

# 점대점 통신 기반의 위치인식 기법

## Location Recognition Method based on PTP Communication

막마르엔흐자야\*, 권순량\*\*

동명대학교 전기전자정보통신공학과\*, 동명대학교 전자공학과\*\*

Enkhzaya Myagmar(peacedes@nate.com)\*, Soon Ryang Kwon(srkwon@tu.ac.kr)\*\*

### 요약

국내외적으로 위치정보를 이용한 다양한 위치인식 기반의 지능시스템에 대해 활발한 연구가 진행되어 왔다. 대표적인 점대다점 통신 기반의 위치인식 기법은 TOA(Time Of Arrival)를 이용하여 위치를 인식하고자 하는 노드까지의 거리를 계산하고, 3개 노드들의 위치정보를 삼각측량법에 적용하여 고정노드의 위치를 인식하는 기법이다. 따라서 점대다점 통신 위치인식 기법은 사전에 시스템이 특정 공간에 설치되어 있어야 하는 점과 시스템 구축비용이 필요하다는 단점이 존재한다.

본 논문에서는 이러한 점대다점 통신 위치인식 기법의 단점을 보완하기 위한 레인징 기반의 점대점 통신 위치인식 기법을 제시하고, 점대다점 기반의 통신 위치인식 기법에 대비한 성능을 평가하고자 한다. 이를 위해 실내 환경에서 레인징 기반의 점대다점과 점대점 통신 위치인식시스템을 각각 구축하여 실험하였다. 실험 결과 제안된 점대점 위치인식을 적용한 기법이 기존의 점대다점 위치인식을 적용한 기법에 비해 위치인식 정밀도가 3배 이상 향상됨을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 위치인식 | 점대점 통신 | 점대다점 통신 | TOA |

### Abstract

Domestic and international researches, about intelligent systems based on a variety of location recognitions using location information, have actively proceeded. The representative location recognition method based on PTMP(Point To Multi Point) communication uses TOA(Time Of Arrival) to calculate distances to a fixed node that you want to recognize a position. The method is used to obtain the fixed node location information from three nodes location information that is applied by the triangulation method. There are disadvantages, an infrastructure should be established at a specific space and the system established cost is needed, in the location recognition method based on the PTMP communication,

In this paper, the ranging based PTP(Point To Point) location recognition method is proposed to revise the disadvantage of PTMP location recognition method. And then it is compared with PTMP communication location recognition to evaluate performance. In this way, PTMP and PTP communication location recognition systems based on ranging were constructed and tested in an indoor environment.

Experiment results show that the proposed PTP location recognition method could be confirmed to improve accuracy more than 3 times when it was compared with the existed PTMP location recognition method.

■ keyword : | Location Recognition | PTP | PTMP | TOA |

\* 이 논문은 2012학년도 동명대학교 교내 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

접수일자 : 2013년 11월 18일

심사완료일 : 2014년 01월 28일

수정일자 : 2014년 01월 27일

교신처자 : 권순량, e-mail : srkwon@tu.ac.kr

### 1. 서론

현재 보편적으로 사용되고 있는 위치인식 기술은 점대다점(PTMP) 통신 기술이다. 점대다점 통신 기술은 레인지 기반(range-based) 기술과 레인지 프리(range-free) 기술로 구분할 수 있다.

레인지 기반 기술에는 TOA(Time of Arrival), TDOA(Time Difference of Arrival), AOA(Angle of Arrival) 기술이 있다[1][2]. 그리고 점대점 통신 위치추정을 위한 각도계산 기반의 TOA 기술 등이 있다[3][4].

TOA 기술은 무선신호 송신 이후 무선신호의 도착 시간을 이용하여 거리를 계산한다. 이 기술을 활용한 대표적인 사례는 GPS (Global Positioning System)이다. TDOA 기술은 무선신호의 도착 시간 차이를 이용한다. AOA 기술은 무선신호의 수신각도 정보를 이용하여 고정 노드까지 위치를 안내한다. 각도 계산 TOA 기술은 거리와 각도 값을 이용한다.

레인지 프리 기술은 센서노드의 위치를 결정하는데 거리 또는 각도 정보를 쓰는 대신 이웃한 앵커 노드의 정보를 사용하여 위치를 결정하고 추정하는 기술이고 대표적인 기술로서 APIT(Approximation Point In Triangulation Test), DV-HOP(Distance Vector Hop by Hop) 등이 있다[5]. 레인지 프리 기술은 레인지 기반 보다 위치 정확도가 낮지만 USN (Ubiquitous Sensor Network)과 같은 많은 수의 노드가 필요한 환경에서 이동 노드의 위치 인식 및 추정에 알맞은 기술이다.

한편, 레인지 기반 기술은 비교적 높은 정확도를 갖지만 위치인식을 위해서 다중점(multi point)의 역할을 하는 시스템이 별도로 요구되므로 시스템 구축비용이 필요하고, 특정한 공간에서만 기술이 적용된다는 단점이 있다.

이러한 공간제약과 시스템 구축비용 문제를 해결하기 위해서는 점대점 통신 방식의 기술 접근을 통한 위치인식 기법이 요구된다.

본 논문에서는 레인지 기반의 점대점 통신 기반으로 위치인식이 가능함을 제시하고, 점대점 통신과 점대다점 통신 기법의 위치인식 성능을 비교함으로써 점대점 통신이 점대다점 통신을 대체할 수 있음을 실측 실험을

통해 검증하고자 한다. 이를 통해 공간제약과 시스템 구축비용 문제를 해결하고자 한다.

논문 구성은 2장에서 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 제안된 점대점 통신 기반의 위치인식 기법을 제시한다. 4장에서는 구축된 점대다점과 점대점 통신 기법을 적용한 위치인식시스템을 제시하고, 5장에서 구축된 시스템을 통한 실험 진행 방법을 설명한다. 6장에서는 실험결과를 분석 및 평가한 후, 7장에서 결론을 맺는다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 점대다점 통신 기반의 위치인식 기법

무선 송신기와 수신기 사이에 시간 동기기를 일치시킨 상태에서 무선 송신기가 보낸 시각이 포함된 신호를 전송하면, 각 수신기에서는 신호가 도착하였을 때의 수신 시각(TOA)과 송신기가 발송한 송신 시각을 비교하여 무선 송신기와 각 수신기 사이의 거리를 측정할 수 있다.

TOA 기법으로 무선 송신기의 위치를 추정하기 위해서는 [그림 1]과 같이 적어도 세 개 이상의 수신기( $R_1, R_2, R_3$ )가 필요하다.

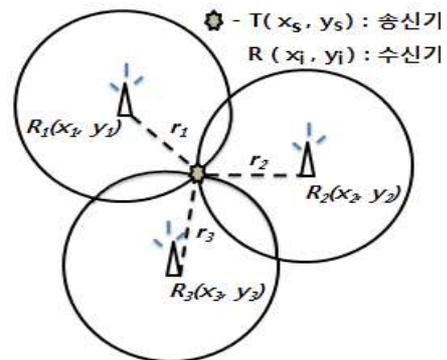


그림 1. TOA 알고리즘을 통한 무선 송신기 위치인식

수신기에서 무선 신호를 전송할 경우,  $i$ 번째 수신기가 신호를 수신하는 시각을  $t_i$ , 신호의 전송 속도를  $v$ 로 정의할 때, 무선 송신기에서  $i$  번째 수신기까지의 거리는 식(1)로 표현할 수 있다.

$$r_i = t_i \cdot v, \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

무선 송신기의 좌표  $T(x_s, y_s)$ 를 구하기 위해  $i$  번째 수신기의 좌표를  $(x_i, y_i)$ 이라고 하면, 각 수신기로부터 무선 송신기까지의 거리는 삼각측량법을 적용한 식(2)와 같다.

$$r_i = \|x_s - x_i\| = \sqrt{(x_s - x_i)^2 + (y_s - y_i)^2}, \quad i=1,2,3 \quad (2)$$

### 2.2 SDS-TWR 기반의 거리측정 기술

TWR(Two-Way Ranging)은 TOA 방식을 통하여 송수신 장치간의 프레임 왕복시간을 이용하여 거리를 측정하는 방식이다. IEEE 802.15.4a 표준 규격의 CSS(Chirp Spread Spectrum) 기반의 위치 인식은 CSS 기본 레인징 방식인 TWR을 두 번 반복하는 확장 레인징 방식인 SDS(Symmetric Double Side) -TWR을 이용한다. 이 기술은 기존의 RSSI (Received Signal Strength Indication) 보다 위치인식의 정확도가 더 높다. 또한 [그림 2]에서 보는 바와 같이 노드A와 노드B 간 4번의  $T_p$  지연시간의 평균을 취함으로써 보다 정확한 거리를 구할 수 있다[6][7].

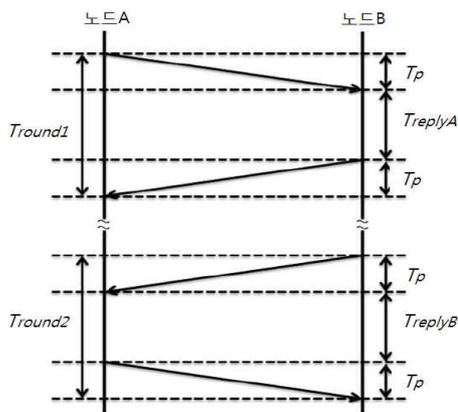


그림 2. SDS-TWR 거리측정 방법

SDS-TWR 거리측정에 사용되는  $T_p$  지연시간 계산식은 식(3)과 같다.

$$T_p = \frac{(T_{round1} + T_{round2}) - (T_{replyA} + T_{replyB})}{4} \quad (3)$$

### 3. 제안된 점대점 통신 기반의 위치인식 기법

제안된 점대점 통신 기반의 위치인식 모델은 [그림 3]과 같다.

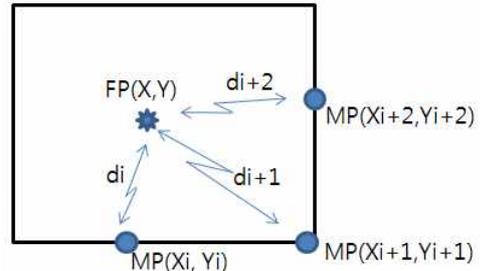


그림 3. 점대점 통신 기반의 위치인식 모델

제안된 점대점 통신 기반의 위치인식 기법은 단일 이동점(MP: Moving Point)을 이용하여 점대다점 통신 시스템 환경의 개별 수신기의 위치에서 독립적으로 송신기에 해당하는 고정점(FP: Fixed Point)까지의 거리측정을 시도함으로써 마치 단일 이동점이 여러 개의 수신기 역할을 하도록 하는 방법이다. 이를 위해 이동점은 첫 위치에서 고정점까지의 삼각형을 형성할 수 있는 사전에 정해진 다음의 2개 지점(좌표점이 표시된 지점)으로 이동점을 이동하면서 각각의 지점에서 측정된 고정점까지의 거리를 통해 고정점의 위치를 인식하게 된다. 따라서 점대점 통신 방식이 점대다점 통신 방식과 동일한 효과를 내도록 할 수 있다.

점대점 통신 기반의 위치인식 절차는 [그림 4]와 같다.

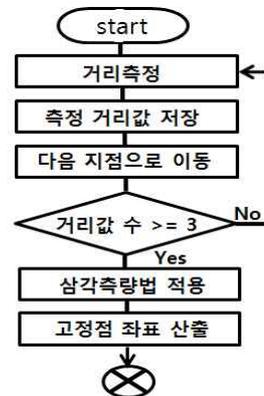


그림 4. 점대점 통신 기반의 위치인식 절차

이동점이 최초지점에서 거리측정을 한 후 측정된 거리값을 저장한다. 이후 점대다점 통신 환경의 두 번째 이동점(비컨점)에 대응되는 위치로 이동하여 이전 지점에서 거리측정한 방법과 동일 방법으로 거리값을 추출한다. 세 지점에서의 거리측정 시도를 통해 거리값 측정이 완료되면 삼각측량법을 적용하여 고정점의 좌표를 산출한다.

#### 4. 위치인식시스템

본 논문에서는 점대점 통신 위치인식 기법을 제안하고 이 기법이 점대다점 통신 위치인식 기법과 동일 수준 이상의 성능을 보임을 검증하기 위해 다음과 같이 두 시스템을 구축한다.

##### 4.1 기존의 점대다점 통신 위치인식시스템

[그림 5]는 CSS 장비를 이용하여 구축한 점대다점 통신에서의 TOA 기반 위치인식시스템을 나타낸 것이다.



그림 5. 점대다점 통신 위치인식시스템

[그림 5]에서 보는 바와 같이 점대다점 통신 위치인식시스템은 위치 좌표점을 가지는 3개의 비컨점(BP: Beacon Point), 하나의 고정점 및 싱크점, AVR-ISP 커넥터, 그리고 노트북으로 구성된다. 비컨점은 주기적으로 고정점으로 무선신호를 보낸다. 고정점은 비컨점으로부터 수신된 고정점까지의 거리를 측정하여 싱크점으로 전송해 준다. 싱크점은 UART 통신으로 AVR-ISP 커넥터로 신호를 보내면 RS-232 신호로 변환되어 노트북으로 보내진다. 노트북의 TinyOS 환경에서 동작되는 위치인식 프로그램에서는 비컨점으로부터

받은 고정점까지의 거리 리스트를 참고하여 고정점의 위치를 계산하고 그 결과를 화면에 출력한다.

##### 4.2 제안된 점대점 통신 위치인식시스템

[그림 6]은 CSS 장비를 이용하여 구축한 점대점 통신에서의 TOA 기반 위치인식시스템을 나타낸 것이다.



그림 6. 점대점 통신 위치인식시스템

[그림 6]에서 보는 바와 같이 점대점 통신 위치인식시스템은 위치를 찾고자 하는 하나의 고정점과 이동점, AVR-ISP 커넥터, 노트북으로 구성된다.

노트북의 TinyOS 환경에서 동작되는 위치인식 프로그램에서는 이동점 이동에 따라 해당 이동점으로부터 받은 고정점까지의 거리를 리스트화 하여 고정점의 위치를 계산하고 그 결과를 화면에 출력한다.

#### 5. 실험 진행 방법

본 실험에서는 실 환경에서의 안정한 실험 데이터를 얻기 위해 가로(10m) x 세로(10m) 규모의 실내 환경에서 CSS 장비 설치 높이를 1m로 설정한다.

점대다점 통신 방식을 적용한 위치인식 성능과 점대점 통신 방식을 적용한 위치인식 성능을 비교하기 위한 실험 진행 방법은 다음과 같다.

##### 5.1 점대다점 통신 위치인식

[그림 7]은 고정점 배치에 따른 점대다점 통신 위치인식 실험 진행 방법을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 사전에 지정된 비컨점 3개를 배치한 후, 고정점의 위치인식 성능을 측정하기 위해 고정점 위치를 7개 장소로 옮겨가면서 실험을 진행한다.

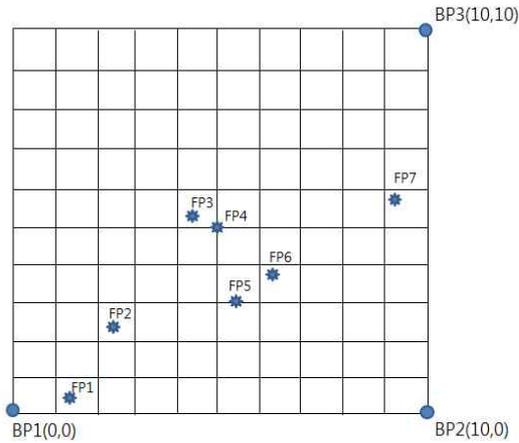


그림 7. 고정점 배치에 따른 점대다점 통신 위치인식

### 5.2 점대점 통신 위치인식

[그림 8]은 고정점 배치에 따른 점대점 통신 위치인식 실험 진행 방법을 나타낸 것이다.

본 실험에서는 점대다점과 동일 환경에서의 위치인식 성능을 평가하기 위해 점대다점과 동일 장소의 고정점을 선정하여 실험을 진행한다. 이를 위해 사전에 지정된 비컨점 3개를 배치하는 대신 하나의 이동점을 이용하여 비컨점 3개가 배치된 위치로 직접 이동하여 고정점까지의 거리를 측정하고 삼각측량법을 적용하여 고정점의 위치를 인식하도록 한다.

이때 고정점의 위치 인식 성능을 측정하기 위해 고정점 위치를 7개 장소로 옮겨가면서 실험을 진행한다.

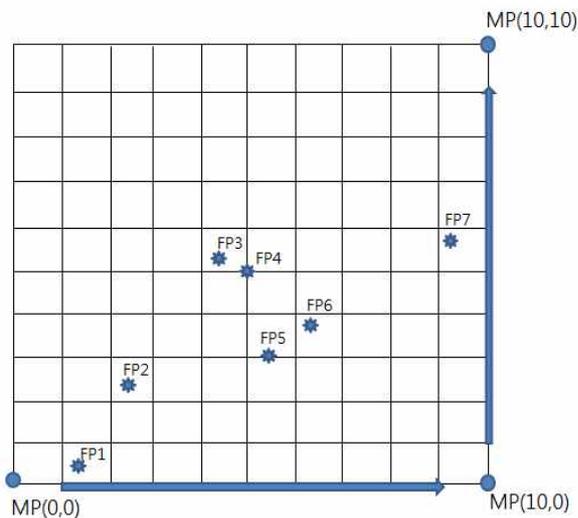


그림 8. 고정점 배치에 따른 점대점 통신 위치인식

## 6. 실험 결과 및 분석

### 6.1 실험 결과

점대다점 통신 방식을 적용한 위치인식 실험 결과에 대비한 점대점 통신 방식을 적용한 위치인식 성능 실험 결과는 다음과 같다. 여기서 고정점의 위치를 인식하는 실험 시도횟수는 16회로 정하고 측정할 각 위치값은 16회 측정값의 평균값으로 기술하였다.

#### 6.1 점대다점 통신 위치인식

[표 1]은 점대다점 통신 위치인식에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다.

표 1. 점대다점 통신 위치인식 실험 결과

고정점	실제좌표	측정좌표	오차
FP 1	(1.3, 0.5)	(0.89, 9.15)	(0.41, -8.65)
FP 2	(2.7, 2.5)	(3.22, 7.51)	(-0.52, -5.01)
FP 3	(4.2, 5.2)	(5.93, 7.58)	(-1.73, -2.38)
FP 4	(5, 5)	(6.53, 6.88)	(-1.53, -1.88)
FP 5	(5.3, 3)	(5.67, 5.96)	(-0.37, -2.96)
FP 6	(6.3, 3.6)	(6.05, 4.76)	(0.25, -1.16)
FP 7	(9.2, 5.6)	(10.27, 10.21)	(-1.07, -4.61)

7개의 고정점들의 실제좌표와 측정좌표간의 평균좌표 오차는 (0.84m, 3.80m)로 나타났다.

#### 6.2 점대점 통신 위치인식

[표 2]는 점대점 통신 위치인식에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다.

표 2. 점대점 통신 위치인식 실험 결과

고정점	실제좌표	측정좌표	오차
FP 1	(1.3, 0.5)	(1.29, 1.17)	(0.01, -0.67)
FP 2	(2.7, 2.5)	(2.76, 2.40)	(-0.06, 0.1)
FP 3	(4.2, 5.2)	(4.49, 4.97)	(-0.29, -0.23)
FP 4	(5, 5)	(5.15, 5.13)	(-0.15, -0.13)
FP 5	(5.3, 3)	(5.16, 2.40)	(0.14, 0.6)
FP 6	(6.3, 3.6)	(5.94, 3.57)	(0.36, -0.03)
FP 7	(9.2, 5.6)	(8.15, 6.38)	(1.05, -0.78)

이동점과 고정점간의 평균거리 오차는 0.47m로 나타났다. 이로 인해 고정점의 위치를 측정할 때 절대 평균거리 오차가 누적되어 가서 고정점의 위치는 (0.29m, 0.36m)의 측정 오차를 가진다.

#### 6.3 실험 결과 분석

[그림 9]는 7개 고정점별 위치인식 기법에 따른 위치

측정 좌표의 x축 오차를 비교한 것이다. 실제의 고정점의 물리적인 x 축을 기준으로 한 점대다점과 점대점 통신으로 측정된 x 축의 오차는 각각 8.4%, 2.9% 이었다.

[그림 10]은 7개 고정점별 위치인식 기법에 따른 위치측정 좌표의 y축 오차를 비교한 것이다. 실제의 고정점의 물리적인 y 축을 기준으로 한 점대다점과 점대점 통신으로 측정된 y축 오차는 각각 38%, 3.6% 이었다.

[그림 11]은 위치측정 방식에 따른 위치측정 좌표값 분포를 나타낸 것이다.

실험결과 점대점 통신기반의 위치측정 좌표값의 오차는 (0.29m, 0.36m)이고, 기존의 점대다점 통신기반의 위치측정 좌표값의 오차는 (0.84m, 3.80m)로 확인되었다. 따라서 점대점 통신 방식이 점대다점 통신 방식보다 3배 이상 정밀도가 향상되었다. 점대다점 통신의 경우 위치 인식의 정확도가 점대점 통신에 비해 낮아진 이유는 무선 송신을 위해 3개의 비컨점이 동시에 캐리어 주파수로 송신함으로 인해 전파의 감쇄가 발생하여 수신시에 지연이 발생하기 때문으로 판단된다.

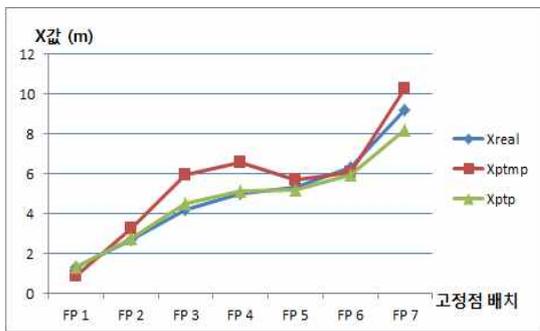


그림 9. 고정점별 위치측정 좌표의 X축 오차 비교

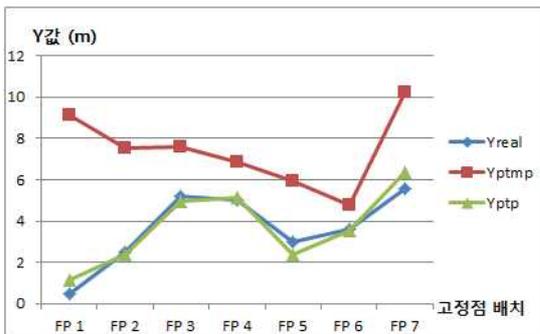


그림 10. 고정점별 위치측정 좌표의 Y축 오차 비교

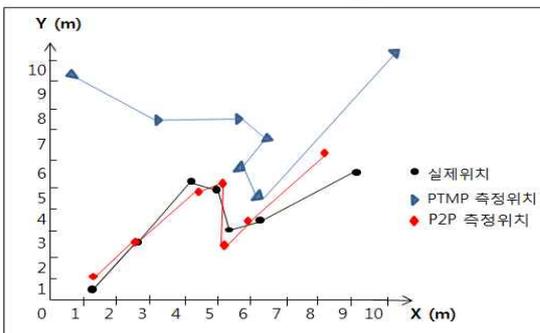


그림 11. 위치측정 방식별 위치측정 좌표값 분포

## 7. 결 론

일반적으로 점대다점 통신 기반의 위치인식을 적용하여 고정 대상물의 위치를 확인하는 기법이 널리 사용되고 있다. 이 기법을 적용한 시스템은 3개 이상의 비컨점과 이를 제어하는 시스템이 요구되어 특정 공간에서만 적용 가능하고, 시스템 구축비용이 필요하다는 단점이 존재한다.

본 논문에서는 이러한 점대다점 통신 위치인식 기법의 단점을 보완하기 위한 레인징 기반의 점대점 통신 위치인식 기법을 제시하고, 점대다점 기반의 통신 위치인식 기법에 대비한 성능을 평가하였다. 이를 위해 실내 환경에서 레인징 기반의 점대다점과 점대점 통신 위치인식시스템을 각각 구축하여 실험하였다. 실험 결과 제안된 점대점 위치인식을 적용한 기법이 기존의 점대다점 위치인식을 적용한 기법에 비해 위치인식 정밀도가 3배 이상 향상됨을 확인할 수 있었다.

본 기술은 고정점과 같은 대상으로 볼 수 있는 주차장에 주차된 차량, 또는 전시된 상품 등과 같은 고정 객체의 위치를 찾고자 할 때 적용할 수 있다. 이때 이동점은 사용자의 단말(예: 스마트폰)에 해당된다. 따라서 사용자가 몇 걸음만 이동하면 찾고자 하는 대상의 위치를 찾아 낼 수 있도록 하는 서비스에 적용 가능하며, 그 서비스의 핵심 기반 기술이 될 수 있다.

향후 과제로서 본 기술을 실제 환경에 적용할 때 발생하는 여러 가지 경우의 문제점(비가시 전파환경시의 전파지연 및 전파방해, 임의의 공간에서 위치점 이동거

리의 정확성 보장의 어려움, 이동단말기에 적용할 수 있는 소형화된 무선통신 모듈 개발 등)을 보완하는 기술 개발이 요구된다.

통신학회논문지, 제37B권, 제4호, pp.309-316, 2012.

참 고 문 헌

[1] Saleh Al-Jazzar, Mounir Ghogho, and Desmond McLernon, "A Joint TOA/AOA Constrained Minimization Method for Locating Wireless Devices in Non-Line-of-Sight," Environment IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol.58, pp.468-472, 2009.

[2] 권오흠, 변상구, 김상훈, 이노복, "센서네트워크 위치인식을 위해 GPS가 제공하는 위치 정보와 TWR 방식으로 측정된 노드 간의 거리정보를 융합하는 기법", 정보과학회논문지, 제39권, 제1호, pp.60-72, 2012.

[3] 막마르엔흐자야, 권순량, "점대점 통신 위치추정을 위한 각도계산 기반의 TOA 알고리즘", 정보과학회논문지 시스템 및 이론, 제38권, 제2호, pp.94-101, 2011.

[4] 임성학, 우은영, 최진영, 공한솔, 막마르엔흐자야, 권순량, "CSS 기반의 P2P 통신 위치안내 시스템", 한국멀티미디어학회 추계학술대회, 제16권, 제2호, pp.113-115, 2013.

[5] 이상우, 이채우, "무선 센서 네트워크에서 칼만 필터를 이용한 잔여 힘-벡터 기반 Range-free 위치인식 알고리즘", 한국통신학회논문지, 제35권, 제4호, pp.647-658, 2010.

[6] H. W. Cho, J. W. Lee, and S. W. Kim, "An Algorithm to Arbitrate Multiple Chirp-Spread-Spectrum Nodes for Ranging: The Three Node Case," Robotics, Automation and Mechatronics (RAM), IEEE Conference, pp.338-342, 2011.

[7] 정무경, 최창용, 이동명, "NLOS환경에서의 최소자승법을 적용한 위치인식 보정 알고리즘", 한국

저 자 소 개

막마르 엔흐자야(Enkhzaya Myagmar) 정회원



- 2007년 6월 : 몽골 후레정보통신대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 2010년 2월 : 동명대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 전기전자정보통신공학과 수료

(공학박사)

<관심분야> : RFID/USN, 홈 네트워크, RTLS, 무선 가시광 통신, 로봇 장애물회피 기술

권 순 량(Soon Ryang Kwon) 정회원



- 1982년 6월 : 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1984년 2월 : 부산대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1999년 3월 : 충남대학교 전자공학과 졸업(공학박사)

▪ 1984년 3월 ~ 1999년 3월 : 한국전자통신연구원 책임연구원

▪ 1999년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 전자공학과 교수  
<관심분야> : 이동통신시스템, RFID/USN, 홈네트워크, RTLS, 무선 가시광 통신, 로봇 자기위치인식 및 회피 기술