정밀도가 높은 위치 측정 시스템의 환경 데이터베이스를 이용한 위치 보정 알고리즘

이정주* · 강동조** · 박현주***

High-precision positioning system using a database of the environment, position correction algorithm

Lee jeong-joo* · Kang Dong-Jo** · Park Hyun-Ju***

이 논문은 2단계 BK21사업과 한국연구재단(과제번호 : 2012-0090)의 지원을 받아 수행된 연구임

요 약

최근 유비쿼터스라는 시대적 흐름에 따라 실내환경을 고려한 응용서비스들에 대한 요구가 증가 하고 있다. 실내 위치기반 서비스의 경우 가장 많이 사용 되고 있는 방법은 WLAN을 이용한 방법이다. 그러나 WLAN는 환경변화에 많은 영향을 받는다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 UWB를 이용한 연구가 많이 진행 되고 있다. UWB에 관한 연구가 많이 진행 되는 이유는 UWB전파 특성으로 환경변화에 적은 영향을 받기 때문이다. 그래서 본 논문은 UWB기술을 이용한 시스템인 Ubisense 시스템을 이용하여 환경변화에 영향이 적고 정밀도가 높은 값을 추출한 후 위치정보를 더 정확한 값으로 보정하는 위치 보정 알고리즘을 제안한다. 제안하는 위치 보정 알고리즘은 정밀도가 높은 위치 측정 시스템에서 더욱 정확한 위치를 추정하기 위해 환경 데이터베이스를 구축한 후 이를 이용한 알고리즘이다.

ABSTRACT

Recently, demands of application services in consideration of interior environment according to the stream of times, Ubiquitous. In case of interior location-based service, WLAN is now mostly used. But it is largely affected by environmental changes. To solve this problem, lots of studies on UWB are underway. The reason why studies on UWB are much made lies in that it is not much affected by environment changes owing to radio wave characteristics. So this study suggests the location correction algorithm which derives values with less influence of environment and high accuracy and corrects with more accurate location information using Ubisense system based on UWB technologies. The location correction algorithm suggested is one made after constructing environment database and use it to estimate more accurate location from the location measuring system in a high position.

키워드

Location Fingerprint 기법, Ubisense 시스템, 실내 위치 추정 알고리즘

Key word

Location Fingerprint Techniques, Ubisense system, Indoor location estimation algorithm

* 준회원 : 한밭대학교 (doublej@hanbat.ac.kr)
** 준회원 : 한밭대학교
*** 정회원 : 한밭대학교

접수일자 : 2012. 03. 06
심사완료일자 : 2012. 03. 29

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.8.1779

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서 론

유비쿼터스라는 시대적 흐름에 따라 상황을 고려한 응용서비스들에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 서비스들은 대부분 사용자의 현재정보를 기반으로 하는 위치 기반 서비스(LBS:Location Based Service)의 형태를 띠고 있다. 위치 기반 서비스 중 실내 위치 기반 서비스를 이용하려는 여러 가지 요구사항이 있어 왔다.[1] 이러한 요구를 위해 실내 위치 기반 서비스에서 사용할 수 있는 여러 가지 위치 측정 방법 들이 제안 되고 있다. 가장 많이 사용 되고 있는 방법은 무선랜(WLAN : Wireless Area Network)을 사용하는 방법이다. 무선랜은 현재 가장 널리 쓰이고 있는 무선 통신 방식 중 하나로 이미 여러 분야에서 안정성이 검증되어 있다. 곳곳에 설치되어 있는 무선 인터넷 망을 활용하여 실내 위치를 식별하기 때문에 적은 비용으로도 시스템을 구축할 수 있으며 외부 인터넷 연결이 용이한 AP(Access Point)를 활용하기 때문에 위치 측정과 동시에 인터넷 통신도 사용 할 수 있다.

무선랜을 이용한 위치 측정의 경우 AP의 수신강도 세기인 RSS값을 이용하여 위치 측정을 하게 된다. 무선랜의 경우 RSS값은 NLOS 환경에서 무선랜을 이용한 위치 측정을 할 경우 많은 오차 값이 발생을 하기 때문에 정밀한 위치 추정을 요구하는 시스템에서는 사용 할 수 가 없다.[2] 이러한 문제점을 해결하기 위해 UWB 기술을 이용한 위치 추정 시스템이 많이 사용되어진다. UWB의 경우는 짧은 펄스로 인해 장애물에 대한 전파 손실이 적기 때문에 외부의 영향에 많은 영향을 받지 않는다. 이런 부분 때문에 UWB를 이용한 위치 추정 기술이 현재 각광을 받고 있다.[3] 현재의 위치 추정은 더욱더 정밀한 위치 값을 요구 하고 있다. 이런 요구를 맞추기 위해 본 논문에서는 UWB를 이용한 위치 측정 시스템에서 환경정보를 데이터베이스로 구축한 후 이를 이용하여 위치를 보정을 통해서 초정밀 위치를 추정 하는 방법에 대한 연구 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 Location Fingerpirit 기법에 대한 기존연구를 설명하고, UWB 기술의 특성에 대해서 설명하고, 알고리즘을 검증하기 위해 사용된 UWB기술을 이용한 시스템인 유비센스 시스템에 대해서 기술한다. 3장은 본 연구에서 제안하는 알고리즘을 설명한다. 4장은 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능 검증을 위한 환경 구축과 알고리즘을 적용 했을 때의 실험결과를 요약한다. 5장은 본 논문에 대한 결론과 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1. Location Fingerprint 기법

Location Fingerprint 기법(이하 Fingerprinting)은 확률론적 모델링에 의한 위치 추정 방법으로, 잡음 및 주위 환경의 정보를 이용하여 MS의 위치를 추정하는 기법이다. 경험적인 데이터를 이용하여 이미 알고 있는 BS의 위치와 위치를 알고자 하는 MS와의 수신 신호 세기(Received Signal Strength Indicator; RSSI)를 비교함으로써 MS의 위치를 추정하며, MS가 향하고 있는 방향이나 잡음을 포함한 환경 정보까지 위치 추정에 반영하기 때문에 높은 정확도를 제공한다[3].

Fingerprinting은 Training 단계와 Positioning 단계로 나누어 수행한다.

Training 단계 : 환경 정보를 데이터베이스에 구축하기 위한 단계로, 데이터베이스에 저장할 대상인 참조 위치(Reference Point: RP)를 설정하고 설정한 RP에서 측정할 수 있는 모든 Access Point(AP)들로부터 수신되는 RSSI값 등의 환경정보를 RP 정보와 함께 데이터베이스에 저장한다. 이 절차는 모든 RP에서 반복 수행한다. Training 단계를 완료하면 위치 추정을 위한 준비가 완료된다.

Positioning 단계 : 구축한 데이터베이스 정보를 이용하여 MS의 위치를 추정하는 단계로, MS는 RSSI 값을 측정하고 측정한 값은 search/matching 알고리즘을 사용하여 Training 단계에서 구축한 데이터베이스의 데이터와 비교한다. 그 결과 MS의 위치와 가장 근접한 위치가 추정된다[5]. Fingerprinting은 다른 위치 추정 기법들과 달리 데이터베이스에 구축한 환경정보를 이용하여 위치 추정을 하므로 보다 정확한 위치 정보를 제공할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 위치 정확도를 높이기 위해 많은 RP를 설정할 경우 Training 단계에서 환경 구축비용이 커질 수 있고 주변 환경이 변화할 때마다 Training 단계를 다시 수행해야 하는 단점을 갖고 있다. 또한 데이터베이스 구성에 따라 처리 속도 및 정확도가 떨어질 수 있으며 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 연구가 수행

되고 있다.[6]

2.2. UWB

UWB 무선 기술은 무선반송파를 사용하지 않고 기저대역에서 수 GHz 폭의 매우 넓은 주파수를 사용하여 통신이나 레이더 등에 응용되고 있는 새로운 무선 기술이다. 데이터 전송속도는 최대 100Mbps의 고속 전송이 가능한 반면 송·수신에서 극히 짧은 펄스를 사용하는 단순한 전송방식 때문에 회로의 소비전력은 휴대전화 및 무선 랜(Wireless Local Area Network: WLAN)과 비교할 때 약 1/10에서 1/100 정도이다. [표 1]은 근거리 무선통신의 특징을 보여준다[7].UWB 시스템은 매우 짧은 펄스를 이용한 레이더 시스템에서 진화하여 통신에 적용된 방식으로 짧은 펄스에 의한 분해능을 이용하여 수십 cm이내의 오차를 갖는 정밀도를 구현할 수 있다. 또한 저주파수 대역에서 큰 대역폭을 갖고 있기 때문에 투과 특성이 우수하여 빌딩 내부, 도심지, 삼림 지역에서도 운용이 가능한 장점을 갖고 있다. 하지만 UWB 활용 가능 대역이 대부분의 국가에서 이미 다른 용도의 시스템에 점유되어 있으므로 간섭문제를 해결해야 하며, 개당 생산 단가가 높아 경제성의 문제가 있다[3][7].

2.3. Ubisense시스템

Ubisense 시스템은 UWB를 이용한 위치 추정 시스템으로 Ubisense Company에서 제작한 시스템이다[9]. Ubisense 시스템은 기본적으로 Sensor(이하 BS)와 Compact Tag(이하 MS), 그리고 소프트웨어 플랫폼이 설치된 Server(이하 서버)로 구성된다. [그림 5]는 본 연구에서 활용하는 Ubisense 시스템의 구성을 보여준다[9].

BS는 array-antenna와 UWB 전파 수신기를 포함하여 정밀하게 UWB를 측정하는 장치로써 3차원에서 MS의 위치를 찾기 위해 MS로부터 UWB 펄스를 감지한다. MS는 다양한 환경에서 사용하기 위해 설계된 작고 견고한 장치로써 사용자가 소지하고 있을 시 3차원에서 실시간으로 위치가 측정된다. 서버는 여러 가지 Client Software와 함께 개인용 컴퓨터(Personal Computer: PC)에 설치된다[9].

Ubisense 시스템은 기존에 UWB 9GHz 대역을 사용하지만 국내에 판매하는 시스템은 7GHz 대역으로 변경하여 판매하고 있다. Ubisense 시스템은 Triangulation 기법을 사용하는 AOA 기법과 Trilateration 기법을 사용하는 TDOA 기법을 사용하여 위치를 추정하기 때문에 2차원 및 3차원 공간에서 위치 추정이 가능하고 위치 정확도가 3차원 공간에서 이론상 15cm 이내(실제 환경에서는 일반적으로 20～30cm의 정확도 제공)로 높다는 장점이 있다. 또한 Ubisense Company에서 Microsoft .NET기반의 응용 프로그램 인터페이스(Application Program Interface: API) 및 예제소스를 제공하기 때문에 사용자가 필요로 하는 정보만을 추출하는 응용 프로그램 개발이 용이하다. 그러나 Ubisense 시스템은 보급률이 높지 않고 시스템 비용이 매우 높아 일반적으로 사용하기에는 쉽지 않은 단점이 있다[9].

Ⅲ. 제안하는 실내 위치 추정 알고리즘

본 장에서는 정밀도가 높은 시스템에서의 위치 보정 알고리즘에 관한 연구를 기술한다.

3.1. Ubisense시스템을 이용한 위치 측정 시스템의 위치 좌표 특성

본 논문은 위치 측정 정밀도가 높은 시스템으로 실제 상용화 되고 있는 Ubisense시스템을 이용하여 시뮬레이션을 하였고, 이를 이용하여 본 논문의 주제인 위치보정 알고리즘을 제안한다. 아래의 그림은 환경변화가 크지 않은 공간에서 Ubisense시스템을 이용해서 측정된 위치 특성 값을 표시한 그림이다. 세로 3미터 가로 5.5미터의 직사각형 공간에 Ubisense시스템을 설치한 후 측정한 자료를 그림으로 표현한 부분 이다.

위치 측정 지점은 첫 번째 지점을 기준으로 가로는 1.5m 간격으로 측정을 하였고, 세로는 60cm 간격으로 측정을 한 자료이다.

[그림 1]은 환경변화가 크지 않은 특정 구역에 대해 Ubisense시스템을 이용해 측정한 값과 실제 위치 값을 표시해 놓은 그림이다. 파란색 점으로 표시한 부분이 실제 위치 값이고 빨간색 점으로 표현한 부분이 Ubisense 시스템을 이용해 측정한 값이다. [그림 1]의 거리 단위는 m(미터)이다. [그림 1]의 결과 값을 분석해 보면 첫 번째로 확인 할 수 있는 내용은 측정된 값들의 정밀도가 높다는 것을 확인 할 수 있습니다. 측정값을 나타내는 빨간색 점들이 실제 값을 나타내는 파란색 점을 기준으로 일정 거리의 같은 지점에 모여 있는 것을 확인 할 수 있다.

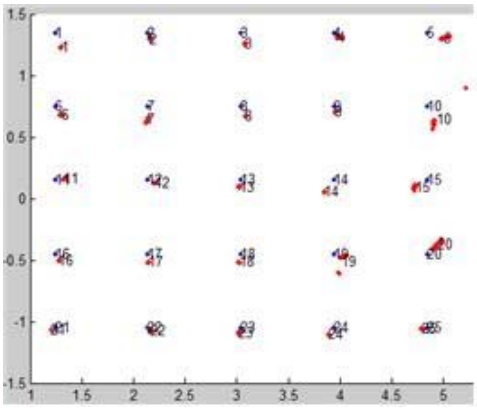

그림 1. Ubisense시스템의 특성을 파악하기 위해 임의로 측정한 값
Fig. 1 Ubisense system to identify the characteristics of the measured values randomly

이를 토대로 Ubisense시스템의 위치 정밀도가 높다는 걸 확인 할 수 있다. 이를 바탕으로 두 번째로 분석할 수 있는 내용은 측정값의 특성이 비슷하게 움직이는 것을 확인 할 수 있다. 첫 번째 줄의 측정된 값들을 살펴보면 실제 값을 나타내는 파란색 점을 기준으로 밑으로 점들이 찍히다가 오른쪽으로 이동 할수록 점들이 실제 점으로 가깝게 이동하는 특정을 볼 수 있다. 일정 범위의 구역에서 측정된 값은 서로 비슷한 특성을 가지는 걸 확인 할 수 있다. 이에 대해서는 다음 절에서 더 자세히 설명을 하도록 하겠다.

3.1.2. 일정 범위의 구역에서 측정된 값은 서로 비슷한 특성을 가짐

일정 범위의 구역에서 측정된 값은 서로 비슷한 특성을 가지는 걸 확인 할 수 있다. 이를 위해서 측정 구간을 좀 더 세밀하게 나누어 측정을 해보았다. [그림 2]는 앞 절에서 설명한 측정값들의 특성이 일정 구간에서 비슷한 특성을 가지는 부분에 대해서 좀 더 정밀하게 측정한 값을 그림이다. [그림 1]에서 측정한 값은 가로의 간격이 1.5m 인데 이를 좀 더 세밀하게 나눠서 [그림 1]의 2-4포인트 부분을 측정한 값을 [그림 2]로 나타냈다. 측정된 값들이 실제 값과 일정한 패턴 형태로 측정 되는걸 확인 할 수 있다. 이를 토대로 다음과 같은 결론을 도출 해 낼 수 있다. 일정범위에서는 비슷한 특성을 가지고 값이 측정된다는 것을 확인 할 수 있다.

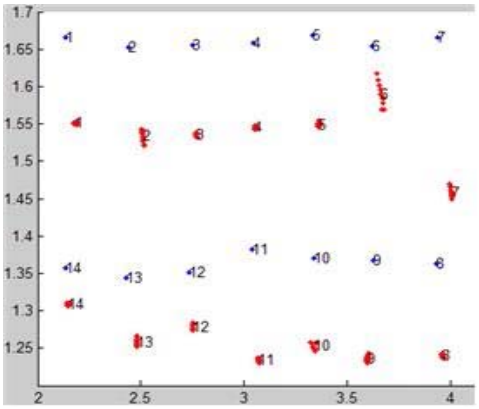

그림 2. 일정 구간을 세밀하게 측정한 값
Fig. 2 Values measured precisely scheduled intervals

이러한 특성을 이용하여 미리 환경 정보를 구축한 후 이를 이용하여 위치를 보정하게 된다면 더 정밀한 위치를 측정 할 수 있게 될 것이다.

3.2. 환경데이터베이스를 구축한 후 이를 이용하는 보정

본 절은 Ubisense시스템에서의 위치 측정 특성인 일정한 구간에서는 위치 측정값이 같은 특성을 가진다는 3.1.2절의 결과를 이용하여 환경 정보를 구축한다. 환경정보는 실제 측정하는 값과 Ubisense시스템을 이용한 측정값을 이용하여 보정 데이터를 구축한다. 실제 값은 위치를 측정할 장소를 두 개의 기준점을 이용한 상대적인 좌표 값을 이용하여 실제 값을 구하고 그 값을 Ubisense 시스템에 적용하여 측정값이 두 개의 기준점을 이용한 상대좌표 값으로 표현되게 한다. 이렇게 해서 나온 실제 값의 좌표 값과 측정 좌표 값을 다음 [식 1]과

$$C = Mreal - Mmea \quad [식\ 1]$$

같은 방법으로 보정 값을 구한 후 이들의 값을 데이터베이스로 구축한다. Mreal 은 Ubisense시스템을 이용하여 이동객체의 위치를 기준점을 이용해서 실측을 통한 상대좌표 값이다. 실측을 하는 방법은 정확도를 높이기 위해 적외선을 이용하여 거리를 측정하는 기구를 이용하였다. Mmear은 Ubisense시스템을 통해서 이동객체의 위치를 측정한 값으로 실제 위치를 실측 하기위해 설정 했던 기준점을 유비센스 시스템에 적용한 후 그 값을 기준

으로 측정되는 상대좌표 값이다. 이 때 측정값 Mmear는 다수의 측정값들의 평균값을 이용한다. 평균값은 측정된 값들의 중간 값에서 많이 벗어나는 값들은 제외하고 평균을 구하게 된다. 이렇게 구해진 보정 값 C를 이용하여 환경정보를 데이터베이스 구축한다.

그림 3. 환경정보
Fig. 3 Environmental Information

환경 데이터베이스의 구성은 [그림 3]과 같다. 첫 번째 값은 환경정보에 대한 인덱스이고, 두 번째 정보는 참조위치에 대한 인덱스 값이다. 세 번째 값은 Ubisense시스템의 측정값으로 참조 위치에 대한 Ubisense시스템으로 MS의 위치를 측정한 값이다. 네 번째 값인 환경보정값은 실제 값과 측정값의 차로 구한 값으로 측정된 MS의 위치를 보정해주는 값이다. 이렇게 구성된 환경 정보값을 이용하여 보정 할 경우 더 정밀한 위치를 추정 할 수 있다. 이때 환경 정보를 구축하기 위한 참조위치 설정은 많으면 많을수록 더 정확한 값을 보정할 수 있지만 효율성을 위하여 환경변화가 많이 발생하지 않는 장소는 적게 설정하고 환경 변화가 많이 일어나는 점의 참조위치의 간격을 정밀하게 하여 설정한다.[10] 참조위치를 설정 한 후 그 참조위치에서는 장소 특성에 맞게 보정 값을 가지게 된다. 그 값들에 대해서 데이터들의 데이터베이스를 구축해서 보정 값을 설정한 후 측정된 값과 가까운 지점의 참조위치를 이용하여 위치 보정을 하게 되면 더욱 정확한 위치를 추정할 수 있다. 이때 측정값을 보정하기 위해 참조 위치를 어떤 방식으로 설정 할지에 대한 문제가 발생을 하게 되는데 그 문제에 대해서는 다음 절에서 설명하도록 하겠다.

3.2.1. 보정할 참조 위치를 잡을 때 가장 근접한 점을 이용하여 보정

환경데이터베이스를 구축한 후 측정한 값을 보정하는 방법 중 쉽게 접근 할 수 있는 방법은 가장 근접한 참조 위치를 설정한 후 참조 위치가 가지는 보정 값을 이용하여 보정하는 방법이 가장 쉽게 위치를 보정 할 수 있다. 이럴 경우 참조 위치에 가까울수록 그 측정 된 위치의 추정 값의 정확도가 높아진다.

$$D = \sqrt{\sum (RP - M_{mear})^2} \qquad [식 2]$$

[식 2]는 참조위치와 측정된 값의 거리는 구하는 식으로 참조위치와 측정된 값의 거리 값을 위의 식과 같이 구하게 된다. 그러나 측정값의 위치와 참조 위치가 멀어질수록 그 보정하는 값의 정확도는 떨어지게 된다. 환경데이터베이스를 이용하게 되면 위와 같은 문제점이 발생을 할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 참조위치의 수를 많이 설정하는 방법으로 위의 문제점을 해결 할 수 있다. 그러나 참조 위치를 많이 설정할 경우 그에 따란 시간 비용이 많이 들게 된다. 이러한 시간 비용을 줄이기 위해서 참조 위치의 수를 최소로 줄이고 최소로 줄어든 참조 위치의 수를 이용해서 보정하는 방법을 이용해야 한다. 다음 절에서 설명하는 알고리즘에서 제안을 하고 있다.

3.3. 제안하는 위치 보정 알고리즘

본 절은 3.2.1절에서 발생한 문제점인 단순 최 근접참조위치를 이용하여 보정할 경우 참조위치와 측정위치의 거리가 멀어질수록 보정하는 값의 정확도가 떨어지는 문제점을 해결하기 위해 제안하는 보정알고리즘으로 참조위치를 가지고 측정 위치를 보정할 때 측정위치에 가까운 다수의 참조위치를 이용하여 보정함으로써 좀 더 정확하게 위치 측정을 할 수 있는 알고리즘 방법을 기술 한다.

본 논문에서 제안하는 위치보정 알고리즘은 [그림 4]와 같은 흐름으로 가진다. 보정하려는 위치 값이 들어오게 되면 그 위치 값과 가장 가까운 참조위치를 환경데이터베이스에서 검색 한다. 최 근접참조위치를 찾게 되면 그 값에 가중치를 부여한 후 재검색을 통해 가중치가 부여된 최 근접 참조위치를 이용하여 다수의 참조위치를 선택을 한다. 선택된 다수의 참조위치와 위치 보정 값의 거리 비율을 이용하여 각 각의 참조 위치의 보정 값들에 적용한다. 거리 비율 값이 적용된 보정 값들의 합을 보정하려는 위치 값에 적용함으로써 위치 보정을 하게 된다. 다음 절에서 제안 하고 있는 알고리즘에 대한 세부 설명을 기술한다.

그림 4. 위치보정 알고리즘
Fig. 4 Location Correction Algorithm

3.3.1. 가까운 N개의 참조위치를 이용하여 보정하는 방법

제안하는 알고리즘은 참조위치를 이용한 위치 추정에서 참조위치 선택 기법에 대한 알고리즘이다. 위치가 측정이 되면 가장 가까운 참조 위치의 보정 값을 이용하여 보정을 하게 되면 선택된 참조 위치와 측정한 좌표 값의 거리가 멀 경우 위치 보정 값에 문제가 발생을 할 수 있다. 이 문제점을 보완하기 위해서 측정된 다수의 참조 위치를 선택하여 보정하는 방법을 이용할 수 있다.

이때 다수의 참조위치를 선택하는 방법으로는 [그림 5]의 방법을 제시한다. 가장 근접한 참조위치를 선택한 후 이를 기준으로 가장 근접한 참조위치의 거리 값에 가중치를 부여하여 가중치를 부여한 거리 값보다 가까운 참조위치를 추가로 설정을 하게 된다. 위의 조건에 만족하는 다수의 참조위치들에 각 각의 거리 비율을 보정 값에 넣어서 보정하는 방법이다. 최 근접 참조위치에 가중치를 부여하는 방법은 다음 절에서 설명 하도록 하겠다.

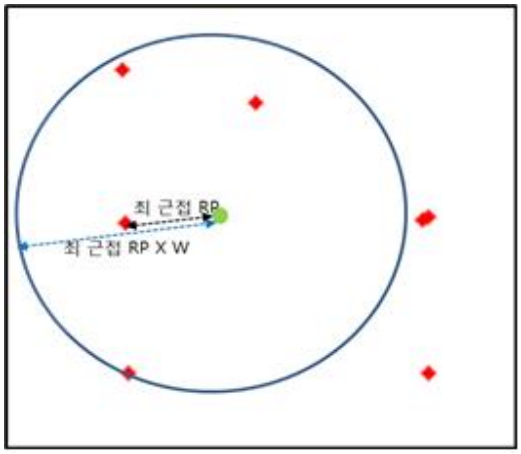

그림 5. N개의 참조 위치 선택 방법
Fig. 5 How to choose the reference position of N

3.3.2. 최 근접 참조위치에 가중치를 부여하는 방법

이 절은 최 근접 참조위치에 가중치를 부여하는 방법에 대한 설명을 기술한다. 위치 보정을 위해서 선택된 다수의 참조위치에 대해 가중치를 부여하는 이유는 측정된 값과 최 근접 참조위치의 거리가 가까울 경우는 복수개의 참조위치를 이용하여 위치를 보정하면 추정값이 틀어지는 경우가 생기기 때문에 이를 보정하기 위해 가중치를 최 근접 참조위치를 기준으로 하여 이 거리보다 일정이상의 거리에 참조위치가 있을 경우 보정값 계산에서 제외한 후 보정하는 방법이 더 정밀하게 위치를 추정할 수 있다. 최 근접참조위치를 기준으로 선택된 다른 참조위치에 가중치를 부여 할 때는 각 각의 참조위치들의 떨어진 길이의 2배 값으로 가중치를 주어서 참조위치를 선택 할 수 있게 한다. 2배 값으로 하는 이유는 실험을 통해서 가장 잘 보완 할 수 있는 값이기 때문이다.

$$rate = (1-(Dist/\sum Dist))/\sum(1-(Dist/\sum Dist)) \quad [식\ 3]$$

$$C_s = \sum_{i=1}^{n} C_i^* rate_i \text{ (n:참조위치 개수)} \quad [식\ 4]$$

$$CP = MP + Cs \quad [식\ 5]$$

Dist는 측정위치와 참조위치의 거리 값을 가지는 집합이다. 이 집합에 대한 각 각의 값들은 [식 3]의 수식을 이용해서 측정위치와 각 각의 참조위치의 거리 비율 값을 계산한다. [식 3]을 설명하면, Dist는 집합으로 선택된 참조위치와 측정된 위치의 거리 값이 들어 있다. 거리 값 각 각에 [식 3]을 적용해서 거리 비율 값을 구하게 된다. 계산된 거리 비율 값을 [식 4]에 적용해서 참조위치의 보정 값에 적용한다. 적용된 보정 값의 총 합을 이용해서 [식 5]를 적용하여 측정된 위치 값에 적용하게 된다. 보정 값을 구 한 후 측정값에 보정 값을 적용해서 MS의 위치를 추정 할 수 있다.

Ⅳ. 실험 및 결과 분석

본 장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 정밀도가 높은 시스템에서의 위치 보정 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 실험을 하였다.

본 실험은 Ubisense시스템을 이용하여 실제 이동 객체의 움직임을 측정한 후 실제 값과 측정값을 비교 하고 측정된 값에 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용한 후 세 가지의 값을 비교하여 어느 정도 성능이 좋아지는지 알아보았다.

4.1. 환경 구축 설명

이 절은 본 실험을 하기 위해 구축된 위치 측정 환경에 대해서 기술한다.

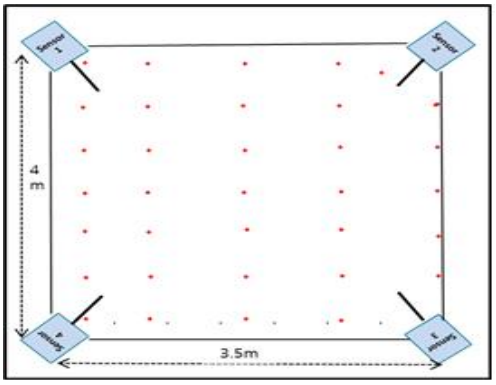

그림 6. 환경 구축 그림
Fig. 6 Figure Environment

3.1절에서 분석한 내용을 바탕으로 환경을 구축 하였다. 먼저 환경 변화가 심하지 않은 장소를 선택한 후 Ubisense 시스템을 구축한다. [그림 6]은 제안하는 알고리즘을 검증할 장소에 Ubisense시스템을 구축한 설계도이다.

4.1.1. 시스템의 상태 설명

Ubisense시스템은 구축 상태는 센서 4개를 직사각형 모양으로 시스템을 설치를 하였다. 직사각형으로 환경 설정을 하는 이유는 측정하려는 환경에서 센서의 시야 확보가 잘되어 환경 정보를 가장 잘 측정 할 수 있는 상태이기 때문이다. 각 센서들의 중심각도 정보는 [표 1]과 같다.

표 1. 시스템 설치 정보
Table. 1 System setup information

	S1	S2	S3	S4
yaw	-61.5	-125	121.1	56.4
pitch	-24.4	-28.3	-22	-25.1
roll	0	0	0	0

센서의 각도 정보를 표시하는 이유는 Ubisense시스템은 AOA기법을 사용하기 때문이다. 또, 센서의 중심각도에 MS가 들어올수록 더 정확한 값을 측정을 할 수 있기 때문이다. 센서의 설치 각도에 따라 측정되는 값에 영향을 미칠 수 있다. [그림 7]은 Ubisense시스템의 측정 환경을 구성할 때 참고 해야 할 사항을 나타내는 그림이다.

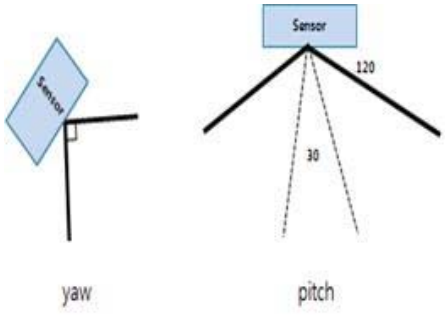

그림 7. 시스템 설치 조건
Fig. 7 System installation conditions

Ubisense시스템의 센서를 설치할 때 yaw의 각도의 경우와 pitch의 각도는 [그림 7]에서 나타는 각도에 유의해서 측정하고자 하는 환경을 포괄할 수 있게 해야 한다. 센서의 pitch의 각도는 120도를 포괄하지만 중심각도 30도 이내로 MS가 위치 할 수 있게 해야 한다. 그 이유는 중심각도안에 MS가 들어가게 되면 오차율이 1%이하이기 때문이다. 중심각을 벗어나가 되면 오차율이 3%로 올라가게 된다. 그리고 센서의 roll은 수평이 되게 맞춰야 한다. 센서의 roll은 센서를 설치 할 때 설정을 해줘야 한다. roll의 수평은 수평 자를 이용하여 센서 설치 할 때 임의로 수평을 맞추어야 한다.

4.1.2. 참조위치 설정

참조위치는 Ubisense시스템이 설치된 공간에 가로 60cm와 90cm 간격으로 나누어 설정하였고, 세로 60cm 간격으로 참조위치를 설정을 하였다. 위의 간격으로 참조포인트를 설정한 이유는 Ubisense시스템의 경우 앞 절에서 설명했던 바와 같이 정밀도가 우수하고 오차가 20cm에서 30cm정도 차이가 발생을 하기 때문에 이와 같이 간격을 정하였다 몇 위치에 대해서는 의도적으로 위의에서 설정한 참조위치 기준으로 비켜 나가게 설정 하였다. 그 이유는 참조위치가 정사각형 형태를 측정 되지 않는 곳에서의 값을 확인하기 위해서 이다. 참조위치의 실제 값 측정은 두 개의 기준을 두고 이 기준점에서의 거리를 레이저메저를 이용하여 측정한 후 상대 좌표 값을 설정 하는 방법으로 구하게 되고 이 기준 값을 Ubisense시스템의 위치 측정값을 도출 해 내주는 프로그램에 입력을 하여 측정값의 상대 좌표 값을 구하게 된다. 위와 같이 참조 위치를 설정한 후 검증 할 때는 위에서 잡은 참조 점의 위치를 변경한 후 검증을 하였다. 알고리즘에 대해서 검증할 때 너무 정밀한 값이 나오게 되면 오차율이 높아지기 때문에 처음 설정한 참조위치를 수정을 하였다.

4.2. 제안한 알고리즘을 적용

제안하는 알고리즘은 Ubisense시스템을 이용하여 참조위치의 실제 값과 측정값을 이용한 환경정보를 구성한다. 시뮬레이션 프로그램은 Matlab을 이용하였다. Matlab을 이용한 프로그램을 구성한 후 실제 값과 측정값의 차이를 이용한 측정 오류 값과 실제 값과 측정값을 보정한 값의 차이를 이용한 추정 오류 값을 이용하여 이 알고리즘의 성능을 분석하였다.

4.3. 성능 검증

이 절은 실제 값과 측정값의 차이를 이용한 측정오류 값과 실제 값을 보정한 값의 차이를 이용한 추정오류 값을 이용하여 알고리즘의 성능을 분석한 부분을 기술한다.

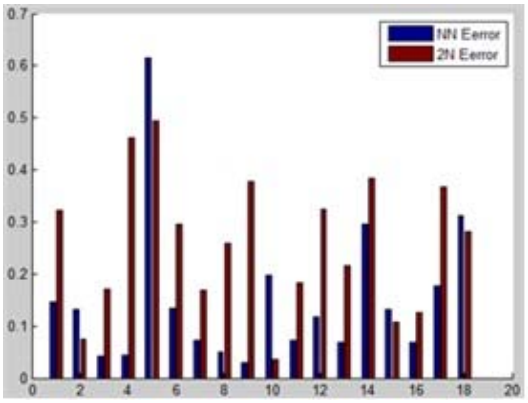

그림 8. 최근접점과 2개의 근접 점 비교
Fig. 8 Comparison of NN(Nearest Neighbor) and two close points

[그림 8]은 최근접점(Nearest Neighbor)을 이용한 추정값과 2개의 근접 점을 이용한 추정 값을 비교한 그림이다. [그림 8]에서 보면 2개의 근접 점을 이용 할 경우 최근접점을 이용할 경우에 비해 대체적으로 오류값이 증가하는 걸 확인 할 수 있다.

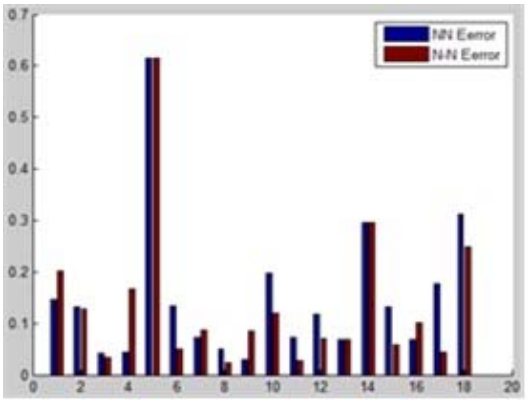

그림 9. 최근접점과 N개의 근접점 비교
Fig. 9 Comparison of NN and N Nearest Neighbors

[그림 9]는 최근접점과 N개의 근접 점을 동적으로 설정해서 추정 값을 생성하는 알고리즘을 적용한 후 비교한 그림이다. 그림으로 확인 할 수 있는 것은 최근접점을 이용한 값 보다 대체적으로 N개 근접 점을 이용한 값들이 더 좋은 정확도를 가지는 걸 확인 할 수 있다.

[표 2]를 통해서 임의의 위치 3개를 잡아서 어떤 참조위치를 선택하는지 보도록 하겠다.

표 2. 보정 값을 구하기 위해 사용된 참조위치
Table. 2 Calibration reference point used to obtain the values

	6번
최근접점	RP 9
2개근접점	RP 9, RP15
N개근접점	RP9, RP11, RP13, RP15
	15번
최근접점	RP 25
2개근접점	RP 25, RP 31
N개근접점	RP 25, RP 29, RP 31
	17번
최근접점	RP 33
2개근접점	RP 33, RP 35
N개근접점	RP 33, RP 13, RP 35

[표 2]에서 확인 할 수 있듯이 N개의 근접 점을 이용한 위치 보정 알고리즘에서 참조하는 보정 값들이 동적으로 바뀌는 걸 확인 할 수 있다. 이들의 값을 보정 값으로 적용할 경우 더 정확한 값을 추정 할 수 있다. 단순 정해진 값에 의해서 참조 위치를 정하는 경우보다 동적으로 참조위치의 수를 바꿀 경우 좀 더 높은 정확도를 가지는 추정 값을 가질 수 있다. [그림 10]을 통해서 참조위치와 측정위치를 표현 했다. 빨간색 점으로 표현된 부분이 참조위치를 나타내고 파란색점이 [표 2]에서 보여주고 있는 측정된 값이다. 추정된 값의 6번째 값을 분석해보면 최근접점과 2개의 근접 점을 이용한 것은 10cm 이상의 오차가 발생 하지만 제안하는 알고리즘을 적용 했을 경우 수cm이하로 떨어지는 것을 확인 할 수 있다. 15번째 값과 16번째 값도 같은 특징을 가지는 걸 확인 할 수 있다.

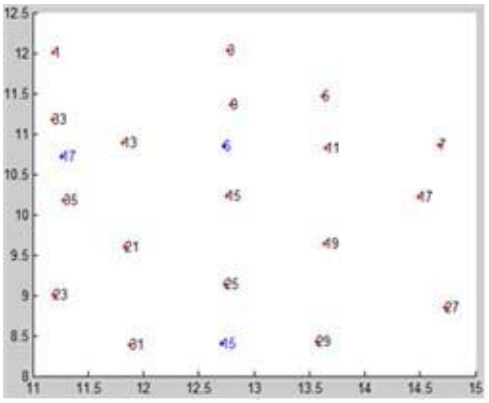

그림 10. 측정된 위치와 참조위치
Fig. 10 The measured position and the reference position

이 검증을 통해서 최근접점을 이용한 보정방법과 참조위치의 개수를 한정해서 보정하는 방법의 경우보다 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용했을 경우 위치 보정을 통한 추정 값의 오차 값이 좋아지는 걸 확인 할 수 있다.

Ⅴ. 기대 효과 및 향후 연구

실내 측위 방법 중에서 현재 이용되고 있는 위치 측정 시스템 중에서는 UWB를 이용한 위치 측정 시스템을 많이 사용을 하고 있다. UWB의 전파 특성으로 인해 외부적인 영향을 가장 적게 받아 가장 정밀도가 높은 위치 측정을 할 수 가 있다. 현재 가장 많이 사용 되고 있는 실내 위치 추정 방법 중 하나인 WLAN의 경우 외부적인 영향 때문에 위치 측정의 정밀도가 나쁘다. 현재 상용화 되고 있는 UWB 시스템 중에는 Ubsencse시스템이 많이 사용되고 있다. UWB기법을 이용하게 되면 위치 측정 정밀도가 높고 본 논문에서 말한 특징을 가진 시스템에 위의 방법을 적용하면 더 정밀한 위치를 추정 할 수 있을 것이다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용을 하게 되면 현재 UWB기법의 정확도는 LOS의 경우 수십cm정도의 오차가 발생을 하는데 이를 수cm정도로 줄일 수 있을 것이다. 본 논문에서는 제안하고 있는 N개의 참조위치를 이용한 위치보정방법의 경우 현재 논문에서는 여러 값

을 적용한 후 시뮬레이션을 통해 최적의 값을 찾는 방법으로 파라미터값을 정했지만, 향후 연구로 이 파라미터 값도 환경에 따른 동적으로 정할 수 있는 방안을 연구한다면 더 정확한 위치 주정을 할 수 있을 것이다. 그리고 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 환경변화가 적은 곳을 바탕으로 알고리즘 검증을 하였는데 향후 연구로 환경변화가 많은 상황에서 이 논문에서 제안하고 있는 알고리즘을 적용해 정밀한 위치 추정이 가능한지를 검증해야 할 것이다.

참고문헌

[1] K. Lyytinen, Y. Yoo, “Issues and challenges in ubiquitous computing. Communications of the ACM”, Vol. 45, No.12 p62-65, 2002.12.

[2] V. Patmanathan, Area Localization using WLAN, KTH Electrical Engineering, XR-EE-KT 2006, 2006.

[3] 김창환, "UWB 무선통신 기술 동향", 주간기술동향, 통권, 제1345호, 2008.05.

[4] B. Li, J. Salter, A. G. Dempster, and C. Rizos, "Indoor positioning techniques based on wireless LAN," Proc. AusWireless '06, Sydney, Australia, Mar. 2006.

[5] Yanying Gu, Anthony Lo, "A Survey of Indoor Positioning System for Wireless Personal Networks," Communications Surveys & Tutorials, IEEE vol. 11, pp.13-32, 2009.

[6] 이형수, 신철호, "UWB 기술정의 및 특성", 한국전자파학회지, 한국전자파학회, 제13권, 제3호, 2002.07.

[7] Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) IEEE Std 802.15.4a™-2007

[8] Ubisense, http://www.ubisense.net/

[9] Digital Media Lab, http://www.medialab.re.kr

저자소개

이정주(Jeongjoo Lee)

2011 한밭대학교 전파공학과 졸업 (학사)
2011～현재 한밭대학교 정보통신전문대학원 전파공학과 재학 (석사과정)

※관심분야 : 무선 통신 소프트웨어, 실내 위치기반 서비스, etc.

강동조(Dong-Jo Kang)

2011 한밭대학교 전파공학과 졸업 (학사)
2011～현재 한밭대학교 정보통신전문대학원 전파공학과 재학 (석사과정)

※관심분야 : 무선 통신 소프트웨어, 실내 위치기반 서비스, etc.

박현주(Hyunju Park)

1990년 서울 시립대학교 전산통계학과 학사
1992년 서울대학교 대학원 전산과학과 석사
1997년 서울대학교 대학원 전산과학과 박사
1997년～현재 한밭대학교 전파공학과 교수

※관심분야 : 데이터베이스, 무선 통신 소프트웨어