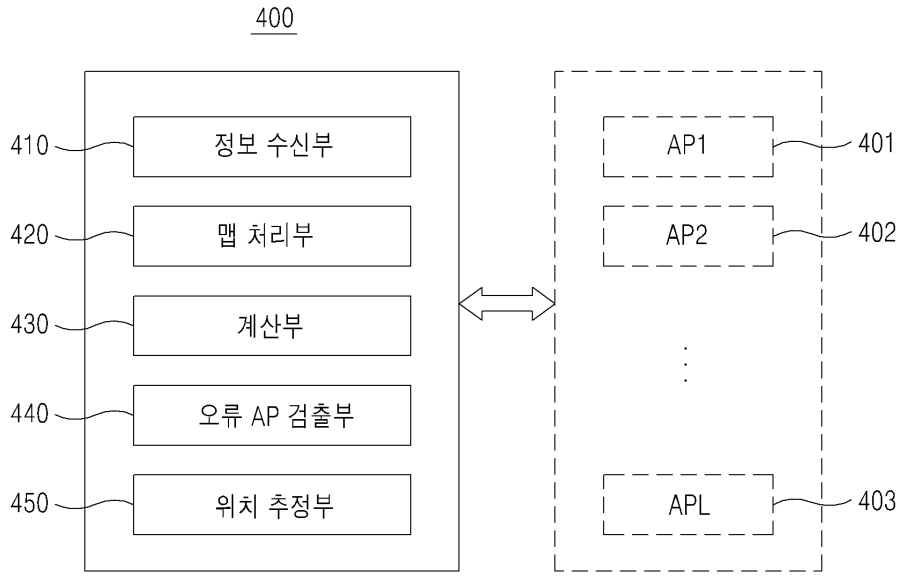
도면2


230
220
210
200
RP N
RP 2
RP 1
AP 1
AP 2
AP L
$\vec{y} = \begin{pmatrix} y_{1,1} & \cdots & y_{1,L} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{N,1} & \cdots & y_{N,L} \end{pmatrix}$
(m)
-300
-200
-100
0
100
200
300
• RP(201)
△ AP(202)

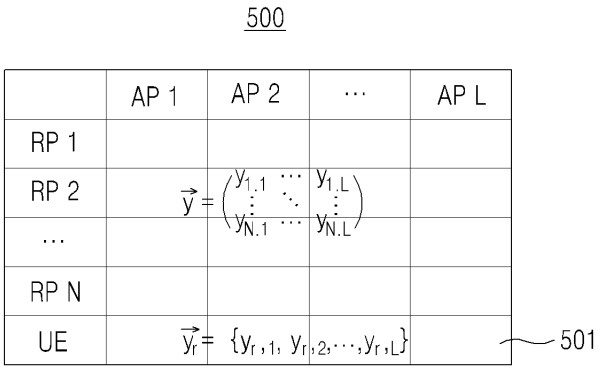
도면3


시 작
310
복수의 액세스 포인트들로부터 신호를 수신
320
복수의 AP들 사이에 존재하는 복수의 RP 각각에서 수신된 신호에 기초하여 생성된 무선 맵에 단말이 수신한 신호를 추가
330
AP 별로 유클리디언 디스턴스 계산
340
유클리디언 디스턴스에 기초하여 복수의 AP들 중에서 오류 AP 검출
AP 정렬
341
후보군 결정
342
350
복수의 AP들 중에서 오류 AP를 제외한 AP를 대상으로, KNN 알고리즘에 기초하여 단말의 위치 추정
종 료

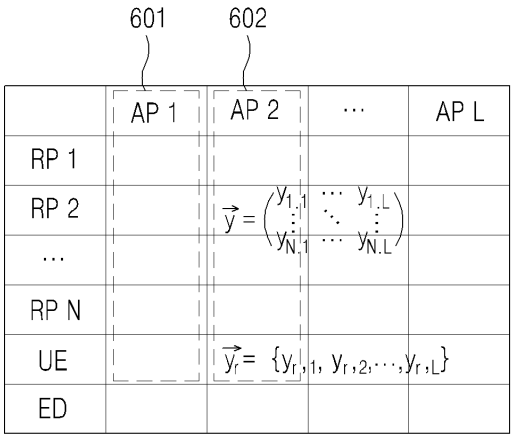
도면4


400
410
정보 수신부
420
맵 처리부
430
계산부
440
오류 AP 검출부
450
위치 추정부
AP1
401
AP2
402
APL
403

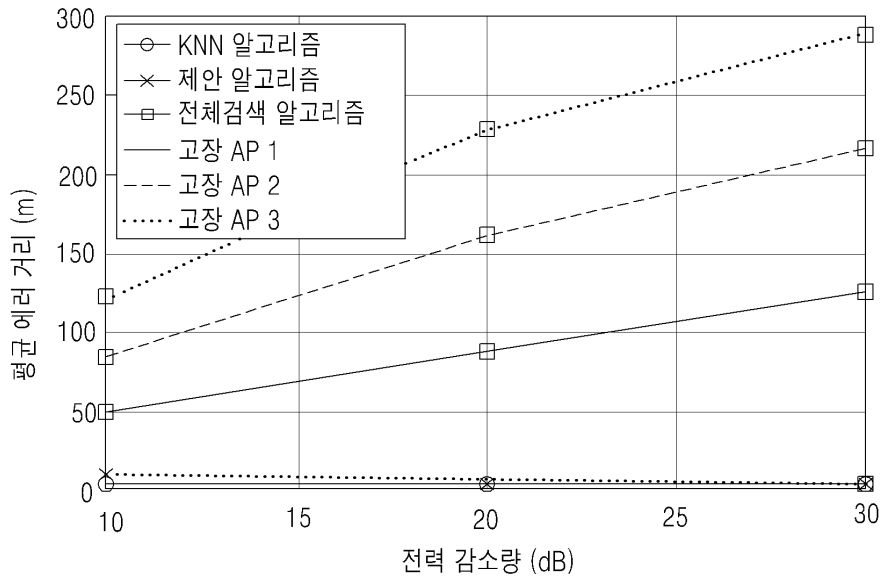
도면5


500
AP 1
AP 2
…
AP L
RP 1
RP 2
…
RP N
UE
501

도면6


601
602
AP 1
AP 2
…
AP L
RP 1
RP 2
…
RP N
UE
ED

도면7


KNN 알고리즘
제안 알고리즘
전체검색 알고리즘
고장 AP 1
고장 AP 2
고장 AP 3
평균 에러 거리 (m)
300
250
200
150
100
50
0
10
15
20
25
30
전력 감소량 (dB)