
개선된 삼변측량법을 이용한 위치인지 알고리즘 개발

손종훈* · 황기현**

Development of Position Awareness Algorithm Using Improved Trilateration Measurement Method

Jong-Hoon, Sohn* · Gi-Hyun Hwang**

본 논문은 지식경제부, 부산광역시에서 지원하는 동서대학교 유비쿼터스 어플라이언스 지역혁신센터에서 지원받았음
(과제번호. B0008352). 2012년도 동서대학교 학술연구조성 지원과제의 연구결과로 수행되었음

요 약

본 논문은 개선된 삼변측량법을 이용하여 위치인지에 대한 정확도를 향상시킨 위치인지 알고리즘을 개발하였다. 개발한 위치인지 알고리즘은 첫째, 측정된 신호세기를 기반으로 노드와의 거리를 계산한다. 특정한 위치에 노드를 배치한 후 노드와의 거리 측정시 오차가 발생했다는 가정 하에 설계하였다. 노드(수신기, 중계기)들로 부터 거리데이터가 전송되면 구역에 따라 위치 계산에 쓰일 인접한 노드를 선택한다. 위치계산은 두 원을 그룹으로 생성한 후 두 교점을 이용해서 사각형 영역 안의 네점의 위치를 구한다. 둘째, 구역 필터링 알고리즘 적용하였다. 노드들이 구성하는 4개의 구역이 있다고 가정하고, 한 구역은 6개의 위치인지 좌표를 담당하게 하였다. RF의 특성상 실제 거리가 멀수록 신호세기에 의한 거리 오차는 커지게 되어있다. 이를 구역 필터링을 통하여 1차 필터링을 하고 2차적으로 개선된 알고리즘을 적용하여 위치인지 오차를 최소화하였다.

ABSTRACT

In this paper, location recognition algorithm is developed to improve the accuracy using improve Trilateration. The location recognition algorithm is first calculate the location refer to the measured signal power. Error can be occurred when measure distance with arranged node in specific location. If the distance data is received from node (receiver, coordinator), Node selected for location calculation is defined through section. Second, we apply algorithm of section filtering. If there are 4 sections in node, we consider 1 section to 6 location recognition coordinates. A special characteristic drawback of RF is that the actual distance is actually farther than the calculated received distance data. This is error is incurred when the signal strength increases. We reduce the location recognition error by applying an improved algorithm as secondary after filtering primary through section filtering.

키워드

삼변측량법, 위치인지, RF 신호, 구역필터 알고리즘, 노드

Key word

Trilateration, Position Awareness, RF Signal, Area Filter, Node

* 정회원 : 동서대학교 일반대학원

** 정회원 : 동서대학교 (교신저자, hwanggh@gdsu.dongseo.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 05

심사완료일자 : 2012. 10. 31

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.2.473>

©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

일반적 공동주택에서는 주차관리를 위한 주차증, 공동현관 및 세대 현관을 위한 태그, 출입카드, 비밀번호 입력을 별도로 사용하고 있으며 편의 시설(단지내 도서관이나 헬스 시설 등)을 이용할 경우에도 별도의 카드를 발급받아 사용하는 불편함을 해소하기 위해 하나의 원카드 혹은 원패스 시스템 요구되고 있다. 또한 사용자의 위치를 인식하는 원패스 시스템과 응급 상황을 인지하는 서비스를 연동하여 편리성과 보안성을 갖춘 맞춤형 통합서비스에 대한 요구도 증가하고 있다.

이러한 편리하고 윤택한 생활환경을 제공하기 위해 주거 환경을 손쉽게 편리하게 이용할 수 있는 통합형 정보통신 기술의 필요성이 증가하고 있다. 주거 형태 중 공동주택 특히 아파트가 차지하는 비중이 증가되어 가고 있는 추세에 있으며 사용자 편리성과 시큐리티(보안성)에 대한 요구가 증대되고 있다. 이용자는 한곳에 머물러 있는 것이 아니라 필요에 의해 자유로이 이동하는 존재로 현재 사용자의 위치 인지와 더불어 실시간 위치정보를 통한 편리성과 이동성을 제공하는 통합시스템에 대한 요구가 절실하다

이러한 기능을 수행하는데 필요한 기초적인 기술인 위치인지 알고리즘에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 위치인지 알고리즘을 홈네트워크 시스템에 도입함으로써 주차 차량에 대한 위치정보 및 위치정보 수집의 편리성을 제공하고 정보의 저장 및 정보 내용을 실시간 제공함에 따라 입출차 등의 통합관리 서비스 수행이 가능하게 한다.

따라서, 본 논문에서는 개선된 삼변측량법을 이용하여 위치인지에 대한 정확도를 향상시킨 위치인지 알고리즘을 개발하였다. 개발한 위치인지 알고리즘은 측정된 신호세기를 기반으로 노드의 위치를 계산한 이후 구역 필터링 알고리즘 적용하였다. 구역 필터링을 통하여 1차 필터링을 하고 2차적으로 개선된 알고리즘을 적용하여 위치인지 오차를 최소화하였다.

II. 개선된 위치인지 알고리즘

2.1. 위치인지 알고리즘

전파는 거리에 따라 일정하게 송신 신호가 감소하는

특징이 있는데, 이러한 특징을 활용하여 근거리에서는 RSS(Received Signal Strength)기술을 다른 측위기술과 함께 사용하기도 한다. 근거리 위치 추적 기술의 초기 단계에는 대부분의 시스템이 RSS 방식을 사용하였는데, 그 당시에는 통신 기술과 관련된 표준에 μsec 수준의 정밀한 시간 정보를 이용할 수 있는 필드가 존재하지 않았기 때문이다. RSS를 사용하는 경우 전파 환경에 따른 위치추정의 부정확성 문제가 심각하게 발생하였다. 근거리 위치추적 시스템에 사용되는 근거리 통신 기술의 상당수가 2.4~2.5GHz 부근의 ISM 대역을 이용하고 있으며, 동일한 주파수 대역을 이용하는 다른 통신 기술 및 가전 장치들에 의한 간섭효과가 심했기 때문이다. 또한 사람이나 주위 환경에 따른 간섭 효과도 무시할 수 없었고 일정한 패턴을 보이지도 않았기 때문이다.

1. 삼각측량법(Triangulation): 어떤 한 점의 좌표와 거리를 삼각형의 성질을 이용하여 알아내는 방법이다. 그 점과 두 기준점이 주어졌으면, 그 점과 두 기준점이 이루는 삼각형에서 밑변과 다른 두 변이 이루는 각을 각각 측정하고, 그 변의 길이를 측정한 뒤, 사인 법칙 등을 이용하여 일련의 계산을 수행함으로써, 그 점에 대해 좌표와 거리를 알아내는 방법이다. Reference Node 2개의 위치와 Moving Node 간의 각도를 이용하여 위치를 검출하며, AoA방식의 위치 추적 방식과 함께 사용되는 알고리즘이다.

2. 삼변측량법 (Trilateration): 삼각측량과 마찬가지로 삼각형 기하학을 사용하여 물체의 상대 위치를 구하는 방법이다. 하나의 변의 길이와, 양 끝의 두 각을 이용하는 삼각측량과는 달리 삼변측량은 목표의 위치를 알기 위해서 두 개 이상의 기준점과, 물체와 각 기준점과의 거리를 이용한다. 삼변측량만으로 2차원 면에서의 상대 위치를 정확하고 유일하게 결정하기 위해서는 최소한 3개의 기준점이 필요하다.

2.2. 개선된 위치인지 알고리즘

본 논문에서는 기존의 삼변측량법을 개선하여 위치 오차를 최소화 개선된 위치인지 알고리즘을 개발하였다. 통상적인 위치인지 알고리즘은 RF의 특성과 신호세기의 오차율 때문에 위치인지 시 부정확한 판단을 한다. 이에 다음과 같은 알고리즘을 적용하여 위치인지 오차를 최소화 하였다.

1. 삼변측량법 개선 : 위치계산은 측정된 신호세기 (rssi)를 기반으로 노드의 위치를 계산한다. 그림 1과 같이 9개의 노드를 배치한 후 노드와의 거리 측정시 오차가 발생했다는 가정 하에 설계 되었다. 노드(수신기, 중계기)들로 부터 거리데이터가 전송되면 구역1 ~ 구역4 중 어느 영역에 있는지에 따라 위치 계산에 쓰일 인접한 노드 4개를 선택한다. 계산은 두 원을 그룹으로 생성한 후 두 교점을 이용해서 사각형 영역 안의 점의 위치를 구한다.

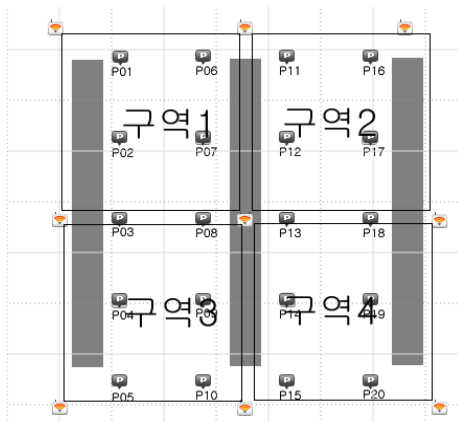


그림 1. 구역설정
Fig. 1 Area setting

그림 2는 개선된 삼변측량법을 이용하여 위치인지 계산을 위한 구성도를 나타내었다. 그림 2에서 보는 것처럼, A원과 B원을 이용하여 두 교점을 구하는 계산식은 식 (1), (2)과 같다.

$$d_1^2 = (x_i - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \quad (1)$$

$$d_2^2 = (x_i - x_2)^2 + (y - y_2)^2 \quad (2)$$

여기서, $y_1 = y_2$ 이기 때문에 x_i 값을 구하면 식 (3)과 같다.

$$x_i = \frac{d_1^2 - d_2^2 + x_2^2 - x_1^2}{2(x_2 - x_1)} \quad (3)$$

식 (3)을 이용하여 두 개의 y_1, y_2 값을 구할 수 있으

며, 그 중 하나의 값을 이용해 $III(x_i, y_i)$ 의 값을 구할 수 있다. 계속해서 이러 방식으로 포인트 IV를 계산하고, 포인트 I, II 를 구한다. 최종적으로 $M(x, y)$ 를 식 (4), (5)와 같다.

$$x = \frac{x_i + x_{ii} + x_{iii} + x_{iv}}{4} \quad (4)$$

$$y = \frac{y_i + y_{ii} + y_{iii} + y_{iv}}{4} \quad (5)$$

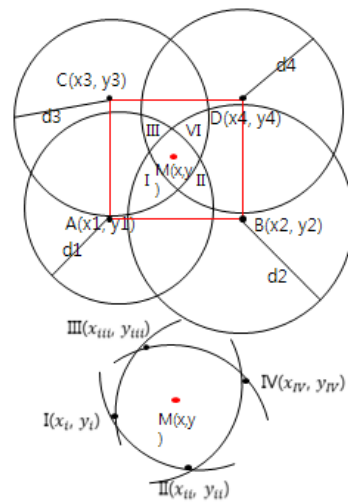


그림 2. 개선된 삼변측량법을 이용하여 위치인지 계산

Fig. 2 Calculation of position awareness using improved trilateration measurement

2. 위치보정 기법을 이용한 정확도 개선 : 위에서 설명한 바와 같이 거리측정기술의 한계로 오차가 발생하는데 오차가 큰 값을 위치계산 알고리즘에 적용하여 좌표를 계산 할 경우 제대로 된 결과가 나올 수 없다. 그러므로 다음과 같은 알고리즘을 적용하여 오차의 영향을 최소화 하였다

(1) 구역 필터링 알고리즘 : 위에서 언급 한 거와 같이 9개 노드에서 4개의 구역이 있다고 가정한다. 한 구역은 6개의 위치 인지 좌표를 담당하게 된다. RF의 특성상 실제 거리가 멀수록 신호세기에 의한 거리 오차는 커지게 되어있다. 이를 구역 필터링을 통하여 1차 필터링을 하고 2차적으로 개선된 알고리즘을 적용하여 위치인지 오차

를 최소화 한다.

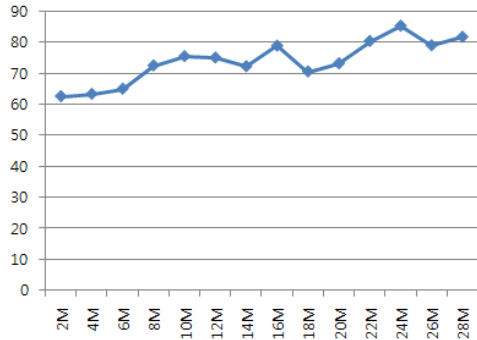


그림 3. 거리별 평균 신호세기
Fig. 3 Average signal strength by distance

그림 3에서와 같이, 거리별로 신호세기의 오차율이 커지는 것을 알 수 있다. 또한 12m 이하에서는 신뢰성 있는 신호세기임을 알 수 있으며, 이를 이용하여 구역별 점수 (-60 ~ -80dBm)를 적용하여 구역 필터링을 하였다. 즉 점수가 클수록 사용자가 있을 확률이 높아진다. 1차 적으로 구역이 필터링 되면 그 구역에 속한 노드를 이용하여 개선된 삼변 측량법을 이용하여 실 위치측정을 하게 된다.

$$\text{구역1} = \text{노드1} + \text{노드2} + \text{노드3} + \text{노드4}$$

$$\text{구역2} = \text{노드4} + \text{노드3} + \text{노드5} + \text{노드2}$$

...

$$\text{노드1} = 100\text{dbm} - 4\text{dbm} = 36\text{점}$$

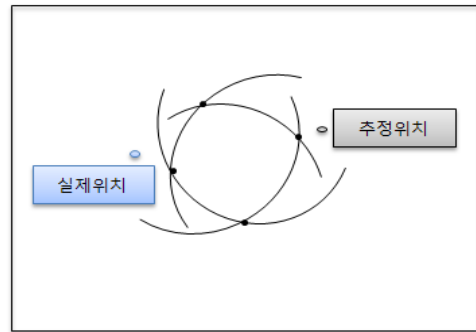
$$\text{노드2} = 100\text{dbm} - 5\text{dbm} = 25\text{점}$$

...

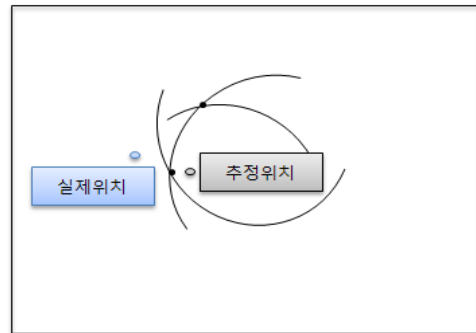
(2) 평균값 계산: 거리측정에 실패한 패킷의 경우 실제거리보다 훨씬 먼 거리에 있는 것으로 인식되어 이 데이터가 위치계산에 적용 될 경우 큰 오차가 발생하였다 (1차 평균). 이를 해결하기 위해 노드로 부터 도착한 6개 데이터의 평균을 구하여 그 값에 가까운 데이터만 따로 뽑아 다시 평균을 구함으로써(2차 평균) 거리측정에 실패한 패킷을 위치계산에서 배제하였다.

(3) 거리에 따른 오차율 계산: 실험결과 거리가 멀어짐에 따라 신호세기 오차율 증가로 인하여 위치인지 오차율도 높아졌다. 이러한 데이터 역시 정확한 위치를 계산하는데 방해요소가 되었다. 그림에 나타났듯이 좌표를 구하기 위해서는 정확한 측정값 두 개만 있어도 충분

하므로 반경이 가장 작은 원(반경이 작을수록 정확도가 높다)과 교점을 이루지 않는 원을 그리는 측정값과 노드는 위치계산에서 배제하였다.



(a)



(b)

그림 4. 거리에 따른 오차율 계산
(a) 알고리즘 적용 전 (b) 알고리즘 적용 후

Fig. 4 Error calculation by distance
(a) Before applying algorithm (b) After applying algorithm

그림 5는 개선된 위치인지 알고리즘 구성도를 나타내었다. 그림 5에서 보는 것처럼, 사용자 태그를 통해 위치데이터가 전송 되고, 이 데이터는 수신기와 중계기를 거쳐 서버로 전송 된다. 서버로 전송 데이터는 M2M 데이터 수집 모듈을 거쳐 데이터 레지스터에 저장된다. 이 위치 데이터는 보정기법을 이용하여 데이터 값이 수정되고 보정된 데이터는 위치인지 계산기에 위치데이터 값을 수정한 후에 사용자에게 위치데이터 값을 보낸다.

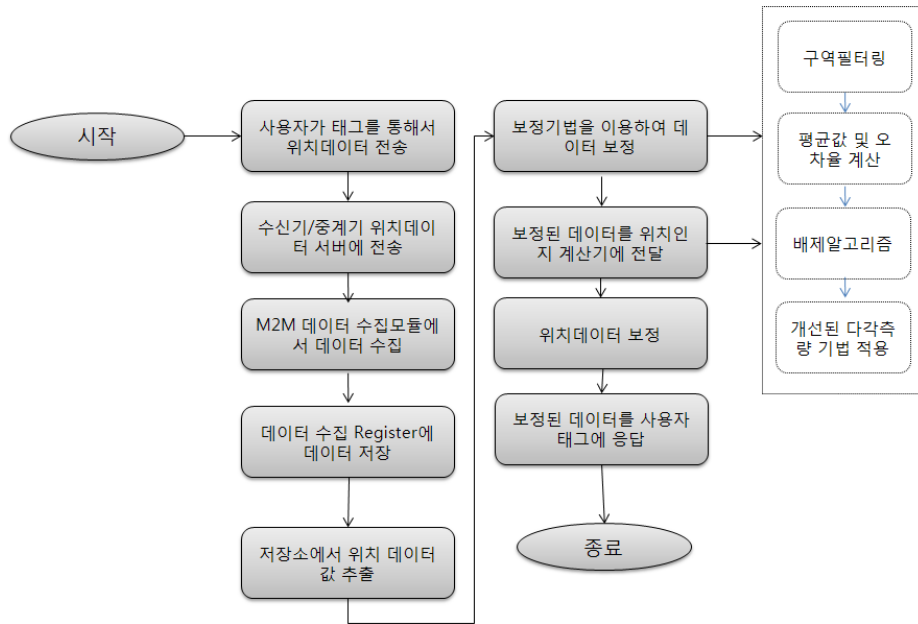


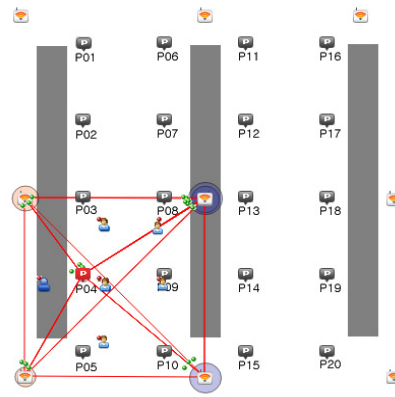
그림 5. 개선된 위치인지 알고리즘 구성도
 Fig. 5 Configuration of improved position awareness algorithm

III. 사례연구

본 논문에서는 개선된 위치인지 알고리즘을 이용하여 위치인지 성공률을 검증하기 위하여 먼저 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 결과, 위치인지에 대한 성공률이 93.5% 정도이고 실패율이 6.5%이다.



(a)



(b)

그림 6. 시뮬레이션 결과
 (a) 도면에 표현된 분포도 화면
 (b) 개선 알고리즘을 이용한 위치인지 분석 화면
 Fig. 6 The result of simulation
 (a) The screen of distribution chart
 (b) The screen of position awareness analysis using improved algorithm

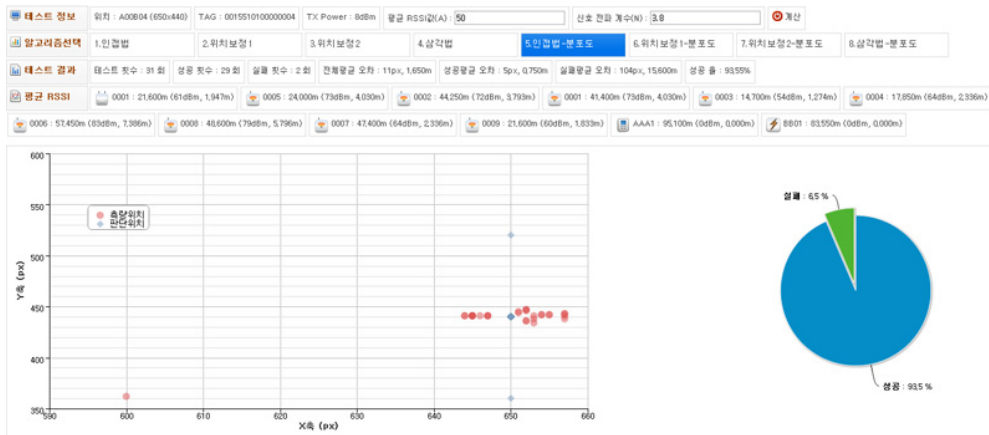


그림 7. 위치인지 시뮬레이션 Tool
Fig. 7 Simulation tool of position awareness

그림 7은 위치인지 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 개발한 시뮬레이션 Tool을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 테스트 정보, 알고리즘 선택, 테스트 결과 및 평균 RSSI 까지 표시가 가능하도록 설계를 하였다. 그림에서 빨간색은 측량위치, 파랑색은 판단위치를 표시하고 오른쪽에 있는 차트는 성공율을 나타낸다.

본 논문에서는 개선된 위치인지 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 그림 8과 같이 실험장치를 구성하였다. 가로 세로 30m 내에 수신기 1대와 중계기 1대를 설치하였다. 10m 거리마다 사용자 태그를 설치하였다. 사용자 태그의 위치 정보는 4대의 수신기를 거쳐 중계기에 전송

되고 중계기로 전송된 위치 정보는 유선랜을 통해 서버를 전송되도록 장치를 구성하였다.

그림 9는 위치인지 서버에 대한 구성도를 나타내었다. 그림에서 보는 것처럼, 원패스 태그에서 수신한 신호는 중계기를 거쳐 위치인지 서버로 데이터가 전송된다. 중계기에서 송신한 신호는 M2M 데이터 수집모듈을 거쳐 위치인지엔진으로 전송된다. 이 신호는 위치인지계산기, 배제알고리즘 및 구역필터링 알고리즘을 이용하여 위치를 계산하고 그 결과를 메시지 변환 모듈로 전송한다. 이 메시지는 주차관제, 비상알림, 현관제어 및 차량주차 위치 등과 같은 서비스를 지원한다.

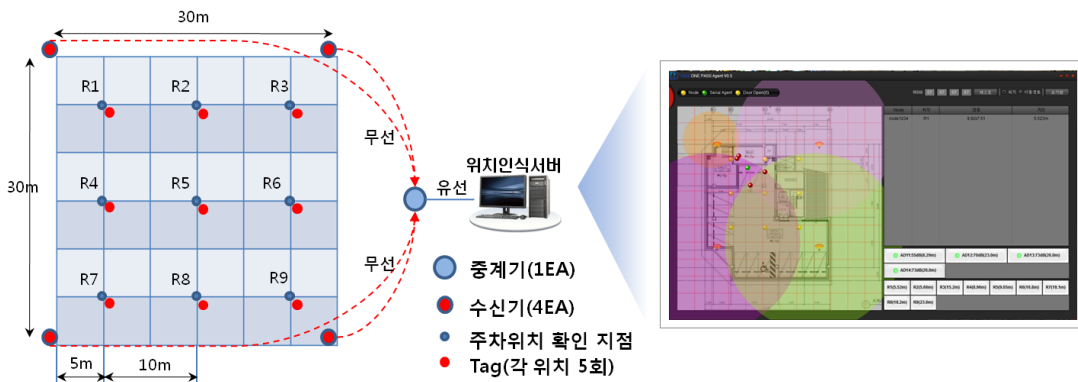


그림 8. 실험 구성도
Fig. 8 Configuration of experiment

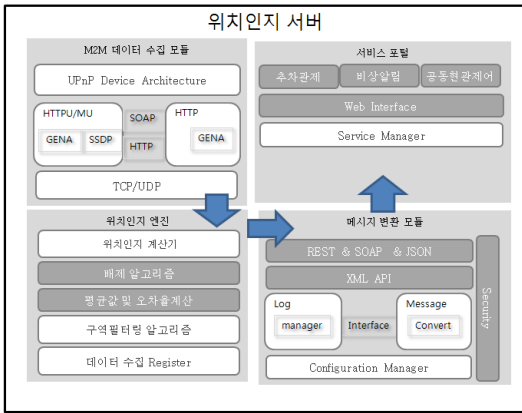


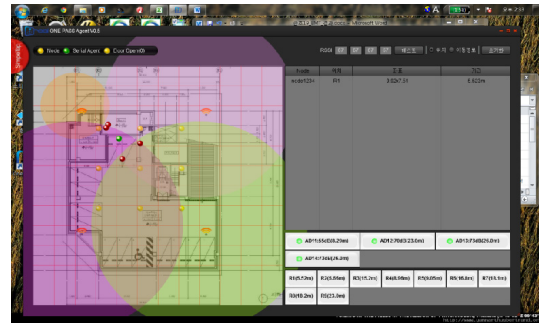
그림 9. 위치인지서버 구성도
Fig. 9 Configuration of position awareness server

표 1은 개선된 위치인지 알고리즘에 대한 실험결과를 요약하였다. 표 1에서 보는 것처럼, 실험은 각 위치에서 5회를 실시하였고, 전체 평균 오차거리는 3.5m 정도로 비교적 우수한 성능을 나타내었다. 표에서 보는 것처럼, 한 위치에서 5회 정도의 실험을 하였는데, 사용자 태그의 위치는 변하지 않았지만 위치인지 계산 부분에서 다른 위치 데이터 값을 나타내었다. 그 이유는 사용자 태그와 수신기 및 송신기 사이의 RF 신호에 의해서 거리의 오차가 발생함을 알 수 있었다.

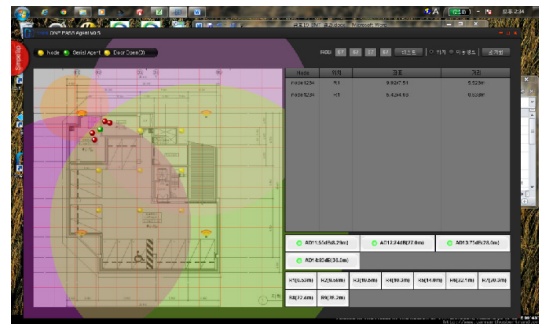
표 1. 개선된 위치인지 알고리즘에 대한 실험결과
Table. 1 The results of experimental using improved position awareness algorithm

구분	R1	R2	R3	R4	R5	종합 평균
1회	5.25	1.39	4.55	3.94	0.53	
2회	0.53	1.51	2.31	6.35	1.84	
3회	8.39	6.67	5.1	4.14	2.51	
4회	1.55	4.01	5.27	2.57	3.6	
5회	3.56	2.17	4.64	4.16	0.99	
평균	3.856	3.15	4.374	4.232	1.894	

그림 10은 R1 위치에서 실시한 실험결과를 나타내었다. 그림 10(a)는 R1 위치에서 첫 번째로 실험한 경우에 대한 실험결과이고 5.25m 정도의 오차거리를 나타내었다. 그림 10(b)는 R1 위치에서 두 번째로 실험한 경우에 대한 실험결과이고 0.53m 정도의 오차거리를 나타내었다.



(a)



(b)

그림 10. R1 위치에서 실시한 실험결과
(a) 실험 1 : R1 위치에서 실험한 경우
(b) 실험 2 : R1 위치에서 실험한 경우
Fig. 10 The result of experiment practiced R1 position
(a) Experimental 1 : R1 position
(b) Experimental 2 : R1 position

IV. 결 론

본 논문에서는 개선된 삼변측량법을 이용하여 위치인지에 대한 정확도를 향상시킨 위치인지 알고리즘을 개발하였다. 개선된 삼변측량법은 측정된 신호세기(rssi)를 기반으로 노드의 위치를 계산한 후에, 위치보정 기법을 이용하여 정확도를 개선하였다.

제한한 방법에 대한 성능을 평가하기 위해 실험장치를 설치하였고, 실험은 각 위치에서 5회를 실시하였으며, 전체 평균 오차 거리는 3.5m 정도로 비교적 우수한 성능을 나타내었다. 한 위치에서 5회 정도의 실험을 하였는데, 사용자 태그의 위치는 변하지 않았지만 위치인지 계산 부분에서 다른 위치 데이터 값을 나타내었다. 그

이유는 사용자 태그와 수신기 및 송신기 사이의 RF 신호에 의해서 거리 오차가 발생함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부, 부산광역시에서 지원 하는 동서대학교 유비쿼터스 어플라이언스 지역 혁신센터에서 지원받았음(과제번호. B0008352). 2012년도 동서대학교 학술연구조성 지원과제의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

- [1] 이정욱, “u-홈 네트워크”, 진한 M&B 출판사, 2006
- [2] 김진우, 김도우, 이준호, 한종욱 “홈네트워크 접근 제어를 위한 서비스 흐름 제어”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, PP. 737-740, 2006
- [3] 이운경, 주홍일, 박지혜, 한종욱, “홈네트워크에서 인증서버를 이용한 사용자 인증 메커니즘”, 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회, PP. 787-790, 2005
- [4] 이운경, 이덕규, 한종욱, “홈네트워크 환경에서 공개키 기반의 홈디바이스 인증”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, pp.811-814, 2007
- [5] 황진범, 한종욱, “홈네트워크에 적합한 접근제어 방식에 대한 고찰”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회, pp.323-327, 2005
- [6] 이영환, 이상무, 조평동, “홈네트워크 구축을 맥내배선 설계 연구”, 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회, pp.789-792, 2003
- [7] 황제우, 박호현, “신뢰모델기반의 Zigbee 네트워크 구성 및 신뢰성 측정”, 한국해양정보통신학회논문지, v.14, no.5, pp.1284-1294, 2010
- [8] 김세영, 김대진, “홈오토메이션 시스템 구축을 위한 임베디드 서버 및 Zigbee 센서보드 개발”, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 A, pp.886-889, 2008

저자소개



손종훈(Jong-Hoon, Sohn)

2001년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업
2010년 동서대학교 유비쿼터스 IT학과 박사과정 수료

2001년 현재까지 기술보증기금 근무
※관심분야: RFID/USN, 위치인식, 진화연산, 지능 제어, 전력계통



황기현(Gi-Hyun, Hwang)

1996년 부산대학교 전기공학과 석사 졸업
2000년 부산대학교 전기공학과 박사 졸업

2003년 현재까지 동서대학교 컴퓨터정보공학부 교수
※관심분야: RFID/USN, 임베디드 시스템, 영상처리, 진화연산, 지능제어