

校園無線資訊服務之發展與效能研究

Development of Wireless Campus Information Services and Investigation of Performance Issues

王煌城 洪啟堯

國立宜蘭大學電子工程系

hcwang@niu.edu.tw

摘要

無線區域網路技術發展快速，價格持續滑落，使其應用日趨普遍。無線區域網路建置的最佳環境之一厥為大學校園，既符合電子化學習(e-learning)的潮流，更由於脫離有形網路的束縛，可以達到學習不受時空限制的理想。本文以 802.11b 無線區域網路與手持式資訊設備如 PDA 為基礎，設計高度互動式的校園資訊服務環境，我們描述這些服務的具體實現方法並與現有方法加以比較。由於此類系統對反應時間等效能指標有相當高的要求，而無線網路頻寬又遠低於有線網路，手持式資訊設備之資源與桌上型系統亦有相當差距，故我們也對所建置系統之效能進行理論上之分析與實際之量測，可做為建置無線校園網路環境之參考。

關鍵詞：資訊服務、行動學習、PDA、無線區域網路、系統效能分析

Abstract

Recently wireless local area network (WLAN) has drawn much attention. Many mobile devices have built-in WLAN capability. Among them personal digital assistants (PDAs) are particularly well poised because of their light weight and significant processing power. But as manifested by many information technologies, the ultimate success of WLAN and WLAN-capable products hinges on the services afforded by such combinations. As a starting point, we have developed a variety of services for a college campus setting. The services encompass a broad spectrum of campus activities, ranging from learning to entertainment, and are delivered through WLAN to PDAs. In this paper, we describe the overall architecture, the methods and tools used in the development, and the performance aspect of the system. The services form a sound basis upon which more services can be built. Performance analysis based on a prototype system also sheds light on similar studies.

Keywords: information services, mobile learning, wireless local area network, system performance analysis

一、前言

隨著二十一世紀網際網路與資訊科技的蓬勃發展，使得資訊科技的應用步伐邁入另一新紀元。而無線區域網路的出現打破了傳統的有線網路系統，其安裝簡便、移動性高、低輸出功率等等的特色，使得傳統有線區域網路的組態大大改變。由於無線區域網路具有不需要連接即能傳送大量資料的特性，使得無線區域網路能夠被廣泛應用在架設困難及需要便利性的場合。

無線網路之技術帶來的最大優點，莫過於「隨時隨地可上網」。根據 IDC (International Data Corporation) 的調查報告顯示，無線網路使用率不斷上升，以美國地區估計，無線上網的使用將由 2000 年的 500 萬人，以每年 73% 成長率，至 2005 年無線上網人口將預計達到 8400 萬人[3]。處理器主要廠商 Intel 公司所推出的筆記型電腦更以內建無線區域網路功能、隨時隨地可上網為主要訴求。在台灣，無線高頻寬網路也呈現蓬勃發展，隨著 IPv6 漸被採用，政府部門投入經費支持相關研究與環境建置，主要廠商紛紛開發無線上網之軟硬體產品，使產品價格快速滑落，對行動計算有利的各項因素正逐漸形成。

在校園內建構無線網路環境，則師生可攜帶各種手持式資訊設備如 PDA、手提電腦、平板電腦等，利用無線網路上網，達到在校園內任何時間任何地點，皆能提供網際網路存取服務，而又能節省建置有線網路的經費。PDA 等設備體積輕薄短小，攜帶輕便，且內建嵌入式作業系統，提供資料處理及傳輸功能[4]。利用 PDA 連接無線區域網路，可隨時上網，不受時間及空間限制。

校園無線網路能夠加強學習資源機動分享，以實際例子而言，電信國家型計畫為推動校園 WLAN 環境建置與應用開發，已邀集國家實驗網路維運人員及學者專家們的積極參

與，並著手實際建置校園無線區域網路實驗以及公眾區域無線上網的服務 [3][9]。如今國內各大專院校紛紛建構校園無線網路，部分學校已全面建構無線上網環境，如文化大學於台北市區教育推廣部建造全校園無線區域網路環境，提供無障礙學習環境，讓全校師生享受網路便利所帶來的學習樂趣。可見建構完善的校園無線網路如今已成校園 e 化和數位化之熱門趨勢。

由這些跡象觀察，未來無線上網將是一股潮流與趨勢，而關鍵在於如何在無線網路下建構一實用之應用性資訊服務以符合使用者之需求。本文提出如何在校園中建構一套資訊服務系統，以達成校園無線動態資源分享，並使用 PDA 結合無線區域網路，讓全校師生皆能便捷地獲得所要的校園資訊，包括分享即時影音、使用者互傳語音訊息、線上即時新聞與氣象、學生成績與操行查詢、校園周邊商家資訊查詢、數位簽名技術、觀看校園網路攝影機畫面、透過遠端紅外線遙控攝影機鏡頭及門禁裝置等，實現行動學習目標。並對所開發系統之效能進行分析，以評估其在實際應用環境中之可行性。

以下第二節首先描述系統架構，並說明系統設計方法，且亦考量軟體、硬體、與網路技術之影響。第三節說明系統建置與所完成之資訊服務項目，第四節以定量方法分析系統之效能，第五節為結論與建議事項。

二、目的與方法

我們以 Windows CE 之 PDA 為平台，採用 802.11 系列之無線網路通訊標準，使用 Visual Basic 所提供的 Winsock 控制元件與 RDA (Remote Data Access) 方式開發傳輸介面，做為校園無線資訊服務伺服器與 PDA 間資料傳輸溝通之用，讓使用者能享受行動資訊服務，進而提升學習成效。

圖 1 為本系統之實體架構圖，這是一個整合有線與無線區域網路所構成的資訊服務系統，無線區域網路為系統與使用者間之主要溝通媒介，無線區域網路以基地台(access point)為核心，連接至同一基地台之無線裝置形成一基本服務群組(basic service set);有線區域網路則提供無線區網一分配系統 (distribution system)，負責無線基地台間之連接，形成一擴充服務群組(extended service set)，同時也提供無線區域網路與網際網路連接之管道，本系統之資訊服務主機(server)即透過此有線網路連結外部網際網路，提供更為完整之資訊服務。

就操作而言，配備無線區域網路卡之 PDA 裝置經由 2.4 GHz 的無線電波連接基地台，再連接至路由器 / 橋接器 (Router /

Gateway) 利用路由器所具備之 DHCP Server (動態設定 IP 位址協定主機) 功能，自動取得虛擬 IP 位址，完成與資訊服務主機之連結後，即可取得各項資訊服務。此外，受限於無線區域網路之功率，為期在校園內任何角落皆能順利接收無線網路訊號，故我們利用有向與全向天線搭配基地台以提升訊號強度，避免因訊號衰減過大，而產生網路中斷的風險[8]。

圖 2 為本系統之邏輯架構圖，其中「SQL Server CE Client Agent」乃「用戶端之代理程式」。Windows CE 主從式資料庫架構提供 RDA (Remote Data Access, 遠端資料存取) 的方式，讓 PDA 端可以存取 SQL Server 上的資料庫，此方式建構於 SSCE (SQL Server CE Edition) 中的遠端資料存取物件。RDA 方式在實際操作上，必須由 PDA 端主動連結遠端 SQL Server。PDA 端的應用程式執行任何與 RDA 有關的動作都要透過此代理程式。

如圖 2 所示，由於「用戶端之代理程式」與「IIS Server 端之代理程式」(即「伺服器端之代理程式」)之通訊必須使用 HTTP 協定，因此我們在 SQL Server 端建構 IIS(Internet Information Server) 虛擬目錄，以提供於 RDA 操作上，PDA 與 SQL Server 端使用 HTTP 通訊協定進行資料傳輸，並支援存取認證(access authentication) 與權限開放之認可。

RDA 分為 Pull、Push 及 SubmitSQL 三種方法，Pull 是從 Server 端的 SQL Server 上的資料庫取得資料，並儲存到 PDA 端的 SQL Server CE 資料庫檔案中。Push 則反之，乃將 PDA 上的 SQL Server CE 資料庫中改變的資料，傳回到 SQL Server 中的資料表。SubmitSQL 則傳送 SQL 指令到 SQL Server 上，並且在 SQL Server 上執行此指令[1]。

此外，如圖 2 所示，本系統亦使用 Winsock 元件做為 PDA 與 Server 端資料傳輸媒介。Winsock 支援兩種通訊協定，分別是 UDP (User Datagram Protocol) 及 TCP (Transmission Control Protocol)：

- UDP 通訊協定為非連結式的通訊協定 (Connectionless Protocol)，提供快速而非可靠的傳輸模式。
- TCP 通訊協定為連結式的通訊協定 (Connection-Oriented Protocol)，用戶端與伺服器端須先建立網路連結，才能進行資料傳輸[6]。

由於 TCP 採取之連結式通訊協定，提供錯誤偵測、資料復原及資料重送等機制，適合用於提供大量資料的傳遞並確保其傳遞無誤，符合本系統需傳輸大量資料之訴求，故本系統 Winsock 傳輸元件採用 TCP 通訊協定。以 TCP /IP 的 Winsock 方式利用 802.11b 傳送資料，其傳輸時間分析如下。

802.11b 以訊框傳送資料，訊框除 payload 外，尚有定址、錯誤偵測、以及其他控制功能之欄位，各欄位傳送之速度不一。802.11 以 1 Mbps 的速度傳送 preamble 與 PLCP 標頭，其中 preamble 做為同步與標示訊框起始位置之用，PCLP 標頭則用以指示資料欄位的長度；訊框所有其他部分則以 11 Mbps 或環境所許可之最高速度傳送。

802.11b 用以 TCP/IP 協定為基礎之 Winsock 在節點之間傳送檔案，理論分析顯示 [17]，在考慮協定造成之額外負擔，且訊框所有其他部分皆以 11Mbps 速度傳送之下，所得到的最大 throughput 為

$$\frac{8x}{8x/11 + 950} \quad (1)$$

其中 x 為以位元組為單位之 payload 長度，其值可為 0 至 2312。

以上公式分析在成功傳送一筆資料時所發生的一系列事件，包括由傳送端送出之資料訊框、接收端送出的 MAC 層次之確認訊框、接收端送出的 TCP/IP 層次之確認訊框、以及傳送端所送出的 MAC 層次確認訊框等。此外，在連續訊框的傳送之間會有 DIFS 或 SIFS 之間隔，以及隨機的後退時間，故方程式 1 所代表的是較樂觀的 throughput 估計。

方程式(1)之推導假設每一 TCP 封包皆會被確認，但實際上可能並非如此，例如若 TCP 協定採用滑動視窗式 (sliding windows) 的流量控制，則可能對好幾個封包才會作一次確認的動作。當然確認訊框數目減少對 throughput 有幫助。

很明顯地，若 x 值較大或訊框中 payload 位元數較多，則 throughput 也較大。payload 欄位長度可以調整，例如 Cisco Aironet 350 系列網路卡可選用 fragmentation 功能將一筆較長的資料切割成較短的節段 (fragment)，再以封包傳送，表 1 列舉不同節段大小之 payload 所可得到之 throughput。

表 1：節段大小與 throughput 之關係

節段大小 (以位元組表示)	最大 throughput (以 Mbps 表示)
256	1.806
512	3.097
768	4.073
1024	4.834
1536	5.946
2048	6.716
2312	7.029

一無線區域網路環境中的節點數增加，則需要在前述分析之外，另加上由於碰撞 (collision) 造成的後退時間，此值與節點數有密

切關係，節點數愈多，發生碰撞之機率愈高，後退等待時間亦愈長，事實上，contention window 會隨著碰撞次數呈指數成長。此外，就 infrastructure 無線區域網路架構而言，每一節點傳送的速度可能因傳輸品質之差異而有不同，802.11b 支援動態的速度調整，亦即每一節點的實際傳輸速度會隨訊號品質而動態調整，故距離 access point 較遠之節點，其實際傳輸速率可能從 11 下降為 5.5 或 2 或 1 Mbps。[14] 之分析指出，由於 802.11b 採用 CSMA/CA 協定，且各節點皆有均等機會傳送資料，故一無線區域網路系統中只要有一節點速度降低，即可能導致所有節點速度皆降低為該慢速節點之速度。

綜合以上所述可知，一般而言，利用無線區域網路傳送資料，實際上所能得到的傳送速度可能較理論值為低，故實際之效能測量仍有其必要性。

三、研究成果

本研究目標定位於提升校園中資源分享與資訊服務之便利性，使校園網路規劃朝向雙軌制發展，讓目前已有的校園骨幹網路搭配無線網路的延伸，促使無線網路的區域移動特性讓網路擷取的資源擴大。全校師生可透過本系統充分利用校園網路資源，在校園中形成隨處學習、隨處獲得校園資訊支援的無線網路學區。

具有系統認可權限的學生、師長或管理員在校園中，可隨時隨地利用 PDA 進入本系統，如圖 3 所示，管理者於 Server 端可隨時檢視目前連線狀況與登入者資料，PDA 登入畫面如圖 4 所示。系統主頁面則如圖 5 所示，本系統採用全程語音導覽，提供友善的操作介面，並有系統導覽說明，使用者可輕易上手。學生資訊部分如圖 6 所示，可即時查詢各學期成績、操行、校園行事曆，並可動態分享資源及上傳與下載資料等。使用者亦可修改個人資料內容，如圖 7 所示。以下對已完成之資訊服務項目做一簡介。

校園周邊商家服務：如圖 8 所示，包含校園周遭商家服務內容、消費資訊、聯絡地址、聯絡電話與營業時間，並以電子地圖顯示其相對位置。如圖 9 所示，校園周邊商家共分為六大類共 44 家，使用者亦可利用下拉式控制項方便地選取欲查詢的商家資訊。

時事資訊台：Server 端定時自動擷取時事資訊暫存於資料庫系統，即時更新時事資訊，以供使用者查詢。時事資訊分為新聞與氣象兩部分，新聞由台視新聞網發布，而氣象則由中央氣象局發布，Server 端預設為 15 分鐘自動下載更新時事資料庫。為節省 PDA 端系統負擔

並確保時事資訊為最新，故本系統將於使用者進入此頁面時才與系統聯繫，做檢查或更新即時新聞與氣象之動作，此頁面如圖 10 所示，將顯示目前最新的 20 筆新聞與氣象，並以鮮明圖示顯示目前天氣情形。

即時語音訊息：頁面如圖 11 所示，可對特定使用者送出語音訊息，模擬手機進行數位語音通訊，系統利用 Microsoft Win32 Internet API 控制 PDA 進行錄音，將音效檔讀入為二進位檔，使用 Winsock 傳輸至接收端 PDA 再解碼播放。使用者輸入對方姓名，只要對方於線上並同意進入數位語音通訊模式，則雙方達成溝通協議，進入即時語音頁面開始通訊。若當對方不在線上時，亦可選擇留言功能紀錄語音訊息。如圖 12 所示，校園中師長常會使用到語音廣播的功能，此時可簡便的選擇發布對象清單作語音廣播。但我們發現開發工具中的 Winsock 無法傳送二進位資料，原因是當傳送的資料遇到 ASCII 0 時，就停止傳送。因此我們使用 MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) 編碼加密方式，以 6 位元為一個 byte，對應至 printable 字元表再進行傳送，如此可解決 Winsock 傳檔之問題。

即時影音播放：由於 Microsoft 所提供之開發工具皆無直接支援網際網路存取服務，因此我們採取的做法為利用 eMbedded Visual Basic 設計一個 HTMLView，利用此 HTMLView 去嵌入 Windows Media Player SDK for Windows CE 的指令碼，以播放即時影音，頁面如圖 13 所示。

此外，有鑒於無線網路 802.11 系列雖使用 WEP (Wired Equivalent Privacy Algorithm) 加密技術，但其安全性問題仍為多數人所關切，因此本系統設計使用者登入時，將使用者之帳號密碼先行加密保護，透過 Winsock 傳送至 Server 端，經 Server 做 SQL 運算查詢比對後，再將認可結果回覆 PDA 端。

數位簽名編碼與解碼：頁面如圖 14 所示，利用 PDA 做數位簽名紀錄，目前一般做法是為了符合使用者的習慣，所以使用一個 240*80 大小的圖檔區塊作為簽名區（等同於螢幕小鍵盤畫面大小），並且在 PDA 上使用 ADOCE 儲存一筆 bitmap。而我們所發展的技術則以簽名軌跡紀錄方式來編碼儲存簽名，大幅節省了在 PDA 上儲存圖形檔案之空間，並使用純文字檔儲存 16 進位數值，可直接套入 Database 或 XML，比起傳輸圖檔擁有更高的便利性。亦可隨時解碼於系統中觀看簽名紀錄。如表 1 所示，此紀錄軌跡之數位簽名儲存方式可大幅降低 PDA 磁碟儲存空間，亦可推廣於校園之外，如一業務員手持 PDA 拜訪客戶，此技術將有助於降低系統的硬體空間成本需求。

表 2 數位簽名編碼之儲存大小比較

儲存格式	所需磁碟空間/張
本研究之數位簽名編碼方式 (16 進位純文字檔)	依軌跡多寡而定，0.5KB - 1.5KB
GIF 檔/JPG 檔	5.2KB
256 色 BMP 檔	19.3KB
24bit BMP 檔	55.5KB

註：簽名圖之大小皆為 240 x 80 pixels

校園裝置監控：頁面如圖 15 所示，利用 PDA 監控各項校園裝置，是我們希望擁有的功能。首先我們考量網路數位攝影機角度之控制，可行之方式有二：第一是利用 PDA 的序列埠來作輸出/輸入控制；第二是使用紅外線傳輸控制裝置，此法亦可與第一種方式結合；第三是類似採用資訊家電控制的方式，將裝置連接上代理伺服器 (proxy) 或是網頁伺服器 (web server) [10]。

上列三種實現方式的比較如圖 16 所示，第一種方式的有線控制完全侷限了 PDA 之機動性，實用性並不理想。至於第二種方式亦需於紅外線有效範圍內才能進行控制，也侷限了控制範圍，並不能算是一種完善的解決辦法。第三種方式則透過無線區域網路控制，如此可大幅提升控制距離，但仍應注意必須由 Server 經由傳輸線或無線發射 / 接收電路直接傳送 / 接收控制電路之訊號，以期達成遠端監控之目標。

目前此部分之實作已實現，控制過程首先由使用者於 PDA 上透過無線區域網路，發出命令，此命令經由 RDA 的方式變更 Server 端 SQL Server Control Status Database，而此一動作亦會觸發系統事件，並經由序列傳輸線發送控制訊號，一旦接收端控制電路認可此控制訊號，立即對相對應的校園裝置發出使用者所希望達到的控制命令。

綜合來說，此控制電路部分具有一定的優點，不需複雜的系統設計、易於實現、效果趨近於預期等。目前實務上已作到可控制攝影機轉動以及校園門禁開鎖，如未來校園裝置數量眾多，可獨立出一至數台裝置監控伺服器，而每台伺服器則負責處理一至數台校園裝置，如此架構則可擴充到更多的校園裝置。

校園教室暨選課查詢：

本功能主旨為透過校園地圖或個人課表查詢教室所在位置。如圖 17 至圖 21 所示，校園平面圖 → 大樓簡介 → 樓層平面圖 → 教室資訊 ↔ 課表查詢，使用階層式導覽查詢教室位置，使用者為期能更快速的了解校園教室位置。此部分採用 RDA 方式更新校園教室等資訊，且系統將自動紀錄上次更新時間，以免多次下載重複的資訊造成網路頻寬消耗。

四、效能評估

我們對一簡單的應用環境進行系統反應時間的實測，以了解其效能。在實測過程中，我們已排除各種干擾，如藍芽或其他有可能在 802.11b 之 2.4 GHz 的頻譜上運作的干擾源。並且固定接收地點，PDA 是選用 Acer n20W 內建 802.11b 進行傳輸，而無線網路基地台則使用 Buffalo WLAR-L11-L，其最大傳輸距離為 25 公尺/11Mbps，並固定 PDA 端與無線網路基地台距離為 3 公尺，由此我們測試一次傳輸全部商家圖片資料庫，與一次只傳輸一張圖片的結果，如圖 22 所示，圖中數據皆為測試 15 次所取得之平均值。

此圖顯示，一次只下載一張所需圖片的時間比傳輸整個商家圖片資料庫來得快了許多。由於前述頻帶干擾與距離不定的因素已被排除，因此我們假設每次傳輸速率十分接近。在圖 23 中，可以推測當傳輸一個大小幾近為 0 的圖形資料庫，所需的前置傳輸反應時間為 1.5 秒，亦即，不論傳輸多大的資料，發送端與接收端雙方至少需要 1.5 秒來完成通道連接與傳輸各層協定之封包標頭。

由於我們不希望使用者在進入校園商家資訊頁面時等候太多的時間，因此我們將系統設計為只傳輸有需要的單一圖片，此種方式使系統傳輸反應時間縮短了許多，我們再測試單張 8 位元 256 色圖片格式(前述實測皆傳輸此種圖形格式)與單張 24 位元圖形格式的傳送，結果如圖 24 所示。若將時間再扣除 1.5 秒的前置傳輸反應時間，可以求得兩者的傳輸速率：8 位元圖形格式傳輸速率為 1.31 Mbps；24 位元圖形格式傳輸速率為 1.34 Mbps¹。由於兩者速率十分接近，因此我們推測在此環境下，1.5 秒的前置反應時間值應在合理的範圍之內。

最後我們測試當多台 PDA 同時存取 Server 端資料所導致之延誤，前述環境因素保持不變，我們選擇了一張較大的商家圖片(184 Kbytes)來傳輸，希望能得到較為準確的反應時間，結果如圖 25 所示，越多台 PDA 同時存取 Server 端商家圖片時，則傳輸時間亦增加，將前述的 1.5 秒前置反應時間扣除，如圖 21 所示，可畫出一條趨勢線，並得出以下之方程式：

$$T = -7 \times 10^{-8} N^4 + 4 \times 10^{-5} N^3 - 0.0065 N^2 + 0.62 N + 3.65 \quad (2)$$

¹我們也使用其他 802.11b 之網路卡(如 Cisco Aironet)進行實測，所得數值可達 2 Mbps 以上，但仍較第二節之理論分析值為低。

其中 T 為傳輸反應時間(已扣除 1.5 秒前置反應時間)，N 為同時進行存取之 PDA 數量。

根據此趨勢線方程式，我們可以發現傳輸反應時間趨勢將漸趨近於平穩，並可推算在 100 台 PDA 同時存取 Server 端資料時，若傳輸 184 Kbytes 檔案，則每部 PDA 需要花費約 $T + 1.5$ 秒 = 35.15 秒。比較起來，單獨一台 PDA 存取 Server 端資料亦須 2.6 秒，存取時間之增加並非呈線性成長，此結果正是我們樂於見到的。

上述效能評估是建構在固定距離三公尺的無線網路室內遮蔽範圍，若實際應用在校園上，則須再加入傳輸距離之不穩定因素，因 802.11b 產品在偵測到多次傳送訊框失敗後，將會使傳輸速率從 11 Mbps 降級至 5.5、2 或 1 Mbps。故傳輸距離增加亦會導致傳輸品質下降，甚至使得傳輸速度被迫作適度的降級。我們實際測試校園室外環境傳輸品質與傳輸速率，其結果如圖 26 所示，圖中橫座標軸之訊號品質(signal quality)係指 Client 端與 access point 之連線能力強弱，以百分比表示，傳輸距離遠近以及傳輸路徑阻隔物多寡皆會直接影響此值。縱座標軸則指傳輸速率，與前述測試一樣，我們已先推算出其前置反應時間以便求得更為精準的傳輸速率。此項測試中我們使用 Buffalo 室外用指向型天線²以加強在實際校園中無線網路遮蔽範圍，且此測試使用較高性能之 Cisco Aironet 網路卡，從圖 23 中可觀察到，傳輸品質與傳輸速率成正向關係，且於傳輸品質良好的情況下，與前述室內測試結果差異不大。

另外，手持式裝置電力消耗是否合理，亦是本文所探討之議題。電力消耗程度取決之因素繁多，包含裝置之 IC 設計是否為低功率消耗、作業系統是否提供睡眠模式 (sleep mode)、無線網路卡之選擇，甚或傳送封包之長度等，皆將直接影響裝置電力消耗程度。

目前 IEEE 802.11b 網卡在電源上的消耗並不盡理想。如表三所列舉為兩種目前熱門的 802.11b 網卡電力消耗比較表。表中可發現，即使於睡眠模式，也至少必須消耗 45mW。

表 3 運作於 11Mbps 之 802.11b 網卡功率消耗表

晶片組	Sleep(mW)	Receive(mW)	Transmit(mW)
ORiNOCO PC Gold	60	950	1400
Cisco AIR-PCM 350	45	1300	1875

²此型天線之增益為 14dBi，亦即在特定方向其強度為等向型天線之 25 倍。

在傳輸/接收模式下，封包大小與有效發射功率之選擇將直接影響位元組錯誤率 (BER)。其中以傳送 500Bytes/Package 錯誤率為最低，亦等同最佳化選擇中，選用 500Bytes/Package 並控制位元組錯誤率於容忍度之下，將可有效節省發射功率，即節省手持裝置電力消耗[13]。

至於無線網卡睡眠模式消耗功率亦有節約之道，於shih文章中提到實作了一個名為 RFM TR1000的低功率發射器與控制切換頻道裝置[16]，並可於裝置進入睡眠裝置時低功率切換至不同的頻帶。如此做法即可將802.11b網卡於睡眠模式消耗功率抑制至2mW，以HP Ipaq H3650為例，可延長115%電池使用時間，亦大幅提升了PDA對無線網卡的連續使用時間。

五、結論與討論

以無線區域網路，建構校園無線資訊服務系統，學校師生透過 PDA 的圖形化介面，可於校園中任何場所隨時查詢課業資訊，亦可掌握即時新聞、氣象和校園周邊商家資料。並可與其他使用者進行即時語音通訊、動態分享資源、欣賞線上即時影音、監看校園監視系統、透過紅外線遠端控制校園裝置並享受全程語音導覽服務等功能，所開發之資訊服務項目可推展至各校園，充實學習經驗，豐富生活內涵。

模組化設計方式使系統具有良好擴充性與移植性，功能與使用之場所均很容易加以擴充。在校園資訊服務應用上，未來可進一步與其他資訊系統作整合，配合 XML (Extensible Markup Language)，達到教學資源分享的目的並延伸其功能[2]。

根據國家電信型計畫中針對參與國家實驗網路的各校網路電算中心，進行了一次「無線區域網路建置環境問卷調查」[7]，發現最重要的一項需求是希望未來能夠建立一套系統，可以讓單一帳號，漫遊於各大學的無線區域網路之間。而本研究亦希望以此目標做為長遠發展之願景。

實際的校園應用環境需要多個基地台分佈於校園各處，以擴大涵蓋區域，所要考慮的議題相當廣泛，如使用者所用的裝置視其所處位置與基地台間透過聯結(association)、重聯結(reassociation)、取消聯結(disassociation)、身分確認 (authentication)、登入者授權 (Authorization) 的管控、資訊安全、資料傳輸流量、使用者同時上線的數量、基地台天線功率的選擇等問題，以實現行動漫遊的理想[12]，其中所涉及之實作與效能問題值得深入探討，惟本文之分析提供一適當的起點。

在安全方面，本系統設計上已有相當周密之考慮。另外，無線區域網路 802.11 標準中亦有內建之安全機制，現有的規格為 WEP，此種方式雖可滿足一般需求，惟仍存在一些瑕疵，中長期的解決方案改採 TKIP 與 CCMP 加以取代[11]，其中後者使用進階加密系統(Advanced Encryption System, AES) [15] 之加密方式，可提供使用者更高的安全保障。

誌謝

本研究係在國科會學生專題研究計畫 NSC-92-2815-C-197-002-E 與專題研究計畫 NSC-91-2213-E-197-004 之支助下進行。作者感謝宜蘭大學電子工程學系徐世明、黃家成、溫少農、陳鎰元等之協助，並對評審所提改進意見表示由衷之謝意。

六、參考文獻

- [1] 李永隆，深入PDA程式設計：無線網路、硬體控制、主從式資料庫，文魁，2002。
- [2] 李永隆，Windows CE程式設計實務-使用eMbedded Visual Basic，基峰，2001。
- [3] 晁瑞明與蔣佩暉，校園無線行動區域網路之提昇研究—以大葉大學為例，教育部『提昇大學基礎教育計畫』成果報告，2002。
- [4] 梁仁楷與吳權威，Pocket PC帶了就走，基峰，2002。
- [5] 黃能富，區域網路與高速網路，第十三章：無線區域網路，維科，1998。
- [6] 黃嘉輝，Visual Basic網際網路程式設計TCP/IP與Internet Programming篇，文魁，2002。
- [7] 電信國家型計畫，<http://www.stic.gov.tw/stic/policy/nation-proj/elec-commu/commu-1.htm>。
- [8] 楊翔仁等。2003。【校園資訊無線行動廣播系統】專題製作報告。國立宜蘭技術學院電子工程系。
- [9] 蔡志宏，校園無線區域網路應用現況與技術趨勢，http://www.ntpo.org.tw/project_inf/letter38/c1.html。
- [10] 歐陽芳泉與戚玉樑，智慧型代理人於資訊家電整合系統之應用，2003。
- [11] N. Cam-Winget, R. Housley, D. Wagner, and J. Walker, Security flaws in 802.11 data link protocols, CACM, vol. 46, no. 5, pp. 35-39, 2003.
- [12] J. Chen, IEEE 802.11 System, Division of Engineering, Brown University, <http://www.engin.brown.edu/Faculty/chen/EN291-course-twentytwo.ppt>.
- [13] Jean-Pierre Ebert and Adam Wolisz, Power Saving in Wireless LANs: Analyzing the RF Transmission Power and MAC Retransmission Trade-Off, Technical University Berlin, 1999.

- [14] M. Heusse, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, and A. Duda, Performance Anomaly of 802.11b, Infocon, 22nd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, vol. 2, pp. 836-843, 2003.
- [15] NIST, FIPS Pub. 197: Advanced Encryption Standard (AES), Nov. 26, 2001.

- [16] Eugene Shih, Victor Bahl, and Michael Sinclair, Reducing Energy Consumption of Wireless, Mobile Devices - Using a Secondary Low-Power Channel, MIT Laboratory for Computer Science, 2003.
- [17] J. Snow, Understanding 802.11b Wireless Network Performance, http://www.cse.ogi.edu/~jsnow/wireless_performance.

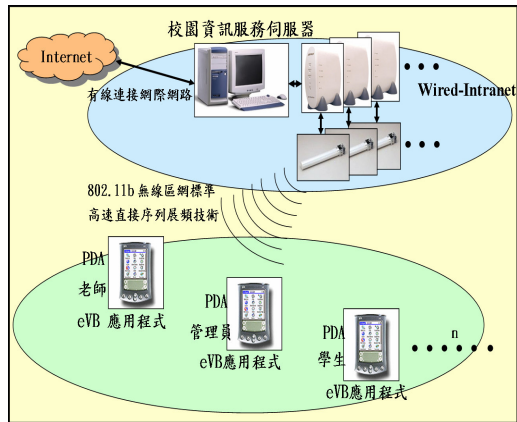


圖 1 實體架構圖

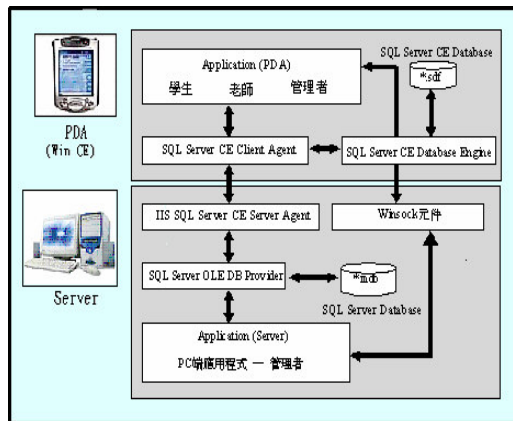


圖 2 邏輯架構圖



圖 3 Server 端管理者操作畫面

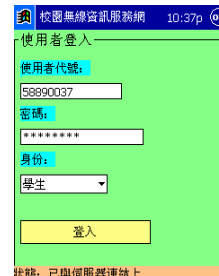


圖 4 系統登入畫面

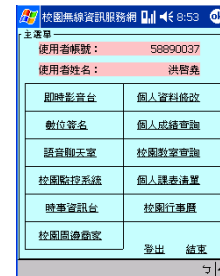


圖 5 系統主頁面

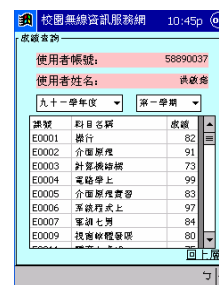


圖 6 成績與操作查詢

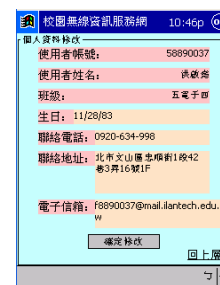


圖 7 個人資料修改



圖 8 校園週邊商家-1



圖 9 校園週邊商家-2

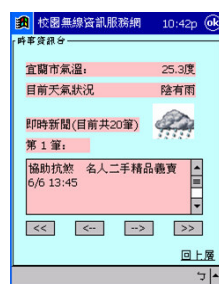


圖 10 時事資訊台

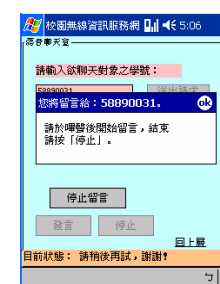


圖 11 語音聊天室-1

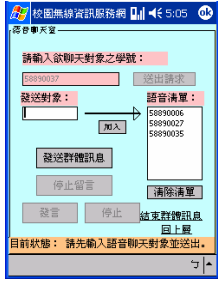


圖 12 語音聊天室-2



圖 13 即時影音台

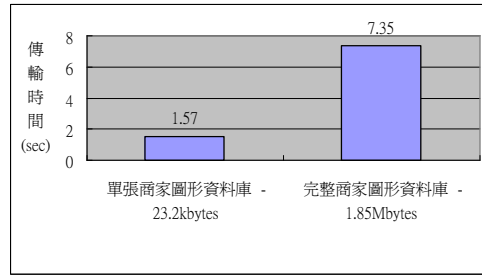


圖 22 圖形格式與傳輸時間比較圖

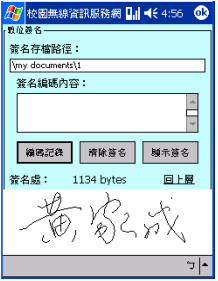


圖 14 數位簽名



圖 15 校園裝置監控系統

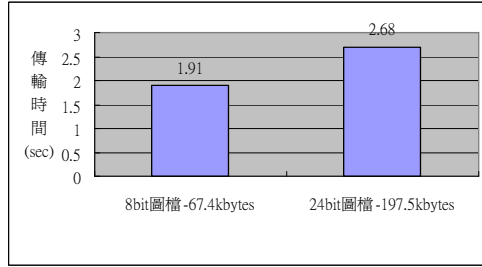


圖 23 傳輸檔案大小與傳輸時間比較圖

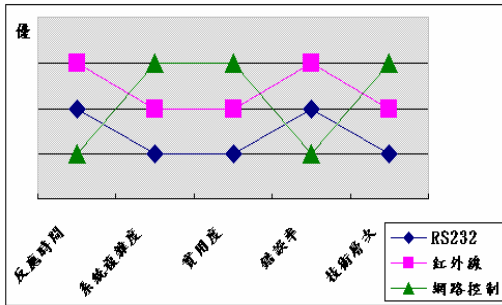


圖 16 校園裝置控制方式比較圖

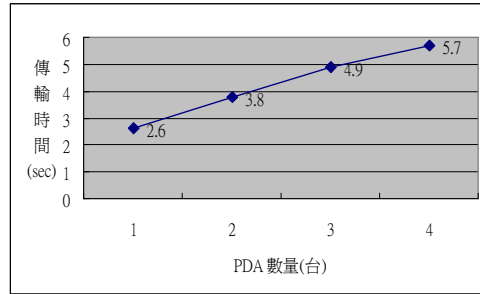


圖 24 多台同時存取系統之時間比較圖



圖 17 校園平面圖



圖 18 大樓簡介

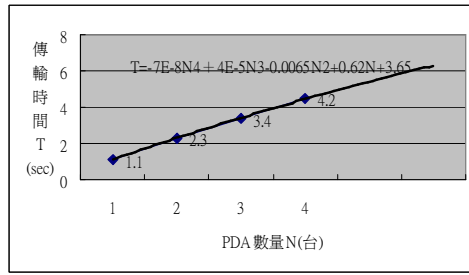


圖 25 多台同時存取系統之時間趨勢預測圖

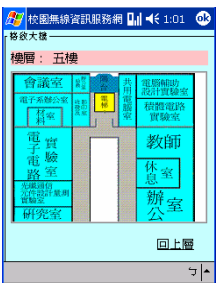


圖 19 樓層平面圖

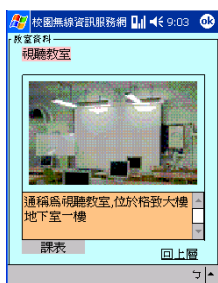


圖 20 教室資訊

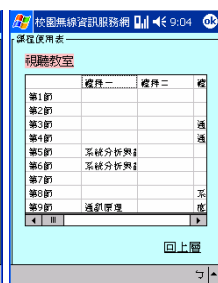


圖 21 課表查詢

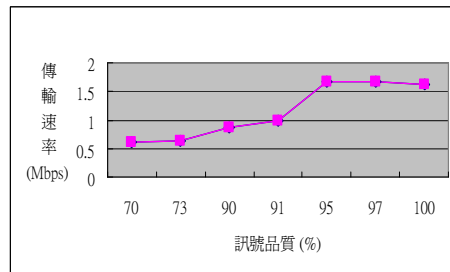


圖 26 訊號品質與傳輸速率之比較