

최대 RSSI 간의 유사도를 기반으로 한 가중치 부여 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식

김동준[†], 손주영^{**}

A Weighted Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme Based on Similarity between Peaks of RSSI

Dongjun Kim[†], Jooyoung Son^{**}

ABSTRACT

We have previously proposed a preliminary cut-off indoor positioning scheme considering the reference point with the same signal similarity. This scheme estimates the position using the relative rank of the peak of received signal strength from the beacons around user. However, this scheme has a weak point with lower accuracy when there are more than one nearest reference points having the same signal similarity. In order to tackle this, we propose a weighted preliminary cut-off indoor positioning scheme. Firstly, if the above problem occurs, the similarity to the peak of signal strength is considered as well as the relative rank. Next, weights are assigned to the nearest reference points using the similarity to the peak of the received signal strength. Finally, the user's position is estimated by applying the weights. As a result, the weighted preliminary cut-off scheme improves the positioning accuracy by about 7.9% compared to the previous scheme.

Key words: Cut-off, Indoor Positioning, Reference Point, Similarity, Weight

1. 서 론

지속적으로 실내 위치 추정에 관한 연구가 진행되고 있고 실내 위치를 추정하기 위한 여러 가지 방식들이 제안되었다. 그 중 핑거프린트 지도를 이용하는 방식은 크게 오프라인 단계와 온라인 단계로 나누어진다. 오프라인 단계는 실내 환경에 사전에 신호를 주기적으로 발생시키는 장치를 배치하고 이 장치들의 위치를 고려하여 적절한 위치를 참조 위치(Reference Point, RP)로 선정한다. 그리고 전체 실내 환경의 모든 참조 위치에 대해서 주변 신호발생장치로

부터 수신된 신호 세기 (Received Signal Strength Indication, RSSI)를 핑거프린트 지도에 저장한다. 그리고 온라인 단계는 오프라인 단계에서 구성된 핑거프린트 지도와 실시간으로 사용자의 장비가 주변 신호발생장치로부터 수신한 RSSI와 비콘의 고유 식별 번호인 UUID(Universally Unique Identifier)를 비교하여 사용자의 위치를 추정하는 단계이다. 핑거프린트 지도를 이용한 실내 위치 추정 방식 중 가장 대표적으로 KNN(K-Nearest-Neighbor) 알고리즘[1]이 있다.

우리는 이전에 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식

※ Corresponding Author : Jooyoung 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 : Mar. 6, 2018, Revision date : May 14, 2018
Approval date : Jun. 4, 2018

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

^{**} Corresponding Author: Div. of Marine IT Engineering, Korea Maritime and Ocean University

을 제안했었다[2,3,4,5]. 이 방식에서 신호 발생 장치로 BLE (Bluetooth Low Energy) 기반의 비콘을 활용한다. 그리고 핑거프린트 지도에는 각 RP에서 일정 시간동안 주변 비콘으로부터 수신한 RSSI의 최대값들의 상대적인 순위가 저장된다. 이후 온라인 단계에서 실시간으로 수신한 RSSI의 최대값들의 상대적인 순위와 핑거프린트 지도의 저장된 순위와 비교하여 실내 위치를 추정한다. 핑거프린트 지도를 이용하기 때문에 핑거프린트 지도를 구성하는 방식에 따라 정확도의 차이가 날 수 있다. 그리고 적절한 위치에 비콘을 배치하고 RP를 선정하는 것도 매우 중요하다. 우리는 [6]의 연구를 통해 비콘과 RP의 상호 관계를 고려하여 배치하였다. 그리고 정확도를 개선시키는 핑거프린트 지도를 구성하는 방식에 대해 제안하였다[7,8].

사전 컷-오프 방식의 온라인 단계는 먼저 실시간으로 수신한 비콘 정보와 동일한 비콘 정보만을 저장하고 있는 RP만 남기고 나머지는 핑거프린트 지도의 비교 범위에서 제외하여 축소된 핑거프린트 지도를 구성한다. 축소된 핑거프린트 지도의 RP가 K 개 이하인 경우, K 개 RP들의 중점을 최종 위치로 추정한다. 이 때, K 는 실시간으로 수신한 정보와 유사한 RP를 선정할 개수를 의미하며 사전에 정의된다. 반대로, K 개보다 많을 경우, 실시간 정보의 상대적인 순위와 축소된 핑거프린트 지도의 RP에 저장된 순위와 유사도를 계산한다. 이후 유사도가 큰 K 개의 RP를 추출한 후 이 RP들의 중점을 최종 위치로 추정한다. 항상 K 개 이하의 RP들의 중점으로 위치를 추정하기 때문에 1개인 경우를 제외한 경우에는 항상 오차가 발생한다. 이를 보완하기 위해 [5]에서는 신호유사도가 일치하는 RP를 고려한 사전 컷-오프 방식을 연구하였다. 이 연구는 축소된 핑거프린트 지도의 RP가 K 개보다 많을 경우에 K 개를 추출하기 위해 계산했던 유사도를 K 개 이하일 경우에도 적용한다. 다시 말해, K 개 이하의 RP들의 순위와 실시간 정보의 순위 간의 유사도가 큰 RP들만을 이용하여 위치를 추정하기 때문에 정확도를 향상시킨다.

우리는 [5]의 연구 결과를 바탕으로 정확도를 더 향상시키기 위해 지속적으로 연구를 진행하였다. [5]의 연구도 결국 남은 RP들의 중점을 최종 위치로 추정하기 때문에 이전 방식보다 오차가 줄어들지만 여전히 줄일 수 있는 오차들이 남아있다. 이 오차들은

더 줄임으로써 정확도를 향상시키기 위해 우리는 RSSI의 최대값을 이용하여 가중치를 부여하는 방식을 제안한다. 이전 방식은 남은 RP들에 대해 동등한 가중치를 부여하였기 때문에 중점으로 최종 위치를 추정했지만, 이 방식은 각 RP에 계산된 가중치를 부여하고 가중치가 적용된 위치로 최종 위치를 추정하기 때문에 정확도를 향상시킨다.

2. 가중치를 부여한 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식

2.1 이전 사전 컷-오프 방식

이전에 제안한 방식은 1장에서 언급했던 신호유사도가 일치하는 참조위치를 고려한 방식[5]이다. 아래의 Fig. 1은 신호유사도가 일치하는 참조위치를 고려한 사전 컷-오프 방식의 알고리즘을 단계적으로 보여준다. 먼저, 사용자의 장비를 통해 일정 시간동안 주변 비콘으로부터 RSSI와 비콘 정보를 수신한다. 그리고 각 비콘으로부터 수신된 다수의 RSSI들 중 최대값을 각각 추출하고 각 최대값들을 이용하여 비콘들의 상대적인 순위를 계산한다. 그리고 핑거프린트 지도에서 이 비콘 정보와 동일한 정보만 저장된 RP를 남기고 나머지 RP는 모두 제거하여 축소된 핑거프린트 지도를 만든다. 이 과정을 통해 축소된 핑거프린트 지도는 실시간으로 수신한 비콘 정보와 동일한 정보가 저장된 RP들만으로 구성된다. 만약 축소된 핑거프린트 지도의 RP 개수(S)가 사전에 정의된 K 보다 큰 경우, 실시간 정보의 순위와 S 개의 RP에 저장된 순위 간의 유사도를 계산한다. 유사도 계산은 [9]의 연구결과에 따라 Spearman's footrule 계산 방식을 이용하였다. S 개의 RP 중 유사도가 큰 K 개의 RP를 추출한다. 앞의 과정을 거치게 되면 S 는 K 보다 작거나 같은 수가 된다. 다시 실시간 정보의 순위와 S 개의 RP의 순위 간의 유사도를 계산한다. 다음으로 유사도가 0인 RP 개수 (T)를 파악한다. Spearman's footrule 방식의 결과 수치는 작을수록 더 유사함을 의미한다. 따라서 유사도 수치 0은 두 정보가 동일함을 뜻한다. 만약 T 가 0인 경우는 동일한 RP가 없는 경우를 의미한다. 이 경우에는 이전에 사용했던 방식과 동일하게 S 개의 RP의 중점을 최종 위치로 추정한다. 반대로 T 가 1 이상인 경우는 일치하는 RP가 적어도 하나 있는 경우를 의미한다. 이 경우에는 유사도

- 1) Receive RSSI from nearby beacons by user's device
- 2) Identify UUID of the beacons
- 3) Find the peak RSSI received from each beacon
- 4) Calculate relative ranks of the peak RSSI obtained in the step 3)
- 5) Construct a cut-off fingerprint map consisting of only the RPs storing data the same as the beacon data of step 2)
Let the number of the RPs be S which is the number of columns in the cut-off fingerprint map
- 6) if $S > K$ // K is the predefined number of the nearest neighbors to be considered for estimation
- 7) Select K RPs from S RPs according to higher similarity
 $S = K$
- 8) end if
- 9) Calculate the similarity between the relative ranks of step 4)
and the relative ranks of S RPs
- 10) Find RPs (Let the number be T) with similarity of 0 among S RPs
- 11) if $T = 0$ // there is no RPs with the same pattern of ranks as the user's
- 12) Estimate the center of S RPs as user's position
- 13) end if
- 14) else
- 15) Estimate the center of T RPs as user's position
- 16) end else

Fig. 1. The preliminary cut-off indoor positioning scheme considering the reference points with the same signal similarity.

가 0인 T개의 RP들의 중점을 최종 위치로 추정한다.

2.2 가중치를 부여한 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식

2.1에서 언급한 방식인 신호유사도가 일치하는 참조위치를 고려한 방식은 최인접 RP들 가운데 상대적인 순위의 유사도가 일치하는 RP가 다수인 경우에 정확도가 낮아진다. 예를 들어, Fig. 1의 14)는 T가 1 이상인 경우로, 이때는 T개의 RP들의 중점을 사용자의 위치로 추정한다. 이 예와 같이 중점이 실제 사용자의 위치에 포함되지 않아 이런 경우로 인하여 전체적인 정확도가 저하되는 문제점을 보인다. 이 문제점을 해소하고 정확도를 더욱 높이기 위해 최인접 RP들에 최대 RSSI에 대한 가중치를 부여하여 위치를 추정하는 방식을 제안한다. 이 방식은 T가 2 이상인 경우에 T개의 RP들의 중점을 사용자의 위치로 추정하지 않고, 각 RP에 최대 RSSI의 신호유사도를 토대로 가중치를 부여하여 항상 중점이 아니라 가중치가 더 큰 RP에 가깝게 사용자의 위치를 추정한다. 이 경우뿐만 아니라, Fig. 1의 11)인 경우, 즉 T가 0인 경우에도 활용한다. T가 0인 경우에도 가중치를 부여하여 가중치가 큰 RP에 가깝게 사용자의 위치를 추정함으로써 정확도를 향상시킨다. T개의 RP의 유

사도가 S_1, S_2, \dots, S_t 일 때, 사용자 위치 $P(x, y)$ 는 아래의 Eq. (1)과 같이 추정된다. Eq. (1)에서 W는 유사도를 이용하여 계산된 각 RP의 가중치를 나타낸다. T는 사전에 정의된 K에 따라 달라진다. [9]의 연구에서 K를 3으로 설정하였을 때, 가장 낮은 오차를 보였기 때문에 K를 3으로 설정하였다. 따라서 T는 0~3으로 나누어진다.

$$P_x = \frac{\sum_{n=1}^t (S_{(t-n+1)} \times RP_n \cdot x)}{\sum_{m=1}^t S_m} = \frac{\sum_{i=1}^t (W_{(t-i+1)} \times RP_i \cdot x)}{\sum_{m=1}^t S_m}, \quad (1)$$

$$P_y = \frac{\sum_{n=1}^t (S_{(t-n+1)} \times RP_n \cdot y)}{\sum_{m=1}^t S_m} = \frac{\sum_{i=1}^t (W_{(t-i+1)} \times RP_i \cdot y)}{\sum_{m=1}^t S_m}$$

아래의 Table 1~4는 Eq. (1)을 이용하여 사용자의 위치를 추정하는 과정에 대한 예시를 보여준다. Table 1은 실시간으로 수신한 정보를, Table 2는 T가 3인 경우의 축소된 핑거프린트 지도의 예시를 보여준다. Table 1의 실시간 수신 정보에서 수신된 비콘들의 최대 RSSI 간의 상대적인 순위는 Table 2의 상대적인 순위가 일치하다. 따라서 이 경우는 T가 3으로 결정된다.

Table 3은 Table 1과 2를 이용하여 유사도와 가중

Table 1. The received data in real-time

Beacon	A	B	C	D
peak RSSI	-80	-70	-85	-96

Table 2. A reduced fingerprint map

Beacon RP	A	B	C	D
2	-77, 2	-73, 1	-92, 3	-97, 4
3	-82, 2	-76, 1	-83, 3	-95, 4
4	-83, 2	-74, 1	-84, 3	-92, 4

Table 3. Similarity of peaks of RSSI

Beacon RP	A	B	C	D	Similarity	Weight
2	3	3	7	1	6	0.38
3	2	6	2	1	8	0.3
4	3	4	1	4	7	0.32

치를 계산한 표이다. 먼저 각 RP의 비콘 A, B, C 그리고 D에 대한 유사도를 계산하고 모두 합하고 각 RP의 가중치는 해당 RP의 유사도를 모든 RP의 유사도의 합으로 나눈 값이다. Table 3의 가중치를 이용하여 최종 사용자의 위치 $P(x, y)$ 는 Eq. (2)와 (3)의 과

정을 통해 추정된다.

$$P_x = \frac{(S_4 \times RP_{2,x}) + (S_3 \times RP_{3,x}) + (S_2 \times RP_{4,x})}{S_2 + S_3 + S_4} = \frac{(12 \times RP_{2,x}) + (11 \times RP_{3,x}) + (14 \times RP_{4,x})}{14 + 11 + 12} = (0.32 \times RP_{4,x}) + (0.3 \times RP_{3,x}) + (0.38 \times RP_{2,x}) \quad (2)$$

$$P_y = \frac{(S_4 \times RP_{2,y}) + (S_3 \times RP_{3,y}) + (S_2 \times RP_{4,y})}{S_2 + S_3 + S_4} = \frac{(12 \times RP_{2,y}) + (11 \times RP_{3,y}) + (14 \times RP_{4,y})}{14 + 11 + 12} = (0.32 \times RP_{2,y}) + (0.3 \times RP_{3,y}) + (0.38 \times RP_{4,y}) \quad (3)$$

아래의 Fig. 2를 통해 최대 RSSI 간의 유사도를 기반으로 한 가중치 부여 사전 컷-오프 방식의 알고리즘을 확인할 수 있다. 우리는 이번에 제안한 방식의 핵심인 Fig. 2의 11)~17) 단계의 이해를 돕기 위해 위의 예시를 보였다.

3. 성능 평가

본 논문에서 제안한 방식의 정확도에 대한 성능을 비교하기 위해 Fig. 3과 같은 실제 우리 대학교의 건물 중 3층의 일부분에서 실험하였다. Fig. 3에서 기호 ㉠~㉡은 비콘 번호를, 기호 ①, ②, ③ 등은 사전에

- 1) Receive RSSI from nearby beacons by user's device
- 2) Identify UUID of the beacons
- 3) Find the peak RSSI received from each beacon
- 4) Calculate relative ranks of the peak RSSI obtained in the step 3)
- 5) Construct a cut-off fingerprint map consisting of only the RPs storing data the same as the beacon data of step 2)
 - Let the number of the RPs be S which is the number of columns in the cut-off fingerprint map
- 6) if $S > K$ // K is the predefined number of the nearest neighbors to be considered for estimation
- 7) Select K RPs from S RPs according to higher similarity
 - $S = K$
- 8) end if
- 9) Calculate the similarity between the relative ranks of step 4) and the ranks of S RPs
- 10) Find RPs (Let the number be T) with similarity of 0 among S RPs
- 11) if $T = 0$ // there is no RP with the same signal similarity
- 12) $T = S$
- 13) end if
- 14) else // there are RPs with the same signal similarity
 - 15) Calculate the similarity between the peak RSSI of step 3) and the peak of T RPs
 - 16) Calculate the weight of T RPs using the similarity of step 15)
 - 17) Estimate the point of weighted T RPs as user's position
 - 18) end else

Fig. 2. A weighted preliminary cut-off indoor positioning scheme based on similarity between peaks of RSSI.

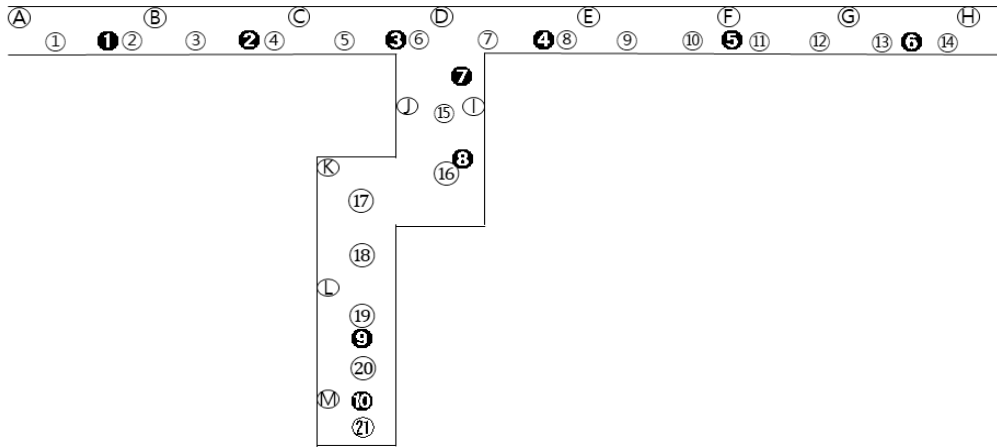


Fig. 3. Experiment Environment.

정의된 RP 번호를, 기호 ①, ②, ③ 등은 본 논문에서 제안한 방식에 의해 추정되는 입의의 사용자 위치를 각각 의미한다.

비교 대상으로는 KNN 알고리즘과 이전 방식인 신호유사도가 일치하는 참조 위치를 고려한 사전 컷-오프 방식을 선정하였다. 실험 결과는 Fig. 4를 통해서 확인할 수 있다. 찾고자 하는 입의의 사용자 위치 10곳에 대한 추정 결과를 그래프로 표현하였다. 입의의 사용자 위치 10곳 중에 ②~⑥, 그리고 ⑩ 위치에서 오차가 개선되었음을 알 수 있다. ②~⑥ 위치에서 T는 0이고, ⑩ 위치에서 T는 2이다. T가 0일 때의 이전 방식은 S개의 RP들의 중점을 사용자의 위치로 추정하고 T가 2일 때는 T개의 RP들의 중점으로 추

정한다. 하지만 가중치를 부여한 사전 컷-오프 방식은 항상 중점이 아닌 가중치를 고려하기 때문에 오차가 개선되었다. ②~⑥, 그리고 ⑩ 위치에서 위치추정 정확도는 이전 방식에 비해 평균적으로 약 16% 개선되었다.

좀 더 구체적으로 정확도가 개선된 곳 가운데 입의의 사용자 위치 ②에서 사용자의 위치를 추정하는 과정을 자세히 설명한다. Table 4는 입의의 사용자 위치 ②에서 사용자의 장비를 통해 수신한 정보이다. 그리고 Table 5는 이 위치에서의 축소된 핑거프린트 지도이다. 축소된 핑거프린트 지도의 RP 수는 3이므로 S는 3이고, 순위의 유사도가 일치하는 RP가 없기 때문에 T는 0이다.

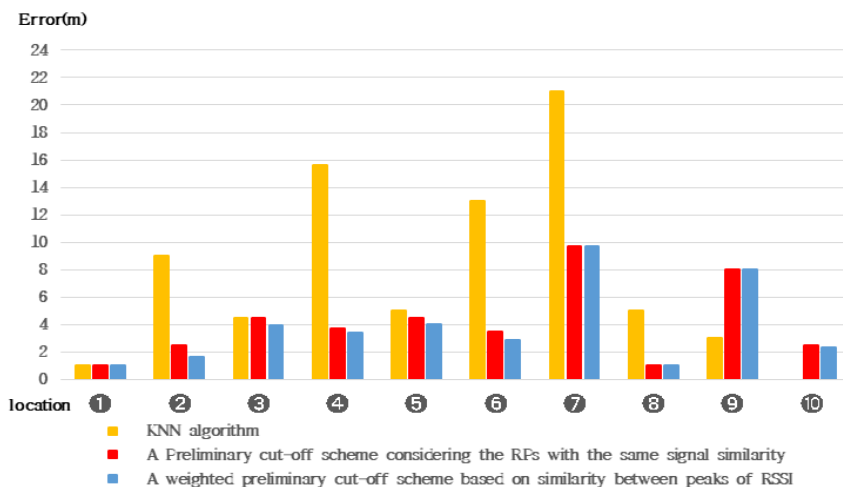


Fig. 4. Average error of the three schemes.

Table 4. The received data at a random user location of ②

Beacon	A	B	C	D
peak RSSI, relative rank	-99, 4	-92, 3	-74, 1	-75, 2

Table 5. A reduced fingerprint map for the user location of ②

Beacon RP	A	B	C	D
2	-77, 2	-73, 1	-92, 3	-97, 4
3	-87, 3	-76, 1	-79, 2	-95, 4
4	-100, 4	-84, 2	-74, 1	-92, 3

Table 6. Similarity and weight of RSSI peaks at the user location of ②

Beacon RP	A	B	C	D	Similarity	Weight
2	22	19	18	22	41	0.51
3	12	16	5	20	28	0.33
4	1	8	0	17	9	0.16

아래의 Table 6은 축소된 핑거프린트 지도의 각 RP에 최대 RSSI 간의 유사도와 가중치를 계산하고 부여한 표이다. 그리고 Eq. (4)와 (5)는 실험 환경의 임의의 사용자 위치 ②에서 Eq. (1)을 이용하여 사용자의 위치를 추정하는 계산 과정을 나타낸다. RP 2, 3, 4의 좌표는 각각 (8, 1), (13, 1), (18, 1)이다. 각 RP의 좌표 값을 계산 과정에 대입하여 사용자 위치 P를 추정한다. 임의의 사용자 위치 ②의 좌표는 (17, 1)이고, 추정된 위치는 (14.7, 1)이다. 하지만 이전 방식은 RP 2,3,4의 중점을 사용자 위치로 추정하기 때문에 (13, 1)로 추정된다. 따라서 이전 방식은 4 m, 제안된 방식은 2.3 m의 오차를 보인다. 결과적으로 임의의 사용자 위치 ②에서 약 1.7 m의 오차가 개선되었다.

$$P_x = \frac{(S_3 \times RP_{1,x}) + (S_2 \times RP_{2,x}) + (S_1 \times RP_{3,x})}{S_1 + S_2 + S_3} \quad (4)$$

$$= \frac{(26 \times 8) + (53 \times 13) + (81 \times 18)}{81 + 53 + 26} = 14.7$$

$$P_y = \frac{(S_3 \times RP_{1,y}) + (S_2 \times RP_{2,y}) + (S_1 \times RP_{3,y})}{S_1 + S_2 + S_3} \quad (5)$$

$$= \frac{(26 \times 1) + (53 \times 1) + (81 \times 1)}{81 + 53 + 26} = 1$$

전체적으로 실험 환경의 임의의 사용자 위치 10곳에 대해서 KNN 알고리즘, 이전 방식, 그리고 신호유사도가 일치하는 RP를 고려한 사전 컷-오프 방식의 평균 오차는 각각 약 7.72 m, 4.1 m, 그리고 3.8 m이다. 결과적으로 KNN 알고리즘에 비해 약 50.8%, 이전 방식에 비해 약 7.4%의 정확도가 향상되었다.

4. 결 론

우리는 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식을 제안했고, 정확도를 개선하기 위해 지속적으로 연구하였다. 본 논문에서 제안한 최대 RSSI 간의 유사도를 기반으로 한 가중치 부여 사전 컷-오프 실내 위치 추정 방식은 앞서 소개하였던 신호유사도가 일치하는 RP를 고려한 사전 컷-오프 방식보다 정확도 측면을 더 보완한 방식이다. 실험을 통해 KNN 알고리즘에 비해 약 50.8%, 이전 방식에 비해 약 7.4%의 정확도가 향상되었음을 확인하였다. 앞으로도 오차를 줄임으로써 정확도를 더 향상시키는 연구가 지속적으로 연구되어야 한다. 그리고 더 나아가 실내 환경에서의 무선 신호는 주변 영향을 매우 많이 받기 때문에 신호의 불안정성과 가변성도 보완해야 될 부분이다.

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," *Proceeding of Korean Institute of Information Scientists and Engineers Korea Computer Congress*, pp. 592-594, 2016.

[3] 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.

[4] 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.

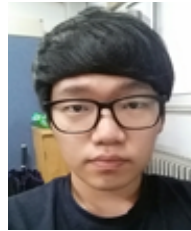
[5] D. Kim, B. Park, and J. Son, “A Preliminary Cut-off Indoor Positioning Scheme Considering the Reference Points with the Same Signal Similarity,” *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 12, No. 14, pp. 4735-4740, 2017.

[6] 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.

[7] D. Kim and J. Son, “A Method to Construct a Fingerprint Map by Combining Multiple Maps to Improve the Accuracy of the Indoor Localization,” *Proceeding of Korean Institute of Information Scientists and Engineers Korea Computer Congress*, pp. 412-414, 2017.

[8] D. Kim and J. Son, “A Method to Construct a Cut-off Fingerprint Map to Improve Accuracy in Indoor Positioning Scheme,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 20, No. 8, pp. 1330-1337, 2017.

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



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