

악의적 AP의 동작에 따른 무선측위 성능 분석

이용재, 이영주, 남지원, 김태훈^{*,}, 방인규[§]

한밭대학교 정보통신공학과, ^{*}한밭대학교 컴퓨터공학과, [§]한밭대학교 지능미디어공학과
{yj.lee, 20201847, 20201900}@edu.hanbat.ac.kr, {thkim ikbang}@hanbat.ac.kr

Analysis of Performance of Wireless Localization against Malicious Access Point

Yongjae Lee, Yeongju Lee, Jiwon Nam, Taehoon Kim^{*,}, Inkyu Bang[§]

Dept. of Information and Communication Engineering, Hanbat National University

^{*}Dept. of Computer Engineering, Hanbat National University

[§]Dept. of Intelligence Media Engineering, Hanbat National University

요 약

본 연구에서는 다수의 AP가 존재하는 무선 네트워크에서 악의적 AP의 동작에 따른 무선측위 기술의 성능을 분석한다. 각 AP는 단말의 수신 신호 세기를 바탕으로 단말이 위치할 수 있는 범위를 계산하고 네트워크는 이 정보를 종합하여 단말의 위치를 예측한다. 악의적 AP는 단말 위치 예측의 정확성을 낮추기 위해 의도적으로 잘못된 정보를 네트워크에 제공한다. 본 연구에서는 수신 신호 세기 기반의 무선측위 기술의 성능에 대한 악의적 AP의 동작 형태의 영향을 모의실험을 통해 분석한다.

I. 서론

오늘날 무선통신 네트워크 기술의 발전과 함께 다양한 형태의 위치 기반 서비스가 활용되고 있으며, 이에 따라 무선 측위(wireless localization) 기술의 필요성은 더욱 증가하고 있다. 실내 위치 측위(Indoor Location Positioning)는 위성항법 시스템(Global Navigation Satellite System: GNSS) 기술을 사용할 수 없는 상황에서 위치 기반 서비스(Location Based Service: LBS)를 효과적으로 제공하기 위해 무선 측위 기술을 연구하는 분야이다. 실내 위치 측위 기술은 스마트폰 기반 서비스에서 실시간 위치추적 시스템(Real Time Locating System)까지 다양한 분야에서 활용되고 있으며, Wi-Fi, UWB, Bluetooth, Zigbee 등의 무선통신 기술의 특성을 활용한 무선 측위 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [1].

기본적으로 많은 무선 측위 기술이 무선 신호의 수신 세기를 활용하여 단말의 위치를 예측한다. 따라서 수신 신호 세기의 정확성은 단말의 위치 예측에 있어 중요한 요소이며, 수신 신호에 대해 악의적인 공격이 가해졌을 경우 정확한 위치 추정에 문제가 발생한다. 무선측위 시스템에서 위치 추정을 방해하는 악의적인 공격은 위협적인 보안 문제이며 무선통신 기술의 발달과 함께 앞으로 더욱 중요해질 것으로 전망된다.

본 연구에서는 다수의 AP가 존재하는 무선 네트워크에서 악의적 AP의 동작에 따른 무선측위 기술의 성능을 분석한다. 구체적으로, 악의적 AP가 단말 위치 예측의 정확성을 낮추기 위해 의도적으로 잘못된 정보를 네트워크에 제공한다고 가정했을 때, 수신 신호 세기 기반의 무선측위 기술의 성능을 모의실험을 통해 분석한다.

II. 시스템 모델

A. Log-Distance Path Loss Model

Log-Distance Path Loss Model은 거리를 기준으로 신호 손실을 예측하는 모델이다. 가산 백색잡음을 가정하고 거리를 기준으로 신호 손실을 계

산하기 때문에 이를 활용할 경우 수신 신호의 세기가 주어진 때 거리 예측 값을 역으로 계산할 수 있다 [2]. 본 연구에서는 Log-Distance Path Loss Model을 가정하며, 수신 신호 세기와 RSSI 값이 동일하다고 가정한다. 따라서 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 값이 다음과 같다.

$$r(d) = r_0 + 10n \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma \quad (1)$$

여기서 $r(d)$ 는 거리 d 에서 RSSI 값을 나타내며 단위는 dBm이다. r_0 은 기준 거리 d_0 에서의 RSSI 값이다. n 은 평균 경로 손실 지수이다. d 는 송수신기 사이의 거리이며, X_σ 는 표준편차가 σ 이고 평균이 0인 AWGN (Additive White Gaussian Noise)이다. d_0 은 기준거리로, 본 연구에서는 1m를 가정한다.

B. 위협 모델

본 연구에서는 악의적 AP가 네트워크에 의도적으로 잘못된 정보를 전달하는 위협 모델을 고려한다. 악의적 AP는 두 가지 공격 유형에 따라 수신 (1)의 RSSI 값을 조작한다. 첫 번째 공격은 수신 (1)의 RSSI 값에 α 값을 더하는 공격이며 두 번째 공격은 수신 (1)의 RSSI 값에 α 값을 곱하는 공격이다. 각 공격에 따라 조작된 RSSI 값은 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{r}(d) = r(d) + \alpha, \quad (2)$$

$$\hat{r}(d) = r(d) \times \alpha. \quad (3)$$

III. 모의실험 결과

A. 모의실험 환경

모의실험을 위해 4 AP를 s [m] \times s [m]인 사각형의 각 모서리에 배치한다. 따라서 AP는 2차원 좌표평면에서 각각 $(0,0)$, $(0,s)$, (s,s) , $(s,0)$ 에 위치한다. 본 실험에서 $s=10$ 으로 설정하며, 단말은 사각형 영역 안에서 임의의 위치에 존재한다고 가정한다. 수식 (1)을 기반으로 각 AP에서 RSSI 값을 계산하고 이를 바탕으로 단말의 위치를 예측한다. 단, 악의적 AP는 수식 (2) 또는 수식 (3)을 기반으로 조작된 RSSI 값을 네트워크에 전달한다. 또한 본 실험에서는 σ^2 값으로 10과 20을 고려한다.

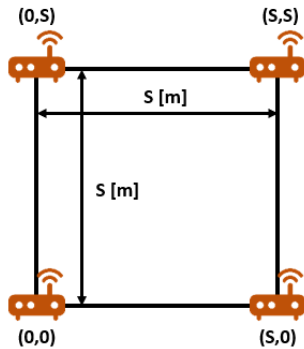


그림 1. 모의실험을 위한 AP 배치 예시

B. 분석 방법

본 연구에서는 위치 예측의 성능 평가의 척도로 MELE (Mean Error Location Estimation)를 사용한다.

그림 2는 각 AP에서 획득한 RSSI 값을 바탕으로 단말의 위치를 예측하는 방법을 표현한 그림이다. 파란색 십자가는 각 AP이고, 각 AP에서 수신한 RSSI 값을 기반으로 단말이 존재할 수 있는 범위를 나타내는 원을 구한다. 검은색 점은 각 원들의 교점이다. 이를 각각의 AP에서 동일한 방법으로 수행한 후 AP의 범위 내에서 원들의 교점에 해당하는 점들을 구한다. 이러한 범위 내의 교점들의 평균으로 예측한 지점을 단말의 최종 위치로 결정한다. 빨간색 점은 단말의 실제 위치, 초록색 점은 단말의 예측 위치를 나타낸다. MELE를 계산하기 위해 단말의 위치를 임의로 변경하며 실제 위치와 예측 위치의 오차를 계산하고 그 평균을 구한다. 본 실험에서는 반복회수를 10,000번으로 설정하고 MELE를 계산한다.

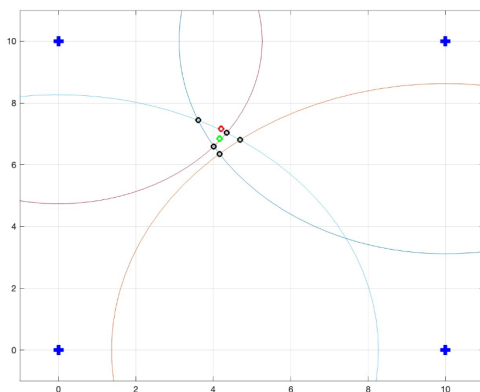


그림 2. RSSI 값을 활용한 위치 예측 예시

C. 결과 분석

그림 3은 4개의 AP가 존재하는 무선 네트워크에서 1개의 악의적 AP가 존재할 때 악의적 AP가 설정할 수 있는 α 값에 따른 평균 위치 예측 오류 (MELE)의 결과이다. 악의적 AP가 수식 (2)에 기반하여 α 값을 더하는 형태로 RSSI 값을 조작할 경우(파란색 그래프) MELE 값이 일정하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 악의적 AP가 수식 (3)에 기반하여 α 값을 곱하는 형태로 RSSI 값을 조작할 경우(자주색 그래프) α 값이 2 이상일 때부터 3m 이상의 급격한 위치 예측 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있다. σ^2 값의 변화는 AWGN의 값에 영향을 주기 때문에 σ^2 값이 증가할 경우 악의적 AP의 RSSI 조작 방법에 상관없이 모두 MELE 값이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

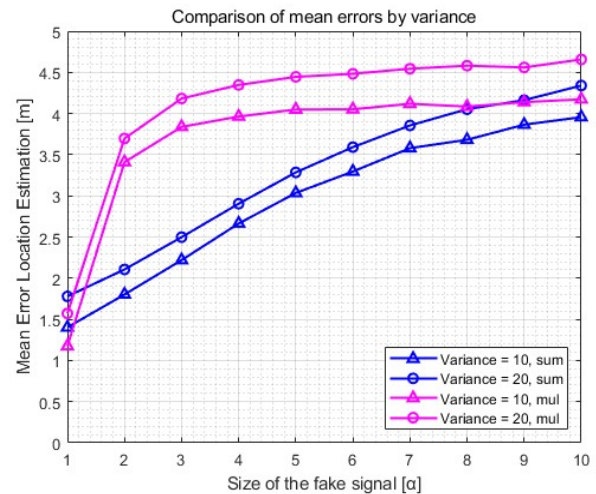


그림 3. 악의적 단말의 행동에 따른 평균 위치 예측 오류

IV. 결론

본 논문은 악의적 AP가 RSSI 값을 조작하는 방법이 무선 측위의 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 실험 결과를 통해서 RSSI 값의 조작 형태가 무선 측위에 주는 영향을 확인할 수 있었다. 이런 문제를 해결하기 위해 신호 세기를 미리 구축해둔 전파 지도를 활용하는 방법을 생각해 볼 수 있으며, 이러한 대응책을 바탕으로 악의적 AP가 존재하는 상황에서도 무선 측위의 정확도를 높일 수 있는 무선 측위 기술에 대한 연구를 본 연구의 후속 연구로 생각해 볼 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 한밭대학교 공학교육혁신센터 “창의 융합형 공학 인재 양성 지원 사업”의 지원과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2020R1F1A1069934).

참 고 문 헌

- [1] 차경주, 이정범, 이윤희, “인공지능 기반 무선 측위 기술 동향 및 전망,” 전자공학회논문지, 59권 9호, p. 149-161, 2022
- [2] 박양배, 변석주, 이예훈, “Maximum Likelihood 와 Gaussian Mixture Model 기반의 실내측위 기법 연구,” 한국통신학회 동계종합학술발표회, 2022.