

無線區域網路之位置導向服務品質監測

陳彥錚，國立暨南國際大學資訊管理研究所

陳秋彰，國立暨南國際大學資訊管理研究所

摘要

近年來 IEEE 802.11 無線區域網路蓬勃發展，無線區域網路管理因而日益重要。無線區域網路之網路建置、無線通訊環境、使用者移動性有別於傳統有線網路，也因此無線區域網路實際的服務品質可能因基地台架設位置、周遭訊號干擾、使用者位置、使用者人數而有所不同，如何有效監測無線區域網路服務品質更是無線區域網路效能管理重要的研究課題。本論文提出一個位置導向的無線區域網路服務品質監測機制，利用無線區域網路基地台本身的 SNMP 網管功能，提供網管人員以 WWW 連線的方式在無線區域網路訊號涵蓋範圍依各區域位置進行訊號品質量測；此機制並利用對 IEEE 802.11 連線服務的即時監測，自動搜集及分析一般使用者無線上網時的傳輸速率、訊號品質、訊號強度等連線資料。這些與位置及使用者相依的服務品質監測，是無線區域網路效能管理一大特色，依據這些監測資料，網管人員可進一步調整基地台位置、增減基地台數目、更動通訊頻道，以改善無線區域網路效能。

關鍵字：無線區域網路、服務品質、效能管理、SNMP

1. 緒論

隨著無線區域網路(Wireless Local Area Network, WLAN)快速發展, IEEE 802.11 [7]的 WLAN 標準漸趨於成熟, IEEE 802.11b 相關 WLAN 產品亦成為市場主流, 在可預見的未來, 各大校園、公共環境中將隨處佈滿 WLAN 基地台(Access Point, AP)以提供無線上網服務。在這樣遍佈 WLAN 的環境下, 如何監測 WLAN 上的連線狀況、維持良好的連線品質便成了重要的研究課題。有別於傳統的有線網路, WLAN 仰賴無線傳播技術的特性使其兼具行動性的優點, 但相對地, WLAN 上的訊號傳輸並不如有線網路穩定, 其訊號強度容易隨著距離、障礙物或其他會

產生電磁波的產品之影響而衰減[9]，此類訊號干擾不易掌控，也導致 WLAN 上因位置不同所呈現的服務品質差異性，而此差異性正是 WLAN 網路提供者在維持網路服務品質工作上的一大挑戰。此外，傳統有線網路受實體限制，使用者上線地點固定，上線人數也受限於網路設備連接埠數目，而 WLAN 使用者具行動力，進出網路的情形相當常見，因此同一網路區域使用者人數變動率較高；對 WLAN 而言，上線人數亦是影響效能的重要因素，因此了解各 AP 的上網人口分佈情形也是 WLAN 效能管理重要的一環[2]。由以上論述，我們可以發現傳統有線網路使用者所感受到的服務品質差異性較小，網路效能管理也較為單純，因此其管理技術無法適用於 WLAN [1, 8]，而尋求一個新的、專為 WLAN 所設計的效能管理方式便成了本論文研究的主要目的。

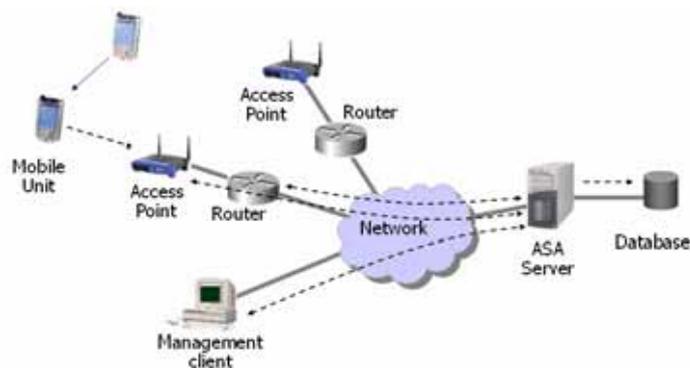
目前網路管理技術多植基於 SNMP (Simple Network Management Protocol) [3] 網路管理協定，多數的網路設備(包括 WLAN AP)皆支援 SNMP，俾使網管人員經由此協定對網路設備進行監控。本論文提出之位置導向的 WLAN 服務品質監測機制，即是利用 WLAN AP 所支援的 SNMP 網管協定及簡便的定位技術，並結合具備無線上網能力的個人數位助理器(Personal Digital Assistant，簡稱 PDA)之 WWW 瀏覽功能，有效地對 AP 所涵蓋區域各位置進行服務品質監測分析。我們發現 WLAN 的行動設備進出網路時，在 AP 上會有即時的連線(Association)記錄，而為了搜集使用者連線服務品質資料，我們的監測機制即利用此紀錄的特性，以陷阱式(Trap-Based)的網管模式偵測使用者連線動作，並即時以 SNMP 至 AP 擷取連線資料，得到最正確完整的服務品質資料。這種有別於傳統輪詢式(Polling)的網管方式，非常適合監控 WLAN 上使用者動態連線情況，並提供使用者導向的效能管理。配合此 WLAN 監測機制，我們並研發一套網頁式(Web-Based)的 WLAN 效能管理系統，此管理系統具有(1).即時性監控管理，(2).簡易的訊號收集方式，(3).精確的地點訊號量測，(4).清楚的地圖介面顯示，以及(5).連線服務品質統計等優點，使得網管人員能夠掌握所管轄的 WLAN 區域之服務品質，此外網管人員也可依據此系統之監測資料，調整 AP 位置使 AP 更貼近多數使用者存取網路的地點，或是於同一鄰近區域增設 AP 來降低熱點的程度以改善 WLAN 服務品質，而對於服務品質異常的 AP 並可考慮變動通訊頻道以避免可能的訊號干擾源[11]。由於本論文強調 WLAN 因位置不同產生的服務品質差異性，我們進一步利用所研發的網管系統搜集的資料，分析距離與訊號強度、連線速度、訊號品質之關係，除了幫助我們了解 WLAN 的傳輸特性，也印證本論文的觀點，為本論文所提的服務品質監測機制提供一個重要實證。

2. 位置導向的服務品質監測

我們可以了解若欲得知 WLAN AP 訊號涵蓋範圍不同位置的服務品質，至各地點做實地量測是最直接且準確的方式，而藉由許多 WLAN 網卡所附軟體，我們不難從中得到連線強度、品質、及連線速度資料，不過若要在所有的量測地點記錄位置、計算距離、儲存相關服務品質資料、以及進一步統計分析，這些工作若由網管人員至每一地點逐一操作並紀錄，勢必非常費時費工[12]。針對如此繁瑣又無法避免的工作，我們提出一個非常簡易的位置導向服務品質監測機制。此服務品質監測機制之特色有四：(1).利用 AP 之 SNMP 功能的服務品質監測，(2).網頁式的服務品質監測介面，(3).利用網頁影像地圖(Image Map)功能記錄監測位置，(4).輔以定位技術的服務品質監測。我們發現 AP 本身會記錄與之連線的行動設備之連線強度、品質、及連線速度資料，因此服務品質之監測便不一定需在行動設備端進行。我們在網路上放置伺服器負責至 AP 搜集服務品質資料，網管人員每到一監測地點只要進行 WLAN 連線，並利用行動設備通知該伺服器，服務品質的監測與記錄的工作便可交由該伺服器自動完成。其次，為了同時記錄網管人員所在位置，我們希望網管人員使用行動設備通知伺服器進行服務品質監測時，也能同時將網管人員位置資料告知伺服器。針對此需求，我們發現常運用於網頁瀏覽的影像地圖功能，可以將使用者在影像上所點選位置的座標資料傳送給 Web 伺服器，因此我們將服務品質監測伺服器也設計成一個 Web 伺服器，網管人員可以使用行動設備上的瀏覽器連至監測伺服器，此時在瀏覽器上會顯示依照實際環境所繪製的地圖，然後網管人員只需依據所在位置點選地圖上對應座標，其所在位置之監測資料以及與 AP 的距離便可由伺服器端紀錄並計算得知。為更加提升紀錄工作的便利性，我們輔以簡易的 WLAN 定位技術以了解網管人員目前位於哪一個 AP 的管轄範圍，並進一步在行動設備的瀏覽器上自動顯示該 AP 所在地圖，此外，網管人員點選地圖後，服務品質監測伺服器也可以知道要向哪一個 AP 讀取資料。因此，藉由此位置導向服務品質監測機制，網管人員只需拿著 PDA 四處走動並依據所在位置點選網頁中的地圖位置即可完成所有資料收集的工作。至於服務品質監測所有結果，網管人員可以使用 PC 連到伺服器觀看。

圖一為位置導向服務品質監測機制的實體架構。其中負責服務品質監測的伺服器稱為連線監視代理人(Association Surveillance Agent, 簡稱 ASA)，ASA 負責接收從各 AP 所發送出的 SNMP Trap，並分析其中與連線服務(Association Service)相關的 Trap 以了解各使用者的連線情形。由於在 WLAN 中行動設備欲連上網路時必須先與 AP 建立連線，此時的連線動作即 IEEE 802.11 標準[7]所定義的連線

服務，再加上終止連線的離線服務(Disassociation Service)，以及發生在行動設備因移動而從某一 AP 移至另一 AP 時的重新連線服務(Reassociation Service)，當任一種服務發生時，AP 均會發送 SNMP Trap 通知管理伺服器，因此我們可設定所有管轄的 AP 將所發出的 Trap 送至 ASA，ASA 便能從這些 Trap 中的參數得知哪些行動設備目前與哪些 AP 有連線關係。由於 AP 在室內環境訊號傳輸範圍約在 30 公尺以內，當使用者由某一 AP 連線時，即表示此使用者目前在此 AP 附近，因此配合此定位資訊[4]便可達到位置導向的服務品質監測。我們運用此定位資訊將對應的地圖顯示在行動設備的瀏覽器上，無論網管人員如何移動，瀏覽器會隨之顯示正確的地圖，因此網管人員在品質監測過程中無需自行選定地圖。此外無需網管人員的告知，ASA 亦可知道該至哪一個 AP 搜集服務品質資料。

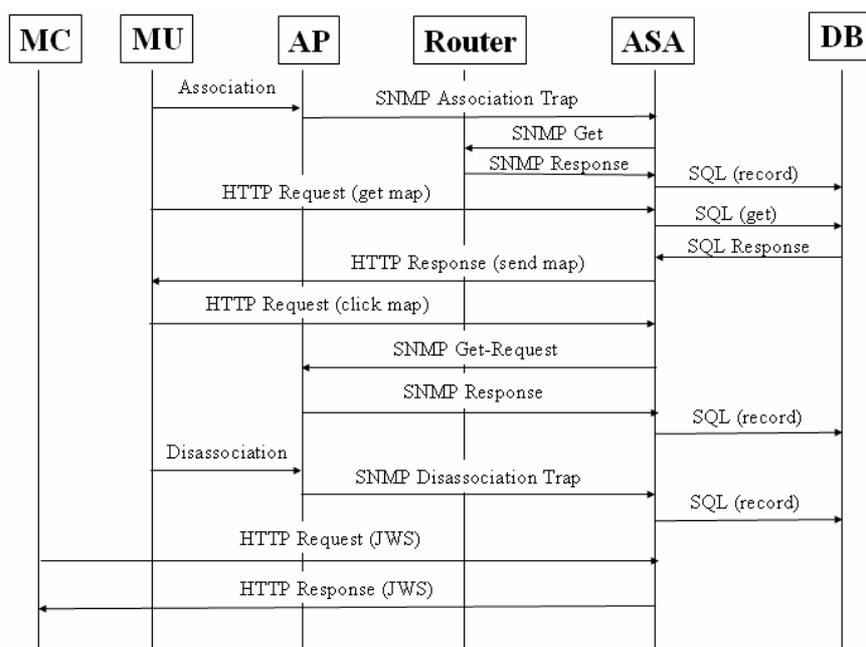


圖一 位置導向服務品質監測機制之實體架構

圖二為監測機制量測各位置服務品質的循序圖，相關監測步驟說明如下：

- (1).網管人員使用行動設備(MU)與某一 AP 進行連線。
- (2).AP 發出 Association Trap 至 ASA，ASA 從 Trap 中取得 MU 的網卡位址(即 MAC 位址)。
- (3).ASA 以 SNMP 至 AP 的預設路由器(Router)的位址對應表讀取 MU 之 IP 位址。
- (4).ASA 將 AP 與 MU 的連線資料記錄至資料庫。
- (5).MU 開啟瀏覽器連接至 ASA 之服務品質監測地圖網頁。
- (6).ASA 從 HTTP 要求中得到 MU 的 IP 位址，並使用此 IP 位址至資料庫讀取 MU 所在 AP 區域資訊。
- (7).ASA 依據 MU 所在 AP 區域資訊傳回對應的地圖資訊至 MU 的瀏覽器。
- (8).網管人員點選依其所在地點點選瀏覽器中地圖上對應位置。
- (9).ASA 以 SNMP 至 MU 所連線之 AP 取得連線服務品質資料。
- (10).ASA 將所得服務品質資料及網管人員點選地圖之座標資料記錄於資料庫。

- (11).MU 斷線或離開 AP 範圍。
- (12).AP 發出 Disassociation Trap 至 ASA。
- (13).ASA 至資料庫刪除此 MU 目前連線記錄。
- (14).網管人員使用 PC 以瀏覽器連至 ASA 觀看監測結果。



圖二 位置導向服務品質監測循序圖

在以上步驟中，若網管人員在同一 AP 涵蓋區域內進行監測，則步驟(8)~(10)會一直重覆直執行。若網管人員移至另一 AP，則重新回到步驟(1)繼續執行。

除了實地量測 WLAN 品質之外，一般的使用者在使用 WLAN 時實際上所感受的服務品質，更是網管人員的興趣所在。雖然 AP 對與之連線的行動設備會記錄相關連線資料，不過這些資料在行動設備離線後也可能會隨之消失，因此傳統常採用的輪詢式監測網管模式並不適用於此。輪詢的監測方式需每隔一段時間由系統至各 AP 擷取網管資訊，不但會消耗網路頻寬，若有行動設備在兩次輪詢間連線並斷線時，更無法取得所有行動設備連線時的服務品質資料。對於此一問題我們使用陷阱式的監測方式，由於 ASA 可以收到與連線相關的 Trap，因此我們可以在使用者與 AP 連線時，隨即至 AP 擷取對應的服務品質資料，如此一來除了可以獲得完整的服務品質資料，也不會浪費任何網路頻寬。除了使用者連線的訊號強度、訊號品質、及連線速度監測外，我們更可利用收到連線與斷線 Trap 的時間差計算使用者連線時間，並統計各個 AP 的使用者人數，以便從實際連線

情形了解 WLAN 使用分佈情形，並配合所得到的資料推測使用者存取 WLAN 的環境的優劣。由 Trap 所觸發的使用者連線服務品質監測之步驟，類似前述監測步驟之(1)、(2)、及(9)~(13)。不同的是沒有使用者精確的位置資料，而是在 ASA 收到使用者離線 Trap 時會額外記錄連線時間長短以及更新連線人數統計。

3. 系統實作

我們使用 Java 語言研發一套網頁式 WLAN 效能管理系統。並利用 AdventNet 公司的 SNMP API 實作 SNMP 網管功能，ASA 為使用 Linux 平台的伺服器，用以執行主要網管程式，並安裝 MySQL 資料庫儲存網管資訊。WLAN 效能管理系統所納管的 WLAN AP 為 Cisco Aironet 350 [6]，AP 所支援的 IEEE802dot11-MIB[7] 及 AWCVX-MIB[5] 管理資訊庫模組提供了連線服務品質資料以及所需的 Trap。網管人員用來定點量測的行動設備為支援 WLAN 功能的 PDA，PDA 無需安裝任何監測程式，只要有標準的 Web 瀏覽器即可，本論文實作以 Acer n20w Pocket PC 為測試裝置。茲將此效能管理系統系統提供的主要功能分述於后。

3.1. 定點品質量測

本系統之定點品質量測功能提供網頁式的地圖瀏覽介面(如圖三所示)，方便網管人員收集資料。由於行動裝置在進入 WLAN 並經由 AP 連線時，ASA 會記錄裝置所在地區，因此網管人員欲收集各地點連線狀態資料時只需攜帶 PDA 移動到一定點後開啟此地圖網頁，系統將自動依照記錄顯示此地區之地圖，網管人員只需點選所在座標即可由 ASA 自動取得 AP 中之資料並完成複雜的紀錄工作。



圖三 網頁式定點品質量測介面

3.2. 位置導向的管理介面

此功能提供管理者檢視所有收集之資料的介面(如圖四所示)。在網管人員收集各地點的連線狀態資料後，可使用一般電腦的瀏覽器開啟網管系統以查看結果。有別於傳統有線網路以網路連結導向的管理介面，此管理系統提供位置導向的管理介面，將資料依照位置區域關係呈現，網管人員可從樹狀階層的選單選定某一區域，此時系統會顯示該區域的地圖，並於地圖上標示該區域中的 AP。當網管人員想了解某一 AP 訊號涵蓋範圍的監測情形，只要點選該 AP，地圖上便會顯示各位置相對於該 AP 的訊號強度，並依強弱不同，由弱而強分別以灰、紅、橙、黃、綠、藍、靛、紫等八種顏色代表不同等級。藉由觀察此位置導向的訊號強度分佈圖，網管人員可對各個 AP 所涵蓋之範圍內的訊號強弱分佈情形一目瞭然，獲得最直接的參考資訊。例如，從圖四所顯示某一 AP 的訊號強度分佈圖，我們可以看到較接近 AP 的位置有較好的訊號強度表現，但有牆阻隔的房間內，訊號強度確實受到影響。藉由這種以地圖方式所呈現的訊號強度分佈，也可以讓網管人員推測各 AP 之佈設位置是否合適，了解 AP 是否能發揮其最大效能，並進一步對 AP 之佈設作最佳化，因此我們認為這種位置導向的管理介面，是呈現 WLAN 效能管理最佳的方式。此外，以地圖方式顯示服務品質分佈，無法提供詳盡的原始量測數值資料，此 WLAN 效能管理系統也另外提供數值列表的介面，以供網管人員參考。



圖四 位置導向的 WLAN 效能管理介面

3.3. 連線服務品質統計

本系統另外對於各 AP 上每一個連線均有搜集服務品質資料並加以統計，網管人員可選擇特定 AP 並查詢該 AP 的資料傳輸速率、訊號品質、訊號強度等各項百分比統計圖(如圖五所示)。此功能針對個別 AP 的所有使用者上線時的連線狀況作百分比統計。由此統計圖可得知所有使用者經由此 AP 連線之整體情形，亦可大概了解此 AP 提供之服務成效是否良好，並判斷 AP 擺設位置是否需要改進，以便更貼近使用者日常上網的地方，或遠離訊號干擾源。



圖五 AP 服務品質百分比統計介面

3.4. 結合 MRTG 的服務品質統計

除了各 AP 的服務品質之百分比統計外，此效能管理系統並結合知名的 MRTG (Multi Router Traffic Grapher) 網管工具[10]，將各 AP 在不同時間的流量、使用者人數、以及資料傳輸錯誤比率依日、週、月、年統計區間繪製統計圖 (如圖六所示)。AP 的流量統計，乃針對 AP 的無線網卡介面的流入與流出位元組數目進行統計，可以了解其負載情形。AP 的使用者人數統計，則是藉由紀錄 ASA 在各個時間點所收到的連線與斷線 Trap 數目計算而得，由此讓網管人員了解使用者人數變化情況，並得知真正的熱點發生在哪些 AP 及哪些時段。而 AP 錯誤比率統計則可讓網管人員了解 AP 整體服務品質是否受周遭環境干擾。



圖六 結合 MRTG 的 AP 服務品質統計

4. WLAN 無線傳輸距離實驗

無線傳輸對效能的影響在 WLAN 的領域中仍是重要的研究議題之一，而本論文所提的位置導向服務品質監測機制，除了作為效能管理外，亦可作為我們探討此類問題研究之用。本節將展示使用本系統收集得到之資料所做的分析，我們針對定點量測中系統所錄之行動設備在各地點連線時之訊號強度、與 AP 之距離、連線速率進行分析。由於我們使用地圖座標的呈現方式記錄地點資料，因此可以很容易計算出記錄點與 AP 間之距離關係。以下為距離換算公式：

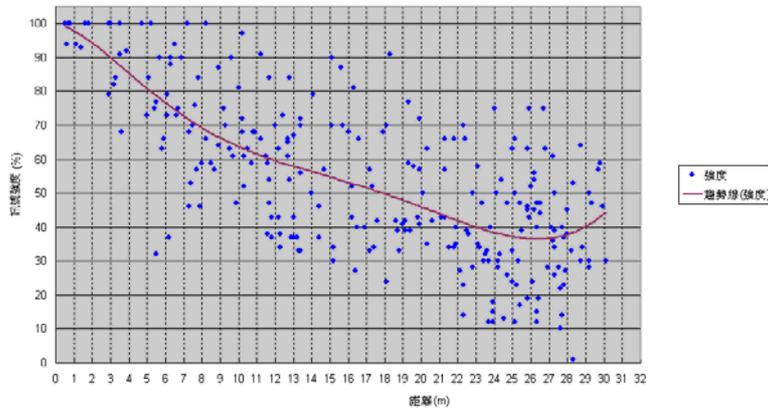
$$\sqrt{\left(\frac{(X_1 - X_2) \div M_X \times T_X}{M_X \times T_X}\right)^2 + \left(\frac{(Y_1 - Y_2) \div M_Y \times T_Y}{M_Y \times T_Y}\right)^2} \quad (1)$$

其中 (X_1, Y_1) 為AP座標， (X_2, Y_2) 為記錄點座標， M_X 、 M_Y 為地圖之長、寬， T_X 、 T_Y 則為實際的距離長寬，由此簡單的距離公式便可求得測量點與對應AP之估計距離。以下將探討各地點所量得的訊號強度、品質、傳輸速率與距離之間的關係，並針對所顯示的實驗結果提出我們的看法。

4.1. 訊號強度與傳輸距離

圖七以訊號強度為縱軸座標、距離為橫軸座標描繪出距離與訊號強度之關係圖，此圖最大之距離值為 30 公尺是由於實際量測時受限於建築物之範圍，而非 AP 之通訊能力。由此圖可見，量測點距離 AP 越近則連線訊號強度值普遍偏高，距離越遠則訊號強度值漸降至 50% 以下，而同一距離座標上不同之強度值間的差異則顯示出無線環境中受到干擾、障礙物等影響所產生的變化程度。由趨勢線可看出訊號強度隨距離增加所產生之變化，距離越遠則訊號強度有減弱的趨勢。而

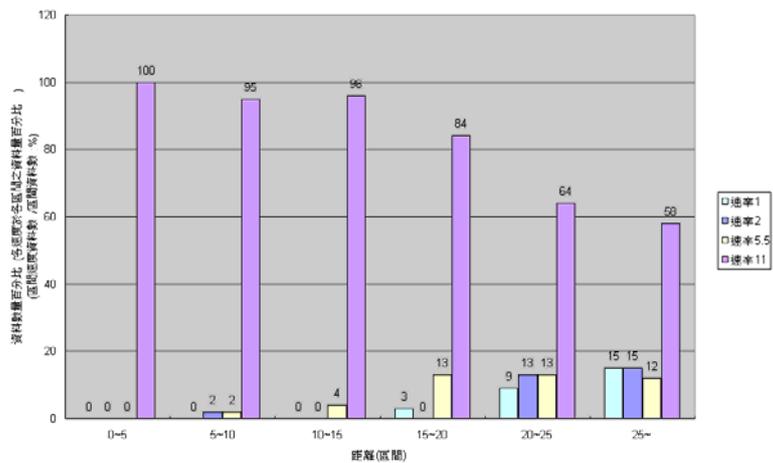
圖中距離座標末端之趨勢線微揚則是由於距離 AP 較遠的測量點多分佈在不受障礙物阻隔的走廊上或受距離及障礙影響而無法連線的地點，而導致此一結果。



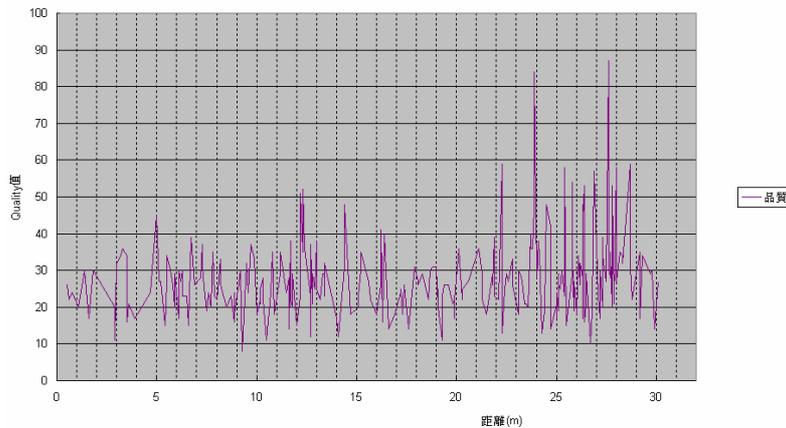
圖七 訊號強度與傳輸距離關係圖

4.2. 連線速率與傳輸距離

802.11b WLAN 之連線速率分為 1 Mbps、2 Mbps、5.5 Mbps、11 Mbps 四種，隨著訊號強度的改變，連線速率會自動調整以維持良好的連線狀態，圖八則顯示此一速率值與距離間的關係。此圖以每五公尺為一距離區間，分別繪出該距離區間中分別以四種速率連線之數量佔該區間總資料數之百分比。如區間 15~20 中第三個資料數為 13，即表示在 15~20 公尺間，有 13% 的連線數量是以 5.5Mbps 之速率連線。由圖可見，距離 AP 5 公尺以內時，連線速率均維持在 11Mbps 最佳狀態，而當距離漸遠至 5~10 公尺時則連線速率有 2% 的情形調降至較低的 5.5Mbps，2% 降至 2Mbps，直至 20 公尺後連線速率降至 2Mbps 甚至 1Mbps 的情況更明顯增加。



圖八 連線速率與傳輸距離關係圖



圖九 連線品質與傳輸距離關係圖

4.3. 連線品質與傳輸距離

圖九為訊號品質與距離之關係。訊號品質之值在距離 AP 較近時多維持在 50 (訊號品質量化值為一介於 0 至 100 之間的相對值，100 表示最佳，0 則最差) 以下，但並沒有明顯關係，數據中超過 23 公尺後部分數值超過 60 的情況，可能是實驗環境影響。由於影響訊號品質的因素主要自於周遭環境的干擾源或障礙物，在我們的實驗中，距離較近的量測點多在有電腦設備及家具的實驗室，距離較遠的量測點則在空無一物的走廊上。因此此實驗也反應出環境會影響連線的品質。

5. 結論

無線網路的發展雖然仍植基於傳統有線網路的觀念，但因兩者的傳輸介質完全不同，使得無線網路和有線網路具有截然不同的特性，沿用自傳統網路的管理方式也無法完全滿足無線環境的管理需求。由於無線環境不受限於實體線路的鋪設方式，只要仍在無線 AP 的範圍中就能連上網路，大幅提高了使用者的移動性和便利性，但也降低了傳輸的穩定性和安全性，也因為高移動性影響了使用者的使用方式，因此管理上也需考慮到使用者的行為習慣，如群集區域、上線人數、時間等，許多有線網路環境中不存在的問題都在無線環境中浮現出來，也更顯現出無線網路管理的困難。

本文針對 WLAN 提出一個新的位置導向服務品質監測方式，利用普遍實作於網路設備上的 SNMP 管理功能，以及 WLAN 特有的連線相關 Trap 及 MIB 資訊，幫助網管人員快速地收即服務品質資料。我們也以位置導向的觀念設計

WLAN 效能管理系統，提供 WLAN 特有但傳統的網路管理系統所沒有的監測項目。此外，我們所做的傳輸距離實驗，除了展示本論文所提監測機制的便利與效益，同時也印證位置導向的網路管理模式對 WLAN 的管理之必要性。

參考文獻

1. AirDefense, Inc., Understanding the Layers of Wireless LAN Security & Management, AirDefense White Paper, 2003.
2. A. Balachandran, G.M. Voelker, P. Bahl, and Rangan P.V. Characterizing User Behavior and Network Performance in a Public Wireless LAN. Proceedings of SIGMETRICS, June 2002. pp.195-205.
3. Case, J., Fedor, M., Schoffstall, M., J. Davin. Simple Network Management Protocol. RFC 1157, May 1990.
4. Yen-Cheng Chen, Yao-Jung Chan, Cheung-Wo She, Enabling Location-Based Services on Wireless LANs, Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Networks, Sydney, NSW, Australia, Sep. 2003, pp.567-572.
5. Cisco Systems, Inc., Cisco AWCX MIB- "awcVx Management Information Base", <http://berlin.ccc.de/~gunjin/awcVx.mib>, 2003.
6. Cisco Systems, Inc. Cisco Aironet 350 Series Access Points, http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/witc/ao350ap/prodlit/carto_in.pdf, 2003.
7. IEEE Std. 802.11-1999, IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Network:-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, IEEE, 1999.
8. InfoTech, Wireless LAN Network Management White Paper, http://www.sniffer.com/common/media/sniffer/us/products/pdf/wp_us_wireless_lan.pdf, 2003.
9. A. Kamerman and N. Erkocevic, "Microwave Oven Interference on Wireless LANs Operating in the 2.4 GHz ISM Band", in Proc. Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, The 8th IEEE International Symposium, Chattanooga, USA, 1997, pp. 1221-122.
10. Tobias Oetiker and Dave Rand, Multi Router Traffic Grapher, <http://www.mrtg.org/>, 2003.
11. Ambuj Tewari and Utkarsh Srivastava, A Distributed Monitoring System for Troubleshooting Wireless Networks, BTech Project Reports, <http://www.cse.iitk.ac.in/research/btp2002/98391.html>, 2002.
12. 黃世杰、林志杰、周明忠，輔以個人數位助理於無線區域網路中最佳存取點之佈設，2002 年全國電信研討會，2002。