

탑뷰 맵 이미지 기반 단일 센서 노드 이용 위치 측위

손진우, 심병호

서울대학교

jinwooson@islab.snu.ac.kr, bshim@snu.ac.kr

Localization Using Single Sensor Node Based on Top-view Map Image

Jinwoo Son, Byonghyo Shim

Seoul National Univ.

요약

본 논문은 단일 기지국 상황에서도 단말의 위치를 측위하기 위한 기지국 주변 탑뷰 이미지를 활용하는 위치 측위 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 다중 경로 시나리오에서 탑뷰 이미지를 이용해 각 경로 상에 존재하는 반사점의 위치를 찾는다. 반사점은 단말과 line-of-sight (LoS) 경로를 형성하고 있음을 이용하여 단일 기지국 상황에서의 위치 측위 문제를 다중 센서 상황에서의 위치 측위 문제로 변환한다. 다중 센서 위치 측위 문제를 풀면 단말의 위치를 추정할 수 있다.

I. 서론

위치 기반 서비스의 원활한 서비스를 위해서는 무선 단말의 위치를 끊임 없이, 그러면서도 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해선 위치 측위를 위한 센서 노드가 적절한 위치에 배치되어 있어야 한다. 예를 들어 삼면측량 기반의 위치 측위를 하는 경우, 세 개 이상의 센서 노드가 측위 대상과 line-of-sight (LoS) 경로로 신호를 주고받을 때 정확한 위치 측위가 가능하다.

문제는 위치 측위를 위해 기존 통신 시스템의 기지국을 이용하는 경우 발생한다. 기존 통신 시스템을 이용하면 별도의 추가적인 소요 없이 인프라를 그대로 활용할 수 있다는 장점이 있으나, 기지국은 통신을 위한 것이지 위치 측위를 위한 것이 아니기 때문에 설치되는 위치가 위치 측위에 유리하다는 보장을 할 수 없다. 특히 장애물이 많은 도심 환경 등에서는 non-LoS (NLoS) 경로가 형성되어 측정한 기지국-단말 간 거리에 오차가 생기기 쉽고, 단말이 여러 기지국과 일관되게 통신할 수 있으리라 기대하기도 어렵다.

본 논문에서는 단일 센서 노드와 기지국 주변 환경을 보여주는 탑뷰 이미지를 이용하여 단말의 위치를 측위하는 기법을 제안한다. 본 기법에서는 탑뷰 이미지로부터 다중 경로 상 어딘가에 존재하는 반사점의 위치를 찾고 해당 위치를 센서 노드 위치와 같게 취급한다. 반사점은 단말과 LoS 경로를 형성하는데 다중 경로의 길이와 각도를 알고 있다면 반사점과 단말 간 거리를 알 수 있다. 따라서 단일 기지국을 이용한 위치 측위 문제를 다중 기지국을 이용한 위치 측위 문제로 변환하여 풀 수 있다.

II. 본론

본 논문에서는 밀리미터 파 시나리오, 특히 3GPP의 urban micro (UMi) 시나리오 등 도심 상황을 가정한다 [1]. 기지국은 다중 안테나가 부착되어 있으며 단일 안테나를 부착한 단말과 통신하며, 신호는 기지국과 단말 주변 장애물에 의해 다중 경로로 송수신된다. 본 논문에서는 각 신호 경로의 길이, 각도(방위각, 고도각)를 추정해낼 수 있으며 그 길이와 각도에는 추정에 의한 오차가 있음을 가정한다. 두 번 이상의 반사가 일어나는 경로는

경로 손실이 커 그 세기가 노이즈와 비슷해지므로 반사는 한 번까지만 고려한다.

본 논문에서 제안하는 위치 측위 기법을 위해서는 기지국 주변의 환경을 보여주는 탑뷰 이미지가 필요하다. 탑뷰 이미지는 주변 장애물, 특히 건물의 형태와 위치만 나타나 있고 그 이외 정보는 제거된 상태이다. 즉 어떠한 픽셀에 장애물이 있거나 없거나 정도만 나타낼 수 있다. 반사면에 대한 수식이 있어 반사점을 직접적으로 구할 수 있는 것이 아니기 때문에 우회책으로 기지국의 위치에서부터 시작하여 장애물에 도달했다고 판단될 때까지 작은 벡터를 계속 더해주는 방법을 사용한다. 구체적으로 기지국의 위치인 $\mathbf{p}_b = [x_b \ y_b \ z_b]^T$ 에서부터 시작해서 한 경로 방향으로 작은 벡터를 조금씩 더한다. 이를 i 번 반복했을 때의 위치는 다음과 같이 나타낸다.

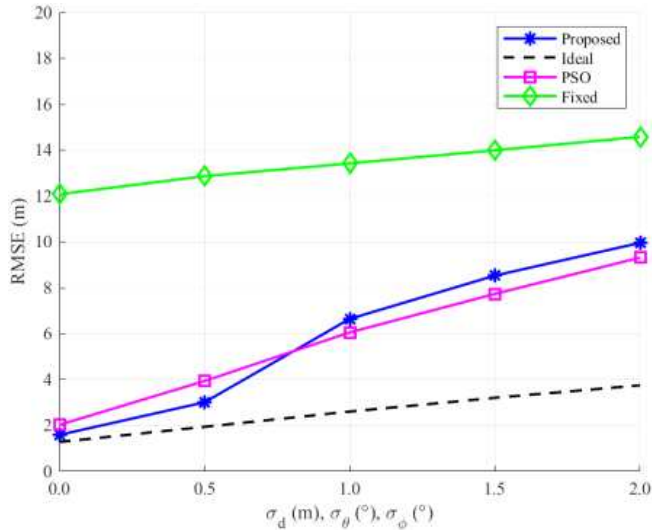
$$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_b + is[\cos\theta\cos\phi \ \sin\theta\cos\phi \ \sin\phi]^T$$

위에서 θ 는 방위각, ϕ 는 고도각, s 는 매번 더해주는 작은 벡터의 길이를 의미한다. 이 좌표를 이미지에 투영했을 때 장애물에 대응하는 픽셀의 좌표라면 찾아낸 위치를 반사점의 위치로 판단한다. 만약 is 값이 총 경로 길이보다 길어질 경우 해당 경로는 LoS 경로라 판단한다. 해당 과정을 각 경로에 대해 모두 수행하고 나면 K 개의 반사점 위치, 단말과 반사점 간 길이를 알 수 있다. 이를 이용해 다음과 같은 다중 노드 위치 측위를 문제를 풀면 단말의 위치를 예측할 수 있다.

$$P: \arg \min_{\mathbf{x}} \sum_{k=1}^K (\|\mathbf{x} - \mathbf{p}_k\| - (d_k - \|\mathbf{p}_k - \mathbf{p}_b\|))^2$$

본 논문에서는 Levenberg-Marquardt (LM) 알고리즘을 활용하여 단말의 위치를 측위한다 [2].

3D 환경에서 레이 트레이싱을 이용해 경로의 길이와 각도 등을 얻어 단말의 위치를 측위하는 실험을 진행하였다. 비교 기법으로는 실제 반사점 위치를 기준으로 하는 위치 측위, 고정된 위치의 기지국을 이용한 위치 측위, particle swarm optimization (PSO) 기법을 이용한 단말 및 반사점 위치 동시 추정 기법을 이용하였다 [3]. 실험 결과 본 연구에서 제안하는 기



법은 기존 고정된 위치의 기지국을 이용하는 단순한 위치 측위에 비하여 훨씬 높은 성능을 보임을 확인하였다. 이는 제안한 기법이 NLoS 위치 측위 문제를 LoS 위치 측위 문제로 변환하였기 때문이다. 또한 PSO 기법과 비교하여서 비슷한 성능을 달성할 수 있었다. PSO 기법은 단말과 반사점 위치 동시 추정을 위해 필요로 하는 연산량이 크다. 그럼에도 성능이 비슷하다는 건 본 논문에서 제안하는 기법이 기존 단일 센서 노드 기반 기법과 비교하여 경쟁력을 가짐을 시사한다.

III. 결론

본 논문에서는 단일 센서 노드만 가용한 상황에서 단말의 위치를 측위하기 위해 기지국 주변의 탐부 이미지를 활용하는 기법을 제안하였다. 또한 간단한 실험 결과를 통해 해당 기법이 기존 고정된 위치의 기지국을 이용하는 위치 측위보다 높은 성능을 보임을 확인하였고, PSO 기반 기법과 비교해도 우위점이 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP, "Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz," TR 38.901, V16.1.0, 2020.
- [2] J. J. Mor'e, "The Levenberg-Marquardt algorithm: implementation and theory," in Numerical analysis: proceedings of the biennial Conference held at Dundee, June 28 - July 1, 1977, pp. 105 - 116, Springer, 2006.
- [3] Z. Li, Z. Tian, Z. Wang, and Z. Zhang, "Multipath-Assisted Indoor Localization Using a Single Receiver," IEEE Sens. J., vol. 21, no. 1, pp. 692 - 705, 2020.