

# 실내 위치 추정 방식에서 정확도를 향상시키기 위해 컷-오프 핑거프린트 지도를 구성하는 방식

김동준<sup>†</sup>, 손주영<sup>\*\*</sup>

## A Method to Construct a Cut-off Fingerprint Map to Improve Accuracy in Indoor Positioning Scheme

Dongjun Kim<sup>†</sup>, Jooyoung Son<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

In off-line phase of the preliminary Cut-off indoor positioning scheme, which is one of the indoor positioning scheme using the fingerprint, relative ranks of peak RSSIs received from beacons at each reference point are stored in the fingerprint map. In some reference points, signals of multiple beacons may be received. In this case, the relative ranks may be different when constructing fingerprint and when receiving signals in real-time. To solve this problem, we propose a method to utilize only up to five beacons with high ranking when constructing a fingerprint and when receiving signals in real-time and comparing them with stored information of a fingerprint. Experiments were conducted on the estimation probabilities and the average error when using this method. Those are compared with the previous methods. Experimental results show that the estimation probabilities and the average error are improved by removing only the remaining five beacons at each reference point of the fingerprint.

**Key words:** Indoor Positioning, Fingerprint Map, Beacon, Reference Point, Cut-off

### 1. 서 론

최근 실내 위치를 추정하기 위한 여러 방식들이 소개되었다. 그 중 핑거프린트 지도를 이용한 실내 위치 추정 방식은 오프라인 단계와 온라인 단계로 나눌 수 있다. 오프라인 단계는 핑거프린트 지도를 구성하는 단계로, 먼저 실내 환경에 주기적으로 신호를 발생시키는 장치를 배치하고 실내 환경의 특성을 고려하여 여러 참조위치(Reference Point, RP)를 선정한다. 선정된 각 RP에서 신호발생장치로부터 수신한 신호 세기(Received Signal Strength Indication,

RSSI)를 저장한다. 모든 RP에 대하여 핑거프린트를 작성하여 실내 전체 환경에 대한 핑거프린트 지도를 구성한다. 온라인 단계는 오프라인 단계에서 구성된 핑거프린트 지도에 저장된 정보와 실시간으로 사용자의 장비가 주변 신호발생장치로부터 수신한 정보를 비교하여 사용자의 최종 위치를 추정하는 단계이다. 핑거프린트 지도를 이용한 실내 위치 추정방식의 대표적인 예로 KNN (K-Nearest-Neighbor) 알고리즘[1]이 있다. KNN 알고리즘의 오프라인 단계는 Wi-Fi 신호를 송수신하는 AP(Access Point)를 실내 환경의 여러 곳에 배치하여 선정된 RP에서 주변 AP

\* Corresponding Author: Joo young Son, Address: (606-791) Taejong-ro 727, Yeongdo-gu, Busan, Korea, TEL: +82-51-410-4575, FAX: +82-51-410-4575, E-mail: mmlab@kmou.ac.kr

Receipt date: May 2, 2017, Revision date: Jun. 23, 2017  
Approval date: Jul. 17, 2017

<sup>†</sup> Dept. of Computer Engineering, Graduate School, Korea Maritime and Ocean University  
(E-mail: kdj7830@nate.com)

<sup>\*\*</sup> Div. of Marine IT Engineering, Korea Maritime and Ocean University

의 RSSI를 저장하여 핑거프린트 지도를 구성한다. 온라인 단계에서는 사용자의 장비가 실시간으로 수신한 주변 AP의 RSSI와 핑거프린트 지도에 저장된 모든 정보를 비교하여 사용자의 최종 위치를 추정한다. 하지만 RSSI는 실내 환경의 특성에 영향을 받기 때문에 동일한 지점에서 수신 했음에도 불구하고 때때로 다른 수치를 가진다. 따라서 신호의 불안정성과 가변성으로 인해 정확도가 매우 낮다. 그리고 핑거프린트 지도에 저장된 모든 RP의 RSSI와 비교하기 때문에 추정 시간이 길다. 우리는 이와 같은 KNN 알고리즘의 단점을 보완한 사전 컷-오프 방식을 제안했다[2,3]. 사전 컷-오프 방식은 Wi-Fi의 AP가 아닌 블루투스 LE 방식의 비콘을 사용한다. 신호의 불안정성과 가변성을 줄이기 위해 RSSI 자체를 이용하지 않고 각 비콘의 RSSI들 중 최대값을 각각 산출하여 이 최대값들 간의 상대적인 순위를 이용한다. 따라서 핑거프린트 지도의 각 RP에는 주변 비콘의 최대 RSSI와 상대적인 순위가 저장된다. 그리고 사용자의 장비가 실시간으로 수신한 정보들과 핑거프린트 지도에 저장된 정보를 비교할 때, 모든 정보와 비교하지 않고 핑거프린트 지도의 범위를 축소시켜 비교하기 때문에 추정 시간이 단축되는 효과를 얻는다.

핑거프린트 지도를 이용한 실내 위치 추정 방식의 오프라인 단계와 온라인 단계에서 사용되는 핑거프린트 지도는 매우 중요하기 때문에 여러 가지 연구가 진행되었다[4,5]. 따라서 핑거프린트 지도를 구성하는 방식은 매우 중요하다. 본 논문에서는 위치 추정 확률과 정확도를 향상시키기 위한 컷-오프 핑거프린트 지도 구성 방식에 대해 소개한다. 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 활용하는 KNN 알고리즘 및 사전 컷-오프 방식과 컷-오프 핑거프린트 지도를 활용하여 사전 컷-오프 방식으로 실내 위치 추정을 했을 때, 추정 확률과 정확도를 실험을 통해 비교했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 다양한 실내 위치 추정 방식에서 핑거프린트 지도를 구성하는 방식에 대해 간략히 설명하고, 3장에서는 우리가 제안하는 컷-오프 핑거프린트 구성 방식을 설명한다. 그리고 4장에서는 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도와 컷-오프 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 이용하여 실내 위치 추정 실험한 결과를 추정 확률과 정확도에 대해 비교하여 성능을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 기존 연구

### 2.1 KNN 알고리즘

KNN 알고리즘[1]은 핑거프린트 지도를 이용하여 실내 위치를 추정하는 대표적인 알고리즘을 알려져 있다. 이 알고리즘에서 핑거프린트 지도를 구성하기 위해 다음과 같은 과정을 거친다. 먼저 실내 환경을 고려하여 적절한 위치에 AP를 배치한다. 그리고 AP의 위치도 고려하여 RP를 선정한다. 이후 각 RP에서 주변 AP들로부터 RSSI를 수신한다. 핑거프린트 지도의 해당 RP에는 주변 AP로부터 수신한 RSSI 오직 한 개를 저장한다. 실내 환경에 사전에 선정된 모든 RP에서 이 과정을 시행하여 전체 환경에 대한 핑거프린트 지도를 구성한다.

### 2.2 Rank Based Fingerprint (RBF) Algorithm

RBF 알고리즘[6]은 KNN 알고리즘의 낮은 정확도를 개선시킨 알고리즘이다. 이 알고리즘에서 핑거프린트 지도는 RSSI 값 자체가 아닌 상대적인 순위를 이용하여 핑거프린트 지도에 저장한다. KNN 알고리즘의 핑거프린트 지도를 구성하는 방식과 유사하지만, RBF 알고리즘은 RSSI 자체가 아닌 AP들로부터 수신한 RSSI들 간의 상대적인 순위를 계산하여 해당 RP에 저장한다.

### 2.3 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식

사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식[2]은 RBF 알고리즘의 정확도를 더 개선시킨 방식이다. 이 방식의 오프라인 단계에서 핑거프린트 지도를 구성하는 방식은 다음과 같다. 실내 환경의 특성을 고려하여 여러 위치에 비콘을 배치하고 RP를 선정한다. 이후 각 RP에서 일정 시간동안 주변 비콘들로부터 RSSI를 수신한다. 일정 시간동안 수신된 RSSI들은 동일한 비콘들로부터 수신하였을지라도, 다양한 수치를 보인다. 따라서 일정 시간동안 수신된 각 비콘의 RSSI들 중 최대값을 각각 산출하고, 이 최대값들 간의 상대적인 순위를 계산하여 핑거프린트 지도의 해당 RP에 순위를 저장한다. 모든 RP에 대해 이 과정을 수행하여 전체 환경에 대한 핑거프린트 지도를 구성한다.

### 2.4 RSSI 데이터 중복성에 따라 분할하는 방식

[4]에서는 주변 AP로부터 실시간으로 수신한

RSSI와 데이터베이스의 핑거프린트 지도에 저장된 각 AP들로부터 수신한 RSSI 간의 가장 유사한 RSSI를 찾아 이 RSSI들을 이용하여 위치를 추정하는 방식이다. 이 방식에서 핑거프린트 지도는 각 RP에서 주변 AP들로부터 수신한 여러 개의 RSSI를 모두 저장한다. 신호의 특성 때문에 수시로 변하는 RSSI의 모든 수치를 저장하여 정확도를 개선시킨다.

### 3. 컷-오프 핑거프린트 지도 구성 방식

#### 3.1 기존 핑거프린트 지도 구성 방식의 문제점

사전 컷-오프 방식의 오프라인 단계는 각 RP에서 30초간 주변 비콘으로부터 RSSI를 수신한 후, 각 비콘의 RSSI들 중 최대값을 산출하고 그 최대값들 간의 상대적인 순위를 계산하여 핑거프린트 지도를 구성한다. 하지만 실내 환경은 여러 장애물들이 존재하기 때문에 동일한 시간동안 RSSI를 수신하더라도 수신된 RSSI의 개수는 다를 수 있으며, 동일한 비콘으로부터 수신된 RSSI 또한 다를 수 있다. 핑거프린트 지도를 구성하기 위해 RSSI를 수신하는 시간은 실시간으로 사용자의 위치를 추정하기에는 매우 긴 시간이다. 그렇기 때문에 온라인 단계에서 사용자의 장비는 1초 동안 RSSI를 수신한다. 각 RP에서 30초간 주변 비콘으로부터 RSSI를 수신하였을 때, 각 비콘으로부터 평균 90개의 RSSI가 수신되었고, 1초간 수신했을 때는 평균 4개의 RSSI가 수신되었다. 하지만 핑거프린트 구성하기 위해 RSSI를 수신했을 때, 매우 적은 개수의 RSSI를 수신하는 경우가 발생한다. 이는 온라인 단계에서 사용자의 장비가 1초 동안 RSSI를 수신할 때, 전혀 수신하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 핑거프린트 지도의 정보와 비

교할 때, 위치 추정을 전혀 할 수 없거나 추정을 하더라도 오차가 매우 커지는 문제점을 보인다.

#### 3.2 컷-오프 핑거프린트 지도 구성 방식

앞서 언급한 문제점을 해결하기 위해서 2번의 축소 과정을 추가로 수행하여 총 3단계로 구성된 컷-오프 핑거프린트 지도를 구성하는 방식을 제안한다. 첫 번째 단계는 기존 핑거프린트 지도를 구성하는 방식이다. 각 RP에서 30초 동안 주변 비콘들로부터 수신된 RSSI들의 최대값을 산출한다. 이후, 각 비콘들의 최대 RSSI에 대한 상대적인 순위를 계산하여 해당 RP의 핑거프린트를 작성한다. 모든 RP에 대하여 이 과정을 수행하여 실내 환경 전체에 대한 핑거프린트 지도를 구성한다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 구성된 핑거프린트 지도를 1차 축소시키는 단계이다. 첫 번째 단계에서 구성된 핑거프린트 지도의 각 RP에서 주변 비콘들로부터 수신된 RSSI 개수가  $N$ 개 미만인 비콘은 해당 RP의 핑거프린트에서 제거한다. 모든 RP에 대하여 이 과정을 수행하여 핑거프린트 지도를 1차 축소시킨다. 세 번째 단계는 두 번째 단계의 1차 축소된 핑거프린트 지도를 2차 축소시킨다. 두 번째 단계에서 축소된 핑거프린트 지도의 각 RP에서 남아 있는 비콘의 수가  $M$ 개 보다 많을 경우, 최대 RSSI들의 상대적인 순위가 높은  $M$ 개의 비콘들을 제외한 나머지 비콘들은 해당 RP의 핑거프린트에서 제외시킨다. 모든 RP에 대하여 이 과정을 수행하여 핑거프린트 지도를 2차 축소함으로써 최종 핑거프린트 지도가 구성된다. 아래의 Fig. 1은 컷-오프 핑거프린트 지도 구성 방식을 단계별로 보여준다.

컷-오프 핑거프린트 지도를 이용한 실내 위치 추정을 위해서 실시간으로 사용자의 장비가 수신하는

- 1) Allocate beacons and RPs at the proper location in indoor environment
- 2) Receive RSSIs from nearby beacons at each RP during 30 seconds
- 3) Find a peak of RSSIs received from each beacon
- 4) Calculate relative ranks between the peaks
- 5) Construct a fingerprint map by performing step 2) and 3) for all RPs
- 6) Exclude the beacons with less than  $N$  RSSIs stored in each RP in the fingerprint map constructed in step 4) from the corresponding RP (the first cut-off process)
- 7) Make the first cut-off fingerprint map by performing step 5) for all RPs
- 8) If the number of beacons stored in each RP in the first cut-off fingerprint map more than  $M$ , exclude the other beacons except  $M$  beacons with higher relative ranks (the second cut-off process)
- 9) Make the final cut-off fingerprint map by performing step 7) for all RPs

Fig. 1. A method constructing the cut-off fingerprint map.

정보 또한 이에 맞게 축소시켜야한다. 실시간으로 사용자의 장비가 1초 동안 수신한 정보 중 RSSI 개수가 X개 미만인 비콘은 제외한 후, 남은 비콘의 수가 Y개 보다 많은 경우에 상대적인 순위가 높은 Y개의 비콘을 제외한 나머지 비콘은 비교대상에서 제외시킨다.

#### 4. 성능 평가

기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 이용하는 KNN 알고리즘 및 사전 컷-오프 방식과 우리가 제안한 컷-오프 핑거프린트 지도를 이용하는 사전 컷-오프 방식에 대하여 실내 위치 추정의 확률과 정확도를 실험을 통해 비교했다. 아래의 Fig. 2는 실제 우리 대학교의 건물 3층 복도의 실험 환경에 배치된 비콘과 RP의 위치를 보여준다. 기호 ①~⑭은 비콘을, 숫자 1~21은 RP 번호를 의미한다. 실험 환경의 크기는 가로 72m, 세로 34m이고, 비콘들의 간격은 10m, RP들의 간격은 5m이다. [7]의 연구결과를 바탕으로 비콘과 RP의 상호 이격 거리를 3m와 2m로 배치했다. 예를 들어, 비콘 A와 RP 1의 간격은 3m이고, 비콘 B와 RP 2의 간격이 2m이다.

아래의 Table 1~3은 기존 방식의 핑거프린트 지도, 1차 축소된 핑거프린트 지도, 그리고 2차 축소된 컷-오프 핑거프린트 지도를 각각 보여준다. Table은 각 RP에서 30초 동안 주변 비콘들로부터 수신된 RSSI의 개수와 RSSI들의 최대값에 대한 상대적인 순위를 보여준다. 예를 들어, RP 1에서 비콘 A, B, C의 RSSI를 수신했고, 각 비콘들의 RSSI 개수는 96개, 96개, 95개이다. 비콘 A, B, C의 RSSI의 최대값에

대한 상대적인 순위는 각각 1, 2, 3이다. Table 1은 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도이다. Table 1에서 모든 RP에서 수신되는 비콘들의 RSSI의 평균 개수는 약 93개이다. 하지만 몇몇 RP에서 수신한 비콘의 RSSI의 개수가 매우 적은 현상이 발생한다. 예를 들어, RP 3의 비콘 F는 51개, RP 12의 비콘 A는 34개 등 RSSI의 평균 개수보다 매우 적은 경우가 있다. 이 경우, 실시간으로 사용자의 장비가 1초 동안 수신했을 때, 신호를 수신하지 못할 수 있다. 따라서 위치를 추정할 수 없는 결과를 초래한다. 이 경우를 해결하기 위해 우리는 이 핑거프린트 지도에 1차 축소 과정을 적용시켰다.

1차 축소 과정은 각 RP에서 RSSI의 개수가 N개 미만인 비콘을 제거하는 과정이다. N의 값을 결정하기 위해 50, 60, 70 값에 대해 실험하였다. 70개 이상, 80개 미만의 RSSI를 수신한 경우는 없기 때문에 N이 80인 경우는 실험하지 않았다. 실험 결과, N을 70으로 결정하였다. 하지만, 1차 축소 과정을 적용한 후에도 핑거프린트 지도에서 몇몇 RP는 다른 RP들에 비해 상대적으로 많은 비콘의 RSSI를 수신한다. RSSI의 최대값에 대한 상대적인 순위가 낮은 비콘은 RSSI를 수신하는 위치에서 멀리 떨어져있거나 비콘의 위치와 RSSI를 수신하는 위치 사이에 장애물이 있음을 의미한다. 따라서 상대적인 순위가 낮은 비콘은 경우에 따라 RSSI를 수신하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우를 해결하기 위해 우리는 1차 축소된 핑거프린트 지도에 2차 축소 과정을 추가 적용시켰다. 2차 축소 과정은 1차 축소된 핑거프린트 지도의 각 RP에서 수신된 비콘의 개수가 M개 보다

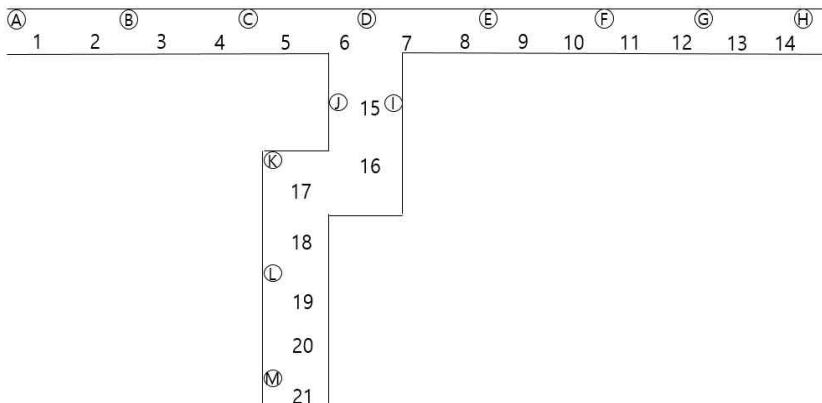


Fig. 2. Experiment environment.

Table 1. A Fingerprint map constructed by the previous method

BC RP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	97, 1	97, 2	96, 3										
2	99, 2	99, 1	99, 3	99, 4									
3	99, 3	98, 1	98, 2	99, 4		51, 5							
4	98, 5	98, 2	99, 1	98, 3	99, 4	69, 8		96, 6	95, 7				
5	98, 4	97, 5	98, 1	98, 2	82, 7				98, 3	97, 6			
6			97, 2	98, 1	98, 5				97, 4	98, 3			
7		87, 9	99, 4	100, 1	100, 3	100, 7	93, 8	100, 6	99, 5	100, 2			
8	98, 8	88, 10	100, 3	101, 2	101, 1	97, 7	100, 6	100, 4	68, 9	101, 5			
9			114, 6	114, 5	114, 1	111, 2	115, 3	115, 4					
10			97, 5	97, 6	98, 2	99, 1	99, 4	99, 3					
11				80, 5	96, 4	99, 1	99, 2	98, 3					
12	34, 4				102, 5	105, 2	105, 1	105, 3					
13				53, 5	53, 4	99, 3	100, 1	100, 2					
14				34, 4		90, 3	97, 2	96, 1					
15			87, 4	97, 2	33, 7				97, 1	98, 3		67, 6	89, 5
16				115, 3					115, 1	115, 2	116, 4	114, 5	
17									47, 4	31, 5	127, 1	97, 2	98, 3
18									97, 4	38, 5	96, 3	97, 1	97, 2
19									91, 4		97, 3	97, 1	97, 2
20											96, 3	97, 2	97, 1
21											84, 3	100, 2	101, 1

Table 2. The number of beacons received RSSI in all RPs

RP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Number	3	4	5	8	7	5	9	10	6	6	5	5	5	4	7	5	5	5	4	3	3

많은 경우 상대적인 순위가 높은 M개를 제외한 나머지를 제거시키는 과정이다. M을 크게 설정하면 실내 장애물에 대한 영향을 줄이는 효과가 미미하다. 반대로 M을 작게 설정하면 실시간 정보와 비교할 때, 적은 수의 비콘에 대해 비교하기 때문에 정확도가 낮아진다. M을 결정하기 위해 각 RP 별로 수신한 비콘의 수를 확인하였다. 아래의 Table 2는 실험 환경의 모든 RP에서 RSSI를 수신한 비콘의 수를 보여준다. 전체 RP 21곳 중 8곳이 5개 비콘의 RSSI를 수신하였다. 실험 환경의 RP중 5개 비콘의 RSSI를 수신한 RP가 가장 많기 때문에 M을 5로 설정하였다. 위의 N과 M은 실내 환경의 특성에 따라 값이 변경될 것으로 예상된다. Table 3과 Table 4는 1차 축소 과정과 2차 축소 과정 후의 핑거프린트 지도를 각각 보여준다. 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 활용한

KNN 알고리즘 및 사전 컷-오프 방식과 컷-오프 핑거프린트 지도를 활용한 사전 컷-오프 방식으로 위치를 추정하는 실험에 대한 결과는 아래 Fig. 3과 Fig. 4를 통해 확인할 수 있다. Fig. 3은 3가지 비교대상의 추정 확률에 대한 그림이고, Fig. 4는 평균 오차에 대한 그림이다. KNN 알고리즘은 모든 RP에 대해 평균 100%의 추정확률을 보이고, 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 활용한 사전 컷-오프 방식은 50%, 컷-오프 핑거프린트 지도를 활용한 사전 컷-오프 방식은 60%의 추정확률을 가진다. KNN 알고리즘은 핑거프린트 지도의 모든 데이터와 비교를 하여 사용자의 위치를 추정하기 때문에 100%의 추정확률을 보이는 반면에, 사전 컷-오프 방식은 사용자가 실시간으로 수신한 데이터를 확인하여 핑거프린트 지도의 범위를 줄이기 때문에 100%의 추정확률

Table 3. A fingerprint map after applying the first step of the cut-off method

BC RP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	97, 1	97, 2	96, 3										
2	99, 2	99, 1	99, 3	99, 4									
3	99, 3	98, 1	98, 2	99, 4									
4	98, 5	98, 2	99, 1	98, 3	99, 4			96, 6	95, 7				
5	98, 4	97, 5	98, 1	98, 2	82, 7				98, 3	97, 6			
6			97, 2	98, 1	98, 5				97, 4	98, 3			
7		87, 9	99, 4	100, 1	100, 3	100, 7	93, 8	100, 6	99, 5	100, 2			
8	98, 8	88, 9	100, 3	101, 2	101, 1	97, 7	100, 6	100, 4		101, 5			
9			114, 6	114, 5	114, 1	111, 2	115, 3	115, 4					
10			97, 5	97, 6	98, 2	99, 1	99, 4	99, 3					
11				80, 5	96, 4	99, 1	99, 2	98, 3					
12					102, 4	105, 2	105, 1	105, 3					
13						99, 3	100, 1	100, 2					
14						90, 3	97, 2	96, 1					
15			87, 4	97, 2					97, 1	98, 3			89, 5
16				115, 3					115, 1	115, 2	116, 4	114, 5	
17											127, 1	97, 2	98, 3
18									97, 4		96, 3	97, 1	97, 2
19									91, 4		97, 3	97, 1	97, 2
20											96, 3	97, 2	97, 1
21											84, 3	100, 2	101, 1

Table 4. A fingerprint map after applying the second step of the cut-off method

BC RP	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	97, 1	97, 2	96, 3										
2	99, 2	99, 1	99, 3	99, 4									
3	99, 3	98, 1	98, 2	99, 4									
4	98, 5	98, 2	99, 1	98, 3	99, 4								
5	98, 4	97, 5	98, 1	98, 2					98, 3				
6			97, 2	98, 1	98, 5				97, 4	98, 3			
7			99, 4	100, 1	100, 3				99, 5	100, 2			
8			100, 3	101, 2	101, 1			100, 4		101, 5			
9				114, 5	114, 1	111, 2	115, 3	115, 4					
10			97, 5		98, 2	99, 1	99, 4	99, 3					
11				80, 5	96, 4	99, 1	99, 2	98, 3					
12					102, 4	105, 2	105, 1	105, 3					
13						99, 3	100, 1	100, 2					
14						90, 3	97, 2	96, 1					
15			87, 4	97, 2					97, 1	98, 3			89, 5
16				115, 3					115, 1	115, 2	116, 4	114, 5	
17											127, 1	97, 2	98, 3
18									97, 4		96, 3	97, 1	97, 2
19									91, 4		97, 3	97, 1	97, 2
20											96, 3	97, 2	97, 1
21											84, 3	100, 2	101, 1

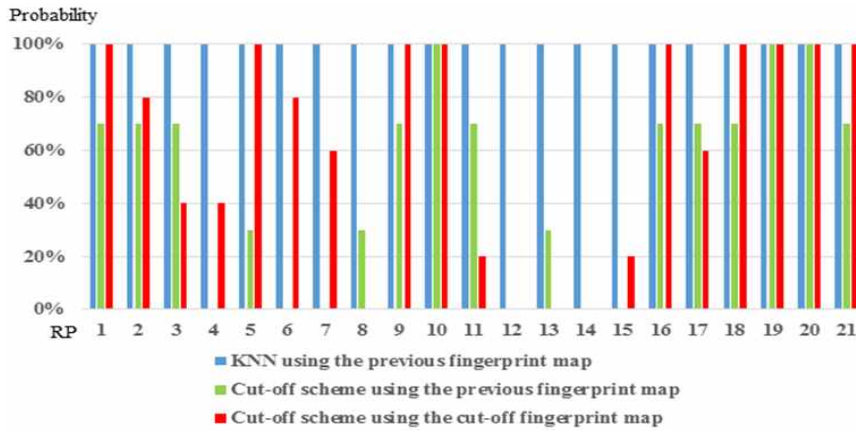


Fig. 3. Estimation probability of the three schemes.

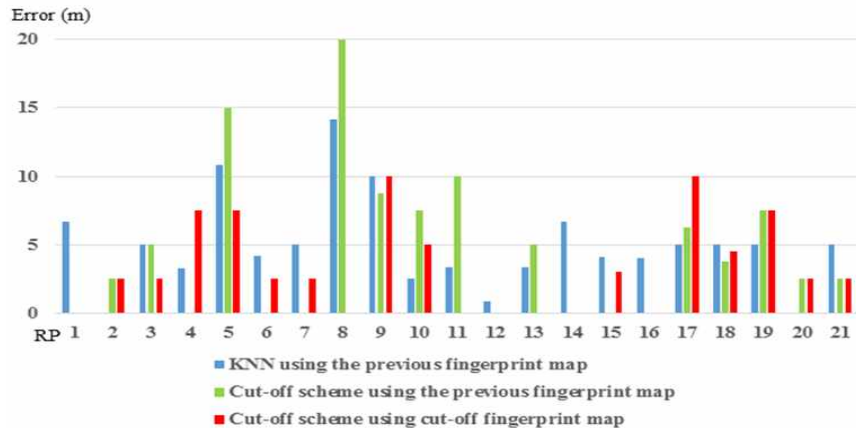


Fig. 4. Average error of the three schemes.

을 가지지 못한다.

Fig. 4에서 오차는 실제 RP 좌표와 추정된 좌표 간의 거리를 의미한다. 모든 RP에 대해 KNN 알고리즘의 평균오차는 약 5m이고, 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 활용한 사전 컷-오프 방식은 약 6.4m, 컷-오프 핑거프린트 지도를 활용한 사전 컷-오프 방식은 약 4.1m의 평균 오차를 가진다. 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도에 저장된 정보와 실시간으로 사용자가 수신한 정보가 다를 수 있기 때문에 추정 확률이 줄어들 뿐만 아니라 추정을 하더라도 오차가 매우 커지는 현상이 발생한다. 하지만 컷-오프 핑거프린트 지도를 활용했을 때, 더 높은 추정 확률을 가지고 평균 오차 또한 줄어드는 것을 실험을

통해 확인했다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 실내 위치 추정 방식에서 사용되는 핑거프린트 지도를 구성함에 있어서 추정 확률과 정확도를 향상시키기 위한 컷-오프 핑거프린트 지도 구성 방식을 제안했다. 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도와 컷-오프 핑거프린트 지도를 이용했을 때의 추정 확률과 정확도에 대한 성능은 실험을 통해 확인했다. 결과적으로, 기존 방식으로 구성된 핑거프린트 지도를 이용하는 것보다 컷-오프 핑거프린트 지도를 이용하는 것이 추정 확률과 정확도 측면에서 더 우수한 성능을 가진다. 더 나아가, 추정 확률과

평균 오차를 더 개선시키기 위한 연구를 지속할 필요가 있다.

REFERENCE

[ 1 ] J.M. Keller, M.R. Gray, and J.A. Givens, "A Fuzzy K-Nearest-Neighbor Algorithm," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-15, No. 4, pp. 580-585, 1985.

[ 2 ] D. Kim, B. Park, and J. Son, "A Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme Using Beacons," *Korean Institute of Information Scientists and Engineers Transactions on Computing Practices*, Vol. 23, No. 2, pp. 110-115, 2017.

[ 3 ] B. Park, D. Kim, and J. Son, "An Improved Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme in Case of No Neighborhood Reference Point," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 1, pp. 74-81, 2017.

[ 4 ] S. Hossain, S.H.S. Ariffin, N. Fisal, C.K. Neng, N.S. Abu Hassan, and L.A. Latiff, "Accuracy Enhancement of Fingerprint Indoor Positioning System," *Proceeding of IEEE Third International Conference on Intelligent Systems Modelling and Simulation*, pp. 600-605, 2012.

[ 5 ] Z. Tian, X. Tang, M. Zhou, and Z. Tan, "Fingerprint Indoor Positioning Algorithm Based on Affinity Propagation Clustering," *European Association for Signal Processing Journal on Wireless Communications and Networking*, pp. 272, 2013.

[ 6 ] J. Machaj, P. Brida, and R. Piché, "Rank Based Fingerprinting Algorithm for Indoor Positioning," *Proceeding of International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, pp. 1-6, 2011.

[ 7 ] D. Kim and J. Son, "Placement of Beacons and Reference Points in Indoor Positioning Schemes Using Fingerprint Maps," *Proceeding of Spring Conference of Korean Society for Internet Information*, pp. 241-242, 2017.



김 동 준

2016년 한국해양대학교 IT공학부 졸업(학사)  
 2016년~현재 한국해양대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 관심분야: 사물인터넷, 네트워크, 실내위치추적



손 주 영

1981년~1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사)  
 1991년~1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
 1993년~1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)  
 1985년~1998년 LG전자(주) 책임연구원  
 1998년~현재 한국해양대학교 해사IT공학부 교수  
 관심분야: 고속해양통신망, 해상자율통신망, 실내 위치추적