

핑거프린트를 이용하는 클라이언트 기반 실내 측위 시스템의 설계 및 구현

Design and Implementation of Client-Based Indoor Positioning System using Fingerprint

황 원 영* 최 창 열**
Hwang, Won-Young Choi, Chang-Yeol

Abstract

Recently, interests on positioning system for location-based services have been significantly increased. Many indoor environment systems using fingerprint scheme have been designed to take more accuracy of positioning, but they are inefficient in adapting to change of environments. In this paper, we focus on a client-based positioning system over WLAN for decreasing installation cost and adapting to change of environments. In the proposed system, APs with stable RSSI are selected as base APs independently for each reference point. Experimental results show that proposed system expands service area approximately 20% much than traditional systems using K-NN algorithm and needs only 20% modification process to fingerprint data compare with traditional systems whenever environment conditions are changed.

키워드 : 실내 측위 시스템, 위치 핑거프린트, 위치기반 서비스

Keywords : indoor positioning system, location fingerprint, location-based service

1. 서론

최근 유비쿼터스 서비스에 대한 관심이 많아지면서 위치기반 서비스(LBS: Location-based service)가 활발히 연구되고 있다. 이런 연구의 중심에 사용자의 위치를 측정, 가공하는 측위 시스템이 있다. 사용자의 위치를 측정하는 측위 기술은 실내 측위와 실외 측위로 나뉜다. 대표적인 실외 측위 시스템인 위성을 이용한 GPS 방법은 실내에서 신호를 수신하기 어려워 정확성이 떨어진다[1, 2, 3]. 실내 측위는 적외선, 초음파, RFID, UWB, bluetooth 등의 매체를 이용하여 작고 섬세한 단위로 측정하지만, 인프라를 새로 설치하는 비용이 많

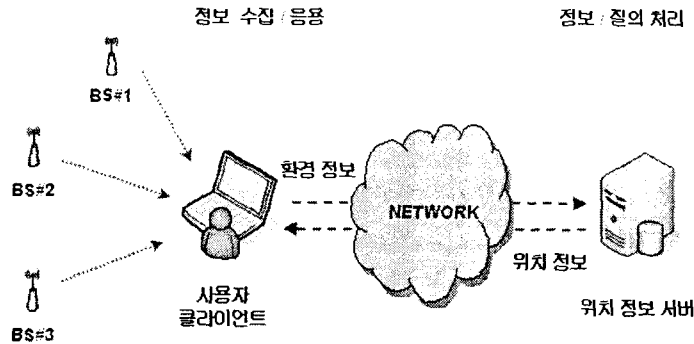
이 들고 사용하는 매체의 특성에 따라 사용이 제한된다. 반면 WLAN(Wireless Local Area Network)기반의 측위 시스템은 인프라가 이미 널리 설치되어 있어 신규 인프라의 설치비용이 작고, 비교적 구조가 복잡한 실내에서도 넓은 범위까지 신호가 도달하므로 실내 측위에 적합하다[2, 3, 4, 5].

본 논문에서는 측위의 정확도는 낮지만 측위 시스템의 환경 변화에 유연하게 대처하고, 별도의 장치가 필요 없는 클라이언트 독립적인 실내 측위 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 각 참조 포인트마다 수신 신호강도가 균일하고 항상 검색 가능한 AP들을 일체적, 독립적으로 선택하여 핑거프린트 정보를 구성하므로 서비스 영역이 확장된다. 또한 AP들의 수신 신호강도를 분석할 때 입력 데이터를 연속 처리하여 저장 공간 낭비를 줄인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선

* 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정

** 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수



(그림 1) 핑거프린트를 이용한 측위 시스템의 구조

네트워크를 이용한 실내 측위 기술들을 분석한다. 3장에서 제안하는 실내 측위 시스템의 구성과 동작을 기술하고, 4장에서는 성능을 분석한다. 그리고 마지막 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

GPS와 CDMA를 이용한 실외 측위 기술들이 상용화된 것과는 다르게 실내 측위 기술은 아직 널리 보급되지 못하고 있다. 다양한 매체와 방법을 적용한 실내 측위 연구가 진행 중이지만 WLAN기반 핑거프린트 방법의 경우 인프라의 보급률이 높고, 노드에 다른 장치를 추가하지 않고 단지 무선 네트워크 장치만으로 구현이 가능하다.

(그림 1)은 WLAN 핑거프린트를 이용한 실내 측위 시스템[4, 5, 8, 10]의 일반적인 구조를 보인다. 시스템은 클라이언트와 위치 정보 서버 그리고 응용 프로그램으로 구성된다. 클라이언트는 주변의 환경 정보를 기준 스테이션(BS: Base Station)으로부터 수집하여 위치 정보 서버로 전송하고, 위치 정보 서버는 수신된 환경 정보를 분석하여 핑거프린트 정보로 변환한다. 그리고 응용 프로그램은 현재의 위치를 위치 정보 서버에 질의, 활용한다. 일반적으로 클라이언트와 응용 프로그램은 따로 구분되지 않지만 몇몇 시스템에서는 분리하여 사용한다.

본 장에서는 핑거프린트를 이용한 대표적인 측위 시스템들의 동작을 분석하고 문제점을 제시한다. 그리고 이를 바탕으로 환경 변화에 유연하게 적용하는 방법을 모색하고, 제안한다.

2.1 핑거프린트를 이용한 실내 측위

핑거프린트 방법은 환경정보를 데이터베이스화하여 저장하는 준비단계(off-line phase)와 이동 노드의 요청에 따라 측위를 수행하는 측정단계

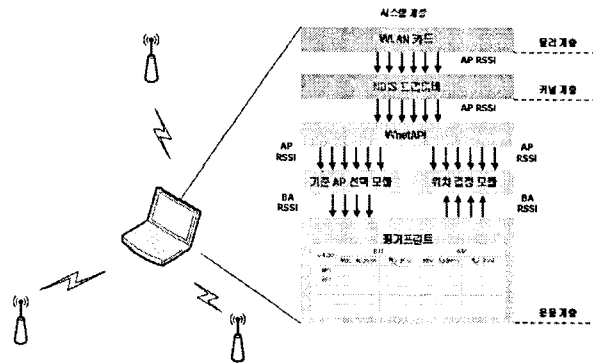
(real-time phase)로 구성된다. 준비단계에서는 AP들로부터 수신되는 신호강도, SNR, 노이즈 등의 환경 정보를 이용하여 핑거프린트를 생성한다. 측정단계에서 특정 사용자의 위치는 AP들로부터 수신되는 신호특성을 기준점들의 핑거프린트와 비교함으로써 알아낸다. 전통적인 핑거프린트 방법은 기준 AP들의 전파특성을 이용하기 때문에, 건물 내부에 장애물이 많거나 공간이 넓은 경우에는 이동 노드가 기준 AP의 신호를 수신하지 못하는 경우가 발생할 수 있어 사용에 제한이 있다.

마이크로소프트사에서 개발한 RADAR[4]는 이동 노드가 고정 지점에 위치한 세 개의 기준 스테이션(base station)에 UDP 패킷을 송신하며, 그 신호의 세기를 기준 스테이션에서 측정하고, 저장한다. 위치 결정을 위해 기준 스테이션에 저장된 신호강도를 이용하는 핑거프린트 기술을 이용한다.

Intel의 Place Lab[5, 6]은 WLAN 신호를 수집하고 측위 데이터베이스를 구성하는 매니저, 이동 노드의 위치 정보 요청에 응답하는 서버, WLAN 인터페이스를 가지고 있는 클라이언트로 구성된다. 여러 지점에서 신호를 수집하여 측위 데이터베이스를 구성하고, 이 정보를 바탕으로 위치를 결정한다. 게다가 이동 노드에 GPS와 WLAN 인터페이스를 모두 포함시켜 GPS로부터 3차원 정보를 얻어 이용한다.

2.2 문제점 및 해결방안

전통적인 핑거프린트를 이용한 실내 측위 시스템들은 측위를 위해 설치한 기준 스테이션들의 신호 정보의 특징만 이용하여 핑거프린트 정보를 생성한다. 따라서 복잡하거나 넓은 공간을 가지는 건물에서 전체 측위 공간을 커버하기 어렵고, 외부 환경변화에 적용하기 어려운 문제를 갖는다. 또한 서버-클라이언트 구조는 서비스 영역의 확장을 위해 WLAN 인프라 외에 추가 장치를 설치해야하는 비용 부이 크다는 단점이 있다.



(그림 2) 제안 시스템의 구조

이런 문제들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 환경 변화에 적응이 용이하고, 비용 절감 및 자원 활용도를 향상 시킬 수 있는 시스템을 제안한다. 이를 위하여 전통적인 서버 클라이언트 구조의 핑거프린트 시스템에서 벗어나 클라이언트 독립적인 구조를 제안한다. 클라이언트 중심의 시스템의 경우 서비스 영역의 확대를 위해 새로운 인프라 및 장치의 설치가 필요 없고, 반복적 데이터 처리를 통해 자원의 활용도를 높일 수 있다.

3. 설계 및 구현

3.1 시스템 구성

(그림 2)는 본 논문에서 제안하는 실내 측위 시스템의 구조를 보여준다. 클라이언트의 무선 네트워크 카드가 활성화되면 주변 AP들의 비콘 메시지를 수집하고 저장한다. 이 정보는 커널계층의 NDIS 드라이버로부터 획득할 수 있으며, 응용계층에서 NDIS 드라이버에 접근하기 위해 WRAPI[9]를 수정한 WNetAPI를 이용한다. NDIS 드라이버를 통해 얻어진 주변 AP들의 정보는 기존 AP(BA: Base AP) 선택 모듈로 보내진다. 이 때 기존 AP 선택 모듈에서 획득된 정보를 바탕으로 기존 AP를 선택하고, 선택된 AP들의 신호강도와 Mac 주소를 각 참조 포인트의 핑거프린트 정보로 저장한다. 위치 결정은 위치 결정 모듈에서 이루어 지는데, 핑거프린트 정보와 NDIS 드라이버를 통해 획득되는 AP 정보를 이용한다.

본 장의 3.2와 3.3절에서는 제안하는 실내 측위 시스템의 준비단계에 적용된 AP 정보 획득과 기존 AP 선택 방법을 제안하고, 3.4절에서 측정 단계의 위치 결정 방법을 설명한다.

3.2 AP 정보의 획득

이동노드에서 AP 정보는 물리 계층의 무선 네트워크 카드와 커널 계층의 NDIS 드라이버 그리

고 응용 계층의 WNetAPI의 상호 동작에 의해 이루어진다.

커널 계층에서 관리되는 NDIS 드라이버는 하드웨어 계층의 무선 네트워크 카드와 응용 계층의 WNetAPI를 연결하는 가교 역할을 한다. 따라서 응용 프로그램에서 WNetAPI NDIS 드라이버를 제어함으로써 필요한 정보를 무선 네트워크 카드로부터 획득한다. WNetAPI는 WRAPI를 기반으로 하여 응용 계층에서 NDIS를 제어, 주변 AP 정보를 획득 그리고 무선 네트워크 정보 변경 기능을 제공하는 API다. 제안 시스템에서 이용하는 WNetAPI는 주변 AP들의 정보를 획득하기 위해 이동노드에서 주변 AP들의 비콘 메시지를 수집하고, 수집되는 정보를 NDIS 드라이버에 질의하여 획득한다.

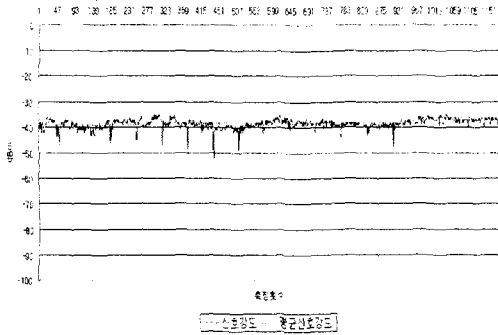
제안하는 시스템에서는 AP들의 신호강도의 평균값을 구하기 위해 식 (1)을 이용한다.

$$X'(n) = X'(n-1) \times ((n-1)/n) + (1/n) \times X_n \quad (1)$$

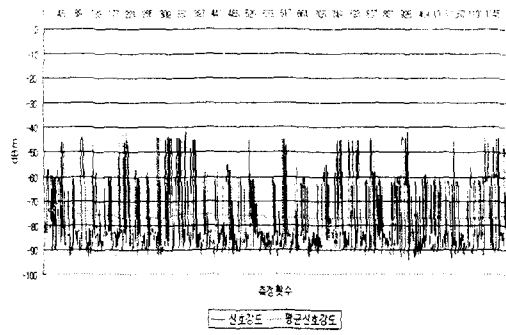
식 (1)에서 $X'(n)$ 은 X_1 에서 X_n 까지의 평균을 의미하고, n 은 입력 신호의 개수를 의미한다. 그러므로 현재까지 측정된 신호강도의 평균은 이전까지의 신호강도의 평균과 현재 측정된 신호강도 그리고 입력된 신호강도의 총 개수만으로 계산할 수 있다.

3.3 기존 AP 선택

(그림 3)과 (그림 4)은 두 AP 00:20:ED:08:5A:1B와 00:1A:C1:19:C0:40로부터 특정 클라이언트로 수신되는 신호들의 신호강도를 5초 간격으로 1150회 정도 측정된 결과를 보여준다. (그림 4)의 AP 00:20:ED:08:5A:1B의 신호강도는 -38dBm 를 중심으로 $\pm 5\sim 12\text{dBm}$ 범위 내에서 측정되므로 안정된 신호강도를 제공하지만, (그림 5)의 AP 00:1A:C1:19:C0:40의 신호강도는 -76dBm 를 중심으로 $\pm 17\sim 37\text{dBm}$ 범위 내에서 측정되므로 불안정한



(그림 3) AP 00:20:ED:08:5A:1B의 신호강도 변화



(그림 4) AP 00:1A:C1:19:C0:40의 신호강도 변화

신호강도를 보인다.

불안정한 신호강도로 측정되는 AP를 기준 AP로 이용하면 에러 값이 크게 계산되어 위치 결정에 오차가 커지게 되므로 제안 시스템에서 기준 AP는 (그림 3)과 같이 안정된 신호강도를 제공하는 AP를 선택한다.

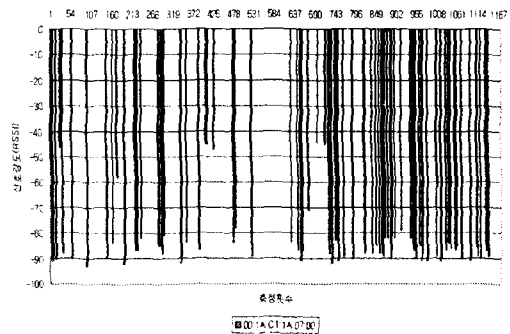
표 1. 기준 AP선택을 위한 정보 분석

| | 00:20:ED:08:5A:1B | 00:1A:C1:19:C0:40 |
|---------|-------------------|-------------------|
| 평균 RSSI | -38.5025 | -76.8743 |
| 분산 | 3.6758 | 214.9765 |
| 표준편차 | 1.9172 | 14.662 |
| 최대 RSSI | -35 | -94 |
| 최소 RSSI | -52 | -39 |

표 1은 (그림 3)와 (그림 4)을 평균 신호강도, 분산, 표준편차, 최대, 최소 신호강도의 정보로 정리한 것이다. 이를 통해 일반적으로 최대, 최소 신호강도의 차가 작은 값을 가지는 AP가 신호강도의 편차가 작음을 알 수 있다.

제안 시스템은 각 참조 포인트에서 기준 AP들의 신호강도를 비교하여 오차를 계산하고, 계산 값을 바탕으로 가장 적합한 위치를 결정하는 시스템이므로 신호강도의 편차가 작은 AP를 선택하는 것이 중요하다. 하지만 신호강도의 편차를 구하기 위해서는 측위 시간동안 수집되는 데이터를 보관, 처리하는 과정이 필요하므로 연속적인 신호강도 처리 방법에서는 편차를 구할 수 없다. 따라서 제안 시스템에는 앞서 살펴본 것과 같이 최대, 최소 신호강도의 차가 작은 AP를 기준 AP의 후보로 선택한다.

(그림 5)는 AP 00:1A:C1:1A:07:00의 신호강도 변화를 측정된 것으로 전체 1173회 스캔 중 104회만 측정되었다. 이런 신호강도의 변화는 이동노드



(그림 5) AP 00:1A:C1:1A:07:00의 신호강도 변화

와의 거리가 멀거나 전파 전송에 어려움이 있어 WNetAPI가 NDIS로부터 신호강도를 수집하지 못하기 때문에 발생하는 것으로, 최대 8분 이상 신호강도를 획득하지 못하는 경우도 발생했다. 기준 AP의 신호강도를 원할 때 획득하지 못하는 경우 위치결정의 오류를 유발한다. 따라서 제안 시스템에서는 전체 스캔 횟수의 70%이상 스캔되는 AP를 기준 AP 후보로 사용한다.

(그림 6)은 제안 시스템의 기준 AP 선택 알고리즘을 보여준다. 제안 시스템에서는 AP의 신호강도의 최대값과 최소값의 변화 폭이 작은 AP들 중에서 전체 검색 횟수의 70%이상 검색되는 AP들을 기준 AP로 정한다.

AP의 선택은 각 참조 포인트에서 층에 관계없이 검색되는 모든 AP들 중 기준 AP 선택 조건에 맞는 것을 선택한다. 이런 전략은 평면적 AP 이용에서 벗어나 입체적인 무선 네트워크 인프라의 이용이 가능해진다. 입체적 AP의 이용은 기준 AP의 후보가 늘어나게 되어 보다 안정된 신호강도를 가지는 AP들을 선택할 수 있는 확률을 증가시킨다.

3.4 위치 결정 알고리즘

위치 결정 모듈은 펌프프린트로부터 모든 참조 포인트에 대한 기준 AP들의 정보를 제공 받고,

```

AP 리스트 생성 // 기준 AP 후보 리스트

주변 AP들 신호강도 획득

for 스캔되는 모든 AP 들에 대해
    1 gap = Max_RSSI-Min_RSSI의 절대값 계산 // 최대, 최소 RSSI의 차 계산
    2 gap이 가장 작은 AP순으로 정렬 후 리스트에 저장

for 스캔되는 모든 AP 들에 대해
    1 gap이 가장 작은 순서로 스캔된 횟수 계산
    2 만약 전체 스캔된 횟수의 70% 이하이면 기준 AP 후보에서 제외

가장 gap을 가지는 AP들 중에서스캔된 횟수가 70% 이상인 AP들 순서로 선택
    
```

(그림 6) 기준 AP 선택 알고리즘

WLAN 인터페이스 카드로부터 주변 AP들의 정보를 제공받는다. 핑거프린트에 저장된 기준 AP 정보는 기준 AP들의 MAC 주소와 평균 신호강도의 쌍으로 구성된다. 위치 결정을 위해서는 현 위치에서 측정되는 주변의 AP 신호강도와 노드에 저장된 핑거프린트 정보를 비교하여 오차가 최소인 참조 포인트를 결정해야 한다.

조 포인트를 현재 위치로 결정한다. 이때 이용하는 오차 계산은 MSE(Mean Square Error)를 이용하고 식 (2)로 표현된다.

$$MSE = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (Rssi_{FP} - Rssi_{cur})^2 \quad (2)$$

식 (2)에서 m은 기준 AP의 개수를, $Rssi_{FP}$ 는 한 RP의 핑거프린트 정보 중 m 번째 기준 AP의 신호강도를 의미하고, $Rssi_{cur}$ 는 현재 WLAN 인터페이스 카드에 검색되는 m번째 기준 AP의 신호강도를 의미한다.

```

for(i=0; i < RP 개수; i++)
    RPi의 핑거프린트 정보 로드
    for(j = 0; j < Base AP 개수; j++)
        for(k = 0; k < 검색된 인근 AP 개수; k++)
            if(RPi의 BAj의 Mac주소==APk의 Mac주소)
                1. MSEcur 계산
                2. MSEcur 누적
            end loop
        end loop
    if( MSEmin < MSEcur )
        1. MSEmin = MSEcur
        2. MSEcur RP 번호 저장
    end loop
가장 마지막까지 남아있는 RP번호가 현재 위치
    
```

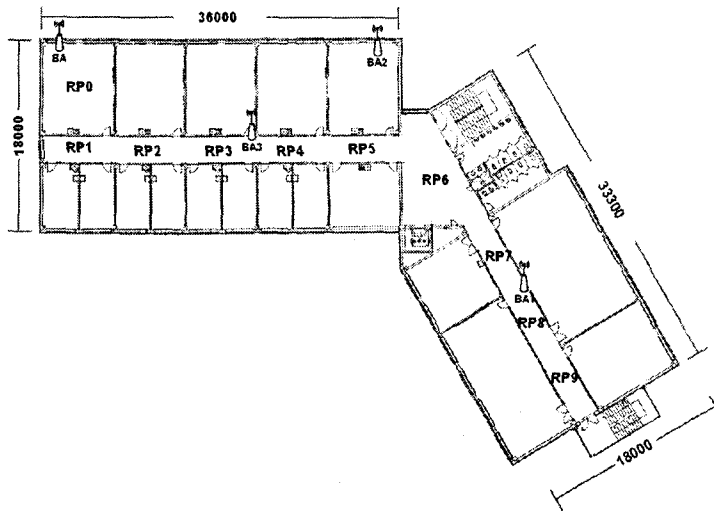
(그림 7) 위치 결정 알고리즘

(그림 7)은 위치 결정 알고리즘의 동작을 보여준다. 기준 AP들의 MAC 주소, 신호강도 쌍으로 이루어진 핑거프린트 정보와 현재 검색되는 인근 AP 정보를 입력으로 각 참조 포인트와 현재 위치의 신호세기 오차를 계산하고, 가장 작은 오차를 가지는 참

4. 실험 및 결과

제안 시스템의 성능은 강원대학교 공과대학 5관 5층에서 분석하였다. 실험에 이용된 AP들은 건물에 이미 설치되어 있는 3Com, Netgear, IPTime, GIO 등의 다양한 제조사의 AP 30개 이상을 이용하였고, 이동 노드로 노트북을 이용하였다. 이동 노드의 WLAN 인터페이스 카드는 노트북에 내장된 Intel(R) PRO / Wireless 3945ABG Network Connection이고 운영체제는 Windows XP를 이용한다. 프로그램 개발 도구로는 MFC를 이용하였다.

실험은 (그림 8)의 테스트 영역을 7~10m 거리의 참조 포인트로 나누고, RP0에서 RP9까지 순차적으로 돌아가면서 각 참조 포인트마다 핑거프린트 정보를 생성하여 수행하였다. 제안 시스템과 비교를 위해 RADAR 시스템 및 다른 연구들에서 이용하는 전통적인 K-NN 알고리즘[4]을 이용하였다. 전통적인 K-NN 알고리즘은 고정 위치의 3개의 기준 스테이션 혹은 AP를 이용하므로 (그림 8)에



(그림 8) 실험 환경

서 BA1~BA3을 기준 AP로 설정한다. 또한 제안 시스템에서도 K-NN 알고리즘과 비교를 위해 3개의 기준 AP를 이용하였다.

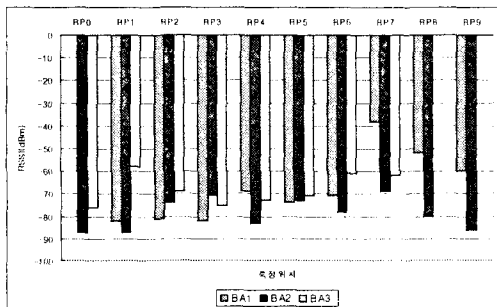
실내에서 AP의 신호도달 범위는 대략 40m 정도로 측정되고, 좀 더 복잡한 실내 구조를 가지는 경우 더 줄어든다. 또한 전통적인 시스템들의 경우 이미 설치되어있는 인프라를 이용하지 않고 기준 스테이션의 설치를 제안하는 경우가 많다. 이런 경우 시스템의 서비스 영역을 확장하기 위해서는 새로운 장치의 추가가 필요하므로 비용이 증가하게 된다. 제안 시스템은 전통적인 K-NN 알고리즘을 이용하는 핑거프린트 방법들과는 다르게 이미 설치된 WLAN 인프라인 AP를 기준 스테이션으로 이용한다. 따라서 AP가 설치된 곳이라면 시스템을 운용할 수 있다. 또한 각 참조 포인트마다 독립적이고, 입체적으로 기준 AP를 선택하여 WLAN 인프라의 활용도를 높인다.

(그림 9)는 전통적인 K-NN 알고리즘을 이용하는 측위 시스템의 기준 AP의 신호강도를 RP0에서 RP9까지 측정한 결과이다. K-NN 알고리즘을 이

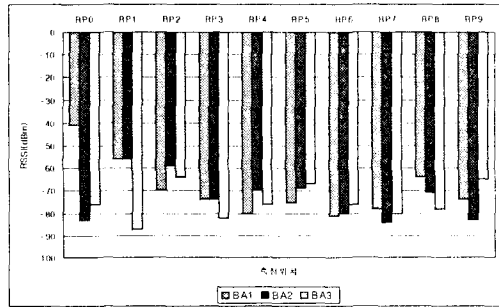
용하는 시스템의 경우 기준 AP는 한 층에 위치하는 고정 위치의 AP들로 (그림 8)에서 BA1 ~ BA3이다. (그림 9)의 RP0, RP8, RP9에서는 모든 기준 AP의 신호강도를 측정하지 못하여 위치결정시 오차거리가 증가한다.

(그림 10)은 제안 시스템의 핑거프린트 정보 중 신호 기준 AP들의 신호 강도를 측정한 것으로, (그림 10)의 건물의 양 끝에 위치하는 RP0, RP9까지 모든 서비스 영역에 대해 기준 AP들을 선택할 수 있다. 따라서 제안 시스템은 6호관 5층의 모든 서비스 영역에서 이동노드의 측위가 가능하고, K-NN 알고리즘을 이용하는 시스템은 5층 전체 면적의 약 80%의 면적에서만 서비스 가능하다.

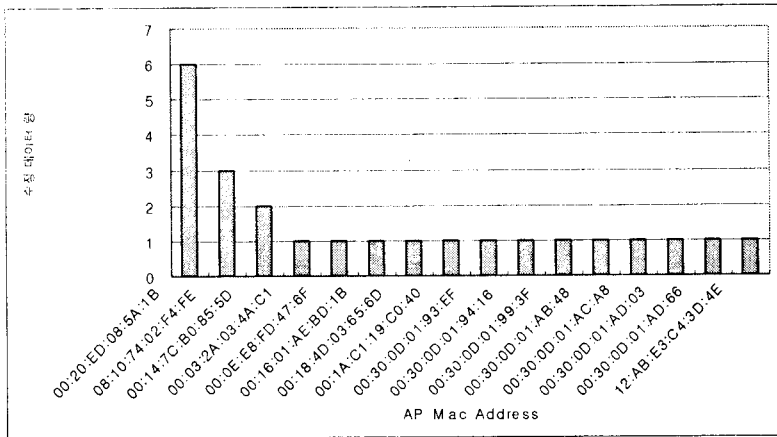
제안하는 시스템은 전통적인 K-NN 알고리즘을 이용하는 시스템과는 다르게 각 참조 포인트에서 독립적으로 기준 AP를 선택하고 핑거프린트 정보를 생성한다. 따라서 각 참조 포인트의 핑거프린트 정보는 서로 다른 기준 AP들이 선택되는 경우가 많다.



(그림 9) K-NN 알고리즘을 이용하는 시스템



(그림 10) 제안 시스템



(그림 12) 환경 변화 시 AP별 수정 데이터 량

표 2. RP1에서의 평균 RSSI

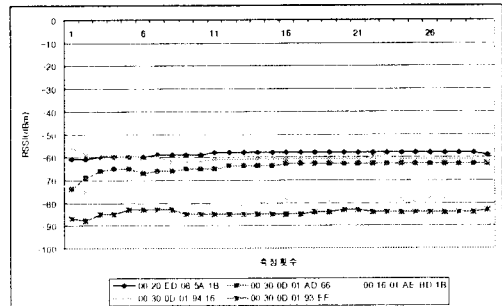
| | |
|-------------------|-----|
| 00:20:ED:08:5A:1B | -56 |
| 00:30:0D:01:AD:66 | -62 |
| 00:16:01:AE:BD:1B | -76 |
| 00:30:0D:01:94:16 | -60 |
| 00:30:0D:01:93:EF | -81 |

표 2는 RP1에서 신호강도가 안정된 5개의 AP들의 평균 신호강도를 측정하여 핑거프린트 정보로 만든 것이고, (그림 11)은 표 2에서 선택된 5개의 AP들의 평균 신호강도의 변화를 보여준다. 선택된 AP들의 신호강도는 균일하므로 평균 신호강도는 변화가 적다. 표 2의 5개의 AP들 중에서 임의의 3개의 AP를 기준으로 AP를 선택하고, (그림 11)에서 10회일 때 평균 AP 값을 현재 AP 신호강도로 사용하여 MSE를 계산하면 아래와 같다.

$$\frac{((-56) - (-59))^2 + ((-62) - (-65))^2 + ((-76) - (-81))^2}{3} = 14.3$$

$$\frac{((-56) - (-59))^2 + ((-60) - (-62))^2 + ((-81) - (-85))^2}{3} = 11.3$$

계산결과 한 참조 포인트에서 서로 다른 AP들을 기준 AP로 이용해도 MSE 값에는 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 따라서 각 참조 포인트에서 신호강도가 안정된 서로 다른 AP들을 기준 AP로 이용해도 위치결정 알고리즘의 동작에는 문제가 없다. 각 참조 포인트에서 독립적으로 기준 AP를 선택하면, 어떤 위치에서든 다른 참조 포인트와 구별할 수 있으므로 측위 영역을 확대할 수 있다.



(그림 11) RP1에서 평균 신호강도 변화

핑거프린트를 이용한 실내 측위 시스템들의 경우 환경이 변화하여 기준 AP의 정보를 획득하기 어렵게 되면 핑거프린트 정보를 모두 수정해야 하는 문제가 발생한다. 전통적인 K-NN 알고리즘을 이용하는 시스템의 경우 하나의 기준 AP의 신호강도 변화가 감지되면 전체 측위 영역의 핑거프린트 정보를 새로 만들어야 하는 문제가 발생한다.

제안 시스템은 각 참조 포인트마다 기준 AP를 독립적으로 선택하므로 환경변화에 영향을 받는 기준 AP의 핑거프린트 정보만 수정함으로 환경에 적용할 수 있다. (그림 12)는 참조 포인트에서 선택한 기준 AP들의 리스트와 각 AP가 몇 개의 참조 포인트에서 이용되었는지를 보여준다. 하나의 참조 포인트에서 3개의 기준 AP를 선택할 때 RP1에서 RP8까지 선택한 기준 AP들은 총 16개이고, 각 AP들은 최소 1번에서 최대 6번까지 평균 1.8번 선택되었다. 따라서 제안 시스템은 환경변화에 평균 2개의 참조 포인트에서 정보를 수정하면 되므로 전통적인 K-NN 알고리즘을 이용하는 시스템에 비해 약 20%의 데이터만 수정하면 되므로 환경변화에 적응이 쉽다.

5. 결론

본 논문에서는 WLAN 환경에서 핑거프린트를 이용한 클라이언트 기반 실내 측위 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 기존의 서버 클라이언트 구조의 측위 시스템에서 벗어나 단지 클라이언트에 소프트웨어를 설치함으로써 동작 가능하다. 이를 위해 AP의 신호강도를 측정하고 분석할 때 신호강도를 연속적으로 처리하는 방법을 적용하여 이동노드가 저장하는 데이터 량을 줄였고, 신호강도의 변화 특성을 기준 AP 선택에 활용하여 데이터 분석에 필요한 처리과정을 단축시켰다.

제안 시스템을 실제로 구현한 결과 제안된 시스템이 전통적인 K-NN 알고리즘을 이용하는 시스템들보다 서비스 영역이 약 20% 확장됨과 환경 변화에 따른 핑거프린트 정보의 수정 량이 줄어들음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Jeffrey Hightower & Gaetano Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing," IEEE Computer, pp.57-65, August, 2001.
- [2] 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, "실내외 연속측위 기술 동향", 전자통신동향분석, 제22권 제3호, 2007년 6월.
- [3] 이성호, 민경옥, 김재철, 김주완, 박종현, "위치기반서비스 기술 동향", 전자통신동향분석, 제20권 제3호, 2005년 6월.
- [4] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System", in Proc. IEEE Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies(INFOCOM'00), Tel Aviv, Israel, Mar. 2000, pp. 775-784.
- [5] <http://www.placelab.org>
- [6] Anthony LaMarca, Yatin Chawathe, Sunny Consolvo, Jeffrey Hightower, Ian Smith, James Scott, Tim Sohn, James Howard, Jeff Hughes, Fred Potter, Jason Tabert, Pauline Powledge, Gaetano Borriello and Bill Schilit, "Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild", Proc. 3rd Int'l Conf. Pervasive Computing (Pervasive 05), LNCS 3468, Springer, 2005, pp. 116-133.
- [7] Jaimyoung Kwon, Baris Dunder, Pravin Varaiya, "Hybrid Algorithm for Indoor Positioning Using Wireless LAN", Vehicular Technology Conference(VTC2004-Fall, 2004), Sept. 2004, Vol. 7, pp. 4625 - 4629.
- [8] P. Prasithsangaree, P. Krishnamurthy, and P. K. Chrysanthis, "On Indoor Position Location With Wireless LANs." The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC 2002)aw, Lisbon, Portugal, September 2002.
- [9] <http://sysnet.ucsd.edu/pawn/wrapi>
- [10] Sheng-Cheng Yeh, Yung-Jin Peng, "Designing An Indoor Positioning System Based on The WiFi Fingerprinting Mechanism", ITAOI, 2006.