



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월03일
(11) 등록번호 10-2672045
(24) 등록일자 2024년05월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/02 (2010.01) G06N 3/094 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/02524 (2023.05)
G06N 3/094 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2023-0056839
(22) 출원일자 2023년05월02일
심사청구일자 2023년05월02일
(56) 선행기술조사문헌
KR101600190 B1*
KR1020220099327 A*
KR102064680 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이형준
서울특별시 강남구 선릉로 221, 103동 1905호 (도곡동, 도곡렉슬아파트)
윤진이
인천광역시 남동구 구월로372번길 90, 108동 1401호 (만수동, 하우스토리 만수)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

전체 청구항 수 : 총 6 항

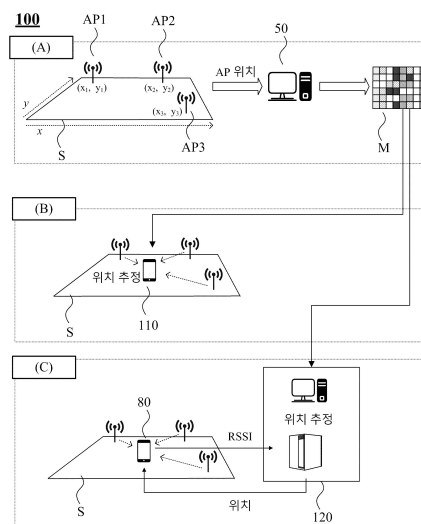
심사관 : 나영준

(54) 발명의 명칭 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 방법, 데이터 처리 장치 및 측위장치

(57) 요약

미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 방법은 데이터 처리 장치가 서비스 영역에 대한 참조 지점들의 위치 및 다수의 AP(access point)들의 위치를 입력받는 단계, 상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들 각각에 대하여 참조 지점의 위치 및 AP의 위치를 기준으로 특징 벡터를 추출하는 단계, 상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들 각각에 대하여 사전에 학습된 생성모델에 해당 AP에 대하여 추출한 특징 벡터를 조건으로 입력하고, 상기 임의의 노이즈를 입력하여, 상기 AP들 각각에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 단계 및 상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들에 대하여 생성한 핑거프린트 맵들을 결합하여 상기 서비스 영역에 대한 최종 핑거프린트 맵을 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01S 2205/02 (2023.05)
Z01A 10/00 (2019.06)

김지운
서울특별시 서대문구 이화여대5길 35, 529호 (대현동)

(72) 발명자
유예원
경기도 안양시 만안구 삼봉로 61, 102동 1103호 (박달동, 금호타운)
강다연
경기도 남양주시 진접읍 양진로1020번길 32, 103동 203호 (원일궁의문아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업	
과제고유번호	1711184759
과제번호	2021R1A2B5B01002906
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	불안정한 통신 상황에서 자생적 엣지 네트워크 구성을 통한 분산 학습 아키텍처 개
발	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업	
과제고유번호	1711179344
과제번호	00155966
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능융합혁신인재양성(R&D)
연구과제명	인공지능융합혁신인재양성(이화여자대학교)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	이화여자대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

데이터 처리 장치가 서비스 영역에 대한 참조 지점들의 위치 및 다수의 AP(access point)들의 위치를 입력받는 단계;

상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들 각각에 대하여 참조 지점의 위치 및 AP의 위치를 기준으로 특징 벡터를 추출하는 단계;

상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들 각각에 대하여 사전에 학습된 생성모델에 해당 AP에 대하여 추출한 특징 벡터를 조건으로 입력하고, 임의의 노이즈를 입력하여, 상기 AP들 각각에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 단계; 및

상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들에 대하여 생성한 핑거프린트 맵들을 결합하여 상기 서비스 영역에 대한 최종 핑거프린트 맵을 생성하는 단계를 포함하되,

상기 AP들 중 어느 하나의 AP에 대한 상기 특징 벡터는 상기 참조 지점들 각각에서 하나의 참조 지점과 상기 어느 하나의 AP 사이의 거리 및 상기 하나의 참조 지점과 상기 어느 하나의 AP가 이루는 각도를 포함하는 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 생성모델은 조건부 GAN(conditional Generative Adversarial Networks) 또는 AC-GAN(Auxiliary Classifier GAN)인 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

데이터 처리 장치가 서비스 영역에 대한 참조 지점들의 위치 및 AP(access point)의 위치를 입력받는 단계;

상기 데이터 처리 장치가 상기 참조 지점들 각각에서 상기 AP까지의 거리 및 상기 AP와 이루는 각도를 추출하는 단계; 및

상기 데이터 처리 장치가 사전에 학습된 생성모델에 임의의 노이즈를 입력하고, 상기 참조 지점들에서의 상기 거리 및 상기 각도를 조건으로 입력하여 상기 서비스 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 단계를 포함하되,

상기 생성모델은 특정 영역의 핑거프린트 맵 및 상기 특정 영역의 참조 지점들에서의 AP를 기준으로 추출한 특징 벡터를 조건으로 입력받아 상기 특정 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하도록 학습된 모델이고,

상기 특징 벡터는 상기 특정 영역의 상기 참조 지점들 각각에 대한 하나의 참조 지점과 상기 특정 영역의 상기 AP 사이의 거리 및 상기 하나의 참조 지점과 상기 특정 영역의 상기 AP가 이루는 각도를 포함하는 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 방법.

청구항 5

서비스 영역에 대한 참조 지점들의 위치 및 AP(access point)의 위치를 입력받는 입력장치;

특정 영역의 핑거프린트 맵 및 상기 특정 영역의 참조 지점들에서의 AP를 기준으로 추출한 특징 벡터를 조건으로 입력받아 상기 특정 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하도록 학습된 생성 모델을 저장하는 저장장치; 및

상기 서비스 영역에 대한 상기 참조 지점들 각각에서 상기 AP까지의 거리 및 상기 AP와 이루는 각도를 추출하여 상기 생성 모델에 대한 조건으로 입력하고, 임의의 노이즈를 상기 생성 모델에 입력하여 상기 서비스 영역에 대

한 핑거프린트 맵을 생성하는 연산장치를 포함하되,

상기 특정 벡터는 상기 특정 영역의 상기 참조 지점들 각각에 대한 하나의 참조 지점과 상기 특정 영역의 상기 AP 사이의 거리 및 상기 하나의 참조 지점과 상기 특정 영역의 상기 AP가 이루는 각도를 포함하는 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 데이터 처리 장치.

청구항 6

삭제

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 생성모델은 조건부 GAN(conditional Generative Adversarial Networks) 또는 AC-GAN(Auxiliary Classifier GAN)인 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 데이터 처리 장치.

청구항 8

현재 위치에서 AP(access point)들의 무선 신호를 수신하는 통신장치;

가상의 핑거프린트 맵을 저장하는 저장장치; 및

상기 가상의 핑거프린트 맵을 참조하여 상기 AP들의 무선신호의 세기를 기준으로 현재 위치를 추정하는 연산장치를 포함하되,

상기 가상의 핑거프린트 맵은 특정 영역의 핑거프린트 맵 및 상기 특정 영역의 참조 지점들에서의 AP를 기준으로 추출한 특정 벡터를 조건으로 입력받아 상기 특정 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하도록 학습된 생성모델이 생성하고,

상기 특정 벡터는 상기 특정 영역의 상기 참조 지점들 각각에 대한 하나의 참조 지점과 상기 특정 영역의 상기 AP 사이의 거리 및 상기 하나의 참조 지점과 상기 특정 영역의 상기 AP가 이루는 각도를 포함하는 가상의 핑거프린트 맵을 이용하는 측위 장치.

청구항 9

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이하 설명하는 기술은 자동으로 핑거프린트 맵을 생성하는 기법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 실내 측위는 실내와 같이 위성항법시스템의 신호를 수신하기 어려운 영역에서의 측위를 의미한다. 실내 측위는 Wi-Fi 또는 블루투스나 같은 무선 신호를 이용하는 방식이 대표적이다. 나아가, 무선 신호 기반의 실내 측위는 핑거프린트(fingerprint) 기법이 대표적이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1625757호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 핑거프린트 기반 실내 측위는 사전에 서비스 영역에서 무선 신호를 수집하여 핑거프린트 맵을 구축하여야 한다. 핑거프린트 기반 실내 측위는 핑거프린트 맵 구축에 많은 시간과 비용이 소요된다는 단점이 있다.

[0005] 이하 설명하는 기술은 생성모델(generative model)을 이용하여 핑거프린트 맵을 자동으로 구축하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 방법은 데이터 처리 장치가 서비스 영역에 대한 참조 지점들의 위치 및 다수의 AP(access point)들의 위치를 입력받는 단계, 상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들 각각에 대하여 참조 지점의 위치 및 AP의 위치를 기준으로 특징 벡터를 추출하는 단계, 상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들 각각에 대하여 사전에 학습된 생성모델에 해당 AP에 대하여 추출한 특징 벡터를 조건으로 입력하고, 상기 임의의 노이즈를 입력하여, 상기 AP들 각각에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 단계 및 상기 데이터 처리 장치가 상기 AP들에 대하여 생성한 핑거프린트 맵들을 결합하여 상기 서비스 영역에 대한 최종 핑거프린트 맵을 생성하는 단계를 포함한다.

[0007] 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 데이터 처리 장치는 서비스 영역에 대한 참조 지점들의 위치 및 AP의 위치를 입력받는 입력장치, 특정 영역의 핑거프린트 맵 및 상기 특정 영역의 참조 지점들에서의 AP를 기준으로 추출한 특징 벡터를 조건으로 입력받아 상기 특정 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하도록 학습된 생성모델을 저장하는 저장장치 및 상기 서비스 영역에 대한 상기 참조 지점들 각각에서 상기 AP까지의 거리 및 상기 AP와 이루는 각도를 추출하여 상기 생성 모델에 대한 조건으로 입력하고, 임의의 노이즈를 상기 생성 모델에 입력하여 상기 서비스 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 연산장치를 포함한다.

[0008] 가상의 핑거프린트 맵을 이용하는 측위 장치는 현재 위치에서 AP들의 무선 신호를 수신하는 통신장치, 가상의 핑거프린트 맵을 저장하는 저장장치 및 상기 가상의 핑거프린트 맵을 참조하여 상기 AP들의 무선신호의 세기를 기준으로 현재 위치를 추정하는 연산장치를 포함한다.

발명의 효과

[0009] 이하 설명하는 기술은 무선 신호 수집 과정 없이 서비스 영역에 배치된 AP(access point) 위치만을 이용하여 자동으로 핑거프린트 맵을 구축할 수 있다. 따라서, 이하 설명하는 기술은 핑거프린트 기반 측위 기법에 범용성을 부여하여 실내 측위 서비스를 보편화하는데 기여한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 핑거프린트 기반 측위 시스템의 예이다.

도 2는 생성모델을 구축하는 개략적인 과정의 예이다.

도 3은 생성모델의 구체적인 학습과정의 예이다.

도 4는 데이터 처리 장치가 생성모델을 이용하여 핑거프린트 맵을 생성하는 과정의 예이다.

도 5는 미탐색 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 데이터 처리 장치의 예이다.

도 6은 가상의 핑거프린트 맵을 이용하는 측위장치에 대한 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하 설명하는 기술은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0012] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 이하 설명하는 기술의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0013] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함

하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 설명된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0014] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.
- [0015] 또, 방법 또는 동작 방법을 수행함에 있어서, 상기 방법을 이루는 각 과정들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 과정들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0017] 이하 설명하는 기술은 서비스 영역에서 측위를 위한 핑거프린트 맵을 생성하는 기법이다.
- [0018] 서비스 영역은 위성항법신호가 수신되기 어려운 영역을 의미한다. 따라서, 이하 서비스 영역은 실내 영역을 포함하는 의미로 사용한다.
- [0019] 이하 설명하는 기술은 생성모델을 이용하여 핑거프린트 맵을 생성한다.
- [0020] 생성모델은 다양한 유형의 모델이 연구되고 있다. 예컨대, 생성모델은 오토인코더, GAN(Generative Adversarial Networks), 확산 모델(diffusion model) 등이 있다. 이하 설명하겠지만 연구자는 GAN 기반의 모델을 이용하였다. 따라서, 이하 설명은 GAN 모델을 중심으로 설명한다. 다만, 핑거프린트 맵 생성을 위한 모델은 다양한 유형의 생성모델 중 어느 하나가 이용될 수도 있다.
- [0021] 이하 학습장치가 학습데이터를 이용하여 생성모델을 구축한다고 설명한다. 학습장치는 데이터 처리 및 모델 학습이 가능한 장치이다. 학습장치는 학습 데이터 구축도 할 수 있다. 예컨대, 학습장치는 PC, 네트워크상의 서버, 스마트 기기, 전용 프로그램이 임베딩된 칩셋 등으로 구현될 수 있다.
- [0022] 이하 데이터 처리 장치가 생성모델을 이용하여 핑거프린트 맵을 생성한다고 설명한다. 예컨대, 데이터 처리 장치는 PC, 네트워크상의 서버, 스마트 기기, 전용 프로그램이 임베딩된 칩셋 등으로 구현될 수 있다.
- [0023] 이하 설명에서 무선신호는 Wi-Fi, 블루투스 등 다양한 유형의 신호 중 어느 하나일 수 있다. 서비스 영역에서 단말이 무선 신호를 수신한다. 단말은 스마트 기기, 모바일 기기, 웨어러블 기기, 로봇 등 다양한 유형의 장치 중 어느 하나일 수 있다.
- [0024] 이하 측위장치가 생성된 핑거프린트 맵을 이용하여 서비스 영역에서 측위를 한다고 설명한다. 측위장치는 상기 단말, 서버 등과 같은 장치일 수 있다.
- [0026] 도 1은 핑거프린트 기반 측위 시스템(100)의 예이다.
- [0027] 서비스 영역 S는 실제 3차원 공간이지만, 핑거프린트 맵은 일반적으로 2차원 평면에서의 정보로 구성된다. 서비스 영역 S는 일정한 좌표계를 기준으로 해당 영역(참조 지점들의 위치 포함) 및 AP(access point)의 위치가 정의될 수 있다. AP는 서비스 영역에서 Wi-Fi와 같은 무선 신호를 송신하는 장치이다.
- [0028] 도 1에서 (A)는 데이터 처리 장치(50)가 핑거프린트 맵을 생성하는 과정을 도시한다. 데이터 처리 장치(50)는 AP 위치 정보에서 일정한 벡터 정보를 추출한다. 데이터 처리 장치(50)는 사전에 구축된 생성모델에 임의의 노이즈와 벡터 정보를 입력하여 서비스 영역 S에 대한 핑거프린트 맵 M을 생성한다. 핑거프린트 맵은 일반적으로 그리드 맵 형태로 사각형 구간마다 무선신호의 세기 정보를 보유한다. 생성모델 구축 과정 및 구체적인 핑거프린트 맵 생성 과정은 후술한다.
- [0029] 도 1에서 (B) 및 (C)는 측위 장치가 핑거프린트 맵을 사용하여 서비스 영역에서 측위를 하는 과정을 도시한다.
- [0030] 스마트 기기와 같은 측위 장치(110)는 핑거프린트 맵을 참조하여 서비스 영역 S의 현재 위치에서 AP들로부터 수신하는 무선신호의 세기를 기준으로 자신의 현재 위치를 추정할 수 있다.
- [0031] 단말(80)은 서비스 영역 S의 현재 위치에서 AP들로부터 수신하는 무선신호의 세기를 수집한다. 단말(80)은 무선신호의 세기 정보를 별도의 측위 장치(120)에 전달한다. 컴퓨터 장치 또는 서버와 같은 측위 장치(120)는 핑거

프린트 맵을 참조하여 서비스 영역 S의 현재 위치에서 AP들로부터 수신하는 무선신호의 세기를 기준으로 단말(80)의 현재 위치를 추정할 수 있다. 측위 장치(120)는 측위 결과를 단말(80)에 송신할 수 있다.

[0033] 도 2는 생성모델을 구축하는 개략적인 과정(200)의 예이다. 학습장치가 생성모델을 구축한다고 설명한다. 학습장치는 핑거프린트의 데이터 처리 및 생성모델의 학습 과정을 제어하는 컴퓨터 장치에 해당한다.

[0034] 학습장치는 사전에 생성된 핑거프린트 맵을 수집한다(210). 모델 구축 과정에 이용하는 핑거프린트 맵을 학습용 핑거프린트 맵이라고 명명한다. 학습용 핑거프린트 맵은 종래 방식에 따라 수동으로 특정 영역에서 수집된 무선신호 세기를 기준으로 생성될 수 있다. 학습용 핑거프린트 맵은 공개 데이터베이스(DB)에서 추출할 수도 있다.

[0035] 학습장치는 학습용 핑거프린트 맵에서 무선신호 특징벡터를 추출한다(220). 무선신호 특징벡터는 생성모델의 학습 과정에서 추가 정보(조건, condition)로 사용된다.

[0036] 학습장치가 무선신호 특징벡터를 추출하는 과정을 설명한다. 학습장치는 학습용 핑거프린트 맵에서 AP별로 무선신호 특징벡터를 추출한다.

[0037] 학습용 핑거프린트 맵은 서비스 영역을 참조 지점(또는 데이터 지점)들 각각에서 수신되는 무선신호의 세기를 저장한다. 학습용 핑거프린트 맵은 일반적으로 그리드 맵 형태로 사각형 구간마다 무선신호의 세기 정보를 보유한다. 아래 수학적 식 1은 서비스 영역의 i번째 참조 지점(reference point)에서의 핑거프린트 $X(i)$ 를 나타낸다.

수학적 식 1

[0039] $X(i) = \{s_1, s_2, \dots, s_{N_{ap}}\}$ for $i \in \{1, 2, \dots, N_{data}\}$

[0040] $X(i)$ 는 i번째 참조 지점에서의 핑거프린트이다. s_j 는 i번째 참조 지점에서 j 번째 AP(j는 AP의 인덱스)로부터 수신되는 무선신호의 세기이다. N_{ap} 는 서비스 영역에 위치하는 AP의 개수이다. N_{data} 는 서비스 영역에서의 참조 지점의 개수이다.

[0042] 학습장치는 각 AP별로 무선신호 특징벡터를 추출할 수 있다. 학습장치는 아래 수학적 식 2와 같이 핑거프린트 맵에서 AP들 각각의 특징 벡터를 정의할 수 있다. $X_j(i)$ 는 i번째 참조 지점에서의 AP j로부터 수신되는 무선신호 세기를 의미한다.

수학적 식 2

[0044] $X_j(i) = s_j$ for $j \in \{1, 2, \dots, N_{ap}\}$

[0046] 연구자는 서비스 영역에서 참조 지점을 기준으로 (i) AP까지의 거리 및 (ii) AP와의 각도를 특징값으로 추출하였다. 즉, 무선신호 특징벡터는 참조 지점별로 (거리값, 각도)로 정의될 수 있다. 학습장치는 특정 좌표계 기준 서비스 영역에서 사전에 알려진 AP의 위치를 기준으로 무선신호 특징벡터를 추출할 수 있다. 연구자는 참조 지점과 AP 사이의 방위각(평면에서의 각도)을 상기 특징값으로 이용하였다.

[0047] 또는 학습장치는 경로 손실 모델(log-distance path loss model)과 같이 널리 알려진 무선 신호 전파 모델을 이용하여 특정 지점에서의 무선신호 세기를 기준으로 특정 지점과 AP 사이의 거리를 추정할 수 있다.

[0049] 학습장치는 핑거프린트 맵에서 아래 수학적 식 3으로 표현되는 무선신호 특징벡터를 추출할 수 있다. 다른 말로 하면, 학습장치는 아래 수학적 식 3으로 표현되는 새로운 핑거프린트 맵(특징 벡터 맵)을 생성할 수 있다. X_j 는 AP j에 대한 무선신호 특징벡터를 나타낸다.

수학적 식 3

[0051] $X_j(d_i, a_i) = s_j$ for $j \in \{1, 2, \dots, N_{ap}\}$

- [0052] d_i 는 i 번째 참조 지점에서 AP j 까지의 거리이고, a_i 는 i 번째 참조 지점과 AP j 사이의 각도이다.
- [0054] 학습장치는 학습용 핑거프린트 맵과 무선신호 특징벡터를 이용하여 생성모델이 학습되게 한다(230).
- [0056] 도 3은 생성모델의 구체적인 학습과정의 예이다.
- [0057] 연구자는 조건부(conditional) GAN 모델(cGAN)을 이용하였다. cGAN(300)은 서로 적대적인 생성자 네트워크(generator network, G, 310) 및 판별자 네트워크(discriminator network, D, 320)로 구성된다.
- [0058] 생성자 네트워크 G(310)는 실제 핑거프린트 맵 x_{real} 의 분포를 학습하여 임의의 노이즈 z 로부터 가상(fake)의 핑거프린트 맵 $x_{fake} = G(z|c)$ 을 생성한다. 이때 생성자 네트워크 G(310)는 전술한 무선신호 특징벡터를 조건으로 입력받는다. 무선신호 특징벡터는 참조 지점들에서 AP 까지의 거리 및 각도를 포함한다. 도 3은 n 개의 참조 지점들에 대한 무선신호 특징벡터인 조건 c 를 도시한다.
- [0059] 판별자 네트워크 D(320)는 생성자 네트워크 G(310)가 생성한 핑거프린트 맵 $G(z|c)$ 과 실제 핑거프린트 맵을 입력받아 $G(z|c)$ 가 실제(real)인지 생성된 것(fake)인지 판별한다. 이때 판별자 네트워크 D(320)는 무선신호 특징벡터인 조건도 입력받는다.
- [0060] 생성된 핑거프린트 맵 $G(z|c)$ 의 분포가 실제 핑거프린트 맵의 분포와 유사해질수록, 판별자 네트워크 D(320)가 출력하는 판별값 $D(G(z|c))$ 는 1에 가까워진다. cGAN(300)의 목적 함수는 아래 수식식 4와 같이 정의될 수 있다.

수식식 4

$$\min_G \max_D V(D, G) = \mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x_{real})} [\log D(x|c)] + \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} [\log(1 - D(G(z|c)))]$$

- [0062]
- [0063] $p_{data}(x_{real})$ 은 실제 핑거프린트 맵의 분포이고, $z \sim p_z(z)$ 는 생성된 핑거프린트 맵의 분포를 의미한다.
- [0065] 연구자는 생성자 네트워크 G(310)의 오버피팅(overfitted)을 방지하고자, AC-GAN(Auxiliary Classifier GAN)을 이용하였다. AC-GAN은 생성한 핑거프린트 맵 $G(z|c)$ 이 실제 데이터인지 분류(샘플 손실, sample loss)하는 판별자 외에 조건(거리 및 각도)을 예측하는 클래스 분류기(클래스 손실, class loss)를 포함한다. cGAN(300)은 판별자 네트워크 D(320)에서 샘플 손실 및 클래스 손실을 모두 최소화하는 방향으로 학습된다. AC-GAN 사용은 핑거프린트 맵 생성을 위한 선택적 구성일 수 있다.
- [0067] 도 4는 데이터 처리 장치가 생성모델을 이용하여 핑거프린트 맵을 생성하는 과정(400)의 예이다. 도 4는 무선신호 정보가 탐색되지 않은 미지의 서비스 영역에 대한 핑거프린트 맵 생성의 예이다.
- [0068] 데이터 처리 장치는 핑거프린트 맵을 생성하고자 하는 서비스 영역에 대한 정보를 입력받는다(410). 데이터 처리 장치는 서비스 영역에 대한 위치 정보(서비스 영역에서의 참조 지역들 위치) 및 서비스 영역에 배치된 AP(들) 위치를 입력받을 수 있다. 서비스 영역에 배치된 AP가 n 개라고 가정한다.
- [0069] 먼저, AP 1에 대한 핑거프린트 맵 구축을 생성을 중심으로 설명한다. 데이터 처리 장치는 서비스 영역의 참조 지점들의 위치와 AP 1의 위치를 기준으로 전술한 무선신호 특징벡터를 생성할 수 있다(420). 무선신호 특징벡터는 참조 지점들 각각에서 AP 1까지의 거리 및 각도로 구성된다. 무선신호 특징벡터는 cGAN에서 조건으로 사용되는 정보이다.
- [0070] 데이터 처리 장치는 임의의 노이즈 z 를 생성자 네트워크 G에 입력한다(430). 생성자 네트워크 G는 도 3의 과정으로 학습이 완료된 네트워크이다. 생성자 네트워크 G는 AP 1에 대한 핑거프린트 맵을 생성한다(440). 도 4의 좌측은 하나의 AP에 대한 핑거프린트 맵 생성 예를 도시한다.
- [0071] 데이터 처리 장치는 서비스 영역에 있는 전체 AP들에 대하여 각각 동일한 과정을 반복하여 n 개의 핑거프린트 맵을 생성한다(450).
- [0072] 데이터 처리 장치는 n 개의 핑거프린트 맵을 결합(merge)하여 다수의 무선신호의 세기 벡터들을 포함하는 단일 핑거프린트 맵을 생성한다(460).
- [0073] 이후 측위 장치는 서비스 영역에 대하여 생성된 단일 핑거프린트 맵을 이용하여 단말의 위치를 측위할 수 있다.

- [0075] 연구자는 핑거프린트 맵을 산출하는 생성모델의 성능을 검증하였다.
- [0076] 연구자가 구축한 모델 및 핑거프린트 맵 생성 과정을 간략하게 설명한다.
- [0077] 연구자는 TensorFlow 1.15.0를 사용하였다. 연구자가 구축한 생성자 네트워크 G 및 판별자 네트워크 D는 모두 ReLu 활성화 함수를 갖는 하나의 은닉 계층을 포함한다. 이때, 판별자 네트워크 D는 출력 계층에서 시그모이드 활성화 함수를 갖는다.
- [0078] 연구자는 U [-1, 1]에서 균일하게 분포된 변수들을 100개 샘플링하여 입력 노이즈로 이용했다. 연구자는 4개의 실제 영역 데이터셋을 이용하여 생성모델을 구축하였다. 4개의 실제 영역들은 아래 표 1과 같다.

표 1

[0080]

장소	AP 개수	영역 크기(참조지점 개수)	영역 설명
홀 (Hall)	9	$8.1 \times 8.7m^2$ (831)	-장애물 없음
라운지 (Lounge)	12	$6.6 \times 9.9m^2$ (764)	-장애물 적음
사무공간 1 (Ofc00bs)	16	$9.9 \times 9.9m^2$ (1067)	-장애물 중간 수준 -6개의 오피스 공간 -문열린 상태
사무공간 2 (Ofc-HighObs)	10	$6.3 \times 10.8m^2$ (756)	-장애물 많음 -유리벽 갖는 6개 회의실 -문 절반 열린 상태

- [0082] 연구자는 (a) 생성한 핑거프린트 맵을 이용하여 추정한 위치와 실제 위치의 거리(m) 편차 및 (b) 생성한 핑거프린트 맵을 이용하여 추정한 위치의 정확도(precision)를 평가하였다. 정확도는 정답과 1.5m 범위의 허용 오차를 두고 판단하였다.

- [0084] 연구자는 탐색되지 않은 지점들의 핑거프린트를 추정하는 생성모델의 성능을 평가하였다. 연구자는 4개의 영역(환경)들에서 각각 생성모델을 구축하고, 생성모델을 이용하여 해당 영역에서 미탐색된 지점들의 핑거프린트를 추정하였다. 연구자는 4개의 환경 각각에서 실제 핑거프린트 맵에서 임의의 지점들의 값을 삭제한 후 생성모델을 이용하여 삭제된 지점들의 핑거프린트를 추정하였다. 아래 표 2는 미탐색 지점들의 핑거프린트를 추정한 결과이다. 표 2는 추정 결과의 평균값을 나타낸다. 미탐색 지점들의 핑거프린트 추정은 핑거프린트 맵 증강(augmentation)이라고 할 수 있다.

표 2

[0086]

Train & Test	Accuracy (m) / Precision (%)		
	Unaug.	GAN-Loc CGAN	AC-GAN
Hall	2.82 / 32.3	2.05 / 49.2	2.05 / 49.2
Lounge	2.36 / 40.3	1.69 / 53.8	1.72 / 52.5
Ofc-Obs	2.40 / 37.2	1.65 / 53.9	1.86 / 48.5
Ofc-HighObs	2.02 / 44.1	1.33 / 66.3	1.36 / 65.3

- [0087] 표 2에서 Unaug.는 미탐색 지점들의 핑거프린트가 증강되지 않은 핑거프린트 맵을 이용하여 측정한 결과이다. 진술한 바와 같이 연구자는 두 개의 생성모델을 구축하였다. 표 2에서 cGAN은 일반적인 조건부 GAN이고, AC-GAN은 클래스 손실이 추가된 GAN이다. 핑거프린트 맵을 증강하여 측정한 경우, 성능(거리 편차)은 최대 0.77m까지 향상되었다. 표 2를 살펴보면 서비스 영역이 복잡하고 장애물이 많은 경우 생성모델은 더 높은 성능을 보였다.

- [0089] 연구자는 AP들의 배치가 변경된 영역에 대한 핑거프린트 맵을 추정하는 생성모델의 성능을 평가하였다. 연구자는 4개의 영역(환경)들에서 각각 생성모델을 구축하고, 해당 영역에서 AP들의 배치를 변경한 후 생성모델을 이용하여 핑거프린트 맵을 생성하였다. 아래 표 3은 AP 배치가 변경된 영역에서 핑거프린트 맵의 성능을 평가한 결과이다.

표 3

Train & Test	Accuracy (m) / Precision (%)		
	Upper	GAN-Loc	
		CGAN	AC-GAN
Hall	1.78 / 51.9	1.81 / 57.0	1.92 / 52.2
Lounge	1.56 / 55.3	1.76 / 56.1	1.78 / 50.5
Ofc-Obs	1.48 / 58.0	1.56 / 55.3	1.80 / 44.4
Ofc-HighObs	1.18 / 73.9	1.66 / 55.4	1.91 / 49.7

[0091]

[0092]

표 3에서 Upper는 실제 핑거프린트 맵을 사용한 경우의 성능이다. 장애물이 많고 복잡한 환경 (Ofc-HighObs)에서도 생성모델은 측위 서비스에 있어서 유의한 성능을 보였다.

[0094]

연구자는 전혀 새로운 영역에서 핑거프린트 맵을 추정하는 생성모델의 성능을 평가하였다. 연구자는 4개의 영역 (환경)들에서 각각 생성모델을 구축하고, 해당 생성 모델을 이용하여 다른 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하였다. 아래 표 4는 새로운 환경에서 생성한 핑거프린트 맵의 성능을 평가한 결과이다.

표 4

Test Train	Accuracy (m) / Precision (%)							
	Hall		Lounge		Ofc-Obs		Ofc-HighObs	
	CGAN	AC-GAN	CGAN	AC-GAN	CGAN	AC-GAN	CGAN	AC-GAN
Upper	1.78 / 51.9		1.56 / 55.3		1.48 / 58.0		1.18 / 74.9	
Hall	—		1.79 / 51.5	1.74 / 53.8	1.76 / 52.9	1.65 / 52.6	1.58 / 60.5	1.44 / 62.0
Lounge	1.97 / 54.2	1.87 / 55.5	—		1.72 / 55.1	1.68 / 55.1	1.61 / 55.9	1.53 / 58.7
Ofc-Obs	1.83 / 57.1	1.88 / 50.2	1.61 / 55.9	1.89 / 42.9	—		1.37 / 63.4	1.37 / 66.3
Ofc-HighObs	2.03 / 47.2	1.94 / 51.0	2.04 / 39.8	1.97 / 43.4	2.04 / 35.2	1.62 / 53.3	—	
All Other Places	1.86 / 50.0	2.01 / 50.2	1.79 / 48.6	1.74 / 53.5	1.61 / 52.9	1.63 / 52.7	1.51 / 58.4	1.36 / 65.6

[0096]

[0097]

표 4에서 Upper는 실제 핑거프린트 맵을 사용한 경우의 성능이다. 표 3과 표 4를 살펴보면 동일 환경(구조, 장애물 여부)에서 구축한 생성 모델을 이용하여 새로운 핑거프린트 맵을 생성하는 것이 다소 높은 성능을 보였다. 그러나, 생성모델을 이용하여 전혀 새로운 환경에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 경우(표4)도 측위 서비스 측면에서 유의한 결과를 보였다.

[0099]

도 5는 미탐지 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 데이터 처리 장치(500)의 예이다. 데이터 처리 장치(500)는 전술한 생성모델을 이용하여 새로운 서비스 영역에 대한 핑거프린트 맵을 생성하는 장치이다. 데이터 처리 장치(500)는 물리적으로 다양한 형태로 구현될 수 있다. 예컨대, 데이터 처리 장치(500)는 PC와 같은 컴퓨터 장치, 스마트기기, 네트워크의 서버, 데이터 처리 전용 칩셋 등의 형태를 가질 수 있다.

[0100]

데이터 처리 장치(500)는 저장장치(510), 메모리(520), 연산장치(530), 인터페이스 장치(540), 통신장치(550) 및 출력장치(560)를 포함할 수 있다.

[0101]

저장장치(510)는 전술한 생성모델을 저장한다. 생성모델은 전술한 과정을 통하여 학습데이터로 학습이 완료된 모델이다.

[0102]

저장장치(510)는 새로운 서비스 영역에 대한 정보를 저장할 수 있다. 서비스 영역의 정보는 해당 영역의 위치, 참조 지점들의 위치, AP 각각의 위치 등을 포함할 수 있다.

[0103]

저장장치(510)는 생성모델을 이용하여 핑거프린트 맵을 생성하는 과정을 제어하는 프로그램을 저장할 수 있다.

[0104]

저장장치(510)는 생성한 핑거프린트 맵을 저장할 수 있다.

[0105]

메모리(520)는 데이터 처리 장치(500)가 핑거프린트 맵을 생성하는 과정에서 생성되는 데이터 및 정보 등을 저장할 수 있다.

[0106]

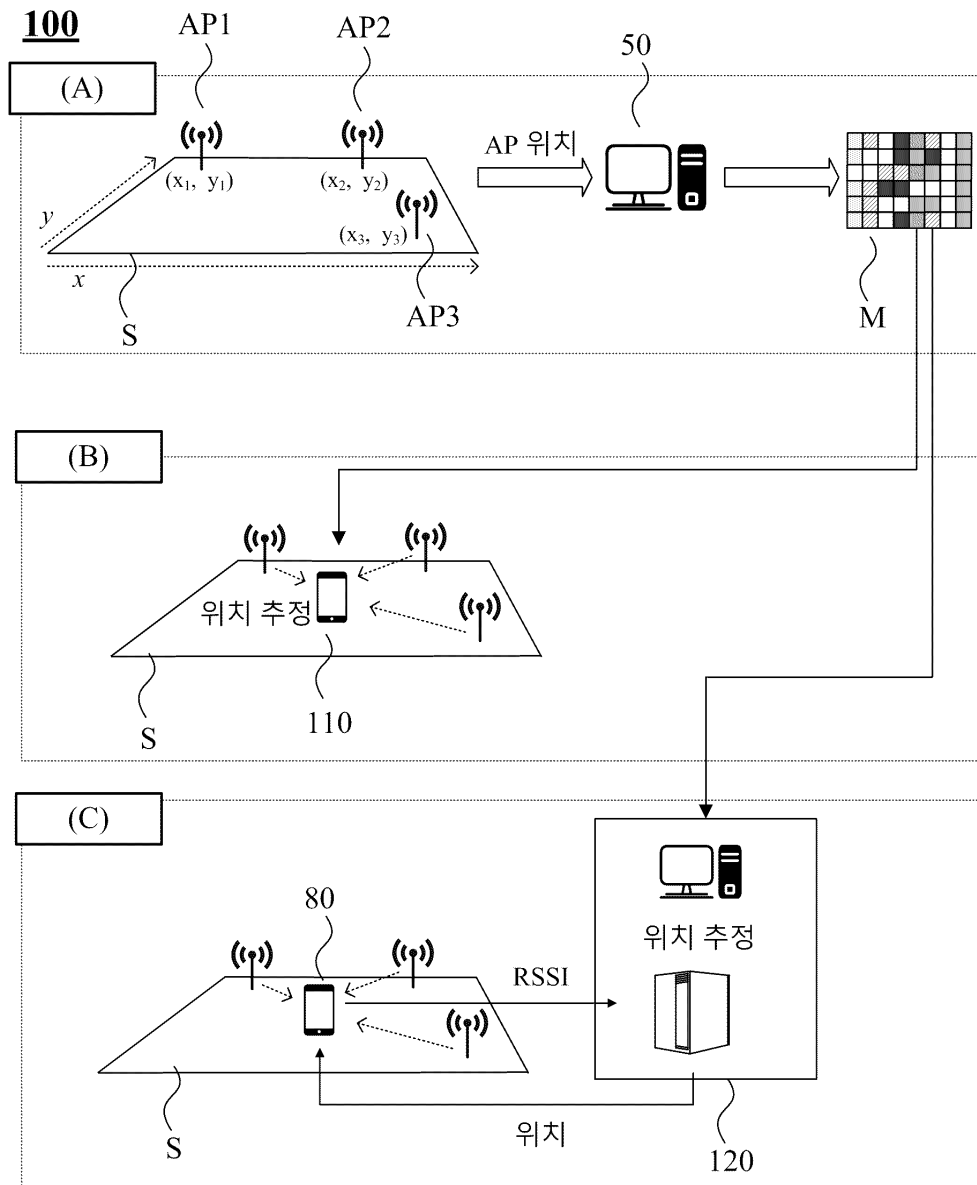
인터페이스 장치(540)는 외부로부터 일정한 명령 및 데이터를 입력받는 장치이다.

- [0107] 인터페이스 장치(540)는 물리적으로 연결된 입력 장치 또는 외부 저장장치로부터 생성모델을 입력받을 수 있다. 인터페이스 장치(540)는 물리적으로 연결된 입력 장치 또는 외부 저장장치로부터 서비스 영역의 정보를 입력받을 수 있다
- [0108] 인터페이스 장치(540)는 생성한 핑거프린트 맵을 외부 객체에 전달할 수도 있다.
- [0109] 인터페이스 장치(540)는 통신장치(550)가 수신하는 데이터 내지 정보를 데이터 처리 장치(500) 내부로 전달하는 구성을 포함하는 의미이다.
- [0110] 통신장치(550)는 유선 또는 무선 네트워크를 통해 일정한 정보를 수신하고 전송하는 구성을 의미한다.
- [0111] 통신장치(550)는 외부 객체로부터 생성모델을 수신할 수 있다.
- [0112] 통신장치(550)는 외부 객체로부터 서비스 영역의 정보를 수신할 수 있다.
- [0113] 통신장치(550)는 생성한 핑거프린트 맵을 측위 장치와 같은 외부 객체에 송신할 수도 있다.
- [0114] 출력장치(560)는 일정한 정보를 출력하는 장치이다. 출력장치(560)는 데이터 처리 과정에 필요한 인터페이스, 핑거프린트 맵 등을 출력할 수 있다.
- [0115] 연산장치(530)는 서비스 영역의 정보를 이용하여 서비스 영역의 각 참조 지점들과 AP 사이의 거리 및 각도를 연산한다. 연산장치(530)는 전술한 특징 벡터를 생성하게 된다. 연산장치(530)는 참조 지점 i 에 대하여 특징 벡터 (d_i, a_i) 를 생성한다. 연산장치(530)는 전체 서비스 영역에 위치한 n 개의 참조 지점들에 대하여 특징 벡터 세트를 생성한다. 연산장치(530)는 AP별로 특징 벡터 세트를 연산한다.
- [0116] 연산장치(530)는 서비스 영역에 배치된 하나의 AP별로 핑거프린트 맵을 생성한다. 연산장치(530)는 생성모델에 임의의 노이즈와 조건으로 추출한 특징 벡터를 입력하여 핑거프린트 맵을 생성한다. 연산장치(530)는 AP마다 핑거프린트 맵을 생성한다. 연산장치(530)는 전체 AP의 핑거프린트 맵들을 결합하여 다수의 무선신호들에 대한 세기 정보를 갖는 최종 핑거프린트 맵을 생성한다. 이 과정은 도 4에서 설명한 바와 같다.
- [0117] 연산장치(530)는 데이터를 처리하고, 일정한 연산을 처리하는 프로세서, AP, 프로그램이 임베디드된 칩과 같은 장치일 수 있다.
- [0118] 경우에 따라서, 데이터 처리 장치(500)가 측위 장치일 수도 있다. 이 경우, 데이터 처리 장치(500)는 생성한 핑거프린트 맵을 이용하여 서비스 영역에서 수신되는 무선신호 정보를 기준으로 측위를 할 수 있다.
- [0120] 도 6은 가상의 핑거프린트 맵을 이용하는 측위장치(600)에 대한 예이다.
- [0121] 측위장치(600)는 자신이 위치하는 서비스 영역에 대한 정보를 수집할 수 있다. 측위장치(600)는 서비스 영역 정보를 데이터 처리 장치에 전달할 수 있다. 측위장치(600)는 데이터 처리 장치가 생성모델을 이용하여 생성한 서비스 영역에 대한 핑거프린트 맵을 수신할 수 있다. 데이터 처리 장치가 생성한 핑거프린트 맵은 실제 무선 신호 세기를 수집하여 생성한 맵이 아니므로 가상의 핑거프린트 맵이라고 할 수 있다. 이하 설명에서 측위장치(600)는 현재 위치한 서비스 영역에 대한 가상의 핑거프린트 맵을 보유한 상태라고 전제한다.
- [0122] 측위장치(600)는 다양한 유형의 장치 중 어느 하나일 수 있다. 예컨대, 측위장치(600)는 스마트 기기, 웨어러블 기기, 로봇, 청소기 등 다양한 유형의 장치 중 어느 하나일 수 있다.
- [0123] 측위장치(600)는 저장장치(610), 메모리(620), 연산장치(630), 인터페이스 장치(640) 및 통신장치를 포함할 수 있다.
- [0124] 저장장치(610)는 전술한 가상의 핑거프린트 맵을 저장한다.
- [0125] 저장장치(610)는 핑거프린트 맵을 이용하여 현재 위치를 추정하는 프로그램을 저장할 수 있다. 예컨대, 해당 프로그램은 NN(Nearest Neighbor) 알고리즘에 기반하여 위치를 추정하는 프로그램일 수 있다.
- [0126] 메모리(620)는 측위장치(600)가 핑거프린트 맵을 이용하여 측위하는 과정에서 생성되는 데이터 및 정보 등을 저장할 수 있다.
- [0127] 인터페이스 장치(640)는 외부로부터 일정한 명령 및 데이터를 입력받는 장치이다.
- [0128] 인터페이스 장치(640)는 물리적으로 연결된 입력 장치 또는 외부 저장장치로부터 가상의 핑거프린트 맵을 입력받을 수 있다.

- [0129] 인터페이스 장치(640)는 통신장치(650)가 수신하는 데이터 내지 정보를 측위장치(600) 내부로 전달하는 구성을 포함하는 의미이다.
- [0130] 통신장치(650)는 유선 또는 무선 네트워크를 통해 일정한 정보를 수신하고 전송하는 구성을 의미한다.
- [0131] 통신장치(650)는 외부 객체로부터 핑거프린트 맵을 수신할 수 있다.
- [0132] 통신장치(650)는 서비스 영역에서 AP들이 송신하는 무선 신호를 수신할 수 있다.
- [0133] 연산장치(630)는 현재 위치에서 AP들이 송신하는 무선 신호의 세기를 결정할 수 있다.
- [0134] 연산장치(630)는 가상의 핑거프린트 맵과 현재 위치의 무선 신호 세기를 비교하여 현재 위치를 추정할 수 있다. 무선 신호 세기는 다수의 무선 신호들 각각의 세기 정보를 포함할 수 있다.
- [0135] 연산장치(630)는 데이터를 처리하고, 일정한 연산을 처리하는 프로세서, AP, 프로그램이 임베디드된 칩과 같은 장치일 수 있다.
- [0137] 또한, 상술한 바와 같은 생성모델 구축 방법, 생성모델 기반 핑거프린트 맵 생성 방법 내지 측위 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 실행가능한 알고리즘을 포함하는 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현될 수 있다. 상기 프로그램은 일시적 또는 비일시적 판독 가능 매체(non-transitory computer readable medium)에 저장되어 제공될 수 있다.
- [0138] 비일시적 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상술한 다양한 어플리케이션 또는 프로그램들은 CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM(read-only memory), PROM(programmable read only memory), EPROM(Erasable PROM, EPROM) 또는 EEPROM(Electrically EPROM) 또는 플래시 메모리 등과 같은 비일시적 판독 가능 매체에 저장되어 제공될 수 있다.
- [0139] 일시적 판독 가능 매체는 스태틱 램(Static RAM, SRAM), 다이내믹 램(Dynamic RAM, DRAM), 싱크로너스 디램(Synchronous DRAM, SDRAM), 2배속 SDRAM(Double Data Rate SDRAM, DDR SDRAM), 증강형 SDRAM(Enhanced SDRAM, ESDRAM), 동기화 DRAM(SyncLink DRAM, SLDRAM) 및 직접 램버스 램(Direct Rambus RAM, DRRAM) 과 같은 다양한 RAM을 의미한다.
- [0140] 본 실시예 및 본 명세서에 첨부된 도면은 전술한 기술에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 전술한 기술의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시례는 모두 전술한 기술의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

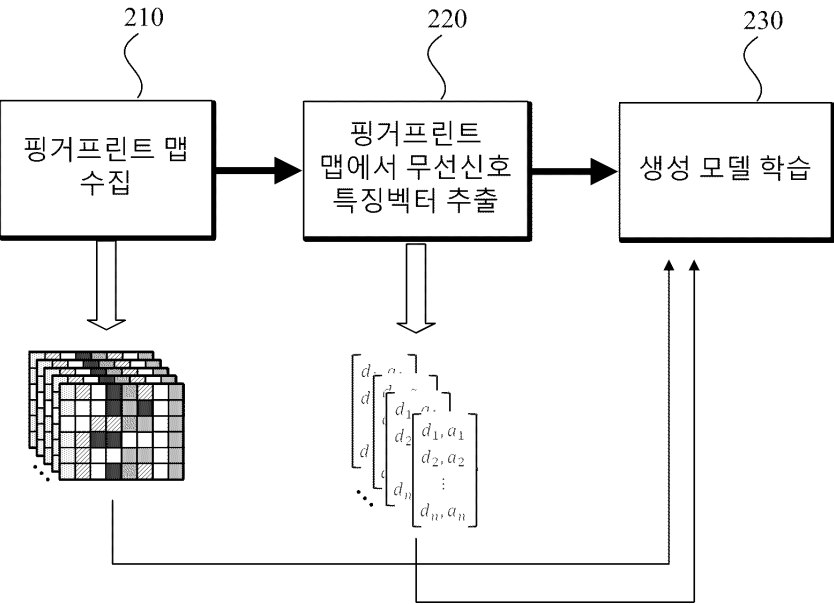
도면

도면1

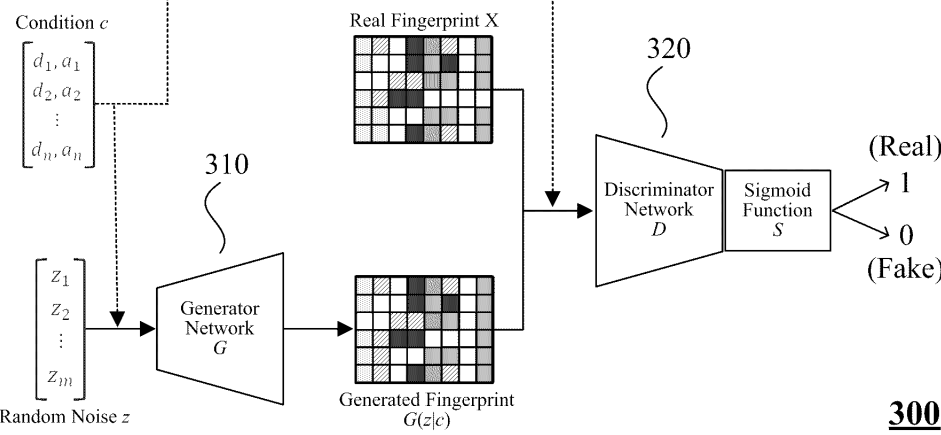


도면2

200

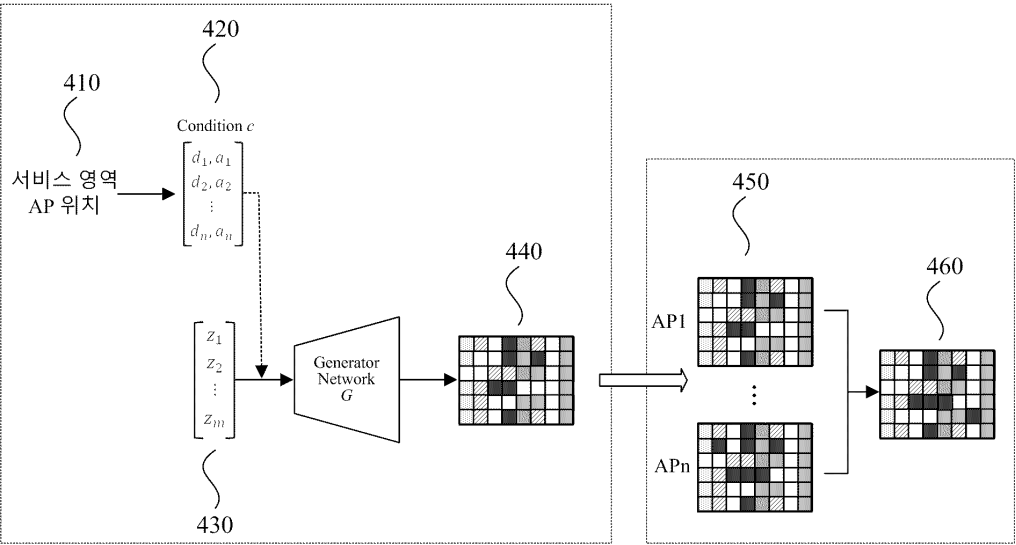


도면3



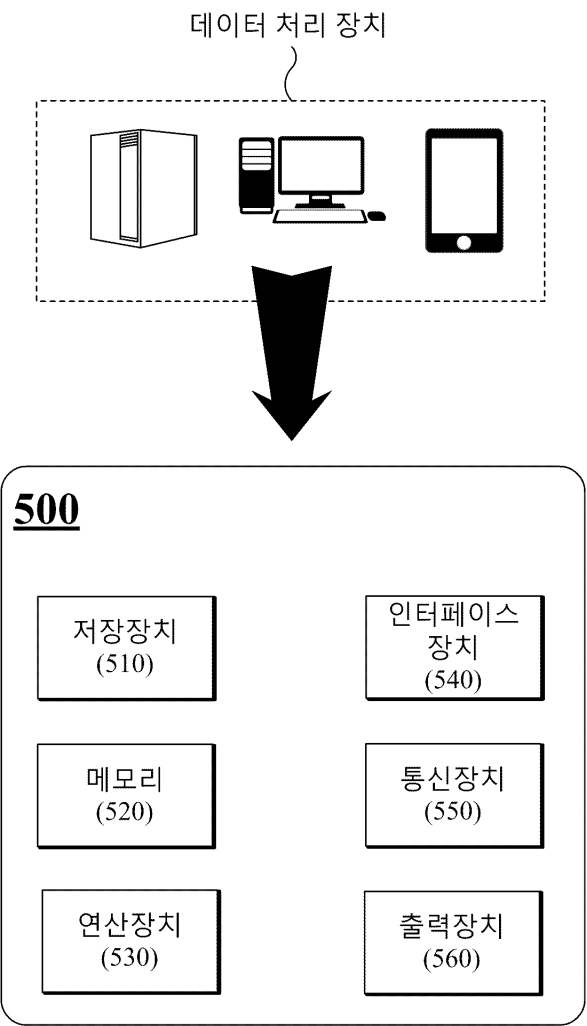
300

도면4



400

도면5



도면6

