

실내 환경에서 WLAN 기반의 Splite-tree를 이용한 가상의 핑거 프린트 구축 기법

신승선*, 김경배**, 배해영*

FingerPrint building method using Splite-tree based on Indoor Environment

Soong-Sun Shin *, Gyoung-Bae Kim **, Hae-Young Bae*

요 약

최근 스마트 폰의 발전으로 위치 정보의 활용도가 높아지고 있다. 기존에 측위 시스템은 GPS를 이용한 위치 측위를 하였다. 하지만 실내는 GPS 신호를 사용할 수 없으며, GPS 사용할 경우 위치 부정확의 문제점이 발생된다. 실내에서의 측위 문제를 해결하기 위하여 실내를 기반으로 하는 위치 측위 기법이 연구되었다. 실내를 기반으로 하는 많은 측위 기법으로는 RFID, UWB, WLAN 등의 다양한 기법이 존재한다. 하지만 WLAN를 이용한 위치 측위 기법이 실생활에 활용하기 가장 적합하다. WLAN을 이용한 실내 측위 기법은 크게 2가지로 나뉘는데 첫째는 삼각 측량 기법이고, 둘째는 핑거프린트 기법이다. 그중 핑거 프린트 기법이 정확도가 높기 때문에 많이 쓰인다. 하지만 핑거 프린트 기법을 사용하기 위해서 구축하는 시간이나 구축을 위한 자원 소모가 많은 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 실내 환경에서 WLAN 기반의 가상의 핑거 프린트 구축 기법을 제안한다. 제안된 기법은 기존의 실내 환경을 셀 환경으로 구분하였으며, 각각의 셀 안의 핑거 프린트 위치 점을 가상의 그리드 맵으로 나타내었다. 그리고 가상의 위치점에 예측된 가상의 시그널 값을 넣어줌으로써 빠르게 핑거프린트 시스템을 구축한다. 또한 이렇게 구축된 시그널 값들은 실측위 값과는 다른 값을 가질수 있기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위한 Splite-tree를 이용한 보정 기법을 제안한다. 보정 기법을 통하여 짧은 시간 동안 정확도가 향상됨을 보인다.

▶ Keyword : 실내, 핑거 프린트 기법, 가상의 그리드, Splite-tree, 셀 공간

Abstract

A recent advance in smart phones is increasing utilization of location information. Existing

• 제1저자 : 신승선 • 교신저자 : 김경배
• 투고일 : 2011. 12. 29, 심사일 : 2012. 03. 12, 게재확정일 : 2012. 04. 15.

* 인하대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science, Inha University)

** 서원대학교 정보보호학과(Dept. of Computer Education, Seowon University)

positioning system was using GPS location for positioning. However, the GPS cannot be used indoors, if GPS location has an incorrectly problem. In order to solve indoor positioning problems of indoor location-based positioning techniques have been investigated. There are a variety of techniques based on indoor positioning techniques like as RFID, UWB, WLAN, etc. But WLAN location positioning techniques take advantage the bond in real life. WLAN indoor positioning techniques have a two kind of method that is centroid and fingerprint method. Among them, the fingerprint technique is commonly used because of the high accuracy. In order to use fingerprinting techniques make a WLAN signal map building that is need to lot of resource. In this paper, we try to solve this problem in an Indoor environment for WLAN-based fingerprint of a virtual building technique, which is proposed. Proposed technique is classified Cell environment in existed Indoor environment, all of fingerprint points are shown virtual grid map in each Cell. Its method can make fingerprint grid map very quickly using estimate virtual signal value. Also built signal value can take different value depending of the real estimate value. To solve this problem using a calibration technique for the Splite-tree is proposed. Through calibration technique that improves the accuracy for short period of time. It also is improved overall accuracy using predicted value of around position in cell.

▶ Keyword : Indoor, Fingerprint Method, Virtual Grid, Splite-tree, Cell Space

1. 서 론

최근 스마트 폰 및 임베디드 기기의 발달에 WLAN의 사용이 증대하였으며, 실내 측위를 위하여 WLAN을 이용한 측위 기술이 연구 되고 있다[1,2,3]. 기존에 가장 많이 사용되는 측위 기술은 위성을 이용한 GPS 기술로써, 실외 내비게이션에서 많이 사용된다[4,5]. 위성을 이용한 방식은 일반적으로 수십 미터 수준의 정확성을 제공하고, DGPS(Differential Global Positioning System)의 경우 수 미터 수준의 정확도를 제공한다. 그러나 GPS 는 실내 건물 안 혹은 도심 내 건물의 음영지역 등과 같이 사람들이 대부분의 시간을 보내는 공간에서 신호를 측정할 수 없어 실내 LBS에서는 단점을 갖는다[6].

또한 위치추위를 위해서 GPS 이외에도 다양한 방법들이 사용되고 있다. 우선 휴대폰의 기지국을 이용하는 방식이 있다. 휴대폰의 경우 많은 사람들이 항상 휴대하고 있고 전파의 도달범위가 실내외 모두 가능하다는 장점을 갖는다. 하지만 휴대폰이 접속하고 있는 기지국을 이용한 위치추적으로는 정확도가 높지 않아 어느 블록에 있다는 정도의 대략의 위치만 확인 가능하다. 따라서 낮은 장소를 이동하기 위한 길 찾거나 지하철역이나 쇼핑센터 내에서의 위치추적에 있어서는 부적합하다[7,8].

위치 추위를 위한 다른 방법으로 RFID 및 UWB 와 같은

센서를 이용하는 방식이 있다. 이 중에서도 UWB는 실내 위치추적에 있어서 수 센티미터에 이르는 높은 정확도를 제공하는 장점 때문에, 위치정확도가 중요시되는 실시간 위치추적 시스템에서 주로 활용된다. 하지만 이들 방식들은 높은 정확도에 비해, 전파의 송수신 거리가 짧고 위치추위를 위해서 별도의 기지국들을 추가로 설치해야 한다. 따라서 설치 시에 발생하는 추가 비용을 부담해야 하는 단점을 갖는다.

이러한 문제를 극복하기 위하여 최근 WLAN을 이용한 실내 위치 측위 기술이 대두되고 있다[9,10]. WLAN은 많은 건물이 이미 설치되어 있으며, 추가적인 설치가 필요 없기 때문에 활용성이 높다. WLAN은 위치를 측위 하기 위하여 2가지의 방식을 사용하는데 첫째는 삼각측량(Centroid Method) 법이다. 이 기법은 3개 이상의 AP 기기로부터 RSSI 신호를 수신 받아서 위치를 측정 하는 기법이다 [11,12]. 다른 하나는 핑거프린트(Fingerprint)기법이 있다. 이 기법은 건물에서 RSSI 시그널을 모아 두었다가 동일한 시그널이 왔을 때 그 신호값을 가지고 위치를 측위 하는 것이다[13,14]. 하지만 기존의 많은 연구에서 Centroid 기법 보다 핑거 프린트의 기법이 성능이 좋기 때문에 본 연구에서는 핑거 프린트를 이용한 위치 측위 기법에 대하여 연구한다. 핑거 프린트 기법은 Centroid 기법 보다 많은 지역에 걸쳐서 위치를 기반으로 수신강도를 측위해야 하는 문제점이 있다. 기존 논문에서는 계속적으로 사람이 측정하는 것을 방지하기 위하여 자동차 및 자전거를 타고 측정하는 방법도 있지

만, 결과적으로 이 또한 측정을 위한 power resource를 낭비하게 되는 문제가 생긴다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 “WLAN 환경에서 가상의 핑거프린팅 기법”을 제안한다. 본 기법은 그리드 맵에서 가상의 시그널 값을 이용하여 핑거 프린트 맵을 만든다. 이때 핑거프린트 맵은 셀 단위로 나뉘며 하나의 셀은 Indoor 환경에 하나의 방으로 구분된다. 셀 마다 고유한 감쇄 지수를 가지며, 이 감쇄지수에 따라서 가상의 시그널 값들이 예측 계산된다. 이렇게 예측된 시그널 값과 공간정보의 값이 합쳐짐으로써 가상의 그리드 맵이 완성된다. 가상의 그리드 맵은 핑거 프린트 기반의 위치 측위시 사용된다. 하지만 가상의 그리드 맵에서 처음 시그널의 값을 예측하는 것은 가상으로 각각의 위치점들의 시그널 들을 예측하는 것으로써, 실제의 시그널과 차이를 가질수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 실제 측정 결과와 예측 측정 결과가 틀릴 경우 보정이 이루어 진다. 보정은 셀 기반으로 진행된다. 동일한 셀 공간에서도 위치에 따라서 다른 전파 간섭을 받기 때문에 Splite-tree를 이용하여 동일 셀 공간에서의 다양한 전파 간섭의 영향을 최소한으로 하는 방법을 사용한다. 이를 통해 셀 안에서 보정이 이루어 질 경우 그 셀 안의 모든 위치 값에 속하는 시그널 값이 보정을 받기 때문에 보정이 이루어 질 때마다 동일한 감쇄 지수를 사용했던 셀안의 모든 가상의 시그널이 보정됨으로써, 적은 횟수로 많은 보정을 가진다. 본 논문은 기존의 전형적인 핑거 프린트 기법의 문제점을 해결하며, 위치 측위 값의 정확도를 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로 기존의 Centroid 기법과 핑거 프린트 기법에 대하여 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 핑거프린트의 구축 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안 기법 Splite-tree가 보정에서 어떻게 사용되는지를 확인하며, 5장에서는 성능평가를 수행하고, 마지막 6장에서 결론 및 향후 연구를 기술한다.

II. 관련 연구

내비게이션 시스템 및 임의의 위치기반 서비스(LBS, Location Based Service)의 기술은 사용자의 위치를 이용하여 다양한 서비스를 제공한다. 최근 이러한 서비스를 위한 기반 기술로 WPS(WLAN Positioning System)는 위치결정을 위해 통신기지국의 셀타워나 GPS 대신에 무선 WLAN의 네트워크를 이용하는 기술이다. 이것은 사용자 위치의 정확한 측정을 위해서 전국에 설치되어 있는 무선공유기를 사용한다. WLAN 네트워크는 사용자의 증가로 인하여 WLAN

전파가 도시의 전지역에 고유의 Mac 주소를 가지고 분포되어 있다. 그러므로, 거의 모든 장소에서 Wi-Fi 전파의 검색이 이루어 진다. WLAN 의 전파는 방대한 지역에서 측정 가능하며, 실외 및 실내에서도 수신이 가능함에 따라서 WLAN을 기반으로 위치 확인을 하는 기법 및 시스템이 계속적으로 연구 되고 있다.

WLAN 측위 기법으로는 삼각 측량 방식과 핑거 프린트 방식으로 나뉜다. Fig.1 은 삼각 측량 방식을 나타내는 그림이다.

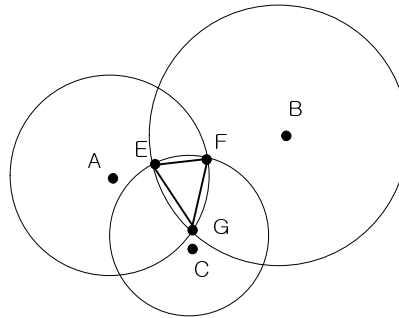


그림 1. 삼각 측량 방식
Fig. 1. Triangle Centroid

• 삼각 측량 방식

삼각 측량 방식은 기준이 되는 AP나 신뢰할 수 있는 AP의 시그널 3가지 이상의 값을 가지고 위치를 측위 하는 방법이다. 먼저 수신 값을 기반으로 RSSI 값을 계산하며, 가중치 알고리즘을 이용하여 시그널이 수신된 현재 위치의 좌표 값을 반영한다. 이때, AP로부터의 수신된 시그널 값에 정확도를 향상하기 위하여 감쇄 값을 반영하며, 반영된 감쇄 값에 따라서 3가지의 시그널 값의 대략적인 위치점을 구한다. 계산된 값을 통하여 유클리디안(Euclidean) 기법을 이용하여 교차점을 구하면 실제 위치점이 된다[11,12,15,16,17,18].

• 핑거 프린트 방식

핑거 프린트 방식을 사용하기 위하여 시그널 지도 구축을 위해 2가지 단계로 나뉜다[13,14,19,20,21].

오프라인 단계에서는 RSSI 데이터를 기반으로 주어진 영역의 시그널 지도를 생성하고, 온라인 단계에서는 실시간 RSSI 값을 이용하여 가장 가까운 값을 찾아서 (X,Y)의 예측 위치를 비교한다. 시그널 지도를 구축하는 방법은 2가지가 있으며, 첫째는 경험적 구축 모델이다. 경험적 구축 모델은 작업 시간이나 노력 측면에서 많은 비용을 요구하지만 높은 정확도를 가진다. 둘째는 결정적 구축 모델이다. 결정적 구축 모델은 RSSI의 거리에 따라서 가상의 감쇄 인자를 사용하여

가상의 위치 값을 계산한다. 하지만 실내 환경과, 벽, 분 등의 다양한 환경으로 인하여 정확도가 낮다는 문제점을 갖는다.

위치 결정을 위한 온라인 단계에서는 시그널 지도를 구축한 지역은 WLAN 위치를 계산하기 위한 기준 데이터베이스가 제공된다. WLAN 시그널을 수신할 수 있는 기기를 갖은 사용자는 시그널 정보를 수집하여 범위 내의 모든 WLAN 액세스를 서버로 송신한다. WPS 시스템에서는 수신된 메시지를 기초하여 기 구축된 데이터베이스의 정보를 비교하여 WLAN 액세스 포인트에 대한 계산된 위치를 얻는다. 수신된 메시지를 통해 식별된 WLAN 액세스 포인트의 수에 기초해서, 복수의 위치 결정 알고리즘으로부터 대응하는 위치결정 알고리즘을 선택하여 위치를 결정하게 된다. 선택된 Wi-Fi 액세스 포인트의 계산된 위치 및 상기 수신 메시지의 신호 강도와 선택된 위치 결정 알고리즘은 사용자 장치의 위치를 결정하기 위해 사용된다. 데이터베이스는 미리 결정된 포지션의 품질을 개선하도록 새로 추가된 포지션 정보로 수정 될 수 있고, 에러를 발생하기 쉬운 정보는 회피된다.

III. 가상의 그리드 맵을 이용한 핑거프린트 구축 방법

본장은 위치 측위를 위하여 WLAN에서 제안 기법을 사용하여 핑거프린트 기법을 구축하는 과정을 설명한다. 핑거프린트를 구축하는 과정은 지도를 기반으로 가상의 그리드 맵을 구축하는 단계와, 구축된 그리드 맵에서 시그널 정보를 획득하는 단계로 나뉜다.

기존의 핑거프린트 기법에서는 경험적 구축 모델을 사용함으로써 가상의 측위 기법이 아닌 실제 측위 기법(사람, 자동차, 로봇, etc)을 사용하여 그리드 맵에서 시그널을 측정했기 때문에 많은 비용이 필요하였다. 하지만 본 제안 기법은 확장된 결정적 구축 모델을 이용하여 정확도의 향상을 가지며, 동일 셀 공간의 핑거 프린트 값의 보정을 통하여 동일 공간의 시그널 지도 구축의 정확도를 향상한다. 이를 위해 기존에 가상의 핑거프린트를 구축하기 위하여 고려되어야 할 것은 다음과 같다.

첫째, 지도 데이터의 Indoor 정보 분석이다. 실내 정보를 분석하여 각각의 벽, 복도, 층 정보 등의 실내 정보를 구축하고 있어야 한다. 이 구축된 정보를 통하여 실내 전파의 경로 손실 모델의 정확도를 높일 수 있다.

둘째, AP 정보, AP의 전송 파워에 대하여 기록 하고 있어야 하고, 또한 AP가 실제 어느 위치에 있는지 AP의 위치 정

보에 대하여 기존에 미리 구축 하여야 한다.

셋째, 실제적으로 AP의 정보와 실내 정보를 이용한 가상 핑거프린트 그리드 맵의 구축 알고리즘 이 부분은 핵심 알고리즘으로, 다양한 실내의 정보를 기반으로 경로 손실 모델을 이용하여 가상의 핑거프린트 그리드 맵을 만든다.

실내 공간에서 가상의 그리드 셀을 이용한 핑거프린트 구축 방법은 각각의 방들은 그리드 셀로 구축한다. 셀 안에서 일정한 간격의 그리드로 나눈다. 이때 간격은 짧을수록 정확도가 향상된다. 그 후 셀 공간 안에서 각각의 그리드로 표현된 위치점의 좌표를 얻어와 저장한다. 그리고 저장된 AP의 위치와 그리드 맵의 좌표점을 가지고 거리를 계산한다. 마지막으로 계산된 거리를 통하여 각각의 위치점의 시그널 강도를 예측한다.

가상의 핑거 프린트를 만드는 방법은 다음과 같다. 그리드 맵을 그린다. 그리드 맵은 1m 간격으로 그리게 된다. 그리드의 간격에 따라서 Fingerprint 기법의 정확도가 차이 나기 때문에 일반적으로 그리드 맵의 간격이 작을수록 좋다. 하지만 일반적으로 1m 간격으로 많이 사용된다.

수식(1)에서 그리드 맵의 교차점과 AP와의 거리를 계산하는 방법은 다음과 같다. 실내 지도안에 AP의 개수는 여러 개가 되며, 각각의 AP의 위치 정보는 실제적으로 구축 되어져 있어야 한다. AP의 좌표점은 다음과 같이 정의 된다.

$$A_k = (x_k, y_k) \quad (1)$$

수식(2)에서 나타내는 각 교차점에 대한 위치 값은 그리드 맵을 그릴 때 좌표점으로 정의 된다. 그리드 맵의 각 교차점은 다음과 같이 정의 된다.

$$g_{xy} = (x_i, y_i) \quad (2)$$

해당 그리드 맵의 교차점에는 AP 들의 시그널 값이 저장된다. 추후 AP 들의 전파 세기를 기준으로 현재 좌표점에 시그널 값이 포함되는지 예측된다.

그리드 맵에서 교차점에 대한 정보를 획득한다 그 정보는 (X,Y)의 위치 값이 된다. 그리고 기존의 저장된 AP의 위치 값과 교차점의 거리를 유클리디안 거리(Euclidean distance)기법을 사용하여 거리 정보를 계산하고 저장한다. AP와 그리드 맵의 교차점과의 거리를 구하는 이유는 추후에 거리마다 AP의 수신 신호 강도가 틀리기 때문이다. 수식(3)은 유클리디안 거리 기법을 이용하여 점 사이의 거리 값을 구하는 공식은 다음과 같다.

$$Distance(G_{xy}, A_k) = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2} \quad (3)$$

수식(4)에서는 위의 공식을 사용하여 각 AP와 그리드 점

과의 거리 값을 계산할 수 있다. 그리고 계산 되어진 거리 값을 통하여 시그널의 세기도 구할 수 있다. 각 그리드 맵 교차점까지 전파되는 신호의 세기를 측정하기 위하여 실제적으로 각 교차점에 수신될 신호의 세기를 측정하는 기법이 필요하다. 현 위치에서의 수신강도의 측위를 위하여 기존의 Centroid 기법에서 사용하던 전파 모델을 가지고 기본적인 예측을 한다.

$$PL_{LD}(d)[dB] = PL_F(d_0) + 10n\log(d/d_0) \quad (4)$$

각각의 교차점에 수신되는 모든 AP의 수신 강도를 예측 계산한다. 다음의 식은 AP 전파를 가지고 수신 측위 하는 일반적인 경로 손실 모델이다. d는 총 거리, d0 는 측정 거리이다.

수식(5)에서는 마지막으로 확장된 경로 손실 모델에 공간 정보 데이터를 반영 한다. 그리고 수식(6)에서 기존의 계산된 일반적인 경로 손실 모델에 각각의 셀의 정보를 반영하여 셀 안에 속하는 그리드 맵 교차점 마다의 다른 경로 손실 모델 값을 넣음으로써, 공간 정보를 이용한 가상의 그리드 신호값을 갖는 그리드 맵을 만든다. 또한 경로 손실 모델 값은 그리드 셀안에서의 방해 값을 나타낸다. 하지만 방해 값인 값은 동일하지 않기 때문에 다양한 방해 값에 따라 손실 모델의 손실 값이 틀리다.

$$\left(\sum_{(i=0)}^n \alpha_i\right) WAF, 0 \leq \alpha_i \leq 1 \quad (5)$$

$$PL_{LD}\left(\sqrt{((x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2)}\right) [dB] \\ = PL_F(d_0) + 10n\log\left(\sqrt{((x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2)}\right) \quad (6)$$

IV. Splite-tree를 이용한 시그널 보정

셀 공간 안에서 가상의 그리드 맵을 기반으로 수신강도를 예측한다. 이 예측된 데이터는 다양한 환경 변화에 의하여 실제 수신 강도와 차이가 발생한다. 수신 강도의 오차 범위가 클수록 위치 측위의 오류 범위가 확대된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 수신 강도를 보정하기 위한 방법을 나타낸다.

그리드 맵 보정은 다음과 같은 방법으로 이루어 진다. 그리드 맵의 좌표에서 실제로 스캔된 신호를 서버에 보내게 되면 실제 측정된 값과 기존의 예측된 값을 비교한다. 비교된 값의 차이가 Threshold 값 이상일 경우 Splite-tree에 실 측정 값이 저장되며, 측정된 정보의 분석을 통하여 그 좌표를 감싸고 있는 셀의 관계 변수가 변경된다. 그리고 셀에 속하는 모든 그리드 맵 데이터들의 데이터가 수정된다.

이때 수신되는 정보는 시간, 장소의 좌표점, 시그널의 정

보(수신강도, Mac Address, etc)를 얻게 된다. 수신 강도는 다양한 factor로부터 영향을 받는다. 날씨, 온도, 습도, 지역, 등의 다양한 영향을 받는데 이중 가장 영향을 많이 주는 것은 Location이다.

1. Calibration Method

보정 방법은 다음과 같다. 실제 좌표에서 가상의 그리드 맵을 기반으로 신호 값을 수신하고, 수신 강도를 획득한 후, 위치점을 기준으로 DB에 구축되어 있는 가상의 시그널 정보 값을 획득 한다. 기존의 수신강도는 Splite-tree를 통하여 시그널 정보를 저장하고 있으며, 분할 기법에서 위치 값을 기반으로 검색하여 해당 위치의 시그널 정보 값을 얻는다. 그리고 Mac 정보를 기반으로 매칭되는 시그널 값을 비교한다.

비교 방법은 첫째, Mac address를 이용하여 동일한 Mac address 가 획득된 데이터만 비교한다. 둘째, θ (Threshold) 값 이상으로 데이터의 오차 범위가 큰지 확인 하며, 이때를 구하는 방법은 다음과 같다. θ 는 1m 를 기준으로 예측되는 AP 시그널의 값이다. 각각의 시그널은 Mac Address 를 기반으로 만들어 지며, 하나의 AP 마다 하나의 Threshold 값을 갖는다. θ 를 나타내는 방식은 다음 표 1과 같다.

표 1. Threshold 비교
Table. 1. Threshold Comparison

Threshold 비교	결과
Threshold > 기존값 - 새로운값	데이터를 저장하고 끝냄 (변화 없음)
Threshold < 기존값 - 새로운값	Mac 정보와 차이 값을 저장

그리고 차이 값을 Splite-tree에 저장한다.

알고리즘 1. 삽입 데이터 분별 과정
Algorithm 1. 삽입 데이터 분별 과정

```

Input:
Info: Signal Information that is gathered from user
Output: Procedure Result (true/false)
Calibration (Info)
1: Begin
2: tempSgl = putSingalInfo(Info.loc);
3: for (i=0; i<tempSgl.macCnt; i++)
4: if (tempSgl.macaddr == Info.macaddr)
5: If (CompareSignal(tempSgl.strength, Info.strength)
        > threshold(tempSgl.macaddr))
        Stree.insert(Info);
6:
7: Endif
8: Endif
9: Endfor
End
    
```

2. Splite-tree for Cell space in fingerprint

Split-tree는 그리드 맵안에서 예측된 핑거프린트 값의 정확도를 높이기 위하여 사용된다. AP로부터 동일한 거리 (유클리디안 거리)에 있는 핑거프린트 교차점이라도 셀이 다르면 수신 강도도 틀리다. 이것은 시그널 정보가 셀의 위치에 따라 다른 영향을 받기 때문이다.

Split-tree는 실 측위된 값과 가상의 예측된 측위 값이 Threshold 값 이상 차이가 나면, 실제 측위된 정보를 Split-tree 에 삽입한다. 추후 Split-tree에 저장된 결과를 통하여 셀 공간 안에서 가상의 시그널 값을 새로 구축한다.

다음은 Split-tree의 구축 과정을 설명하는 그림이다.

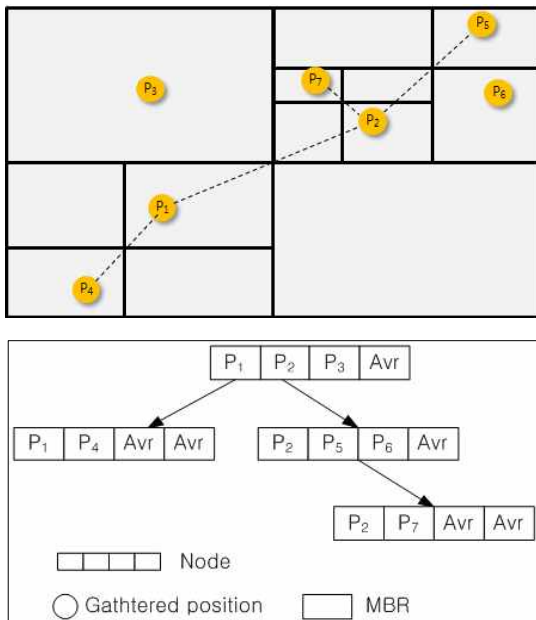


그림 2. 분할 트리의 예
Fig. 2. Example of Split-tree

Split-tree는 가상의 예측 측위 값과 수신강도가 Threshold 값 이상의 차이가 날 때 삽입된다. 그림 2는 P1에서부터 P7까지의 데이터가 삽입된 것을 나타내는 Tree이다. 모든 수신된 측위 값은 예측된 측위 값의 차이가 Threshold 값 이상 차이가 나기 때문에 삽입된다. 먼저 P1이 들어 왔을 경우 P1의 값과 예측된 값을 비교하여 Threshold 값 이상의 차이가 발생할 경우, P1을 Split-tree에 삽입한다. 그리고 셀 공간에 P1과 차이 나는 만큼의 a 값을 추가하여 셀의 공간 정보를 재구성한다. P2가 삽입되면 P1의 지점과 P2지점을 유클리디안 거리를 구하고 가운데를 계산한다. 계산된 가운데 점을 가지고 상하좌우로 각각의 MBR을 생성하고 생성된 각각의 셀 공간에서 P 값이

포함된 셀 공간은 P값과 가상의 측위 값과의 차이 값을 현재 셀 공간에서 사용 한다. 그리고 새로 만들어진 MBR의 셀 공간에서 새로 들어온 Position이 없다면, 현재 노드의 셀 공간에 있는 Position들의 평균 값을 각각의 셀의 공간 정보 값으로 넣는다.

• Split-tree의 삽입 기법

Algorithm. 2는 데이터가 삽입되는 것을 나타내는 알고리즘이다. 이 함수는 재귀적(Recursive)으로 동작한다. 여기서 노드는 하나의 셀을 의미하며, 노드의 분할은 셀의 분할을 의미한다. 노드가 분할되어 있는지 아닌지를 확인한다. 만약 분할되지 않았다면, 데이터가 들어 왔을 경우 분할해야 한다. 기존의 위치점과 새로 입력된 위치점에서 유클리디안 거리 기법을 사용하여 가운데의 위치 값을 계산한다(02~03 lines). 가운데 위치 점과, 노드, 그리고 MakeMBRPos() 함수는 셀의 MBR 값이 삽입되어 트리의 각 node에 MBR값이 생성한다(04 line). 그 후 나뉜 MBR을 통하여 부모 노드에서 상속 받은 데이터 값과, 새로 삽입된 값은 해당 범위에 속하는 셀 공간에 데이터 값이 삽입된다(05~10 lines). VirtualCellSetup()은 새로 생성된 노드들의 정보를 자동으로 입력하며, 이 시그널 값들을 가지고 추후 감쇄 지수를 산출한다. 이 입력되는 값은 현재 노드 셀에 평균 노드 범위에 포함되는지를 확인하여 데이터를 노드에 삽입한다(11~12 lines). 이때, 노드에 실제 데이터가 아닌 가상의 데이터 값이 들어 있다면, 실제 데이터의 값이 삽입된다(34~35 lines). 하지만 실제 데이터 값이 있다면, 이것은 분할을 통한 데이터의 삽입이 필요하다. 먼저, 자신이 해당되는 범위의 link에 노드가 생성되며, 생성된 노드는 다시 재귀적으로 (Recursive) InsertTree함수로 삽입되었던 값, 그리고 새로 만들어진 link node의 MBR, 현재 트리 정보까지 삽입되어, 동작을 반복적으로 진행한다(14~33 lines).

알고리즘 2 삽입 알고리즘
Algorithm 2 Insert Algorithm

```

Input:
Tree: Node of Split-tree
Info: Signal Information
mMBR: Cell MBR of Map
Output: Procedure Result (true/false)
InsertTree (tree, Info, mMBR)
1: Begin
2: if (tree.Split == false)
3: Center = MakeCenterPosition(
           tree.pos,
           Info.pos);
4: MakeMBRPos (mMBR.beginPos,
              mMBR.endPos, Center, tree);
5: for (i=0; i<NODEMAX; i++)
6:   if (contain(tree.node[i].MBR,
                tree.pos)) == true)
7:     tree.node[i] = tree.info ;
8:   if (contain(tree.node[i].MBR,

```

```

9:         tree.node[i] = Info ;
10:     Endfor
11:     VirtualCellSetup(tree, Info)
12:     Return;
13: Endif
14: For( i = 0; i < NODEMAX ; i++)
15:     if(contain(tree.node[i].mbr
16:         ,Info.loc) == true)
17:         if(tree.node[i].isReal==true)
18:             if(i==0)
19:                 tree.llink = new linknode();
20:                 linknode temp = tree.llink;
21:             elseif(i==1)
22:                 tree.lhlink = new linknode();
23:                 linknode temp = tree.lhlink;
24:             elseif(i==2)
25:                 tree.rlink = new linknode();
26:                 linknode temp = tree.rlink;
27:             elseif(i==3)
28:                 tree.rhlink = new linknode();
29:                 linknode temp = tree.rhlink;
30:             Endif
31:         Endif
32:         temp = tree.info;
33:         return InsertTree(temp,Info,
34:             tree[i].mbr);
35:     Endif
36: tree.node[i] = Info;
37: tree.node[i].isReal = true;
38: Endfor
39: End
    
```

IV. 성능 평가

본 논문에서는 제안 기법의 평가를 위해 다양한 프로그램을 사용하였다. 먼저 데이터 수신을 위하여 Java 기반의 Android 으로 수신 측정 프로그램을 개발하였고, 이를 바탕으로 데이터를 위치 값 마다 측정하여 저장하는 프로그램을 Java 기반 Android 으로 개발 하였다. 또한 Matlab 시뮬레이션 툴을 이용하여 실제적인 VPR의 시그널 분석 등을 진행 하였다.

다음 표는 동일 셀 공간에서 각기 다른 위치의 시그널 강도와 그 강도를 기반으로 계산된 감쇄지수 값을 나타낸 Table 이다. Table을 통하여 동일 셀 공간에서도 동일한 감쇄 지수를 가지고 위치 값을 예측 할 수 없다는 것을 알 수 있다. 그렇기 때문에 동일 셀 공간을 다시 일정 공간으로 Splite 하여 더 작은 단위의 셀 단위로 표현해야 하는 것을 알 수 있다.

표 2 동일 셀간의 감쇄 지수
Table. 2. Attenuation Exponent between Same Cell

	Distance			
	2m	4m	5m	7m
N loss	4.8	2.76	2.79	3.01
Signal Strength	45.5	49.2	50.6	53.2

위의 표는 기존의 Pass Loss 모델 식을 사용하여 계산 하였으며, 동일 셀 공간에 있기 때문에 Spatial 정보를 부가하지 않았다.

표 2 의 감쇄지수는 수식(6)을 통하여 산출 되었다. PL은 수신된 수신 강도, PS는 AP 기기의 출력 강도를 나타낸다. 그리고 d는 현재 측위된 거리를 나타내며, d0는 기본 측위 거리인 1m로 계산 하였다.

다음 그래프는 각각의 셀에서 동일한 거리에 따른 시그널 변화에 대한 성능 평가를 나타내는 그림이다. 본 그래프는 유클리디안 거리 기법을 통하여 동일 거리에 있는 점들에 대하여 실험을 진행 하였다. Real은 실제 값을 나타내며, Virtual은 가상의 측위 값을 말한다. 마지막으로, Spatial은 Virtual + Spatial 값을 나타내며, 가상의 측위 값에 공간 정보 값을 추가한다. 각각의 위치 값에서 A 지점은 동일 지점의 셀 공간 안에 있는 값이며, B, C, D 지점은 각각의 다른 셀에 있는 지점이다.

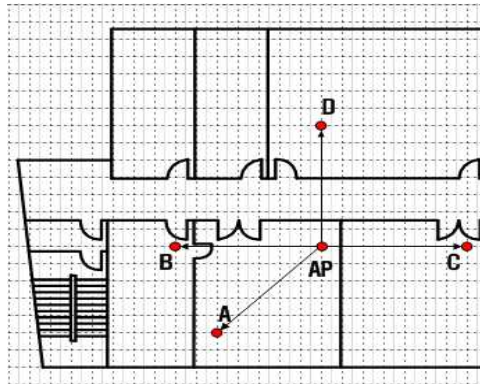


그림 3. (a) 각기 다른 Cell 공간에서의 동일 거리
Fig. 3. (a) Distance of Each Cell Space

그림 3.(a)는 AP로부터 유클리디안 거리 기법을 통하여 거리 값이 A, B, C, D 가 동일한 값을 나타내는 그림이다. 하지만, 거리상으로는 동일하지만 공간상으로 각각의 위치점 들은 다른 공간에 포함되어 있다.

그림 3.(b)는 A, B, C, D 공간에서 RSSI 값들의 평균 값을 나타내는 그림이다. 각각 실제 값과 가상의 값이 차이가 많이 나는 것을 알 수 있으며, 제안된 기법이 실제 기법과 RSSI 값 차이가 적다는 것을 알 수 있다.

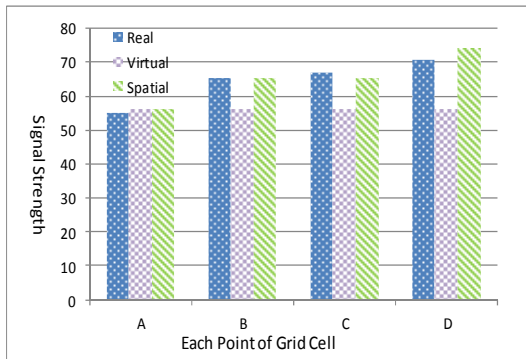


그림 3. (b) 동일 거리에서 Cell에 따른 시그널 값의 변화
Fig. 3. (b) Variation of Signal Value by Same Distance

그림 4는 전체 측위별 수신강도의 오차를 나타낸다. 기존의 핑거프린트 기법은 각 그리드의 교차점에 대한 수신강도를 계속적으로 수신하여 위치 값을 측정함으로써, 리소스 사용이 많았다. 하지만 본 제안 기법은 셀을 기반으로 Threshold 값 이상의 차이가 나는 위치 값만을 가지고 보정을 하기 때문에 구축을 위한 리소스가 상당히 줄어든다. 하지만 일정 수준 이상 측위가 이루어진 후에는 더 이상의 정확도 변화는 힘들다는 것을 알 수 있었다.

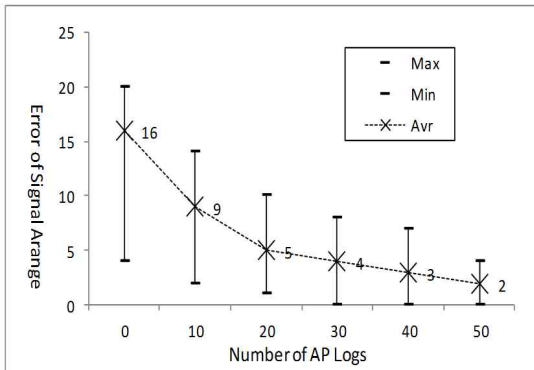


그림 4. 수신강도의 오차
Fig. 4. RSSI Error

V. 결론

본 연구는 핑거프린트 기법에서 구축하는 시간과 자원소모를 줄이면서도 정확도를 향상시키기 위한 연구를 진행 하였다. 구축 리소스를 줄이기 위하여 셀 기반의 공간정보를 활용한 가상의 측위 기법을 사용하였다. 또한 가상의 측위 기법을 통하여 예측된 시그널 값의 오류 보정을 위한 보정기법을 제

안하였다. 제안 기법은 핑거프린트 맵을 만들기 위하여 가상의 그리드 위치점을 만든다. 실내 환경을 셀 환경으로 구분하며, 각각의 셀 안에 핑거 프린트 위치 점을 그리드로 나타내었다. 그리고 각각의 그리드 위치 점까지의 거리를 유클리디안 거리 기법을 통하여 계산한다. 그리고 기존의 Pass Loss 모델을 가지고 그리드 맵의 각 위치점 시그널 값을 예측한다. 또한 예측된 값은 실제 값과는 다르기 때문에 오류를 가지며, 이런 오류를 보정하기 위한 보정 기법을 제안하였다. 보정 기법은 셀 공간 안에 있는 각각의 핑거프린트 값들을 이용하여 셀 공간에 속하는 모든 가상의 시그널 값을 변경해 줌으로써 기존의 기법보다 빠르게 위치 값을 구축할 수 있으며, 정확도 또한 유지됨을 알 수 있었다. 성능 평가에서는 제안 기법이 기존의 기법 보다 성능이 향상됨을 보였다. 이것은 기존의 기법은 구축되지 않은 곳의 위치 값을 측정할 수 없는 문제점을 가지지만 본 제안 기법은 가상의 그리드 맵에서 예측된 값을 갖기 때문에 성능이 더 좋다.

참고문헌

- [1] S. S. Shin, S. O. Kim, J. Y. Du, T. S. Kim and S. H. Kim, "The Development of an Indoor and Outdoor Navigation system," Proceedings of 17th ITS WorldCongress, Busan, 2010.
- [2] J. Yin, Q. Yang, L. Ni, "Adaptive Temporal Radio Maps for Indoor Location Estimation," Proceedings of the 3rd IEEE Int'l Conf. on Pervasive Computing and Communications (PerCom 2005).
- [3] C. Nerguizian, C. Despins, S. Affes, "Indoor Geolocation with Received Signal Strength Fingerprinting Technique and Neural Networks," ICT 2004, LNCS 3124, pp. 866 - 875, 2004.
- [4] F. Barcelo-Arroyo et al, "Indoor Location for Safety Applications using Wireless Networks," in Proc of the 1st ERCIM Workshop on Mobility, Portugal, 2007.
- [5] T. G. Kim, S. S. Shin, W. I. C, H. Y. B, "Effective indexing of moving objects for current position management in Road Networks," The Korea Society of Computer Information, 2011, 08.

- [6] H. M. Khoury, V. R. Kamat, "Evaluation of position tracking technologies for user localization in indoor construction environments," *Automation in Construction* 18 (2009), pp. 444-457.
- [7] H. Lu, B. Yang, C. S. Jensen, "Spatio-Temporal Joins on Symbolic Indoor Tracking Data," 27th IEEE International Conference on Data Engineering(ICDE), pp. 816-827, 2011.
- [8] C. S. Jensen, H. Lu, and B. Yang, "Graph Model Based Indoor Tracking," *Mobile Data Management: Systems, Services and Middleware*, 2009. MDM '09. Tenth International Conference pp. 122-131, 18-20 May 2009.
- [9] U. Grossmann, M. Schauch, and S. Hakobyan. "Rssi based Wlan indoor positioning with personal digital assistants," pp. 653-656, Sep. 2007.
- [10] Y. Wang, X. Jia and H. K. Lee "An indoors wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure," in 6th International Symposium on Satellite Navigation Technology including Mobile Positioning and Location Services, Melbourne, July 2003.
- [11] D Hongbin and J Yunde, "A robot of roaming the planet localization algorithm based on wireless sensor network," Beijing Institute of Technology, Robot, 2007.
- [12] C Weike, "wireless sensor network localization weighted centroid algorithm based RSSI," *Journal of Wuhan University of Technology*, 2006.
- [13] Bahl, P and Padmanabhan, V. N., "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," *Proc. IEEE INFOCOM* 2000.
- [14] P. Prasithsangaree, P. Krishnamurthy and P. K. Chrysanthis, "ON INDOOR POSITION LOCATION WITH WIRELESS LANS," University of Pittsburgh, USA, IEEE PIMRC, 2002.
- [15] H Yan, H Hanying, and Z Shan, "A new TOA location algorithm," Zhen Zhou Information Engineering University, Radio Communications Technology, 2004.
- [16] L Wei and C Chuanfeng, "Triangle centroid of wireless sensor network localization algorithm based on RSSI," Fu Zhou University, Sensor Technology, 2008.
- [17] S Yun Cho, "Localization of the Arbitrary Deployed APs for Indoor Wireless Location-Based Applications," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2010.
- [18] K Jones and L Liu, "What Where Wi: An Analysis of Millions of Wi-Fi Access Points," *Portable Information Devices*, 2007. PORTABLE07. IEEE International Conference on, pp. 25-29, 2007.
- [19] R Battiti, "Neural network models for intelligent networks : deriving the location from signal patterns," University Trento, Poceedings of The First Annual Symposium on Autonomous Intelligent Networks and Systems UCLA2002.
- [20] P Myllymaki and H Timi, "A Probabilistic Approach to WLAN User Location Estimation," University of Helsinki, *International Journal of Wireless Information Networks*, July 2002.
- [21] A Moustafa and Youssef, "WLAN Location Determination via Clustering and Probability Distributions," University of Maryland, USA, *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication*, 2003.

저 자 소개



신 승 선
 2006: 서원대학교
 컴퓨터 교육과 이학사.
 2008: 인하대학교 컴퓨터공학부
 컴퓨터공학과 공학석사.
 2008: 인하대학교 정보공학과
 컴퓨터공학과 공학박사과정
 관심분야: 데이터베이스, 위치기반 서비스,
 데이터 스트림
 Email : hermit7999@gmail.com



김 경 배

1992: 인하대학교 전자계산학과 공학사.
2000: 인하대학교 컴퓨터공학과 공학박사.
2000~2004 : 한국전자통신 연구원 선임
연구원
2004~ 현 재: 서원대학교 컴퓨터 교육과
조교수
관심분야: 이동실시간 데이터베이스, 스토리
지 시스템, GIS, VOD
Email: gbkim@seowon.ac.kr



배 해 영

인하대학교 공학사(응용물리학), 연세대학
공학석사(전자계산학), 숭실대학교
공학박사(전자계산학), 인하대학교
정보통신대학원장, 대학원장 역임,
현 인하대학교 컴퓨터정보공학과 교수,
지능형 GIS연구센터 센터장, 중국 중경우전
대학교 명예교수
관심분야: 데이터베이스, 공간 데이터베이스
Email : hybae@inha.ac.kr