

Distribution Method of BLE Fingerprinting for Large Scale Indoor Environment

Dohee Lee[†] · Bong-Ki Son^{**} · Jaeho Lee^{***}

ABSTRACT

Recently, IPS(Indoor Positioning System) Technology has been progressing study and research, It has been studied in the fingerprinting and trilateration continuously. however because Fingerprinting and Trilateration Technology use AP(Access Point) for Positioning Calculation, Fingerprinting and Trilateration are not never had a credit positioning accuracy by using unstable RSSI in large scale. in this paper, to improve the problem about precise positioning in wide area, we introduced a concept of Sector including Cell. Sectors are not involved in each other and only fingerprinting calculation is proceed in a sector. we suggest this fingerprinting system considering efficiency and accuracy and compared to conventional fingerprinting, we demonstrated our system efficiency by mathematical techniques.

Keywords : Fingerprinting, Distribution System, Indoor Positioning, Localization, High Accuracy

광범위 분산처리 기반 BLE 핑거프린팅 실내 측위 기법

이 도 희[†] · 손 봉 기^{**} · 이 재 호^{***}

요 약

실내 위치 측위 관련 IPS(Indoor Positioning System)의 기술이 지속적인 연구 및 개발이 진행되고 있으며, 이에 따른 핑거프린팅 및 삼변 측량 기술이 지속적으로 연구되어 왔다. 하지만 이와 같은 기술은 AP(Access Point)를 이용하여 측위하기 때문에 광범위 측위에 있어 불안정한 RSSI 값의 측정으로 인한 측위 정밀도가 신용적이지 않다. 본 논문에서는 이와 같은 광범위 내 정밀 측위 문제점을 개선하고자 기존의 핑거프린팅 기법의 Cell 구성이 아닌 Sector 개념을 도입하였다. 각 Sector는 서로 간에 관여를 하지 않고 해당 Sector 내에서만 핑거프린팅 기법을 수행하여 효율 및 정밀성을 고려한 시스템을 제안하며, 기존의 핑거프린팅과 비교하여 효율성을 수학적 기법으로 입증하였다.

키워드 : 핑거프린팅, 분산 시스템, 실내측위, 위치인식, 고정밀

1. 서 론

최근 스마트폰 보급과 어플리케이션의 이용률이 상승함에 따라 IPS(Indoor Positioning System)에 대한 수요가 점진적으로 증가하고 있다. 측위 목적으로 GPS를 이용한 위치 측위 기술이 적용이 되었지만, 실외를 제외한 실내 정보 및 관리 목적의 위치 측위 기술의 관점에서는 위치 정보 제공이 불가능하다는 점에서 문제점이 있다[1]. 이와 같은 환경에서 동일 목적으로 Wi-Fi 및 BLE(Bluetooth Low Energy) 기술이 실내 측위를 목적으로 최근 급부상하고 있다. 하지만 Wi-Fi 기술은 채널 간섭이나 송신 출력을 하기 위해 많은

전력이 소모된다는 단점을 가지고 있다.

최근에 BLE 비콘을 이용한 실내 측위 기술은 저전력으로 사용자의 단말을 측위할 수 있으며, Wi-Fi에 비해 배터리 수명 시간이 길어 보수 및 유지에 용이하다. 또한 측위 환경 근거리 내외에서 BLE 비콘의 Advertising Channel에서의 고정적인 Error 패턴으로 인해 실내 측위를 목적으로 핑거프린팅 기법 관점에서 정밀성이 우수하다는 특징으로 실용성 및 효율성에서 강점을 지니고 있으며, 또한 약 10m 이내의 근거리 위치에서 측위 목적으로 RSSI의 수신 감도의 우수성을 가진다. 다음의 Fig. 1은 거리에 따른 Wi-Fi와 BLE의 수신 세기를 보여준다[2].

하지만 Wi-Fi뿐만 아니라 BLE는 백화점이나 공연장 등 장거리 측위 목적으로는 미약한 송신 세기로 인해 안정적인 지 못한 RSSI를 받아들이게 되어 광범위 내에서 정밀 측위가 어렵다는 문제점을 가지게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 네트워크 토폴로지와 같은 개념을 도입하여 핑거프린팅 맵을 중앙 집중형 처리 기반이 아닌 분산 처리 기반의 성형 링크와 같은 방식을 이용하였다.

제안 방식에서는 광범위 내 분산 기반의 핑거프린팅을 수

* 이 논문은 2016년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 '에너지 효율을 고려한 BLE 핑거프린팅 기반의 정밀 실내 측위 알고리즘 연구'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준 회 원 : 서원대학교 정보통신공학과 학사과정

** 정 회 원 : 서원대학교 컴퓨터공학과 교수

*** 정 회 원 : 서원대학교 정보통신공학과 조교수

Manuscript Received : June 30, 2016

First Revision : August 2, 2016

Accepted : August 2, 2016

* Corresponding Author : Jaeho Lee(izeho@seowon.ac.kr)

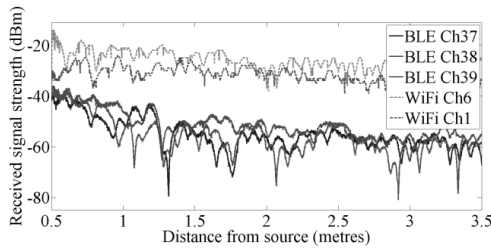


Fig. 1. RSSI Comparison Between BLE and Wi-Fi [2]

행하기 위해 다음과 같이 Sector Selection, Fingerprinting Mapping, 마지막으로 Precise Trilateration으로 총 3 단계의 측위 수행이 이루어진다. Sector Selection은 영역을 분산시키기 위해 제안된 도입 단계이며, 영역을 분산시킨 후 일정 영역을 선택하여 Fingerprinting Mapping을 수행한다. Fingerprinting Mapping은 일정 영역에 기존의 핑거프린팅을 수행하며, 최종적으로 삼변 측량을 하는 Precise Trilateration 기법을 수행한다. 아래의 Fig. 2는 제안된 분산 기반 실내 측위 시스템의 구성도를 보여준다.

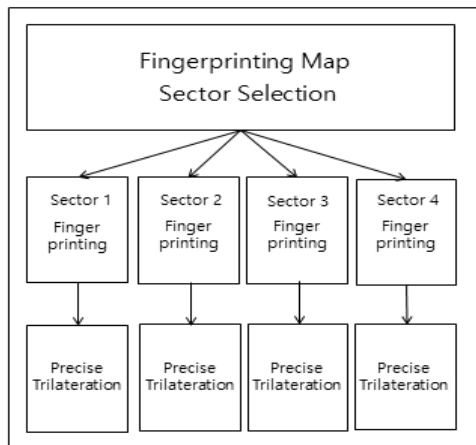


Fig. 2. Sector-based Fingerprinting

본 논문에서는 BLE 기반의 광범위 내 해당 영역을 분산 처리하는 측위 시스템을 제안하는데 목적을 두며, 2장에서 관련 연구를 소개하고, 3장에서 제안 분산 핑거프린팅 시스템을 소개한다. 또한 4장에서 제안되는 시스템과 기존의 핑거프린팅의 연산 효율량 및 정밀성을 비교 분석 하였으며, 최종적으로 5장에서는 향후 및 연구 계획을 나타내었다.

2. 연구 배경

GPS는 실내 측위를 실행하는데 한계점이 나타나게 되어 Wi-Fi, BLE 등의 기술을 이용한 핑거프린팅, 삼변 측량 등과 같은 실내 측위 기술이 연구되었다. 또한 Wi-Fi, BLE를 이용한 핑거프린팅 방식과 삼변 측량 기법을 활용한 실내 측위 기술이 각광받고 있으며, 이러한 실내 기반 측위 기술을 이용한 정밀성 및 효율성에 대한 연구 및 개발이 진행되어지고 있다.

Kwangjae Sung[3]는 GPS를 이용한 실내 측위의 문제점

을 인식하고 국내 시장에 가장 많이 이용하는 AP의 단말인 3개 이상의 Wi-Fi를 이용하여 사용자의 단말과 각 Wi-Fi의 AP사이의 RSSI 값을 이용한 삼변 측량 기법을 어플리케이션 상의 출력 화면 내 UI를 설계 및 구현하였다. 측위를 위해 해당 실험 전과 환경을 Path Loss 식에 RSSI 값을 대입하여 Path Loss Exponent를 출력하고 각 AP와 단말 사이의 RSSI 값을 Fris 식과 응용하여 실제 거리를 나타내며, 사용자의 실제 위치와 삼변 측량으로 인한 측위 결과 값을 비교 및 분석하였다.

삼변 측량은 사용자의 단말기와 3개 이상의 각 AP 간의 RSSI 세기를 측정하여 사용자의 위치를 수학적 기법으로 계산하는 기술이다. 하지만 소수개의 AP를 이용하여 측위하는 삼변 측량은 무선 통신 환경에서 거리가 멀어질수록 진폭은 여러 간섭이 생기게 되어 RSSI 측정 값은 정확하지 않은 값을 가져오게 된다. 즉 삼변 측량 기법은 측위 면에서 AP와 사용자 단말기에 의존도가 높으며, 거리가 멀어지거나 전파 환경에 따라 측위 오차 범위가 다양하게 나타내는 단점이 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 iRingLA[4] 방식을 이용한 삼변 측량 방식은 기존의 삼변 측량으로 인한 연산이 각 AP마다 수신되는 RSSI의 크기가 무선 환경 상의 방해 요소로 인해 감쇄되어 삼변 측량 기법으로 각 사용자의 단말 위치와 3개 이상의 AP는 교차점을 이루지 못할 경우를 보완하기 위해, 기존에 측위된 RSSI 값과 오차 범위를 포함하여 Circle 형태가 아닌 Ring 형태의 삼변 측량을 수행하는 방식이다[4].

S.H. Kim[5]는 Wi-Fi를 이용한 실내 핑거프린팅의 정밀 측위를 목적으로 크게 측위 어플리케이션을 데이터베이스 구축용과 위치 추적용으로 분류하여 개발하였다. 핑거프린팅 DB에 저장된 AP의 신호세기와 현재 자신위치의 AP의 신호세기를 알고리즘에 대입하여 자신의 위치를 UI상으로 Tracking 기법을 이용하여 출력하는 것에 중점으로 연구에 두었다. 오차 범위를 측위하기 위해 평균제곱오차(MSE)기법을 이용하여 사용자의 단말 위치를 비교 및 분석하였다.

3. 제안 실내측위 기법

기존의 Fingerprinting 기법은 사용자의 위치를 측위하기 위해 해당 AP로부터 수신된 RSSI 값을 해당 위치 참조에 저장시켜 사용자의 위치를 측위하는 개념으로서 하나씩 해당 위치 참조의 RSSI 값과 비교해야 되며, 거리가 멀어짐에 따라 AP로부터 받는 수신 값은 불안정한 결과 값을 가져오게 된다.

하지만 본 논문에서 제안한 Sector 개념은 사용자의 단말 위치를 Sector 별로 탐지를 해 나아가며, 선정된 Sector는 그 한정된 공간 내에 다른 AP의 간섭을 받지 않고 해당 Sector 내의 AP로만 사용자의 위치를 측위하는 개념이다. 한정된 공간 내에 측위 함은 다른 공간의 위치 참조와 비교할 필요가 없어 처리 효율성이 향상되며, BLE의 단점인 넓은 범위 내에서의 측위가 아닌 안정적인 일정 범위 내에서만 측위 한다는 점에서 측위 정밀성의 효율도 증가된다.

제안된 시스템의 처리 순서는 크게 Sector Selection, Fingerprinting Mapping, Precise Trilateration의 3단계로 나

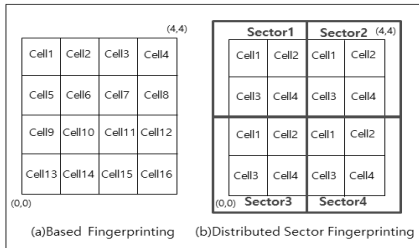


Fig. 3. Concept of Proposed Fingerprinting

되어 진다. Sector Selection은 사용자의 단말이 있는 위치의 대략적인 범위를 선정해준다. 이와 같은 방식은 선정되지 않은 범위에 대하여 사용자의 단말을 관여시키지 않음으로서 독립적인 공간을 선정하기 위한 단계이다. 다음 단계인 Fingerprinting Mapping 단계는 선정된 범위 내에서 사용자의 단말 위치를 정밀하게 측위하여 위치시키는 단계이다. 일반적인 핑거프린팅 방식과 같이 해당 위치 참조를 사전에 핑거프린팅 DB에 저장하여 인근의 AP로 받은 RSSI의 평균 수신 값과 비교하여 해당 위치 참조에 위치시키는 방식이다. 하지만 위치 참조는 많을수록 정밀성은 보장되지만, 측위 목적으로 연산 처리 면에서 효율성이 낮아지기 때문에 본 논문에서는 각 Cell 간의 간격을 다소 길게 지정한다. 다음의 마지막 단계인 Precise Trilateration 단계는 Fingerprinting Mapping 단계로부터 해당 위치 참조에 놓이게 된 사용자의 단말을 보다 더 정밀하게 측위하기 위해 삼변 측량을 수행한다.

3.1 Sector Selection

본 단계는 기존의 핑거프린팅 방식의 문제점을 보완하기 위해 제안된 단계이다. 기존의 핑거프린팅 방식은 사용자의 단말을 측정하기 위해 모든 참조 위치를 비교 분석하여 사용자의 단말로부터 수신된 RSSI의 비슷한 값과 매칭시켜 해당 위치 참조에 사용자의 단말을 위치를 표시하는 방식이다. 하지만 Sector Selection 단계는 위의 언급과 같이 이러한 비효율적인 비교 방식의 횟수를 줄이기 위해 고안된 방식으로 데이터 통신의 회선 교환 방식으로 성(Star)형 링크 방식을 고안하였다.

이 방식은 기존에 모든 위치 참조를 한 시스템 내에서 하나씩 비교하는 방식이 아닌 핑거프린팅 전체 맵에 해당되는 위치 참조를 일정 범위로 나누어 분산시키는 방식이다. 이러한 분산 시스템을 본 논문에서는 Sector화 시켜 개념을 고안하였으며, Fig. 3은 기존의 핑거프린팅 방식과 Sector화 된 분산 핑거프린팅 방식의 구성을 비교하여 나타내었다.

Fig. 3과 같이 기존의 핑거프린팅 기법은 핑거프린팅 전체 지도를 Cell1에서 Cell16까지 총 16개의 Cell로 이루어져 있으며, 사용자의 단말을 측위하기 위해 총 16번을 비교한다. 하지만 제안된 분산 기반의 핑거프린팅은 핑거프린팅 전체 맵을 각 Sector로 분산시키며 해당 Sector를 선정 후 내부에 존재하는 4개의 Cell만 비교하여 사용자의 단말을 핑거프린팅 방식으로 측위한다. 사용자의 단말이 위치하는 해당 Sector를 찾기 위해 본 논문의 핑거프린팅 방식에는 각 Sector 마다 중앙에 BLE Beacon을 추가적으로 위치시켰다. 중앙 BLE Beacon은 Sector 탐지를 위해 단말과 정보를 교환하는 역할을 한다.

본 단계에서는 사용자의 단말은 중앙 Beacon의 수신 세기를 측정하며 시스템은 가장 큰 수신 세기를 받아들여 사용자의 단말이 존재하는 Sector를 Fig. 4와 같이 선정한다. 본 그림과 같이 각 중앙 Beacon과 사용자의 단말 사이의 수신 세기를 측정하여 가장 큰 RSSI의 값을 갖는 Sector4를 선정한 후, 사용자의 위치를 초기 단계보다 정밀화시키기 위해 Fingerprinting Mapping 단계를 수행한다.

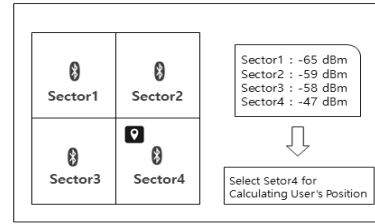


Fig. 4. Sector Selection Process

3.2 Fingerprinting Mapping

Fingerprinting Mapping 단계는 선정된 Sector 내에서 기존의 핑거프린팅 기법을 수행하는 단계이다. 본 논문에서는 핑거프린팅의 Cell의 밀접함에 따라 정밀성은 보장되지만 많은 위치 참조의 저장의 요구 및 비교 연산에 대한 문제점을 고려하여 Fig. 5와 같이 Sector 내의 핑거프린팅 맵 크기는 2x2로 설정하였으며, 위치 참조는 (0, 0)에서 (1, 1)까지 총 4개의 위치 참조로 설정하고, Sector 내에는 총 9개의 AP를 설치하였다. 하지만 Fingerprinting Mapping 단계를 실행하기 위해 4개의 AP만을 이용하여 참조 위치 측위를 수행한다.

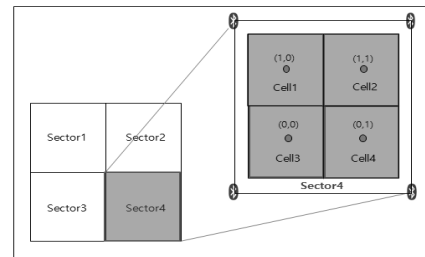


Fig. 5. Proposed Cell and Sector Structure

마지막 단계인 Precise Trilateration 단계에서는 총 9개의 AP를 이용한다. 각 Sector는 각각 위와 같은 위치 참조를 가지고 있으며, 다른 Sector의 위치 참조와는 연관성이 없다는 점에 중점을 두고 있다. Fingerprinting Mapping 단계에서는 핑거프린팅 Cell의 간격을 넓혀 간략하게 사용자의 단말 위치를 참조하는 단계로서 각 모서리에 존재하는 총 4개의 AP를 이용하여 사용자의 단말을 측위를 수행한다. Sector 내에 위치 참조가 4개만 존재하기 때문에 효율성을 고려하여 Mapping 단계에서는 많은 AP를 이용하지 않는다. 본 단계에서는 다음 단계에 삼변 측량을 이용한 정밀 측위를 하기 위한 해당 Beacon을 선정하기 위한 단계로서, 사용자의 단말을 간략하게 위치를 측위를 수행한다는 점에 목표를 두고 있다. 아래의 그림은 Sector Selection 단계를 거친 후 사용자의 단말 위치를 간략하게 측위하기 위해 Fingerprinting Mapping 기법을 UI와 핑거프린팅 DB 상에 수행하는 과정을 나타낸다.

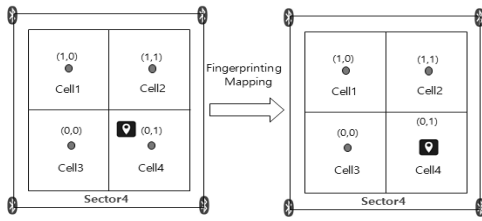


Fig. 6. Fingerprinting Mapping Process in UI

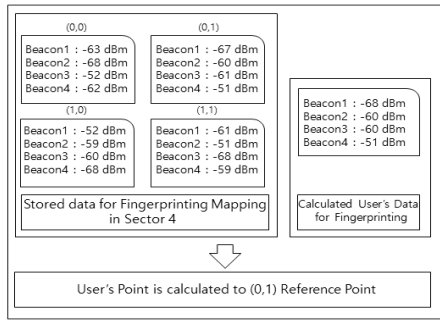


Fig. 7. Mapping Process for RSSI Database

Fig. 6 및 Fig. 7에서 Sector Selection 단계의 사용자 단말 위치 선정된 Sector에 존재한다는 것은 추측할 수 있지만 정확한 위치 정보를 표현 할 수 없다는 문제점을 가지고 있다. 하지만 Fingerprinting Mapping 과정을 거치면서 보다 사용자의 위치 정밀도를 높게 표시할 수 있다. Sector Selection 단계를 적용한 후, 일반적인 핑거프린팅 방식은 사용자의 단말을 측위하기 위해 핑거프린팅 맵 내에 존재하는 모든 위치 참조를 비교해야 하지만, 제안한 핑거프린팅 방식에서는 Sector 내에 존재하는 위치 참조만 비교하게 되며 연산량은 비교적 넓은 범위에서의 핑거프린팅 환경에서 효율적이다.

$$E_b = F_a \sum_{k=1}^n (2k-1), n = \{1, 2, 3, \dots, \infty\} \quad (1)$$

$$E_d = F_a + \sum_{k=1}^n (2k-1), n = \{1, 2, 3, \dots, \infty\}$$

Equation (1)은 사용자의 단말을 측위하기 위해 핑거프린팅 맵의 규모에 따른 기존의 핑거프린팅 방식과 제안된 Sector 기반의 핑거프린팅 방식의 최대 연산량을 각각 나타내었다. 핑거프린팅 맵은 각 정사면체 형태의 맵을 기준으로 비교하였다. F_a 는 하나의 Sector 내에 존재하는 위치 참조의 수이며, 본 논문에서의 설명과 같이 4개의 값으로 고정시켰다. 각 E_b 는 기존의 핑거프린팅 연산량이며, E_d 는 제안된 분산 기반형의 핑거프린팅 연산량, n 은 총 Sector의 개수이다.

3.3 Precise Trilateration

Precise Trilateration 단계는 Fingerprinting Mapping 단계 후 인근에 존재하는 4개의 AP를 이용하여 삼변 측량을 수행하는 단계이다. 기존의 핑거프린팅 방식의 문제점을 보완하기 위해 본 제안 방식에서는 이전 단계의 결과물을 인근 AP를 이용하여 정밀 기반의 삼변 측량 기법을 수행하는 기법을 적용하였다. 아래의 식은 삼변 측량을 수행하기 위

해 나타내는 식으로 D_n 은 사용자 단말과 해당 AP간의 거리를 나타내고, n 은 삼변 측량을 위한 AP의 수를 나타낸다.

$$D_n = \sqrt{(x-x_n)^2 + (y-y_n)^2}, n = \{1, 2, 3, 4\} \quad (2)$$

하지만 AP를 이용한 삼변 측량 기법은 거리가 멀어짐에 따라 수신 세기가 불안정하여 측위 범위가 한정적이라는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 10m 이내에 안정적인 값을 가져오는 BLE Beacon의 장점을 이용하여 좁은 범위 내의 데이터만을 활용하여 사용자의 단말 위치를 측정하는 Precise Trilateration 기법을 제안한다. Fig. 8과 같이 Fingerprinting Mapping 이후 Precise Trilateration을 수행하는 구성을 나타내었다.

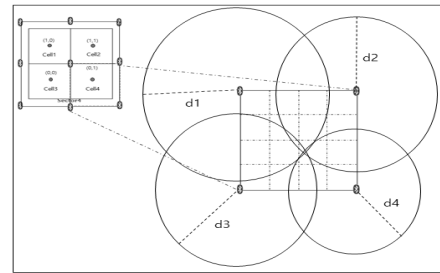


Fig. 8. Precise Trilateration after Cell Selection

Fig. 8과 같이 Fingerprinting Mapping 단계 이후 해당 위치 참조에 존재하는 단말을 이용하여 Sector 내에 존재하는 중앙 노드를 포함한 9개의 Beacon 중 사용자의 단말 위치와 인접한 4개의 Beacon을 선정하여 삼변 측량을 수행한다. 본 논문에서의 핑거프린팅 방식은 일반적으로 측위 목적이 아닌 최종적으로 정밀 삼변 측량을 수행하기 위해 사용자의 단말 위치를 보다 한정된 범위 내에 추론하는 단계이므로 각 AP는 근거리 내에 측위 목적으로 우수한 RSSI의 값을 측정 할 수 있다는 BLE의 장점을 이용하여 삼변 측량의 장점을 극대화 시켜 전 단계에 비해 신뢰적인 측정 결과를 가져 올 수 있다.

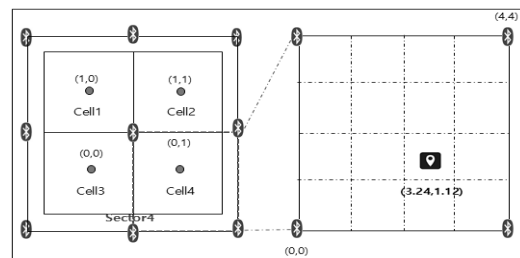


Fig. 9. Position Example in UI

이와 같이 제안된 시스템은 기존에 이용되는 핑거프린팅 방식을 분산화 시켜 그 분산된 공간 내에서만 핑거프린팅과 삼변 측량을 수행하는 방법을 나타내었다. Sector화 방식은 기존의 광범위 내에서 실내 측위 문제점으로 인해 고안되었으며, 또한 Sector화로 분산시키면 다른 Sector는 사용자의 단말을 측위하기 위해 각 위치 참조를 비교 할 필요가 없다

는 장점을 가진다. 또한 핑거프린팅 맵을 재구성시 새로운 Sector를 추가하거나 제거하여 다른 Sector로부터 독립되는 점에서 설치 및 보수 면에서도 용이하다는 점을 가지고 있다. 하지만 이러한 방식은 대규모 환경을 고려한 시스템으로서 소규모 범위 내에서는 오히려 기존의 핑거프린팅에 비해 많은 측위 단계를 거치기 때문에 비효율적일 수도 있으며, 비교적 많은 AP를 이용한다는 점에서 초기 설치 시에 경제적으로 많은 부담을 가질 수 있다는 단점을 가질 수 있다.

4. 성능 평가

본 논문에서 제안하는 시스템 기반의 측위 환경을 구축하기 실험 환경 내의 전파 환경을 파악하기 위해 아래의 Fig. 10과 같이 각 거리에 따른 RSSI의 값을 측정하였다.

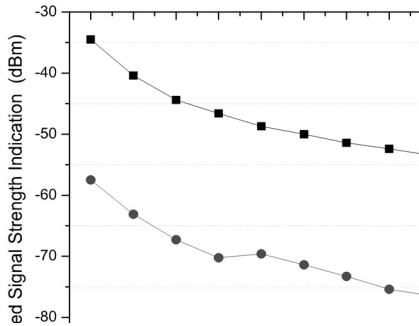


Fig. 10. RSSI Measurement Comparison

위의 Fig. 10과 같이 1m의 거리에서 BLE의 RSSI 값은 -59.5dBm이 측정 되었다. RSSI의 공식은 아래의 식과 같다. d 는 거리, n 은 전파 환경 변수이며, 장애물이 없는 자유 공간에서는 n 의 값은 2로 나타낼 수 있다.

$$RSSI = -10 \log d + TxPower \quad (3)$$

위의 RSSI의 공식을 이용하여 이항하면 다음과 같이 거리에 대한 공식으로 나타낼 수 있다.

$$d[m] = 10^{\frac{-59.5 - r}{10 \times n}} \quad (4)$$

BLE 환경 기반의 기존의 핑거프린팅 방식과 제안된 분산형 핑거프린팅 방식의 효율성 비교를 하기 위해 각 환경의 측위 방식은 동일한 넓은 규모 내에서 측위를 하였다. 각 BLE 환경에서의 기존의 핑거프린팅 방식과 분산 기반의 핑거프린팅 방식의 효율 및 정밀도 비교 실험을 수행하기 위해 12m x 12m 크기의 맵에서 실험을 수행하였으며, Sector의 개수는 4개, 각 크기는 6m x 6m로 구성하였다.

이와 같은 환경뿐만 아니라 핑거프린팅 맵의 크기가 증가함에 따라 제안하는 분산 핑거프린팅 연산량은 기존의 핑거프린팅 방식보다 보다 더 효율적인 연산량을 보여준다. 각각의 핑거프린팅 연산량 Equation (1) 및 (2)를 인용하여 다음과 같이 효율도를 표현할 수 있다. 연산 비교 효율성은 E 로 표현한다.

$$E[\%] = \frac{E_b - E_d}{E_b} \times 100 \quad (5)$$

Equation (5)와 같이 제안하는 핑거프린팅 기법의 효율성을 기존의 핑거프린팅과 비교하여 나타낼 수 있으며, Fig. 11은 Equation (1) 및 Equation (2)를 이용하여 다음과 같이 각각의 연산량을 비교하여 나타내었다.

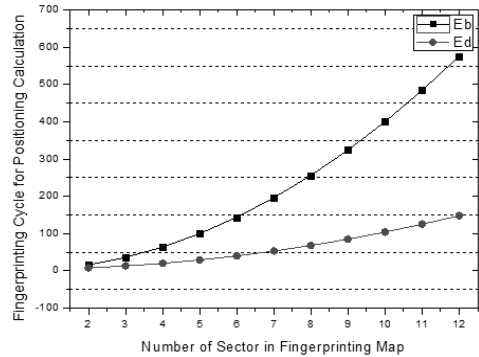


Fig. 11. Amount of Calculation Results

일반적으로 핑거프린팅 기법을 수행하기 위해 해당 핑거프린팅 DB 내의 각 위치 참조는 해당 AP로부터 수신되는 RSSI의 값을 평균화시켜 저장하기 때문에 기존의 핑거프린팅은 정밀성을 보장하며, 모든 해당 참조 위치를 사용자의 단말 위치와 비교하기 위해 모든 AP로부터 수신된 RSSI의 값을 받아야 된다는 단점을 가지고 있어 많은 정보량을 사전에 저장해야 된다. 제안된 분산 기반의 핑거프린팅 방식은 소규모의 범위에서 측위하면 추가적인 Sector 탐지를 위한 BLE Beacon과 기존의 핑거프린팅 기법에는 존재하지 않는 Sector 선정 과정을 거치기 때문에 비효율적일 수도 있으나, 광범위 내에서는 증가하는 위치 참조에 따른 요구되는 연산량과 AP의 저장 값이 증가하기 때문에 Sector로 간편화 시킬 수 있다. 모든 AP로부터 수신 값을 측정하여 사용자의 단말 위치를 비교 분석하는 기존의 핑거프린팅보다 Sector 선정 후, 핑거프린팅 과정을 거쳐 최종적으로 소규모 범위에서 삼변 측량을 수행한 제안하는 핑거프린팅 기법이 보다 측위 정밀성이 보장된다.

또한 본 논문에서는 제안된 Sector 기반의 분산형 핑거프린팅의 측위 정밀도의 성능을 평가하기 위해 넓은 공간의 실내 주차장을 배경으로 실험하였다. 실내 주차장의 전체가 아닌 12m x 18m의 공간을 이용하여 각 Sector는 6m x 6m, Cell은 3m x 3m의 크기로 나누었다. 아래의 Fig. 12는 측위 정밀도 실험을 위한 측위 공간을 포함한 측위 좌표와 이에 따른 좌표를 나타내었다.

Fig. 12와 같이 표시된 좌표를 기준으로 본 논문에서 제안한 방식의 측위 기법을 이용하여 정밀도를 평가하였다. 아래의 그림은 위치에 따른 제안된 방식 기반의 측위 평균 오차 범위를 나타내었다. Sector 기반의 핑거프린팅 방식은 Sector 내의 Cell만을 구분하여 최종적으로 단거리 내의 안정적인 수신 값을 이용하여 삼변 측량을 수행하기 때문에 공간의 크기에 따른 오차 범위의 차이는 큰 변화를 가지고 있지 않다.

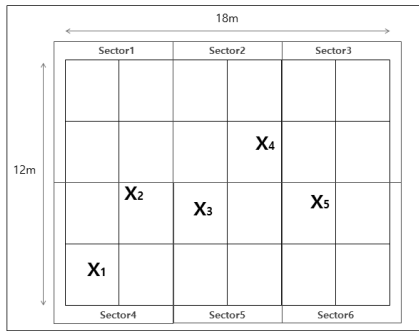


Fig. 12. Sector Map for Experiments

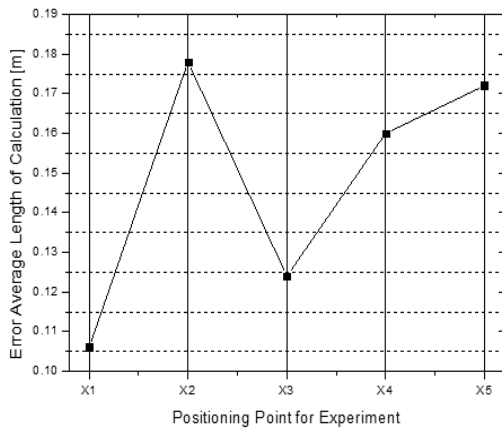


Fig. 13. Practical Results of Experiments

5. 결 론

본 논문에서 제안된 시스템으로 Fingerprinting 기법의 문제점인 광범위 내 거리에 따른 RSSI값의 불안정으로 인한 정밀 측위의 문제점과 많은 수의 위치 참조를 비교해야 된다는 연산 효율량의 문제점을 해결하였다. 또한 제안된 Fingerprinting 시스템은 성형 링크 방식과 유사하게 분산형 구조를 Sector로 나누어 추후 설치 및 제거 시 다른 Sector에 영향을 주지 않기 때문에 기존의 Fingerprinting 방식에 비해 유지 및 보수 면에서도 용이하게 개선하였다. 하지만 본 논문에 제안된 측위 방식은 기존의 방식에 비해 Sector구분을 위한 Beacon을 추가적으로 설치하기 때문에 초기 단계의 Fingerprinting Map의 설비 및 구축 단계에서는 다른 기술에 비해 경제적으로 많은 비용이 든다. 그리고 정밀 측위를 위해 Sector 선정, 핑거프린팅, 삼변 측량과 같은 여러 측위 방식을 수행해야 된다는 점에서 많은 단계를 거쳐야 한다. 본 논문에서 추후 연구 계획은 이와 같은 AP의 의존도를 줄이며, 정밀 측위를 위한 알고리즘 방식을 간소화하는 방향으로 진행할 계획이다.

References

[1] Jong-taek Oh, "3D Indoor Positioning System Based on Smartphone," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol.38, No.12, pp.1126-1133, 2013.

[2] Faragher, Ramsey and R. Harle, "An analysis of the accuracy of bluetooth low energy for indoor positioning applications," *Proceedings of the 27th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+14)*, 2014.

[3] Kwangjae Sung, Jihoon Ryoo, and Hwangnam Kim, "Design and Implementation of Location Determination Technology based on RSSI and Trilateration over Smart-Phone," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp.969-970, 2010.

[4] Adel Thaljaoui, Thierry Val, Nejah Nasri, and Damien Brulin, "BLE Localization using RSSI Measurements and iRingLA," *Industrial Technology (ICIT), 2015 IEEE International Conference on*, 17-19 March, pp.2178-2183, 2015.

[5] Sung-Hoo Kim, Hyo-Seok Son, Sung-Hun Kim, and Chae-Woo Lee, "Fingerprint-based indoor location tracking application development and performance analysis," *IEIE Conference*, pp.677-680, 2014.



이 도 희

e-mail : sprtmejfel@hanmail.net
 2010년~현 재 서원대학교 정보통신공학과
 학사과정
 관심분야 : Power Management,
 Bluetooth Low Energy,
 Indoor Positioning,
 Networks, Electronic Control



손 봉 기

e-mail : bksohn@seowon.ac.kr
 2004년 충북대학교 전자계산학과(박사)
 2005년~현 재 서원대학교 컴퓨터공학과
 교수
 관심분야 : 농축산정보화 시스템, 데이터
 마이닝, 유비쿼터스 컴퓨팅



이 재 호

e-mail : izeho@seowon.ac.kr
 2005년 고려대학교 전자컴퓨터공학과(석사)
 2013년 고려대학교 전기전자전파공학과
 (박사)
 2011년~2013년 서일대학교 겸임교수
 2013년~2015년 LG전자 차세대
 표준연구소 선임연구원
 2013년~현 재 서원대학교 정보통신공학과 조교수
 관심분야 : WPAN, 센서네트워크, MANET, MAC, WBAN,
 Bluetooth, Wi-Fi, ITS, Localization