
저준위 신호세기와 실외 환경 특징을 활용한 측위 시스템 설계 및 구현

이현섭* · 김진덕**

A Design and Implementation of Positioning System Using Characteristics of Outdoor Environments and Weak Signal Strength

Hyoun-Sup Lee* · Jindeog Kim**

이 논문은 2011학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(과제번호 2011AA176)

요 약

산재한 무선 네트워크를 활용하는 WPS(WiFi Positioning System) 측위시스템의 대표적 실내 측위 기법은 핑거프린트이다. Radio map 으로 구성된 AP의 정보와 수집된 AP의 정보 차이를 계산하여 측위를 수행한다. 즉, 저장된 정보와 오차가 가장 적은 위치를 판단하는 연산이다. 그러나 기존의 실내 핑거프린트와 radio map 방식을 실외에 사용할 경우 측위 성능 저하와 비용의 증가 등의 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 기존 WPS 측위 시스템의 특징에 대하여 설명하고 기존 핑거프린트 연산의 문제점에 대하여 언급한다. 또한 이를 해결하기 위한 실외 환경의 특징을 적용한 Radio map 구축과 WPS_WS(WiFi Positioning System_Weak Signal) 기법에 대하여 설계 및 구현 결과를 설명한다. 그리고 기존 시스템과 제안한 WPS_WS의 성능을 테스트를 통해 비교하여 이에 대한 결과를 제시한다.

ABSTRACT

The most typically utilized positioning method in the existing indoor WPS that is a positioning method utilizing distributed wireless network is the fingerprint. Its positioning is carried out by calculating the difference between the AP information map and WiFi AP signal collected. However, there are problems like low accuracy and high cost when the existing method and the radio map formation are applied to outdoors. In this paper, the characteristics of the existing WPS are surveyed and their problems are examined. In addition, we propose a new WPS using weak signal and a method to construct radio map in order to solve the above problems. And then, the results of experimental test will be analyzed.

키워드

무선 측위 시스템, 핑거 프린트, AP 특징, 저준위 신호

Key words

WiFi Positioning System, Fingerprint, AP characteristic, Outdoor, WPS_WS

* 정회원 : 동의대학교 컴퓨터공학과 박사과정

** 정회원 : 동의대학교 컴퓨터공학과 부교수(교신저자, jdk@deu.ac.kr)

접수일자 : 2011. 06. 10

심사완료일자 : 2011. 07. 01

I. 서 론

WPS(WiFi Positioning System)는 GPS의 실내 음영을 해결하기 위해 등장한 측위 시스템이다. WPS는 실내의 AP 정보를 수집하여 Radio map을 구축하고 구축된 정보와 측위 수행 시점에 수집된 정보를 활용하여 현재 위치를 판단한다. 수집된 정보와 저장된 정보의 비교를 위해 일반적으로 핑거프린트 기법을 활용한다. 핑거프린트 기법은 구축되어 있는 정보와 얼마나 근접했는지를 판단하는 기법으로 WPS에서는 Radio map의 AP 정보와 측위 과정에서 수집된 AP 정보사이의 유사도를 판단하기 위하여 사용 된다.

실내의 경우 한정된 공간이므로 WPS 전용 AP를 설치할 경우 일정 개수로 시스템을 운용할 수 있으며 산재한 AP를 활용하는 경우에도 별도의 선정 알고리즘을 사용할 경우 효과적인 WPS를 구축할 수 있다[1].

높은 건물이 많은 도심지와 고가도로 밑 등의 공간은 정상적인 GPS 신호가 수신되지 않는다. 내비게이션의 경우 이런 음영지역에 들어서면 정확한 안내를 할 수 없으므로 마지막으로 신호가 수신된 지점에서 진행 방향을 예측하여 판단하거나 음영지역을 벗어나 신호가 재 수신되면 그 상황에 적절한 안내를 해준다. 음영지역이 길어지거나 재 수신에 필요한 처리 시간이 증가되면 기존 경로를 벗어날 확률도 같이 증가한다. 따라서 이러한 음영지역 문제를 해결하기 위한 방안이 필요하다[2-6].

본 논문에서는 앞서 언급한 GPS의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 실외에서 활용 가능한 개선된 WPS 시스템인 WPS_WS(WiFi Positioning System_Weak Signal)에 대하여 설명하며 기존의 WPS 시스템과의 차이점 및 개선된 성능에 대하여 설명한다. 또한 기존 방식과 WPS_WS방식을 구현하여 테스트 결과를 통해 성능 우위에 대하여 증명한다.

본 논문 구성은 다음과 같다. II장에서 기존 WPS의 특징 및 문제점에 대하여 설명한다. 그리고 III장에서는 실내 환경과 실외 환경의 차이로 인한 기존 WPS 적용 시 문제점과 제안된 WPS_WS 시스템에 대하여 설명한다. 이어오는 IV장에서 구현 결과와 테스트를 통한 성능평가 결과를 제시한다. 끝으로 V장 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

전통적 WPS 기법으로 마이크로소프트사의 RADAR 시스템과 Intel PlaceLab의 WPS를 들 수 있다. 기존 AP를 실내에 설치하여 여기서 나온 정보를 토대로 Radio Map을 구축하여 측위에 활용하는 특징을 보인다. RADAR는 건물 내의 사용자 위치를 인식하고 추적하기 위한 RF 기반 시스템으로서 다중 수신기에서 수집된 신호세기 정보를 사용하여 사용자의 좌표를 측정한다. 이동 개체가 고정 지점에 설치된 Base Station에 신호 패킷을 전송하여 반송된 신호를 저장한다. 위치 결정시 핑거프린트 연산을 수행하며 저장된 Base Station의 신호 세기와 수집된 세기를 비교하여 위치를 판단한다. PlaceLab의 WPS는 AP 고정 설치 이후 정보 수집 매니저를 이용하여 Radio Map을 구성하고 이동 개체에 GPS를 같이 탑재하여 3차원 정보를 산출한다[7-8].

WPS 실내 측위 관련 논문 [9]에서는 기존 WPS 시스템의 문제점으로 AP 및 시스템 구축비용에 대한 문제점을 지적하고 있다. 신규로 기존 AP를 설치할 경우 많은 비용이 소요되며 이를 해결하기 위해 산재해 있는 무선 AP를 활용하여 기존 AP를 지정하는 개선된 WPS 기법에 대하여 설명하고 있다. 산재한 기존 AP의 경우 신호 세기가 비교적 안정적인 AP를 선정하여 Radio Map으로 구축하여 측위를 수행 한다. WPS 전용 AP 설치도 필요 없으며 MSE(Mean Square Error)표준 오차 연산을 핑거프린트 연산으로 활용하여 오차 값이 가장 작은 위치를 찾는 시스템이다.

전통적 WPS의 경우 환경 구축비용이 소요되며 개선된 WPS의 경우 AP의 특징을 통한 측위를 수행한다. 실내의 경우 AP의 구축비용이 크게 소요되지 않으며 안정적인 AP를 Radio Map으로 구성 할 수 있다.

그러나 실외의 경우 기존 시스템을 적용하기 쉽지 않은 문제가 있다. 행정구역 단위로 가장 작은 구역도 그 넓이가 광범위 하므로 실외 서비스를 위한 AP 신규 설치 는 비현실적이다. 또한 산재한 안정적인 AP를 활용하는 방법 또한 실외의 경우 수신 세기의 변동이 실내에 비하여 크게 일어나므로 좋은 방식이 아니다.

본 논문에서 실외의 환경 변화에 능동적으로 대처하며 별도의 AP 설치 없이 측위를 수행 할 수 있는 WPS_WS에 대하여 제안한다. 이어오는 3장에서 구체적인 내용을 설명하며 기존 WPS 시스템의 문제점이

어떻게 해결되는지 구현 결과와 테스트를 통해 증명한다.

III. WPS_WS 측위 시스템

3.1 환경 차이에 따른 기존 WPS의 문제점

실내의 경우 특정 위치에서 수집되는 AP 신호 세기에 영향을 주는 요소가 실외에 비하여 적다. 반면에 실외의 경우 시간의 변화에 따라 신호세기의 변동이 크게 나타난다[10-11]. 예를 들어 날씨가 흐린 날에는 대기 중에 쌓아진 수분이 전파의 흐름을 방해하여 전파 세기가 약해진다. 또한 실내 보다 많은 수의 AP가 설치되어 있으므로 채널 간섭의 영향도 피하기 힘들다. 언급한 사례뿐만 아니라 AP 신호에 영향을 주는 요소들은 실외에 많이 존재한다. 즉, 이런 환경에 능동적으로 대처 할 수 있는 WPS 시스템이 필요하다.

실내의 경우 제어 가능한 WPS용 AP를 설치하여 측위에 활용할 수 있다. 그러나 실외의 경우에는 AP의 신규 설치가 사실상 불가능 하다. AP의 설치 개수에 따른 비용 증가와 함께 설치된 AP 유지보수 및 설치 위치를 선정하기 위한 비용이 WPS 시스템의 운용비용 보다 많이 소요된다. 따라서 실외 환경에서는 산재한 AP를 활용하여 시스템을 구성하는 것이 현실적이다.

그러나 실외에서 산재한 AP를 활용하여 기존 WPS를 적용하면 다음과 같은 두 가지의 문제점이 발생한다.

첫 번째 문제점은 측위 정확도의 하락이다. 기존 WPS 시스템의 경우 핑거프린트 연산으로 측위를 수행한다. 핑거프린트 연산에 사용하는 측위 알고리즘은 전통적 WPS의 경우 핑거프린트 연산으로 유클리드 거리 공식을 사용하며 개선된 WPS는 표준 오차 공식을 사용한다. 비교적 AP의 정보가 변동이 없을 경우 정확한 위치를 계산 할 수 있지만 비교 대상으로 사용되는 AP 중 하나라도 신호 변동이 클 경우 정확도에 치명적인 문제를 야기시킨다. 앞서 언급한 실외 환경은 전파 간섭 요소가 많이 존재한다. 측위를 위한 Radio Map을 구성할 당시 나타나지 않는 방해 요소가 측위 시점에 발생할 수도 있으므로 기존 WPS 적용은 쉽지 않다.

두 번째 문제점은 측위 연산 시간의 증가이다. 일반적으로 실내 환경에서는 Radio Map을 구성 할 시점에 각 참조 포인트별 4개의 기준 AP를 저장하여 사용한다. 그

러나 신호 세기의 변동이 빈번한 실외의 환경 변화에 대응하여 측위 정확도를 높이기 위해서는 실내보다 많은 수의 AP를 선정해야 한다. 이 경우 추가로 측위 연산 시간의 증가를 가져오게 된다. 그림1은 유클리드 거리 공식과 표준 오차 공식이다.

유클리드 거리 공식

$$d(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$$

표준 오차 공식(MSE)

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

그림 1. WPS 핑거프린트 수식
Fig. 1 A mathematical formula of WPS Fingerprint

이 두 가지 수식을 활용하기 위해서는 별도의 수식 처리 API를 활용해야 하며 복잡한 연산 과정을 가지게 된다. 비교 대상 AP가 증가할 때마다 실제 연산에 소요되는 시간은 급격하게 증가한다.

따라서 실외 환경에서 WPS를 활용하기 위해서는 기존 시스템의 문제점인 정확도와 연산 시간을 고려한 알고리즘이 필요하다.

3.2 WPS_WS 측위 시스템

WPS_WS는 기존 WPS 시스템의 문제점을 해결하기 위해 수식 연산이 아닌 단순 비교 연산을 활용하여 연산 성능을 높이며 실외 환경 특징에 능동적으로 대처하여 정확도를 높일 수 있다.

일반적으로 WPS는 두 가지 단계로 측위를 진행한다. 첫 번째 단계는 측위를 위한 Radio Map 구축 단계로 참조 포인트를 설정하고 참조 포인트 별 기준 AP를 선정하는 단계이다. WPS_WS의 AP 구축 방식은 WS(Weak Signal)우선 선별 저장 방식을 사용한다.

WS 우선 선별 저장 방식은 각 참조 포인트에서 수집된 AP 중 신호세기가 약한 AP를 측위 특징 점으로 선정하는 방식이다. 다음의 표 1은 WS 우선 선별 저장 방식의 알고리즘이다.

표 1. Radio map 알고리즘
Table. 1 Radio map Algorithm

<p>* WS 우선 선별 저장 방식 알고리즘</p> <p>[참조 포인트 선정] -> [AP 테이블 생성] -> [AP 정보 수집]</p> <p>for 수집되는 AP</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신호 세기가 약한 순서로 AP 테이블에 저장 (Mac, Signal Strength) - 일정 시간 동안 수집하여 DB 테이블 생성 <p>for 생성된 테이블 내의 데이터 (다음 과정 반복)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 추가 시간 동안 AP 정보 재수집 - 테이블 내의 AP 신호세기와 비교하여 수집된 신호세기가 높을 경우 대상 AP 세기 정보 갱신 - 갱신된 AP들의 세기가 오름차순에 위배될 경우 정렬 과정을 통해 재 정렬 - 활용될 AP 선택, 남은 AP 보조 검색 테이블에 저장

Radio Map 구축 단계의 핵심은 WS 중심의 테이블 구성에 있다. 약한 세기의 AP의 경우 약간의 거리 이동으로도 신호 변동이 발생할 확률이 높기 때문에 참조 포인트별 특징 점으로 활용될 수 있다. 즉, 강한 세기의 AP는 인접 지역에서 탐색될 확률이 높으며 주변 환경에 따라 현재 위치의 수신세기와 인접 위치의 수신세기가 유사할 확률이 존재한다.

반면에 약한 세기의 AP는 인접 위치와의 세기 차이가 분명하게 나타나므로 기준 AP로 선정하여 활용할 경우 측위 정확도를 높일 수 있다. 따라서 WPS_WS는 수신 세기가 약한 AP를 각 참조 포인트 별 기준 AP로 구성한다.

두 번째 단계는 측위를 수행 단계이다. 참조 포인트가 선정되고 Radio Map이 구축되면 측위를 수행 할 수 있다. 측위 수행은 표 2의 과정으로 진행 된다. WPS_WS의 측위 연산 과정을 살펴보면 수집된 AP정보와 구축된 Radio Map에서 일치하는 MAC 정보를 가진 AP의 수신 세기를 비교하여 True/False를 판단하는 비교 연산 과정을 거친다.

최종적으로 반환된 연산 결과는 비교 과정에서 (True Value - False Value) 값이 가장 큰 참조 포인트이다. 앞서 언급 되지는 않았지만 검색 대상에서 제외된 AP의 경우 별도의 보조 탐색을 위한 임시 list에 저장한다.

표 2. WPS_WS 측위 알고리즘
Table. 2 WPS_WS Positioning Algorithm

<p>* WPS_WS 측위 연산 과정</p> <p>[측위 포인트] -> [AP 정보 수집] -> [수집된 AP list 구성]</p> <p>[측위 연산]</p> <p>for 수집된 AP list 와 Radio Map 비교</p> <ul style="list-style-type: none"> if 수집 AP.Mac = Radio Map AP.Mac - 수집 AP.SS =< Radio Map AP.SS - Counter True Value & False Value else 보조 탐색을 위한 AP 저장 <p>측위 연산 결과 = (True Value - False Value) 값이 가장 큰 참조 포인트</p>
--

WPS_WS는 기존 시스템의 복잡한 수식연산 보다 비교 연산으로 인한 연산 시간의 감소를 통해 비교 대상으로 사용되는 AP의 개수를 늘려 측위 정확도 또한 높일 수 있으므로 실외 환경에서 효과적으로 측위를 수행 할 수 있다. 이어오는 4장에서 테스트를 통한 증명을 한다.

IV. 구현 결과 및 테스트

4.1 구현 환경 및 프로그램 구현 결과

WPS_WS 시스템의 구현은 안드로이드 프로요, 진저브레드 기반 OS에서 개발하였으며 프로그램을 탑재한 기기는 삼성전자의 갤럭시 S 모델과 갤럭시 Tab 모델을 사용하였다. 순수 탐색 시간 테스트의 경우 윈도우7 기반의 개인용 컴퓨터에서 수행하였으며 이외의 테스트는 프로그램 탑재 단말기에서 수행 되었다.

그림 2는 기존 WPS와 WPS_WS의 Radio Map 구축을 위한 개발된 AP 수집 프로그램이다.

수집 프로그램을 통해 Radio Map을 구축하고 기존 WPS는 전통적 핑거프린트 연산을 사용하는 기법과 개선된 핑거프린트 연산을 사용하는 기법으로 구분하여 Radio Map을 구성하였다.

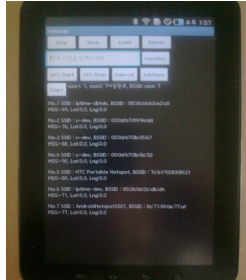


그림 2. AP 수집 프로그램
Fig. 2 AP collect Program



그림 3. 테스트 환경
Fig. 3 Test environment

그림 3은 테스트를 위한 환경으로 부산 시내의 도심지를 나타낸다. 참조 포인트를 5m ~ 30m의 거리 차이를 두고 테스트를 진행하였으며 거리 차이를 둔 이유는 기존 시스템과의 정확도 차이를 비교하기 위하여 원거리와 근거리로 나누어 테스트를 진행하였다.

그림 4는 WPS_WS를 구현하여 차량 안내 시스템의 측위 모듈로 개발한 화면이다. GPS 신호에 문제가 발생하였을 경우 WPS_WS 모듈로 자동 전환하여 Radio Map이 구축된 지역은 측위 연산을 수행하게 된다. 수집 프로그램과 구현된 프로그램을 통하여 기존 WPS 시스템과 WPS_WS 시스템의 측위 성능을 비교 하였다.

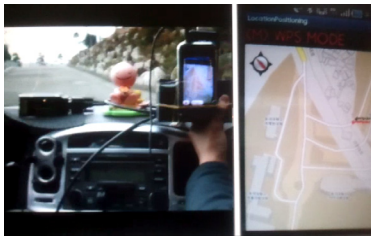


그림 4. WPS_WS 차량 안내 시스템
Fig. 4 WPS_WS Vehicle Navigation System

표 3은 비교를 위한 각각의 WPS 시스템 특징 및 테스트 환경을 나타내고 있다.

표 3. WPS 특징 및 테스트 환경
Table. 3 Characteristics of WPS & Test environment

	전통적 핑거프린트	개선된 핑거프린트	WPS_WS
측위용 AP	기준 AP 설치	산재한 AP 활용	산재한 AP 활용
Radio Map 구성	기준 AP 신호만 활용	세기 변동이 적은 AP 저장	WS 우선 선별 저장
측위 연산	유클리드 거리연산	MSE	비교 연산 $A > A'$ = true or false
특징	- AP 설치비용 증가 - 수식 연산	- 환경 적응을 위한 AP 구축방법	- 실외 환경에 최적화
테스트 환경	약 5 ~ 10m, 30m의 거리 차이를 두고 16개의 참조 포인트 설정		
기준 AP 개수	4개 임의로 선정	4개 Radio Map 구성 공식 활용	4개, (수집되는 모든 AP) WS 우선 선별 저장

4.2 순수 탐색 연산 시간의 비교

순수 탐색 연산 시간은 각 WPS의 핑거프린트 연산을 통한 순수한 탐색 시간을 의미한다. 측위를 위한 핵심 연산이며 100,000개의 데이터를 생성하여 처리한 결과를 비교 하였다. 실외 환경의 경우 신호변동이 많이 발생하기 때문에 테스트를 위해 많은 양의 데이터가 필요하다.

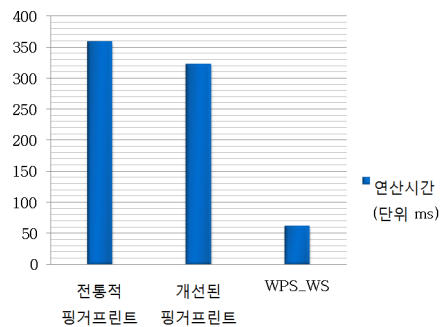


그림 5. 순수 탐색 연산 시간
Fig. 5 Pure Arithmetic Time

그림 5의 결과를 보면 기존 WPS 연산은 복잡한 수식을 활용하므로 처리 시간이 높으며 WPS_WS 연산은 단순 비교 연산이므로 적은 연산시간 소모를 보이고 있다.

4.3 테스트 환경에서의 측위 성능 비교

그림 4와 표 3에서 언급된 테스트 환경에서 16개의 참조포인트를 설정하여 각 참조 포인트별 80개의 AP 정보를 수집하였다.

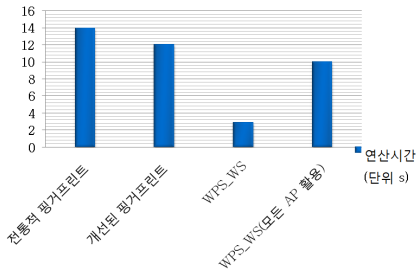


그림 6. 측위 연산 시간
Fig. 6 Arithmetic Time

그림 6, 7은 1280개의 수집 데이터를 활용하여 측위 성능을 비교한 결과이다.

그림 6은 각 WPS 핑거프린트 연산의 수행 시간 결과이다. 각각 4개의 AP를 기준 AP로 선정하였으며 마지막 그래프의 경우 WPS_WS Radio Map 구성 당시 수집된 모든 AP를 비교 AP(평균 개수 10.2개)로 지정한 결과이다.

그림 7은 측위 정확도 결과이다. 4개의 기준 AP를 활용할 경우 신호 세기가 약한 WPS_WS에서 정확도의 하락을 보였으나 수집된 모든 AP를 기준 AP로 지정하였을 경우 WPS_WS의 측위 정확도는 기존 WPS 보다 증가됨을 보였다.

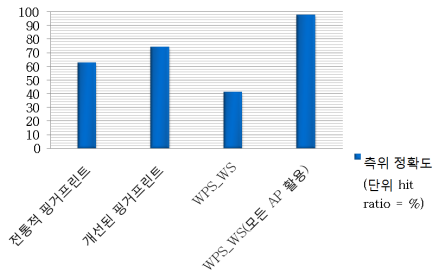


그림 7. 측위 정확도
Fig. 7 Accuracy of the positioning result

수집된 모든 AP를 측위 연산에 활용할 경우 WPS_WS의 총 연산 시간은 10.02s 으로 기존 WPS 연산의 시간보다 약 10~20% 정도 감소하였으며 측위 정확도의 경우 약 30%의 증가를 보였다. 즉, 유사 연산시간을 활용할 경우 WPS_WS는 더 많은 AP를 비교할 수 있으므로 환경이 변화하여 특정 AP의 수신세기가 변경되었다 하여도 WPS_WS 정확도는 크게 영향을 받지 않는다. 반면에 기존 WPS의 경우 앞서 언급한 특정 AP가 기준 AP와 일치하는 경우 정확도에 미치는 영향은 치명적이다.

4.4 거리에 따른 위치 정확도 차이

그림 8은 참조 포인트별 거리가 30m 이상일 때의 결과이다. 기존 WPS와 WPS_WS 모두 정확도 결과가 우수하게 나타난다. 이유는 실외 환경에서 참조 포인트를 일정 거리 이상 벌리면 중복 되는 AP가 기준 AP로 잡혀질 가능성이 낮아지기 때문이다.

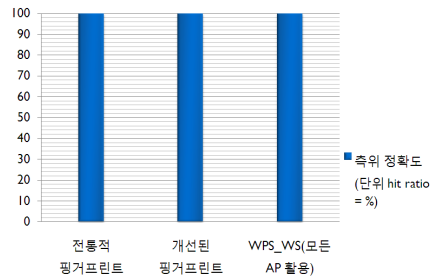


그림 8. 측위 정확도 (원거리)
Fig. 8 Accuracy of the positioning result (long distance)

그러나 거리가 늘어나면 위치 정확도가 낮아진다. 예를 들어 30m 내에 갈림길이 두 개가 존재할 경우 정확히 현재 위치가 어디인지 판단하기 쉽지 않다. 즉, 거리가 멀면 측위 정확도는 증가하지만 정확한 위치를 판단할 수 없으므로 위치 정보의 가치가 떨어진다.

4.4 WPS_WS의 최적 기준 AP 개수

그림 9는 기준 AP의 개수 변화에 따라 WPS_WS의 측위 정확도 변화를 나타내고 있다. 4개 미만일 경우 기존 시스템보다 낮은 정확도를 가지며 5~6개의 기준 AP를 가질 경우 비슷한 결과를 가진다. 또한 9개 이상 될 경우 정확도 상승 폭이 둔화됨을 알 수 있다. 이를 바탕으로 WPS_WS의 경우 최대 9개 이상의 기준 AP 정보가 있을

경우 높은 측위 정확도를 보장하게 된다.

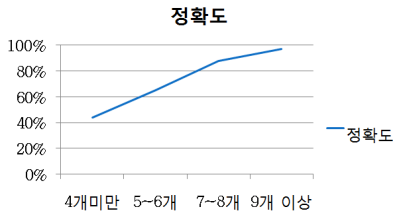


그림 9. AP 개수 증가로 인한 측위 정확도 변화
Fig. 9 Accuracy of the positioning result caused by an increase AP

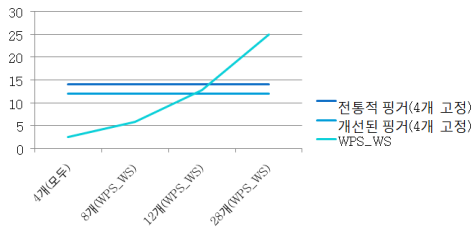


그림 10. AP 개수 증가로 인한 연산 시간 변화
Fig. 10 Arithmetic time change caused by an increase AP

그림 10은 기존 WPS 연산 시간 대비 WPS_WS의 기존 AP 개수 변경에 따른 연산 시간 결과이다. 약 12개의 기존 AP를 활용할 경우 기존 시스템과의 유사 연산 시간을 가지는 것을 테스트를 통해 증명하였다.

V. 결 론

기존 WPS의 경우 실내 측위를 목적으로 개발되었기 때문에 실외 환경에서 효과적인 측위를 수행 할 수 없다. 본 논문에서는 기존 WPS 시스템을 구현 하여 실외 적용 시 나타나는 측위 정확도와 연산 시간의 문제점을 확인 하였으며 이를 개선하기 위한 WPS_WS 기법을 제안하였다.

테스트를 통하여 확인된 WPS_WS의 장점은 다음과 같다. 첫 번째 비교 연산을 활용한 효율적인 연산 시간 과 이를 활용한 측위 정확도이다. 기존 WPS에 비하여 연산 시간이 낮기 때문에 유사 연산 시간동안 비교 할 수

있는 기존 AP의 개수가 늘어남에 따라 측위 정확도 또한 좋은 성능을 보였다.

두 번째로 위치 정확도의 정밀함이다. 참조 포인트의 거리가 짧아도 기존 AP의 절반 이상이 동시에 Radio Map의 정보를 벗어나지 않을 경우 WPS_WS 위치를 찾아 낼 수 있다.

언급한 장점들을 활용하여 스마트폰 및 내비게이션에 적용할 경우 GPS의 문제점을 해결할 수 있을 것으로 분석되며 위치 기반 서비스 분야에도 새로운 측위 시스템으로 자리 잡을 수 있을 것으로 사료된다.

도심지의 경우 AP의 정보가 적게는 수 개에서 많게는 수십 개 이상 탐색 되므로 정확도와 연산 시간을 고려하여 WPS_WS 측위 시스템을 적용하기 좋은 인프라가 구축되어 있으므로 활용 가능성이 높다고 판단된다.

향후 연구 과제는 지속적으로 AP정보를 수집하여 임시 저장하여 이후 측위 수행 시 수집되는 AP의 개수가 부족할 경우 임시 저장된 정보를 활용하여 현재 위치를 파악할 수 있는 시스템을 고려하여 성능을 향상 시킬 예정이다.

참고문헌

- [1] Yu-Chung Cheng, Yatin Chawathe, Anthony LaMarca, John Krumm "Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization," IntelResearch IRS-TR-05-003, 2005
- [2] 이현표, "GPS 음영지역에서 가속도 센서를 이용한 속도 검출 시스템 설계 및 구현," 학술지논문집 제 23집 pp.343-353, ISSN 1225-2557, 2005.
- [3] 염정남, 이금분, 박정진, 조범준 "Speed Estimation of Moving Object using GPS and Accelerometer," Journal of Korea Multimedia Society, Vol.12, No.4, pp.600-607, April 2009.
- [4] Akiyama, Teranishi, Okamura, Shimojo, "A Consideration of the Precision Improvement in WiFi Positioning System," Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, pp. 1112- 1117, 2009.
- [5] Lashkari, Arash Habibi, Parhizkar, Behrang, Ngan, Mike Ng Ah, "WiFi-Based Indoor Positioning System," Computer and Network Technology

- (ICCNT), pp. 76-78, 2010.
- [6] Sheng-Cheng Yeh, Wu-Hsiao Hsu, Ming-Yang Su, Ching-Hui Chen, Ko-Hung Liu, "A study on outdoor positioning technology using GPS and WiFi networks," Networking, Sensing and Control, pp. 597-601, 2009.
- [7] 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
- [8] 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.
- [9] 황원영, 최창열, "핑거프린트를 이용하는 클라이언트 기반 실내 측위 시스템의 설계 및 구현" 강원대학교 산업기술연구소 논문집, 제28권 A호, 2008
- [10] Mischa Schwartz, McGraw-Hill "Information transmission modulation and noise-fourth edition," ISBN 6190433028093
- [11] 한국전자공업협동조합, <http://www.keic.org>



김진덕(Jindeog Kim)

1993년 부산대 컴퓨터공학과
(공학사)
1995년 부산대 대학원
컴퓨터공학과(공학석사)

2000년 부산대 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1998.3~2001.2 부산정보대학 정보통신계열 전임강사
2001.3~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 부교수
※관심분야: 객체 지향 DB, 지리정보시스템, 공간
질의, 공간 색인, 모바일 데이터베이스, 텔레메틱스,
GIS 스마트 동기화, 스트림 데이터베이스, 자동차
네트워크, 측위 시스템

저자소개



이현섭(Hyounsup Lee)

2004년 동의대학교 컴퓨터공학
(공학사)
2006년 동의대학교 컴퓨터응용
공학과 (공학석사)

2009년 동의대학교 컴퓨터응용공학과 (박사수료)
2011년 ~ 현재 동의대학교 애플리케이션 총괄 팀장
※관심분야: 데이터베이스, LBS, 모바일 APP, 스마트
폰 데이터베이스