

WPS 측위 편차폭을 줄이기 위한 확률적 접근법

김재훈*, 강석연*

Probabilistic Method to reduce the Deviation of WPS Positioning Estimation

Jae-Hoon Kim*, Suk-Yon Kang*

요약

무선인터넷과 이동통신 기술의 발달 및 스마트폰의 급속한 확산으로 인해 사용자의 현재 및 과거의 위치 정보를 사용하여 다양한 부가정보를 제공하는 위치기반 서비스에 대한 관심이 급증하고 있다. 위치기반 서비스의 본격적인 활성화를 위해서는 정확한 측위가 기본이 된다. 본 논문에서는 Access Point의 위치를 확률적으로 추정하여 AP 분포 지도를 구성하여 이를 위치 추정에 사용하는 기법을 제공한다. 특히 전파지문 기반의 Wi-Fi Positioning System이 발전할수록 데이터 필터링, 측위 알고리즘과 같은 기술적 기법의 향상에 주목을 하여야 보다 차별적인 품질의 측위 결과를 얻어낼 수 있는데 본 논문에서는 Access Point 위치의 확률 분포를 구하여 이를 측위에 적용하는 방식을 제안하여 기존의 방식과 비교하여 평균과 편차폭 모두 상당한 향상을 가져왔음을 보인다. 또한 본 연구는 전파지문 패턴의 수집에 있어 서울 지역의 실제 데이터를 활용하였고 이를 대규모로 적용할 수 있는 기반을 구성했다는 면에서도 충분한 의미를 지닌다.

Key Words : LBS, WPS, Fingerprint, Probability

ABSTRACT

The drastic growth of mobile communication and spreading of smart phone make the significant attention on Location Based Service. The one of most important things for vitalization of LBS is the accurate estimating position for mobile object. Focusing on AP's probabilistic position estimation, we develop an AP distribution map and new pattern matching algorithm for position estimation. The developed approaches can strengthen the advantages of Radio fingerprint based Wi-Fi Positioning System, especiall on the algorithms and data handling. Compared on the existing approaches of fingerprint pattern matching algorithm, we achieve the comparable higher performance on both of average error of estimation and deviation of errors. Furthermore all fingerprint data have been harvested from the actual measurement of radio fingerprint of Seoul, Kangnam area. This can approve the practical usefulness of proposed methodology.

I. 서론

위치기반서비스(LBS: Location Based Service)란 사용자가 현재 위치한 지리적 위치를 고려하여 사

용자에게 유용한 정보를 결합하여 제공하는 서비스를 일컫는다. 무선인터넷과 이동통신 기술의 발달 및 스마트폰의 급속한 확산으로 인해 사용자의 현재 및 과거의 위치 정보를 사용하여 다양한 부가정

※본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부) 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(2012-0003298) 지원을 받아 수행되었습니다.

• 주저자 : 이주대학교 산업공학과, jayhoon.kim@gmail.com, 정회원 * SK 텔레콤 Network 기술원

논문번호 : KICS2012-04-167, 접수일자 : 2012년 4월 3일, 최종논문접수일자 : 2012년 6월 27일

보를 제공하는 위치기반 서비스에 대한 관심이 급증하고 있다. 위치기반 서비스에 대한 사회/경제적 요구가 증가하는 배경에는 첫째, 공공 및 개인의 안전과 관련된 긴급 상황에 대한 신속한 대처, 둘째, 경제적 자원관리, 셋째 다양한 정보통신 서비스 지원을 위한 기반기술 확충에 그 의의가 있다. 다양한 형태의 사회/경제적 요구를 만족하기 위한 위치기반 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 기술적 요소가 결합된 다층 구조의 시스템이 필요하다. 아래 그림 1은 이와 같은 다층 구조의 시스템을 표현한 것으로 최하단의 측위 시스템 (Positioning System)으로부터 개별 응용 프로그램 (Application)까지의 기술 요소들이 적절히 융합되어야 함을 보이고 있다.

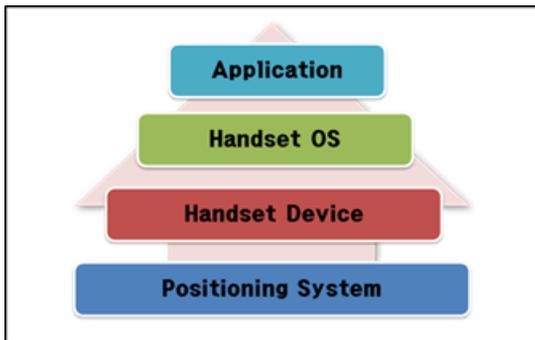


그림 1. LBS를 위한 다층 구조 시스템
Fig. 1. Layerd Architecture for LBS

LBS를 위한 다양한 시스템 중에서 측위의 품질을 결정하는 핵심시스템은 측위 시스템(Positioning System)이며 주로 유무선 통신 기술 등을 이용하여 대상 물체 (Target Object) 의 측위값을 측정하고 그 값을 위경도값의 형태로 제공하게 된다. 즉, 측위시스템의 목표는 측위 시스템에 의해 측정된 (measured) 측위 값과 대상 물체의 실제 위치값의 오차를 최대한 줄여 위치기반 서비스를 이용하는 사용자의 사용자 경험 (User Experience)을 극대화하는데 있다. 대표적인 측위 시스템에는 이동통신 인프라구조를 이용하는 네트워크 기반 측위, 위성을 이용하는 위성 기반 측위, 대상 물체 (대부분 이동 단말) 의 내부 센서를 이용하는 센서기반 측위, 그리고 근거리 통신 인프라를 이용하는 전파지문 방식등이 실용화되어 있다.

위성 기반 측위로는 Global Positioning System (GPS) [1] 가 가장 일반적으로 사용되고 있다. GPS는 미국이 제공하는 인공위성 기반 측위데이터 제공 시스템으로 GPS 위성은 항상 지구를 향하여 전파를 발사하고, GPS 수신 장치는 이 전파를 참조하

여 위성에서 송신한 신호가 수신 장치에 도달하는데 걸리는 시간(TOA : Time of Arrival)을 계산하여 거리를 계산한다²⁾. 보통 4~5개의 위성의 위치와 수신 장치까지의 거리를 바탕으로 삼각측량법을 적용하여 대상 물체의 위치를 계산하는데 GPS는 직진성이 강한 전파의 특성상 수신장치와 가시성(LOS: Line Of Sight)을 유지한 상태에서만 통신이 가능하여 실내 같은 특정한 환경에서는 측위가 어렵다는 단점이 있다. 이와 같은 단점을 극복하기 위한 여러 방안 중에 최근 급속히 보급되기 시작한 측위 방식이 무선랜(WLAN : Wireless LAN) 을 이용한 Wireless Positioning System (WPS) 이다. WPS 방식의 핵심은 실내 및 실외에 위치하는 Wi-Fi AP (Access Point)로부터 사용자 단말기에 측정되는 전파수신강도(RSS : Received Signal Strength)를 이용하여 대상 물체의 위치를 추정한다는 것이다^{3,4)}. 이는 근거리 통신에 쓰이는 무선 AP를 측위에 활용함으로써 실내외에 새로운 인프라 구축비용이 필요없다는 장점을 지니고 있고 무선 AP의 수가 매우 많아서 전파의 가시성 확보가 GPS에 비해 상대적으로 덜 문제가 된다. 특히 WPS 방식은 GPS와 더불어 애플의 iPhone에 도입된 복합 측위 시스템의 기본이 되는 기술로 거의 모든 스마트폰의 측위시스템은 WPS에 기반한 기술을 활용하고 있다고 볼 수 있다⁵⁾.

WPS는 관련 특허를 보유한 미국의 'Skyhook Wireless'에서 처음 사용된 용어로서 크게 무선 AP의 정보를 얻어내는 기술, 얻어낸 Data를 최적화하여 무선 AP의 위치 및 측정 RSS DB(Database)를 구축하는 기술, 얻어낸 무선 AP정보와 구축된 DB내의 정보를 비교하여 [그림 2]와 같이 삼각측량법을 활용하여 단말의 위치를 얻어내는 기술로 구성된다⁶⁾.

Skyhook의 WPS를 비롯한 삼각측량 기반의 측위방식은 삼각측량의 기준이 되는 무선 AP의 선정과 선정된 AP의 정확한 위치값의 확보가 매우 중요하다. 하지만 복잡한 근거리 무선랜 통신 환경을 생각해보면 특정 포인트에서 검출되는 무선 AP의 수가 매우 많고 또한 AP의 위치가 수시로 변동되기도 하며, AP의 위치 정보를 수집할 때마다 주변 간섭 상황의 변화를 피할 수 없기 때문에 상당한 한계를 가진다 (AP의 위치값을 얻어내기 위해 역삼각측량(Reverse Triangulation) 방식을 일반적으로 사용한다). 이를 보완하기 위해 삼각측량 기반의 상용 WPS는 복잡한 알고리즘을 사용하는데, 기술이

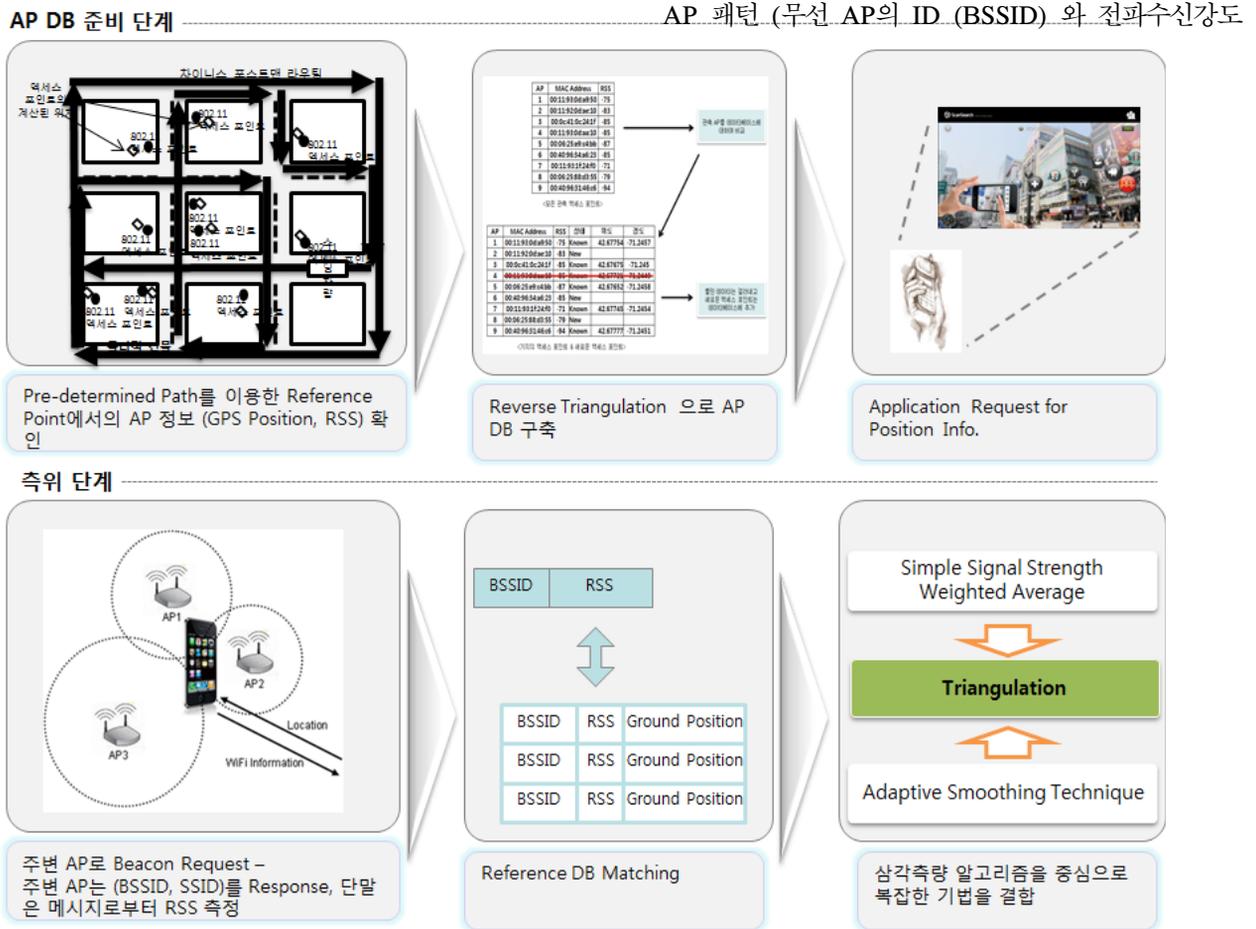


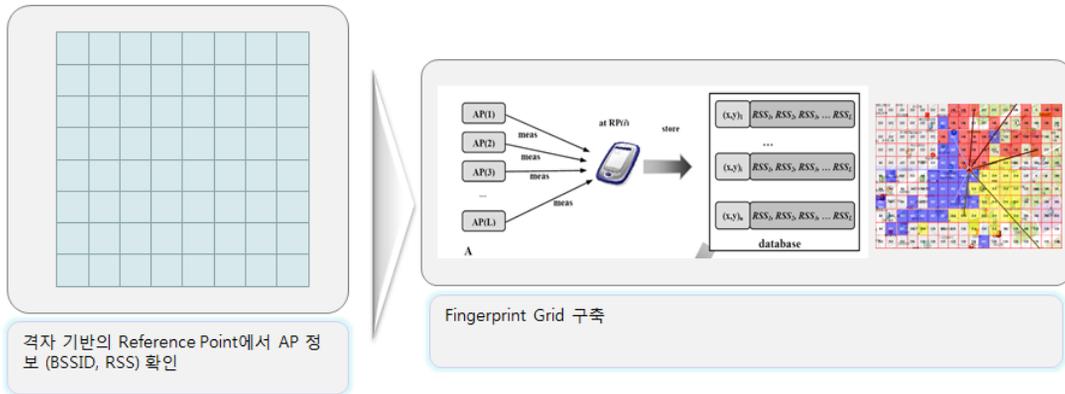
그림 2. 삼각측량 기반의 WPS
Fig. 2. Triangulation on WPS

상용화 되면서 각 측위솔루션 제공 업체가 알고리즘을 공개하는데 방어적인 태도를 취해 알고리즘의 신뢰도를 추정하기 어렵다. 또한 삼각측량 기반의 방식은 전파모델의 적용이 필수적인데 전파모델의 취약성으로 인해 측위 오차 한계가 태생적으로 존재한다. 즉 전파모델의 오류에 의한 거리 추정 오차 값이 그대로 삼각측량의 오차로 작용하게 된다. 이와 비교해 전파지문 (RF Fingerprint) 기반의 WPS는 삼각측량 기반의 WPS에 비해 공개된 형태의 단순한 형태 (대부분 패턴 매칭타입) 의 알고리즘을 사용하여 측위값을 제공한다. 전파지문 기반의 WPS에서는 무선 AP의 RSS 정보를 사용하지만, AP의 위치 추정과정이 필요가 없어 오차의 발생요소가 삼각측량기반의 측위 방식보다 줄어든다 (그림 3)

전파지문 기반의 WPS는 크게 훈련(Training) 단계와 측위(Positioning) 단계로 나누어진다. 훈련 단계는 지역을 단위 격자 (Grid) 로 분할하고, 각 격자의 중심점 (Reference Point) 이동하면서 수집한

(RSS) 정보의 집합) 을 DB화 하는 단계이다. 이후 측위 단계에서는 측위를 요청하는 대상 물체에서 감지된 (measured) BSSID와 RSS 정보들을 훈련단계에서 DB에 저장된 Reference Point의 AP 패턴과 비교하여 적절한 Reference Point들을 선택하고 이러한 후보 Reference Point군 중 특정 위치결정 알고리즘에 의하여 AP 패턴이 가장 근접한 Reference Point가 선택되어 그 Reference Point의 위경도 정보가 대상 물체의 현재 위치값으로 보고되는 방식이다. 위치결정 알고리즘 중 가장 일반적인 것으로 알려져 주로 사용되는 K-NN(K-Nearest Neighbor) 방법은 K개의 가장 근접한 Reference Point들을 패턴 매칭 방식으로 찾아 그 위경도 좌표의 평균을 사용자의 현재 위치값으로 판정하는 방법이다^[7]. 전파지문 기반의 WPS 방식에서 일반적으로 사용하는 K-NN과 같은 패턴 매칭 방식의 알고리즘은 그 단순성 때문에 대규모의 DB를 유지해야 하는 전파지문 방식에 적용하기 용이하나 패턴 매칭의 특성상 추정 값의 편차가 큰 단점이 있다. 특히 전파지문

Fingerprint DB 준비 단계



측위 단계

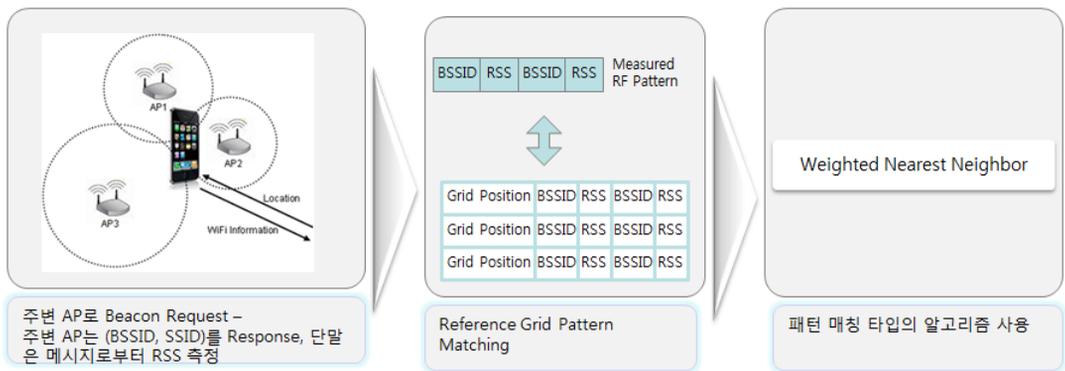


그림 3. 전파지문 기반의 WPS
Fig. 3. Fingerprinting on WPS

방식의 기반이 되는 DB의 Reference Point 들의 AP 패턴 데이터의 오차가 있을 경우 추정 오차값이 매우 큰 범위의 편차를 갖게 된다. 실외환경 (Outdoor) 환경에서의 경험적 측정 [8] 에 의하면 평균적인 오차는 수십 m 단위 이지만, 편차의 경우 수백 m에 달한다. 알고리즘상의 약점에도 불구하고 전파지문을 이용한 WPS는 단순한 형태의 AP 패턴 데이터 수집 과정과 측위 솔루션 구축의 용이성 때문에 많은 장점을 갖는다.

따라서 본 논문에서는 전파지문 방식의 WPS에서 추정 오차의 편차폭을 대폭적으로 줄이고, 이를 관리/예측 가능한 수준을 보장하는 방식을 제안한다. 수집된 AP 패턴 데이터들로부터 AP들의 확률적 분포를 계산하고 이로부터 대상 물체로부터 측정된 AP 패턴을 매칭하여 제한된 편차를 갖는 위치 추정값을 계산하여 전파지문 방식의 WPS의 약점을 획기적으로 개선할 수 있는 프레임 구조를 제공한다.

II. 본 론

여기서는 논문인용의 예를 살펴본다^[1]. 다음의 보기를 참조한다. 통신공학은 매우 중요한 학문 분야이다^[2]. (◎ 논문의 인용의 예)

2.1. 전파지문 데이터의 수집과 격자화

본 논문에 사용된 전파지문 데이터는 서울 지역을 중심으로 수집되었고 각 Reference Point 마다 [표 1] 과 같은 형태로 정리되어 DB에 저장되었다.

표 1. Reference Point의 AP 패턴 데이터
Table 1. AP pattern data on Reference Point

BSSID	SSID	MES_X	MES_Y	RSS
00:01:36:1f:9c:d2	sklifeap_4	37.5036	127.0336	-80
00:01:36:24:66:60	primebc-ap2	37.506	127.0436	-69
00:01:36:25:2a:ea	hpsetup	37.4956	127.0302	-79
00:01:36:25:2a:eb	SK_WLAN	37.4956	127.0302	-79
00:01:36:26:24:27	KWI-B2200T-	37.5038	127.0274	-87
00:01:36:26:24:28	D-1201	37.5038	127.0274	-83
00:01:36:27:4d:54	Tectura Corporation	37.5084	127.0434	-89
00:01:36:2a:84:f9	default	37.4962	127.0302	-81

[표 1]에서 나타난 예시와 같이 AP 정보는 AP의 식별자 (ID) 인 MAC address (BSSID), AP의 명칭인 SSID(Service Set ID), AP가 측정된 (measured) 위경도 값인 MES_X(경도), MES_Y(위도), 측정된 AP의 전파수신강도인 RSS로 표현된다. 본 정보는 서울시 강남구에서 위치를 이동해가며 실제로 측정된 자료이다. 각 Reference Point는 아래 [그림 4]와 같이 격자 형태로 표현되는 지도의 중심점으로 가정할 수 있으며 각 격자를 이동하면서 AP 패턴을 수집한다. AP 패턴은 격자에서 수집된 AP들의 정보의 집합이다. 또한 각 격자는 가로 세로 20m의 단위로 구분되며 강남지역 전역에 대해서 총 11만여개의 격자에 대한 AP 패턴 정보를 수집하여 DB화 하였다.



그림 4. 격자 지도
Fig. 4. Grid Map

2.2. AP의 확률 분포 지도

전파지문 기반 WPS에서 사용되는 전통적 방식의 패턴 매칭 알고리즘은 Reference Point의 전파지문 패턴과 위치값을 DB 형태로 저장해 놓고, 대상 물체 (이동 단말)에서 측정된 전파지문 패턴과의 연관성을 수학적으로 계산한다. 즉, i 번째 Reference Point의 AP 패턴과 위치값은 각각 벡터 v^i 와 p^i 로 주어질 때, 각각은 다음과 같다.

$$v^i = (v_1^i, v_2^i, \dots, v_n^i), p^i = (p_x^i, p_y^i) \quad (1)$$

이 때 대상 물체에서 측정된 패턴 벡터 값은 u 로 표시하고 다음과 같이 나타낸다.

$$u = (u_1, u_2, \dots, u_n) \quad (2)$$

이제 v^i 와 u 의 내적 값을 계산하여 이 내적 값이 정해진 임계치 (threshold)를 넘는지 살핀다.

$$v^i \cdot u \geq threshold \quad (3)$$

이제 위 조건을 만족하는 Reference Point j 의 집합 J ($j \in J$)를 정의하면 대상 물체의 위경도 위치값은 아래의 식으로 정해진다. w^j 는 각 Reference Point 별로 주어지는 가중치이다.

$$p^u = \frac{\sum_{j \in J} w_j p^j}{\sum_{j \in J} w_j} \quad (4)$$

위와 같은 패턴 매칭 기반의 알고리즘은 수치적으로 대상 물체에서 측정된 패턴 벡터 값과 유사한 형태를 갖는 Reference Point들을 모아서 위치의 가중평균값으로 대상 물체의 위치값을 결정하는 단순한 형태이다. 문제는 Reference Point 별로 미리 측정하여 주어지는 전파지문 패턴의 신뢰성이다. 즉 전파지문 패턴의 수집은 스캐닝 장비를 탑재한 차량을 이용하는 것이 보통인데 측정시의 여러 가지 환경적 요소 때문에 전파지문 패턴의 오차값이 발생할 수 밖에 없다. 그런데 이런 오차값으로 인해 엉뚱한 지역에 위치한 Reference Point가 위 수식 (3)의 임계치를 넘는 패턴값을 가진 것으로 분류되어 집합 J 에 포함되고 이 Reference Point 때문에 위치 오차의 편차값이 급격히 증가한다 (경험적으로 수백 m에 달한다). 이러한 오류를 막기 위해 가중치를 도입하고 복수의 Reference Point들의 위치 평균값을 사용하여 편차폭을 줄이나, 알고리즘의 태생적 한계로 인해 근본적인 처치는 어려울 수밖에 없다.

패턴 매칭 알고리즘을 이용하는 상용화된 전파지문 기반의 WPS에서는 편차치를 줄이기 위해 다양한 필터링 기법을 사용한다. 대표적인 필터링 방식이 칼만 필터(Kalman Filter)의 사용이다⁹⁾. 칼만 필터는 과거의 측정데이터와 새로운 측정데이터를 사용하여 데이터에 포함된 노이즈를 제거시켜 새로운 결과를 추정하는 알고리즘으로 선형적 움직임을 가지는 대상을 재귀적 자료처리로 동작을 시킨다. 즉, 연속적 입력데이터에서 과거와 현재의 두 개의 데

이터만으로 측위값을 보정시킨다. 그 외에 AP의 전파 도달 거리를 규정하여 데이터를 필터링 하거나 수집된 AP 정보의 오래된 정도에 따라, 혹은 RSS 값의 수치를 기준으로 필터링을 수행한다. 그러나 이러한 필터링에도 불구하고 패턴매칭 알고리즘은 위치 오류에 대한 편차폭을 줄이는 데에 한계가 있다.

확률적인 개념을 적용한 측위 기법은 그동안 여러 가지 방식으로 시도되었다. 삼각측량법에서 AP의 레퍼런스 MAP을 만들 때 삼각측량에 쓰이는 AP의 개별 위치를 확률적인 개념을 사용하는 방법, 혹은 추정된 위치 값의 신뢰도를 분석하는데 확률적인 방법들이 그것인데, AP의 위치 분포를 확률값으로 표현하고 최대 기대값을 계산하는 방식을 제안한다. 그림 5는 확률 분포도를 이용한 위치 추정의 개념적인 설명을 포함한다. 즉 최초로 측정된 전파지문 데이터를 기반으로 하여 그림 5의 (a)와 같이 각 AP 위치를 확률적인 분포로 표현하고 (Traning 단계), 대상 물체가 전파지문 패턴을 측정하여 이를 이용하여 현재 위치를 추정하고자 할 때에는 그림 5의 (b)와 같이 측정된 AP들 (아래 그림에서는 A_1, A_2, A_7)이 (a) 단계를 통해 갖는 확률 분포지도를 겹쳐 가장 위치기대값이 높은 지점 (그림 5(b)의 붉은점)을 위치 결과값으로 보고한다.

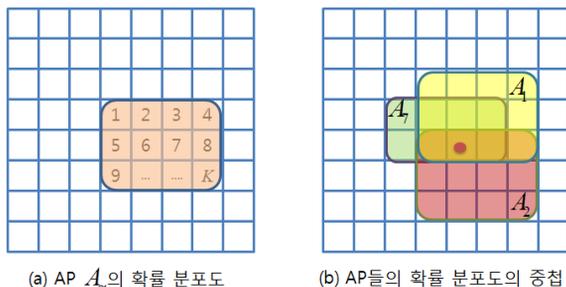


그림 5. AP 확률 분포 지도의 중첩에 의한 위치 추정
Fig. 5. Position Estimation by AP Map Overlapping

각 AP의 위치확률분포 지도를 얻기 위해서는 이미 실제 위경도 위치값이 알려진 Reference Point의 AP 패턴값이 필요하다. 대상 물체로부터 AP 패턴 벡터값이 측정되었을 때, 알고리즘 상에서 계산되는 측위 값은 $\sum_{i=1}^L \lambda_i (AP_i \text{의 기대위치값})$ 의 형태로 주어지는데 (λ_i 는 AP_i 의 가중치, 대부분의 경우 AP_i 의 측정된 RSS 값의 함수로 정의됨) 이는 아래 식 (5)의 형태를 갖는다.

$$\sum_{i=1}^L \lambda_i \sum_j x_{ij} (\alpha_j, \beta_j) \quad (5)$$

여기서 x_{ij} 는 AP_i 가 j 번째 격자에 존재할 확률값을 나타내며 (α_j, β_j)는 j 번째 격자의 중심 위경도 값이다. 이제 x_{ij} 값을 모두 구할 수 있으면 AP_i 의 위치 확률분포 지도를 얻게 되는 것이다. x_{ij} 를 구하기 위해 이미 실제 위치 (a_m, b_m)가 알려진 알고리즘 Training용 전파지문 패턴을 활용한다. 즉 위 식 (5)로부터 얻어지는 위치 추정값과 (a_m, b_m)의 차이가 최소가 되는 x_{ij} 를 결정할 수 있으면 (식 6) 바로 x_{ij} 를 구할 수 있는 것이다.

$$\min \left(\sum_m \left| \sum_{i=1}^L \lambda_i \sum_j x_{ij} \alpha_j - a_m \right| + \sum_m \left| \sum_{i=1}^L \lambda_i \sum_j x_{ij} \beta_j - b_m \right| \right) \quad (6)$$

식 (6)은 선형계획모형에서의 목적식에 해당하는 항으로 아래 (7)과 (8)을 제약조건으로 갖는다.

$$x_{ij} \geq 0 \quad (7)$$

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad (8)$$

이제 식 (6), (7), (8)로 이루어진 선형계획모형을 풀이하면 모든 AP 위치의 확률분포도를 완성할 수 있게 된다. j 번째 격자의 위경도를 (p_x^j, p_y^j)라고 하면, AP_i 의 위치 확률 분포는 $(\sum_j x_{ij} p_x^j, \sum_j x_{ij} p_y^j)$ 로 표현이 가능하다. 이제 대상 물체가 측위를 요청할 때 구하는 측정 AP 패턴에 포함된 AP의 리스트로부터 각 AP의 위치 확률 분포를 조합하고, 기대 값을 계산하여 측위 점의 확률적 분포를 얻어낸다. 여기에 최대 기대 값이 얻어지는 지점을 측위 점의 위치 추정 값으로 제시하게 된다. 단말이 위치를 측정해야 하는 요구가 있을 때 단말의 현재 위치하고 있는 지점에서 측정한 AP의 패턴 벡터 $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ 를 추출하면 $(\sum_n \sum_j p_x^j x_{ij})/n, (\sum_n \sum_j p_y^j x_{ij})/n$ 로 측정한 AP 패턴의 위경도를 계산할 수 있다. 위와 같은 확률 분포지도의 활용은 한 격자에 복수개의 AP가 검출되고 이들의 위치 확률 분포를 사용함으로써 한 격자에 복수개의 AP가 존재함으로써 인해 생길 수 있는

패턴 매칭의 추정 오차의 편차 값을 줄일 수 있다. 또한 각각의 격자에 검출되는 AP의 숫자가 적다고 해도 위 방식은 전통적인 WPS의 패턴 매칭 기법을 기본적으로 활용하는 만큼 기본 품질을 유지할 수 있다. 본 방식은 패턴 매칭 방식의 기존 알고리즘의 한계를 벗어난 새로운 방식으로 기본적인 측위 프레임에 측정된 RSS값을 활용하여 AP의 위치 확률 분포의 격자별 가중치로 사용하거나, 혹은 RSS 값의 보정치를 사용하는 방법을 추가하여 성능의 향상을 도모할 수 있다.

III. 실험

3.1. 테스트 지역의 구성

AP의 위치 확률분포를 이용한 측위 값의 결과를 추정해보기 위해 그림 6과 같은 테스트 영역을 설정하였다. 본 테스트 영역은 서울 강남의 역삼동 지역으로서 가로 세로 각각 1.3km의 정방형 지역이다. 본 정방형 지역에 총 4000여개의 격자를 구성하였고, 각 격자당 평균적으로 11개의 AP가 검출되었다. 따라서 전파지문 DB를 구성하기 위해 총 44,000여개의 AP 패턴 정보가 수집되었다(그림 6). 전파지문 수집용 스캐닝 차량을 이용하여 같은 지역을 여러 번 스캔하여 전파지문 DB를 구성하였고, 수집된 AP 패턴들을 수집지점의 위경도 위치 값과 같이 저장한 후, 이를 전파지문 DB 화하는 과정을 거쳤다.

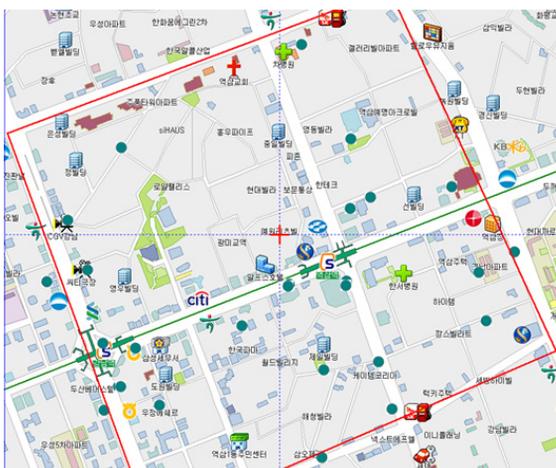


그림 6. 테스트 지역 지도
Fig. 6. Test Area

3.2. 테스트 결과 비교

AP의 위치 확률분포지도를 이용한 측위 알고리

즘의 성능 평가를 위해 테스트 지역에서 총 25개의 테스트 포인트를 선정하였다. 각 테스트 포인트의 실제 위경도는 GPS를 통해 얻었고, 제안된 AP 위치 확률분포 알고리즘을 통해 위치 추정을 실행하였다(표 2). 표에서 보듯 평균과 편차 값에서 모두 기존의 K-NN 방식보다 좋은 결과를 보였으며 특히 편차값에 대해서는 34.6%의 향상치를 보였다. 평균 오차 역시 20%이상 감소하였다. 각각의 테스트 포인트에서의 두 방식간 오차 값을 그래프로 표현하면 그림 7과 같다. 거의 대부분의 지점에서 제안된 확률지도방식이 우수한 결과를 나타낸다. 몇몇 포인트에서는 K-NN 방식이 더 좋은 값을 보이기도 하나 이들 테스트 포인트를 확인한 결과 테스트 영역의 바운더리 지역으로 충분한 AP 확률지도의 중첩이 이루어지지 않았음을 확인하였다.

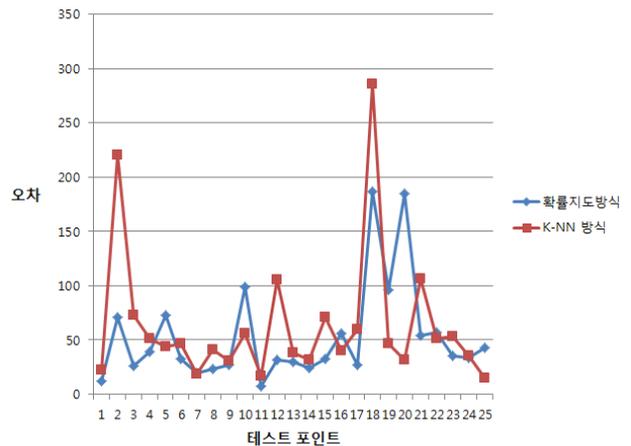


그림 7. 오차 분석
Fig. 7. Error Analyzing

IV. 결론

본 논문은 AP의 위치를 확률적으로 추정하여 AP 분포 지도를 구성하여 이를 위치 추정에 사용하는 아이디어를 기반으로 출발하였다. 전파지문 기반의 WPS는 많은 노하우가 필요한 삼각측량 기반의 WPS에 비해 접근이 쉬워 많은 후발 측위 솔루션 업체들이 적극적으로 개발/적용하는 방식이나, 방식의 중심이 대부분 AP 전파 지문 패턴을 수집하는데 집중되어 있는 상황이다. 이는 전파지문 기반의 WPS의 핵심 역량이 AP 전파 지문 패턴의 양과 질에 달려 있음에 당연한 결과이지만 전파지문 기반의 WPS가 발전할수록 데이터 필터링, 측위 알고리즘과 같은 기술적 기법의 향상에 주목을 하여야 보다 차별적인 품질의 측위 결과를 얻어낼 수 있다.

표 2. 테스트 포인트의 결과값
Table 2. Results for Test Points

TestPoint	실제위도	실제경도	측위 위도	측위 경도	확률지도 방식 오차	KNN 방식 오차
1	37.496325	127.027941	37.49622636	127.0280127	12	22
2	37.494013	127.02923	37.4943097	127.0298729	71	220
3	37.497008	127.02848	37.49674704	127.0284778	26	73
4	37.497011	127.028563	37.49676307	127.0282621	39	51
5	37.498127	127.029113	37.49846973	127.0284708	73	44
6	37.496461	127.030027	37.49635551	127.0303444	33	47
7	37.493955	127.032844	37.49392666	127.0326421	20	19
8	37.49333	127.030511	37.49331857	127.0307389	23	41
9	37.494941	127.036111	37.49484052	127.0358645	27	31
10	37.496358	127.038738	37.49597183	127.0378304	99	56
11	37.497736	127.038225	37.49780005	127.0382568	7	17
12	37.500105	127.03703	37.49979272	127.0371016	32	105
13	37.499972	127.037011	37.49973437	127.0368275	30	38
14	37.500013	127.034877	37.4999864	127.0346342	24	32
15	37.499952	127.034825	37.50014377	127.0350915	33	71
16	37.498788	127.033105	37.4991987	127.0334911	56	40
17	37.497505	127.036166	37.49768444	127.0359611	27	60
18	37.502558	127.037927	37.501686	127.036278	187	286
19	37.50223	127.037155	37.5022	127.0362	96	47
20	37.507025	127.035344	37.5056078	127.0341543	185	32
21	37.498288	127.027886	37.49858506	127.0274361	54	106
22	37.500077	127.025805	37.50053664	127.0261467	57	51
23	37.501872	127.026586	37.50156768	127.0267558	35	53
24	37.500419	127.027316	37.50015078	127.0270998	34	35
25	37.504008	127.02858	37.50358087	127.0286382	43	15

평균	53	64
편차	45.3	60.9

AP 위치의 확률 분포를 구하여 이를 측위에 적용하는 방식은 매우 새로운 방식이다. 아직 초기단계의 결과 값만을 대상으로 하여 비교했음에도 불구하고 상용 솔루션에 적용되는 K-NN 방식과 비교하여 평균과 편차폭 모두 상당한 향상을 가져왔음

을 보일 수 있고, AP 위치 분포 지도를 구성하는데 있어 추가로 적용해 볼 수 있는 가중치 값의 최적화 및 데이터 필터링을 결합하여 보다 높은 성능 향상을 기대할 수 있다. 또한 본 연구는 전파지문 패턴의 수집에 있어 서울 지역의 실제 데이터를 활

용하였고 이를 대규모로 적용할 수 있는 기반을 구성했다는 면에서도 충분한 의미를 지녔다.

References

[1] Yutaka Masumoto, "Global Positioning System", US Patent, May 11. 1993

[2] J. Michael Watters, "Combining GPS with TOA/TDOA of cellular signals to locate terminal", US Patent, May 14. 1998

[3] Skyhook Wireless, "Estimation of positioning using WLAN access point radio propagation characteristics in a WLAN Positioning System", World Intellectual Property Organization, May.42. 2007

[4] Javier del Prado Pavon, "Link adaptation strategy for IEEE 802.11 WLAN via Received Signal Strength measurement", Wireless Communication and Networking, 2003

[5] Skyhook Wireless, "Skyhook Wireless technology used in revolutionary iPhone and iPod touch", <http://www.skyhookwireless.com/press/skyhookapple.php>, Jan 16. 2008

[6] Skyhook Wireless, "Location beacon database and server, method of building location beacon database, and location based service using same", World Intellectual Property Organization, Oct. 28. 2004

[7] Binghao Li, James Salter, Andrew G.Dempster, Chris Rizos, "Indoor positioning techniques based on Wireless LAN", 2006 Auswireless Conference, Mar 12. 2007

[8] B.Li, I.J.Quader, and A.G.Dempster, "On outdoor positioning with Wi-Fi", Journal of GPS, Vol.7, No.1, 2008

[9] Greg Welch, Gary Bishop, "An introduction to the Kalman Filter", July 24. 2006

김 재 훈 (Jae-Hoon Kim)



1996년 2월 한국과학기술원 산업경영학과 졸업
 1998년 2월 한국과학기술원 테크노경영대학원 석사
 2003년 8월 한국과학기술원 테크노 경영대학원 박사
 2003년 2월~2005.6월 삼성전자 네트워크 사업부 책임연구원
 2005년 7월~2008년 2월 SK텔레콤 네트워크 연구원 매니저
 2008년 3월~현재 아주대학교 산업공학과 조교수/부교수
 <관심분야> 이동통신 시스템, 측위 시스템, 근거리 통신망, 사물지능통신

강 석 연 (Suk-Yon Kang)



2003년 2월 한국과학기술원 테크노 경영대학원 박사
 2003년 2월~현재 SK텔레콤 네트~트워크 연구원 매니저
 <관심분야> 이동통신 시스템, 측위 시스템, 근거리 통신망.