

k-NN 및 PSO 기반 실내 위치 측위 개선 방안

오성현, 김정곤*

한국산업기술대학교 전자공학부

osh119@kpu.ac.kr, jgkim@kpu.ac.kr*

Indoor Positioning with k-NN and PSO for an Improved Location Accuracy

Sung Hyun Oh, Jeong Gon Kim*

Dept. of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University

요 약

4차 산업혁명이 시작되면서 LBS(Location Based Service) 산업이 함께 성장하고 있다. LBS 산업에서 가장 중요한 이슈는 다양한 위치 기반 서비스를 제공하기 위해서 사용자의 위치를 정확하게 추정해야 한다. 실외 환경의 경우 GPS(Global Positioning System) 등을 통해 비교적 높은 측위 정확도를 제공할 수 있다. 그러나 실내환경에서는 전파 복잡도로 인해 GPS 시스템을 적용하기에 제한적이다. 따라서 본 논문에서는 일반적인 실내환경에 적용되는 WiFi 통신을 사용하여 사용자의 위치를 측위하는 기술에 대해 연구한다. 먼저, 사용자 위치 측위 수행을 위해 RSSI(Received Signal Strength Indicator)와 결합하여 비교적 높은 정확도를 제공하는 핑거프린팅 기법을 적용한다. 이때 오프라인 단계에서 각 샘플 포인트를 배치한 후 RSSI 값을 측정하여 핑거프린팅 데이터베이스를 구축한다. 이후 온라인 단계에서는 핑거프린팅 데이터베이스와 실제 사용자의 위치에 대한 RSSI 값을 측정하여 지도학습의 한가지 기술인 k-NN(k-Nearest Neighbor) 알고리즘을 적용한다. 이때 실제 사용자로부터 가장 인접한 샘플 포인트를 도출하여 PSO(Particle Swarm Optimization) 알고리즘의 초기 탐색 영역을 제한한다. 이후 제한된 영역내에 입자들을 배포하여 최종적으로 사용자의 위치를 측위한다. 시뮬레이션을 통해 k-NN 및 PSO를 융합하여 사용하는 경우 기존 기법 대비하여 개선된 측위 정확도를 얻게됨을 확인할 수 있다.

I. 서론

이동통신 기술이 발달함과 함께 LBS(Location Based Service) 제공을 위한 기술들이 고려되고 있다. 기존에는 GPS(Global Positioning System) 기술을 기반으로 실외환경에서 비교적 높은 측위 정확도를 제공할 수 있다. 그러나 실내환경의 복잡한 전파환경에 따른 신호손실 등의 문제로 GPS 기술을 적용하기에는 한계가 존재한다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 WiFi, Bluetooth, UWB(Ultra Wide Band)등과 같이 실내 환경에서 적용가능한 통신기술을 기반으로 높은 측위정확도를 제공하는 기술들이 중요한 연구 대상이 되었다[1].

실내환경에서 위치 측위 기술은 개인적인 목적이나 공공의 목적에 따라 요구되어지며, 주요한 예로는 크고 복잡한 쇼핑몰에서 고객 스스로 원하는 상점을 찾거나, 건물 내 화재 발생시 소방관을 지원하거나, 대형마트에서 할인정보와 같은 LBS 기술을 제공하기 위함이다. 현재 보편적으로 사용되고 있는 실내 위치 측위를 위한 이동통신 기술은 위에 언급되었듯이 WiFi, Bluetooth, UWB 등이 있다. 그리고 기존의 센서 측위 기술에서는 범위를 기반으로하는 기술과 범위를 사용하지 않는 방법이 존재한다. 이 중에서 일반적으로는 범위를 기반으로 하는 기술을 대부분 적용하고 있다. 그 중에서도 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 기반으로 하는 측위 기술은 핑거프린팅 알고리즘과 결합하여 사용할 경우 낮은 비용으로 높은 측위 정밀도를 얻을 수 있기 때문에 가장 보편적으로 사용되고 있다[2].

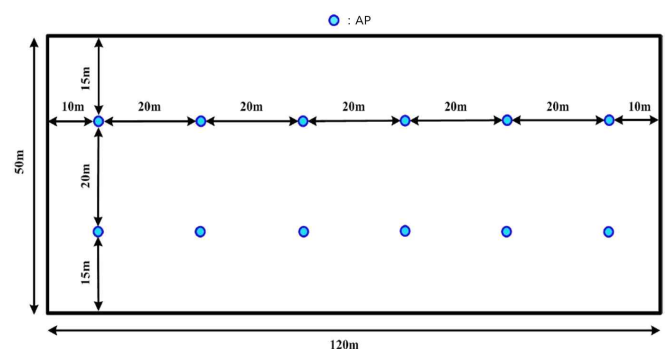
따라서 본 논문에서는 위치 측위를 위한 이동통신 기술로는 WiFi를 사

용하고, 사용자 위치 측위를 위해 RSSI를 사용한다. 사용자의 위치를 측위하기 위해 초기에 핑거프린팅 맵을 구축하고, 핑거프린팅 데이터베이스와 실제 사용자의 RSSI 값 사이에 k-NN(k-Nearest Neighbor)알고리즘을 적용한다. k-NN 알고리즘은 PSO 알고리즘의 초기 탐색영역을 제한하기 위해 사용되며, 이는 측위 정확도 개선 및 빠른 측위 처리시간을 달성할 수 있도록 한다.

본 논문의 2절에서는 사용자 위치 측위를 위한 구체적인 과정에 대해 제시하고, 시뮬레이션 결과를 분석한다. 이후 3절에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 본론

본 논문에서는 3GPP에서 제시한 실내 오피스 환경을 기반으로 한다[3]. 제시된 환경은 [그림 1]과 같으며, 크기는 $120m \times 50m$ 이다. 제시된 환경에서 총 12개의 AP(Access Point)가 배치되어 있으며, AP간 간격은 20m이다. 본 논문에서 제안하는 시스템의 전체적인 과정은 다음과 같다. 먼저, 핑거프린팅 기법을 적용하여 특정 위치에 대한 핑거프린팅 데이터베이스를 구축한다. 이후, 지도학습의 한가지 기술인 k-NN 알고리즘을 적용하여



[그림 1] 3GPP에서 제시한 실내 오피스 환경

* : 교신저자

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (N0002429, 산업혁신인재성장지원사업) 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2021R1F1A1063845)

사용자와 가장 인접한 샘플포인트를 도출한다. 도출된 샘플포인트를 기반으로 PSO 알고리즘의 초기 탐색영역을 제한하고, 영역 내에 입자들을 배포한다. 이후 PSO 알고리즘 과정을 수행하여 사용자의 위치를 얻는다. 적용된 기법들의 자세한 설명은 아래와 같다.

가장 처음에 핑거프린팅 기법이 다음과 같이 수행된다. 총 N개의 WiFi AP와 M개의 SP(Sample Point)가 실내환경에 배치되었다고 가정한다. 모든 SP는 각 AP로부터의 RSSI 값을 측정하고, 측정된 RSSI 값을 기반으로 핑거프린팅 데이터베이스를 구축한다. 구축된 핑거프린팅 데이터베이스는 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$H^{RSSI} = \begin{Bmatrix} h_1^1 & \dots & h_m^1 & \dots & h_M^1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ h_1^n & \dots & h_m^n & \dots & h_M^n \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ h_1^N & \dots & h_m^N & \dots & h_M^N \end{Bmatrix}_{N \times M} \quad (1)$$

여기서, h_m^n 는 n번째 AP와 m번째 샘플 포인트 사이의 RSSI 값을 나타낸다. 핑거프린팅 데이터베이스가 구축된 후 PSO 알고리즘의 초기영역을 제한하기 위해 지도학습의 한가지 기술인 k-NN 알고리즘을 적용한다.

k-NN은 지도학습 중 한가지 기술로 임의의 입력이 특징 공간 내 k 개의 가장 가까운 데이터를 찾는 알고리즘이다. 다시 말해, 사용자의 위치로부터 가장 인접한 k개의 SP를 찾는 것이다. k-NN 알고리즘은 학습과정이 없는 방식이며, 새로운 데이터가 들어오는 시점에 기존 데이터 사이의 거리를 재서 이웃들을 선별한다. k-NN은 모델을 별도로 구축하지 않기 때문에 Instance-based Learning이라고 불리기도 한다. k-NN은 거리 측정 방법으로 Euclidean Distance과 Manhattan Distance가 있다. 본 논문에서는 일반적으로 사용되는 Euclidean Distance를 기반으로 인접 SP를 도출하는 방법을 적용한다. 사용자 UE(User Equipment)로부터 가장 인접한 SP를 도출하는 방법은 아래와 같다.

먼저, 온라인 단계에서 사용자 위치에 대한 RSSI 값을 측정한다. 측정된 값은 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$U_i^{RSSI} = [h_i^1, h_i^2, \dots, h_i^n, \dots, h_i^N] \quad (2)$$

여기서, h_i^n 는 n번째 AP와 사용자 UE i 사이의 RSSI 값이다. 측정된 사용자의 RSSI 값을 새로운 데이터로 가정하고 핑거프린팅 데이터베이스 값과의 Euclidean Distance 계산을 통해 가장 인접한 SP를 도출한다.

$$d_{i,m} = \| U_i^{RSSI} - H_m^{RSSI} \| = \sqrt{\sum_{n=1}^N (h_i^n - h_m^n)^2} \quad (3)$$

여기서, $d_{i,m}$ 은 UE i와 SP m사이의 Euclidean Distance를 의미하며, 해당 값이 작을수록 UE i와 SP m이 인접한 것이다. 이후 k개의 가장 인접한 SP를 기반으로 PSO 알고리즘의 초기 탐색영역을 제한한다.

PSO 알고리즘은 지능형 진화계산 알고리즘이며, 탐색영역 내에 입자를 배포하여 최적의 해를 도출할 수 있다. 탐색을 진행하면서 각 입자들은 자신의 최적 위치인 $pbest$ 와 군집 내 최적위치인 $gbest$ 를 서로 공유한다. 입자들은 $pbest$ 와 $gbest$ 를 기반으로 탐색을 진행하여 최적의 해를 도출한다. 알고리즘은 최대 반복횟수에 도달하거나 목표 정확도를 달성하는 경우 종료된다. 아래는 반복에 따른 각 입자의 파라미터 변화를 나타낸다.

$$V_i(t+1) = w V_i(t) + a c [pbest_i(t) - X_i(t)] + a c [gbest(t) - X_i(t)] \quad (4)$$

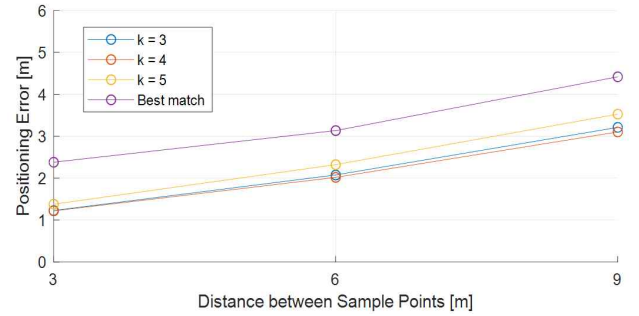
$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1) \quad (5)$$

$$w = w_{\max} - \frac{t(w_{\max} - w_{\min})}{T} \quad (6)$$

여기서, $V_i(t+1)$ 은 각 입자의 다음 속도를 나타내고, $X_i(t+1)$ 는 각

[표 1] 시뮬레이션 파라미터

파라미터	값
AP의 개수	12
샘플 포인트 간 거리	3.6.9[m]
k 값	3, 4, 5
입자의 개수	10
AP의 전력	20dBm
$a, c, w_{\max}, w_{\min}, T$	2, 0.3, 1, 0.4, 10



[그림 2] 샘플포인트 간격에 따른 측위오차 성능 비교

입자의 다음 위치를 나타낸다. a 는 가속계수, c 는 수축계수, w 는 관성계수, t 는 현재 반복횟수, T 는 최대 반복 횟수를 나타낸다.

제안 기법의 성능평가를 위해 MATLAB 2017b를 기반으로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 [표 1]에 정리하였다. 시뮬레이션 결과는 [그림 2]에 나타내었으며, 여기서 k의 값을 3, 4, 5로 설정하고, 샘플 포인트 간 거리가 변화할 때 따른 위치 정확도를 비교하였다. Best match는 가장 인접도가 높은 SP의 좌표값을 UE의 좌표로 추정하는 방식이다. 결과에서 확인할 수 있듯이, k의 값이 3과 4일 때 가장 높은 측위 정확도 성능을 달성함을 확인할 수 있다. 또한, SP간 간격이 좁을수록 높은 측위 정확도를 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있는데, 이는 PSO 알고리즘의 초기 탐색영역이 작아질수록 높은 측위 정확도 성능을 달성함을 보여준다.

III. 결론

본 논문에서는 3GPP에서 제시한 실내 오피스 환경에서 사용자의 위치 측위 정확도를 개선하는 연구를 수행했다. WiFi 통신을 기반으로 하며, 사용자의 위치를 측위하기 위해 핑거프린팅, k-NN, PSO 알고리즘을 융합하여 사용한다. 시뮬레이션 결과를 통해 오프라인 단계에서 구축되는 핑거프린팅 데이터베이스의 크기 및 k-NN 알고리즘에서 k 값에 따라 측위 정확도가 달라짐을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 SP간 간격이 3m 이고, k 값은 4일 때 가장 높은 측위 정확도를 달성함을 확인하였다. 추후, PSO 알고리즘의 최적화를 통해 측위 정확도 개선을 위한 연구를 계획하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Zhang, Y., Wang, H., and Wang, H. "Indoor Navigation System Design based on Particle Filter," Proceedings of the 2016 International Conference on Intelligence Transportation, Big Data & Smart City(ICITBS), pp.105-108, December 2016.
- [2] Zhao, C., and Wang, B. "A MLE-PSO Indoor Localization Algorithm Based On RSSI," Proceedings of the 36th Chinese Control Conference (CCC), pp.6011-6015, July. 2017.
- [3] "Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz (Release14)", 3GPP TR 38.901