

# 무선센서네트워크에서 삼변측량법 기반 이동노드 위치 오차를 줄이는 탐색기법

문형진\*, 정희영\*\*, 한군희\*  
백석대학교 정보통신학부\*, 충북대학교 네트워크보안연구실\*\*

## Improved Trilateration Method on USN for reducing the Error of a Moving Node Position Measurement

Hyung-Jin Mun\*, Hee-Young Jeong\*\*, Kun-Hee Han\*

Division of Information and Communication Engineering, Baekseok University\*  
Network Security Lab, Chungbuk National University\*\*

요 약 탄광, 지하실, 지하창고 등 위험한 지역에서 일하는 일꾼들의 움직임을 비롯한 위치 측정은 안전을 위해 반드시 필요한 기술이다. 위험하고 제한된 환경에서의 USN의 위치 측정 기법들은 다양하게 존재한다. 위치 측정 기법 중에 삼각측량법은 간단하기 때문에 여러 분야에서 많이 적용되고 있다. 하지만 측정기구와 전파 장애 및 물리적 장애로 인해 오차가 발생하여 정확한 위치를 파악하기 어렵다.

본 논문에서는 4개의 Anchor와 움직이는 노드 사이의 거리 정보를 다양하게 활용하여 재계산하여 기존 삼각측량법으로 얻은 위치보다 오차범위를 줄일 수 있는 방법을 제안한다. 또한 제안 기법을 통해 거리 측정하여 움직이는 노드의 위치 즉, 예측점을 계산하였을 때는 기존 삼각측량법보다 계산의 오버로드가 발생하지만 수학적으로 위치측정 오차 범위 계산 시 41%가 향상되었다.

주제어 : 삼변측량법, 위치정보, 위치측정, 센서네트워크, 위치탐지, 노드위치

**Abstract** The location measurement technique of moving worker in dangerous areas, is necessary for safety in the mines, basements, warehouses, etc. There are various measurement techniques about moving node of position in a restricted environment. Trigonometric Method, one of measurement techniques, is commonly used because of its easiness. However, errors occur frequently when measuring distance and position due to radio interference and physical disability with measuring instruments.

This paper proposed a method which is more accurate and shows reduced margin of error than existing trigonometric method by recalculating distance between Anchor and moving node with various measuring instruments. By adding Anchor when calculating distance and position of moving node's estimated point, suggested technique obtains at least 41% efficiency compared to existing method.

**Key Words** : Trilateration, Location information, Node location, Sensor network, LBS, Location measurement, Location detection

Received 30 March 2016, Revised 29 April 2016  
Accepted 20 May 2016, Published 28 May 2016  
Corresponding Author: Hee-Young Jeong  
(Network Security Lab, Chungbuk National University)  
Email: sj1004hy@gmail.com

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

## 1. 서론

유비쿼터스 시대를 맞이하여 관련 기술들이 다양한 응용산업과 접목되면서 여러 가지의 융합서비스로 개발되고 있다. 특히 센서가 부착된 센서 노드로부터 노드 주변의 환경정보를 감지하여 무선 네트워크를 통하여 수집된 정보를 전달하는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술이 가장 활발하게 개발진행 중에 있다[1]. 이러한 기술들을 이용한 서비스가 다양한 미래비전을 제시하기도 한다.

유비쿼터스 시대에서는 인간과 연산능력을 가진 물체 사이의 유기적 연계와 다양한 외부 문화 콘텐츠가 연결되어 새로운 생활 문화와 서비스가 빠르게 변화하고 있다. 이러한 서비스들 중 위치인식과 연계한 서비스 분야는 새로운 유비쿼터스 기술 응용 산업 분야에서 중요한 핵심 기반 기술로 관심을 받고 있다[2,3].

무선의 전파를 활용하여 위치정보를 알아내는 가장 대표적이며, 많이 사용하는 기술에는 GPS(Global Positioning System)가 있다[4,5,6,7,8]. GPS는 실외에서 사용하는 보편적 기술로 20m 정도의 오차를 가지고 있지만, 실내의 경우 인공위성과 통신 전파의 가시성(LOS:Line of Sight)이 확보되어야 사용할 수 있다는 단점을 가진다. 반면 USN에서는 한정된 지역이나 실내에서 보다 정밀한 위치를 측정하고 추적할 수 있다[9]. 무선센서네트워크에서의 위치인식 기법으로는 크게 거리정보 기반방식(Range based)과 거리정보를 기반으로 하지 않는 방식(Range free)으로 나누어진다. 거리정보 기반 위치인식 방식의 경우 고정노드와 이동노드 사이의 거리를 직접 측정하는 방식으로 가장 많이 사용되고 있는 기술로는 TOA가 있으며, 측정된 거리를 이용하여 위치를 계산하는 대표적인 방법으로 삼각측량법이 있다. 하지만 거리기반 위치인식 기법들의 공통된 문제점인 특정요소를 이용하여 거리를 직접 측정하는 방법에서 발생하는 오차로 인해 삼변측량을 이용한 계산에서 정확한 위치를 얻기가 힘들다.

본 논문에서는 다수의 고정노드들로부터 수신되는 RSSI 값을 이용하여 이동노드와의 거리를 측정하고, 이를 바탕으로 개선된 삼각측량법을 사용하여 이동노드의 위치를 계산한다. 거리측정에서 발생한 오차가 포함된 데이터를 개선된 삼각측량법으로 오차를 41% 줄일 수

있음을 수학적인 접근방법으로 증명한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 USN과 거리측정법에 관한 연구를 소개하고, 3절에서는 Anchor 4개를 이용하여 오차를 줄일 수 있는 개선된 기법을 제안하고, 4절에서는 기존기법과 비교분석을 하고, 모델 검증 을 하고, 5절에서는 결론과 향후연구를 기술한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 USN

유비쿼터스 센서 네트워크는 센서를 네트워크로 구성한 것을 말하며, 무선 센서 네트워크(WSN; wireless sensor network), 유비쿼터스 센서 네트워크(USN; ubiquitous sensor network) 등으로도 불린다[10,11,12]. 해당 기술은 홈 네트워크나 센서 네트워크, U-City구축의 핵심기술이다. 다양한 환경에서 주변의 환경정보인 온도, 습도, 오염 등 센서 데이터 수집을 통해 원하는 서비스와 주변 상황을 자동으로 인식하고, 이를 실시간으로 네트워크에 연결하여 생성된 정보들을 관리하는 통신망(Network)이다. 다가오는 미래에는 이러한 유비쿼터스 기술을 적용하여 지능적인 차세대 유비쿼터스 환경을 구축할 수 있으며, 인간 중심의, 장소에 구애받지 않고 언제 어디서나 컴퓨팅 환경에 접속할 수 있는 유비쿼터스 패러다임이 확대되면서 전 세계적으로 활발하게 연구되고 있는 기술 중의 하나이다. USN 기술의 핵심에는 차세대 IT 융합 환경을 제공할 수 있는 근거리 무선통신 기술인 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술들이 주류를 이루며 이 기술에는 IEEE802.15.4, ZigBee, Bluetooth, UWB, WLAN 기술들이 포함된다[13,14,15,16].

### 2.2 거리기반 위치인식 기술

#### 2.2.1 TOA(Time of Arrival)

신호가 고정노드에서 이동노드로 도착하는 시간을 이용해서 위치를 측정하는 방식이다. 고정노드와 이동노드의 거리를 반경으로 하는 원들의 교점이 이동노드의 위치가 된다. 각 노드는 시간동기화가 필요하며, 거리측정의 정확도가 높다. 대표적인 거리기반 위치인식 기술로 이를 이용한 측정 시스템으로 GPS가 있다[17,18].

2.2.2 TDOA(Time Difference of Arrival)

2개의 고정노드로부터 신호를 전달받아 도달 시간의 상대적인 차이를 측정하여 위치를 측정하는 방법이다. 다수의 신호원으로 구성된 순방향 링크 방식과 1개의 신호원과 다수의 수신기로 구성된 역방향 링크 방식이 있다[17,18,19]. 신호원에서 수신되는 신호 도달 시간차와 동일한 궤적은 두 신호원을 초점으로 하는 타원이 되는데 3개의 신호원으로 2개의 타원이 만나는 교점은 이동노드의 위치가 된다. 모든 신호원은 시간동기화가 필요하다.

2.2.3 AOA(Angle of Arrival)

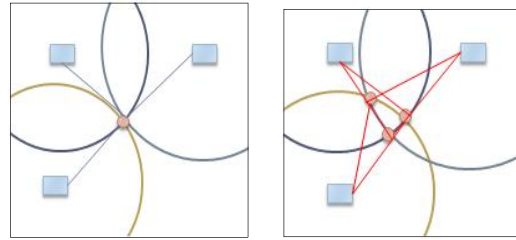
각도를 측정하여 위치를 측정하는 대표적인 방법으로 이동노드에서 보내는 신호의 방향각을 이용하여 각을 측정하고 각 고정노드와 이동노드사이의 방향각의 교차점을 계산하여 이동노드의 위치를 측정하는 방법이다. 측정의 방법이 간결한 반면 고가의 장비가 필요하다[19].

2.2.4 RSSI(Received Signal Strength Indicator)

거리에 따른 신호세기를 수학적으로 이용한 방법이다. 수신 신호의 세기는 거리가 멀어 질수록 신호가 약해진다. 기준이 되는 지점과 이동 노드 사이의 거리는 기준이 되는 지점을 기준으로 동심원 중에 한 곳에 위치하게 되는 특성을 활용하여 위치를 파악하는 기술이다[20,21].

2.3 삼변측량기법

기존 3개의 Anchor에서 측정된 거리를 이용하여 이동노드의 위치를 파악하지 않고, 추가로 한 개의 Anchor에서 얻은 거리 정보를 혼합하여 기존 3개의 Anchor로부터 얻은 위치정보보다 오차를 줄이고자 한다. 3개의 고정된 Anchor에서 여러 가지 방법으로 거리를 측정하여 Anchor를 중심으로 하고, 거리를 반지름으로 하는 원을 그릴 때 세 개의 원이 만나는 점이 바로 움직이는 노드의 위치가 된다([Fig. 1a])[9,10,11]. 하지만 거리를 측정하는 방법에 있어서 여러 가지 장애물로 인해 거리에 대한 오차가 발생 되어 정확한 위치를 측정하기 어렵다([Fig. 1b]).



(a)measuring accurate distance (b)distance errors occur

[Fig. 1] Measurement of a node's position using Trigonometric Method

[Fig. 1b]에서 두 개의 노드에서 정확한 거리를 측정했을지라도 그것이 어느 것인지 모르기 때문에 세 개의 교점을 잇는 삼각형의 외심을 이동노드의 위치로 추정하게 된다. 이로 인해 노드의 실제 위치와 오차가 발생할 수밖에 없다.

3. 제안 기법

개선된 제안 기법에서 고정된 Anchor로 부터 측정된 거리에 오차가 발생할 수밖에 없는 상황에서 오차를 줄이는 다양한 방법들을 제시 한다. 고정된 Anchor를 3개에서 4개로 늘려 측정된 거리를 활용하여 움직이는 노드의 위치에 대한 오차를 줄이고자 한다. [Fig. 2]에서 이웃하는 원 사이의 교점들 중에 4개의 Anchor 내부 사각형에 존재하는 4개의 점을  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$ 라 할 때 [Fig. 2a]는 교점에서 대각선을 그리고, 대각선의 중점을 이용하여 이동노드의 위치를 예측한다.

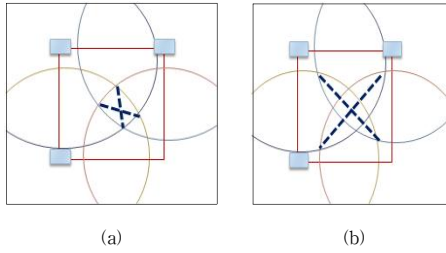
즉, 이동노드의 예측점  $(x, y)$ 는

$$x = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{4}, y = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{4} \dots(1)이다.$$

[Fig. 2(b)]는 마주보는 원끼리의 교차점을 이어 선분을 만들고, 만들어진 선분의 교점을 움직이는 노드의 예측점으로 선택한다.

3개의 Anchor를 이용하여 기존기법으로 예측점 1개를 찾을 수 있다. 이를 4개의 Anchor로 확장하면 예측점 4개를 찾게 된다. 정확한 예측점을 찾기 위해 식(1)를 이

용하여 4개의 점을 이용하여 실제 위치와 예측점의 오차를 줄일 수 있다.



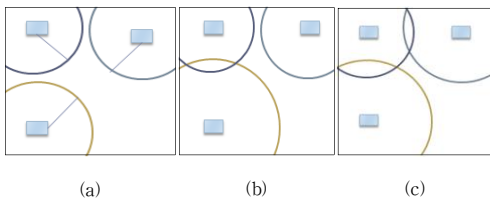
[Fig. 2] How to designate the predicted point of a moving node, using four anchors.

## 4. 평가 및 분석

### 4.1 시나리오

#### 4.1.1 3개 Anchor 경우

이동노드의 위치는 Anchor에서 측정된 거리를 반지름으로 하는 원이 만난다는 전제 조건하에서 존재하며, 무선을 이용한 거리 측정 방식은 노드 사이의 온도, 습도 등 환경적인 요소와 장애물 등으로 인해 실제 거리 보다 멀거나 가깝게 측정 될 수 있다. 이렇게 측정된 거리가 실제 위치와의 거리보다 작을 경우 [Fig. 3]과 같은 상황이 발생된다. [Fig. 3a]의 경우 서로 교점이 없을 때 위치 예측이 불가능하고 [Fig. 3b]의 경우는 겹치는 영역에 움직이는 노드가 존재한다고 예측할 수 있지만 측정 오차가 클 수밖에 없다. [Fig. 3c]는 서로의 교차점의 중점으로 예측한다고 해도 역시 오차는 발생한다.



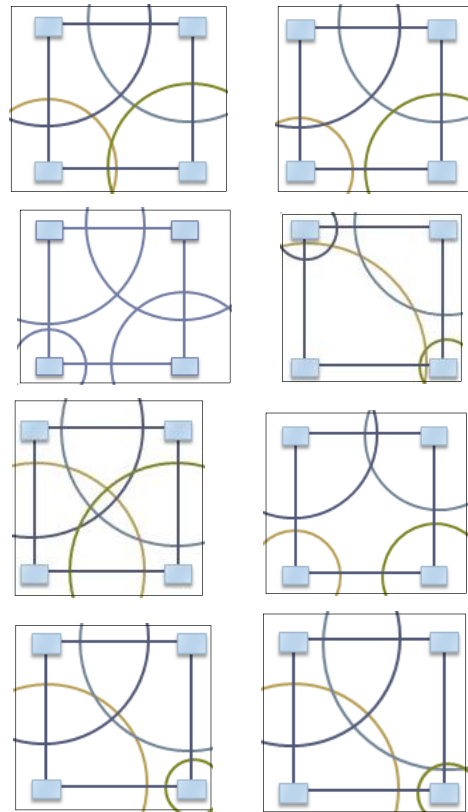
- (a) When not intersecting each other
- (b) When Intersecting only 2 circles
- (c) When Intersecting 2 circles at a time

[Fig. 3] The condition that is unavailable to measure the location due to errors in distance measurement

#### 4.1.2 4개 Anchor 경우

Anchor 3개를 이용하여 삼각측량법으로 움직이는 노드의 예측점을 측정하므로 경우에 따라 오차가 크게 발생한다. 특수한 상황으로 거리에 의한 원들이 교차하지 않는 상황을 대비하고, 조금 더 정확한 예측점을 측정하기 위해 Anchor를 추가하면 [Fig. 3]처럼 큰 오차를 줄일 수 있다. [Fig. 4]는 네 개의 Anchor에서 주위 환경이나 장애물로 인해 측정 거리가 실제거리보다 작게 측정이 되었을 때 발생가능한 모든 상황을 나타낸 것이다.

[Fig. 4]처럼 특수한 상황이 발생한 경우 교차점을 유추하여 적절하게 예측점을 추정한다면 기존 방식보다 크게 오차를 줄일 수 있다.

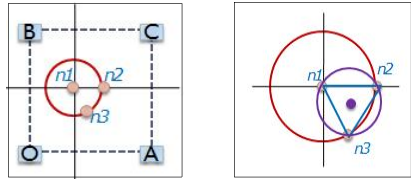


[Fig. 4] Possible cases by the measuring instruments

### 4.2 효과적인 위치측정을 위한 새로운 접근

이동 노드의 위치를 계속적으로 파악하기 위해 계속적으로 노드와 Anchor 사이의 거리를 측정한다. 오차를 줄이기 위한 효과적인 방법으로 서로 다른 Anchor 3개에

서 측정된 여러 개의 예측점을 이용하여 효과적으로 오차가 줄일 수 있다.



(a) Designation of predicted points with 3 anchors  
(b) Designation of the predicted final points, using 3 predicted points.

[Fig. 5] Designation of the predicted final point from 3 predicted candidate points, using 3 anchors

[Fig. 5]은 Anchor O, B, C에 의해 측정된 이동 노드의 예측점  $n_1$ 를 찾는다. Anchor O, B, C에서 측정된 같은 시간이거나 무시할 수준의 시차를 두고 Anchor A, B, C에서 거리 측정으로 이동 노드의 예측점  $n_2$ 를 찾는다. 마찬가지로 Anchor O, A, C에 의해 움직이는 노드의 예측점  $n_3$ 를 찾는다. 편의상 예측점  $n_1$ 을 기준으로 움직이는 노드와 예측점 사이의 오차범위  $r$ 라 할 때 반지름을  $r$ 로 하는 원을 그리면  $n_2, n_3$ 는 원 내부나 경계선에 존재할 수밖에 없다([Fig. 5a]). [Fig. 5b]에서처럼 점  $n_1, n_2, n_3$ 를 잇는 삼각형을 생각할 때 3개의 점을 지나가는 노드의 실제 위치일 수 있으므로 3개의 점을 지나는 외접원을 그릴 때 움직이는 노드의 실제 위치가 원 내부에 반드시 존재해야 한다. 외접원의 중심(즉, 외심)을 최종 예측점으로 지정하면 실제 위치와 최종 예측점의 오차는 외접원의 반지름으로 줄어든다.

$$efficiency = (1 - \frac{r'}{r}) \times 100 (\%) \dots (2)$$

(단,  $r'$  : 제안방법오차,  $r$ : 기준방법오차)

### 4.3 모델 검증 및 논의

#### 4.3.1 수학적 접근을 통한 모델 검증 및 논의

움직이는 노드의 실제위치와 기존 삼각측량법으로 계산한 예측점과의 거리를 오차범위라고 하고, 그 거리를  $r$ 로 할 때 제안방법으로 최종 예측점을 선정하면 거리가

$\frac{r}{\sqrt{3}}$  인 원 내부로 들어온다. 즉 반경이  $\frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.588$ 이 축소되어 식 (2)에 의해 *efficiency*가 41% 이 된다. 즉, 오차범위를 41%로 줄일 수 있다. 하지만 정확한 이동노드의 위치를 파악하기 위한 측정횟수는 한번에 3개의 Anchor가 아닌 4개의 Anchor가 측정하므로 기존방법보다 약 33%가 증가된다(<Table 1>).

<Table 1> Analysis of Methods about aspect energy consumption

|                       | Existing Method | Proposed Method |
|-----------------------|-----------------|-----------------|
| measurements of total | $6 + 3(n - 4)$  | $8 + 4(n - 4)$  |
| location measurement  | $n - 2$         | $n - 2$         |
| error ratio           | 1               | 0.59            |

$n$  : number of node

#### 4.3.2 논의

움직이는 물체는 보통 사람이거나 로봇일 경우가 많다. 로봇의 경우에는 움직이는 속도가 거의 일정하고, 사람 역시 실내 환경에서의 속도가 특수한 상황을 제외하고 최대 속도가 결정되어 있다. 이처럼 움직이는 노드의 속도가 일정하거나 제한 속도를 가진다는 가정 하에 노드가 움직일 수 있는 반경을 지정하여 원을 그린다면 그 노드의 다음 위치는 그 원 안에 존재할 수밖에 없다. 제안 방법으로 예측점을 지정할 때 움직이는 노드의 반경 정보를 추가하여 최종 예측점을 찾다면 오차범위를 상당히 줄일 수 있다. 물론 이전 노드의 위치가 정확하다는 가정 하에 새로운 접근 방법이 오차를 줄이는 효과가 있다.

## 5. 결론

무선 센서 네트워크를 이용하여 움직이는 노드의 정확한 위치정보가 유비쿼터스 환경에서 필수적인 요소이다. GPS와 같은 시스템을 통해 실외 넓은 지역에서 안정적인 서비스를 이용하여 위치를 측정해 낼 수 있지만 비용문제와 실내와 같이 GPS를 사용할 수 없는 환경이나 작은 공간에서 측정 위치가 정확해야 하는 상황에서는 센서를 이용한 위치 측정이 필요하다.

기존 삼각측량법은 움직이는 노드의 위치를 측정하는 경우 거리 측정 기구와 주위환경 등에 따라 오차가 크게 발생되어 원하는 수준에서의 정보를 얻기 어렵다. 기준 점을 추가하고, 이를 근거로 새로운 계산방법을 이용하면 기존 오차보다 41% 줄일 수 있다. 하지만 <Table 1>에서 보듯이 기존방법보다 더 많은 거리 측정횟수와 고정된 노드의 풍부한 전력이 필요하다. 이러한 오차를 줄인 측위기술은 이동노드의 위치가 중요한 위험한 지역이나 안전지대의 안내 등에 적용이 가능하다. 또한 사람마다 움직이는 패턴이 다르기 때문에 유비쿼터스 환경에서 실내에서 정확한 위치를 측정하여 사람의 움직이는 패턴을 데이터베이스에 저장하고, 이를 이용하여 사용자인증 등에 활용이 가능하다. 정확한 위치정보는 네트워크 관리 측면에서 다양한 분야에 활용이 가능하다[21,22].

향후 연구로는 제안기법이 위치를 파악하기 위해 측정을 많이 하므로 발생하는 에너지 소비를 줄일 수 있도록 노드의 상황과 위치 변경에 따른 가중치 기반으로 적절하게 가변적인 측정방법의 연구가 필요하다.

## REFERENCES

- [1] Jeffrey Hightower, Gaetano Borriello, "Location System for Ubiquitous Computing," IEEE Computer Society, Vol. 34 No. 8, pp. 57-66, 2001
- [2] Joong-Soo Lim, Gyoo-Soo Chae, Min-Nyun Kim, Young-Ho Kim, "Analysis of DOP using Radio-navigation Transmitter", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 2, No. 2, pp.7-12, 2011
- [3] Sang Min Kim, Ji-Eun Lee, Chankwon Park, "An Empirical Study of the Effect of Perceived Risk upon Intention to LBS Use", Journal of digital Convergence, Vol. 12, No. 12, pp. 119-127, 2014
- [4] P. Bahl, V. N. Padmannabhan, "RADAR: A In-building RF-based user location and tracking system," Proc. Of the IEEE Conf on Computer Communication, Vol. 2, pp. 775-784, 2000
- [5] A. Boukerche, H. A. B. F. Oliveira, E. F. Nakamura, A. A. Loureiro, "Localization systems for wireless sensor networks," IEEE Wireless Communications Special Issue on Wireless Sensor Networks, Vol. 14, pp. 6-12, 2007
- [6] V. Yadav, M. K. Mishra, A.K. Sngh, and M. M. Gore, "Localization scheme for three dimensional wireless sensor networks using GPS enabled mobile sensor nodes," Int'l Jour. Next- Generation Networks, Vol. 1, No. 1, pp. 60-72, Dec. 2009
- [7] Byeong-Gwon Kang, Sung-Ja Choi, Gui-Jung Kim, Yong-Seo Park, "A Study on a 3-Dimensional Positioning System over Indoor Wireless Environments", Journal of digital Convergence, Vol. 12, No. 11, pp. 273-279, 2014
- [8] Won-Jun Jang, Hyung-Woo Lee, "A Design of GPS based Personal Location Self-Control Software on Android Platform", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 1, No. 1, pp. 23-29, 2010
- [9] J.J. Yoo, Y.S. Cho, "Trends in Technical Development and Standardization of Indoor Location Based Services," ETRI, Vol. 29. No. 5, pp. 51-61, 2014.
- [10] Sook-Yeon Kim, Oh-Heum Kwon, "Location Estimation based on Edge Weights in Wireless Sensor Networks," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 30, Issue 10A, pp. 938-948, 2005
- [11] Z. Chaczko, R. Klempous, J. Nikodem, M. Nikodem, "Methods of sensors localization in wireless sensor networks," Proc. of the 14th Annual IEEE Int. Conf. (ECBS'07), pp. 145-152, 2007
- [12] C. H. Ou and K. F. Ssu, "Sensor position determination with flying anchors in three-dimensional wireless sensor networks," IEEE Trans. Mobile Computing, Vol. 7, No. 9, pp. 1084-1097, Sept. 2008.
- [13] IEEE 802.15.4, [https://ko.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.15.4](https://ko.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4) (March 20, 2016)
- [14] ZigBee, <https://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee> (March 20, 2016)
- [15] UWB, "Ultra-wideband", <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-wideband> (March 20, 2016)
- [16] WLAN, [https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_LAN](https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN) (March 20, 2016)
- [17] Joong-Soo Lim, Gyoo-Soo Chae, "Position Fixing Accuracy of TDOA Direction Finding Method",

Journal of digital Convergence, Vol. 12, No. 11, pp.373-378, 2014

- [18] A Gholoobi, S Stavrou, "A hybrid TDoA-ToA localization method," Telecommunications (ICT), 2013 20th International Conference on, Casablanca, pp. 1-4, 2013.
- [19] C Liu, J Yang, F Wang, Joint TDOA and AOA location algorithm, Journal of Systems Engineering and Electronics, Vol. 24, issue 2, pp. 183-188, 2013.
- [20] J Xu, W Liu, F Lang, Y Zhang, C Wang, "Distance measurement model based on RSSI in WSN," Wireless Sensor Network, Vol. 2, No. 8, pp. 606-611, 2010.
- [21] Young-Tae Kim, Yoon-Su Jeong, Gil-Cheol Park, "Energy-efficient routing protocol based on Localization Identification and RSSI value in sensor network", Journal of digital Convergence , Vol. 12, No. 1, pp. 339-345, 2014
- [22] Yong-Tae Kim, Yoon-Su Jeong, "Optimization Routing Protocol based on the Location, and Distance information of Sensor Nodes ", Journal of digital Convergence , Vol. 13, No. 2, pp. 127-133, 2015.

한 군 희(Han, Kun Hee)



- 2001년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수
- 관심분야 : 멀티미디어, 유비쿼터스, DB보안, 암호 프로토콜/알고리즘
- E-Mail : hankh@bu.ac.kr

문 형 진(Mun, Hyung Jin)



- 2008년 2월 : 충북대학교 전자계산학(이학박사)
- 2009년 3월 ~ 2012년 8월 : 중국연변과학기술대학 컴퓨터전자통신학부 교수
- 2008년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 강사
- 관심분야 : 프라이버시보호, 네트워크

크보안, 접근제어

· E-Mail : jinmun@gmail.com

정 희 영(Jeong, Hee Young)



- 2002년 02월 : 충북대학교 정밀기계공학 (공학사)
- 2008년 03월 ~ 현재 : 충북대학교 네트워크보안연구실
- 관심분야 : IoT, 스마트그리드
- E-Mail : sj1004hy@gmail.com