

다층 건물을 위한 Wi-Fi 기반의 저 복잡도 층간 위치 측위 기법[§]

석 건* · 리 향* · 정홍규* · 김진오** · 신요안*†

* 송실대학교 정보통신공학부, ** 송실대학교 기계공학과

Wi-Fi-Based Low-Complexity Floor Number Determination Method Based for Multistory Buildings

Jian Shi*, Xiang Li*, Honggyu Jung*, Jinoh Kim**, and Yoan Shin*†

* School of Electronic Engineering, Soongsil Univ.,

** Dept. of Mechanical Engineering, Soongsil Univ.

(Received September 3, 2013 ; Revised November 27, 2013 ; Accepted November 27, 2013)

Key Words: Floor Number Determination(층간 위치 측위), Wi-Fi(와이파이), Wireless Access Point(무선 액세스 포인트), Indoor Positioning(실내 측위), Received Signal Strength(수신 신호 세기)

초록: 최근 들어, 다층 건물 내 층간 위치 측위(Floor Determination)는 다양한 위치 기반 응용 서비스를 만족하기 위해 빠르게 해결해야 되는 문제가 되었다. 본 논문에서는 다층 건물 환경에서 Wi-Fi 신호를 기반으로 한 저복잡도 층간 위치 측위 기법을 제안한다. 제안 기법에서는 WAP(Wireless Access Point)에 대한 자세한 좌표 정보가 필요 없이, 사용자 단말기에 나온 각 WAP의 층수와 각 WAP의 수신 신호 세기(Received Signal Strength) 값만을 이용한다. 제안 기법의 성능을 검증하기 위해 본 논문에서는 Multi-Wall-Floor 모델을 사용하였으며, 모의실험 결과를 통해 각층의 WAP 배치 밀도가 충분히 높을 경우 제안 기법의 정확도가 100%에 도달함을 보였다. 그리고 각층의 WAP 수가 적은 경우에서도 우수한 층간 위치 측위 성능을 보였으며, 특히 심지어 WAP가 하나도 없는 층이 있어도 층간 위치 측위가 가능한 것을 보임으로써 제안된 기법의 우수성을 확인하였다.

Abstract: Floor number determination has attracted considerable attention because many applications require accurate floor number information for providing better localization services in multistory buildings. This paper describes a Wi-Fi-based, low-complexity floor number determination method for multistory buildings. In our scheme, with the exception of floor ID and received signal strength of each WAP, detailed information on the wireless access point (WAP) coordinates is not needed. The multi-wall-floor model is used for the simulation and analysis. The simulation results show that the floor determination accuracy is nearly 100 given an adequate deployment density of WAPs on each floor. The results also show that the proposed method provides a good estimate of floor number even when only a few WAPs are implemented on each floor. Specifically, the proposed method can work under extreme conditions, i.e., where there are no WAPs on a floor.

1. 서 론

최근 급격한 도시화 진행에 따라 많은 고층 건물이 건설되고 있다. 다층 건물 환경에서 목표의 위치 정보를 요구할 때 평면 좌표 정보는 의미

가 없으므로, 다층 환경에서의 무선 측위(Wireless Localization)를 위하여 우선 해결해야 하는 문제는 사용자가 위치한 층수를 결정하는 것이다. 또한 다양한 실내 측위 응용 서비스를 제공하기 위하여 정확한 층수 정보에 대한 수요가 급격히 늘어나고 있다. 최근 이러한 실내 위치 측위에 대한 요구 사항으로 인해 층간 위치 측위는 빠르게 해결해야 되는 문제가 되었다.

실외 무선 측위는 정확도가 1미터에서 10미터까지인 GPS(Global Positioning System)에 주로 의존

§ 이 논문은 대한기계학회 IT 융합부문 2013년도 춘계학술대회(2013. 5. 9.-10., 대명리조트) 발표논문임.

† Corresponding Author, yashin@ssu.ac.kr

© 2014 The Korean Society of Mechanical Engineers

한다. GPS는 군용 목적으로 개발되었으나, 현재는 무기 유도, 항법, 측량, 지도 제작, 측지, 시각 동기 등 군용은 물론 민간용 목적으로도 널리 사용되고 있다. GPS는 이처럼 실외 환경을 위해서는 적합한 위치 측위 성능을 보이나, 신호의 감쇄 및 분산으로 인해 실내에서 사용하는 것은 적합하지 않다. 즉, 실내 측위 시스템의 요구 사항은 실외 환경과는 다르게 된다. 지난 10여년간 실내 측위에 대해 많은 기술들이 제안 되어왔다. 그 중에서도 현재 이미 상용화 되었고 상대적으로 낮은 비용을 요구하는 Wi-Fi 신호를 이용하는 기술에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. Wi-Fi Hotspot은 도시 건물에서 일반화 되고 있으며, 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 등 대부분의 단말들이 Wi-Fi 가용 기능을 탑재하고 있으므로 Wi-Fi 신호를 이용한 층간 위치 측위가 가능하게 되었다.^(1,2,12,13)

또한 GPS를 기반으로 한 무선 측위 기술처럼 Wi-Fi 신호를 이용해 무선 측위를 하는 TOA(Time of Arrival), AOA(Angle of Arrival), RSS(Received Signal Strength) 등 많은 알고리즘들이 제안되어 왔다. 특히, AOA와 TOA 기법은 각도를 측정하고 시간적 동기화가 필요하기 때문에 추가 장비가 요구되지만, RSS 기법은 단순히 신호의 수신 크기의 측정만을 요구하기 때문에 낮은 구현 비용으로 측위 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 구현 비용과 기술적 복잡도를 낮추기 위해 다층 건물 환경에서 높은 정확도를 갖는 Wi-Fi 신호를 이용한 RSS 기반의 층간 위치 측위 기법을 제안하고자 한다. 모의실험을 통하여 제안하는 기법이 기존의 실내 위치 측위 기법에 비해 높은 성능을 나타냄을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 연구사항을 설명하고 제 3 장에서는 시스템 모델 및 제안 기법을 서술한다. 제 4 장에서는 모의실험 결과에 대해서 분석하고, 마지막으로 제 5 장에서는 결론을 맺는다.

2. 기존의 실내 측위 기법 및 실내 측위 환경 분석

2.1 기존의 실내 측위 기법

Wi-Fi 신호를 기반으로 한 층간 위치 측위 기법에 대한 알고리즘은 다양하게 제안되어 왔다.⁽²⁻⁶⁾ 이들 연구에서는 대부분 Fingerprinting 기법을 이용한 층간 위치 측위 알고리즘이 제안되었다.⁽²⁻⁵⁾ 참고문헌 [3]에서는 Fingerprinting 기반의 층간 위치 측위 기법은 정확도가 100%인 높은 성능을 보

이나, 기존의 모든 Fingerprinting을 기반으로 한 측위 시스템들과 같이 측위 전에 정밀한 데이터베이스를 훈련하기 위해 많은 샘플링 과정이 필요한 단점이 있음을 보였다. 특히 일반적으로 다층 건물은 층수가 많아서 데이터베이스를 만들려면 평면 환경보다 더 많은 샘플 포인트에서 샘플링 해야 하는데, 이러한 과정은 많은 시간과 높은 비용을 요구한다. 또한 실내에는 벽, 가구, 이동하는 물체 등 확정할 수 없는 요소들로 인해 실내 환경이 매우 복잡한데 현재의 기술로 이런 요소들을 정확하게 측정하기가 매우 힘들다. 따라서, 이런 요소들은 Fingerprinting을 기반으로 한 층간 위치 측위 기법의 측위 성능에 큰 영향을 주고 있다. 또한 하나의 WAP(Wireless Access Point) 위치가 변하는 경우에는 데이터베이스를 다시 수집해야 되는 큰 단점이 있다.

참고문헌 [2]에서는 다층 건물 환경에서 Wi-Fi를 기반으로 한 Fingerprinting 기법이 아닌 그룹 분산 알고리즘(Group Variance Algorithm)을 이용한 층간 위치 측위 기법을 제안하였다. 참고문헌 [2]에서 제안한 그룹 분산 알고리즘은 다음과 같이 3단계 측위 과정을 통하여 실내 층간 위치 측위를 수행한다.

첫 번째 단계에서는 각 WAP의 층수 정보에 따라 사용자 단말기에서 나온 신호들을 여러 그룹으로 나눈다.

두 번째 단계에서는 매개 그룹에서 해당되는 분산(Variance), 범위(Range), 유효성(Availability)의 세 가지 파라미터를 계산한다. 식 (1)과 (2)는 분산의 계산 방법을 보여주며, 범위와 유효성의 계산 방법은 식 (3) 및 (4)와 같다.

$$RSSI = [RSSI_1, RSSI_2, \dots, RSSI_N] \quad (1)$$

$$V = Var(RSSI) \quad (2)$$

$$R = |\max(RSSI) - \min(RSSI)| \quad (3)$$

$$A\% = (N/M) \times 100 \quad (4)$$

위 식들에서, $RSSI$ 는 그룹 x 의 수신 신호 강도, $\max(RSSI)$ 는 그룹 x 의 최대 수신 신호 강도, $\min(RSSI)$ 는 그룹 x 의 최소 수신 신호 강도이다. 또한 N 은 그룹 x 를 위해서 보여지는 서로 다른 MAC 주소의 수이고, M 은 그룹 x 를 위한 참조 데이터베이스 안에 기록된 MAC 주소의 수이다.

마지막 세 번째 단계에서는 다음과 같은 규칙에 따라 각 그룹에게 점수를 준다. 제일 큰 표준편차를 갖는 그룹에게 5점을 주고 제일 큰 범위 값과

유효성 값을 갖는 그룹에게 3 점을 준다. 각 그룹의 점수를 비교해서 점수가 제일 높은 그룹을 선택하고 그 그룹에 해당하는 층수로 결정한다.

참고문헌 [2]의 실험결과에 따르면 그룹 분산 알고리즘의 평균 정확도는 72%에 달하나, Fingerprinting 을 기반으로 한 기법보다 측위 정확도가 많이 낮다는 것을 알 수 있다. 하지만 Fingerprinting 기법에 비해 그룹 분산 알고리즘은 층간 위치 측위를 할 때 데이터베이스를 사전에 만들 필요가 없다는 장점이 있다. 또한 화장실과 실내 변두리 등 Wi-Fi 신호가 약한 곳에는 Fingerprinting 을 기반으로 한 기법보다 안정성이 높다는 것을 볼 수 있다.

이상의 분석을 통하여 Fingerprinting 기법은 측위 성능이 매우 좋다는 장점과 비용 및 시간이 많이 소모된다는 단점이 있다는 것을 알 수 있다. 반면에 그룹 분산 알고리즘은 쉽게 구현할 수 있다는 장점이 있으나 측위 성능이 낮다는 단점이 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Fingerprinting 기법과 그룹 분산 알고리즘의 장점을 결합할 수 있는 실내 층간 측위 알고리즘을 제안하고자 한다.

2.2 실내 측위 환경 분석

다층 건물 환경에서는 벽과 바닥으로 인해 신호의 전파 경로가 매우 복잡하다. 벽과 바닥은 공간을 분할하는 역할을 하는데 일반적으로 사용되는 재료는 매우 다양하다. 구체적으로 보면 벽들은 내부와 외부 공간을 분리 해주며 단열, 보온, 방음 등의 작용을 한다. 또한, 바닥은 앞서 말한 벽들이 가지는 특성들이 있을 뿐만 아니라 큰 중력을 감당해야 하기 때문에 구조가 더욱 복잡하다. Fig. 1은 이러한 벽과 바닥의 구조 차이를 설명한다.

다층 건물에서 모든 층의 벽과 바닥 등의 재료

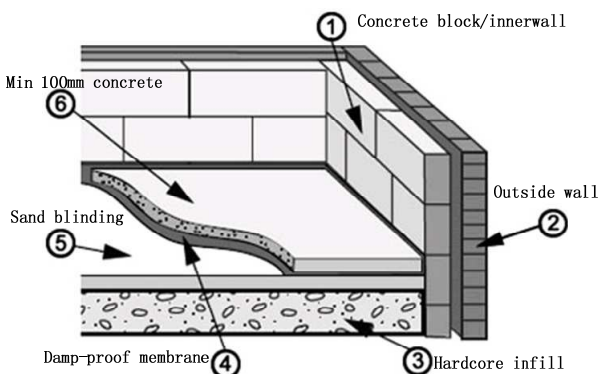


Fig. 1 Typical structure of a floor and a wall⁽¹⁴⁾

와 두께는 모두 다르기 때문에 Wi-Fi 신호의 층별 수평 방향과 수직 방향의 경로 손실 정도가 많이 다르다. 일반적으로 각층 바닥을 통과할 때의 손실은 벽을 통과할 때의 손실보다 크다. 그룹 분산 알고리즘은 바로 실내 환경에서 신호의 이런 전파 성질을 이용해서 위치 측위를 한다.

신호가 각 층을 통과할 때 일어나는 경로 손실로 인해 다른 층으로부터 사용자 단말기에 오는 신호가 아주 약하거나 신호가 없을 수 있다. 그러나 사용자가 위치한 층으로부터 오는 신호의 세기는 여전히 강하다. 이런 경우에는 그룹 분산 알고리즘으로 사용자가 어느 층에 있는지 쉽게 판단할 수 있다. 하지만 일반적인 다층 건물 환경에서는 신호가 각 층을 통과할 때 일어나는 경로 손실이 이렇게 심하지 않기 때문에 다양한 경로 손실이 존재하는 실제 실험 환경에서는 측위 정확도가 떨어지게 된다.



Fig. 2 Actual measurement of real Wi-Fi signals in a typical multi-floor building (12th floor, Hyungnam Engineering Building, Soongsil University)

Fig. 2 는 전형적인 다층 건물인 숭실대학교 형남공학관 12 층에서 태블릿 PC 를 이용하여 주위의 Wi-Fi 신호를 실제로 수집한 것을 보여준다. Fig. 2 로부터 다양한 층에서 설치된 WAP 로부터 다양한 신호 세기를 가지는 수신 신호를 받을 수 있다는 것을 알 수 있다. 이런 경우에 그룹 분산 알고리즘으로 측위를 하면 다양한 경로 손실을 갖는 수신 신호에 의해 측위 정확도가 떨어진다.

이처럼 실내 위치 측위를 위해 많이 사용되는 Fingerprinting 및 그룹 분산 알고리즘으로는 다층 건물의 어느 한 층의 모든 WAP 가 작동 하지 않는 특이 상황의 경우 층간 위치 측위가 불가능하게 된다.

3. 시스템 모델과 제안 기법

3.1 시스템 모델

채널에 의한 경로 손실은 RSS 에 기반한 무선 측위 알고리즘의 정확도에 매우 큰 영향을 미친다. 특히, 경로 손실은 무선 신호가 서로 다른 환경에서 전송될 때 손실 변화 정도를 결정한다. 따라서 적합한 경로 손실 모델을 선택하는 것은 정확한 위치 추정을 위하여 중요한 역할을 한다. 한편, 참고문헌 [7-11]에서는 MWF (Multi-Wall-Floor) 모델이 다층 건물 실내 환경에서의 가장 정밀한 경로 손실 모델임을 증명하였다. 따라서, 본 논문에서는 다층 건물 측위 알고리즘을 위해 식 (5)와 같은 MWF 모델을 사용한다.

$$L_{MWF} = L_0 + 10n \log(d) + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^{K_{wi}} L_{wik} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_{fj}} L_{fjk} \quad (5)$$

여기서, L_0 는 WAP 로부터 기준 거리 1 미터에서 수신되는 신호세기, n 은 신호의 감쇠 변수, d 는 WAP 로부터 수신 단말까지의 거리를 의미한다. 그리고 I 는 벽의 종류 개수, J 는 바닥의 종류 개수, K_{wi} 는 i 번째 벽의 개수, K_{fj} 는 j 번째 바닥의 개수, L_{wik} 는 신호가 k 번째 벽을 통과할 때의 신호 손실 값, L_{fjk} 는 신호가 k 번째 바닥을 통과할 때의 신호 손실 값이다.

또한, 본 논문에서는 평균이 0 이고 분산이 δ^2 인 가우시안 잡음 N 을 고려하며, WAP 에서 나타내는 RSS 값은 다음과 같다.

$$L_r = L_{MWF} + N \quad (6)$$

더 나아가, 사용자는 수신한 Wi-Fi 신호에 대해 식 (7)과 (8)을 이용하여 각 층의 ID 와 WAP 의 수

신 신호 강도로 이루어진 집합 \mathfrak{R} 을 갖는다고 가정한다.

$$\mathfrak{R} = [R_1, R_2, \dots, R_i] \quad (7)$$

$$R_i = [FloorID_i, RSS_i] \quad (8)$$

3.2 제안하는 층간 측위 기법

일반적으로 건축물을 설계할 때 비용과 시간을 절약하기 위해서 각 층의 재료와 두께는 모두 같은 구조를 갖게 만든다. 신호의 전송에 따라 각 층을 통과 할 때의 신호 손실은 특정된 범위 안에 있다. 제안된 기법에서는 각 층에서의 송신 신호 손실이 고정 값 L_f 를 갖는다고 가정한다. 다음은 피드백을 이용하는 제안 기법을 보여준다. 제안 기법은 다음과 같이 3 단계로 나눌 수 있다.

1) 예측 단계

먼저 사용자는 각 층에서 오는 신호의 세기와 층수를 집합 \mathfrak{R} 에 저장하고, 사용자의 층간 위치를 예측한다. 일반적으로 사용자 단말기에서 나타나는 WAP 에 해당하는 모든 층에 사용자가 있다고 예측한다. 그리고 사용자가 WAP 가 없는 층에 있는 경우에는 층간 위치 측위를 할 수 있도록 건물의 모든 층을 예측한다. 또한 사용자는 자신이 건물내의 가능한 모든 층에 있다고 예측을 한 후, 각 층별로 단계 2)를 수행한다.

2) 피드백 단계

단계 1)에서 예측한 층에 사용자가 있다고 가정하면, 사용자는 식 (9)을 이용하여 피드백 값을 계산할 수 있다. 그 후, 계산된 피드백 값을 이용하여 집합 R_i 의 RSS 정보를 업데이트한다.

$$L_f \times |FloorID_i - P| \quad (9)$$

여기서, P 는 예측 층수를 의미한다.

3) 추정 단계

단계 2)에서 업데이트한 집합 \mathfrak{R} 내의 RSS 에 대한 분산을 계산한다. 이와 같은 방법으로 각 층에 대한 분산을 모두 계산해서 그 중에서 값이 제일 작은 것을 사용자의 위치로 추정한다.

Fig. 3 은 제안한 피드백 기반의 층간 위치 측위 과정을 정리하여 보여준다.

4. 모의실험 결과

4.1 실험 환경

시스템 복잡도를 낮추기 위해 본 논문에서는 모

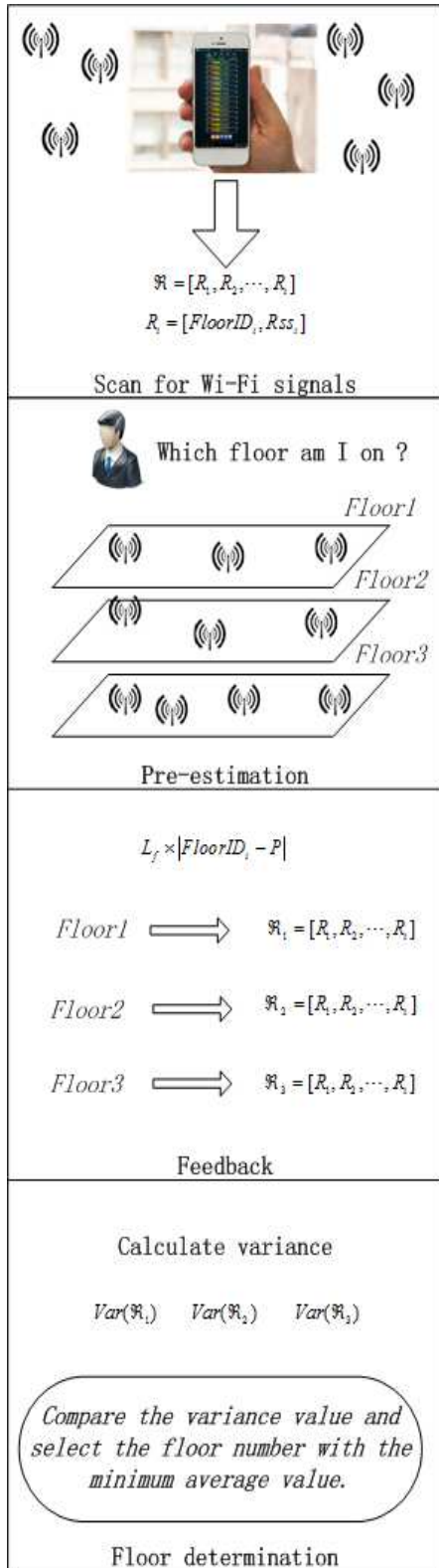


Fig. 3 Proposed floor determination algorithm based on the feedbacks

든 층의 구조와 벽의 특성이 동일하다고 가정한다. 모의실험은 총 8 개의 층으로 이루어진 다층 건물

Table 1 Parameters of simulation environments

Parameters	Values
Areas of each floor	36.5×22.7 m ²
Thickness of each floor	40 cm
Thickness of each wall	30 cm
Height between floors	3 m
Attenuation due to each floor	$L_f = 25$ dB
Attenuation due to each wall	$L_w = 10$ dB
MWF model	$L_0 = 20$ dB
	$n = 2.5$
	$N \sim (0, \delta^2), \delta = 3$
RSS value	≥ -110 dBm

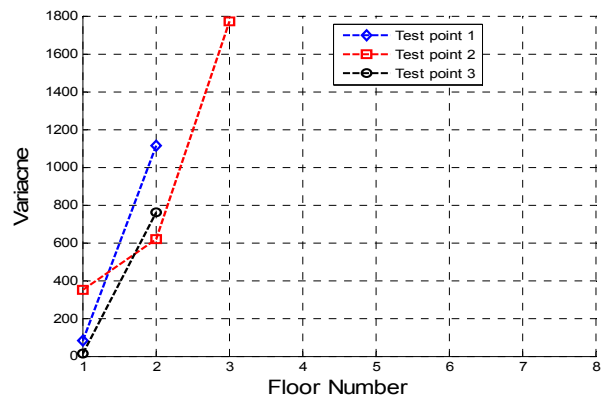


Fig. 4 Simulation results for a user on the 1st floor

을 가정하여 진행 되었으며 모델의 상세한 파라미터는 Table 1 과 같다. 특히, 일반적으로 2.4GHz 대역의 Wi-Fi 신호는 자유 공간에서 전파될 때 경로 손실 $L_0 = 20$ dB 을 갖는다.

4.2 실험 결과 분석

4.2.1 피드백 기법

우선 사용자가 1, 5, 6 층에서 각각 3 군데의 랜덤한 장소에 위치해 있고 각 층별로 2 개의 WAP 가 있다고 가정하였다.

Fig. 4 와 5 는 사전 예측한 층과 제안된 피드백 기반의 층간 무선 측위를 통해 얻은 결과의 분산에 대한 모의실험 결과를 보여준다. 결과를 통해서 예측한 층수가 사용자가 있는 실제 층수와 동일할 때 분산 값이 제일 작다는 것을 알 수 있다.

본 논문의 4.2.2 절에서는 다른 층의 WAP 들은 정상적으로 작동하고 어느 한 층의 WAP 들만 모두 고장난 특수한 환경에 대한 모의실험 결과를 볼 수 있다. 모의실험 결과를 통해 고려된 실내

Table 2 Example of the 6th floor

Pre-estimation ^o	Feedback ^o			Variance ^o
	$R_1 = [5, Rss_1]$ ^o	$R_2 = [6, Rss_2]$ ^o	$R_3 = [7, Rss_3]$ ^o	
P1 ^o	$Rss_1 + 4 \times L_f$ ^o	$Rss_2 + 5 \times L_f$ ^o	$Rss_3 + 6 \times L_f$ ^o	V_1 ^o
P2 ^o	$Rss_1 + 3 \times L_f$ ^o	$Rss_2 + 4 \times L_f$ ^o	$Rss_3 + 5 \times L_f$ ^o	V_2 ^o
P3 ^o	$Rss_1 + 2 \times L_f$ ^o	$Rss_2 + 3 \times L_f$ ^o	$Rss_3 + 4 \times L_f$ ^o	V_3 ^o
P4 ^o	$Rss_1 + L_f$ ^o	$Rss_2 + 2 \times L_f$ ^o	$Rss_3 + 3 \times L_f$ ^o	V_4 ^o
P5 ^o	Rss_1 ^o	$Rss_2 + L_f$ ^o	$Rss_3 + 2 \times L_f$ ^o	V_5 ^o
P6 ^o	$Rss_1 + L_f$ ^o	Rss_2 ^o	$Rss_3 + L_f$ ^o	V_6 ^o
P7 ^o	$Rss_1 + 2 \times L_f$ ^o	$Rss_2 + L_f$ ^o	Rss_3 ^o	V_7 ^o
P8 ^o	$Rss_1 + 3 \times L_f$ ^o	$Rss_2 + 2 \times L_f$ ^o	$Rss_3 + L_f$ ^o	V_8 ^o

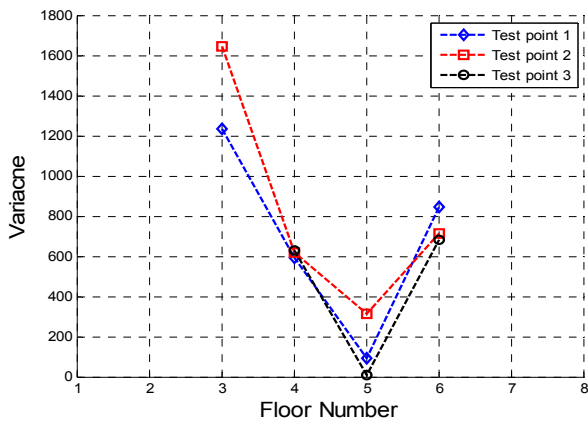


Fig. 5 Simulation results for a user on the 5th floor

층간 측위를 위한 특수한 경우에서도 실제 층수와 분산 값이 제일 작은 예측 층수가 동일함을 볼 수 있다.

Table 2 는 모든 층을 예측한 하나의 예를 들었다. 여기에서 피드백 후 가까운 예측 그룹은 식 (10), (11)과 같은 법칙이 있다는 것을 볼 수 있다.

$$P1 = P2 + L_f = P3 + L_f = P4 + L_f = P5 + L_f \quad (10)$$

$$P8 = P7 + L_f \quad (11)$$

$$Var(X + b) = Var(X) \quad (12)$$

확률적 특성에 의하여 식 (12)를 통해 $V_1 \sim V_5$ 혹은 $V_7 \sim V_8$ 의 값은 동일하다. 이런 성질로 인해 Fig. 6 에서는 각 경우에 따라 수평한 분산 측정 값을 보여지게 된다.

4.2.2 성능 비교

Fig. 7 과 8 은 네 가지 경우에서 기존의 그룹 분산 알고리즘 기법과 제안된 피드백 기법의 층간 위치 측위 성능을 표시한다. Table 3 은 네 가지 경우에 따라 각 층 WAP 들의 배치수를 상세하게 설명하였다. 모의실험은 각 층마다 랜덤한 1000 개

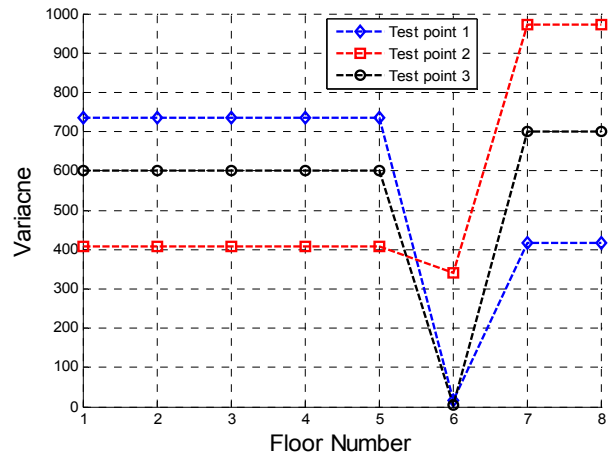


Fig. 6 Simulation results for a user on the 6th floor

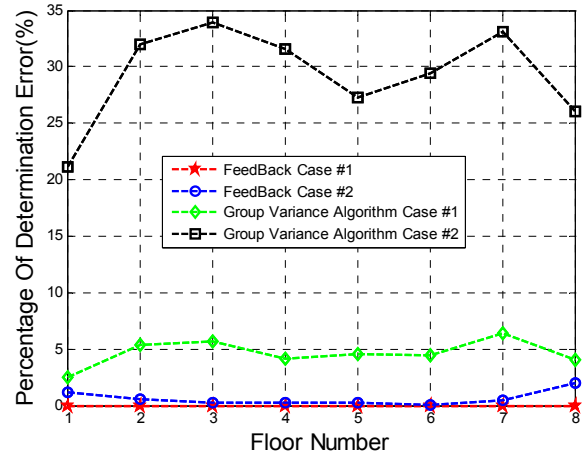


Fig. 7 Localization performance (Cases #1 and #2)

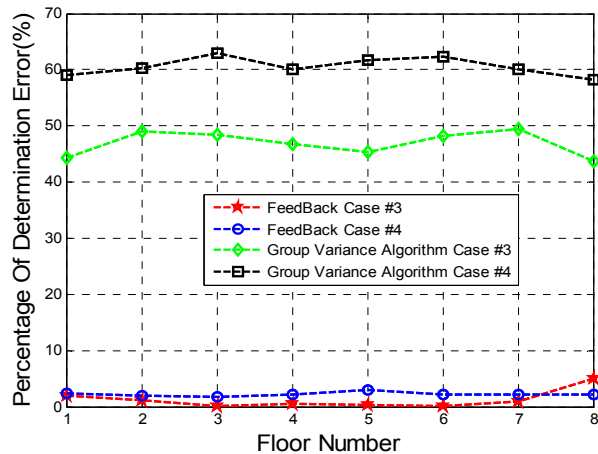


Fig. 8 Localization performance (Cases #3 and #4)

의 장소에 위치해 있다고 가정해서 실험을 진행하였다. Table 3 에서 설명한 Case #1~#4 경우처럼 WAP 의 배치 수량이 적어짐에 따라 두 가지 기법의 층간 위치 측위의 정확도는 현저하게 낮아지고 있음을 알 수 있다. 하지만 두 가지 기법의 정확도가 낮아지는 정도의 차이가 많이 생기는

Table 3 Coordinate information

Cases	Positions of WAPs on each floor
Case #1	(5.3 5.3) (5.3 17.4) (15.6 5.3) (15.6 17.4) (25.9 5.3) (25.9 17.4) (33.7 5.3) (33.7 17.4) (15.6 11.4)
Case #2	(10.3 10.3) (20.6 12.4) (30 5) (4 20) (30 20)
Case #3	(10.3 10.3) (20.6 12.4) (30 5)
Case #4	(10.3 10.3) (20.6 12.4)

Table 4 Results of the proposed feedback method

Floor ID	Range	Variance	Availability
F1	0.5	0	0
F2	0.5	0	0
F3	0.5	0	0

것을 볼 수 있는데, 제안된 피드백 층간 위치 측위 기법은 정확도가 95% 이상을 유지할 수 있다. 하지만 기존 그룹 분산 알고리즘 기법은 Case #1~#4 의 매 경우 마다 정확도가 제안된 피드백 층간 위치 측위 기법보다 낮을 뿐만 아니라, WAP 의 배치 수량이 적어짐에 따라 정확도도 급격히 하락된다. 특히, Case #1 의 경우 제안된 피드백 층간 무선 측위 기법은 정확도가 거의 100%에 달하나, Case #4 경우를 보면 그룹 분산 알고리즘 기법은 정확도가 30~40% 밖에 되지 않는다는 것을 알 수 있다.

그룹 분산 알고리즘 기법의 성능이 낮아지는 것은 WAP 의 배치 수량이 적어지면 표 4 와 같은 현상이 증가 하기 때문이다. 즉, 그룹 분산 알고리즘 기법에서는 규칙에 따라 각 그룹에게 점수를 준 후의 모든 그룹의 점수는 동일하다. 이런 경우에는 사용자의 층간 위치를 판단할 수 없다.

4.2.2 특수 환경에서 성능

제안된 기법이 어느 한 층에 WAP 이 하나도 없는 특수 경우에도 사용될 수 있다는 것을 보이기 위해, 1 층과 6 층에는 WAP 들이 없고 나머지 층에는 9 개의 WAP 들을 배치하며 사용자는 랜덤한 1000 개의 장소에 위치해있다고 가정하고 모의실험을 진행하였다.

Fig. 9 는 제안된 피드백 층간 무선 측위 기법과 그룹 분산 알고리즘 기법이 특수 경우에서의 모의실험 결과를 보여준다. 그림으로부터 사용자가 1 층과 6 층에 있을 때 그룹 분산 알고리즘 기법은 층간 무선 측위를 할 수 없지만 제안된 피드

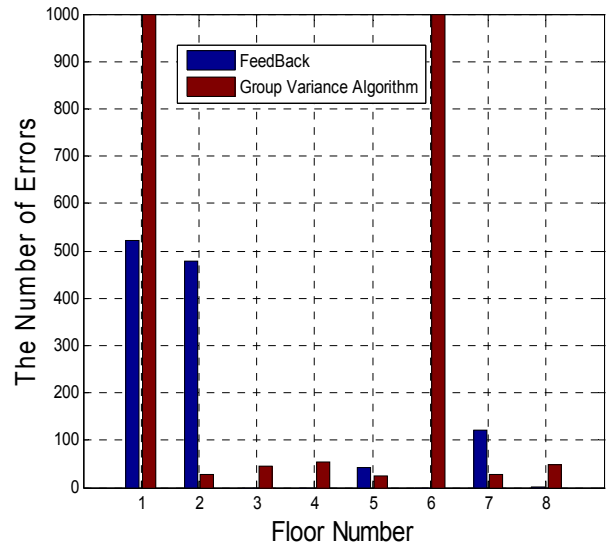


Fig. 9 Comparison of the performance under extreme conditions

백 층간 무선 측위 기법은 여전이 위치 측정을 할 수 있다는 것을 보여준다. 한편, 수신된 신호가 사 고 현장에 인접해 있기 때문에 WAP 가 없는 층과 가까이 있는 층에서의 무선 측위를 제안된 기법으로 할 때 정확도가 급격히 떨어진다.

5. 결 론

본 논문에서는 다층 건물 환경에서 Wi-Fi 신호를 이용한 RSS 기반의 층간 위치 측위 기법을 제안하였다. 기존의 그룹 분산 알고리즘 기법에 비해 본 논문에서 제안된 기법은 세 가지 장점이 있다. 첫째는 안정성이다. 제안된 기법의 시뮬레이션 결과로부터 각층의 WAP 의 배치 밀도가 충분히 높을 경우 층간 무선 측위 정확도는 100% 일뿐만 아니라 WAP 가 2 개 밖에 없는 경우에도 정확도는 거의 100%라는 것을 볼 수 있다. 둘째는 구현의 용이성이다. 제안 기법에서는 WAP 에 대한 자세한 좌표 정보가 필요 없이 각 층의 ID 와 각 WAP 의 RSS 만 있으면 충분하므로 무선 자원을 효율적으로 이용할 수 있다. 셋째는 어느 한 층에서 WAP 가 동작하지 않는 특수 상황에서도 동작하는 안전성이며, 이것은 기존의 실내 층간 위치 측위 기법에서는 구현될 수 없는 것으로 제안된 기법의 우수성을 보여준다.

후 기

추후 연구에서는 실내 위치 측위 서비스에서 발생할 수 있는 다양한 상황 및 각 층의 재료와 두께가 다른 실내 환경을 고려하는 보완된 측위 알

고리즘에 대한 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

본 논문은 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT 융합 고급인력과정 지원사업 (NIPA-2013-H0401-13-1004) 및 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음 (KCA-2012-12-911-01-107).

참고문헌

- (1) Perry, T. S., 2012, "Navigating the great indoors," *IEEE Spectrum*, vol. 49, no. 11, pp. 15.
- (2) Alsehly, F., Arslan, T., Sevak, Z. and King, M., 2011, "Indoor Positioning with Floor Determination in Multi Story Building," *Proc. IPIN 2011*, Guimarães, Portugal, pp. 1~7.
- (3) Liu, H. H. and Yang, Y. N., 2011, "Wi-Fi-Based Indoor Positioning for Multi-Floor Environment," *Proc. IEEE TENCON 2011*, Bali, Indonesia, pp. 597~601.
- (4) Al-Ahmadi, A. S., Omer, A. I., Kamarudin, M. R. and Rahman, T. A., 2010, "Multi-Floor Indoor Positioning System Using Bayesian Graphical Models," *Progress in Electromag. Research B*, vol. 25, pp. 241~259.
- (5) Wang, H. Y., Zheng, V. W., Zhao, J. H. and Yang, Q., 2010, "Indoor Localization in Multi-Floor Environments with Reduced Effort," *Proc. IEEE PerCom 2010*, Mannheim, Germany, pp. 244~252.
- (6) Gansemer, S., Gropmann, U., and Hakobyan, S., 2010, "RSSI-based Euclidean Distance Algorithm for Indoor Positioning Adapted for the Use in Dynamically Changing WLAN Environment and Multi-Level Building," *Proc. IPIN 2010*, Zurich, Switzerland, pp. 1~6.
- (7) Lott, M. and Forkel, I., 2001, "A Multi-Wall-and-Floor Model for Indoor Radio Propagation," *Proc. IEEE VTC 2001-Spring*, Rhodes, Greece, pp. 464~468.
- (8) Chrysikos, T., Georgopoulos, G. and Kotsopoulos, S., 2011, "Wireless Channel Characterization for a Home Indoor Propagation Topology at 2.4 GHz," *Proc. WTS 2011*, New York City, USA, pp. 1~10.
- (9) Chrysikos, T., Georgopoulos, G. and Kotsopoulos, S., 2010, "Impact of Shadowing on Wireless Channel Characterization for Public Indoor Commercial Topology at 2.4GHz," *Proc. ICUMT 2010*, Moscow, Russia, pp. 281~286.
- (10) Koo, J. and Cha, H., 2011, "Localizing WiFi Access Points Using Signal Strength," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 15, no. 2, pp. 187~189.
- (11) Lima, A. and Menezes, L., 2005, "Motley-Keenan Model Adjusted to the Thickness of the Wall," *Proc. SBMO/IEEE MTT-S MOC 2005*, Brasilia, Brazil, pp. 180~182.
- (12) Brida, P., Benikovsky, J. and Machaj, J., 2011, "Performance Investigation of Wi-Fi LOC Positioning System," *Proc. TSP 2011*, Budapest, Hungary, pp. 203~207.
- (13) Benikovsky, J., Brida, P. and Machaj, J., 2012, "Proposal of User Adaptive Modular Localization System for Ubiquitous Positioning," *Proc. ACIIDS 2012*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 391~400.
- (14) Brinkley, M., 2010, "Floor Structure Guide," *Homebuilding & Renovating*.