

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0097447
(43) 공개일자 2024년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/02 (2010.01) G01S 11/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/021 (2013.01)
G01S 11/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0179502
(22) 출원일자 2022년12월20일
심사청구일자 2022년12월20일

(71) 출원인
한림대학교 산학협력단
강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)
(72) 발명자
김의직
경기도 남양주시 다산중앙로146번길 7, 2204동
1902호(다산동, 다산롯데캐슬)
권혁돈
강원도 춘천시 교동길 71-4(교동) 5호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인본

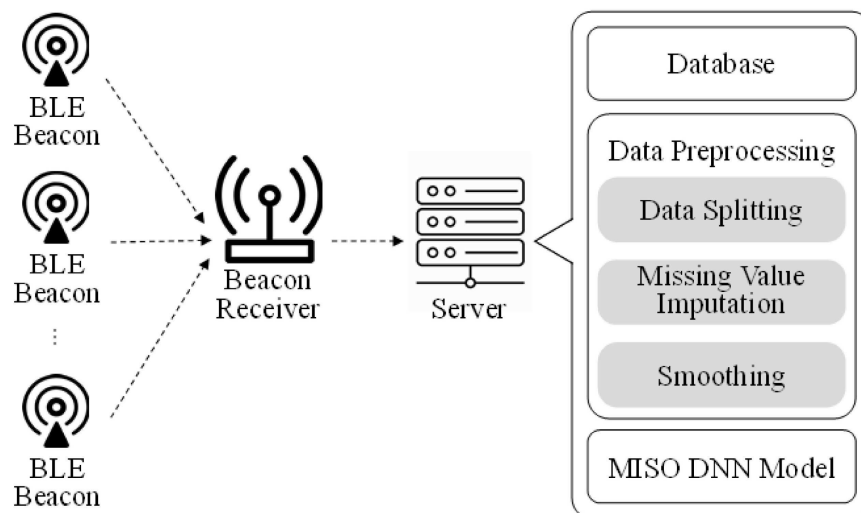
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 거리 추정을 수행하는 멀티 입력 DNN 모델을 포함하는 전자 장치

(57) 요약

서버에 해당하는 전자 장치가 개시된다. 본 전자 장치는, MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는, 메모리, Beacon Receiver와 통신을 수행하여, 복수의 비콘 장치 각각으로부터 Beacon Receiver로 전송된 복수의 신호와 관련된 Raw Data를 수신하는 통신부, 프로세서를 포함한다. 프로세서는, 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하고, Smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, DNN 모델의 출력을 바탕으로 Beacon Receiver의 위치를 추정한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01S 5/0221 (2023.05)

G01S 2205/02 (2023.05)

(72) 발명자

이슬비

강원도 춘천시 후석로326번길 31, 303동 501호(후평동, 현대아파트)

권정혁

강원도 춘천시 남춘로5번길 14-1, 301호(퇴계동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425166089

과제번호 S3278476

부처명 중소벤처기업부

과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 중소기업기술혁신개발

연구과제명 무선 태그 및 레이더를 활용한 IoT 융합형 보행자 및 운전자 안전 솔루션 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한림대학교

연구기간 2022.05.01 ~ 2024.04.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345348729

과제번호 2020R1I1A3052733

부처명 교육부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 이공학학술연구기반구축

연구과제명 ULP-IoT를 위한 딥뉴럴 네트워크 모델 기반 실시간 고정밀 SWIPT 운용 플랫폼 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한림대학교

연구기간 2020.06.01 ~ 2025.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

서버에 해당하는 전자 장치에 있어서,

MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는, 메모리;

Beacon Receiver와 통신을 수행하여, 복수의 비콘 장치 각각으로부터 상기 Beacon Receiver로 전송된 복수의 신호와 관련된 raw data를 수신하는 통신부; 및

상기 메모리 및 상기 통신부와 연결된 프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 smoothed RSSI 값을 획득하고,

상기 smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, 상기 DNN 모델의 출력을 바탕으로 상기 Beacon Receiver의 위치를 추정하는, 전자 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 DNN 모델은,

n개의 노드로 구성된 입력 레이어, 히든 레이어, 및 1개의 노드로 구성된 출력 레이어를 포함하고,

상기 DNN 모델을 구성하는 각 레이어는 Sigmoid, Hyperbolic Tangent, 및 ReLU 중 적어도 하나의 활성화 함수를 바탕으로 연결되고,

상기 프로세서는,

상기 Smoothed RSSI 값으로 구성된 n 차원의 벡터를 상기 DNN 모델로 입력하여, 상기 출력 레이어로부터 거리에 대한 추정 값을 획득하는, 전자 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

역전파 학습(Back-propagation) 알고리즘을 바탕으로, 상기 출력 레이어의 손실이 줄어들도록 상기 DNN 모델을 훈련시키는, 전자 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 복수의 비콘 장치 각각에 대하여, RSSI 값이 일정 시간 간격에 따라 나열된 이하 수학적식의 벡터를 획득하고,

$$\vec{v}_i = [RSSI_{i,1}, RSSI_{i,2}, \dots, RSSI_{i,n-1}, RSSI_{i,n}] \quad (0 \leq i \leq m)$$

상기 k가 n보다 큰 경우 기설정된 n번째 이후의 RSSI 값을 제거하고, 상기 k가 상기 기설정된 n보다 작은 경우 n-k개의 결측치에 Zero Padding을 수행하여, n 차원의 벡터를 획득하는, 전자 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 n 차원의 벡터를 구성하는 각각의 RSSI 값에 대하여 이하 수학식에 따른 Smoothing을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하고,

$$RSSI'_j = \alpha \times RSSI_j + (1 - \alpha) \times RSSI'_{j-1} \quad (1 \leq j \leq n)$$

상기 α 는 0과 1의 사이 구간의 실수 값에 해당하는, 전자 장치의 제어 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 전자 장치의 제어 방법은,

상기 벡터를 획득하는 단계에서 제거된 RSSI 값의 수 또는 Zero Padding이 수행된 결측치의 수를 바탕으로, 상기 시간 간격을 업데이트하는 단계;를 더 포함하고,

상기 시간 간격을 업데이트 하는 단계는,

상기 제거된 RSSI 값의 수가 일정 수 이상인 경우, 상기 시간 간격을 증가시키고,

상기 Zero Padding이 수행된 결측치의 수가 일정 수 이상인 경우, 상기 시간 간격을 감소시키고,

상기 전자 장치의 제어 방법은,

상기 Beacon Receiver로부터 수신되는 다른 시간 구간의 Raw Data에 대하여 상기 업데이트 된 시간 간격을 바탕으로 벡터를 획득하는 단계;를 포함하는, 전자 장치의 제어 방법.

청구항 7

Beacon Receiver에 해당하는 전자 장치에 있어서,

MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는, 메모리;

복수의 비콘 장치 각각으로부터 복수의 신호를 수신하는 통신부; 및

상기 메모리 및 상기 통신부와 연결된 프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하고,

상기 Smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, 상기 DNN 모델의 출력을 바탕으로 상기 Beacon Receiver의 위치를 추정하는, 전자 장치.

청구항 8

MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는 전자 장치의 제어 방법에 있어서,

복수의 비콘 장치 각각으로부터 Beacon Receiver로 전송된 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하는 단계;

상기 Smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, 상기 DNN 모델의 출력을 바탕으로 상기 Beacon Receiver의 위치를 추정하는 단계;를 포함하는, 전자 장치의 제어 방법.

청구항 9

전자 장치의 프로세서에 의해 실행되어 상기 전자 장치로 하여금 제8항의 제어 방법을 수행하도록 하는, 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 멀티 입력 DNN 모델을 이용하는 전자 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 복수의 비콘 장치로부터 수신된 비콘 신호의 RSSI 값을 바탕으로 위치를 추정함에 있어 MISO(Multi-Input Single-Output) DNN 모델을 활용하는 전자 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] BLE 기반 위치 측위 서비스에는 매우 적은 전력 소모만으로도 메시지 전송이 가능하고, 작은 크기 및 높은 사용자 접근성을 특징으로 하는 BLE Beacon이 많이 사용된다. 또한, BLE Beacon은 무선 통신을 위해 다른 디바이스와 연결하는 시간이 짧고, 그 연결 과정이 상대적으로 간편하다. BLE Beacon의 동작을 살펴보면 BLE Beacon은 주기적으로 고유한 정보를 포함한 메시지를 불특정 다수에게 송신한다. 이를 수신한 디바이스는 해당 메시지에 포함된 정보를 통해 BLE Beacon을 식별할 수 있으며, 메시지 수신 시 얻을 수 있는 수신 신호 강도(Received Signal Strength Indicator, RSSI)가 해당 BLE Beacon과의 거리 추정에 활용될 수 있다.

[0003] 그러나, RSSI는 장애물 및 신호 간섭 등에 의해 다중 경로 페이딩 및 신호 세기 감쇄로 그 값의 편차가 크다. 이러한 큰 폭의 RSSI 값의 변동은 큰 거리 추정 오차를 야기한다는 단점이 있다.

[0004] 이를 해결하고자, 삼변측량(Trilateration), 핑거프린팅(Fingerprinting), 선형회귀(Linear Regression) 등을 이용한 다양한 연구들이 수행되었다.

[0005] 삼변측량 기법은 3개의 Access Point(AP)와 BLE Beacon을 이용하여 거리를 추정한다. 3개의 AP에서 RSSI를 수집한 후 BLE Beacon으로부터의 거리를 추정하는 기법이다. 각 AP를 중심으로 원을 그려 3개의 원의 접점을 찾고 BLE Beacon의 위치를 판단한다. 핑거프린팅 기법은 서비스 영역을 미리 임의의 여러 개의 셀로 나누고 특정 셀에 존재하는 AP(Access Point)를 통해 BLE Beacon의 RSSI를 수집하고 이를 데이터베이스화한다. 이후, 수집된 RSSI 값을 기반으로 사용자의 위치를 판단한다. 선형회귀 기반 거리 추정 기법은 독립변수인 RSSI 값과 종속변수인 거리 간의 관계를 모델링하여 거리를 추정한다.

[0006] 다만, 상술한 기법들은 RSSI 값의 수집을 위해 다수의 AP를 필요로 하거나, 단순히 RSSI와 거리 간의 선형적인 관계만을 나타내므로, 단일 수신기가 사용되는 환경에서는 RSSI 기반의 정확한 거리 추정을 수행하는 데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 개시는 심층 인공신경망(Deep Neural Network, DNN) 모델을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법을 활용하는 전자 장치를 제공한다. 본 개시는 단일 수신기를 사용하는 환경에서 RSSI 기반 거리 추정의 정확도를 향상시키는 것을 목표로 한다. 본 제안 기법에서는 변동성이 심한 RSSI 값의 이상치 및 결측치가 데이터 분석에 미치는 영향을 최소화하기 위한 전처리 과정이 수행된다. 전처리 과정에서는 수집된 데이터셋이 일정한 시간 구간으로 분할된다. 이후, 분할된 각 데이터셋 내 RSSI 값의 이상치 및 결측치를 Feedback Filter 및 Zero Padding을 통해 제거 및 대체하여 Smoothed RSSI 값이 도출된다. 제안 기법은 거리 추정의 오차를 최소화하기 위해, 전처리 과정을 통해 도출된 다수의 Smoothed RSSI 값을 동시에 입력 받아 거리를 추정하는 Multi-Input Single-Output(MISO) DNN 모델을 포함한다.

[0008] 본 개시의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 개시의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 개시의 실시 예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 개시의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 개시의 일 실시 예에 따라 서버에 해당하는 전자 장치는, MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는, 메모리, Beacon Receiver와 통신을 수행하여, 복수의 비콘 장치 각각으로부터 상기 Beacon Receiver로 전송된 복수의 신호와 관련된 raw data를 수신하는 통신부, 상기 메모리 및 상기 통신부와 연결된 프로세서를 포함한다. 상기 프로세서는, 상기 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 smoothed RSSI 값을 획득하고, 상기 smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, 상기 DNN 모델의 출력을 바탕으로 상기 Beacon Receiver의 위치를 추정한다.
- [0010] 상기 DNN 모델은, n개의 노드로 구성된 입력 레이어, 히든 레이어, 및 1개의 노드로 구성된 출력 레이어를 포함하고, 상기 DNN 모델을 구성하는 각 레이어는 Sigmoid, Hyperbolic Tangent, 및 ReLU 중 적어도 하나의 활성화 함수를 바탕으로 연결될 수 있다. 상기 프로세서는, 상기 Smoothed RSSI 값으로 구성된 n 차원의 벡터를 상기 DNN 모델로 입력하여, 상기 출력 레이어로부터 거리에 대한 추정 값을 획득할 수 있다.
- [0011] 상기 프로세서는, 역전파 학습(Back-propagation) 알고리즘을 바탕으로, 상기 출력 레이어의 손실이 줄어들도록 상기 DNN 모델을 훈련시킬 수 있다.
- [0012] 상기 프로세서는, 상기 복수의 비콘 장치 각각에 대하여, RSSI 값이 일정 시간 간격에 따라 나열된 이하 수학식의 벡터를 획득하고, $v = [RSSI_0, RSSI_1, \dots, RSSI_{i-1}, RSSI_i]$ ($0 \leq i \leq m$), 상기 k가 n보다 큰 경우 기설정된 n번째 이후의 RSSI 값을 제거하고, 상기 k가 상기 기설정된 n보다 작은 경우 n-k개의 결측치에 Zero Padding을 수행하여, n 차원의 벡터를 획득할 수 있다.
- [0013] 이때, 상기 프로세서는, 상기 n 차원의 벡터를 구성하는 각각의 RSSI 값에 대하여 이하 수학식에 따른 Smoothing을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하고, $RSSI'_j = \alpha \times RSSI_j + (1-\alpha) \times RSSI'_{j-1}$ ($1 \leq j \leq n$), 상기 α 는 0과 1의 사이의 실수 값에 해당할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 전자 장치의 제어 방법은, 상기 벡터를 획득하는 단계에서 제거된 RSSI 값의 수 또는 Zero Padding이 수행된 결측치의 수를 바탕으로, 상기 시간 간격을 업데이트하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 시간 간격을 업데이트 하는 단계는, 상기 제거된 RSSI 값의 수가 일정수 이상인 경우, 상기 시간 간격을 증가시키고, 상기 Zero Padding이 수행된 결측치의 수가 일정 수 이상인 경우, 상기 시간 간격을 감소시킬 수 있다. 그리고, 상기 전자 장치의 제어 방법은, 상기 Beacon Receiver로부터 수신되는 다른 시간 구간의 Raw Data에 대하여 상기 업데이트 된 시간 간격을 바탕으로 벡터를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 개시의 일 실시 예에 따라 Beacon Receiver에 해당하는 전자 장치는, MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는, 메모리, 복수의 비콘 장치 각각으로부터 복수의 신호를 수신하는 통신부, 상기 메모리 및 상기 통신부와 연결된 프로세서를 포함한다. 상기 프로세서는, 상기 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하고, 상기 Smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, 상기 DNN 모델의 출력을 바탕으로 상기 Beacon Receiver의 위치를 추정할 수 있다.
- [0016] 본 개시의 일 실시 예에 따라 MISO(Multi-Input Single-Output)으로 구성되어 위치 추정을 수행하는 DNN 모델을 포함하는 전자 장치의 제어 방법은, 복수의 비콘 장치 각각으로부터 Beacon Receiver로 전송된 복수의 신호 각각의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 값에 이상치 보정을 수행하여 Smoothed RSSI 값을 획득하는 단계, 상기 Smoothed RSSI 값으로 구성된 벡터를 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델에 입력하고, 상기 DNN 모델의 출력을 바탕으로 상기 Beacon Receiver의 위치를 추정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0017] 본 개시에 따른 전자 장치가 Beacon Receiver의 위치 추정을 수행하는 기법에 따라, 변동성이 심한 RSSI 값의 이상치 및 결측치가 데이터 분석에 미치는 영향이 최소화되며, 종래 기술 대비 평균적으로 29.09% 정도 더 높은 정확도를 가지는 것으로 확인되었다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 개시의 일 실시 예에 따라 위치 추정을 수행하는 전자 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도,
도 2는 본 개시의 일 실시 예에 따라 수신기(Beacon Receiver)의 위치를 추정하는 시스템 모델을 도시한 도면,

도 3은 MISO DNN 모델을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법의 파이프라인을 도시한 도면,

도 4는 본 개시에 따른 전자 장치의 MISO DNN을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법에 따른 히트맵을 도시한 도면, 그리고

도 5는 종래 기술에 해당하는 선형회귀 기반 거리 추정 기법의 결과를 히트맵으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 개시에 대하여 구체적으로 설명하기에 앞서, 본 명세서 및 도면의 기재 방법에 대하여 설명한다.
- [0020] 먼저, 본 명세서 및 청구범위에서 사용되는 용어는 본 개시의 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 일반적인 용어들을 선택하였다. 하지만, 이러한 용어들은 당해 기술 분야에 종사하는 기술자의 의도나 법률적 또는 기술적 해석 및 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 일부 용어는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있다. 이러한 용어에 대해서는 본 명세서에서 정의된 의미로 해석될 수 있으며, 구체적인 용어 정의가 없으면 본 명세서의 전반적인 내용 및 당해 기술 분야의 통상적인 기술 상식을 토대로 해석될 수도 있다.
- [0021] 또한, 본 명세서에 첨부된 각 도면에 기재된 동일한 참조번호 또는 부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부품 또는 구성요소를 나타낸다. 설명 및 이해의 편의를 위해서 서로 다른 실시 예들에서도 동일한 참조번호 또는 부호를 사용하여 설명한다. 즉, 복수의 도면에서 동일한 참조 번호를 가지는 구성요소가 모두 도시되어 있다고 하더라도, 복수의 도면들이 하나의 실시 예를 의미하는 것은 아니다.
- [0022] 또한, 본 명세서 및 청구범위에서는 구성요소들 간의 구별을 위하여 "제1", "제2" 등과 같이 서수를 포함하는 용어가 사용될 수 있다. 이러한 서수는 동일 또는 유사한 구성요소들을 서로 구별하기 위하여 사용하는 것이며 이러한 서수 사용으로 인하여 용어의 의미가 한정 해석되어서는 안 된다. 일 예로, 이러한 서수와 결합된 구성요소는 그 숫자에 의해 사용 순서나 배치 순서 등이 제한되어서는 안 된다. 필요에 따라서는, 각 서수들은 서로 교체되어 사용될 수도 있다.
- [0023] 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구성되다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0024] 본 개시의 실시 예에서 "모듈", "유닛", "부(Part)" 등과 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 수행하는 구성요소를 지칭하기 위한 용어이며, 이러한 구성요소는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 복수의 "모듈", "유닛", "부(Part)" 등은 각각이 개별적인 특정한 하드웨어로 구현될 필요가 있는 경우를 제외하고는, 적어도 하나의 모듈이나 칩으로 일체화되어 적어도 하나의 프로세서로 구현될 수 있다.
- [0025] 또한, 본 개시의 실시 예에서, 어떤 부분이 다른 부분과 연결되어 있다고 할 때, 이는 직접적인 연결뿐 아니라, 다른 매체를 통한 간접적인 연결의 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 포함한다는 의미는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0026] 도 1은 본 개시의 일 실시 예에 따라 위치 추정을 수행하는 전자 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다. 도 1을 참조하면, 전자 장치(100)는 메모리(110), 통신부(120), 프로세서(130)를 포함할 수 있다.
- [0027] 전자 장치(100)는 하나 이상의 컴퓨터로 구현된 서버 내지는 시스템일 수 있다. 이 경우, 전자 장치(100)는 복수의 비콘 장치(ex. BLE Beacon)로부터 비콘 신호를 수신하는 Beacon Receiver와 통신을 수행할 수 있으며, Beacon Receiver로 수신된 비콘 신호들을 바탕으로 Beacon Receiver의 위치를 추정할 수 있다.
- [0028] 또한, 전자 장치(100)는 그 자체로 이동이 가능한 Beacon Receiver로 구현될 수도 있다. 이 경우, 전자 장치(100)는 스마트폰, 태블릿 PC, 웨어러블 장치, 차량 단말, 이동 로봇, 무인 항공기 등 휴대 내지는 자체 이동이 가능한 단말 기기에 해당할 수도 있다. 이때, 전자 장치(100)는 복수의 비콘 장치로부터 수신된 비콘 신호를 바탕으로 전자 장치(100)의 위치를 직접 추정할 수도 있다.
- [0029] 메모리(110)는 전자 장치(100)의 구성요소들의 전반적인 동작을 제어하기 위한 운영체제(OS: Operating System) 및 전자 장치(100)의 구성요소와 관련된 적어도 하나의 인스트럭션 또는 데이터를 저장하기 위한 구성이다.

- [0030] 메모리(110)는 ROM, 플래시 메모리 등의 비휘발성 메모리를 포함할 수 있으며, DRAM 등으로 구성된 휘발성 메모리를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(110)는 하드 디스크, SSD(Solid state drive) 등을 포함할 수도 있다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 메모리(110)는 거리 추정 내지는 위치 추정을 위한 DNN(Deep Neural Network) 모델(111)을 포함할 수 있다.
- [0032] DNN 모델(111)은 일정 시간 간격에 따라 구분된 RSSI 값으로 구성된 n차원의 벡터를 입력 받기 위한 n개의 노드로 구성된 입력 레이어를 포함할 수 있으며, 그 밖에 히든 레이어 및 출력 레이어를 포함할 수 있다. 출력 레이어는 추정된 거리에 해당하는 하나의 노드로 구성될 수 있다.
- [0033] 통신부(120)는 다양한 유무선 통신방식으로 적어도 하나의 외부 장치와 통신을 수행하기 위한 회로, 모듈, 칩 등을 포함할 수 있다.
- [0034] 통신부(120)는 다양한 네트워크를 통해 외부 장치와 연결될 수 있다.
- [0035] 네트워크는 영역 또는 규모에 따라 개인 통신망(PAN; Personal Area Network), 근거리 통신망(LAN; Local Area Network), 광역 통신망(WAN; Wide Area Network) 등일 수 있으며, 네트워크의 개방성에 따라 인트라넷(Intranet), 엑스트라넷(Extranet), 또는 인터넷(Internet) 등일 수 있다.
- [0036] 통신부(120)는 LTE(Long-term Evolution), LTE-A(LTE Advance), 5G(5th Generation) 이동통신, CDMA(Code Division Multiple Access), WCDMA(Wideband CDMA), UMTS(Universal Mobile Telecommunications System), WiBro(Wireless Broadband), GSM(Global System for Mobile Communications), TDMA(Time Division Multiple Access), WiFi(Wi-Fi), WiFi Direct, Bluetooth, NFC(Near Field Communication), Zigbee 등 다양한 무선 통신 방식을 통해 외부 장치들과 연결될 수 있다.
- [0037] 또한, 통신부(120)는 이더넷(Ethernet), 광 네트워크(Optical Network), USB(Universal Serial Bus), 선더볼트(ThunderBolt) 등의 유선 통신 방식을 통해 외부 장치들과 연결될 수도 있다.
- [0038] 프로세서(130)는 전자 장치(100)를 전반적으로 제어하기 위한 구성이다. 구체적으로, 프로세서(130)는 메모리(110)와 연결되는 한편 메모리(110)에 저장된 적어도 하나의 인스트럭션을 실행함으로써 본 개시의 다양한 실시예들에 따른 동작을 수행할 수 있다.
- [0039] 프로세서(130)는 CPU, AP, DSP(Digital Signal Processor) 등과 같은 범용 프로세서, GPU, VPU(Vision Processing Unit) 등과 같은 그래픽 전용 프로세서 또는 NPU와 같은 인공지능 전용 프로세서 등을 포함할 수 있다. 인공지능 전용 프로세서는, 특정 인공지능 모델의 훈련 내지는 이용에 특화된 하드웨어 구조로 설계될 수 있다.
- [0040] 일 실시 예로, 프로세서(130)는 각 비콘 장치로부터 Beacon Receiver로 수신된 신호(Raw Data)를 일정 시간 간격에 따라 분할하고, 분할에 따라 도출된 각 RSSI 값을 벡터화하며, 피드백 필터(Feedback Filter)를 통해 스무딩(Smoothing)을 수행할 수 있다.
- [0041] 이때, 프로세서(130)는 전처리된 신호를 바탕으로 Beacon Receiver의 위치를 추정할 수 있다. 구체적으로, 프로세서(130)는 각 비콘 장치로부터 수신된 신호의 RSSI 값을 바탕으로 거리를 추정할 수 있으며, 각 비콘 장치에 대한 Beacon Receiver의 거리(추정된 거리)를 바탕으로 Beacon Receiver의 위치를 추정할 수 있다.
- [0042] 구체적으로, 프로세서(130)는 추정 거리를 출력하도록 훈련된 상술한 DNN 모델(111)을 활용할 수 있다.
- [0043] 이하 도면들을 통해, 본 개시에 따른 전자 장치(100)가 Beacon Receiver의 위치를 추정하는 구체적인 과정을 설명한다. 이하 도면들의 경우, 전자 장치(100)가 서버로 구현된 경우를 전제로 설명한다.
- [0044] 도 2는 본 개시의 일 실시 예에 따라 수신기(Beacon Receiver)의 위치를 추정하는 시스템 모델을 보여준다. 도 2를 참조하면, 시스템은 BLE Beacon, Beacon Receiver, 서버(Server)로 구성된다. BLE Beacon은 Universally Unique Identifier(UUID), Major, Minor 및 Transmission Power(TxPower)를 포함한 메시지를 주기적으로 브로드캐스트한다. UUID는 해당 BLE Beacon이 사용되는 어플리케이션을 구분하기 위해 사용된다. Major는 동일한 UUID를 갖는 BLE Beacon의 하위 그룹 정보를 식별하기 위한 값이고, Minor는 동일한 Major 그룹 내 각 BLE Beacon을 식별하기 위한 값이다. TxPower는 BLE Beacon의 송신 전력 세기를 나타낸다. Beacon Receiver는 다수의 BLE Beacon들이 전송하는 메시지를 수신하고 수신된 메시지 각각의 RSSI 값을 측정한다. 이후, Beacon Receiver는 수신한 BLE Beacon 메시지에서 Minor를 추출한다. 이후, Minor, 측정된 RSSI 값, BLE Beacon 메시지 수신 시간을 서버로 전송한다. 서버는 Database, 전처리 과정(Data Preprocessing), MISO DNN 모델을 포

함한다. Database에는 Beacon Receiver로부터 전달받은 값들이 저장된다. 전처리 과정에서 Data Splitting, 결측치 대치(Missing Value Imputation), Smoothing 단계가 순차적으로 수행된다. MISO DNN 모델은 전처리 과정을 통해 도출되는 다수의 Smoothed RSSI 값을 Input Data로 입력받아 최종적으로 Output Layer에서 추정 거리를 반환한다.

[0045] 이하 설명을 통해서, 단일 수신기를 사용하는 환경에서 다수의 BLE Beacon으로부터 수집된 RSSI 값을 사용하여 실내에서 거리를 추정하기 위한, 전자 장치의 MISO DNN 모델을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법에 대해 자세히 설명한다.

[0046] 도 3은 MISO DNN 모델을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법의 파이프라인을 보여준다. Raw Data는 Database에 저장된 Minor, RSSI, BLE Beacon 메시지 수신 시간을 포함한다. Data Splitting 단계에서 Raw Data는 가장 먼저 일정한 시간 간격 t 를 기준으로 분할된다. 분할된 각 Raw Data는 Minor 값에 의해 BLE Beacon 별로 m 개의 데이터셋들로 나누어진다. m 은 BLE Beacon의 수와 동일하다. 이후, 각 데이터셋에서 RSSI 값만을 추출하여 하나의 벡터로 변환한다. 각 벡터는 다수의 RSSI 값을 포함하며, 이하 수학적 식 1과 같이 표현된다.

수학적 식 1

[0047] $\vec{v}_i = [RSSI_{i,1}, RSSI_{i,2}, \dots, RSSI_{i,k}, RSSI_{i,n}] \quad (0 < i \leq m)$

[0048] 수학적 식 1에서 i 는 데이터셋의 인덱스를 나타낸다. k 는 각 벡터에 포함된 총 RSSI 값의 개수로, 벡터의 크기를 나타내며 시간 간격 t 동안 수신된 BLE Beacon 메시지 수에 의해 결정된다. Missing Value Imputation 단계에서는 각각의 벡터가 $1 \times n$ 형태로 변환된다. k 가 n 보다 큰 경우, n 번째 이후의 RSSI 값들은 벡터에서 제거된다. k 가 n 보다 작은 경우, Zero Padding을 사용해 $n-k$ 개의 결측치를 0으로 채운다. k 와 n 이 같은 경우 Missing Value Imputation 단계는 생략된다. 그 결과, 모든 벡터의 크기가 n 이 된다.

[0049] 관련하여, 상술한 시간 간격 t 는, 앞서 벡터를 획득하는 과정에서 제거된 RSSI 값의 수 또는 Zero Padding이 수행된 결측치의 수를 바탕으로 업데이트될 수 있다. 일 예로, 제거된 RSSI 값의 수가 일정 수 이상인 경우, 전자 장치는 시간 간격 t 를 증가시킬 수 있으며, 반대로 Zero Padding이 수행된 결측치의 수가 일정 수 이상인 경우, 전자 장치는 시간 간격 t 를 감소시킬 수 있다. 이는, 시간 간격이 증가되면 시간 간격에 따라 구분되는 RSSI 데이터의 수가 줄어들고, 시간 간격이 감소되면 시간 간격에 따라 구분되는 RSSI 데이터의 수가 늘어나는 점이 반영된 것이다. 이렇듯 업데이트된 시간 간격 t' 는 이후 새롭게 수신되는 Raw Data에 대하여 벡터를 획득하는 과정에서 반영될 수 있다. 그 결과, Zero Padding 또는 결측치 제거가 수행되는 로드가 점차 줄어들고 획득되는 벡터의 정합성 면에서 품질이 지속적으로 유지될 수 있다.

[0050] 한편, Smoothing 단계에서는 Missing Value Imputation 이후 도출된 벡터에 포함된 RSSI 값의 이상치 보정을 위해 Feedback Filter가 사용된다. Feedback Filter를 통과한 RSSI 값은 전자 장치에 의해 이하 수학적 식 2와 같이 계산된다.

수학적 식 2

[0051] $RSSI'_j = \alpha \times RSSI_j + (1 - \alpha) \times RSSI'_{j-1} \quad (1 \leq j \leq n)$

[0052] 수학적 식 2에서 $RSSI'_j$ 는 Feedback Filter에 의해 이상치 보정이 완료된 RSSI 값이다. α 는 0과 1 사이 ($0 < \alpha \leq 1$) 구간의 실수 값을 나타내며, Feedback Filter의 계수를 의미한다. α 가 클수록 Feedback Filter에 입력되는 $RSSI_j$ 값에 더 큰 가중치가 부여된다. $RSSI_j$ 는 Feedback Filter를 통과하기 이전의 벡터 내 j 번째 RSSI 값이다. $RSSI'_{j-1}$ 는 Feedback Filter를 통과한 벡터 내의 $(j-1)$ 번째 Smoothed RSSI 값을 나타낸다. 값이 0인 $RSSI_j$ 는 Feedback Filter를 통과하지 않는다. 결과적으로, Feedback Filter는 $(j-1)$ 번째 Smoothed RSSI 값인 $RSSI'_{j-1}$ 과 $RSSI_j$ 값을 이용하여 이상치 보정을 수행한다. 최종적으로 전처리 과정을 통해 도출된 다수의 Smoothed RSSI 값을 포함하는 벡터가 MISO DNN 모델의 Input Data로 사용된다.

[0053] MISO DNN 모델은 Input Layer, Hidden Layer, Output Layer로 구성된다. 각 Layer는 특정 개수의 노드들로 구

성되며, 각 노드들은 Layer 간 연결을 위한 활성화 함수를 갖는다. 주로 Sigmoid, Hyperbolic Tangent, ReLU가 노드의 활성화 함수로 사용될 수 있다. 각 노드는 활성화 함수에 따라 도출된 값을 다음 노드로 전달한다. 각 Layer 간 노드들은 서로 연결되어 있으며, 노드들을 연결하는 선은 가중치를 갖는다. 초기에 임의로 설정된 가중치는 역전파 학습(Back-propagation) 알고리즘을 통해 학습을 거치며 Output Layer의 손실을 줄이는 방향으로 갱신된다. 이에 따라, MISO DNN 모델의 Input Data는 각 Layer의 노드들을 거치며 수행되는 가중치 연산을 통해 최종적으로 Output Layer에서 하나의 결과값으로 반환된다.

[0054] 본 개시에서 제안하는 전자 장치의 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법에 사용된 MISO DNN 모델의 Input Layer는 n개의 노드로 구성되며, 각 노드는 Input Data로 들어온 벡터에 포함된 Smoothed RSSI 값과 일대일로 매핑될 수 있다. 또한, 역전파 학습 과정에서 Input Layer에 가까워질수록 기울기가 점진적으로 0에 수렴되는 기울기 소실 문제를 해결하기 위해, MISO DNN 모델 내 노드의 활성화 함수로 ReLU가 채택될 수 있다. 결과적으로 MISO DNN 모델에 입력된 다수의 Smoothed RSSI 값은 각 Layer를 거치며 최종적으로 Output Layer에서 추정 거리를 나타내는 하나의 값으로 출력된다.

[0055] 이하에서는 상술한 MISO DNN을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법의 구현과 성능 평가를 위한 실험 환경 및 실험 결과에 대해 서술한다.

[0056] 본 실험에서는 Beacon Receiver로부터 0.5 ~ 8 m에 해당되는 거리에 총 13개의 BLE Beacon을 배치하여 120시간 동안 BLE Beacon 메시지를 수집하였다. Database에 저장된 데이터셋의 전처리를 위해 결정되어야 하는 시간 간격 t 및 벡터의 크기 n 각각은 5초 및 5로 설정하였다. Feedback Filter 계수는 0.7로 설정하였다. 자세한 실험 환경 변수는 이하 표 1과 같다.

표 1

Parameter	Value
Number of BLE Beacons	13
Distance between BLE Beacon and Beacon Receiver	0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0m
Beacon Interval	500ms
Data Collection Time	120hours
Unit Time	5s

[0057]

[0058] MISO DNN 모델의 하이퍼 파라미터는 이하 표 2와 같다.

표 2

Optimizer	Learning rate	Batch Size	Epoch
Adam	0.0001	50	500

[0059]

[0060] 본 개시에 따라 제안되는 기법의 성능 평가를 위해 기존 거리 추정 기법 중 하나인 선형회귀 기반 거리 추정 기법을 대조군으로 설정하였다. 평가 지표로는 Root Mean Square Error(RMSE)가 사용되었다. RMSE는 실제 거리와 추정 거리 간의 오차를 의미하며, RMSE 값이 0에 수렴할수록 높은 거리 추정 정확도를 나타낸다. RMSE는 이하 수학적 식 (3)에 의해 계산된다.

수학적 식 3

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y} - y)^2}{s}}$$

[0061]

[0062] 상기 수학적 식 3에서 $\hat{y}$ 및 y 각각은 추정 거리 및 실제 거리를 나타낸다. s는 전체 데이터의 수를 나타낸다.

[0063] 실험 환경에서 수집된 데이터셋은 총 1,956,668개의 데이터(RSSI, Minor, BLE Beacon 메시지 수신 시간)로 구성되어 있다. Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법에 활용되는 MISO DNN 모델의 학습 및 검증에 위해, 수집된 데이

터셋을 7:3 비율로 학습 및 검증 데이터셋으로 나누어 사용하였다. 도 4와 도 5는 각각 MISO DNN을 활용한 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법과 선형회귀 기반 거리 추정 기법의 결과를 히트맵(Heatmap)으로 나타낸다. 히트맵은 추정 거리와 실제 거리 쌍으로 식별되는 다수의 셀로 구성된다. 히트맵에서 x축은 추정 거리(Estimated Distance), y축은 실제 거리(Actual Distance)를 나타낸다. 히트맵에서 셀의 명도는 해당 거리 쌍의 추정 빈도를 나타내며, 명도가 낮을수록 해당 거리 쌍의 추정 빈도가 높음을 의미한다. 따라서, 거리 추정의 정확도가 높을수록 동일하거나 유사한 추정 거리 및 실제 거리를 갖는 거리 쌍의 추정 빈도가 높아 히트맵 상에서 우하향의 대각선에 해당되거나 인접한 셀들의 명도가 낮게 표시된다.

[0064] 본 개시의 전자 장치의 추정 기법은 기존 기법 대비 추정 거리와 실제 거리 값이 서로 동일하거나 유사한 빈도가 더 높았다. 즉, 기존 기법 대비 제안 기법의 히트맵에서 우하향 대각선에 해당되는 셀과 동일하거나 인접한 셀의 명도가 더 낮음을 알 수 있었다. 특히, 제안 기법은 x축 및 y축의 값이 4m 이하에 해당되는 범위에서 상대적으로 정확하게 거리를 추정하였다.

[0065] 이하 표 3은 제안 기법과 기존 기법의 RMSE 값을 나타낸다. 실험 결과는 제안 기법이 기존 기법 대비 29.09% 더 높은 거리 추정 정확도를 달성한다는 것을 보여주었다.

표 3

Scheme	Proposed Scheme	Existing Scheme
RMSE	1.17	1.65

[0066]

[0067] 이렇듯 본 개시는 단일 수신기를 사용하는 환경에서 RSSI 기반 거리 추정의 정확도를 높이기 위해 MISO DNN을 활용한 전자 장치의 Smoothed RSSI 기반 거리 추정 기법을 제안하였다. 이를 위해, 제안 기법에서는 RSSI 값의 이상치와 결측치를 제거 및 대체하는 전처리 과정이 수행된다. 또한, RSSI 값에 기반한 추정 거리의 오차를 최소화하는 MISO DNN 모델이 활용된다. 제안 기법은 전처리 과정을 통해 도출된 다수의 Smoothed RSSI를 Input Data로 받아 MISO DNN 모델의 Output Layer에서 추정 거리로 반환한다. 제안 기법의 성능 평가를 위해 선형회귀 기반 거리 추정 기법을 대조군으로 설정하여 거리 추정 정확도를 비교하였다. 실험 결과는 제안 기법이 선형회귀 기반 거리 추정 기법 대비 29.09% 더 높은 거리 추정 정확도를 달성한다는 것을 보여주었다.

[0068] 한편, 상술한 도 2 내지 도 5를 통해 설명한 실시 예는 전자 장치(100)가 서버인 경우를 가정한 것이나, 전자 장치(100)가 Beacon Receiver 자체로 구현될 수도 있다. 이 경우, Beacon Receiver에 해당하는 전자 장치(100)는 자체적으로 상술한 DNN 모델을 포함할 수 있으며, 이 경우 별도의 서버에 raw data를 전송할 필요 없이 상술한 과정을 거쳐 스스로의 위치를 직접 추정할 수 있다.

[0069] 한편, 이상에서 설명된 다양한 실시 예들은 서로 저촉되지 않는 한 복수의 실시 예가 결합되어 구현될 수 있다.

[0070] 한편, 이상에서 설명된 다양한 실시 예들은 소프트웨어(Software), 하드웨어(Hardware) 또는 이들의 조합된 것을 이용하여 컴퓨터(Computer) 또는 이와 유사한 장치로 읽을 수 있는 기록 매체 내에서 구현될 수 있다.

[0071] 하드웨어적인 구현에 의하면, 본 개시에서 설명되는 실시 예들은 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서(Processors), 제어기(Controllers), 마이크로 컨트롤러(Micro-controllers), 마이크로 프로세서(Microprocessors), 기타 기능 수행을 위한 전기적인 유닛(Unit) 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다.

[0072] 일부의 경우에 본 명세서에서 설명되는 실시 예들이 프로세서 자체로 구현될 수 있다. 소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능과 같은 실시 예들은 별도의 소프트웨어 모듈들로 구현될 수 있다. 상술한 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 작동을 수행할 수 있다.

[0073] 한편, 상술한 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 각 장치에서의 처리동작을 수행하기 위한 컴퓨터 명령어(Computer Instructions) 또는 컴퓨터 프로그램은 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체(Non-transitory Computer-readable Medium)에 저장될 수 있다. 이러한 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 명령어 또는 컴퓨터 프로그램은 전자와 같은 특정 기기의 프로세서에 의해 실행되었을 때 상술한 다양한 실시 예에 따른 전자 장치의 동작을 상술한 특정 기기가 수행하도록 한다.

[0074] 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체

가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(Reading)이 가능한 매체를 의미한다. 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체의 구체적인 예로는, CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등이 있을 수 있다.

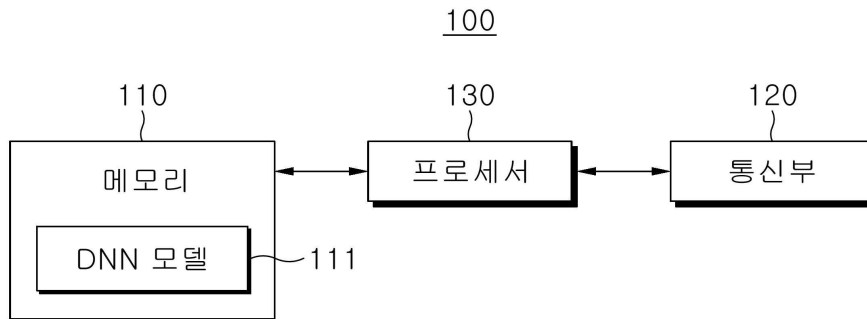
[0075] 이상에서는 본 개시의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 개시는 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 개시의 요지를 벗어남이 없이 당해 개시에 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 개시의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 될 것이다.

부호의 설명

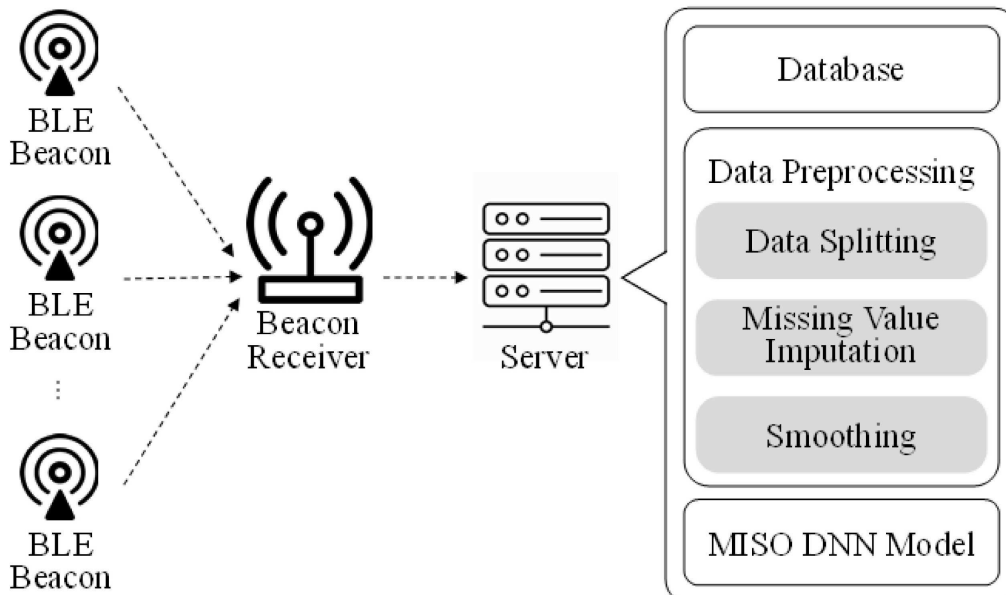
[0076] 100: 전자 장치 110: 메모리
120: 통신부 130: 프로세서

도면

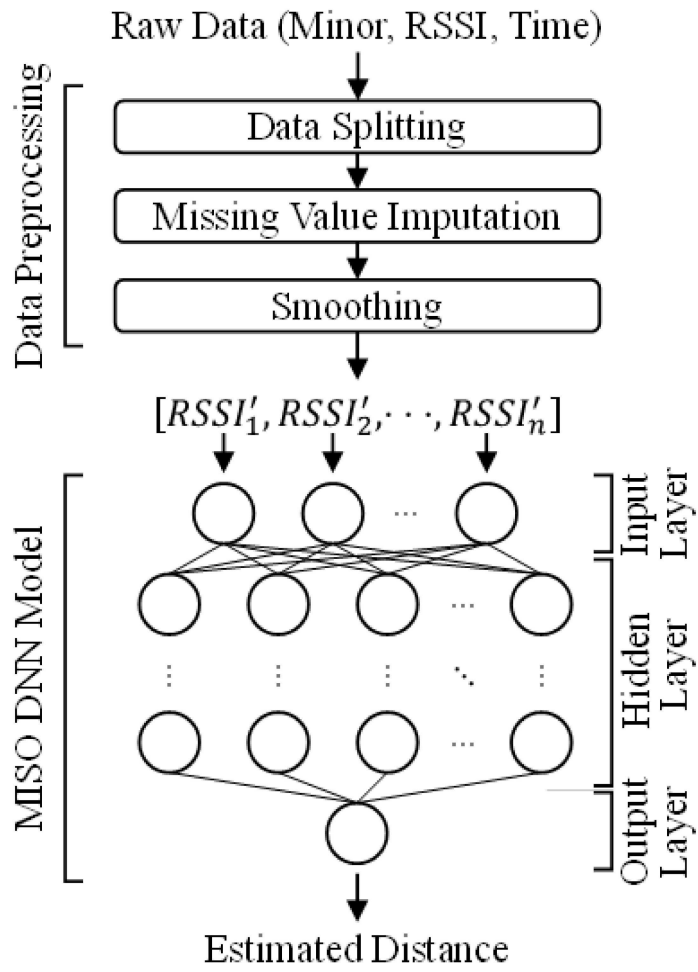
도면1



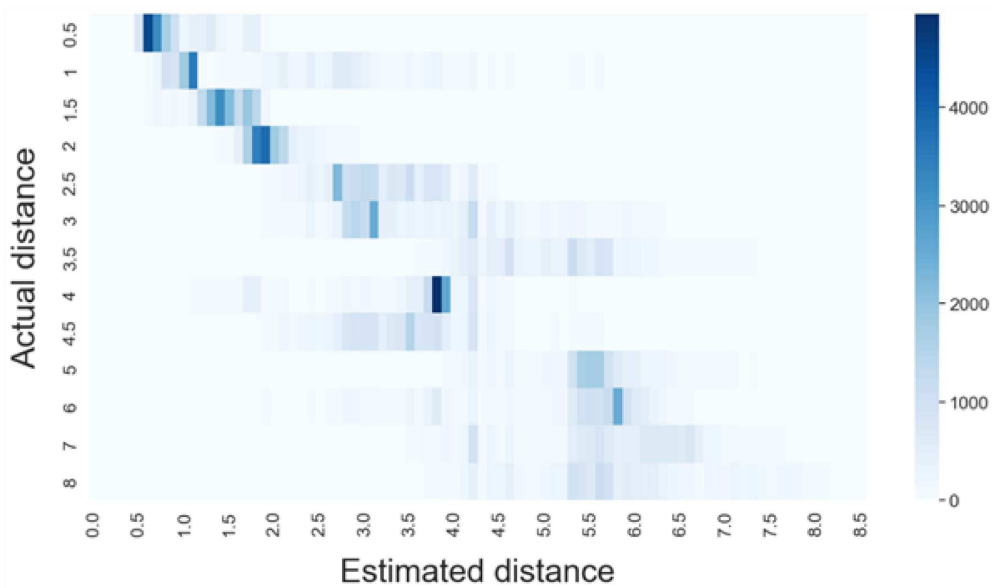
도면2



도면3



도면4



도면5

