

IoT 장치를 장착한 Wi-Fi RSSI 기반 실내 위치 검출 시스템

진 경 군*, 라쉬미 샤란 신하*,
 이 상 문**, 황 승 훈^o

Wi-Fi RSSI-Based Indoor Location Detection System with IoT Device

Jingjun Chen*, Rashmi Sharan Sinha*,
 Sang-Moon Lee**, Seung-Hoon Hwang^o

요 약

비용 효율성과 정확성 때문에 Wi-Fi 수신 신호 세기 지시자(Received Signal Strength Indication, RSSI) 기반 핑거프린트 기법을 사용하는 실내 위치 검출 기술은 최근 널리 보급되었다. 본 논문에서는 Internet of Things(IoT) 장치를 이용하여 Wi-Fi Access Point(AP)의 RSSI 신호의 크기를 측정하여 이를 위치 검출에 이용하는 핑거 프린팅 시스템에 대해 소개한다.

Key Words : Wi-Fi, Indoor positioning, RSSI, IoT, Fingerprint

ABSTRACT

Due to cost efficiency and accuracy, indoor location detection techniques using Wi-Fi fingerprints have been widespread in recent years. In this paper, we introduce the fingerprint printing system for location detection using the measurement of the RSSI signal from AP.

I. 서 론

퍼베이시브 컴퓨팅과 사물 인터넷에서 점점 관심을 받는 위치 기반 서비스에서 위치 추정 기술은 필수적

이다. 실내 환경에서는 GPS 신호가 통과할 수 없으므로 Wi-Fi 기반의 방법이 주요 위치 지정 기술이 된다^{1,2)}. 수신된 신호 강도에 기반한 핑거프린트는 레이더 시스템에서 처음 제안된 실내 위치 검출 방법 중 가장 널리 사용되는 방법이다³⁾. 이 기술에는 오프라인 트레이닝 단계 및 온라인 위치 추정 단계가 포함된다. 오프라인 단계는 주변 Wi-Fi AP에서 신호 강도를 감지하고 수집하여 핑거프린트를 적용할 수 있는 무선 지도를 만든다⁴⁾. 온라인 단계에서 Wi-Fi 지원 모바일 장치는 실시간으로 신호 강도 벡터를 얻는다. 이러한 측정 신호 세기는 무선 지도의 값과 비교된다. 가장 일치하는 값의 위치가 추정 위치로 사용된다.

II. 시스템 구성

본 논문에서는 목표 환경에서 기준점 (Reference Point, RP)을 고정하고, 각 RP에서 RSSI를 수집하며, 오프라인 단계에서 무선지도도를 구성한다. 그 후, 온라인 단계에서 새로 수집된 RSSI 데이터와 미리 구성된 무선 지도의 매칭을 기반으로 목표 위치를 추정한다. 이 과정은 그림 1에 설명되었다. 오프라인 단계 동안 관심 영역에 대한 $n \times m$ 무선지도가 구성된다. RSSI는 n 개의 RP들에서 영역 내의 m 개의 AP들로부터 수신된 RSSI 값들로 이루어진 p_i ($i = 1, \dots, n$ 및 $j = 1, \dots, m$)이 구성된다. 그 결과 무선 지도는 데이터 베이스에 저장되어 온라인 단계에서 사용된다. 온라인 단계에서 매칭 알고리즘은 측정된 RSSI와 미리 저장된 무선지도도를 비교하여 최소 매칭 오차를 갖는 RP를 결정한다.

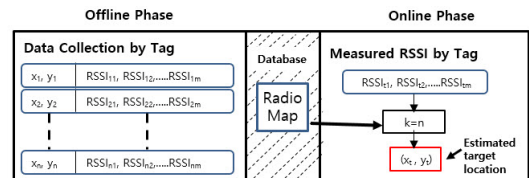


그림 1. 위치 알고리즘을 위한 시스템 개요
 Fig. 1. System overview for localization algorithm

2.1 송신 태그와 데이터 포맷

송신에 사용된 태그의 형상은 다음과 같다.

• First Author : Dongguk University, Division of Electronics and Electrical Engineering, chenjingjun89@gmail.com, 학생회원
^o Corresponding Author : Dongguk University, Division of Electronics and Electrical Engineering shwang@dongguk.edu, 종신회원
 * Dongguk University, Division of Electronics and Electrical Engineering
 ** JMP system, smlee@jmpsystem.com

논문번호 : KICS2017-11-354, Received November 21, 2017; Revised December 5, 2017; Accepted December 5, 2017

CPU에 포팅된 프로그램은 주기적으로 IoT 장치에 측정 명령을 하여 주변 AP의 RSSI를 전달 받는다. 수신 세기를 서버가 받을 수 있는 포맷으로 변환하여 전송한다. 서버에 상기 포맷으로 전송되면 서버는 모드 데이터를 읽어 각각의 파일명으로 저장하고 서버 엔진 알고리즘을 통하여 위치를 추정한다. 다음은 서버로 전송하는 데이터 포맷으로 태그는 3초에 한번씩 서버에 TCP 방식으로 전송한다. 데이터 포맷에 사용되는 모드는 다음과 같다.

- REF : 테스트 기준에 사용될 파일명
- TRY : 테스트에 사용될 DUT 파일명
- 구역번호 : 테스트 구역 번호 (학교 복도에서는 1~71개로 구성함. 각 구역은 1.8m 간격)
- AP : 스캔하여 얻은 AP 개수
- Payload는 MAC+RSSI값으로 8개의 바이트로 구성이 되기 때문에 AP 개수 X 8 이 Payload 바이트 수가 된다.
- MAC 주소 : AP의 MAC 주소 마지막 6자리

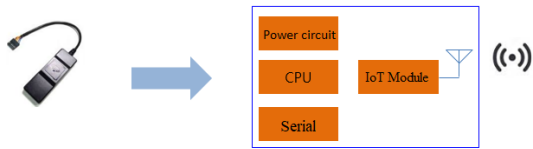


그림 2. IoT 태그 구성도
Fig. 2. IoT tag block diagram

Mode	SiteNumber	Separator	AP	Separator	MAC Address	RSSI	Separator																			
R	E	F	0	0	0	1	J	M	P	2	0	S	T	X	A	B	C	D	E	F	7	0	...	E	T	X

그림 3. 데이터 포맷
Fig. 3. Data format

2.2 알고리즘

IoT 기기를 사용하면 Wi-Fi 네트워크 시스템에서 수많은 인접 AP를 탐지할 수 있다. 그리고 감지된 Wi-Fi AP 신호에 포함된 신호 세기 정보를 바탕으로 우리는 측정 목표 위치를 매우 정밀하게 찾아내기 위해 기존 위치 정보와 비교할 수 있다. 사용자가 사전에 그려 놓은 무선지도를 사용하여 사용자의 위치와 비교하면, 즉, 측정 목표 위치의 RSSI 값을 무선지도의 각 RP의 값과 비교하면, 가장 유사한 RP를 선택하여 사용자의 정확한 위치를 나타낼 수 있다. 시스템 알고리즘은 다음 그림 4에 나와 있다.

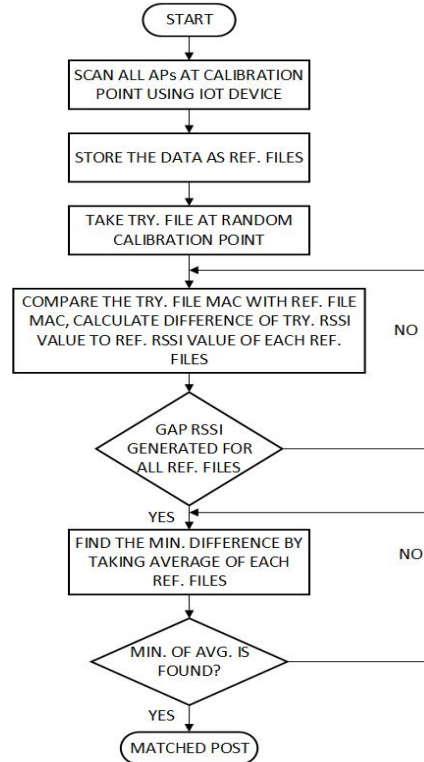


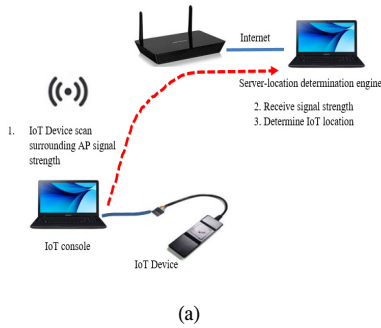
그림 4. 시스템 알고리즘 개요
Fig. 4. System algorithm overview

2.3 Pseudo-code

1. For all Calibration Point CP, save Reference File R_f
 2. Save Test File T_f at Random CP.
 3. For all of APs founded in T_f , calculate absolute difference between T_f rssi and R_f rssi
 4. Calculate the average value Avg of the differences
 5. If minimum Avg_{min} is found among the n numbers of R_f , the location x of R_f with the Avg_{min} is decided as the matched location of T_f
- Else repeat Step-5.

III. 실험 환경 및 결과

실험 설정은 그림 5(a)에서 설명한 바대로 태그 콘솔인 PC에 연결된 위치 태그인 IoT 장치로 구성되어 있으며 이는 무선으로 서버 연결용 AP와 연결되어 있다. 서버 연결용 AP는 위치 태그를 통해서 받은 모든



Items	Standard
Frequency	2.412 ~ 2.4835Hz
Wireless Standard	802.11bgn
Output/Receiving sensitivity(@ MCS0)	Typ. 15dbm/ -93dbm
Power	5V
Specifications	85 X 31 X 14mm, 25g
Power consumption	TX: under 1W RX: under 0.5W
Antenna Gain	1dBi

(a)

그림 5. 실험 환경 (a) 실험 설정. (b) IoT 태그 스펙
Fig. 5. Experiment environment (a) Experiment setup. (b) IoT Tag specification

데이터들을 서버에 연결하여 저장한다. Wi-Fi 핑거프린트 방식에 채택되는 가장 일반적인 알고리즘은 K-nearest neighbors (KNN)인데, 이는 이동 사용자가 K개의 가장 가까운 주변 지점을 계산하는 것이다 [5]. 이 논문에서는 K를 사용할 수 있는 모든 지점의 수인 n으로 하는 K=n일 때의 KNN 위치 검출 알고리즘을 구현했다. 또한 시스템 구현은 Go 언어를 사용하여 설계되어 파이썬과 비교하여 처리 시간이 2배 단축되었다. 그림 5(b)는 IoT 태그 스펙을 나타낸다. 실험 장소로는 대학 건물의 7층 복도를 선택하였는데, 그림 6과 같이 71개의 RP에서 데이터가 수집되었다. RP의 번호는 가급적이면 IoT 장치가 이동하는 경로를 따라서 정하였다. 이는 인접 RP에서의 RSSI가 유사하다는 점에 기반을 하고 있으며 향후 알고리즘 개선에도 이용될 예정이다. 참조 데이터는 각 RP에서 3개의 세트가 수집되었다. 온라인 시험 데이터는 참조 데이터와 다른 시간에 수집된다. 두 번째 단계에서는 시험 데이터를 참조 데이터와 비교한다. 비교 결과는 그림 7과 같이 시험 데이터에 대한 결정 위치를 나타낸다. 그림 7은 테스트 결과의 예이다. 테스트 결과 74.6%의 성공률을 보이고 있다.

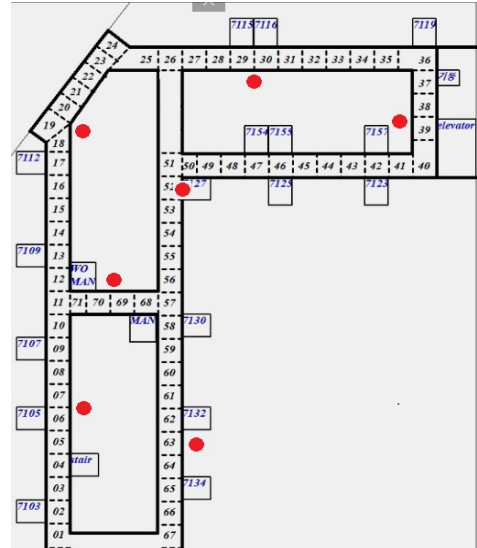


그림 6. 오프라인 데이터를 위한 RP의 표현(원은 서버 연결용 AP 위치를 나타냄)
Fig. 6. Representation of RPs for offline data (circles stand for location of server connecting AP)

- Trial Site is 0 0 0 1 Decision Site is 29 NG
- Trial Site is 0 0 0 2 Decision Site is 2 GOOD
- Trial Site is 0 0 0 3 Decision Site is 56 NG
- Trial Site is 0 0 0 4 Decision Site is 5 GOOD
- Trial Site is 0 0 0 5 Decision Site is 5 GOOD
- Trial Site is 0 0 0 6 Decision Site is 39 NG
- Trial Site is 0 0 0 7 Decision Site is 64 NG
- Trial Site is 0 0 0 8 Decision Site is 44 NG
- Trial Site is 0 0 0 9 Decision Site is 40 NG
- Trial Site is 0 0 1 0 Decision Site is 39 NG
- Trial Site is 0 0 1 1 Decision Site is 39 NG
- Trial Site is 0 0 1 2 Decision Site is 39 NG
- Trial Site is 0 0 1 3 Decision Site is 18 NG
- Trial Site is 0 0 1 4 Decision Site is 14 GOOD
- Trial Site is 0 0 1 5 Decision Site is 17 NG
- Trial Site is 0 0 1 6 Decision Site is 16 GOOD
- Trial Site is 0 0 1 7 Decision Site is 16 GOOD
- Trial Site is 0 0 1 8 Decision Site is 18 GOOD
- Trial Site is 0 0 1 9 Decision Site is 20 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 0 Decision Site is 20 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 1 Decision Site is 21 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 2 Decision Site is 23 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 3 Decision Site is 24 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 4 Decision Site is 24 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 5 Decision Site is 23 NG
- Trial Site is 0 0 2 6 Decision Site is 26 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 7 Decision Site is 27 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 8 Decision Site is 28 GOOD
- Trial Site is 0 0 2 9 Decision Site is 29 GOOD
- Trial Site is 0 0 3 0 Decision Site is 30 GOOD

Trial Site is 0 0 3 1 Decision Site is 32 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 2 Decision Site is 32 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 3 Decision Site is 33 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 4 Decision Site is 33 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 5 Decision Site is 36 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 6 Decision Site is 36 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 7 Decision Site is 35 NG
 Trial Site is 0 0 3 8 Decision Site is 38 GOOD
 Trial Site is 0 0 3 9 Decision Site is 39 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 0 Decision Site is 40 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 1 Decision Site is 41 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 2 Decision Site is 42 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 3 Decision Site is 43 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 4 Decision Site is 44 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 5 Decision Site is 45 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 6 Decision Site is 46 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 7 Decision Site is 48 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 8 Decision Site is 48 GOOD
 Trial Site is 0 0 4 9 Decision Site is 49 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 0 Decision Site is 50 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 1 Decision Site is 51 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 2 Decision Site is 52 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 3 Decision Site is 53 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 4 Decision Site is 54 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 5 Decision Site is 58 NG
 Trial Site is 0 0 5 6 Decision Site is 56 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 7 Decision Site is 56 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 8 Decision Site is 58 GOOD
 Trial Site is 0 0 5 9 Decision Site is 58 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 0 Decision Site is 60 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 1 Decision Site is 61 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 2 Decision Site is 62 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 3 Decision Site is 63 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 4 Decision Site is 63 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 5 Decision Site is 61 NG
 Trial Site is 0 0 6 6 Decision Site is 65 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 7 Decision Site is 67 GOOD
 Trial Site is 0 0 6 8 Decision Site is 14 NG
 Trial Site is 0 0 6 9 Decision Site is 17 NG
 Trial Site is 0 0 7 0 Decision Site is 70 GOOD
 Trial Site is 0 0 7 1 Decision Site is 15 NG
 Success is 74.64789 %

그림 7. 테스트 결과
 Fig. 7. Test results

IV. 결 론

본 논문에서는 IoT 장치를 이용한 WiFi RSSI 기반의 실내 위치 검출 시스템을 소개하고 기본적인 KNN 알고리즘을 구현하여 74.6%의 성능을 보였다. 향후 본 시스템을 이용하여 환경 변수를 고려하여 다양한 환경에서 실험결과를 도출하여 비교해볼 예정이다. 또한 더 나은 성능 해결 방안으로 그룹화 기반 위치 추정과 N-strongest AP 선택적 위치 추정 방식에 대한 연구를 계속할 예정이다.

References

- [1] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "Radar: an in-building RF based user location and tracking system," *IEEE INFOCOM '00*, pp. 775- 784, Tel Aviv, Israel, 2000.
- [2] G. S. Park and D. M. Lee, "Localization algorithm mixing kalman and particle filters for moving object in indoor wi-fi environment," *J. KICS*, vol. 42, no. 8, pp. 1695-1701, Aug. 2017.
- [3] Y. Kim and D. S. Han, "Indoor location classification algorithm using RSSI and device height," *J. KICS*, vol. 42, no. 8, pp. 1573-1580, Aug. 2017.
- [4] H. Kim, J. Bae, and J. Choi, "Wireless LAN based indoor positioning using received signal fingerprint and propagation prediction model," *J. KICS*, vol. 38, no. 12, pp. 1021-1029, Dec. 2013.
- [5] N. S. Altman, "An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression," in *The Am. Statistician*, vol. 46, no. 3, pp. 175-185, Feb. 1992.