

무선 AP 위치 예측을 위한 전파특성 분석

홍진근^{1*}

Analysis of Radio Wave of Location Estimation of Wireless Access Point

Jin-Keun Hong^{1*}

요약 본 논문에서는 GPS 수신기가 제공되지 않는 환경에서 무선 AP 위치 추적을 위한 방안을 마련하기 위해 AP 장비로부터 방사되는 무방향성 전파의 특성을 분석하였다. 무선 단말로부터 추적되는 AP장비나 고정된 AP 장비로 추적 가능한 무선 단말의 위치를 추적하기 위해서는 거리에 따른 수신 전력의 분포 환경을 분석하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 논문에서는 2.4GHz 대역의 무선 전파 특성을 실내 및 실외 환경에서 거리에 따라 영향 정도 및 특성을 분석하고 이를 위치 예측에 활용하였다.

Abstract In this paper, it is analyzed propagation distribution characteristics of radio wave, which is radiated on all sides from Access Point device for estimating scheme of wireless AP without GPS receiver environment. To tracking AP device is traced from wireless terminals and wireless terminal is traced from fixed AP devices, above all it is important to analysis the characteristics of receiving power in according to distance. Therefore in this paper, radio propagation characteristics of 2.4GHz wave is analyzed effect extent and quality in according to distance in doors and out doors, and utilized to location estimation.

Key Words : Access Point, WLAN

1. 서론

GPRS, 2.5G 및 UMTS, 3G 시스템이 유럽에서 개발되어 왔으나 현재 많은 국가에서 이동 전화의 기술이 눈부시게 발전하고 있다[1]. 또한 WLAN (IEEE 802.11), WiMAX(IEEE 802.16) 및 CDMA2000을 포함한 무선 접속 기술이 미국을 중심으로 개발 및 상용화가 진행되어 IP 기반의 이동 광대역 서비스 제공이 가능하게 되었다. 이러한 무선 접속 기술의 많은 요구 가운데 적용되고 있는 무선 랜 기술은 효율적인 접근성과 편리성을 제공함과 동시에 보안 취약성 문제가 논의되고 있다.

무선랜의 보안 문제 가운데 위치탐지 및 추적 문제가 주요한 이슈가 되고 있으며 이와 관련된 연구가 진행되어 오고 있다. 위치 탐지와 관련된 연구에서 Dirk Kutscher[2]는 동적인 환경에서 네트워크 접속 및 서비스 위치 지원과 관련된 연구를 수행한 바 있는데 이 논문에서 네트워크 서비스를 위한 맵과 맵 데이터 모델을 정의

하고 네트워크 분배 모델을 검토하고 구현한 바 있다. Huhtala 등[3]은 무선랜 환경에서 젯소 사육 우리 환경에서 GPS 기반 RFID, 블루투스 기반 무선 추적과 초음파 기반의 비디오 추적, WLAN 기반의 성능을 정확성, 샘플링 주파수, 배터리 수명, 태그 크기, 가격 등의 측면에서 비교 연구한 바 있다.

Amir H 등[4] 또한 건설현장에서 의미 정보 기반 전달을 위한 유비쿼터스 위치 추적의 연구에서 건물 내부에서 WLAN 위치 추적과 건물 외부에서 GPS 기반의 위치 추적과 관련하여 각종 현장에서 적용 사례를 고찰한 바 있다.

Hwang 등[5]은 무선랜에서 분배된 AP 선택을 위한 다중 CAC 성능 분석에 관한 연구를 수행한바 있으며, Lunden 등[6]은 WCDMA 확장 대역에서 RSSI를 측정에 관한 연구를 수행한 바 있다.

이들 대부분의 연구에서 중요하게 고려되는 것은 보다 효과적인 위치 예측에 관심이 있으며, 일반적으로 활용되

¹백석대학교 정보통신학부

접수일 08년 10월 08일

수정일 08년 12월 05일

*교신저자: 홍진근(jkhong@bu.ac.kr)

재재확정일 08년 12월 16일

는 무선 통신에서 위치추적이나 탐지에 사용되는 기법에 Cell ID, AOA (angle of arrival), TDOA (time difference of arrival), E-OTD (enhanced observed time difference) 등이 GSM이나 GPRS 망에서 적용되고 있다.

GPS, AGPS, DGPS 등은 정확성이 높은 위성에 사용되거나 비용측면이나 빌딩 내부 사용자에 적용하는데 여전히 문제점을 안고 있다.

건물 내부에서는 적외선이나 초음파를 기반으로 하며 센서 네트워크에서는 보다 정확한 위치정보를 제공하지만 시스템 비용이 높고 RADAR 시스템은 다중 IEEE 802.11 AP 비콘으로부터 수집한 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 정보를 기반으로 실내에서 위치를 추정할 수 있다.

RSSI 탐지기법은 대부분의 AP에 호환성을 가지고 별도의 센서가 필요 없으며 간단하게 AP 위치를 탐지할 수 있다[3-4]. RSSI는 신호를 수신하는 측에서 신호의 세기를 통계적인 방법에 기반하여 확률분포 비교를 통해 위치를 측정하는 기법으로 우선 사전에 정의된 지점에서의 신호세기에 대한 표본 수집을 통해 측정한다. 이를 통해 목표하는 지점의 무선단말이 신호를 수신할 때 발생하는 신호의 감쇠정도를 측정하고 사전에 수집된 DB 정보와 비교하여 목표지점의 위치를 예측한다. 그러나 송신측과 수신측간에 장애물이 존재하거나 복잡한 환경일 경우 거리 측정 오차가 상대적으로 크게 나타나는 단점이 있다.

무선 단말로부터 추적되는 AP장비나 고정된 AP 장비로 추적 가능한 무선 단말의 위치를 추적하기 위해서는 거리에 따른 수신 전력의 분포 환경을 분석하는 것이 무엇보다 중요하다.

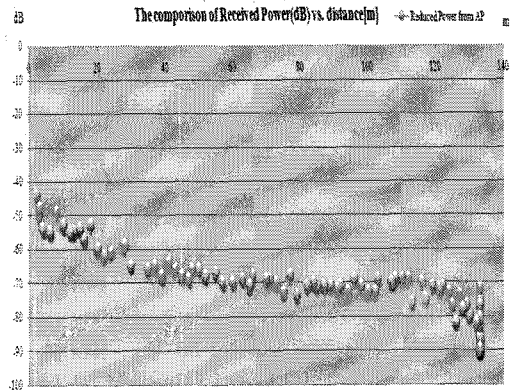
본 논문에서는 무선 랜에서 위치탐지 및 추적을 위해 필요한 기법인 RSSI를 적용할 때 위치의 정확도를 개선하기 위해 신호의 감소정도 및 분포도를 측정하여 DB화를 할 필요가 있으며 이 DB 정보를 기반으로 효과적인 위치 추적에 활용하기 위해 전파 수신신호 특성을 분석하였다. 본 논문의 구성은 2장에서 위치 추적을 위한 시스템 구성을 소개하고 3장에서 무선랜의 전파 수신 신호의 특성을 분석하였으며 4장에서 결론을 맺었다.

2. 위치 예측 시스템의 구성

RSSI 기법에서는 먼저 3개의 기준점을 중심으로 신호를 측정하여 가장 좋은 신호를 측정하고 공통된 교점을 찾는 방식을 선호한다. RSSI 방식을 적용할 때 무선 단말은 AP가 보내는 신호의 감쇠 정도를 파악하여 측정 위치로부터 거리를 구한다.

2.1 AP 수신신호와 거리

RSSI방식에 따라 AP의 위치 추정을 위해서는 측정자의 위치 정보와 각 AP의 신호감쇠를 기반으로 적합한 거리 예측이 필요하다.



[그림 1] AP 수신전력 신호와 거리 비교

AP 위치를 측정할 때 거리에 따른 무방향성을 갖는 수신된 전력 신호의 분포를 그림1에서 제시하였다.

Friss 식에 따라 AP로부터 단말(PDA)에 수신되는 전력은 식(1)과 같이 정의할 수 있다.

$$P_R = P_{EIRP} G_{PDA} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

여기서 λ 는 방송되는 파장을 말하고 d 는 AP와 무선 단말(PDA)간 거리를 말한다.

일반적으로 무선 전파 모델은 식(2)에서와 같이 정의하고 있다.

$$P_R = P_T \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \sqrt{G_0} \frac{1}{r_0} e^{-\beta r_0} + \sqrt{G_k} \sum_{k=1}^n \Gamma(\alpha_k) \frac{1}{r_k} e^{-\beta r_k} \quad (2)$$

여기서, P_R 은 수신전력을 나타내며, P_T 는 송신전력을 G_0 는 직접파 경로의 안테나 이득을 나타내고, G_k 는 특정 k 의 전파 경로의 안테나 이득이다. $\Gamma(\alpha_k)$ 는 반사계수이다.

2.2 위치 예측 알고리즘

수신전력을 기반으로 하는 위치 예측은 먼저 RSSI 신호전력을 기준으로 위치를 측정한다.

수신 예측지점의 신호 세기 P 를 $\{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ 으로 가정하고 이때 $k \in (1, n)$ 이다. 일반적으로 참조 지점의 신호 세기는 식(3)과 같이 나타낼 수 있으며, β_k 는 신호세기를 나타낸다.

$$\vec{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \quad (3)$$

신호세기에서 도입된 유클리드 거리는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_i = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\beta_k - P_k)^2} \quad (4)$$

이때 $i \in (1, m)$ 이며, 수신 예측 지점과 참조 지점간 신호세기의 유클리드 거리로서 정의된다. 유클리드 거리 E는 참조 지점과 예측 지점의 위치 관계를 나타낸 것이다. 수신전력 위치 예측 알고리즘의 정확성을 높이기 위해 평균 예측 오류 값을 정의하여 사용하기도 하는데 식(5)에서와 같다. 연구된 바에 따르면 일반적으로 평균 예측 오차 값(e_{avg})은 실제 측 (x_0, y_0)과 계산된 측 (x, y) 간의 선형적인 거리를 식(5)에서와 같이 나타내며 사용하고 있다.

$$e_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \sqrt{(x_k - x_0)^2 + (y_k - y_0)^2} \quad (5)$$

여기서 n은 평균 시험된 횟수를 나타낸다.

3. 무선랜 전파 수신신호의 특성

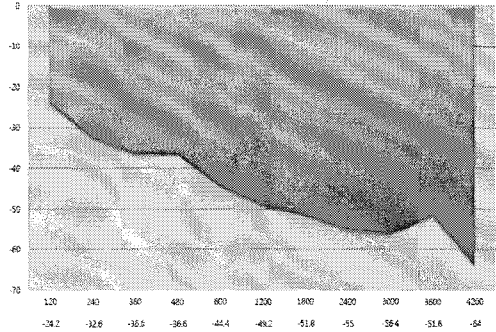
수신전파를 측정하기 위해 실내의 경우 Linksys AP로부터 수신되는 신호세기를 활용하였으며, 실외에서는 GPS 위치정보와 AP 장비로부터 수신되는 세기를 기준하였다. 수신을 위해 사용되는 UI 프로그램은 자체 제작하였다. 측정된 수신위치를 기준으로 GPS 경위도에 따른 거리 및 도달시간을 표1에서 나타내었다.

[표 1] GPS 위치와 거리에 따른 소요시간 비교

측위	GPS위치 (경위도)	거리(m)	전파 도달시간 (이론,sec)
경도	1"	24.70	8.23E-8
	1'	1481.80	4.94E-6
	1°	88,908.00	2.96E-4
위도	1"	30.83	1.03E-7
	1'	1,849.70	6.17E-6
	1°	110979.31	3.7E-4

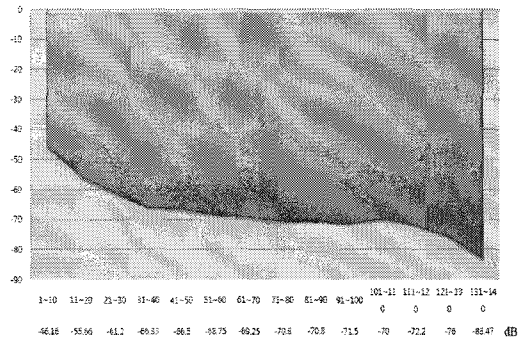
실내에서 수신된 전파 신호의 감쇠 분포를 그림2에서 나타내었다. AP로부터 거리가 멀어질수록 수신신호 감소되는 분포는 가로축 거리(cm)에 따라 수신신호(세로축 (dB))가 감소된다. 그림2에서는 신호 감소분포 곡선이 실

내에서 위치에서 따라 전파 간섭 및 방해가 직접적으로 존재하는 것으로 볼 수 있다.



[그림 2] 실내 수신 신호의 감쇠 분포

외에서 측정된 수신신호 분포는 실내에서 보다 간접적인 영향 정도를 볼 수 있는데 원만하게 감소하는 곡선을 이룬다.



[그림 3] 실외 수신 신호의 감쇠 분포

[표 2] 실내/실외에서 수신신호 감쇠 비교(dB)

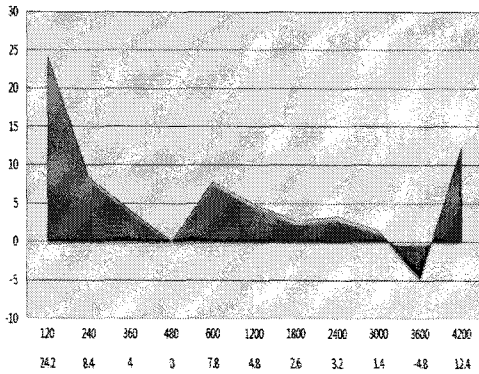
거리(m)	수신감쇠(실내)	수신감쇠(실외)
10	-44	-46
20	-51	-55
30	-55	-61
40	-60	-66

실내 및 실외에서 거리에 따른 감쇠 신호의 비교를 표2에서 제시하였다. 10m 거리의 경우 평균 2dB의 차이를 나타내고 20m 거리의 경우 4dB, 30m 이상에서는 6dB의 신호차이를 나타낸다.

전파 수신환경을 고려할 때 수신전력의 감소가 수신기

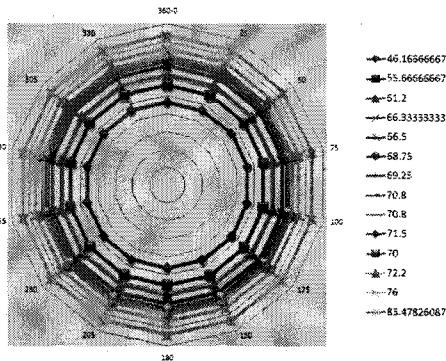
성능에 따라 다소 차이가 발생할 수 있으나 무선랜 전파 특성은 보편적인 특성을 갖는다. 폭이 3m, 높이가 3m인 실내 콘크리트 벽으로 구성된 환경에서 2.4GHz 대역 수신기를 사용할 때 수신전력 감소는 차이가 있을 수 있으나 Linksys AP를 사용하여 측정된 실내에서 수신신호는 1.2m에서부터 2.4m의 거리에서 신호 감소가 급격하게 나타나고 2.4m에서 3.6m에서 신호 감소 변이가 줄어든다.

1.2m에서부터 4.8m까지의 거리는 간섭이 상대적으로 크게 나타나는 반면, 4.8m에서 6m 거리에서는 오히려 전파 간섭 영향이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 또한 6m에서부터 30m까지는 전체적으로 일정한 변이를 가지고 전파가 감소하고 있음을 볼 수 있다.



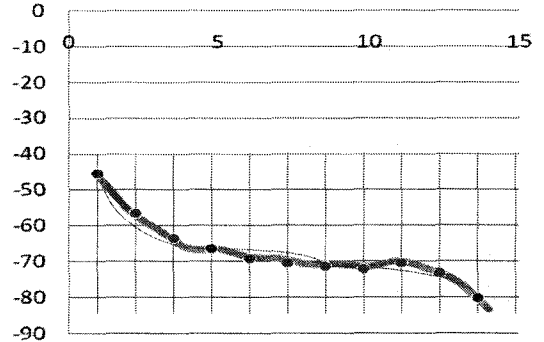
[그림 4] 실내 수신신호의 변이

실내에서 측정된 수신신호의 감쇠 정도를 거리에 따라 무방향성을 가지고 방사되는 전파신호를 그림5에서 나타내었다. 1m에서 10m 거리에서는 -46.17dB, 11m에서 20m 거리에서는 -55.67dB의 감쇠 분포를 가지고 방사된다.

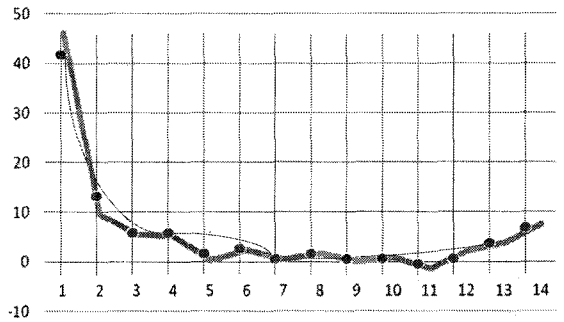


[그림 5] 측정된 수신 전력의 분포도

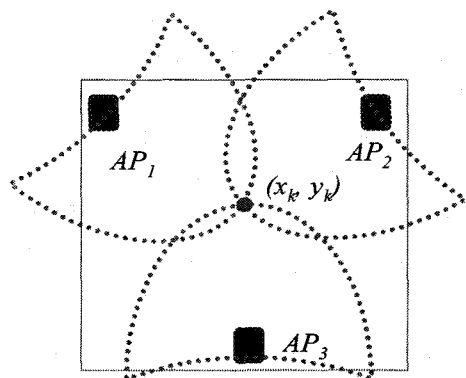
실내 및 실외에서 측정된 수신 전력의 분포 곡선을 그림6과 그림7에서 나타내었으며, 거리에 따른 수신신호 감소 분포를 근사적으로 모델링 할 수 있다.



[그림 6] 실내에서 측정된 수신 전력의 근사 모델링된 분포곡선



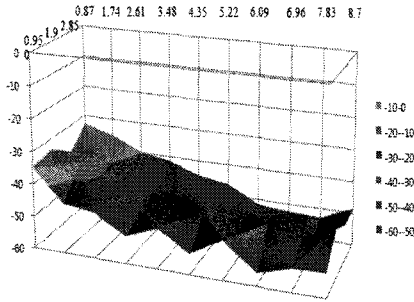
[그림 7] 실외에서 측정된 수신 전력의 근사 모델링된 분포곡선



[그림 8] 고정된 AP1, AP2, AP3점으로부터 유도되는 무선단말 위치측정 지점

4. 결론

본 논문에서는 GPS 수신기가 제공되지 않는 환경에서 무선 AP 위치 추적을 위한 방안을 마련하기 위해 필요한 무선랜의 실내 및 실외 환경에서 Linksys AP 장비로부터 무방향성으로 방사되는 전파의 특성을 분석하였다. 무선 단말로부터 추적되는 AP장비 위치나 고정된 AP 장비로 추적 가능한 무선 단말의 위치를 추적하기 위해서는 거리에 따른 수신 전력의 분포 환경을 분석하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 논문에서 실내 및 실외 환경에 사용되는 2.4GHz 대역의 무선 전파 특성을 거리에 따라 영향 정도 및 특성을 분석하였다. 연구된 결과는 무선 장비의 위치 추적에서 효율적으로 적용 가능할 것으로 예측된다.



[그림 9] AP1 기준으로 측정된 수신신호 전력분포

실내에서 AP1을 기준으로 거리에 따라 세밀하게 측정된 수신 전력의 분포를 그림9에서 나타내었다. (x_0, y_0) 지점을 기준으로 세로축 (x_k)는 0, 0.95, 1.9, 2.85 m 떨어진 지점에서 측정되었으며, 가로축 (y_k)는 0.87, 1.74, 2.61, 3.48, 4.35, 5.22, 6.09, 6.96, 7.84, 8.7m 위치에서 측정되었다.

참고문헌

- [1] Olli E. Martikainen, "Complement- arities creating substitutes - possible paths towards 3G, WLAN/WiMAX and ad hoc networks," Emerald Group Publishing Limited, Vol.8 No.4, 2006. pp.21-32.
- [2] Dirk Kutscher, Jörg Ott, Steffen Bartsch, "Supporting network access and service location in dynamic environments," Emerald Group Publishing Limited, Vol.24 No.4, 2007, pp.225- 251.
- [3] A. Huhtala, K. Suhonen, P. Mäkelä, M. Hakojärvi, J. Ahokas, "Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors," Journal of biosystems engineering, Vol.3, Issue3, March 2007, pp.399-405.
- [4] Amir H. Behzadan, Zeeshan Aziz, Chimay J. Anumba, Vineet R. Kamat, "Ubiquitous location tracking for context-specific information delivery on construction sites," Elsevier Publishing, Automation in construction 17, 2008, pp.737-748.
- [5] I-Shyan Hwang, Chien-An Chen, "Performance analysis of multi- criteria CAC for distributed access point selection in WLANs," International Journal of Pervasive Computing and Communication, Vol.3 Issue3, 2007, Emerald Publisher.
- [6] Lunden, P.; Henttonen, T.; Aijanen, J., "RSSI Measurements of WCDMA 2.6 GHz Extension Band," Proceedings of Global Telecommunication 2007, pp.4591-4595.

(x_k, y_k)	0	1	2	3
1	-48.49	-47.76	-47.72	-58.36
2	-52.3	-40.86	-45.06	-53.2
3	-50.8	-47.52	-49.78	-50.62
4	-48.94	-49.42	-47.46	-48.66
5	-49.76	-48.48	-42.38	-52.1
6	-43.76	-44.24	-48.88	-51.14
7	-45.26	-39.68	-39.12	-47.92
8	-40.04	-36.72	-38.54	-45.06
9	-32.52	-35.16	-48.06	-44.9
10	-37.38	-34.82	-33.86	-47.94
	-37.38	-35.72	-39.58	-40.58

[그림 10] AP3로부터 측정된 수신신호 분포

분포곡선을 살펴보면, -40~-30dB 전력 분포가 (0.95, 0.87)에서 (2.85, 0.87), (2.85, 2.61) 근처에 부근까지 나타나고, -50~-40dB 전력 분포는 가장 넓게 나타난다. -60~-50dB의 감쇠 분포가 (2.85, 6.9)에서부터 (2.85, 8.7) 또는 (0.95, 6.9), (0.95, 8.7) 분포에 걸쳐 나타나고 있다. 그림10에서 AP3로부터 수신된 전력의 거리에 따른 분포를 나타낸 것이다.

홍진근(Jin-Keun Hong)

[정회원]



- 2008년 12월 현재 : 백석대학교
정보통신학부 교수

<관심분야>

전송통신, 센서넷, RFID, 무선랜 보안