

적응적 PLE 사용을 통한 정확한 Wi-Fi 기반 실내 측위 기법

이재동, 곽명철, 한진영, 권태경, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부

ljd0316@snu.ac.kr, {mckwak, jyhan}@mmlab.snu.ac.kr, {tkkwon, [yhchoi](mailto:yhchoi@snu.ac.kr)}@snu.ac.kr

An Accurate Wi-Fi based Indoor Localization Scheme Using Adaptive PLE

Jaedong Lee, Myungchul Kwak, Jinyoung Han, Taekyoung Kwon, Yanghee Choi
Department of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요약

본 논문은 Wi-Fi 신호 기반 실내 측위 시스템의 성능 향상을 위해 상황적 측위 오차율 감소 기법을 제안한다. 널리 사용되는 실내 측위 알고리즘인 Weighted Centroid Localization (이하 WCL)에서 주변 환경의 신호 전파 정도를 일반화하여 나타내는 지표인 Path-loss Exponent (이하 PLE)를 사용하는데, 기존의 Wi-Fi 기반 측위 시스템에서는 환경에 관계 없이 잘 알려진 PLE 값을 일정하게 적용하여서 환경적 요소를 정확히 반영하지 못해 측위 정확도가 낮아지게 된다. 본 논문에서 일반적이고 추상화된 모델에 기반해 모든 경우에 동일하게 적용되던 주요 상수 값인 PLE를 AP 별로 유동적으로 적용하여 더 나은 측위 정확도를 제공하는 기법을 제시하고 측위 성능을 검증한다.

I. 서론

스마트폰의 보급의 따라 다양한 서비스가 가능해졌고, 이러한 유비쿼터스 환경의 서비스에서 가장 중요한 사용자의 정보 중의 하나는 사용자의 위치이다. 실외에서는 GPS 신호를 사용해 비교적 정확하고 빠르게 측위가 가능하지만 실내 환경에서는 GPS 위성의 조준선(Line of Sight)가 확보되지 않아 GPS 기반 측위가 어렵다. 따라서 실내 환경에서도 측위 서비스를 제공하기 위한 여러 대체 기법들이 제안 되어 왔고, 그 중에서도 Wi-Fi 기반 측위 기법이 주목을 받고 있다.

Wi-Fi 기반 측위는 이미 범용적으로 설치되어 있는 접속점(Access Point, 이하 AP)들의 무선 신호를 기반으로 하기 때문에 초기 설치 비용이 적고 서비스 제공 가능 범위가 넓다는 장점이 있다. 반면에 실내에서 자주 발생하는 다중경로 문제나 신호 감쇄 효과가 측위 결과에 영향을 끼쳐 높은 측위 정확도를 확보하기가 어렵다는 단점 또한 존재한다. 따라서 측위 정확도를 향상시키는 것이 Wi-Fi 기반 측위 서비스를 제공하는 데 있어서 핵심이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 Wi-Fi 기반 실내 측위 시스템의 성능 향상을 위한 새로운 기법을 제안한다. 대부분의 Wi-Fi 기반 측위 시스템에서는 AP로부터 수신한 신호의 세기를 나타내는 RSSI (Received Signal Strength Indicator)를 기반으로 사용자 노드와 AP 간의 거리를 추정한다. 이 때 거리를 추정하기 위해 사용되는 모델이 라디오 신호 전파 Path-loss 모델인데[1], 해당 모델에서 주변 환경의 신호 전파 정도를 일반화하여 나타내는 지표가 Path-loss Exponent (이하 PLE)이다. 기존의 Wi-Fi 기반 측위 시스템에서는 환경에 관계 없이 잘 알려진 PLE 값을 적용하는데, 이 경우에 환경적 요소를 정확히 반영하지 못해 측위 정확도가 낮아지게 된다. 본 논문에서는 AP 별로 PLE 값을 유동적으로 적용하는 향상된 측위 기법을 제안한다.

II. 본론

A. Weighted Centroid Localization (WCL)

본 논문에서는 가장 널리 사용되는 WCL (Weighted Centroid Localization) 측위 기법[2]을 차용하였다. WCL은 비교적 적은 연산량으로 빠른 측위를 가능케 하는 Wi-Fi 기반 측위 알고리즘으로, 각 AP 좌표에 사용자와 각 AP 사이의 거리 정보를 담고 있는 가중치 값을 곱하여 사용자의 위치를 추정하는 알고리즘이다[2]. 여기서 사용자와 AP 간의 거리는 라디오 전파 모델[1]에 RSSI를 대입하여 쉽게 구할 수 있으며 이 거리 정보를 도식 좌표를 구할 때 가중치 형태로 활용한다. WCL 기반 추정된 위치는 <공식 1>에 의해 구할 수 있다.

$$(x^i, y^i) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot (x_j, y_j)}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad - \text{<공식 1>}$$

위 식에서 각 AP 좌표의 가중치 w 는 일반적으로 전파 모델 <공식 2>에서 구할 수 있는 거리 r_i 의 제곱의 역수를 취한다.

B. Path-loss Exponent (PLE)

PLE 값은 현 위치에서 AP로부터 받은 RSS와 AP로부터 1m 떨어진 위치에서 AP로부터 받은 RSS 차이에 대한 비례 상수로, 사용자 주변 환경의 신호 전달 정도를 나타내는 지표이다. 이는 아래 <공식 2>에서 비례 상수 α 로 표현된다[3].

$$p_i = 10 \alpha \log_{10} \frac{r_i}{r_0} + p_0 \quad - \text{<공식 2>}$$

<공식 2>에서 p_i 는 AP i 로부터 거리 r_i 만큼 떨어진 위치에서 수신된 신호 세기(즉, RSSI)이며, r_0 와 p_0 는 각각 기준 거리인 1m와 기준 거리 1m에서의 기준 신호 세기를 나타낸다[3]. 결국 PLE α 값은 RSSI로부터 사용자와 AP 간의 거리를 추정할 때 핵심적인 역할을 하는 상수라고 할 수 있다.

일반적으로 PLE는 잘 알려진 상수를 사용한다[4]. 하지만 실내 환경에서는 벽으로 구분된 각 구획의 형태,

장애물, 인원 수, 문의 개폐 여부 등에 따라 변화하는 신호 감쇄의 정도와 다중 경로 요인 등에 의해 같은 실내 공간이어도 상황에 따라 PLE 값의 편차가 크다. 따라서 순간마다 직접 PLE 값을 추정하여 이를 측위 알고리즘에 적용하면 실내 환경에서의 측위 오차율을 줄일 수 있다.

C. PLE 추정 및 적용 기법

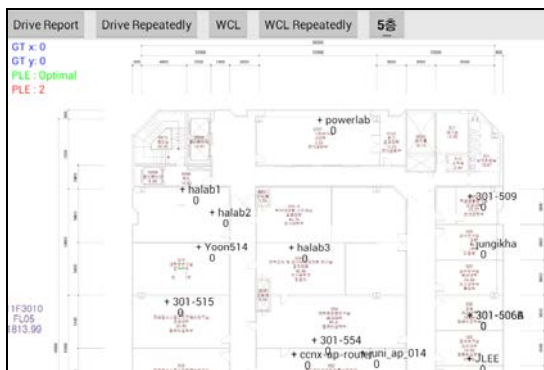
본 논문은 측위 성능 향상을 위한 PLE 값 보정 방법을 다음과 같이 제시한다. <공식 3>은 <공식 1>에서 가중치 w 를 결정하는 변수인 거리 r_i 에 대한 식으로 <공식 2>를 변형한 것이다[3]. 우리는 본 <공식 3>을 이용하여 수신 단말에서 관찰된 모든 AP 들의 정확한 PLE 상수 a 를 추정하려고 한다.

$$r_i = 10^{\frac{p_i - p_0}{10a}} \quad \text{-- <공식 3>}$$

위 <공식 3>에서 거리 r_i 은 GT (Ground Truth)의 좌표 정보를 이용하여 정확하게 구할 수 있다. GT 란 WiFi 신호를 수신하고 있는 수신 단말기의 실제 위치이며, 측위 알고리즘을 이용하여 측위 해야 하는 최종 목표 값이다. r_i 값은 GT 의 위치와 신호를 보내고 있는 AP 위치 사이의 거리를 구함으로써 구한다. 즉, <공식 4>를 이용하여 GT 좌표와 AP 좌표 사이의 거리를 계산한 후[3] 실제 거리를 변환하여 구한다. 이 값이 r_i 값이 된다. 이 r_i 값을 이용하여 <공식 3>을 통해서 그 위치에서의 각 AP 별로 최적의 PLE 값 a 를 구해낸다.

$$r = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} \quad \text{-- <공식 4>}$$

지금까지의 과정은 고정된 PLE 값을 상황에 맞게 유동적으로 추정하여 변형한 것이고, 다시 이 PLE 값을 이용하여 <공식 3>에서 r_i 값을 구해내어 <공식 1>의 w 값을 구한다. 이는 GT 를 이용하여 실제 거리를 구한 다음 PLE 값을 역으로 구했으므로 이 전의 PLE 값 보다 정확할 것으로 예상하고 이를 이용한 실제 측위 값도 이전보다 정확할 것으로 예상된다.



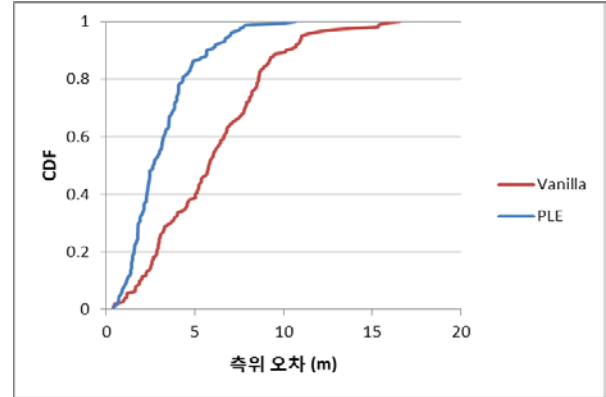
<그림 1> 개발한 측위 소프트웨어

D. 측위 실험

본 실험은 서울대학교 공과대학 301 동 2 층과 5 층에서 이루어 졌다. 본 실험을 위해 WCL 알고리즘을 기반으로 한 위치 측위 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어는 건물 2 층과 5 층의 맵 정보를 가지고 있으며, 각 층의 AP 좌표가 입력되어 있다. <그림 1>은 301 동 2 층의 MAP 과 AP 들이 표시되어 있는 소프트웨어 화면이다. GT 는 터치를 통해 설정할 수 있으며, GT 를 설정한 후 WCL 버튼을 누르면 어플리케이션이 실행되어 화면상에 WCL 알고리즘을 이용하여 계산한 측위점을 나타낸다. 이 때 측위 결과는

PLE 값을 널리 사용되는 2 로 설정하였을 때와 본문에서 제시한 방법으로 PLE 값을 보정하였을 때 두가지 모두 표시된다.

<그림 2>는 두 측위점과 실제 위치인 GT 와의 오차율에 대한 누적분포함수 그래프이다. <그림 2>에서 볼 수 있듯이 PLE 값을 보정한 결과가 PLE 값을 2 를 고정하였을 때 보다 오차율이 확연하게 감소하였음을 알 수 있다. 이는 앞서 설명하였듯이, 획일화된 PLE 값이 아닌 각 상황에 가장 적절한 PLE 값을 적응적으로 선택하였기 때문이다.



<그림 2> 일반적인 WCL 기법과 제안한 기법의 측위 오차 비교

III. 결론

본 논문에서는 Wi-Fi 신호 기반 측위 알고리즘 중 가장 널리 사용되는 WCL 의 측위 오차를 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. 실내에서의 PLE 값은 주변 환경에 따라 매우 민감한 변화를 보이므로 Wi-Fi 기반 실내 측위에서 PLE 값을 정확히 추정하여 적용하면 보다 더 정확한 측위 결과를 제공할 수 있다. 본 논문에서는 무선 AP, 즉 송신 단말 별로 PLE 상수를 각기 알맞게 적용하였을 때 최종 측위 성능에 향상이 있음을 보였다. 여겨진다. 후속 연구에서는 본 논문의 아이디어를 기반으로 하여 보정한 PLE 값을 공간적 특성에 따라 적응적으로 적용하는 기법을 연구할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2013년도 산업통상자원부 지원사업으로 수행된 연구임(No.10045451, 광역 이동물체에 대한 연속 위치추적이 가능한 트래킹 기술 개발). 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," in Proc. of IEEE INFOCOM 2000.
 [2] Jinyoung Han, Jeongkeun Lee, Munyoung Lee, Kideok Cho, Taejoon Ha, Ted "Taekyoung" Kwon, and Yanghee Choi, "Virtual WiFi Network Database Construction for Positioning Services," in Proc. of International Conference on Future Internet Technologies (CFI) 2009, Seoul, Korea, June 2009.
 [3] SangYoung Park, Hyo-Sung Ahn, and Wonpil Yu "Adaptive Path-loss Model-based Indoor Localization," in Proc. of ICCE 2008.
 [4] Yung-Chien Shin, Yuan-Ying Hsu, Chien-Hung Chen, Chien-Chao Tseng, Edwin Sha "Adaptive attenuation factor model for localization in wireless sensor networks," International Journal of Pervasive Computing and Communications, Vol. 4 Issue 3, pp. 257 - 267, 2008.