

다중 BSSID 를 활용한 Wi-Fi 핑거프린트 데이터베이스 구축 방법 연구

이양구, 한지우, 박경현, 서성훈, 유재준, 윤대섭
한국전자통신연구원

{yk_lee, chau, hareton, ssh, jjryu, eyetracker}@etri.re.kr

Study on Building Wi-Fi Fingerprint Database Using Multiple BSSID

Yangkoo Lee, Jiwoo Han, Kyoungyun Park, Seonghun Seo, Jaejun Yoo, Daesub Yoon
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

이 논문에서는 실내 공간에서 수집된 AP 의 다중 BSSID 특성을 이용하여 단일 BSSID AP 와 다중 BSSID AP 로 정보화 하여 핑거프린트 데이터베이스를 구축함으로써, 측위 알고리즘 적용시 누락된 신호세기 정보로 인한 측위 성능 저하를 최소화하는 방법을 제안한다. 제안된 방법으로 구축된 AP 식별 정보를 측위 알고리즘에 적용한 결과, 기존의 핑거프린트 데이터베이스를 이용한 경우보다 측위 성능이 개선되었음을 보였다.

I. 서 론

Wi-Fi 신호 세기를 이용한 핑거프린트 기반 실내 측위 기술은 추가적인 인프라 구축 비용이 들지 않는다는 장점 덕분에 지속적으로 연구되어 왔다. Wi-Fi 신호 세기는 장애물, 신호 간섭, 주변 환경 변화 등에 민감하게 반응하여 신호 세기 값의 불안정성으로 인해 측위 성능이 저하되는 문제가 있다. 예를 들어, 동일한 위치나 근접한 위치에서 수집된 RSSI 값이 크게 달라지거나, 낮은 신호 세기를 가진 AP 의 경우 반복적인 수집 과정에서 신호가 감지되었다가 사라지는 현상이 빈번히 발생한다. 특히, 하나의 AP 가 듀얼 밴드나 다중 BSSID 서비스를 제공하여 여러 개의 BSSID 를 가질 때, 동일한 AP 에서 제공되는 BSSID 입에도 불구하고 일부 BSSID 가 감지되지 않는 경우도 발생할 수 있다. 이러한 현상을 해결하기 위해 기존의 연구들은 주로 수집된 무선신호 정보로부터 낮은 신호 세기 필터링, 결측치 보간 등의 데이터 정제 과정을 통해 핑거프린트 데이터베이스를 구축하였다[1, 2]. 또한 본 연구의 선행연구에서는 실내 측위를 위해 수집된 무선 AP 가 단일 또는 다중 BSSID 를 할당하여 운영되는 특성을 활용하여 수집단계에서 누락된 AP 를 식별하고, 이를 핑거프린트 데이터베이스에 반영하는 방법을 제안하였다[3].

이 논문에서는 선행연구에서 제안된 다중 BSSID 기반의 AP 관리 방법을 요약하고, 이를 측위 알고리즘에 적용하여 수행된 성능 분석 결과를 소개한다. 시험에 사용된 측위 알고리즘은 대표적인 핑거프린트 기반 측위 기법으로 알려진 KNN 알고리즘을 적용하였다. 시험 결과로써, 제안된 방법으로 핑거프린트 데이터베이스를 구축할 경우, 기존의 핑거프린트 기반 측위보다 성능을 개선하는 데 효과가 있음을 보였다.

II. 다중 BSSID 기반 AP 관리 방법

하나의 AP 가 여러 개의 BSSID 를 갖는 경우는 주로 AP 가 2.4GHz 와 5GHz 대역에서 듀얼 밴드 서비스를 제공하거나, 다중 SSID 를 사용하는 경우, 또는 특정 목적에 따라 AP 에 다중 BSSID 가 할당될 때 발생한다. 이론적으로는 동일한 조건에서 하나의 AP 가 가지는 모든 BSSID 가 수집되어야 하지만, 실제로는 일부 BSSID 가 감지되지 않거나, 동일 AP 내에서도 신호 세기에 큰 차이가 발생할 수 있다. 듀얼 밴드의 경우, 2.4GHz 와 5GHz 대역의 커버리지 차이로 인해 5GHz 대역의 신호가 감지되지 않는 경우가 있으며, 이때 2.4GHz 대역에서 감지된 BSSID 를 바탕으로 5GHz 에 할당된 BSSID 역시 동일 AP 에 속하는 것으로 간주할 수 있다.

이러한 다중 BSSID 가 할당된 AP 들을 단일 BSSID AP 와 다중 BSSID AP 그룹으로 관리하는 것은 측위 데이터 품질을 향상시키는 여러 가지 이점을 제공한다. 예를 들어, 다중 BSSID 는 동일 물리적 AP 에서 논리적으로 파생된 것이므로, 동일 위치에서 발생하는 중복 신호를 간소화하거나 통합하여 더 일관된 신호 세기 패턴을 생성할 수 있다. 또한, 다중 BSSID 가 약한 신호 세기 패턴을 보일 경우, 개별적으로 사용하는 것보다 그룹화된 데이터를 활용하는 것이 측위 정확도를 높이는 데 유리하다. 특정 AP 의 단일 BSSID 신호가 손실되더라도 동일 그룹 내의 다른 BSSID 신호를 이용해 위치 추정이 가능해져, 결과적으로 측위 성능을 향상시킬 수 있다.

III. 실험 결과 및 분석

이 논문에서는 ETRI 의 Convergence Commercialization Center 건물에서 수집한 AP 신호 정보를 실험 및 분석에 활용하였다[4]. 실험에 사용된

데이터는 대상 건물의 1 층에서 통로를 중심으로 3 미터 간격으로 할당된 87 개 지점에서 수집된 Wi-Fi 신호세기 정보를 이용하였고, 각 지점별로 1 회 수집분을 핑거프린트 데이터베이스로 구축하고, 2 회 수집분을 테스트 데이터로 활용하였다.

측위 알고리즘의 경우, k 를 1 로 설정하여 RSSI 신호 패턴이 가장 유사한 지점을 위치로 추정하도록 하였다. 표 1 은 AP 그룹 정보를 적용하지 않은 핑거프린트 데이터베이스(Base-FPDB)와 AP 그룹 정보를 적용한 핑거프린트 데이터베이스(Filtered-FPDB) 간의 시험 결과를 나타낸다. 표 1 에서 Filterd-FPDB 를 적용하기 전/후의 성능이 매우 유사하지만, Filterd-FPDB 의 성능이 일부 개선된 것으로 나타났다. 정확도의 경우, 측위 알고리즘이 실제 위치를 정확하게 추정하였지만 단순 비교를 수행하였으며 전체 87 개의 지점 데이터를 기준으로 약 48 개~49 개의 지점이 정확하게 예측된 것으로 분석되었다. 평균 위치오차의 경우 Filterd-FPDB 가 5.27m 로 우세한 결과로 나타났는데 이는 정확도 계산에 수렴되지 않은 지점들도 실제 위치에 근접하게 추정되고 있음을 나타낸다.

표 1. KNN 측위 알고리즘 적용 결과 (k=1)

방식	정확도(%)	위치오차(m)
Base-FPDB	56	5.32
Filtered-FPDB	55	5.27

그림 1 과 그림 2 는 각각 Base-FPDB 와 Filterd-FPDB 를 적용했을 경우에 KNN 알고리즘 기반 측위 결과에 대한 오차 거리의 분포를 CDF(Cumulative Distribution Function)로 나타낸 것이다. 그림 1 의 경우, 전체 측위 결과의 75%가 약 6m 이내의 오차 범위 내에 있는 것으로 나타났고, 24m 이상 오차들이 90% 범위에 분포되는 것으로 나타났다. 그림 2 의 경우는 측위 결과의 75%가 약 6m 이내의 오차 범위 내에 있는 것으로 나타났고, 19m 이상 오차들이 90% 범위에 분포되는 것으로 나타났다.

Base-FPDB 와 Filterd-FPDB 의 시험 결과로 볼 때, 다중 BSSID 를 사용하는 AP 를 그룹으로 관리하여 측위에 활용할 경우, 큰 폭으로 개선된 성능을 보이지는 않았으나, 일정부분 성능 개선에 효과가 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 오차 거리가 개선되는 패턴을 보이는 것으로 보아 신호 기반 측위에서 추정 위치가 불안정하게 변동하는 현상도 방지하는 효과를 보일 것으로 예상된다. 또한 실험이 1 회 수집분을 이용하여 진행된 점을 감안할 때, 반복 수집을 통해 AP 의 누락을 최소화한다면, 보다 체계적인 AP 그룹 관리가 이루어져 측위 성능을 향상시키는데 도움을 줄 것으로 예상된다.

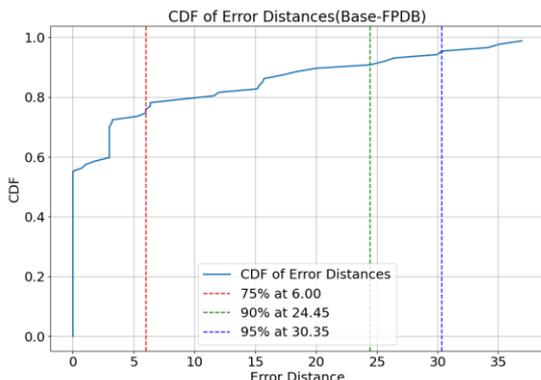


그림 1. Base-FPDB 오차 거리 분포

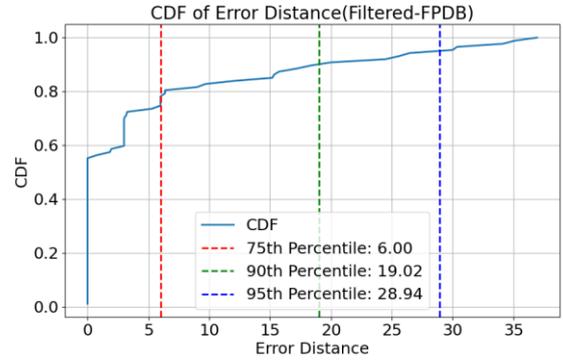


그림 2. Filterd-FPDB 오차 거리 분포

IV. 결론

이 논문에서는 실내 공간에서 수집된 원시 데이터를 활용하여 단일 BSSID AP 와 다중 BSSID AP 를 분류하고, 이를 이용하여 핑거프린트 데이터베이스를 구축하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 대표적인 측위 알고리즘인 KNN 을 통해 분석한 결과, 다중 BSSID 를 사용하는 AP 를 그룹으로 관리하여 측위에 적용하는 방법이 측위 성능 개선에 효과 있음을 확인하였다. 이러한 분석 결과로 볼 때, 제안된 방법이 핑거프린트 데이터베이스 구축 시, 측위 오차를 줄이기 위한 전략 수립이나, AP 의 효율적인 관리를 통해 측위 데이터의 품질 및 측위 성능을 개선하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024 년도 국토교통부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행된 연구임(RS-2022-00141819, 초정밀 디지털 국토정보 획득을 위한 절대, 상대, 연속복합 측위 고도화 기술 개발)

참고 문헌

- [1] X. Li, "Cleansing and Analytics of Indoor Positioning Data." 23rd IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM), 2022.
- [2] D. Quezada-Gaibor, L. Klus, J. Torres-Sospedra, "Data cleansing for indoor positioning Wi-Fi fingerprinting datasets." 23rd IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM), 2022.
- [3] Y. Lee, et al. "Study on Improving Quality of Fingerprint Database Based on Multiple BSSID Information", The 15th International Conference on ICT Convergence (ICTC 2024)
- [4] Y. Lee, M. Kim, G. Lee, J. Yoo and D. Yoon, "Integrated Raw Data Collection and Validation System for Indoor Positioning," 3rd International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), 2023, pp. 1-6.