

# 이웃 참조 위치가 없는 경우를 개선한 실내 위치 추정 사전 컷-오프 방식

박병관<sup>†</sup>, 김동준<sup>\*\*</sup>, 손주영<sup>\*\*\*</sup>, 최종민<sup>\*\*\*</sup>

## An Improved Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme in Case of No Neighborhood Reference Point

Byoungkwan Park<sup>†</sup>, Dongjun Kim<sup>\*\*</sup>, Jooyoung Son<sup>\*\*\*</sup>, Jongmin Choi<sup>\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

In learning stage of the preliminary Cut-off indoor positioning scheme, RSSI and UUID data received from beacons at each reference point(RP) are stored in fingerprint map. The fingerprint map and real-time beacon information are compared to identify the nearest K reference points through which the user position is estimated. If the number of K is zero, this scheme cannot estimate user position. We have improved the preliminary Cut-off scheme to get the estimated user position even in the case. The improved scheme excludes the beacon of the weakest signal received by user mobile device and identifies neighborhood reference points using the other beacon information. This procedure are performed repetitively until  $K > 0$ . The simulation results confirm that the proposed scheme outperforms K-Nearest-Neighbor (KNN), Cluster KNN and the conventional Cut-off scheme in terms of accuracy while the constraints are guaranteed to be satisfied.

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

### 1. 서 론

최근 실외의 위치를 파악하는 것뿐만 아니라 사용자의 실내 위치를 파악하는 것에 대한 요구가 커지고 있다. 이에 다양한 기기를 통한 사용자의 실내 위치를 파악하는 방법이 제안되고 있다. 이 중 핑거프린트 지도를 이용하는 방법이 제안되었다. 핑거프린트를 이용하는 방법은 신호를 발생시키는 장비를 실내

여러 위치에 설치한다. 그 후 신호 특성, 실내 위치 특성 등을 고려하여 실내의 다양한 위치를 선정하고 이 지점을 참조 위치 (Reference Point, RP)라 한다. RP에서 장비의 신호를 읽고 위치에 따른 장비들의 신호를 기준으로 삼고 이 기준을 핑거프린트 지도라 한다. 이 지도를 사용자의 실제 위치에서 받아들인 장비 신호와 비교하여 추정한다.

핑거프린트 지도와 사용자 위치에서 받아들인 장

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

Receipt date : Oct. 27, 2016, Revision date : Dec. 16, 2016  
Approval date : Dec. 21, 2016

<sup>†</sup> Division of IT Engineering, National Korea Maritime and Ocean University.  
(E-mail : spick22@naver.com)

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

<sup>\*\*\*</sup> Division of Marine IT Engineering, National Korea Maritime and Ocean University  
(E-mail : ehdchs2005@naver.com)

\* This research was supported by a strategic research for soft settle-down funded by Korea Maritime and Ocean University (2016).

비 신호를 비교하고 가장 적합한 RP를 선정하는 방법으로는 K-Nearest-Neighbor (KNN) 알고리즘이 가장 대표적으로 사용되었다[1]. 하지만 KNN 알고리즘을 사용하게 되면, 핑거프린트 지도가 커지면 시간 복잡도가 증가하고, 핑거프린트 지도가 작아지면 정확도가 떨어지는 단점을 가지게 된다. 이를 개선한 알고리즘으로 Cut-off 방식과 Cluster KNN 알고리즘이 있다[2-4].

본 논문에서는 기존의 Cut-off 방식의 알고리즘의 문제점을 개선한 개선된 Cut-off 방식을 제안한다. 핑거프린트 지도를 작성하기 위한 장비로 비콘을 사용한다. 비콘은 주기적으로 신호를 발생시키는데, 수신 시점이 일정하지 않기 때문에 신호의 세기가 매번 다르다. 그렇기 때문에 한순간 읽힌 신호 세기를 이용하여 위치를 판단하는 기준으로 활용하는 것은 부적절하다. 따라서 일정 시간 동안 신호들을 수신하고 그 수신된 신호들의 세기를 모두 참조하여 위치 추정의 기준을 정할 필요가 있다. 이때 비교적 계산이 단순한 신호의 최대값을 이용한다. 여기에 수신된 각 비콘들의 Radio Signal Strength Information (RSSI)들의 최대값을 서로 비교한 상대 순위를 함께 핑거프린트 지도에 저장한다. 상대 순위를 활용하는 이유는 실제적인 RSSI의 불안정성을 더욱 배제할 수 있어 위치 추정의 정확성을 더욱 높일 수 있기 때문이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 실내 위치 추정 방법인 KNN, Cluster KNN, Rank Based Fingerprint (RBF)에 대해 정리한다. 3장에서는 기존의 Cut-off 알고리즘에 대해 기술하고, 이를 개선한 Cut-off 알고리즘을 기술한다. 4장에서는 실험을 통해 KNN, Cluster KNN, 그리고 기존의 Cut-off 방식과 성능을 비교하였다. 5장에서는 결론과 향후 연구계획을 보인다.

## 2. 기존 연구

KNN 알고리즘은 본래 분류를 위한 알고리즘으로, 어떤 새로운 정보를 받아들였을 때, 기존에 알고 있는 정보를 토대로 새로운 정보를 분류하는 알고리즘이다[1]. 이를 위치 추정에 응용하였다. 실제 사용자의 위치를 추정하는 단계에서 맨하튼 거리 계산법을 이용하였다. 먼저 사용자의 장비가 수신한 신호와 지도의 RP가 갖고 있는 신호 간 거리를 모두 구한다. 그중 최단거리에 있는 K개의 RP를 추출하고, 그 RP

들을 토대로 사용자의 실내 위치를 추정한다.

Cluster KNN 알고리즘은 실시간 RSSI를 통하여 핑거프린트의 신호장비의 숫자를 줄여 지도에서 거리 구하는 대상 신호장비의 수를 줄이는 과정을 KNN 알고리즘 이전에 수행한다[4]. 그러나 계산 대상 신호장비의 숫자만을 줄일 뿐 실내 위치 추정을 위해 KNN을 수행할 때 모든 RP에 대하여 거리를 계산하는 문제점을 가진다.

Rank Based Fingerprint 알고리즘은 지도를 구성하는 알고리즘을 새롭게 제시하였다[5]. 지도에 각 신호장비로부터 수신된 신호들의 RSSI와 그 RSSI의 평균값을 기준으로 상대적인 순위를 함께 저장하였다. 사용자의 위치 추정할 때 위치를 찾는 장비가 수신한 신호장비들의 신호 RSSI간의 상대적인 순위와 지도의 각 RP에서의 신호 간 순위를 비교한다. 이때 가장 유사한 순위의 순서를 가지는 K개의 이웃 RP들을 구한다. 이후 KNN 알고리즘을 실행하여 사용자의 위치를 추정한다. 이를 통해 RSSI의 변화로 인한 부정확성과 불안정성을 극복하는 알고리즘으로 제안되었다.

기존 연구들은 Table 1을 통해 비교 정리 하였다.

## 3. 개선된 Cut-off 방식

### 3.1 기존 Cut-off 방식 개요

기존 Cut-off 방식은 오프라인과 온라인 등 두 단계로 이루어져 있다. 우선 오프라인 단계 (훈련 단계)에서는 핑거프린트 지도  $\Omega$ 를 구성한다.  $\Omega$ 는 2차원 행렬로써  $x_{b,r}$ 으로 구성되어 있다. 각  $x_{b,r}$ 는 두 가지 값을 가진다. 첫째는, 각각의 RP ( $r: 1, 2, \dots, N$ )에서 주위의 비콘 ( $b: 1, 2, \dots, L$ )으로부터 발생하는 RSSI를 일정 시간 동안 주기적으로 여러 차례 측정된 RSSI들의 최대값이다[6]. 두 번째로, 각 RP에서 각 비콘의 RSSI 최대값이 구해지면, 그 최대값들의 상대적인 순위를 파악하고 저장한다. 각 RP에서 특정 비콘으로부터 신호가 없는 경우에는 해당 RSSI를 100 (임의의 큰 양수)으로 간주한다.

지도  $\Omega$ 는 RSSI 최대값과 순위 정보만을 담고 있어서 비콘과 RP의 자체 정보를 파악할 수 없다. 따라서 비콘과 RP의 정보를 담고 있는 다른 지도  $\Omega_{beacon}$ 과  $\Omega_{rp}$ 를 만든다.  $\Omega_{beacon}$ 은 비콘을 식별하는 UUID를 가지고,  $\Omega_{rp}$ 는 RP의 좌표를 가진다.  $\Omega$ ,  $\Omega_{beacon}$

Table. 1 Pros and cons of existing algorithms

	Pros	Cons
KNN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Training is done very fast</li> <li>2. Simple and easy to learn</li> <li>3. More trained data, more effective</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biased by value of K</li> <li>2. Computation complexity</li> <li>3. Runs slowly</li> <li>4. Easily fooled by irrelevant data</li> </ol>
Cluster KNN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overcomes the defect of uneven distribution of trained samples</li> <li>2. Robust in nature</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Threshold parameter (K) is difficult to be chosen before running algorithm.</li> <li>2. Runs slowly</li> </ol>
RBF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Performs better when there are more similarity between map and user's data.</li> <li>2. Robust as based on rank</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Performance depends on distribution of the trained data</li> </ol>
Cut-off	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. High accuracy</li> <li>2. Runs fast</li> <li>3. Performs better when there are more similarity between map and user's data.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. If number of RPs used for user's location estimation(S) is 0, the estimation is impossible.</li> </ol>

$\Omega_{rp}$ 의 형태는 Fig. 1과 같다.

온라인 단계에서는 오프라인 단계에서 구축된 지도  $\Omega$ ,  $\Omega_{beacon}$  그리고  $\Omega_{rp}$ 를 이용하여 실제 사용자의 위치를 추정하는 작업을 수행한다. 실내 위치 추정 서비스를 이용하는 사용자는 실시간으로 일정 시간 동안 주기적으로 여러 차례 비콘들로부터 RSSI를 수집한다. 이때 RSSI뿐만 아니라 송신 비콘의 정보도 함께 수집한다. 수집한 비콘의 정보와  $\Omega_{beacon}$ 을 비교한다.

$$(beacon_b, MaxRSS_b) \tag{1}$$

신호를 수신한 모든 비콘에 대해 식 (1)과 같은 튜플 (tuple)정보를 생성한다. 이후  $\Omega$ 를 축소시키는 작업인  $\Omega$ 에서 실시간으로 수신하지 않은 비콘을 소거하는 과정을 수행한다. 계속해서  $\Omega$ 에서 소거된 비콘들의 RSSI가 있는 RP들도  $\Omega$ 에서 소거한다.  $\Omega$ 는 사용자의 이동 장치가 수신한 비콘들만의 RSSI를 갖는 RP들로 이루어진 사용자의 예상 지역이 된다. 이때 RP의 개수 (S)가 K개 이하라면 예상 위치 지역이 충분히 작다고 판단하고 검출된 RP들을 최인접 이웃이라 한다. RP의 개수 (S)가 K개 이상이라면 실시간

추정된 비콘들을 RSSI 순서대로 정렬한다. 정렬된 실시간 비콘 RSSI 순위와 가장 유사한 비콘 순위를 갖는  $\Omega$ 에 저장된 RP들을 선정하기 위하여 Spearman footrule을 사용하여 유사도 ( $D_r$ )을 계산한다.

$$D_r = \sum_{b=1}^B |x_{b,r} - y_b| \tag{2}$$

식 (2)는 실시간 RSSI 순위 ( $x_{b,r}$ )와  $\Omega$ 에 저장된 RP들이 갖는 RSSI 순위 ( $y_b$ )를 마지막 순위(n)까지 비교하여 값을 계산한다. 계산 결과가 0에 가까울수록 사용자의 위치와 RP 사이의 유사도가 큰 것으로 판단한다. 유사도가 가장 큰 순서대로 K개 RP를 뽑고, 최인접 이웃이라 한다.

이웃을 구하였다면 이웃의 정보를 참고하여  $\Omega_{rp}$ 에 저장된 이웃들의 좌표를 구하고 이웃들 간의 중심 좌표를 통하여 사용자의 실내 위치를 추정한다.

### 3.2 개선된 Cut-off 방식

기존 Cut-off 방식의 경우, 온라인 단계에서 위치 추정에 활용되는 RP들의 개수 (S)를 파악하고, 이를 통해 사용자의 위치를 추정하는데 있어서 반드시 RP

$$\Omega = \begin{pmatrix} \gamma_{1,1} & \gamma_{1,2} & \cdots & \gamma_{1,N} \\ \gamma_{2,1} & \gamma_{2,2} & \cdots & \gamma_{2,N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{L,1} & \gamma_{L,2} & \cdots & \gamma_{L,N} \end{pmatrix}, \quad \Omega_{beacon} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_L), \quad \Omega_{rp} = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_N) \tag{a} \tag{b} \tag{c}$$

Fig. 1. (a) Fingerprint map, (b) Beacon map, (c) RP map.

의 개수가 0개 이상이어야 한다. 만약 파악한  $\mathcal{Q}$ 의 RP의 개수가 0일 경우, 사용자의 위치를 추정하지 못하는 문제가 발생하였다. 이 경우는 비교의 대상이 없기 때문에 잘못된 위치정보를 추정하는 것이 아니라, 아예 위치 추정을 시작조차 하지 못하는 상황이 되었다.

이 문제를 극복하기 위해 개선된 Cut-off 방식을 제안한다. 이 방법은 파악한  $\mathcal{Q}$ 의 RP의 개수가 0일 경우, 사용자의 이동 장치가 수신한 비콘들의 RSSI 가운데 가장 작은 RSSI를 갖는 비콘부터 순차적으로 하나씩 돌아가며 소거된 비콘으로 가정한다. 그 후 나머지 비콘들만의 RSSI을 갖는 RP들로 이루어진 핑거프린트 지도  $\mathcal{Q}$ 를 도출한다. 만약  $\mathcal{Q}$ 의 RP의 개수가 0일 경우 소거된 것으로 가정하였던 비콘과 그다음 작은 비콘과 바꾸어  $\mathcal{Q}$ 를 도출한다. RSSI가 가장 작은 비콘부터 제외하는 이유는, RSSI가 강한 것들로부터 이루어진 비콘들의 신호를 수신한 RP가  $\mathcal{Q}$ 에 있다면 그 RP 주위에 사용자가 있을 가능성이

장 높기 때문이다.

Fig. 2에 개선된 Cut-off 알고리즘이 제시되어 있다. 여기서 위의 개선된 부분이 (6)~(9) 라인에 기술되어 있다. 또한 Table 2에 기존의 Cut-off와 개선된 Cut-off의 차이점이 기술되어 있다.

#### 4. 성능 평가

□자형 복도 내에서 KNN 방식, Cut-off 방식, 그리고 개선된 Cut-off 방식에 대해 가상의 사용자 위치를 추정하는 시뮬레이션을 통해 비교 실험을 실시하였다. □자형 복도에서 각 비콘의 위치와 RP의 위치는 Fig. 3과 같고 실험환경 데이터를 Table. 3에 정리하였다. 실험 환경의 어느 곳에서든 신호를 수신해야 위치를 추정할 수 있다. 따라서 우리는 신호를 수신하지 못하는 지역을 없애기 위해 비콘 신호의 범위가 서로 겹치도록 13m로 배치하였다. 각 RP 간 거리는 주위에 있는 비콘 신호를 2~3개씩 받아들일

---

Req.:	fingerprint map $\mathcal{Q}$ , and vectors $V_{bs}, V_{rp}$
Req.:	real-time RSSI $r_{v,w}$
1:	Receive RSSI( $r_{v,w}$ ) of near by beacons through user's device
2:	Identify UUID of beacons received RSSI
3:	Calculate the peak RSSI of each beacon
4:	do
5:	Get a reduced fingerprint map ( $\mathcal{Q}'$ ) with only beacons (rows) in the 2-tuple data set and reference points (columns) whose have only the beacons in the 2-tuple data set from the fingerprint map ( $\mathcal{Q}$ )
6:	if (S == 0) //Let S be the number of reference points in $\mathcal{Q}'$
7:	ignore the 2-tuple data of the beacon whose max. RSSI is the lowest in the set (in the further cases, ignore the 2-tuple data of the beacon whose max. RSSI is the next lowest in the 2-tuple data set, respectively)
8:	end if
9:	end do while (S == 0)
10:	if (S > K) /*Let K be the pre-defined number of nearest neighbors considered in the estimation*/
11:	Calculate relative ranks of peaks got in step (3)
12:	Compare those with relative ranks of each reference point in $\mathcal{Q}'$
13:	Calculate similarities using Spearman's footrule formula
14:	Choose the most similar K reference points as the nearest neighbors
15:	else // S <= K
16:	Choose the S reference points in $\mathcal{Q}'$ as the nearest neighbors
17:	end if
18:	Find the coordinates of the nearest neighbors from vector $V_{rp}$
19:	Calculate the coordinate of the center point of the S nearest neighbors as the user's location

---

Fig. 2. Improved Cut-off algorithm.

Table. 2 Comparison of Cut-off schemes

		Cut-off	Improved Cut-off
Features	Pros	1. High accuracy 2. Runs fast 3. Performs better when there are more similarity between map and user's data.	1. Higher accuracy 2. Although number of RPs used for user's location estimation(S) is 0, the estimation is possible.
	Cons	1. If number of RPs used for user's location estimation(S) is 0, the estimation is impossible.	1. If number of RPs used for user's location estimation(S) is 0, it takes more runtime for estimation.
Improvement		-	1. If number of RPs used for user's location estimation(S) is 0, ignore data of the beacon of which RSSI is the lowest in the set. Using the remaining beacons, at least more than one RPs are chosen.

Table. 3 Experiment environment data

Item	Distance(M)	The number
Corridor length	110	-
Beacon	13	7
RP	6.5	17

수 있도록 6.5m 간격으로 하였다. 그리고 실제 RSSI를 측정하고, 핑거프린트 지도를 작성하였다. 사용자의 가상 위치는 Fig. 3을 작게 나누고 그 위치에서 받아들일 수 있는 비콘을 핑거프린트 지도를 참고하여 정하고 수신된 신호 세기는 비콘과의 거리에 따른 임의의 값을 부여하였다.

따라서 Fig. 3은 Table 4와 같은 핑거프린트 지도로 구성된다. 또한 각 RP에서 수신된 신호들의 RSSI 최대값은 일정한 기간 동안 균일하게 유지된다는 전제로 하였다. 실험 진행시 가상의 사용자 위치는 위의 U자형 복도에 무작위로 배치하였다. 무작위로 배치된 사용자 위치의 RSSI는 그 위치 근접한 실제 RP 들에서의 비콘들의 정보를 토대로 가정하였다. 이렇게 가정된 사용자의 위치 정보 토대로, 개선된 Cut-off 방식과 성능비교대상으로 기존의 Cut-off 방식, Cluster KNN 방식 그리고 KNN 방식을 모두 실험하

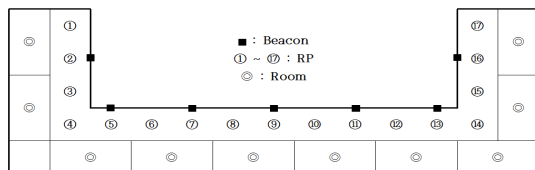


Fig. 3 Experiment environment picture.

였다.

실험 진행 중, 기존 Cut-off 방식을 제외한 모든 방식은 사용자의 위치를 추정할 수 있었다. 기존의 Cut-off 방식이 사용자의 위치를 추정하지 못하는 경우는 다음과 같은 상황에서 발생되었다. 사용자의 위치를 임의로 정하였을 때, Table 5와 같이 4개의 비콘 RSSI를 감지하였다. 하지만 Table 4에는 4개의 RSSI를 갖는 RP가 없다. 이때, 기존 Cut-off 방식은 위치 추정 시 사용하여야 하는 RP를 도출할 수 없기 때문에 사용자 위치 추정을 하지 못하였다.

반면 개선된 Cut-off 방식의 경우 위의 경우와 같

Table. 4 Fingerprint map used in the experiment

RP	Beacon						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-91	-95					
2	-77	-94					
3	-93	-88					
4	-98	-75	-99				
5		-90	-97				
6		-96	-90	-94			
7		-102	-81	-100			
8			-95	-88	-97		
9			-101	-77	-98		
10				-90	-94		
11				-93	-78	-96	
12				-97	-91	-94	
13					-95	-72	-97
14				-102		-84	-95
15						-94	-87
16						-94	-72
17							-91

Table. 5 RSSI of beacon signals received by a user's device

	Beacon						
	1	2	3	4	5	6	7
Realtime RSSI		-92	-83	-90	-103		

이 RP의 개수 (S)가 0인 경우, 실시간으로 받아들인 비콘의 신호 중 가장 작은 값을 갖는 비콘을 우선 제외한다. 위의 경우, Table 5에서 보이는 바와 같이 감지된 4개의 비콘 가운데 회색으로 표시된 5번 비콘이 가장 작은 신호 세기를 보이고 있다. 따라서 Table 5의 5번 비콘을 제외하고, 나머지 2, 3, 4번 비콘들의 RSSI를 갖고 있는 RP를 Table 4에서 찾는다. 이 경우 Table 4에 회색으로 표시된 RP 6번과 7번이 2, 3, 4번 비콘들의 신호 정보를 갖는 RP 들이다. 따라서 개선된 Cut-off 방식은 이들을 이웃 RP로 삼는다. 따라서 이웃 RP의 개수 (S)는 2개가 된다. 그리고 이를 통해 사용자의 위치를 추정하는 작업을 계속해서 진행한다.

Fig. 4는 정확도를 CDF (Cumulative Distribution Function) 그래프를 통하여 표현을 했다. CDF는 가로축에 발생할 확률을 누적하여 표현한 함수다. 가로축은 미터 단위 오차 범위를 의미하며, 세로축은 그 오차 범위 내에 있을 확률을 의미한다. 예를 들어, Fig. 4에서 개선된 Cut-off 방식은 2 미터 오차 범위에서 약 70%의 정확도를 보인다. 반면에 기존의 Cut-off 방식은 약 53%의 정확도를 보이고 있다. 개선된 방식과 약 17%가 차이 나는 것은 그 수치만큼 이웃한 RP를 찾지 못했고, 따라서 위치 추정을 수행이 불가능했기 때문이다. KNN 방식은 동일 오차 범위에서 약 42%의 정확도를 보이고 있으며, Cluster KNN 방식은 약 35%의 정확도를 보이고 있다. 최대

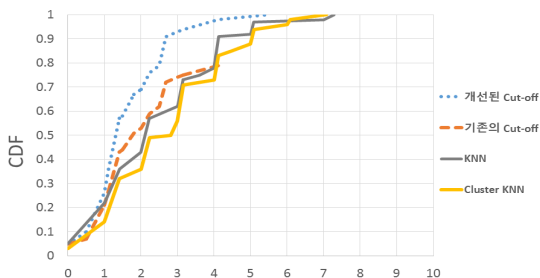


Fig. 4. Accuracy.

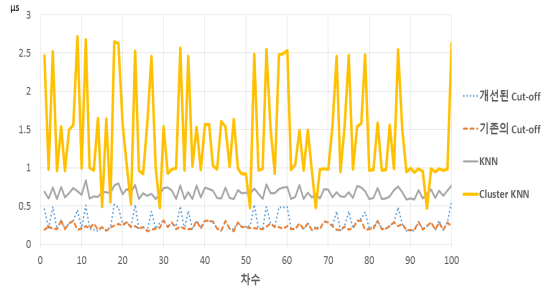


Fig. 5. Estimation time.

오차에 있어서는 개선된 Cut-off 방식은 최대 약 5.5 미터의 오차를 보인다. 반면에 Cluster KNN 방식 그리고 KNN은 각각 약 7 미터의 오차를 보이고 있다. 기존 Cut-off 방식은 약 4.1m의 오차 범위 내에서 약 79%의 정확도를 보인 후 정확도 값이 그래프에 나타나지 않는다. 그 이유는 약 21%에 해당하는 경우가 이웃 RP들을 선정하지 못하였기 때문이다. 이웃 RP를 모르기 때문에 위치 추정이 불가능 하였다. 따라서 추정이 불가능한 값에 대해 그래프에 나타내지 않았다.

Fig. 5는 개선된 Cut-off, 기존 Cut-off, KNN, 그리고 Cluster KNN 방식을 한 차수에 100회씩 위치 추정을 시도했을 때 각 차수 당 위치 추정에 걸린 시간 (us)을 표현했다. 개선된 Cut-off 방식과 기존 Cut-off 방식의 추정시간은 대체로 비슷하게 소요되었다. 하지만 기존 Cut-off 방식이 사용자의 위치를 추정 못하는 지점에서 개선된 Cut-off 방식은 비콘을 제외하고 다시 방식을 수행하여 기존의 Cut-off 방식보다 약 두 배의 시간이 걸려 위치를 추정하였다. Cluster KNN 방식은 위치에 따라 시간의 변동성이 매우 크게 나타났고, 대부분의 경우에서 위치를 추정하는 데 가장 오랜 시간이 걸렸다. KNN 방식은 대체적으로 두 Cut-off 방식들보다는 느리지만, Cluster KNN 방식보다는 빠른 성능을 보였다.

### 5. 결론

기존 Cut-off 방식에서 이웃 RP의 개수가 0 이 되는 경우, 위치를 전혀 추정하지 못하는 문제점을 안고 있었다. 이를 개선한 Cut-off 방식을 본 논문에서 제안하였고 전통적인 KNN 방식, Cluster KNN 방식과 기존 Cut-off 방식과 비교를 통해 성능을 평가하였다. 사용자 추정위치의 정확성과 위치 추정에 소요

되는 시간의 두 가지 측면에서 비교하였다. 개선된 Cut-off 방식은 2 미터 오차 내에서 약 70%의 정확도를 보이고 있다. 반면 기존의 Cut-off 방식의 경우, 사용자의 위치를 찾지 못하는 경우가 발생하였고, 동일 오차 범위 내에서 약 53%의 정확도를 보였다. KNN 방식의 경우, 모든 경우에 있어서 사용자의 위치를 추정할 수 있었고, 동일 오차 범위 내에서 약 42%의 정확도를 보였다. Cluster KNN 방식은 동일 오차 범위 내에서 약 35%의 정확도를 보이고 있다. 소요 시간 측면에서는 Cluster KNN 방식이 가장 느린 속도를 보였고, KNN 방식은 Cluster KNN 방식과 Cut-off 방식 중간의 속도를 보였다. 개선된 Cut-off 방식이 K(S)가 0인 경우를 개선하여 사용자의 위치를 추정하는 경우를 제외하면 기존의 Cut-off 방식과 거의 동일한 소요 시간을 보였다. 이 경우 기존의 방식은 소요 시간은 짧더라도, 위치 추정을 하지 못하였지만 개선된 Cut-off 방식은 기존 Cut-off 방식에서 위치를 구하지 못하는 경우를 모두 개선하여 기존의 Cut-off 방식이 위치를 추정하지 못한 경우라도 위치를 추정할 수 있었다.

향후 과제로 실제 실내 환경에서 가상실험 결과와 비교 실험할 계획이다. 그리고 파악된 실내위치정보를 활용하여 특수한 환경에서 작동하는 응용서비스를 개발할 예정이다[7-8].

## 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] B.K. Park, D.J. Kim, and J.Y. Son, "A Theoretical Study on a Preliminary Cut-off Fingerprint Algorithm for Indoor Localization," *Proceeding of Spring Conference of the Korean Society of Marine Engineering*, pp. 161, 2016.
- [3] D.J. Kim, B.K. Park, and J.Y. Son, "A Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme Using Beacons," *Proceeding of Korea Computer Congress of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, pp. 592-594, 2016.
- [4] F. Yu, M. Jiang, J. Liang, X. Qin, M. Hu, T. Peng, et al., "5G WiFi Signal-Based Indoor Localization System Using Cluster K-Nearest Neighbor Algorithm," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 2014, Article ID 247525, pp. 1-12, 2014.
- [5] J. Machaj, P. Brida, and R. Piché, "Rank Based Fingerprinting Algorithm For Indoor Positioning," *Proceeding of 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, pp. 21-23, 2011.
- [6] Y.G. Kim, H.J. Shin, Y.H. Chon, and H.J. Cha, "Smartphone-based Wi-Fi Tracking System Exploiting the RSS Peak to Overcome the RSS Variance Problem," *Proceeding of Per-vasive and Mobile Computing 9*, pp. 406-420, 2013.
- [7] D.J. Kim, B.K. Park, and J.Y. Son, "A Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme Applied to Positioning in Vessels," *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 11, No. 21, pp. 10497-10500, 2016.
- [8] C.Y. Han, G.Y. Lee, J.G. Yim, and K.B. Shim, "Implementation of AP-Based and RFID-Based Indoor Positioning Web Services," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 1, pp. 71-80, 2012.



박 병 관

2011년~현재 한국해양대학교 IT공학부 학사과정. 관심분야는 실내위치추적, 네트워크



손 주 영

1981년~1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사)  
1991년~1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
1993년~1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)



김 동 준

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

1985년~1998년 LG전자(주) 책임연구원.  
1998년~현재 한국해양대학교 해사IT공학부 교수. 관심분야는 고속해양통신망, 해상자율통신망, 실내위치추적



최 종 민

2015년~현재 한국해양대학교 해사 IT공학부 학사과정  
관심분야: 실내위치추적, 네트워크