

# 實作以位置感知技術應用於電話自動轉接服務之研究

王丕中 方一定 陳石坤

中興大學資訊科學與工程學系

{pcwang, phd9509, phd9609}@cs.nchu.edu.tw

## 摘要

貝爾於 1876 年發明了第一個電話，稱為貝爾電話，人類首次可以隔著遠距離相互傳達語音訊息。在歷經數年後科技的演進與發展，電話系統從傳統有線電話進步至無線行動電話，它在人們日常生活中已是無可或缺的工具。隨科技時代的進步人們在辦公室總是處於忙碌的工作，雖然電話帶來彼此間溝通的便利，但人們一離開辦公室總是找不到人或留下電話等不到回電，嚴重可能喪失爭取重要業務的機會。目前雖然有許多電話轉接功能(如轉接至大哥大的功能…)，為避免產生以上電話漏接現象及成本考量，我們提出應用 ZigBee 位置感知技術，在企業辦公環境區域佈置感測器(Sensor)，透過人們隨身攜帶的標籤(Tag)，當離開其所屬辦公區活動時即可隨時感知人們身在何處，當有來電時能立即把電話轉至該辦公室電話，在我們實驗驗證結果顯示，不管內/外線話機撥打電話，交換機確實能達到一個智慧型電話轉接服務，提昇了整體電話服務的品質，也驗證本研究之可行性和實用性。

**關鍵詞:** ZigBee、位置感知、感測器、標籤

## 1. 緒論

目前依定位系統可分為室外和室內，在室外定位系統目前應用最為廣泛是全球定位系統(GPS)，其運作原理是於本地藉由GPS接收器接收環繞於地球上空的24顆衛星，它們不斷地廣播射頻衛星訊號，當GPS接收器同時接收三個以上之衛星訊號時，以該衛星為圓心，利用內含時間戳記(TimeStamp)的衛星訊號求得衛星與地面GPS接收器之距離為半徑，畫出三個以上的圓，並以三角定位法進行定位運算，在其共同交集點即為GPS接收器所在地位置，一般精確度約在5至40公尺，其中以導航與定位追蹤等服務應用最多。

在室內定位系統則以2000年由P. Bahl和V. N. Padmanabhan 所提出RADAR (Radio Detection and Ranging) [10-11] 的系統較為著名，其系統主要架構在IEEE 802.11無線區域網路上，首先它會建立無線電波訊號特徵資料庫，再以樣式比對法對行動設備端進行定位運算，以達到位置感知(Location-awareness)的目的。近年來也有相關學術研究應用RFID(Radio Frequency Identification) [5, 7, 12, 16] 或ZigBee [15] 技術來到達定位的目的，RFID是一種以RF無線電波辨識物件的自動辨識技術，其主要操作原理是利用讀取機(Reader)發

送無線電波訊號並讀取植入或貼在物件上的電子標籤(Tag)，以進行無線資料辨識並根據讀取機為定位參考點進而達到物品追蹤。對於以上二種室內定位皆以現有無線/有線網路為基礎，即使是無線電網路仍架構在有線骨幹網路，因此佈建上仍無法擺脫線路的架設，因此本研究我們將採用另一種新技術ZigBee，它以低消耗功率、自組性佳可隨時新增修改網路架構，且支援Mesh提供Multipath的功能增強網路的穩健度，我們藉由佈建感測器Sensor所接收信號的強度，進而判定行動端之位置。

本文共分五節，各節內容說明如下。第一節為緒論，主要敘述定位系統的簡介和其應用與研究動機及目的。第二節探討定位測距相關研究。第三節將詳細描述系統架構，利用ZigBee無線電網路架構達到定位。第四節為實測研究結果分析，根據ZigBee定位系統驗證自動電話轉接服務。最後一節作結論和未來工作。

## 2. 相關研究

隨著多元化的無線通訊技術、嵌入式設備及微機電系統技術的愈趨成熟，各式網通設備越來越輕薄短小，帶動了無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)的發展，朝向無所不在的網路(Ubiquitous Network)的目標邁進。而ZigBee正具備以上特點它適用於大範圍的環境感知、電力節能控制及建構神經網絡，以達到人員定位、高齡及幼兒照護、居家安全及環境品質的需求。

ZigBee這個名稱來自於蜜蜂群，彼此藉由飛舞來通知其他蜜蜂有關花粉位置的資訊，而達到溝通的目的，故以此為命名。它提供低消耗功率與低傳輸速率和網路架構簡單之無線通訊技術，具備以下特性：

- (1) 省電：由於ZigBee本身所夾帶的傳輸資料量小，因此所消耗的收發時間較短，且在非工作模式時即進入睡眠狀態，一般電池可支援1年至2年左右(視處於工作模式之使用率而改變)
- (2) 方便性：ZigBee支援Mesh自組網路協定，在佈建網路時方便迅速，且提供Multipath路徑提昇網路傳輸的穩健度。
- (3) 網路擴充性高：一個Network Coordinator可支援65535個ZigBee網路節點，且彼此Network Coordinator可再互連。

ZigBee標準規範主要是由ZigBee Alliance和IEEE 802.15.4小組兩個組織分別負責制定硬體與軟體標準如圖1，ZigBee聯盟負責制定網路層和安全管理，支援Star、Tree和Mesh等三種網路架構，在各節點角色方面，可分為全功能設備(Full-Function Device，簡稱FFD)與精簡功能設備(Reduced-Function Device，簡稱RFD)，FFD提供資料交換功能，而RFD只能傳送資料給FFD或只從FFD接受資料，如圖2。在IEEE 802.15.4則負責底層MAC和PHY層，在PHY層方面支援三種頻段為2.4GHz、915MHz和868MHz，對於MAC層則沿用WLAN中802.11系列標準的CSMA/CA方式，以提高系統相容性。

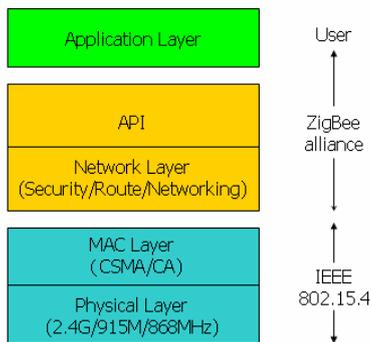


圖 1 ZigBee標準制定組織

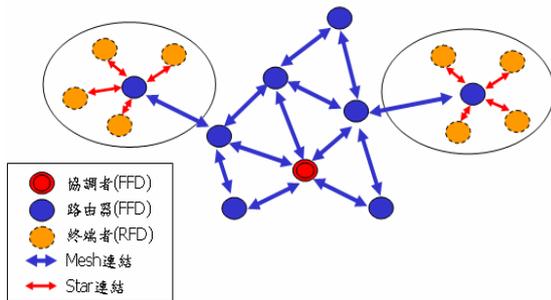


圖 2 ZigBee網路型態

無線定位測距(Ranging)常用的演算法大致包含以下幾種：

- (1) 訊號強度測距(Signal Strength Ranging: SSR)[1, 6, 13-14, 17]：利用通道傳播模型去描述路徑損耗對於距離的衰減情形，透過實際行動裝置在不同參考位置點接收到訊號強弱的值，進而作定位分析，如一個訊號強度測量值，只能把行動台鎖定在以參考點為中心的軌道上，圓的半徑由訊號強度值確定，一般須透過3個參考點才能確定行動裝置的位置。
- (2) 抵達時間(Time-of-Arrival: TOA)[2-4]：定位的運作原理和SSR是相同的，唯在決定圓半徑的參數不是訊號強度，而是訊號的傳播時間。由行動裝置發射到參考點間訊號傳播的時間可知，將訊號傳播時間乘上傳播速度(一般以光速計算)，則可得行動裝置到參考點的距離。

- (3) 抵達時間差(Time Difference of Arrival: TDOA)[8]：基本運作原理是利用雙曲線的特性，以雙曲線上的點到兩焦點距離之差為定值。定位方式分為兩步驟：首先利用各種時間延遲估算(Time Delay Estimation)的技術，盡量精確測得兩參考點接收到訊號的到達時間差，再將之轉換成距離，並代入雙曲線的方程式中，形成一組聯立雙曲線方程式，再利用有效且快速的運算法求得此聯立方程組的解，此解即為行動裝置的位置。

- (4) 抵達角度(Angle-of-Arrival: AOA)[9]：其工作原理是利用具方向性的天線(Directional Antenna)或天線陣列(Antenna Array)決定出行動裝置發射訊號的來源方向，此一方向在2D平面上可決定出一條以參考點為起點的直線，如有兩個以上的參考點可測量出此一行動裝置發射訊號的方向，則兩條以上的直線之交點就是行動裝置的可能位置。

上述4種測距的演算法以訊號強度法對於位置移動時訊號強弱的變化是比較可預期的，也就是所得位置相依變數有較高的量測精確度，較適合於室內環境。本研究即是利用偵測行動裝置訊號強弱來達到定位，缺點是準確度較低，但整體尚能滿足本研究需求。

### 3.系統架構

本研究是藉由使用者手持 ZigBee 行動裝置在預規辦公環境中移動，當所設定的參考點讀取到此行動裝置，經定位系統判斷其正確位置，所得知其位置透過應用程式至資料庫比對，再得知該位置分機電話號碼，由應用程式下轉接指令經通訊介面至交換機達到自動轉接電話之服務，系統架構元件，如圖3所示。

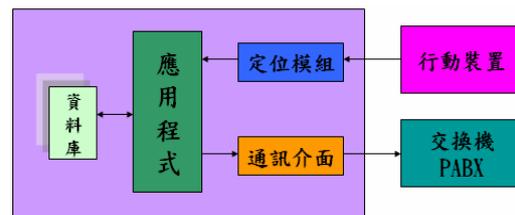


圖 3 系統架構元件

#### 3.1 行動和參考點裝置

在本定位系統中主要元件是由行動和參考點裝置所建構而成，藉由行動裝置移動所發射的訊號將被各參考點所接收，再經由網路中各參考點自組形成骨幹 Mesh 網路(如圖4)提供穩健的傳輸品質，最終將資料傳送至電腦主機。行動和參考點設備規格和特性如表1。

表 1 行動裝置和參考點設備規格

	行動裝置 (Tag)	參考點 (Reader)
頻率	2.4GHz	2.4GHz
最大速率	250Kbps	250Kbps
靈敏度	-94dBm	-94dBm
傳輸距離	100m LOS	350m LOS
通道	16(5MHz)	16(5MHz)
發射功率	-25~0dBm	-15~10dBm
天線	Chip	外接
發射	50mA	55mA
接收	50mA	55mA
休眠	77uA	40uA
電源	Li-ion	DC 9~30V
認證	FCC Part15, CE	FCC Part15, CE
工作溫度	-25~+55°C	-20~+70°C

### 3.2 定位系統

本研究是採用號強度測距演算法[13, 17]，透過行動裝置在不同參考位置點接收到訊號強弱的值，進而作定位分析，如一個訊號強度測量值，只能把行動台鎖定在以參考點為中心的軌道上，圓的半徑由訊號強度值確定，當有3個參考點接收到訊號便能更準確定位行動裝置的位置。

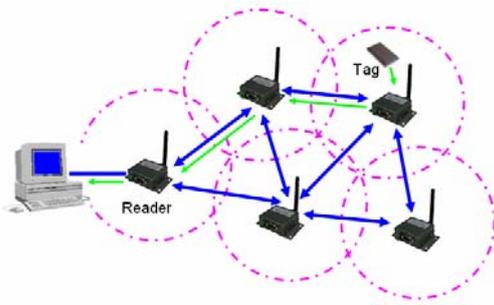


圖 4 ZigBee 位置感知定位系統

### 3.3 應用程式

在應用程式方面，主要是根據定位模組所得知行動裝置位置，即時在圖控上顯示裝置最新位置訊息，並經由通訊介面下達指令作電話轉接服務，其子系統包括：

- 參考點(感測器)佈建
- 圖控定位監視
- 資料庫管理
- 交換機(PABX)轉接服務

#### 3.3.1 參考點(感測器)佈建

參考點的佈建是建立定位系統的首要步驟，它允許載入一個 .bmp 檔的位置圖，並經由此子系統將參考點加入到位置圖上，且在每一個參考點給予一個編號，如圖 5 所示，當完成佈建和命名後便可存

檔。在佈建各個參考點位置的過程不見得一次 OK，有時和實際通連操作仍有些誤差，畢竟各個參考點會因周圍環境而影響傳送/接收品質，因此可再開啟原儲存檔案進行編輯，將各個參考點位置作適當調整或再多新增參考點。

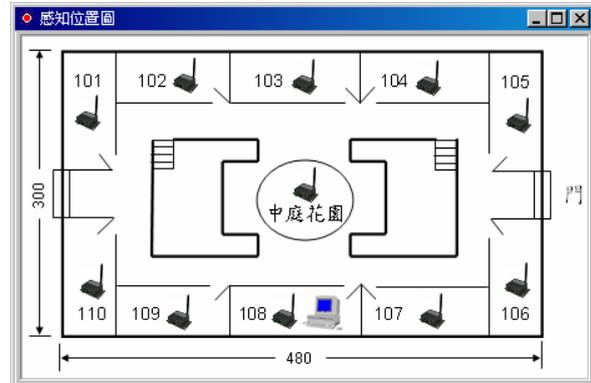


圖 5 建立感知位置圖

#### 3.3.2 圖控定位監視

圖控定位監視是本研究主要畫面，它即時監控各個行動裝置移動的狀態及各個參考點接收到行動裝置 RSSI 值，並經定位系統運算，將行動裝置的位置於圖控介面上正確顯現出來並且標示其標籤號碼，同時即時記錄各個行動裝置移動新資訊(標籤、時間和位置)。當產生移動 Event 時系統將根據此行動裝置標籤號碼至資料庫作查詢，並取得本地電話號碼及新位置電話號碼，再透過轉接服務經通訊介面下達指令給交換機系統，全程轉接過程可透過畫面作即時監控，如圖 6 所示。

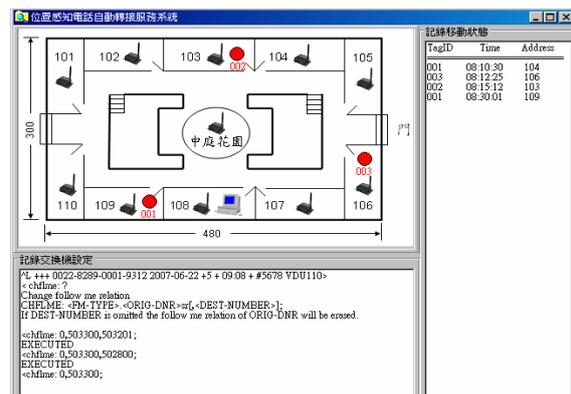


圖 6 圖控定位監視主畫面

#### 3.3.3 資料庫

系統資料庫主要是提供各個行動裝置標籤所對應的辦公室及電話號碼編輯，同時記錄目前定位位置所對應辦公室號碼。此資料庫須在定位系統啟動前先行建立，當感測行動裝置有移動時將根據此資料庫資訊作電話轉接，其資料格式如表 2 所示。

表 2 標籤資料庫

標籤號碼	房間號碼	辦公電話	新位置
001	101	503300	
002	102	502300	
003	103	502800	
004	104	502119	
005	105	503490	
006	106	502890	
007	107	502856	
008	108	503373	
009	109	502888	
010	110	503201	

### 3.3.4 交換機(PABX)轉接服務

本研究所使用的電話系統是飛利浦傳統企業型交換機系統，提供外線 60 門及內線 1500 門號碼，系統提供 Command Line 的指令，可經一般 Rs-232 方式連接，傳輸介面設定為 9600bps, 8 bits, None parity, 我們經由其中一個指令 ChFIME(Change follow me)作為電話轉接設定，其格式為：

```
< chflme: ?
Change follow me relation
CHFLME:
<FM-TYPE>. <ORIG-DNR>sr[, <DEST-NUMBER>];
If DEST-NUMBER is omitted the follow me
relation of ORIG-DNR will be erased.
```

<FM-TYPE>:表示啟動轉接服務的條件

0:表示當有 Ring 時馬上啟動轉接

1:表示當有 Ring 時在原電話響 6 聲沒人接時才啟動轉接

<ORIG-DNR>:表示來源電話號碼

<DEST-NUMBER>:表示轉至目的地的電話號碼

;:表示立刻執行此指令，類似 Enter 鍵

範例：

```
chflme: 0, 503300, 503201;
```

將來源電話號碼503300轉至503201，當有電話打至503300電話交換機將馬上自動轉接至503201。

## 4.實測結果分析

接下來是實測的部份其環境將採用如圖 5 架構，共架設 10 參考點及一台資訊收集定位伺服主機，另外在每一房間各配置一支電話其對應關係如表 2 和 4 個行動裝置標籤。本研究將進行實測分析的項目為：

- 網路佈建
- 電話轉接

## 4.1 網路佈建

本項測試主要統計分析所採用的 ZigBee 裝置，透過一個自組性(Mesh)協定，要完成架設此一實驗網路須花費多少時間？我們將只使用一人力，從定位伺服主機鄰近開始架設，採順時鐘方向由 109->110->001->002->.....至 107，當完成所有參考點佈建，接下來必須再確認所有參考點是否皆與伺服主機完成連線，如有遺漏參考點則須再前往調整前後左右距離使可達成與主機連線，在確認所有參考點皆已連線便完成佈建工作，在本實驗平均架設一參考點只花 10 分鐘左右，花費時間非常短，省去有線網路拉線佈線的時間，且當網路架構更改，所再花費作調整的時間也比有線網路來的快速。

## 4.2 電話轉接測試

此電話轉接測試主要驗證本系統是否可適用在內/外線交換系統，因此我們將各別進行實測：

- 內線電話撥打轉接
- 外線電話撥打轉接

### 4.2.1 內線電話轉接

本項測試是經內線電話轉接，我們利用其中三支電話，分別為 101 房間 503300、105 房間 503490 和 110 房間 503201，首先我們移動 001 行動裝置標籤至 110 房間，當定位系統感知 001 確實移至 110 房間時，應用系統將自動設定交換轉接服務 503300 至 503201，另外使用 105 房間 503490 撥打 503300（如圖 7(a)）時確定已被轉接至 503201，且在 503201 話機上同時會出現二個號碼（如圖 7(b)）左邊是原始被轉接的電話號碼，而右邊則是撥打進來的號碼，當 001 行動裝置標籤再回到 001 房間時，則取消轉接服務，再使用 503490 撥打 503300 時電話則正常響起（如圖 7(c)）。

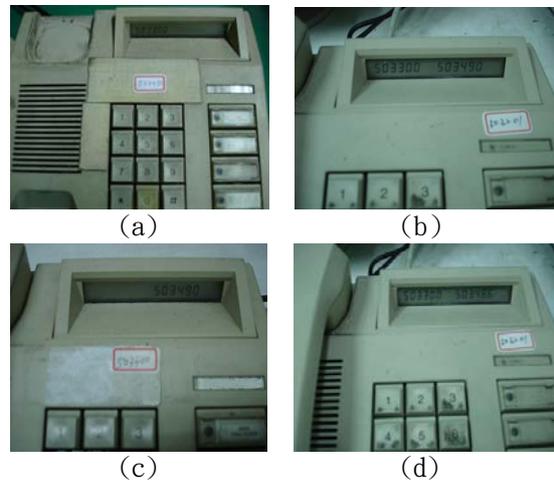


圖 7 電話撥打與轉接

#### 4.2.2 外線電話轉接

本項測試同樣採用上述情境，移動行動裝置標籤 001 至 110 房間，並經系統設定交換轉接服務 503300 至 503201，此時利用外線電話撥打至交換總機並再經由語音服務轉至 503300，此時系統正確將外線電話轉至 503201，如圖 7(c)所示，同樣在 503201 話機上會出現二個號碼，左邊是原始被轉接的電話號碼，而右邊則是透過語音轉接服務撥打進來的號碼。

#### 5. 結論和未來工作

本研究我們實作以位置感知技術應用於電話自動轉接服務，主要因應人們處於忙碌的工作，時常因業務關係須跨部門會審或溝通而離開辦公室，當同事或客戶撥打電話連絡時，往往造成找不到人的現象，嚴重的話可能因客戶連繫不上而錯失爭取業務的機會，為了改善以上問題我們以 ZigBee 技術自組網路建置一個定位感知系統，當人們離開辦公室時，系統可適時得知移動位置將電話正確轉至目前所在位置的話機上。

在我們的定位系統主要提供一個快速、便利的佈建介面，可以方便根據目前地理位置圖(.BMP)匯入系統中，並佈建各感知參考點，同時提供圖控顯示單元，可即時監控顯示行動裝置位置，以達電話轉接服務。在我們實際測試驗證顯示，不管從內線撥打或外線撥打進來的電話皆可正確將電話轉接至正確位置。

在本研究我們是假設一人一行動標籤對應至一門話機上，經實測是可適用在一人一分機或門號上，但對於企業內一般員工多人對應到同一門話機上可能就會有問題，針對此問題正是我們未來精進努力的目標。

#### 參考文獻

- [1] C. Alippi and G. Vanini, "A RSSI-based and calibrated centralized localization technique for wireless sensor networks," *Proceedings of Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, Mar. 2006.
- [2] D. Niculescu and N. Badri, "Ad hoc positioning system (APS) using AOA," *Proceedings of the IEEE Computer and Communications Societies*, pp. 1734-1743, Mar. 2003.
- [3] E. D. Zand, K. Pahlavan, and J. Beneat, "Measurement of TOA using frequency domain characteristics for indoor geolocation," *Proceedings of the IEEE Indoor and Mobile Radio Communications*, pp. 2213-2217, Sep. 2003.
- [4] G. P. Yost and S. Panchapakesan, "Improvement in estimation of time of arrival (TOA) from timing advance (TA)," *Proceedings of the IEEE International Conference on Universal Personal Communications*, pp. 1367-1372, Oct. 1998.
- [5] H. S. Lim, B. S. Choi, and J. M. Lee, "An Efficient Localization Algorithm for Mobile Robots based on RFID System," *Proceedings of IEEE International Conference on SICE-ICASE*, pp. 5945-5950, Oct. 2006.
- [6] J. H. Kim and C. G. Lee, "Location and position recognizing method by wireless Ethernet signal strength in indoor," *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, pp. 670-674, Dec. 2006.
- [7] J. Zhao, Y. Zhang, and M. Ye, "Research on the Received Signal Strength Indication Location Algorithm for RFID System," *Proceedings of International Symposium on Communications and Information Technologies*, pp. 881-885, Oct. 2006.
- [8] M. Bocquet, C. Loyez, and A. Benlarbi-Delai, "Using enhanced-TDOA measurement for indoor positioning," *Proceedings of the IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, pp. 612-614, Oct. 2005.
- [9] N. J. Thomas, D. G. M. Cruickshank, and D. I. Laurenson, "Performance of a TDOA-AOA hybrid mobile location system," *Proceedings of the International Conference on 3G Mobile Communication Technologies*, pp. 216-220, Mar. 2001.
- [10] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "User Location and Tracking in an In-Building Radio Network," *Microsoft Research Technical Report: MSR-TR-99-12*, February 1999.
- [11] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-BASED User Location and Tracking System," *Proceedings of the IEEE INFOCOM 2000*, pp. 775-784, May 2000.
- [12] P. De, K. A. Basu, and S. K. Das, "An Ubiquitous Architectural Framework and Protocol for Object Tracking using RFID Tag," *Proceedings of the First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems*, 2004.
- [13] S. Hara, Z. Dapeng, K. Yanagihara, J. Taketsugu, K. Fukui, S. Fukunaga, and K. Kitayama, "Propagation characteristics of IEEE 802.15.4 radio signal and their application for location estimation," *Proceedings of the Vehicular Technology Conference*, pp. 97-101, Jun. 2005.
- [14] U. Bandara, M. Hasegawa, M. Inoue, H. Morikawa, and T. Aoyama, "Design and implementation of a Bluetooth signal strength based location sensing system," *Proceedings of the IEEE Radio and Wireless Conference*, pp. 319-322, Sep. 2004.
- [15] W. C. Park and M. H. Yoon, "The Implementation of Indoor Location System to Control ZigBee Home Network," *Proceedings of the International Joint Conference*, pp. 2158-2161, Oct. 2006.

- [16] W. Jiang, D. Yu, and Y. Ma, "A Tracking Algorithm in RFID Reader Network," *Proceedings of the Frontier of Computer Science and Technology*, pp. 164-171, Nov. 2006.
- [17] W. Klepal and M. P. Dirk, "Influence of Predicted and Measured Fingerprint on the Accuracy of RSSI-based Indoor Location Systems," *Proceedings of the Positioning, Navigation and Communication*, pp. 145-151, Mar. 2007.