

수상 안전을 위한 Finger Printing 기반 무선 위치추적 기술

석근영¹ · 류종열² · 이정훈^{1*}

Finger Printing Based Radio Positioning Scheme for Maritime Safety

Keun Young Seok¹ · Jong Yeol Ryu² · Jung Hoon Lee^{1*}

^{1*}Department of Electronics Engineering and Applied Communications Research Center, Hankuk University of Foreign Studies, Yongin 17035, Korea

²Department of Information and Communications Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong 53063, Korea

요 약

본 논문은 인명구조, 사고방지, 시설관리 등 수상환경에서 위치정보가 필요한 상황에서 무선 신호를 활용한 효율적인 위치 추적 기술을 제안한다. 제안하는 기법은 유저의 배터리 파워 소모량을 고려하여 제한된 전력 내에서 위험도를 최소화한다. 수상의 일정 반경 내에서 유저의 송수신 신호 세기를 이용하여 유저의 위치를 알 수 있는데, 이 때 유저가 일정 반경을 벗어나는 것을 사전에 방지할 필요가 있다. 이 논문에서는 먼저 유저가 일정 반경을 벗어나는 것을 방지하기 위해 위험도 함수를 정의한다. 위험도 함수는 위치정확도, 수심, 유속 등 수상 환경 위험에 관련된 다양한 요인들을 고려한다. 본 논문은 finger printing 기법을 이용한 효율적인 무선 측위 기술을 활용하여 일정 지역 내에 위치한 유저의 평균 위험도를 최소화하는 것을 목표로 하고 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an efficient location tracking scheme using wireless signals for various situations in marine environment that requires location information for many reasons such as lifesaving, accident prevention, and facility management. Our proposed location tracking scheme not only monitors user's location, but also minimizes the risk under the user's limited battery power budget. The position of a user can be obtained at base stations from the strengths of the received signals from the user. In this case, it may require to prevent the user from getting out of the predetermined safe area. For each location in the safe area, we define a risk function, which is influenced by many factors such as location accuracy, depth, flow rate, and geometry. Our proposed scheme is based on finger printing technique and aims at minimizing the average risk of each user in the safe area.

키워드 : 무선측위, 수상안전, 위험도, 전력 소모량

Key word : Radio positioning, Maritime safety, Risk, power budget

Received 28 May 2018, Revised 20 June 2018, Accepted 27 June 2018

*Corresponding Author Jung Hoon Lee (E-mail:tantheta@hufs.ac.kr, Tel:+82-31-330-4909)

Department of Electronics Engineering and Applied Communications Research Center, Hankuk University of Foreign Studies, Yongin 17035, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2018.22.7.1001>

pISSN:2234-4772

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

위치 측정 기술, 즉 측위 기술은 현재 다양한 연구가 진행되고 있다 [1-10]. 많은 사람들에게 대중화 되어있는 대표적인 측위 기술에는 글로벌 위성 측위 시스템인 Global Positioning System(GPS)와 적외선을 이용하는 측위 기술이 있다. 하지만 이 두 기술 모두 한계점을 갖고 있는데, GPS는 실내 측위의 어려움, 복잡한 시스템 구축 및 높은 유지비용, 높은 전력소모, 긴 지연시간 등의 문제점을 갖고 있다. 따라서 GPS는 특정한 실외 상황에서만 비교적 정확한 측정이 가능하다 [1]. 적외선을 이용한 측위 기술은 가시선(line-of-sight)이 확보되어야 하므로 단거리 응용으로만 사용이 국한 되어있다.

본 논문은 최근 이런 기술들의 대안으로 연구되고 있는 무선측위 기술을 고려하여 보다 효율적인 측정 방법을 제안한다. 무선 측위기술이란 무선신호를 이용하여 사람 및 물체의 물리적 위치를 결정하는 기술을 말한다. 다른 측위기술에 비해 실내에서 구현할 수 있고, 비교적 넓은 범위에서 사용가능하며, 기존 네트워크나 센서 망을 이용하기 때문에 새로운 기반시설을 만들지 않아도 되는 장점이 있다. 그러나 주위 환경의 영향을 받고, 물체와 고정 국 사이의 거리가 멀수록 정확도가 낮아지는 단점이 있다 [2]. 무선 측위기술은 여러 방식이 있는데, 본 논문에서는 무선 측위기술 중 실내에서 측정할 수 있을 뿐만 아니라 지형지물이 있는 다양한 상황에서 널리 이용되고 있는 finger printing 기법을 고려한다.

본 논문에서는 finger printing 기법을 사용하여 유저의 위치를 측정할 때, 유저가 일정 반경을 벗어나는 것을 방지하는 것을 목표로 한다. 기존의 finger printing 기법에서는 유저가 위치와 상관없이 무선 측위를 위해 일정한 빈도의 신호를 보내므로, 유저의 위치정확도가 유저의 위치와 상관없이 일정하다. 하지만 수상환경 같은 경우 유저의 위치에 따라 요구되는 위치정확도가 다를 수도 있다. 또한, 일정한 전력으로 동작하는 무선 측위 시스템의 경우 제한된 전력용량을 효율적으로 사용해야 한다.

본 논문에서는 수상환경에서 유저의 안전을 위해 유저의 위치정보를 활용하는 경우 효율적인 무선 측위 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서는 기존의 finger printing 기법과 마찬가지로 유저가 위치할 수 있는 공간을 여러 셀로 나눈 후, 인접 셀의 위치로부터 유저의 위

치를 추정한다. 하지만 이 때, 각 셀의 위험도를 추가로 고려하여 유저가 기지국에 송신하는 무선 측위 신호의 빈도를 조절한다. 예를 들어 유저가 안전한 위치에 있는 경우 무선 측위 신호의 빈도를 낮추고 유저가 위험한 위치에 있는 경우 무선 측위 신호의 빈도를 높임으로써 위험도에 따라 위치정확도를 조절할 수 있다.

유저의 위치에 따른 위험도를 판단하기 위하여 우리는 먼저 위치정확도, 깊이 등 수상환경에서 미칠 수 있는 다양한 요인들을 고려하여 각 셀에서 위험도를 정의한다. 다음으로 우리는 유저의 배터리 용량을 고려하여 제한된 전력용량 내에서 유저의 평균 위험도를 최소화 하는 각 셀에서의 무선 측위 신호의 빈도를 도출한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 무선 측위기술들과 원리에 대해 설명한다. III장에서는 위험도를 최소화하기 위해 고려하는 시스템 모델을 제시하고, 전력제한 조건 내에서 모델링한 위험도를 바탕으로 풀어야 할 문제를 제시한다. IV장에서는 제시한 문제를 바탕으로 위험도를 고려한 무선 측위 기법을 제안한다. V장에서 실험을 통해 기존기법과 제안하는 기법을 비교하여 성능을 검증하고, 마지막 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 무선 측위기술

2.1. Angle of Arrival (AoA) 기법 [3]

AoA 기법은 수신된 신호의 도래각으로부터 신호원의 위치를 추정하는 방법이다. 기지국은 일정한 각속도 ω 로 회전하는 방향 빔의 신호를 송신하고 신호원이 신호의 수신시간을 감지하여 기지국에 대한 방위각을 측정하는 원리이다. 3개 이상의 기지국이 존재할 때, 삼각측정법을 통해 기지국들에서 수신한 신호들의 방향으로부터 신호원의 위치를 알 수 있다. 그림 1은 AoA 기법

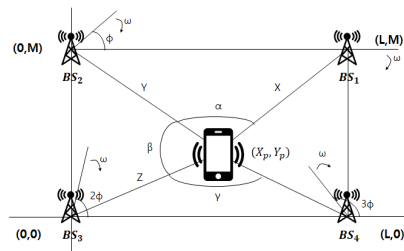


Fig. 1 AoA scheme

을 표현한 것이다. 신호원의 위치는 좌표축에서 (x_p, y_p) 이다. 기지국1, 기지국2, 기지국3, 기지국4의 위치는 좌표축에서 각각 $(L, M), (0, M), (0, 0), (L, 0)$ 이고 전송하는 방향 빔은 각각 $0^\circ, \phi^\circ, 2\phi^\circ, 3\phi^\circ$ 의 각도로 구분되어 있으며 일정한 각속도 ω 로 회전한다. 신호원은 기지국1, 기지국2, 기지국3, 기지국4로부터 신호원까지의 전달시간(t_1, t_2, t_3, t_4)을 이용하여 이들의 시간 차($\tau_1 = t_2 - t_1, \tau_2 = t_3 - t_2, \tau_3 = t_4 - t_3$)를 구하고, 각도($\alpha = \phi - \omega\tau_1, \beta = \phi - \omega\tau_2, \gamma = \phi - \omega\tau_3$)로 변환한다. 신호원의 위치는 3개의 각도 α, β, γ 중 두 값을 취하여 삼각함수를 이용하여 구한다. 예를 들어 α 와 β 두 값을 이용하면 $S = L \sin(\beta) / M \sin(\alpha)$ 일 때, 다음식이 성립한다.

$$\delta = \arctan \frac{\cos(\beta) - S \sin(\alpha)}{S \cos(\alpha) - \sin(\beta)}, Y = L \frac{\sin(\delta - \alpha)}{\sin(\alpha)}$$

따라서 신호원의 위치는 $X_p = Y \cos(\delta)$ 와 $Y_p = M - Y(\delta)$ 가 된다. 이 기법은 주로 항공분야에 널리 이용되고 있으나, 지상 시스템에서는 장애물로 인한 다중경로의 영향으로 사용에 제한이 있다.

2.2. Time of Arrival (ToA) 기법 [4], [5]

ToA 기법은 신호원으로부터 다수의 기지국들까지 전송되는 신호의 도달시간을 측정하여 신호원의 위치를 측정하는 방법이다. 3개 이상의 기지국이 수신하는 신호의 도착시간을 측정하여 거리를 계산하고 이를 이용하여 신호원의 위치를 추정한다. ToA 기법은 그림 2에 나타나 있다. 좌표축에서 신호원의 위치는 (x, y) 이고 기지국1, 기지국2, 기지국3의 위치는 각각 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 이다. 각 기지국에서 신호원으로부터 받은 신호의 도달시간을 측정하여 거리를 계산하면 다음과 같다. 기지국 i 에서 신호원까지의 거리를 d_i ($i=1,2,3$)라고 할 때, d_i 는 다음과 같이 정의된다.

$$d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}$$

이를 이용하여 최소 자승법 등으로 신호원의 위치를 추정한다. ToA 기법을 활용하기 위해서는 신호원과 기지국 사이에 동기화가 정확하게 이루어져야 하며 신호원으로부터 전송된 신호가 언제 출발했는지를 알기 위해 전송 신호에 시각 표시를 해야 한다.

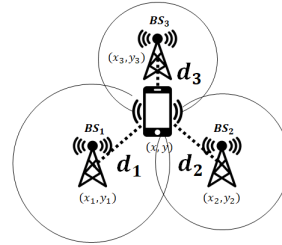


Fig. 2 ToA scheme

2.3. Time Difference of Arrival (TDoA) 기법 [6]

TDoA 기법은 신호원으로부터 다수의 기지국들까지 전송되는 신호의 전달시간 차이를 측정하여 기지국간의 거리 차이가 일정한 지점 상에서 신호원의 위치를 결정하는 방식이다. ToA 기법과 달리 절대적인 시각 정보를 측정하는 것이 아니라 수신된 시간차만을 측정하기 때문에 ToA 기법보다 비교적 쉽게 구현할 수 있다. 그림 3은 TDoA 기법을 간략히 표현한 것이다. 기지국1, 기지국2, 기지국3의 좌표는 각각 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 이다. 신호원의 좌표를 (x, y) 라고 할 때, 기지국1, 기지국2, 기지국3에서 신호원까지의 거리는 각각 d_1, d_2, d_3 이다. 기지국 i, j 와 신호원 사이의 거리의 차 $d_i - d_j$ 가 주어졌을 때 유제의 가능한 위치는 쌍곡선을 형성한다. 따라서 쌍곡선들의 교차점으로부터 신호원의 위치를 추정할 수 있다.

2.4. Finger Printing 기법 [7], [8]

Finger printing 기법은 수신신호의 전파특성을 이용하는 방법이다. 수신지점에 따라 다른 특성을 이용하여 측위를 수행하기에 앞서 공간을 일정한 기준에 의해 세부지점으로 나눈 후 설정된 지점에서 수신되는 신호의 전파특성을 데이터베이스화한다. 이후 수신되는 신호

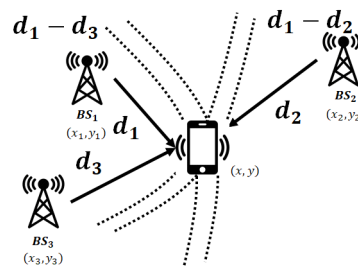


Fig. 3 TDoA scheme

와 비교하여 최적의 위치 값을 추출해냄으로써 측위 대상의 위치정보를 추정한다. 본 논문에서 고려할 방식은 K-Nearest Neighbor(K-NN) 기법이다. 이는 인접한 K개의 노드의 평균으로 송신기의 위치를 추정하는 방식이다. 그림 4는 3-NN기법을 표현한 것이다. 흰색 Unknown Node가 실제 송신기가 위치한 부분이라 가정해 보자. 이 때 가까운 3개의 노드, 즉 B, C, D를 선택하고 이 세 위치를 평균을 낸 지점인 검정색 Estimated Node로 위치를 추정하는 방식이다.

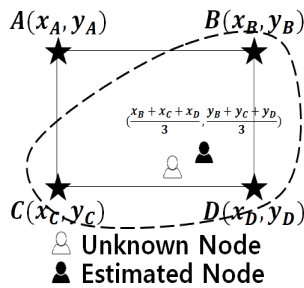


Fig. 4 3-NN scheme

III. 시스템 모델

본 논문에서는 인명구조, 사고방지, 시설관리 등 수 상환경에서 위치정보가 필요한 상황에서 무선 신호를 활용한 효율적인 위치 추적 기술을 제안한다.

그림 5는 수 상 일정 지역을 셀 구분 없이 경계선을 기준으로 안전지역과 위험지역으로 나눈 그림이다. 그림 5를 바탕으로 앞서 설명한 finger printing 기법과 3-NN 기법을 이용하여 Voronoi region으로 일정 지역을 N개의 셀로 나눈다. 그림 6을 보면, 각 셀은 동일한 너비를 가지며, 유저는 항상 어느 셀 내부에 존재한다고 가정한다. 또 하단에 2개의 기지국이 위치한다. 경계선 바깥 지역은 위험지역으로 유저가 이 위험지역 밖으로 나가는 것을 각 기지국이 방지하는 것이 목표이다.

Finger printing 기법을 기반으로 각 기지국과 유저 간 신호의 송수신 세기를 이용하여 유저가 속한 셀의 위치를 구할 수 있다. 유저는 각 기지국으로 신호를 송신한다. 그러면 각 기지국은 거리를 측정하여 기지국A는 r_1 , 기지국B는 r_2 를 알 수 있다. 각 기지국은 (r_1, r_2) 를 파악

하여 유저에게 초당 신호 빈도수를 알려준다. 이 때, 유저가 i 셀에 있을 경우 기지국으로 부터 받는 빈도수를 f_i 라고 한다. 따라서 유저는 그림 7과 같이 신호를 초당 f_i 번 송신한다. 유저가 송신한 신호를 받은 기지국은 유저가 속한 셀의 위치를 알고, 이를 이용하여 위험도를 구할 수 있다.

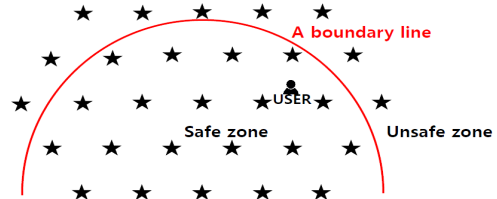


Fig. 5 Conventional system mode

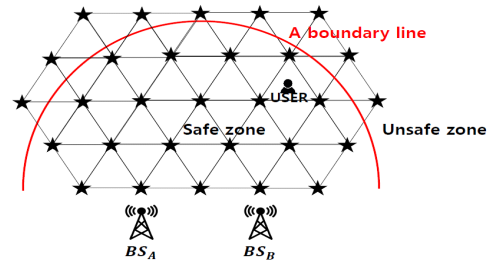


Fig. 6 System model

3.1. 위험도 모델링

본 논문에서 다루고자 하는 궁극적인 문제는 유저가 위험지역으로 들어가는 것을 기지국들이 방지하는 것이다. 유저가 셀 i 에 위치하고 있을 때, 위치정확도는 측위의 정확도로써, 유저가 보내는 신호의 빈도수 f_i 에 비례한다. 여기서 위치 정확도가 f_i 에 비례하는 이유는 수 상환경에서 유속이 일정하다고 가정하여 유저의 속도가 일정하기 때문이다. 또한, 위험도는 위치정확도에 반비례한다. 즉, 다음과 같은 관계가 성립한다.

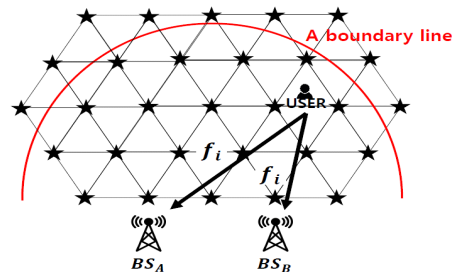


Fig. 7 User's signal frequency (i.e., f_i)

위치정확도 $\propto f_i$. (1)
 위험도 $\propto (1/\text{위치정확도}) \propto (1/f_i)$. (2)

수상이라는 환경을 고려하기 때문에 위험도에 영향을 미치는 요소로 깊이(=d)도 생각해볼 수 있다. 셀 i에서의 평균깊이를 d_i 라고 할 때, 임의의 상수 $\beta (> 0)$ 를 두어서 위험도는 d_i^β 에 비례한다고 가정한다. 이 때 β 는 깊이와 위험도와의 관계를 나타내는 요소이다.

위험도 $\propto \text{깊이}^\beta (= d_i^\beta)$. (3)

기타 수상에 영향을 미치는 요인을 k 라고 정의하면, 셀 i에서의 위험도를 D_i 라고 표시할 때, D_i 는 다음과 같이 정의된다.

$D_i = k_i \times d_i^\beta \times (1/f_i)$. (4)

유저가 셀 i에 있을 확률을 p_i 라고 할 때, p_i 는 셀 i의 면적(= S_i)을 셀 전체 면적의 합으로 나눈 것과 같다. 이 때, 모든 지점에 존재할 확률은 동일하고 각 셀의 너비는 같다고 가정한다. 따라서 유저가 셀 i에 있을 확률은 다음과 같다.

$p_i = S_i / \left(\sum_{k=1}^N S_k \right)$. (5)

따라서 평균 위험도 함수 D 는 전체 셀에 대해 대상 유저가 셀 i에 있을 확률과 위험도함수의 곱을 모두 더한 것과 같다. 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$D = \sum_{i=1}^N (p_i \times D_i)$. (6)

3.2. 전력제한

본 논문은 수상이라는 환경을 고려하기 때문에, 유저는 배터리의 전력 소모량을 고려해야 한다. 따라서 전력 제한을 고려하여 f_i 를 찾아야 한다.

앞서 유저가 셀 i에서 신호를 초당 f_i 번 전송한다고 설명 하였다. 이 때 유저가 한번 신호를 보낼 때 사용하는 전력 소모량을 W 라고 한다. 따라서 셀 i에서 초당 전력 소모량은 $W \times f_i$ 이다. 초당 평균 전력 소모량은 전체

셀에 대해 셀 i에 있을 확률과 셀 i에서의 초당 전력 소모량의 곱의 합과 같다.

$\sum_{i=1}^N (p_i \times W \times f_i)$. (7)

목표로 하는 배터리의 동작수명을 L (초)라고 할 때, 초당 평균 전력 소모량과 목표로 하는 동작수명의 곱은 유저의 총 전력 E 보다 작아야 한다. 위의 식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$\sum_{i=1}^N (p_i \times W \times f_i \times L) \leq E$. (8)

3.3. 최적화 문제

본 논문에서 고려하는 최적화 문제는 전력제한의 조건을 만족시키며 위험도를 최소화할 수 있는 셀 당 송신 신호 빈도수 f_i 를 찾는 것이다. f_i 를 제외한 나머지 파라미터들은 다음과 같이 치환한다. $A_i = p_i \times k_i \times d_i^\beta$. 따라서 목적함수는 다음과 같다.

$D(f_1, \dots, f_N) = \sum_{i=1}^N (A_i / f_i)$.

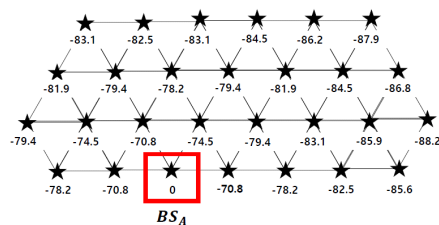


Fig. 8 The RSSI map at BS A (dBm)

전력제한 함수에서도 나머지 파라미터들을 $B = E / (p_i \times W \times L)$ 로 치환하면 제한함수는 다음과 같다.

$\sum_{i=1}^N f_i \leq B$.

따라서 본 논문에서 다루는 문제는 다음과 같다.

minimize $D(f_1, \dots, f_N)$. (9)

(f_1, \dots, f_N)

Subject to $\sum_{i=1}^N f_i \leq B$. (10)

IV. 제안하는 기법

본 논문에서 다루는 문제는 목적함수 (10)에서 $(1/f_i)$ 이 f_i 에 대한 convex함수이고 convex함수들의 합은 convex함수 이므로 목적함수는 f_i 들의 convex 함수이다. 제한함수 또한 f_i 의 convex함수이므로 우리가 푸는 문제는 convex 문제이다. convex문제를 풀기위해 Lagrangian 함수 \mathcal{L} 를 다음과 같이 정의한다. 여기서 λ 는 Lagrangian multiplier 이다.

$$\mathcal{L} = \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{A_i}{f_i} + \lambda \left(\sum_{i=1}^N f_i - B \right) \right\}. \quad (11)$$

최적의 f_i 는 Karush-Kuhn-Tucker(KKT) 조건에 의해서 $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial f_i} = 0$ 지점에서 얻어진다. 즉, 최적의 해는 Lagrangian 미분 값이 0인 지점에서 얻어지므로, 다음식이 성립한다.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial f_i} = \frac{-A_i}{f_i^2} + \lambda = 0, f_i = \sqrt{\frac{A_i}{\lambda}}. \quad (12)$$

따라서 다음의 식을 구할 수 있다.

$$\sum_{i=1}^N f_i = \sum_{i=1}^N \sqrt{A_i/\lambda} = B. \quad (13)$$

이 때, $\sqrt{\lambda} = \sum_{k=1}^N (\sqrt{A_k}/B)$ 를 대입하면, 다음과 같이 최적의 f_i 를 구할 수 있다.

$$f_i = \sqrt{(A_i/\lambda)} = B \sqrt{A_i} / \left(\sum_{k=1}^N \sqrt{A_k} \right). \quad (14)$$

본 논문에서 제안하는 기법은 셀 i에서 유저의 송신 신호 빈도수 (14)를 사용한다.

기존기법의 경우, 셀과 상관없이 일정 빈도의 신호를 보내므로 셀 i에서의 송신 신호빈도수는 다음과 같이 정의된다.

$$f_1 = \dots = f_N = B/N. \quad (15)$$

V. 실험 결과

앞서 II장에서 설명한 finger printing 기법을 이용한 무선 측위를 위한 전파지도를 그림 8, 그림 9와 같이 모델링 하였다. 실제 측정을 통해 47개의 셀에서 좌표간의 간격이 15m인 전파지도를 모델링하였다. 각 좌표에서 기지국으로부터 받는 신호 세기, 즉 Received Signal Strength Indicator(RSSI)를 전파지도 상에 나타내었다. 기지국A, 기지국B에서 3-NN 기법으로 각 기지국에서의 유저 위치를 추정한 후, 두 값의 차가 가장 작은 지점으로 최종적인 유저의 위치를 추정하게 된다.

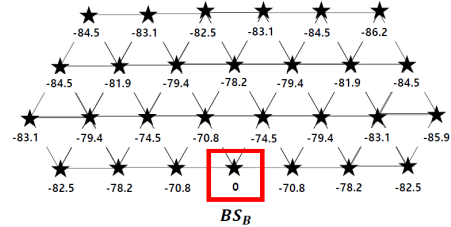


Fig. 9 The RSSI map at BS B (dBm)

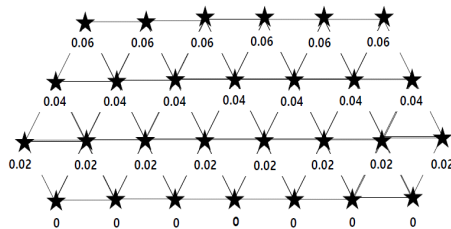


Fig. 10 The risk map

목적함수 (9)에서 f_i 를 제외한 파라미터인 A_i 의 값을 바탕을 위험도 지도를 그림 10과 같이 모델링 하였다. 좌표간의 거리와 셀의 개수는 전파지도와 동일하다. $A_i = p_i \times k_i \times d_i^\beta$ 에서 편의상 기타요인과 깊이의 파라미터를 각각 $k_i=1, \beta=1$ 로 가정하였다. 따라서 $A_i = p_i \times d_i$ 가 된다. 앞서 유저가 모든 셀에 존재할 확률은 동일하므로 $p_i = (1/47) = 0.02$ 이다. d_i 는 y축 거리가 0m일 때 0m, 15m일 때 1m, 30m일 때 2m, 45m일 때 3m로 설정하여 위험도 지도를 모델링 하였다.

그림 11에서 제안하는 기법의 성능을 나타내었다. 유저의 총 전력 대비 평균 위험도를 (9)에 나타난 것과 같이 convex 함수로 표현하였다. 전체 지역을 총 47개의

셀($N=47$)로 나누고, $E=14Wh$, $L=7200s$ 로 가정하였다. 편의상 기타요인과 깊이의 파라미터를 각각 $k_i=1$, $\beta=1$ 로 가정하였다. 기존 기법의 경우, (15) 식에 나타난 것과 같이 유저 위치에 따라 일정 주기로 신호를 보낸다. 그림 11에 나타난 것과 같이 제안기법은 동일한 유저의 총 전력 하에서 기존기법에 비해 평균 위험도를 감소시킨다.

VI. 결론

본 논문에서는 Finger printing 기법을 활용한 무선 측위를 통해 유저의 위치를 측정하고 위치정확도, 깊이 등 수상환경에서 미칠 수 있는 요인들을 고려하여 위험도 함수를 정의하였다. 또 수상이라는 환경을 고려하여 전력제한 조건에 맞춰 유저가 일정 반경을 벗어나는 위험도를 최소화 하는 방법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 기존기법은 셀과 상관없이 일정한 빈도로 신호를 보내지만, 제안기법은 신호의 빈도수를 조절하여 전력제한 조건 하에서 위험도를 최소화 한 것을 확인하였다.

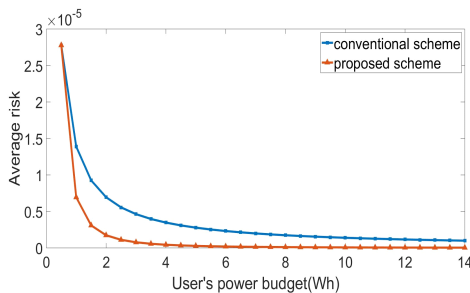


Fig. 11 Comparison between the conventional and the proposed schemes

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Hankuk University of Foreign Studies Research Fund of 2017 and by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2016R1C1B2010281).

References

- [1] N. M. Drawil, H. M. Amar, and O. A. Basir, "GPS localization accuracy classification: A context-based approach," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 14, no. 1, pp. 262-273, Mar. 2013.
- [2] K. Kasantikul, C. Xiu, D. Yang, and M. Yang, "An enhanced technique for indoor navigation system based on WiFi-RSSI," in *Proceeding of the 7th International Conference on Ubiquitous and Future Networks*, Sapporo, pp. 513-518. 2015.
- [3] K. J. Baik, S. J. Lee, and B. J. Jang, "AoA-based local positioning system using a time-modulated array," *Journal of Electromagnetic Engineering And Science*, vol. 17, no. 4, pp. 181-185, Oct. 2017.
- [4] S. R. Go, "Effective ToA-based indoor localization method considering accuracy in wireless sensor networks," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 41, no. 6, pp. 640-651, Jun. 2016.
- [5] S. R. Go, "An effective ToA-based localization method with adaptive bias computation," *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers*, vol. 20, no. 1, pp. 1-8, Mar. 2016.
- [6] D. H. Choi, Y. J. Go, J. H. Lee, T. H. Na, and J. S. Choi, "Study of effectiveness of atmospheric environment on TDoA position estimation," in *Proceedings of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering Conference fall*, Pyeongchang, pp. 150-154, 2015.
- [7] T. K. An, C. H. Ahn, M. W. Nam, J. H. Park, and Y. S. Lee, "A study on improving accuracy of subway location tracking using WiFi fingerprinting," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 17, no. 1, pp. 1-8, Jan. 2016.
- [8] S. He and S. H. G. Chan, "Wi-Fi fingerprint-based indoor positioning: Recent advances and comparisons," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 1, pp. 466-490, Jan. 2016.
- [9] Sang-Young Lee, "OpenCV-based Object Tracking System," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol.6, no.5, pp. 29-37, May. 2016.
- [10] Geum-boon Lee, "A Fast Moving Object Tracking Method by the Combination of Covariance Matrix and Kalman Filter Algorithm," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.19, no.6, pp. 1477-1484, Jun. 2015.



석근영(Keun Young Seok)

2018년 2월 한국외국어대학교 전자공학과 학사
2018년 2월-한국외국어대학교 전자공학과 석사
※관심분야: 차세대 이동통신, 데이터통신 등



류종열(Jong Yeol Ryu)

2008년 2월 충남대학교 전기정보통신공학부 학사
2010년 2월 KAIST 전기및전자공학과 석사
2014년 2월 KAIST 전기및전자공학과 박사
2014년 4월-2016년 8월 싱가포르기술디자인대학교 (SUTD) 박사후 연구원
2016년 9월-국립경상대학교 정보통신공학과 조교수
※관심분야: 보안 통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템, 사용자 릴레이 통신 등



이정훈 (Jung Hoon Lee)

2006년 KAIST 전자전공 학사
2008년 KAIST 공학 석사
2013년 KAIST 전기및전자공학과 박사
2013년-2014년 KAIST 박사후연구원
2014년-2015년 미국 노스캐롤라이나 주립대학교 (NCSU) 박사후연구원
2015년-2016년 국립제주대학교 전자공학과 조교수
2016년- 한국외국어대학교 전자공학과 조교수
※관심분야: 간섭 제어, 무선 채널 피드백 등