



지하공간 내 위치인식 성능개선을 위한 RSSI 기반 RTLS 구현

김보연*, 고대식**

Implementation of RSSI-based RTLS for Improvement of Location Awareness Performance in Underground Space

Bo-Yeon Kim*, Dae-Sik Ko**

요 약

전파의 신호세기를 이용한 성능개선 RTLS는 경제적 이용이 가능한 지하 공간에서 필요한 기술로 인식되고 있다. 전파신호 세기를 이용하는 위치인식은 환경적 요인에 의해 측위장소에 따라 위치인식 오차가 발생하여 정확도가 높지 않다. 본 연구는 RSSI 기반으로 핑거프린팅 기법에 LANDMARK의 참고 태그 활용을 결합하여 거리단위 측위신호 평균값의 데이터베이스를 구축하고, 위치인식 시 측위신호 차이를 PID 위치보정 오차 값으로 삼각법에 활용하는 방법을 제안한다. 제안방법은 위치인식 시스템 구성이 간단한 RSSI 장점을 유지하면서 위치인식 오차를 감소시키는 알고리즘으로 성능개선의 RTLS 구현 방법이라 할 수 있다. 따라서 기존의 일반적인 위치인식 보다 참고 TAG의 활용과 오차보정 PID 알고리즘을 활용할 때, 위치인식의 측정오차를 줄이는 성능개선의 고정밀 RTLS 구현 방법임을 실험을 통하여 확인하였다.

Abstract

Performance improvement RTLS using signal strength of radio waves is awareness as a necessary technology in an economically available underground space. Location awareness using radio wave signal strength is not high in accuracy as location awareness errors occur depending on the location of the location due to environmental factors. This study combines the use of reference tags of LANDMARK with the RSSI-based finger-printing technique to establish a database of the average value of the distance unit station signal, and suggests the method of using the difference of the station signal in positional awareness to the trigonometry as the PID location correction error value. The proposed method is the RTLS implementation method for improving performance with algorithms that reduce location awareness errors while maintaining simple RSSI advantages. Therefore, when using the reference TAG and error correction PID algorithm rather than conventional location awareness, experimentation confirmed that it is a method of implementing high precision RTLS for performance improvement that reduces measurement error in location awareness.

Keywords

real time location system, internet of things, received signal strength indication, proportional integral derivation

* Mokwon University School of Information and Communication Engineering, Ph.D. Candidate
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9402-9351>
** Mokwon University School of Electronic Engineering, Professor (Corresponding Author)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6232-476X>

• Received: May 20, 2019, Revised: Jun. 15, 2019, Accepted: Jun. 18, 2019
• Corresponding Author: Dae-Sik Ko
Dept. of Electronic Engineering, Mokwon University, 88 Doanbuk-ro, Seo-gu, Daejeon, Korea.
Tel.: +82-42-829-7652, Email: kdsmok@gmail.com

1. 서 론

실시간 위치인식 시스템(Real Time Location System, RTLS)은 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 물류, 생산시설 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이에 산업 및 도시생활 환경의 변화로 경제적 이용이 가능한 지하 공간에서 고정밀 RTLS는 필요한 기술로 인식되고 있다.

RTLS는 위치인식 대상인 태그(TAG)와 태그의 신호를 확인하는 인식기, 위치인식 서비스를 위한 하드웨어 그리고 어플리케이션 소프트웨어 등으로 구성되며, 근거리 무선 통신기술을 이용하는 실시간 위치추적 기술에서 RTLS의 정확도는 가장 중요한 요소이다[1].

실내 환경에서 전파신호를 이용하는 RTLS 기술에는 TAG의 신호가 인식기에 도달되는데 걸리는 시간을 측정하는 ToA(Time of Arrival)방식, TAG의 신호가 인식기에 도착하는 시간차를 이용하는 TDoA(Time Difference of Arrival)방식, TAG의 신호 전달 도착 각도를 이용하는 AoA(Angle of Arrival)방법, 전파의 도착 위상을 이용하는 PoA(Phase of Arrival)방법, 그리고 전파의 수신신호 세기를 이용하는 RSSI(Received Signal Strength Indication) 방식이 있다[2][3].

RSSI기반 실내 위치인식 시 주변의 장애물 및 전파 신호의 왜곡 또는 감쇄 등 환경적인 요인으로 인해 위치인식의 한계를 벗어나는 오차를 보이고 있다[1]. 따라서 고정밀 RTLS를 구현하기 위해서는 위치인식 장소의 평면 및 공간배치 현황 등 환경요인에 따라 추가적인 하드웨어 및 어플리케이션 시스템 구성이 필요하며, 별도의 알고리즘을 사용하여 위치인식 정확도를 높여야 한다.

본 연구는 실내 환경인 지하공간에서 위치인식 오차를 줄이는 방법으로 RSSI 방식을 기반으로 많은 숫자의 인식기와 참고태그(Reference tag)를 사용하는 LANDMARK(Location Identification based on Dynamic Active RFID Calibration)의 위치추적 기술을[4] 응용하여 시스템 구성이 간단하고, 다양한 실내 환경에서 용이하게 적용할 수 있는 무선 센서 네트워크 기반의 고정밀 RTLS를 구현하고자 한다.

본 연구에서는 실시간 위치인식 성능개선 RTLS 알고리즘을 위하여 핑거프린팅(Fingerprinting) 기법[5]을 활용하여 위치인식 전 측정 장소에 표시된 격자무늬 각 교점에 대한 참고용 고정 TAG의 RSSI 수신신호 평균값의 데이터베이스를 구축한다. 그리고 위치인식 시 측위 된 참고용 고정 TAG의 RSSI 값과 비교한다. 이는 위치인식 전후의 두 참고용 고정 TAG의 RSSI 신호 차이 값을 PID(Proportional Integral Derivation) 오차보정용 알고리즘 값으로 변경 후, 측정용 TAG의 삼각법(Trangulation) 계산식[2]에 활용하는 방법을 제안하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 핑거프린팅 기법에 PID 오차보정 알고리즘을 삼각법에 적용하는 방법이 지하 공간의 위치인식 오차를 줄이는 성능개선의 고정밀 RTLS 구현 방법임을 실험을 통하여 확인하고자 한다.

II. 관련 기술

사람 또는 사물의 위치를 실시간 위치 추정하는 기술은 크게 삼각법, 장면분석의 핑거프린팅 기법 및 근접(Proximity) 방법으로 구분할 수 있다[5][6]. RSSI 기반의 거리측위 기술에는 삼각법과 핑거프린팅 기법이 주로 사용된다[7].

2.1 RSSI

실내 위치측위를 위한 간단한 방법으로는 RSSI 방식이 사용된다. 위치측위 방법으로 2차원 평면상에서 무선전파를 송출하는 TAG 신호를 인식기가 수신하여 신호 세기를 측정하고, 이에 따른 신호전달 거리를 계산하는 방법으로 이루어진다. 이러한 방식을 RSSI 방식이라 한다[7].

RSSI 방식은 추가적인 하드웨어 구성없이 시스템 구현이 간단하지만, 무선기기의 전파신호 특성에 따른 페이딩과 잡음(Noise) 그리고 주변 환경의 장애물 등의 영향으로 위치인식 오차가 발생하여 신뢰도가 떨어지기 때문에 정확도를 높이기 위한 방향으로 많은 연구가 진행되고 있다.

2.2 RSSI 기반 삼각법

삼각법은 거리측위에서 보편적으로 사용되는 알고리즘으로 원의방정식을 이용하여 원의 교점을 찾는 방법이다. 개체(TAG)의 위치를 추정하기 위해서는 3개 이상의 인식기(Access Point, AP)가 존재해야 한다. 매우 제한된 공간에서는, 2개의 AP로도 위치를 추정할 수 있지만, 넓은 공간에서는 3개 이상의 AP가 적절하다[2][7].

위치추정 방법으로 그림 1과 같이 3개의 인식기를 기준으로 각 인식기의 기준점을 AP1, AP2, AP3라 하고, AP1의 좌표를 (x_1, y_1) , AP2의 좌표를 (x_2, y_2) , 그리고 AP3의 좌표를 (x_3, y_3) , 이동체를 $Q(x, y)$ 로 정의 할 때, 그림 1과 같이 Q와 AP1, AP2, 그리고 AP3의 기준점까지의 거리를 각각 d_1, d_2, d_3 로 표시한다[2].

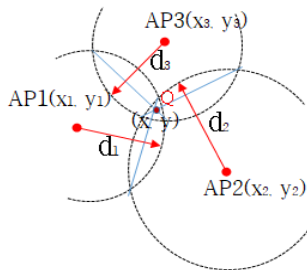


그림 1. 삼각측량법[1]
Fig. 1. Triangulation method[1]

위치추적용 TAG와 인식기 AP1, AP2, AP3사이의 거리는 식 (1), 식 (2)와 식 (3)의 식으로 계산한다.

$$d_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (1)$$

$$d_2 = \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} \quad (2)$$

$$d_3 = \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \quad (3)$$

2.3 RSSI 기반 핑거프린팅 기법

핑거프린팅 기법은 위치측위 전 준비 단계와 측정 단계로 구성된다. 준비 단계에서는 위치측위 전 위치측정 지역에 일정한 간격을 가진 격자무늬 교

점의 위치에 대한 RSSI를 측정하여 위치신호 데이터베이스를 구축한다[8]. 그리고 측정 단계에서는 인식기가 TAG로부터 수신한 RSSI 값과 위치신호 데이터베이스 값을 비교하여 가장 가까운 위치를 현재 위치로 추정[9]하는 기법으로 측정단계에서 주변 환경 영향을 반영함으로 다른 기법에 비해 높은 위치추정 정확도로 위치인식의 오차를 줄이는 장점이 있다.

III. 위치추적 성능개선 방법

실험에 사용하는 하드웨어는 SYSIS사의 제품으로 TAG 신호를 수집하는 인식기와 DATA를 처리하는 서버 시스템의 프로토콜은 TCP/IP 로 구성한다[10]. 위치인식 성능개선 방법으로 오차보정 DATA 계산에는 핑거프린팅 기법에 참고용 고정 TAG를 응용하고, 위치인식에는 삼각법에 PID보정 알고리즘을 이용하였다.

3.1 TAG 인식기

TAG인식기는 RSSI신호와 인식기와 TAG간의 전송신호 품질을 나타내는 LQI(Link Quality Indication) 신호를 인식하는 일반적인 제품으로 인식기의 사양은 표 1과 같다.

표 1. SYRD 245-1N 인식기 사양[10]
Table 1. SYRD 245-1N recognizer specifications[10]

Communicate	2.45GHz Support R/W
Frequency	2.40 ~ 2.48GHz
RSSI	0 ~ 255
LQI	0 ~ 255
Ethernet	10BASE-T/100BASE-TX
Protocols	ICMP, ARP, IP, TCP, UDP
Baud rate	2,400bps ~ 115,200bps
Power	7.5VDC ~ 28VDC

3.2 TAG

TAG는 배터리가 내장된 능동형 소규모 무선 송출장치로 위치인식 시 주변의 장애물 등 환경적인 요소에 의한 신호의 왜곡 또는 감쇄의 영향을 최소화하기 위하여 직진성 및 가시성이 강한 2.45GHz

마이크로파 대역의 주파수를 사용하였다. 태그는 상태정보, 배터리상태 등을 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)방식의 Blink신호로 송출한다[10]. 위치 측정용 TAG 및 참고용 고정 TAG는 동일사양으로 표 2와 같다.

표 2. SYTAG 245-2K 사양[10]
Table 2. SYTAG 245-2K specifications[10]

Communicate	2.45GHz Support R/W
Frequency	2.40 ~ 2.48GHz
Channel	256
Address	65536
RSSI	0 ~ 255
Transmission Range	Up to 70m
Battery	3V CR2032

3.3 성능개선 방법

실시간 위치인식 방법은 표 4와 같이 실험 2을 실시하고, 오차를 보정하는 고정밀 RTLS를 구현하기 위하여 실험 1과 실험 3의 방법을 사용한다. 성능개선의 오차보정의 실험 방법은 다음과 같다.

- ① 참고용 고정 TAG 4개를 인식기의 대각선 방향으로 거리를 삼등분한 위치에 인식기와 동일한 수량으로 설치한다.
- ② 측정용 TAG를 임의의 위치좌표에 두고 참고용 고정 태그와 동시에 RSSI신호를 측정 한다.
- ③ 4개의 각 인식기에서 참고용 고정 TAG의 값을 데이터베이스 기준 값과 비교 한다.
- ④ 비교한 RSSI 값이 데이터베이스 값보다 큰 경우, 오차범위인 경우, 적은 경우의 3가지 형태에 대하여 판단 후 PID보정 알고리즘의 오차 값을 적용한다.
- ⑤ 위치인식 시 참고용 고정 TAG의 RSSI 값이 큰 경우 차이 난 RSSI 값의 50% 신호값을 측정용 TAG 값에서 감하여 주고, 작은 경우 차이의 50% RSSI 신호값을 측정용 TAG 값에 가산하여 준다.
- ⑥ 기준신호 값과 참고용 고정 TAG의 값이 오차범위인 경우 측정용 TAG 값을 보정하지 않는다.
- ⑦ 측정용 TAG RSSI 값이 큰 순서로 3개의 인식기에 대하여 삼각법 계산에 PID 오차보정 알고리즘을 적용한다.

RSSI에 따라 거리를 계산하는 방법은 TAG로부터 송출되는 전파의 신호 세기를 인식기에서 수신하여 TAG와 인식기 사이의 거리 계산을 위해 Friis 공식을 이용하여 식 (4)와 같이 유도한다[7]-[9].

$$L = 20\log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) [dBm] \quad (4)$$

식 (4)에서 λ 는 전파의 파장으로 거리 d 와 동일한 단위를 사용하며, 식 (4)에서 인식기와 TAG 사이를 거리 d 의식으로 표현하면 식 (5)와 같다.

$$d = \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right) \cdot 10^{\frac{L}{20}} = \left(\frac{C}{4\pi f} \right) \cdot 10^{\frac{L}{20}} \quad (5)$$

식 (5)에서 C 는 전파의 속도이고, f 는 주파수이다. 각 인식기에서 측정된 RSSI 신호를 식 (4)를 이용하여 거리를 구하고, 식 (1)~식 (3)에 대입하면 측정용 TAG의 위치좌표(x, y) 값을 구할 수 있다.

IV. 실험 및 결과

실험 환경에서 핑거프린팅 기법으로 참고용 고정 TAG의 RSSI 신호 평균값을 구하는 실험 1과 위치 측정용 TAG의 RSSI 신호로 위치인식을 하는 실험 2, 그리고 참고용 고정 TAG와 위치 측정용 TAG를 사용하여 위치측위 후 PID 오차보정 알고리즘을 사용하여 위치 계산을 하는 실험 3의 세 가지 방법에 대하여 실시하였다.

4.1 실험 환경

위치 측정용 인식기의 위치는 RSSI 신호와 LQI 값이 정확히 송수신 될 수 있도록 표 3과 같이 15m 간격의 정방형 각모서리 지점을 인식기 고정위치로 한다.

위치 측정용 TAG와 참고용 고정 TAG는 전자파의 영향이 적은 종이 재질의 삼각기둥을 사용하여 130cm 높이에 설치하고, 인식기의 높이는 기준면에서 140cm 높이로 그림 2와 같이 정방형 꼭지 점에 4대를 각각 설치하고, 참고용 고정 TAG 및 위치 측정용 TAG의 실제위치를 용이하게 판독하기 위해 바닥면에 격자무늬의 위치좌표를 표시한다.

표 3. 실험현장 환경조건

Table 3. Environmental conditions at the experimental site

Sortation	Content
Experimental site space	Marked as a grid to enable location coordinates to be recognized in a 15 m square format
Reader	Four recognizers are installed at the front end points, allowing continuous TAG signal measurements
TAG Quantity	Preparation of four reference TAGs and multiple positioning systems
Tripod	Triangle for installing recognizer and TAG

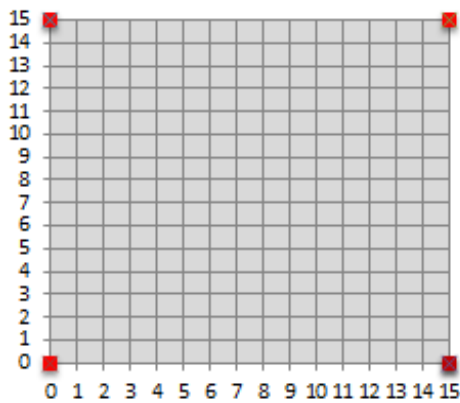


그림 2. 4개의 인식기를 15m 거리 정방형으로 설치
Fig. 2. Installation of 4 recognizers in a 15m-distance square

4.2 실험 방법

실험 방법은 표 4와 같이 실험 1과 실험 2의 측정방법에 대하여 측정값과 실제 값을 비교하고, 실험 3에서는 성능개선 방법을 이용한 측정 절차에 따라 측정용 TAG의 위치를 인식하여 실험 2의 일반적인 위치인식 방법과 오차를 비교 평가한다.

세 가지 실험의 RSSI 값을 식 (1)~식 (5)를 사용하여 삼각측량 계산법을 이용하여 인식기와 참고용 고정 TAG와 위치측정용 TAG의 위치 좌표를 계산한 후 2차원 평면상에 실제위치와 측정좌표 위치를 표시한다.

표 5. 참고용 고정 TAG의 RSSI, LQI 측정 평균값

Table 5. RSSI and LQI measurements of fixed TAGs for reference purposes

Distance(m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30
RSSI	150.9	149.4	144.5	139.2	135.7	130.9	128.5	126.2	121.1	118.7	116.5	114.8	112.4	110.8	110.6	110.6	108.2	96.1
LQI	226.8	228.8	232.6	228.1	224.4	227.8	228.2	227.8	225.6	231.1	221.8	224.2	224.8	222.5	218.4	218.4	219	193.2

표 4. 실험방법

Table 4. Experimental methods

Sortation	Method	Content
Experiment 1	Measurement of the TAG signal value for the fixed distance position of the TAG for reference purposes	Measurement of TAG Signalling system according to distance variation before location Recognition
Experiment 2	Measurement of the RSSI signal value for the TAG for measurement	Measurement of signal tax on location change
Experiment 3	Measurement of RSSI signal values for fixed and measured TAGs	Calculation of trigonometric method by applying PID control error correction algorithm

4.3 실험 결과

4.3.1 참고용 고정 TAG의 측정 값 [실험 1]

실험 1의 방법으로 위치추적용 인식기 1대와 참고용 고정 TAG 1개를 사용하여 1m 단위로 15m 까지 RSSI를 측정하였다. 그리고 15m 이후는 5m 단위로 30m까지 RSSI, LQI값을 10회 측정한 평균값은 표 5와 같고, 오차변동률은 8~15%이다.

거리 변화에 따른 참고용 고정 TAG의 RSSI값과 LQI 측정값을 그래프로 표현하면 그림 3과 같다.

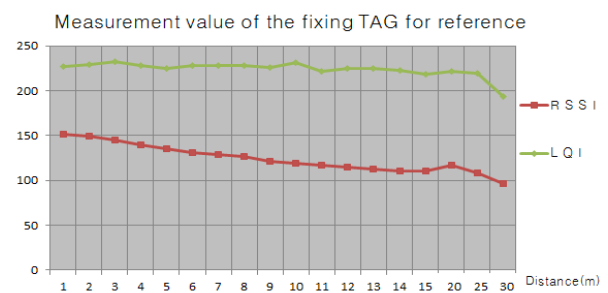


그림 3. 참고용 TAG의 거리에 따른 RSSI, LQI값
Fig. 3. RSSI and LQI values according to the distance of the reference TAG.

TAG와 인식기간의 거리가 15m 이상 일 때 측정 오차가 크게 발생하는 관계로 위치추적용 인식기 사이의 거리를 15m로 고정하였다.

4.3.2 측정용 TAG의 측정 값 [실험 2]

위치인식을 위하여 그림 2와 같이 인식기를 설치하고 실험 2의 측정용 TAG 1개를 사용하여 인식기에서 TAG 위치를 10회 측정하였다. 4개의 위치추적 인식기에서 RSSI 값이 가장 적은(먼 거리)인식기의 측정값은 삼각측량법 계산 시 제외 하였다.

그림 4에서와 같이 가운데 붉은 표시가 실제 측정용 TAG의 위치이고 주변의 청색 표시가 신호세기로 계산된 TAG의 실제 위치이다. 측정된 태그의 실제위치와 RSSI 값에 의한 계산한 TAG와의 거리 오차는 최소 1.2m에서 최대 1.8m의 오차로 평균 1.5m의 오차를 보였다.

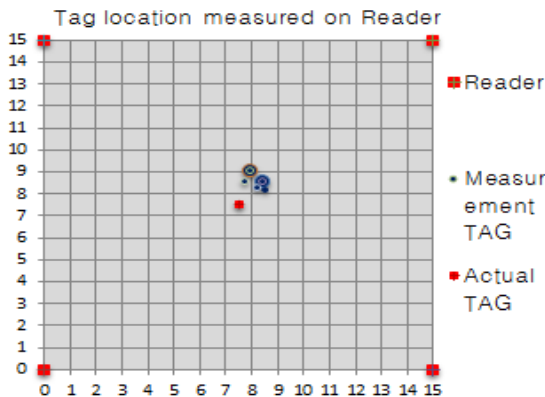


그림 4. 일반적인 방식의 TAG 위치추적
Fig. 4. Generalized TAG location tracking

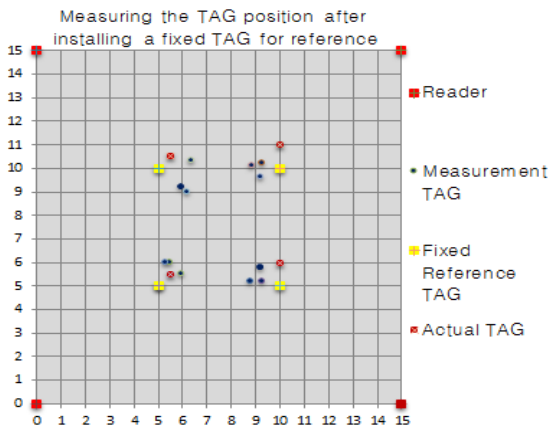


그림 5. 참고용 고정 TAG를 활용한 위치 인식
Fig. 5. Location awareness using fixed TAGs for reference

4.3.3 성능개선 방법을 이용한 측정 값 [실험 3]

표 4의 실험 3에서 4개의 참고용 고정 TAG를 배치하고 측정용 TAG 4개를 동시에 5회 측정한 결과를 표시하면 그림 5와 같다.

그림 5에서 황색은 참고용 고정 TAG의 위치이고, 청색은 PID 보정오차 값으로 계산된 TAG의 측정위치이며 적색은 측정용 TAG의 실제위치이다.

위치 측정용 TAG의 실제위치와 PID 오차보정 알고리즘을 적용한 측정용 TAG와의 위치인식 최소 오차는 0.8m, 최대오차는 1.3m로 평균 1.15m로 나타났다.

표 4의 실험방법에 의한 실험 2와 실험 3의 실험 결과를 비교하면 표 6과 같이 위치인식 최소오차 0.4m, 최대오차 0.5m로 위치인식 오차 평균값은 0.35m의 성능개선 결과를 보였다.

표 6. 위치인식 TAG의 측정 거리 비교

Table 6. Measurement distance comparison of location awareness TAG

Result	Measured mean value		Average value
	Minimum	Maximum	
Experiment 2	1.2m	1.8m	1.5m
Experiment 3	0.8m	1.3m	1.15m
Improvement	0.4m	0.5m	0.35m

V. 결 론

지하 공간내 위치추적 기술은 유비쿼터스 사회로 진입하는 주요한 기술로, 본 연구에서는 팽거프린팅 기법으로 참고용 고정 TAG의 RSSI 신호세기를 데이터베이스화 하여 위치추정 시 참고용 고정 TAG에서 발생하는 신호 세기와 측정용 TAG의 RSSI 신호세기 차이를 분석하였다. 그리고 PID 오차보정 알고리즘 값으로 기반으로 삼각법의 계산식에 활용하여 실시간 위치인식 추정오차를 줄이는 성능개선의 RTLS구현에 대하여 실험하였다.

팽거프린팅 기법에 LANDMARC의 참고용 TAG를 응용한 방법을 결합하여, 일반적인 위치인식 시스템과 동일한 하드웨어 시스템 구성으로 단순화하였다. 그리고 위치인식 성능개선을 위하여 PID 오차보정 방법으로 인식기 숫자에 비례하는 고정용

참고 TAG의 측정오차를 삼각법 계산식의 알고리즘으로 사용하였다. PID 오차보정 알고리즘을 활용하는 방법이 위치인식 환경의 장애물 및 무선기기의 특성에 따른 신호의 왜곡 또는 감쇄의 영향을 줄이는 방법으로 일반적인 위치인식 방법보다 약 28%의 위치인식 측정오차를 줄일 수 있었다.

따라서 위치인식 시 핑거프린팅 기법에 고정용 참고 TAG의 PID 오차보정 알고리즘 적용이 지하 공간에서 실시간 위치인식 오차를 줄이는 성능개선의 고정밀 RTLS 구현 방법임을 실험 결과를 통하여 확인하였다.

References

[1] D. Macagnano, G. Destino, and G. Abreu, "Indoor Positioning: a Key Enabling Technology for IoT Applications", IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 2014.

[2] <http://hykim.net> [accessed: Feb. 10, 2019]

[3] M. Vossiek, L. Wiebking, P. Gulden, J. Wichardt, C. Hoffmann, and P. Heide, "Wireless Local Positioning", IEEE Microwave Mag., Vol. 4, No. 4, pp. 77-86, Dec. 2003.

[4] Lionel. M. Ni, Yunhao Liu, Yiu, Cho Lau, and bhishek P. Patil, "LANDMARC:Indoor Location Sensing Using Active RFID", Proc. 1st IEEE Int'l Conf. Pervasive Computing and Communication, IEEE CS Press, 2003 considering quality of service in delay tollerant network", Journal of KIIT, Vol. 10, No. 11, pp. 121-127, Nov. 2012.

[5] T. Roos, P. Myllymaki, H. Tirri, P. Misikangas, and J. Sievanen, "A probabilistic approach to WLAN user location estimation", Proc. Int. J. Wireless Informat. Networks, Vol. 9, No. 3, pp. 155-164, Jul. 2002.

[6] Jeffery Hightower and Gaetano Borriello, "Location Sensing Techniques", IEEE Computer, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, Aug. 2001.

[7] Song-Ju Kim, "A Study on Low Power Multi-Channel Wireless Communication System Possible

to Estimate Location using RSSI", Department of Electronics Engineering Graduate School Chonnam National University, 2012,

[8] Bin Ge, Kai Wang, Jianghong Han, and Bao Zhao, "Improved RSSI Positioning Algorithm for Coal Mine Underground Locomotive", published in Journal of Electrical and Computer Engineering, 2015.

[9] Won-Seok Oh, "RSSI-based Indoor Low Power Localization with Efficient Correction", Dept. of Communication Engineering The Graduate School of Ajou University, 06, 2015.

[10] www.syriss.com [accessed: May 20, 2019]

저자소개

김 보 연 (Bo-Yeon Kim)



1990년 2월 : 경희대학교
전자공학과(공학사)
2008년 2월 : 연세대학교
전파통신공학과(공학석사)
2019년 3월 ~ 현재 : 목원대학교
지능정보융합학과 박사과정
2019년 8월 현재 : 대림대학교

전자통신과 교수

관심분야 : 통신시스템 설계, IoT, RTLS, M/W

고 대 식 (Dae-Sik Ko)



1982년 2월 : 경희대학교
전자공학과(공학사)
1991년 2월 : 경희대학교
전자공학과(공학박사)
1994년 ~ 1995년 : UCSB Post-Doc
2011년 1월 ~ 2012년 12월
한국정보기술학회 회장

1989년 ~ 현재 : 목원대학교 전자공학과 교수

2019년 ~ 현재 : 과학기술자문위원회 ICT 융합분과
전문위원

관심분야 : ICT융합, 사물인터넷, 신호처리