

신호 품질 지표를 이용한 실내 Localization 기법

김유빈, 이종석, 최호성, 홍인기
경희대학교

dbqls15@khu.ac.kr, howrhee@khu.ac.kr, to6044@khu.ac.kr, ekhong@khu.ac.kr

Localization Methods using Signal Quality Indicator

Yuvin Kim, Jong Seok Rhee, Hoseong Choi, Een Kee Hong
KyungHee Univ.

요약

본 논문은 대표적인 신호 품질 지표인 RSRP, SINR, RSRQ 의 실측 값을 토대로 heatmap 을 생성하였고 이를 통해 단말의 위치를 효과적으로 추정할 수 있는 기법을 개발하였다. 제안된 기법은 다양한 시나리오를 통해 검증되었으며, 비용 효율적이고 유지 보수가 용이한 localization 기법으로서의 가능성을 제시하였다.

I. 서론

현대 사회에서 localization 기술은 매우 중요한 역할을 수행한다. 네비게이션 시스템, 무선 통신, 응급 구조 등 다양한 기술 분야에서 필수적이다. 특히 5G, 스마트폰, IoT 기기, 자율 주행 차량 등 다양한 기술 분야에서 위치 정보의 정확성은 사용자 경험의 질을 결정하고 시스템의 효율성을 향상한다. 또한, IoT 기기의 증가로 인해 실내 환경에서의 localization 은 물류 관리, 의료 서비스 등 여러 분야에서 중요한 역할을 수행한다 [1].

현재 대표적으로 사용되는 localization 기법에는 GPS, Wi-Fi, Bluetooth, UWB(Ultra-Wideband) 등이 있다. GPS 는 실외 환경에서 뛰어난 위치 추적 능력을 제공하지만, 실내에서는 물리적 한계로 인해 성능이 감소한다. Wi-Fi 와 Bluetooth 는 상대적으로 저렴한 비용으로 구현할 수 있으나, 신호 간섭 및 정확도 문제가 존재한다 [2]. UWB 기술은 매우 정밀한 위치 추정이 가능하지만, 구축 비용이 높다는 단점이 있다 [3].

이러한 기존 localization 기법의 한계를 극복하고자, 본 논문에서는 통신 네트워크에서 사용되는 신호 품질 지표인 RSRP, SINR, RSRQ 를 활용한 새로운 localization 기법을 제안한다. 이 기법은 추가적인 하드웨어 투자 없이 기존 네트워크 인프라를 활용하여 비용을 절감할 뿐만 아니라 유지보수를 간소화하는 방안을 목표로 한다. 따라서 본 논문은 비용적인 측면과 유지 보수의 용이성을 고려하여 새로운 localization 기법을 개발하게 되었다.

II. 본론

A. 신호 품질 지표

본 논문에서는 여러 신호 품질 지표를 이용하여 단말의 위치를 추정하였다. 사용된 신호 품질 지표는 RSRP(Reference Signal Received Power),

SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio), RSRQ(Reference Signal Received Quality)이다.

RSRP 는 특정 셀의 reference signal 로부터 수신된 전력 수준을 나타내는 신호 품질 지표이다. 이는 셀의 신호 강도를 평가하는 데 사용되며, 특히 cell selection 및 handover 과정에서 주요 지표로 사용된다. SINR 은 신호 대 간섭 및 잡음 비율이다. 이는 수신된 신호가 주변 간섭과 잡음에 비해 얼마나 강한지를 나타낸다. SINR 이 높을수록 신호의 품질이 좋다는 것을 의미하며, 데이터 전송 속도와 안정성에 큰 영향을 미친다. RSRQ 는 RSRP 와 RSSI(Received Signal Strength Indicator)의 비로 신호 품질을 평가하는 지표이다. 이는 네트워크의 전반적인 성능을 측정하는 데 중요한 역할을 하며, 값이 높을수록 신호 품질이 우수하다 [4].

이 세가지 지표는 각각 신호 강도, 간섭 및 잡음, 신호 품질을 측정함으로써 서로 보완적인 역할을 한다. 이를 통해 더 정확하고 신뢰도 높은 위치 추정을 할 수 있다.

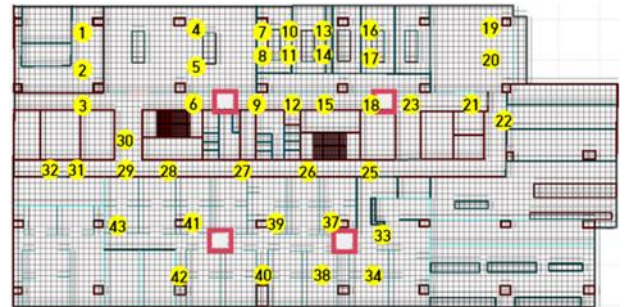


그림 1. 실측 환경 도면

B. 실측 환경

실측을 진행한 곳은 그림 1 에서 보이듯이 약 56m × 37m 크기의 연구소이고, 총 4 개의 RU 를 설치하였다. 실측은 한 층에서 총 43 개의 지점을 고르게 선정하였다. 그 중 24, 35, 36 번 지점은 출입이

불가하여 제외하였다. 각 지점에서 30 초간 RSRP, SINR, RSRQ 를 측정하였고, 평균값을 기준으로 데이터베이스를 제작하였다.

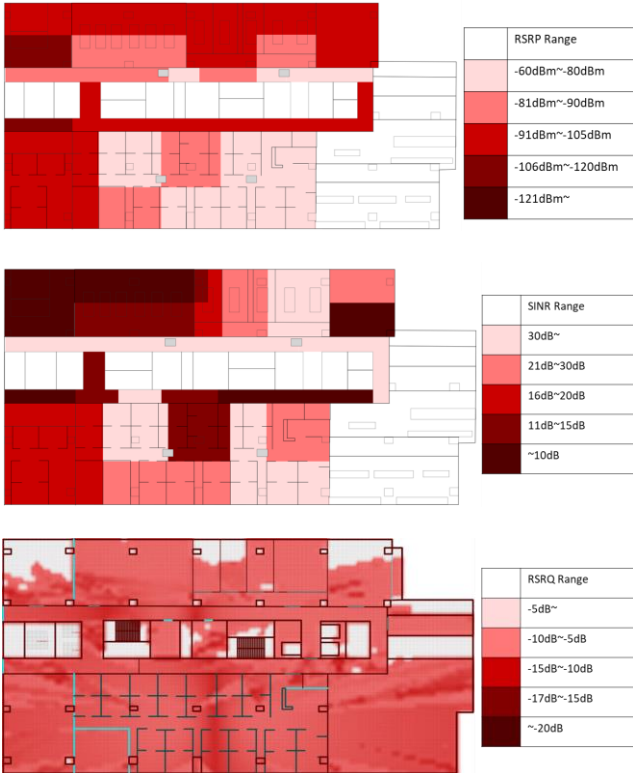


그림 2 실측 데이터 기반 heatmap (a) RSRP, (b) SINR (c) RSRQ

C. 신호 품질 지표 기반 localization 기법

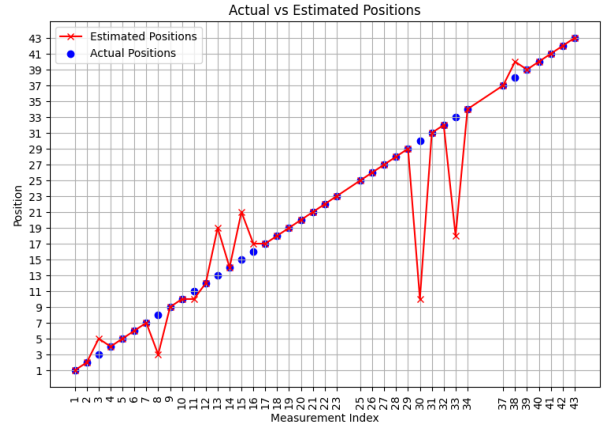
본 연구에서는 수집된 신호 품질 지표를 바탕으로 단말의 위치를 추정하는 알고리즘을 개발하였다. 먼저 각 지점에서 측정된 신호 품질 지표의 값을 데이터 베이스에 저장하여 heatmap 을 제작하였다(그림 2 참조). 그 후 단말에서 실시간으로 측정된 신호 품질 지표의 값을 입력 받아 데이터 베이스의 각 지점과 비교하여 차이를 계산한다. 그 후 그 값을 바탕으로 차이가 가장 적은 상위 N 개의 지점을 선택하여 각 지점의 평균을 계산하여 위치를 추정한다. 이 기법은 신호 품질 지표의 공간적 분포를 이용하여 위치를 추정하므로, 기존의 localization 기법에 비해 추가적인 설치 비용이 발생하지 않아 비용 효율적이다.

D. 실험 결과 및 분석

실험 결과는 그림 3 과 같다. x 축은 실제 측정 지점을, y 축은 추정된 위치를 나타내었다. 그래프에서 볼 수 있듯이 9 개의 지점을 제외한 모든 곳에서 추정된 위치가 실제 위치와 같은 결과를 보여 정확도는 약 80%로 나타났다. 오차가 발생한 지점 중 30, 38 번을 제외하면 모두 인접한 위치 결과를 보여 긍정적인 결과를 보여주었다. 30, 38 번의 경우 큰 오차를 보였는데, 이러한 부분은 각 셀이 고유하게 가지고 있는 식별자인 Cell-ID 를 이용하여 추가적인 위치 정보를 통해 정확도를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

III. 결론

본 논문에서는 대표적인 신호 품질 지표인 RSRP, SINR, RSRQ 를 활용한 새로운 localization 기법을 제안하였다 이를 통해 기존 localization 기법의 문제를 해결하여, 비용 효율적이고 유지보수가 용이한 방안을 제시한다. 실험 결과, 제시된 기법은 약 80%의 높은 정확도를 보였다. 그러나 일부 지점에서 발생한 오차를 개선하기 위해 향후 연구에서는 더 많은 환경에서의 실험과 Cell-ID 와 같은 추가 변수를 고려한 알고리즘 개선이 필요하다. 이를 통해 위치 추정의 정확도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.



ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2021-0-02046*)

“이 논문은 2024 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 정보통신방송기술국제공동연구사업 지원을 받아 수행된 연구임” (No.RS-2022-00207387, 5G Open RAN 기반 지능형 네트워크 슬라이싱 기술 개발)

참고 문헌

- [1] Qi, Lin, Yu Liu, Yue Yu, Liang Chen, and Ruizhi Chen. 2024. "Current Status and Future Trends of Meter-Level Indoor Positioning Technology: A Review" Remote Sensing 16, no. 2: 398.
- [2] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee and J. Liu, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems," in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), vol. 37, no. 6, pp. 1067-1080, Nov. 2007
- [3] F. Zafari, A. Gkelias and K. K. Leung, "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2568-2599, thirdquarter 2019
- [4] 3GPP, "3rd Generation Partnership Project; NR; Physical layer measurements," 3GPP, TS 38.215 V18.2.0, Mar. 2024.