

# 교통 연계 환승 시스템의 보행자 위치정보 수집을 위한 POI 기반 위치 보정 기술 연구

## A Study of Correcting Technology based POI for Pedestrian Location-information Detecting in Traffic Connective Transferring System

정종인\*  
(Jong-In Jung)

이상선\*\*  
(Sang-Sun Lee)

### 요약

교통연계 환승센터를 이용하는 보행자에게 다양한 정보의 수집 및 가공을 통한 실시간 맞춤형 정보를 제공하기 위해 테스트베드(김포공항)의 통신환경 설계 및 효율적인 보행자 위치추위의 보정기술을 연구하였다. 통신환경 구축을 위한 설계는 환승 센터 구역에서 이용자에게 신뢰성이 보장된 데이터 전송이 가능하여야 한다. 또한, 위치 추위를 위해 고려되어야 할 사항도 병행하여 검토해야 한다. 따라서 우리는 데이터 통신과 위치 추위 효율을 동시에 만족하는 통신환경 설계를 수행하였다. 그리고 효율적인 위치 추위 기술 적용을 위해 상용기술 기반의 실시간 위치 인식에 관련한 문제를 판단하고 문제를 해결하고자 새로운 접근 방법을 고안하여 테스트베드에 적용 및 분석하였다.

본 논문에서 전자지도상에 실제 건물이 가지고 있는 특성(구조물)을 인가하여 실제 환경과 최대한 흡사한 상황에서 무선접속점(AP: Access Point)을 위치시켰으며, 각각의 위치에서 특정한 조건을 만족하도록 통신환경 구축 설계를 수행하였다. 또한, 교통연계 환승 서비스에서 보행자 위치추위를 필요로 하는 주요지점(POI:Point Of Interest)을 기준점으로 설정하고 해당 지점을 표출할 수 있도록 하는 방법을 고안하였다. 그 설정방법과 알고리즘에 대해서 테스트베드에서의 실험을 통해 얻어진 원시데이터를 바탕으로 시뮬레이션 수행하고 그 결과에 대해서 소개하고자 한다.

### Abstract

In order to provide the real time and proper information to the pedestrian who is using the transport connection and transfer center through data collecting and processing process, the design of the test-bed (Gimpo airport)'s communication construction and the technology of the pedestrian location tracking has been researched.

The design of the communication construction should make sure that it can provide believable data to the user of the transfer center. At the same time, the location tracking should also be considered, so that the require of the communication efficiency and the location tracking efficiency can be met together. In order to make the efficient location tracking technology, the problems related to the commercial technology based real time location identification will be resolved and the new approach method was proposed and be applied and analysed to the test-bed.

The wireless access points can be located in the most real-world situation which has added the characteristics of the real building to the electronic map, and through the analysis of theirs location, they can be set as the mainly necessary points for the communication construction design and the location tracking and the method to locate that points has been proposed. How to set, how to apply it to the test-bed and the examination result will be introduced in this paper.

**Key words** : PLT Algorithm, ND(nomadic device), Cell-ID, TDoA, fingerprint

† 본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업 (과제명 “교통연계 및 환승시스템 기술개발”)의 연구비지원 (과제번호 06 교통핵심 A02-02)에 의해 수행되었습니다. “이 논문은 2011년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.”

\* 주저자 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 석박사통합과정

\*\* 공저자 및 교신저자 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 교수

† 논문접수일 : 2010년 4월 26일

† 논문심사일 : 2010년 5월 18일(1차), 2011년 1월 19일(2차)

† 게재확정일 : 2011년 3월 8일

# 1. 서 론

## 1. 연구의 배경 및 목적

현재 교통연계 및 환승 시스템에 관련된 연구 및 개별 서비스가 다양한 측면에서 운영되고 있다. 하지만 운영 측면에서 점단위의 체계적인 데이터 수집 및 연계를 통한 양질의 정보 생성과 서비스 측면의 정보 제공 수준이 활동적인 시대에 적합한 형태로 접근하지 못하고 있다. 기술적인 측면에서 국내 환경 및 이용자가 원하는 수준에 적합하도록 다양한 요소기술을 개발하고 적용하는 단계가 수행되어야 하며, 이를 종합 평가함으로써 제한된 공간에서 다양한 교통수단을 효율적으로 연계하고 환승 거리를 최소화할 수 있도록 교통연계 최적화기술과 환승센터 설계하는데 있어서 관련 기술들의 연구가 필요하다[1].

그러한 교통 연계 환승 시스템의 최적화를 실현한다면 경제·산업적인 측면에서 복잡한 환승정류장 운영의 효율성과 안전성, 신속성 등의 인적, 물적 이익을 가져올 것으로 예상되며, 사회·문화적 측면에서는 무선통신 기반의 시스템을 통해 시민에게 신속하고 편안한 대중교통 환경 구축에 기여할 것으로 예상된다[2,3].

서비스 이용자에게 실시간으로 맞춤형 정보를 제공하기 위해서는 다양한 정보의 수집에서 가공 및 제공에 이르기까지 단계별로 각종 요소기술이 요구된다. 그러나 이용자의 맞춤형 정보가 실시간 위치를 기반으로 생성 및 제공되어야 함으로 적합한 실시간 위치 측위 기술의 검토 및 개발이 요구된다. 현재까지 개발된 다양한 상용 기술은 서비스 제공시스템의 요구사항에 완벽히 대응하지 못하는 물론이고, 각각의 기술별로 장단점을 가지고 있다.

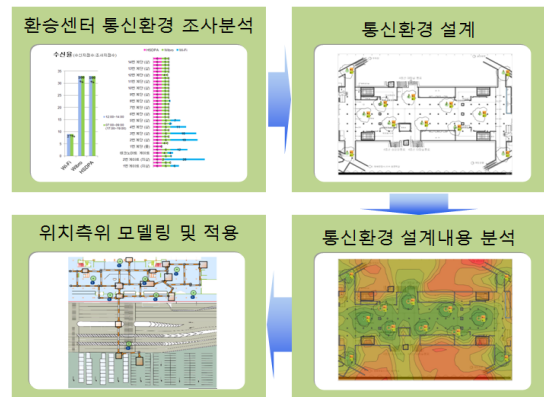
상용 기술의 자료를 분석한 결과 실시간측면과 정확성 측면이 대비되는 특성을 가지고 있었으며, 장치의 설치 및 서비스 장소 환경에 따라 위치측위 오차가 상이하여 서비스 수준을 결정하기가 어려운 문제점이 있다. 따라서 교통 연계 및 환승 서비스

제공시스템에 효율적인 적용을 위해서는 통신환경 구축설계에 대한 연구와 상용기술 중에 정확성과 실시간성을 동시에 적절한 수준으로 만족하는 위치 측위 시스템에 대하여 분석하고 개선 방법을 연구하였다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 논문에서는 <그림 1>에서와 같은 단계에서 교통연계 및 환승시스템에서 환승 센터를 이용하는 보행자에 대해서 실시간 맞춤형 정보를 제공하기 위하여 통신 및 위치측위 기술에 적합한 통신환경 구축에 대한 연구를 수행하였다. 또한, [1]의 위치보정 알고리즘인 데이터 Grid, MCBF, Kalman Filter 및 주요지점 위주로 위치를 표출할 수 있도록 보정함으로써 보행자의 실시간 위치 응답성과 정확도를 높이기 위한 알고리즘을 연구하였다.

본 논문의 구성은 1장에서 서론으로 배경 및 필요성에 대해서 언급하였고, 2장에서는 관련연구로 연계 환승 시스템에서 적용하고자하는 무선통신방식 및 측위기술에 대한 분석내용을 정리하고, 3장에서 무선통신 환경 구축설계를 수행한 내용 및 Fingerprint기반 POI(Point Of Interest) 설정을 통한 PLT(POI Location Tracking) 알고리즘 기법에 대한 내용과 테스트베드에서의 실험 결과를 보여주고 4장에서 결론 및 향후과제로 구성하였다.



<그림 1> 통신인프라 설계 및 위치측위 적용 단계  
<Fig. 1> Apply steps of location tracking and design of communication infrastructure

## II. 관련 연구

보행자의 위치를 측위하기 위해서는 측위기술 적용이 가능한 무선통신을 수행하는 장치가 필요하다. 현재 우리가 사용하는 각종 단말기는 서비스에 따라 형태 및 제공매체가 다양하다. 그러한 단말을 통합하여 다양한 서비스를 하나의 단말기에서 제공하는 개념에서 도입된 것이 ND(Nomadic Device)로 현재 ISO(International Organization for Standardization) WG(Working Group) 17에서 관련 표준화를 진행 중이다. 최근 이슈가 되고 있는 스마트폰은 3G망과 Wi-Fi를 지원하고 있어 본 시스템에 발전방향과 가장 적합한 단말기의 발전 형태로 판단하고, 효율적인 위치 측위 기술 적용을 위한 관련 연구를 수행하였다.

### 1. Cell-ID 방식

Proximity 방식이라고도 불리는 Cell-ID방식은 가장 단순한 형태의 위치 측위 방법이다. 측위대상이 되는 이동 개체가 셀(cell)이라 불리는 기 지정된 공간에 존재하는지의 여부를 통해 이동 개체의 위치를 확인해주는 방법으로서 셀의 크기가 작고 촘촘하게 배치되어 있을수록 위치 추정의 정확도는 높아지게 된다.

이 방식은 이동통신망에서 주로 적용되고 있는 기술로 향후 적용 방안을 고려되어야할 필요성이 있다. 하지만 적용을 위해서는 각 통신사의 지원이 필요하며, 통신비용이 발생할 수 있어 정책적인 접근이 선행되어야하므로 현재는 교통연계 환승 서비스의 주요 측위 기술로 적합하지 않는 것으로 판단된다[4].

### 2. 삼각법(Triangulation)

삼각법(Triangulation)은 가장 보편적인 위치 측위 방법으로 세 개의 기준점으로부터 이동 개체까지의 거리를 알아냄으로써 실제 이동개체가 있는 위치를 추정하는 방법이다. 이를 위해서는 세 개의 기준점에 대한 정보를 사전에 정확히 알아야 한다. 삼각법에서 이동 개체와 세 개의 기준점 사이의 거리를 알아내는 방법에는 RSS(Received Signal Strengths), AoA(Angle of Arrival), ToA(Time of Arrival), TDoA

(Time Division of Arrival), 등 여러가지 방법이 있다 [4-10,11]. 이 방식은 기준점 간, 기준점과 단말기 간의 시간동기화가 정확도에 큰 영향을 주는 기술로 일반적인 단말기에 적용하기에는 한계가 있고, 전용 단말기를 이용한 서비스에 적합 형태로 개발되고 있어 교통연계 환승서비스 제공시스템에 적합하지 않는 것으로 판단된다.

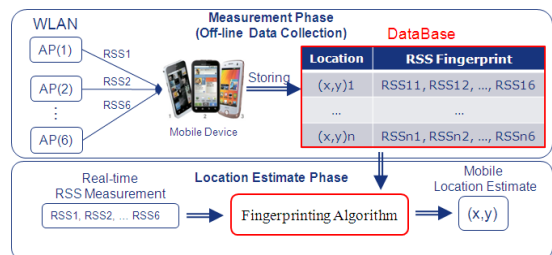
### 3. 확률론적 모델링

Fingerprinting방식이라고도 불리는 확률론적 모델링에 의한 위치 측위 방법은 노이즈 및 주위 전파 환경 정보를 이용하여 위치 측위에 활용하는 방식이다.

<그림 2>은 전자 지도상의 공간적인 개념에서 보행자가 이동할 수 있는 경로를 예측하여 모델링을 수행하는 단계 및 신호 강도 기반의 트레이닝 단계를 통하여 전자지도 테이블을 작성하는 개념도이다.

이 방식은 학습(Training) 단계와 측위(Tracking) 단계로 구성되고, 학습 단계에서는 위치 측위 대상이 되는 공간에 다수의 샘플 포인트를 설정하고 모든 샘플 포인트에서의 전파 특성 값을 수집해서 데이터베이스를 만든다. 측위 단계에서는 이동 개체에 대해 실시간으로 전파 특성 값을 측정하고 데이터베이스 검색을 통해 이와 가장 유사한 값을 찾은 후 그에 해당하는 샘플 포인트를 제시하는 방식으로 이동 개체의 위치를 추정한다.

다른 방식들과는 달리 노이즈를 포함한 전파환경 정보까지 위치 추정에 반영하고 있기 때문에 가장 높은 정확도를 제공할 수 있다는 장점이 있지만



<그림 2> Fingerprint 방식에 의한 위치 측위의 예  
<Fig. 2> An example of location-tracking in fingerprint method

다수의 샘플 포인트에 대해 다양한 전파 특성 값을 여러 번 수집해야 하는 문제와 가구 배치의 변화 등과 같은 환경 변화가 발생할 때마다 샘플 포인트에 대한 전파 특성 값을 새로 수집해야 하는 등의 관리 문제를 가지고 있다[5].

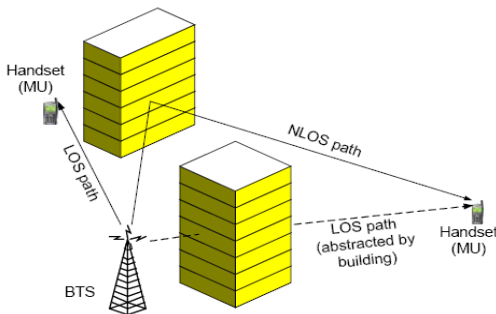
본 연구에서는 확률론적 모델링방식을 기반으로 하는 Ekahau의 위치측위엔진을 통해 수행하였으며, 선정 이유는 학습단계를 통해 전자지도상의 전파 환경을 완료하고 측위단계를 수행하기 전에 측위설계( Modeling)단계를 수행할 수 있기 때문이다[6]. 측위설계는 다양한 방법으로 측위 경로, 주요 지점 등을 설정 후 시뮬레이션을 통해 측위 정확도에 기인하고 서비스에 맞춰 위치측위 모델을 설정할 수 있는 단계이다.

### Ⅲ. 무선 통신 인프라 설계 및 구축

스마트폰의 위치측위를 위해서는 무선랜 통신을 위한 인프라가 필요하다. 우리는 김포공항에 테스트베드를 구축하기 위하여 무선 인프라 구축 설계를 실시하였다. 본 장에서는 설계 및 구축을 실시할 때 고려했던 사항과 구축과정 및 그 결과에 대해서 논한다. 또한, <그림 3>과 같은 비시선각 상황에 대한 영향을 최소화하기 위하여 무선접속점(Access Point)의 위치 설계에서 최대한 가시선을 유지할 수 있도록 반영하여 구축하였다.

#### 1. 무선 환경 요구사항

통합연계환승센터에서의 무선 통신 환경은 공간



<그림 3> 비시선각 오차의 발생 개념  
<Fig. 3> The schematic diagram of NLOS error generation

제약을 벗어나 연속적인 정보 교환과 제공이 가능하면서 위치 측위가 가능한 무선인프라를 구축해야 한다. 또한, 통합연계환승센터 이용자 및 운영자에게 각종 API를 제공하고, 운영을 위해 요구되는 IT 서비스 및 콘텐츠를 효율적이고 안정적으로 제공이 가능하여야 하며, 이용자의 위치 측위를 위해 단위면적당 AP 설치 수의 계산이 선행되어야 하고 설치 환경에 적합한 시뮬레이션이 선행되어 설계되어야 한다.

무선인프라는 센터와 이용자 간, 센터와 단말기기간 등을 상호 통신할 수 있도록 데이터통신을 적용하기 위해서는 기본적으로 아래와 같은 사항을 고려해야 한다.

반경 30m<sup>1)</sup>는 Transmit power가 15dBm 일때 최소 전송속도 11Mbps가 보장되는 거리이고, 3개 이상의 AP수신<sup>2)</sup>은 위치측위를 수행하고자 하는 지점에서 위치측위 수행이 가능한 AP의 최소 개수이다.

<표 1> 통신인프라 요구사항  
<Table 1> Requirement of communication infra

구분	규격
통신인프라	- IEEE 802.11a/b/g(54Mbps) 동시 제공 - 안테나 : 802.11a와 802.11b/g용 내장 안테나 또는 다이폴 안테나 각 1개 이상 제공 - 10/100/(RJ-45) 1포트이상제공, 콘솔포트제공 - IEEE 802.3af 표준 PoE 지원, SNMP 제공 - Multiple Broadcast SSID 8개 이상 지원 - VLAN 16개 이상 지원 - 64bit/128bit WEP,TKIP,AES,WPA,WPA2 지원 - QoS 지원: WMM, 802.1q, 802.11e 지원 - Transmit power +10dbm 이상 지원 - 80dBm 2Mbps 이상 지원 - 동시접속 60대 이상 지원

※ Zero-loss hand-off 지원 가능 해야함

※ 반경 30m 당 AP 1기씩 구축해야함<sup>1)</sup>

※ 위치측위를 위해서는 3개 이상의 AP가 수신되어야 함<sup>2)</sup>

#### 2. 무선 환경 설계 및 결과

##### 1) 무선 환경 설계 고려사항

김포공항 통합환승센터의 설치 무선환경을 참고하여 시뮬레이션 Tool(Ekahaui 지원)을 통해 시뮬레이션을 수행하였다[6,12].

현재 센터 시설 내외부에는 다양한 환경이 구성되어 있으나 대표적으로 복도와 광장 또는 방(Room)으로 이

루어져 있는 것으로 고려하여 소개한다. (단, 실제 환승역 시설에 적용할 경우 추가 고려사항이 있음)

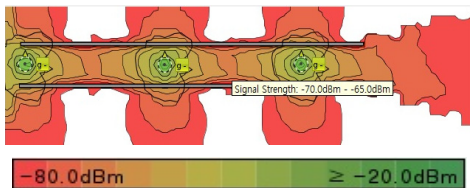
네트워크 구성시 데이터통신을 위해 기본적으로 Data Rate(데이터 전송속도) 11Mbps를 지원하도록 기준을 잡고, 그러기 위해서는 -65dBm~70dBm의 Power를 유지하도록 구성하여야 한다.

<그림 4>의 (b)는 복도를 가정하여 시뮬레이션 했을 경우의 결과로 150m의 복도로 설정하고 수행하였고, 3개의 AP가 설치되어야 한다는 결과를 얻었다.

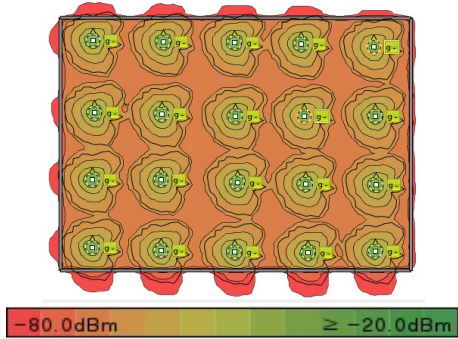
광장의 경우 300 · 300m의 광장을 가정하여 시뮬레이션 했을 경우 아래 <그림 4>의 (b)와 같이 20개의 AP 설치가 요구된다.

위치측위를 위한 기본적인 설계 기준 이외에도 위의 그림과 같이 비시선각 상황에 의해 오차가 발생할 확률이 높아진다. 하지만 우리가 사용한 위치측위 방법은 Database 수집 및 비교 계산에 기반을 둔 위치측위 방법인 Fingerprint 방식을 사용하였다.

Time이나 Angle 등을 이용하는 방식에 비해 비시선각 오차에 둔감하다. 또한, 설계시 LOS를 유지하기 위해 <그림 5>과 같이 주요 측위 지점에 대해서 전파를 수신할 수 있도록 설계하였다.

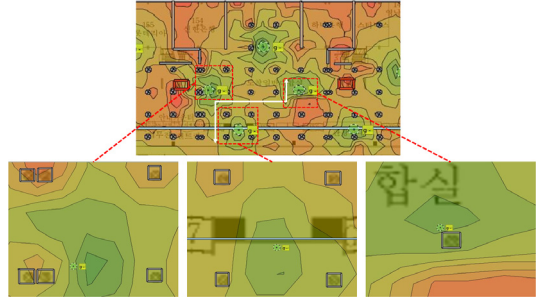


(a) 복도 환경에서의 시뮬레이션



(b) 광장에서의 시뮬레이션

<그림 4> 환경 조건별 시뮬레이션  
<Fig. 4> Simulation of each environments



<그림 5> 비시선각 상황을 최소화하기 위한 AP 위치설계 시뮬레이션

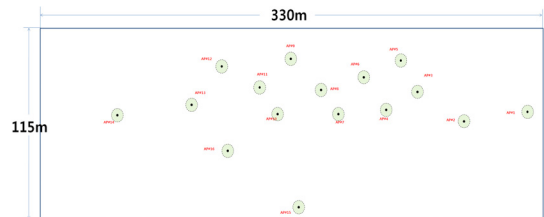
<Fig. 5> Design for minimum Non-Line-Of-Sight

## 2) 설계 및 구축 결과

테스트베드 설계는 김포공항 특정 청사를 대상으로 수행하였으며, 실제 구축 진행한 사항으로 1, 2, 3층에 걸쳐 수행하였다.

아래 <그림 6>은 특정 청사의 일부이며, AP의 설치 위치를 보이고 있다.

자세한 실험 결과는 공항이라는 보안 특성상 도면 표현의 제약으로 간단히 <그림 6>에 나타내었고, 총 3개 층에 30개의 AP가 필요한 것으로 결과를 얻었다.



<그림 6> 테스트베드(Test-Bed) 설계결과  
<Fig. 6> Result of design for Test-Bed

## IV. PLT 알고리즘 연구

### 1. 알고리즘의 원리

측위 기술은 Fingerprint 방법을 사용하였으며, PLT(POI Location Tracking) 알고리즘의 기본개념은 POI를 중심으로 위치 표출이 가능하도록 하여 이외 지역의 위치 데이터를 표출하지 않는다는 것이다. 이 방법은 Fingerprint 위치 측위 방법이 5m이내의 평균 오차율을 기준으로 약 5~15초의 계산 시간이 필요하



여 업데이트되는 시간과 보행자 이동상황의 오차를 보정하여 실시간성을 보장하기 위해 제안하였다.

<그림 7>는 PLT 알고리즘의 기본개념을 설명하기 위한 그림으로 상단 그림에서 위치 'A' ~ 'D'까지 이동하는 상황을 가정하여 설명한다.

'A'에서 'B'까지의 거리는 10.8m이고 평균보행 속도가 1.3m/s로 이동할 경우 신호정보를 업로드하고 계산된 위치 표출 정보가 다운로드 되는 간격이 3초라고 하였을 때, 'A'에서 'B'까지 이동하는 동안 총 두 번의 위치가 표출될 것이다.

속도가 1.3m/s로 이동할 경우 신호정보를 업로드하고 계산된 위치 표출 정보가 다운로드 되는 간격이 3초라고 하였을 때, 'A'에서 'B'까지 이동하는 동안 총 두 번의 위치가 표출될 것이다. 하지만 T0에서 T1까지의 거리가 3.6m로 이동시간이 3초가 소요되었고, 이 시간은 단말기에서 서버로 수집정보를 송신하는 시간과 같으므로 실제 계산되어 위치표출 정보를 수신하는 것은 보행자가 T2지점으로 이동하였을 때 T1이라고 위치표출 정보가 수신될 것이다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해서 T1과 T2에 해당하는 지점의 위치표출정보는 표출하지 않고

'A' ~ 'I'의 주요 지점을 결정하여 해당지점만 표출하는 것이 PLT 알고리즘의 기본 개념이다.

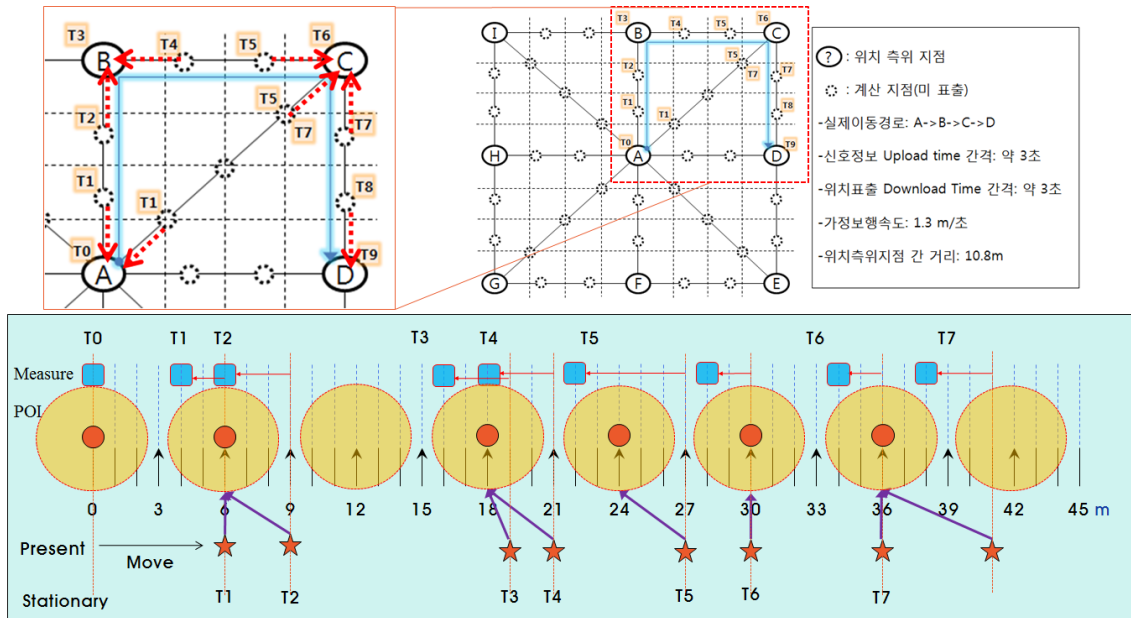
'A' ~ 'I'의 주요지점을  $P_{fi}$ (단,  $i = 1 \sim n$ 개의 값을 가진다.), 측정된 추정점을  $P_m$ 이라 하고, 주요지점의 범위를 결정하는 값은 TLV(Threshold Limit Value)라 하면  $P_{fi}$ 의  $P_{fi}x$ ,  $P_{fi}y$ 를 결정하는 범위는 식(1)과 같이 지정할 수 있다.

$$\begin{aligned} (P_{fi}x \pm TLV) &\leq P_mx = P_{fi}x & (1) \\ (P_{fi}y \pm TLV) &\leq P_my = P_{fi}y \end{aligned}$$

측정된 추정점  $P_m$ 의  $P_mx$ 와  $P_my$ 으로부터 구해진  $P_{fi}x$  또는  $P_{fi}y$ 의 값이 각각 여러 경우의 수가 발생할 수 있으나, 중복되는 경우는 하나일 것이다. 그래서 아래 식 (2)와 같이 중복되는 경우의  $i$ 의 값을 찾는다.

$$P_{fi}x = P_{fi}y = P_{fi} \quad (2)$$

바로  $i$ 값을 그러나 둘 중에 하나의 값이 Null 값이 될 수 있으며, 그 경우에는 미표출점이  $P_{osi}$ 라고 하고  $P_{fi}x = Null$  또는  $P_{fi}y = Null$  일 경우



<그림 7> PLT 알고리즘 기본 원리 I  
(Fig. 7) A basic principle of PLT algorithm I

$P_{osi}$ 로 표출되지 않도록 한다. 이러한 방법에 의해서 <그림 7>에서와 같이 ‘A’에서 T1지점까지 이동하여도 ‘A’로 위치 표출하고, T2지점까지 이동하면 ‘B’로 위치 표출하도록 하여 실시간 이동 속도에 맞춰진 결과를 얻을 수 있다.

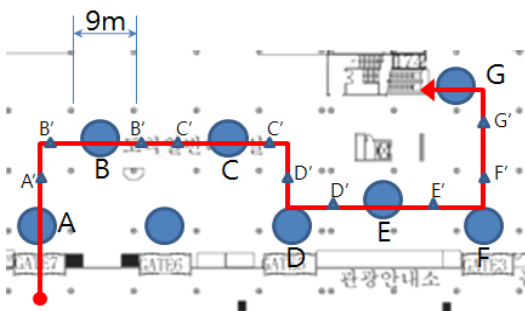
그 이점을 표현한 것이 <그림 7>의 하단 그림이며, 실제위치(아래 별 모양)와 각 시간에 대한 측정된 위치결과(위부분의 네모)를 비교하면, 측정된 값은 PLT 알고리즘에 의해 표현된 값(큰 원안의 작은 원점)보다 뒤쳐지고 있다. 즉, PLT 알고리즘은 특정 시간(T) 동안에 특정 지점  $P_{fi}(t)$ 에 대해서 TLV 범위를 통해 아래 식(3)과 같이 특정 지역  $A_{fi}(t)$ 이 설정되고, 측정 결과들  $P_m(t)$ 이 그 범위에 속하는지 여부에 따라서 한 지점  $P_{fi}(t)$ 으로 표현함으로써 임의의 지점에서 멈춰있을 때 흔들리는 현상이나 이동시 실제 위치보다 뒤쳐지는 현상을 해결할 수 있었다.

$$A_{fi} = (P_{fi}x \pm TLV, P_{fi}y \pm TLV) \quad (3)$$

실제 테스트베드에 적용하였을 경우를 <그림 8>에 나타내고 있다. Gate7를 통해 실내로 진입한 보행자가 최초 위치 표출되는 지점이 ‘A’이고 ‘A’로 이동하여도 ‘A’로 표출 위치가 유지되며, ‘B’로 이동하면 ‘B’로 이동 중이라는 것을 예측하여 ‘B’로 위치를 표출하도록 한다.

## 2. Ekahau 엔진 소개 및 PLT Algorithm 적용

Ekahau 엔진은 기본적으로 802.11 WLAN 망에서

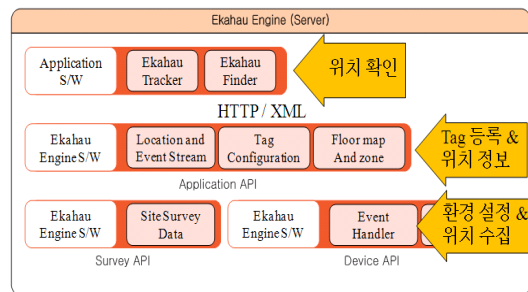


<그림 8> PLT 알고리즘 기본 원리 II  
<Fig. 8> A basic principle of PLT algorithm II

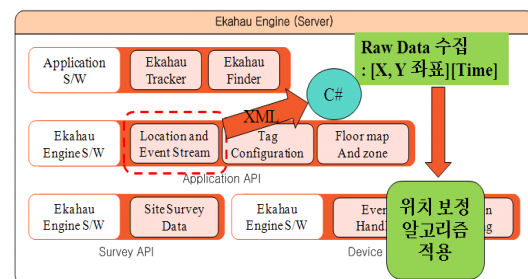
구현되며, Survey 프로그램을 통하여 무선환경 측정 정보를 생성하는 단계와 이를 Engine 프로그램에 저장하여 Active시킨 후에 위치 추적이 가능한 형태로 운영된다[12].

엔진의 구성은 <그림 9>과 같이 위치 확인을 담당하는 Application s/w와 Tag를 등록하고 위치정보를 종합적으로 관리하고 무선 환경 측정 정보를 저장하는 부분을 포함한 환경설정 및 위치 수집을 담당하는 Engine s/w로 구성된다.

알고리즘의 적용은 <그림 10>과 같이 첫째로 엔진의 ‘Location and Event Stream’ 기능에서 XML형태로 Application에 제공하는 발생 데이터의 업데이트 상황을 모니터링하여 정보를 저장한다. 둘째로 저장된 정보를 실시간으로 보정알고리즘에 적용할 수 있는 인터페이스 구조로 이루어진다[1].



<그림 9> Ekahau 엔진의 구성  
<Fig. 9> Composition of ekahau engine



<Raw Data>

No.	Measure Time (hh:mm:ss-mmm)	X	Y	Quality	Update TimeStamp	Update Time (hh:mm:ss)
1	05:27:31-8014	581	747	58	1230020834562	17:27:14
2	05:27:32-3006	581	747	58	1230020834562	17:27:14

<그림 10> 알고리즘 적용 방법  
<Fig. 10> An application method of algorithm

### 3. 시뮬레이션 및 결과

시뮬레이션은 다음 2가지의 평가 방법을 가지고 평가하였다. 먼저 위치측위를 위한 무선 환경의 DB 구축단계에서의 POI를 설정 유무에 따른 효율을 평가하였다. 그리고 실제 이동 경로에서의 원시 데이터와 알고리즘을 적용하였을 때의 결과를 거리 오차를 비교 평가하였다.

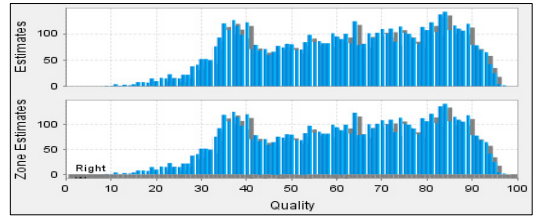
#### 1) 무선 환경 DB 구축단계의 시뮬레이션 결과

시뮬레이션의 수행은 테스트베드인 김포공항의 국내청사의 실제 무선 환경 수집(survey)을 통한 DB를 작성하고, 동일한 DB환경에서 알고리즘의 적용 전과 후를 비교하였으며, 시뮬레이션은 Ekahau사의 Survey 프로그램 Ver4.0을 통해 수행하였다.

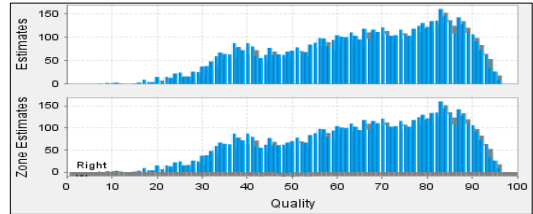
다음과 같이 3가지 조건을 가지고 비교 및 결과값을 얻었다. 첫 번째, PLT 알고리즘을 적용하지 않은 상태로 모든 경로(Rail)에서 위치가 표출될 수 있다. 두 번째, POI와 경로(Rail)를 동시에 설정하여 모든 경로에서 위치 표출이 가능하도록 하였고, 마지막으로, PLT 알고리즘을 적용한 상태로 POI에서만 위치가 나오도록 설정하여 수행하였다.

시뮬레이션 결과는 <그림 11>에서 보는 것과 같이 (a), (b), (c)를 비교하여 보았을 때, 품질(quality) 0~100%로 표현되어 있고 의미는 무선랜 수신 상태를 의미하는 것으로 무선 환경의 상태이다. 위치판단(Estimates)은 계산된 오차(m)를 표현한 것으로 무선 환경의 상태가 좋아질수록 위치판단에 계산될 데이터가 많아지고 오차 요인도 커진다. (a)의 경우 30~40%와, 80~90%의 무선 환경의 품질을 보장하는 것으로 나타났고, 오차는 30~40%, 80~90%에서 주로 100m 이상의 오차를 가지고 있는 것을 확인하였다. (b)의 경우 (a)에 비해 30~40%에서 오차가 줄어들었지만 80~90%에서 오차가 높아 졌으며, PLT 알고리즘을 적용한 (c)는 전체적으로 오차가 100m 이하의 특성을 보였다.

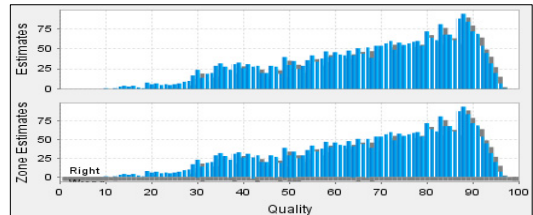
(a)에서 나타났던 30~40%에서의 높은 오차는 상당 부분 제거된 것을 확인할 수 있듯이 개선된 것을 확인하였으며, 이는 실제 서비스를 제공하는 관점에서도 큰 성능향상을 가져왔다.



(a) Rail only



(b) POI+Rail



(c) POI only

<그림 11> 시뮬레이션 결과 I  
<Fig. 11> Results of simulation I

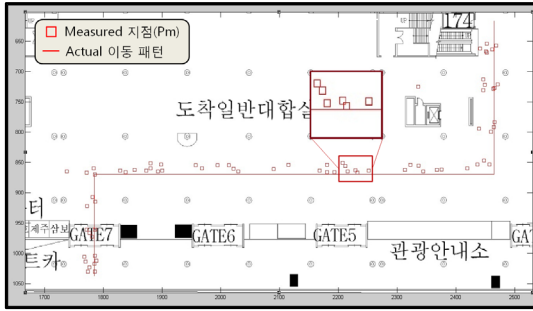
#### 2) 이동경로에 따른 시뮬레이션 결과

시뮬레이션의 수행은 위의 시뮬레이션과 마찬가지로 테스트베드를 대상으로 이루어졌으며, 측위엔진에서 얻어진 원시 데이터와 알고리즘을 적용 후의 데이터를 비교하는 방법을 사용하였으며, 시뮬레이션은 Matlab 2010a을 통해 분석하였다.

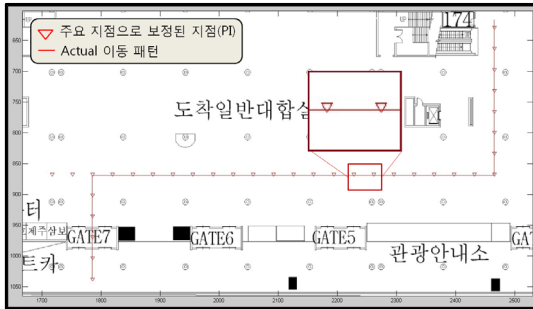
<그림 12>의 (a)(b)에서의 실선은 실제 이동 경로이고, (a)에서 확대된 부분에서와 같이 Measured 지점(Pm)이 원시데이터로 흩어져 있거나 실제 이동 경로로부터 이탈되어 있다. 이 데이터에 알고리즘을 적용한 결과가 (b)에서 주요지점으로 보정된 지점(PI)으로 나타나 있다. 실제 이동 경로로 맞춰져 있는 결과를 확인할 수 있다.

보행자의 위치를 측위하기 위해 교통연계 환승 서비스에서 위치측위를 필요로 하는 주요지점을 기준으로 해당 지점에 대한 위치 정보 이외에 지역에서는 수집한 데이터를 분석하고 이동하고 있는 방향





(a) Raw Data



(b) PLT Algorithm

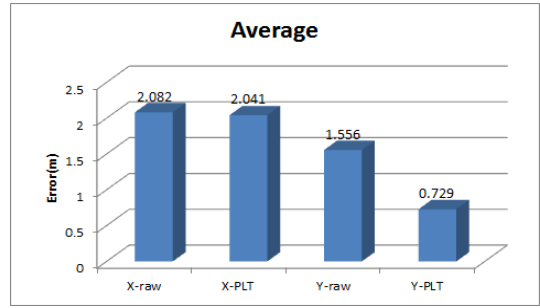
〈그림 12〉 시뮬레이션 결과 II  
〈Fig.12〉 Results of simulation II

등을 고려하여 다음 위치 정보가 표출되는 시기와 실제 보행자가 이동하여 해당 위치에 도달하는 시간이 맞춰지는 결과를 얻었다.

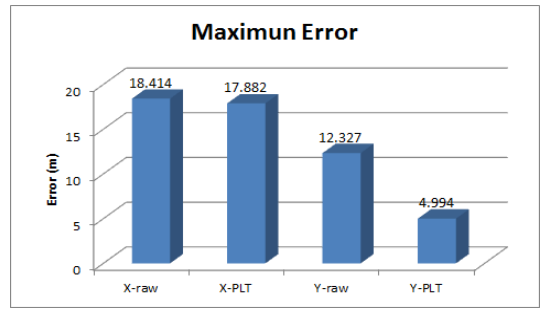
결과에 대해서 수치적으로 정리하면 <그림 13>과 같이 평균값과 최대오차, 표준편차로 평가하였다. 평가항목 각각에서 오차가 줄어든 것을 확인할 수 있었고, 특히 Y축을 기준으로 최대오차 항목의 12.327m의 오차가 알고리즘 적용 시 4.994m의 오차로 약 7.3m의 오차개선 효과가 있었다. 하지만 본 시뮬레이션에서는 알고리즘의 다른 효과인 오차의 감소와 흩어져있는 원시데이터를 모아주고, 이동 시에 처리 지연에 의한 오차를 개선한 것에 대해서는 자세히 표현하지 못하였다. 이는 향후 실제 환경에서 실험하도록 한다.

## V. 결 론

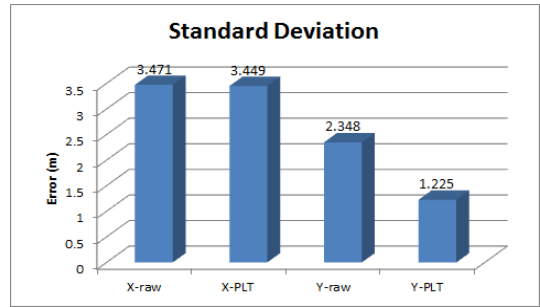
교통연계 및 환승 센터의 보행 이용자에 대해 다양한 정보의 수집, 가공을 통하여 실시간, 맞춤형 정보를 제공하기 위해서 무선 통신 환경을 설계하



(a) 평균 오차



(b) 최대 오차



(c) 표준편차

〈그림 13〉 시뮬레이션 결과 III  
〈Fig.13〉 Results of simulation III

었고, 이용자의 실시간 위치를 측위할 수 있는 기술을 검토하였다. 현재까지 개발된 상용 기술을 적용하여 실험한 결과 이동시 데이터 수집-처리-제공에 걸리는 시간에 따라 실시간으로 이동하는 보행자에 적합하지 못한 문제점이 있었다[1].

해당 기술은 자주 이동하지 않는 시설물이나 기재를 대상으로 하는 서비스로는 적합하지만 교통연계 및 환승 서비스에 적용하기 위해서는 문제점으로 적용되는 사항이다.

하지만 환승센터를 이용하는 보행자는 장시간 한 장소에 머물지 않고 이동하는 것이 일반적인

사항으로 실시간 상황에서 정확도를 높일 수 있는 방법이 필요하였다. 그래서 우리는 적절한 서비스를 제공하기 위해 보행자의 위치 측위 정확도를 높이고자 주요지점을 대상으로 하는 위치 측위 방식인 PLT 알고리즘을 제안하였고 시뮬레이션 결과 개선되었음을 확인하였다. 하지만 향후과제로 김포공항을 포함하는 다양한 유형의 환승 센터에 적용을 위해 최적화하여야 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정종인, 이상선, “교통 연계 환승 시스템의 보행자 위치 추적을 위한 보정 알고리즘 연구,” *한국ITS학회논문지*, 제8권, 제2호, pp.149~157, 2009. 4.
- [2] 권영중, “이용자 중심의 교통체계 및 환승시스템 구축,” *대한토목학회지*, 제56권, 제4호, pp.42~47, 2008. 4.
- [3] 김홍석, “대중교통환승시설의 문제점 및 개선방안,” *국토연구원 국토정책 Brief*, 제185호, 2008. 7.
- [4] 남두희, 한호현, “Fingerprinting기법을 이용한 실내 위치측위시스템,” *한국ITS학회논문지*, 제7권, 제1호, pp.1~9, 2008. 2.
- [5] 이장재, 권장우, 정민아, 이성로, “실내 측위 결정을 위한 Fingerprinting Bayesian 알고리즘,” *한국통신학회논문지*, 제35권, 제6호, pp.888~894, 2010. 6.
- [6] Ekahau Positioning Engine 4.3, User Guide, 2008
- [7] 남두희, 한호현, “Fingerprinting기법을 이용한 실내 위치측위시스템,” *한국ITS학회논문지*, 제7권, 제1호, pp.1~9, 2008. 2.
- [8] M. Kanaan and K. Pahlavan, “A comparison of wireless geolocation algorithms in the indoor environment,” in *Proc. IEEE Wireless Commun. Netw. Conf.*, vol.1, pp.177~182, 2004.
- [9] N. S. Correal, S.Kyperountas, Q. Shi and M. Welborn, “An ultrawideband relative location system,” in *Proc. IEEE Conf. Ultra Wideband Syst. Technol.*, pp.394~397, Nov.2003.
- [10] X. Li, K. Pahlavan, M. Latva-aho and M. Ylianttila, “Comparison of indoor geolocation methods in DSSS and OFDM wireless LAN,” in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol.6, pp.3015~3020, Sep. 2000.
- [11] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee and J. Liu, “Survey of wireless indoor positioning techniques and systems,” *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS*, vol.37. no.6, pp.1067~1080, Nov. 2007.
- [12] A. Teuber and B. Eissfeller, “A two-stage fuzzy logic approach for wireless LAN indoor positioning,” in *Proc. IEEE/ION Position Location Navigat. Symp.*, vol.4, pp.730~738, Apr. 2006.

## 저자소개



**정 종 인 (Jung, Jong-In)**

1997년 3월 ~ 2004년 2월 : 안산1대학(전자통신전공)  
 2004년 3월 ~ 2005년 2월 : 수원대학교(전기전공)  
 2005년 3월 ~ 2008년 8월 : 한양대학교 석박사과정 수료(전자통신컴퓨터전공)  
 2008년 9월 ~ 현재 : 한양대학교 석박사과정중(전자통신컴퓨터전공)



**이 상 선 (Lee, Sang-Sun)**

1974년 3월 ~ 1978년 2월 : 한양대학교 학사 졸업(전자전공)  
 1981년 3월 ~ 1983년 2월 : 한양대학교 석사 졸업(전자전공)  
 1984년 8월 ~ 1990년 8월 : 미국 University of Florida 박사 졸업(전기전공)  
 1991년 4월 ~ 1991년 11월 : 생산기술연구원 선임연구원겸 조교수  
 1991년 11월 ~ 1993년 2월 : 전자부품종합기술 연구소 선임연구원  
 1993년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 교수