
前言

人們可以行動自如，而網路則不然。

相較於其他說法，這句話更足以解釋無線區域網路（wireless LAN）在硬體方面的爆炸性成長。不過短短幾年，無線區域網路已經從昂貴、新奇的玩物，成長為當前的主流技術。

無線網路讓使用者擺脫網路連接埠的束縛，不再受制於網路實體位置。不過要擺脫具體的網路限制，需要不少的協定工程。為了提供使用者不受空間限制的服務，網路必須掌握更多使用者所在位置的資訊。

本書的寫作，有更多時間是花費在飛機上、機場裡以及火車上。要將演變中的網路技術濃縮為一本書，大部分的研究工作都離不開網際網路。要不是能夠隨時隨地存取網路，本書或許得耽擱更久方能問世。

無線網路的優勢使它們快速成長為數十億美元的設備市場。如今 Wireless LAN 在整個網路環節中已佔有一席之地，學習如何掌握 Wireless LAN 自然成為人們必須面對的課題。

解放的普羅米修斯：Wireless LAN 的種種可能性

相較於固定（或有線）網路，無線網路具備下列優點：

行動性

使用者有四處遊走的需要，不過資料通常集中儲存。能夠讓使用者在行動間存取資料，可大幅提高生產力。建置網路是為了提供使用者有價值的服務。過去，網

路設計人員所關注的焦點在於網路連接埠，因為每個連接埠通常對映到一位使用者。不過無線網路並沒有實體連接埠，因此使用者身份便成為網路設計的重心。

部署容易，建置快速

對傳統的有線區域網路（wired LAN）而言，要在某些場所佈線相當困難。建築物老舊通常是問題所在；要在一棟設計藍圖已經不知去向的舊式石材建築中穿牆佈線，的確不是件容易的事。此外，有些地區礙於法令限制，要在列為古蹟的建築物中架設區域網路更是難上加難。就算裝置地點位於新建的設施，除了所費不貲，佈線也十分耗時。

彈性

既然無須網路線，也就沒有重新佈線的問題。利用無線網路，使用者可以迅速建構小型、暫時性的群組網路以供會議之用，隨意遊走於辦公室隔間也變得易如反掌。相形之下，無線網路的擴充十分容易，因為網路媒介無處不在。使用者再也不必到處拉線、接線甚或是繞線。彈性是 hot spot（熱點）市場 – 包括旅館、機場、車站（甚至是列車本身！）、圖書館以及咖啡館 – 的最大賣點。

成本

有時候，採用無線技術可以節省不少成本。舉例而言，可以利用 802.11® 設備在兩棟建築物之間搭設一道無線橋樑（wireless bridge）。建置無線橋樑須支付一些初期購置成本，包括戶外設備、無線基地台（access point）以及無線網卡（wireless interface）。扣除初期的固定資本支出，以 802.11 做為底層架構、視線（line-of-sight）對接的網路，每月所需要支付的營運成本可說是微乎其微。長期而言，這種點對點（point-to-point）的無線鏈路遠比電話公司所提供的專線便宜得多。

雖然有上述種種的好處，在 1997 年 802.11 標準底定之前，使用者祇能屈就於個別廠商所提供的解決方案，承擔其所附帶的風險。直到 802.11 開始席捲市場，傳輸速度隨即由 2Mbps 跳升為 11Mbps 以至於 54Mbps。無線介面卡以及天線的標準化，使得建置無線網路不再遙不可及。許多服務供應商（service provider）趁勢推出相關服務，一些主要城市的自願團體也開始利用 802.11 建構公用無線網路（public wireless network）。

802.11 已經成為一種普遍公認的連線方式。祇要有一組基地台，就可以為訪客提供連線服務，不必再透過 Ethernet 開放公用連接埠。802.11 成為標準這幾年來，「熱點」（hot spot）一詞的意涵，已經從帶點異國情調的固定場所，轉變為能夠在行進間提供連線的技術。以 802.11 搭配衛星上鏈，就算行進速度很快，一樣可以存取國際網路。有些鐵路通勤系統已經開始提供行動式熱點。即便巡航速度（cruising speed）高達每小時 550 英哩，波音公司的 Connexion 也可以在飛機上提供類似服務。

致讀者

本書主要針對需要進一步涉獵 Wireless LAN 營運 (operation)、部署 (deployment) 以及控管 (monitoring) 種種技術層面的讀者：

- 打算將 802.11 設備整合到現有網路或是建置 802.11 網路的設計人員 (network architect)。
- 負責建置與維護 802.11 網路的管理人員 (network administrator)。
- 關切 802.11 設備在部署上可能衍生的安全問題以及致力解決這些問題的安全專業人員 (security professional)。

本書假定讀者具備某種程度的電腦網路相關背景知識。讀者應該對 IEEE 802 網路 (特別是 Ethernet)、OSI 參考模型、TCP/IP 以及其他相關網路通訊協定有基本的瞭解。對大多數網管人員而言，無線區域網路並非全新領域，不過還是有若干新的概念，特別是在無線電傳輸方面。

付梓書 (Book in Black and White) 序曲，第 2 號作品

有些技術變動十分快速，想要為之著書立說並不容易。困難之處，部分是因為無法十分確定應該涵蓋哪些內容。本書改版這幾年間，安全性佔據整個發展的主軸，因此更新這方面的資訊就成為本次改版的重點。本書有兩個主要目的：除了教導讀者 802.11 標準本身，也提供建置 802.11 Wireless LAN 實務上的建議。這兩個目的本身互不衝突，因此各位可以按圖索驥，挑選自己感興趣的章節。為了協助讀者決定閱讀順序以及對章節配置有整體的概念，茲將各章內容摘要於下：

第一章〈無線網路導論〉論述了無線網路與傳統有線網路之間的差異，以及採用無線媒介時必須面臨的種種問題，例如網路界限模糊以及媒介不可靠等問題。Wireless LAN 或許具體展現了 Christian Huitema 所說的『Internet 沒有中心，祇有不斷擴展之邊際。』。當 Wireless LAN 技術逐漸普及，整個邊際也就更形模糊了。

第二章〈802.11 網路概觀〉描述了 802.11 Wireless LAN 的整體架構。802.11 有點類似 Ethernet，不過加入了一些新的網路元件，以及一堆新的術語。讀者可在本章看到使用 802.11 網路時，將會接觸到的網路元件。大致而言，這些元件包括工作站 (station，配備無線網卡的行動裝置)、基地台 (access point，位於工作站與傳輸系統之間的橋接器) 以及傳輸系統 (distribution system，即有線骨幹網路) 本身。工作站在邏輯上被劃歸為各個基本服務組合 (Basic Service Set，簡稱 BSS)。如果沒有

基地台參與其中，該網路即是較為鬆散、由工作站彼此自治（ad-hoc confederation）的獨立型基本服務網域（independent BSS，簡稱 IBSS）。基地台允許個別的 BSS 彼此串連為邏輯上相連的群組，此種結構稱為延伸式服務組合（Extended Service Set，簡稱 ESS）。

第三章〈802.11 MAC〉深入探討了 802.11 標準的媒介存取控制（Media Access Control，簡稱 MAC）層協定。和所有 IEEE 802 網路一樣，802.11 將 MAC 層功能與實體媒介存取功能加以區隔。802.11 包含了許多不同的實體層，不過使用相同的 MAC。網路媒介的存取方式主要還是透過競爭（contention），不過其所採用的是碰撞避免（collision avoidance，即 CSMA/CA）而非碰撞偵測（collision detection，即 CSMA/CD）。本章同時探討了 802.11 訊框（frame）的資料封裝方式（data encapsulation），讓網路管理人員得以瞭解傳輸資料時所使用的訊框格式。

第四章〈802.11 訊框封裝細節〉以第三章為基礎，詳細說明了不同類型的訊框及其使用場合。本章比較偏向參考之用，而不是做為實際的閱讀材料。本章詳細描述了三種主要訊框。資料訊框（data frame）負責搬運資料。控制訊框（control frame）扮演監督（supervisory）的角色。而管理訊框（management frame）負責協助 802.11 MAC 完成其他延伸作業。信標訊號（Beacon）除了用來宣佈 802.11 網路的存在，以及協助整個連線過程（association process），對工作站進行身份認證時也派得上用場。

第五章〈有線等級隱私（WEP）〉描述了有線等級隱私（Wired Equivalent Privacy，簡稱 WEP）協定。雖然有所瑕疵，WEP 仍是無線區域網路安全領域許多後續工作的基礎。本章探討了何謂 WEP、WEP 如何運作，以及為何不能仰賴 WEP 提供有用的隱私與安全。

第六章〈802.1X 使用者身份認證〉描述了 802.1X 身份認證架構。搭配「可延伸身份認證協定」（Extensible Authentication Protocol），802.1X 為無線區域網路提供了堅固的身份認證解決方案，同時改善了加密方面的功能。

第七章〈802.11i：RSN、TKIP 與 CCMP〉描述了 802.11i 無線區域網路安全標準。為了解決 WEP 的基本瑕疵，802.11i 設計了兩種新式的鏈路層加密協定，以及產生與傳遞金鑰的機制。

第八章〈管理作業〉主要在探討 802.11 網路的管理作業。加入任何網路之前，工作站必須透過掃描，以尋找由基地台或 IBSS 創建者主動發佈的網路。傳送任何資料之前，工作站與基地台之間必須處於連線狀態。本章同時探討了 MAC 內建的省電功能，省電功能可讓以電池供電的工作站進入休眠模式，並且定時醒來接收為其暫存的資料。

第九章〈採用中樞協調功能的免競爭服務〉主要在探討中樞協調功能（point coordination function，簡稱 PCF）。PCF 在實作上並不常見，因此本章可略過不讀。PCF 是以免競爭（contention-free）方式存取無線媒介的基礎。在免競爭存取中，無線媒介係由中央控管，存取時必須持有權杖（token），此權杖通常提供自基地台。

第十章〈實體層概觀〉探討了 802.11 模型中實體層（physical layer，簡稱 PHY）的一般架構。PHY 本身可進一步區分為兩個次協定層（sublayer）。實體層收斂程序（Physical Layer Convergence Procedure，簡稱 PLCP）次協定層，除了加入同步訊號（preamble）以形成完整訊框，同時也加入了本身的標頭，而實體搭配媒介（Physical Medium Dependent，簡稱 PMD）次協定層，則會為訊框加入調變（modulation）的細節。較常見的 PHY 是以射頻（radio frequency，簡稱 RF）做為無線媒介，因此本章將以 RF 系統與技術的簡短討論做為結尾。

第十一章〈FH PHY〉所描述的是最早期的 802.11 實體層。市面上已經很難買到 FH PHY 相關產品，不過早期大多數設備均採用此實體層。歷年來一直參與 802.11 技術發展的機構，或許也有熟悉此實體層的需要。

第十二章〈DS PHYs：DSSS 與 HR/DSSS（802.11b）〉主要在探討以直接序列展頻技術為基礎的兩種實體層。802.11 原始標準所規範的實體層提供 1Mbps 與 2Mbps 兩種速率。不過，直到 802.11b 加入 5.5Mbps 與 11Mbps 這兩種傳輸率，整個技術才算真正起飛。本章將一併描述這兩種密切相關的實體層。

第十三章〈802.11a 與 802.11j：5-GHz OFDM PHY〉探討了 802.11a 標準所定義的 5-GHz 實體層，傳輸速度可達 54 Mbps。此實體層所使用的調變技術，稱為「正交分頻多工」（orthogonal frequency division multiplexing，簡稱 OFDM）。此實體層需要稍加修改方能在日本使用，亦即後來的 802.11j 標準。

第十四章〈802.11g：延伸速率實體層〉主要在探討一種使用 OFDM 技術但與 802.11b 共用 2.4 GHz 頻段的實體層。802.11g 大幅壓縮了 802.11b 的生存空間，也是新式筆記型電腦常見的內建連網方式。此實體層與 802.11a 實體層幾乎完全相同。差別在於 802.11g 可以回溯相容於使用相同頻段的舊設備。

第十五章〈802.11n 前瞻：MIMO-OFDM〉描述了目前仍在開發中的實體層。為了提供更高速率，802.11n 所使用的實體層，是以「多進多出」（multiple-input/multiple-output，簡稱 MIMO）為基礎。本書即將付梓之際，這兩份標準建議書尚在委員會中角力。兩者在本章均有探討。

第十六章〈802.11 硬體〉開始從理論性議題過渡到標準的實作議題。802.11 算是比較寬鬆的標準，留給實作上相當大的空間。不同的網卡可能具有不同的效能，協定的實作上也可能有所差異。這些差異主要來自於硬體的建構方式。

第十七章〈802.11 與 Windows〉描述了 Windows 驅動程式基本的安裝程序，以及安全方面的組態設定。

第十八章〈802.11 與 Macintosh〉描述了如何在 MacOS X 上使用 AirPort 網卡連線至 802.11 網路。焦點放在 Mac OS X 10.3，因為這是首度支援 802.1X 的版本。

第十九章〈802.11 與 Linux〉描述了如何讓 Linux 系統支援 802.11 網路。交待了如何讓作業系統支援 PC Card 之後，本章會接著說明如何使用無線延伸功能（wireless extension）的 API。於此將探討兩種常見的驅動程式，一種支援舊式的 Orinoco 802.11b 網卡，另一種則支援使用 Atheros 晶片組的新式網卡，稱為 MADwifi。最後，本章將說明如何使用 xsupplicant 進行 802.1X 安全性組態設定。

第廿章〈使用 802.11 基地台〉探討了 802.11 中控型（infrastructure）網路所使用的設備。商用基地台產品功能各不相同。本章描述了基地台上常見的功能、提供採購建議以及兩個實際的設定範例。

第廿一章〈無線網路邏輯架構〉是本書論述層次的第三次轉變，從 802.11 個別裝置的實作層面，過渡到如何建置較大規模的 802.11 網路。建置網路時有幾種不同的做法可供選擇，這些做法各有其優缺點。除了列舉常見的網路拓撲型態，本章還會提供選擇上的建議。

第廿二章〈安全性架構〉應該接著上一章閱讀。安全性架構的主要挑戰，在於如何以開放性媒介提供網路存取，又能同時兼顧網路安全。安全性的選擇與架構上的選擇彼此互相影響。本章提出了設計網路時必須面臨的幾項重要抉擇：打算使用何種身份認證方式？如何與現有的使用者資料庫整合？如何加密以確保資料安全？以及如何處理未經授權的基地台部署問題。

第廿三章〈網路規劃與專案管理〉是針對網管人員的最後一章。設計大規模的無線網路之所以困難，是因為要求存取的使用者數量太多。如何確保網路具備足夠頻寬以滿足來自四面八方的使用者需求，免不了需要事先規劃。基地台的區位選擇，絕大部分取決於無線電波環境。傳統上，這是建置網路時最耗時的工作。

第廿四章〈802.11 網路分析〉主要在教導網路管理人員如何得知 Wireless LAN 發生了什麼事。不論在有線或無線網路中，網路分析軟體都具有相當的價值。本章探討了如何使用網路分析軟體，以及各種癥狀的意涵。其次，描述如何編譯 Ethereal 分析軟體，以及如何著手進行一般問題的障礙排除。

第廿五章〈802.11 效能調校〉主要探討網管人員如何提升傳輸量。一開始，本章將描述如何計算原始資料（payload data）的整體傳輸量，以及提升效能的一般做法。有時候，調整一些常見的 802.11 參數或許會有所幫助。

第廿六章〈結論與展望〉用來總結 802.11 工作小組目前正在進行的標準化任務。綜述這些進行中的任務之後，至少我可以預見與希望，未來本書改版時可以不必大費周章。

與第一版的主要差異

2002 至 2005 三年間，無線區域網路歷經相當大的變動。標準本身持續演進，提供更高的安全性與互通性。依「更快、更好、更便宜」的典型技術發展型態，大多數 802.11 介面的資料傳輸率，已經從 802.11b 的 2 或 11 Mbps，躍升為 802.11a 與 802.11g 的 54 Mbps。即便在大規模網路的應用上仍有其限制，「速度更快」與「回溯相容」已經證明是 802.11g 在商業上致勝的配方。即將標準化的 802.11n 意在進一步提升速度。使用者莫不迫切期待實體層技術的進一步發展，由「前標準」(pre-standard) 產品相當受到歡迎即可印證。本書增加了兩個全新的章節，分別探討 802.11g 與 802.11n。在 802.11h 的頻譜管理發展過程中，歐洲採用 802.11a 純屬偶發事件，因此管理章節必須大幅改寫。

本書第一版於 2002 年發行時，802.11 的安全性經常受到質疑。WEP 顯然有所不足，不過當時並沒有更好的替代方案。大多數網管人員比較習慣應付內建（而非外掛）的遠端存取系統。802.11i 的發展大幅簡化了網路的安全防護工作。如今，安全性的考量已經內建於規格書中，不像以往需要假以外求。安全性的改良散見全書，從說明新協定如何運作的全新章節，到如何將之運用於用戶端，以至於建置網路時如何遴選不同的選項。比起三年前，遴選適當的安全性選項如今變得更為複雜，因此有必要從初版的一節，擴增為獨立的一章。

三年前，基地台大多十分昂貴。而且數量一多，基地台的表現就不如人意。進行網路部署時，通常得試著突破當時既有設備的種種限制。三年後，基地台的功能更強、選擇更多，部署時也更具彈性。如今已經有多種選項可供選擇，不再需要屈就「一體適用」(one size fits all) 的部署模型。安全性協定已有長足的改善，如今探討部署技術時，已經可以著眼於它能夠為組織貢獻什麼，不必再擔心或聚焦於如何防止失控的情況發生。因此，原本有關網路部署的篇幅擴增為三章，分別探討部署程序的各個主要部分。

本書字型慣例

斜體字型用於：

- 路徑名稱、檔案名稱以及路徑

- Internet 位址，例如網域名稱與 URL

粗體字型用於：

- 值得使用者注意的名詞

定寬字型用於：

- 螢幕上應該鍵入的命令列及其參數
- 所列出的程式碼

定寬斜體字型用於：

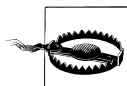
- 可以代換成實際值之處

定寬粗體字型用於：

- 程式碼範例中由使用者鍵入的文字



代表小技巧、建議或者一般注意事項



代表警告或特別注意事項

建議與問題

歐萊禮公司是世界性的電腦資訊出版公司。我們永遠樂意聽到讀者對出版品的意見，包括如何讓本書可以更好的建議、指正本書的錯誤、或是讀者建議本書往後改版時，應該再加進來的其它主題。以下是本公司的聯絡資料：

美商歐萊禮股份有限公司台灣分公司

電話：(02) 2709-9669

傳真：(02) 2703-8802

網頁：<http://www.oreilly.com.tw>

電子郵件：mail@oreilly.com.tw

與本書有關的線上資訊（包括勘誤、範例程式、相關連結）：

原文書

<http://www.oreilly.com/catalog/802dot112/>

中文書

http://www.oreilly.com.tw/product_network.php?id=a183

致謝

儘管樂於相信各位閱讀本書是因為它的娛樂價值，我還不至於如此天真。相較於枯燥的技術規格，技術類書籍的價值在於能夠正確地呈現細節，並且用比較容易理解的方式加以表達。每一本技術類書籍背後，都有一個審稿團隊負責檢視初稿並協助改善。我的審閱小組找出了一堆錯誤，使本書更加完備。Tropos Networks 的 Malik Audeh 博士堪稱我的無線電良知（找不到更好的字眼可以形容）。我並非無線電方面的專家——我所擁有的無線電知識，都是因為對 802.11 感興趣學習而來。802.11 問世之前，Malik 就已經通曉無線電技術，而我一直有幸可以分享他的洞見。Texas A&M 的 Gerry Greager 在 FCC 法規與免照裝置的管制方面提供了不少洞見，由於無線區域網路近年來不斷顛覆這些法規，因此這些洞見益發顯現其價值。Glenn Fleishman 答應為本書寫序時，我壓根想不到他竟然會耗費那麼多心力，從更為宏觀的脈絡來檢視 802.11。他所建議的一些細節，係參考過去幾年他在自己的 Wi-Fi Networking News 網站上所發表的一些文章。同樣身為作家，Gleen 指出幾個地方可以提供更好的範例，讓我的論點更加清楚。最後要感謝 Open1X 專案的 Terry Simons，他在 Linux 的 802.11，以及幾乎所有主要作業系統的 802.1X supplicant 上花費了不少功夫。Terry 同時也是 Utah 大學「無線身份認證系統」的架構設計師。本書中論及安全性規格，以及使用 supplicant（申請者）與建構 authentication system（身份認證系統）的實務部分，在在可以感受到他的專長。

至於協助我趕上目前 802.11 發展潮流，以及與我分享他們所知的其他人士，個人同樣銘感五內。2002 年起，我有幸能夠參與 Interop Lab 無線安全性與 802.1X 的相關會議。與課堂相比，現實世界總是太過混亂。每年從這些自願參與的活動中所學習到的，遠比參加特定的課程來得多。透過 Interop Labs，我認識了 xsupplicant 專案的開發首席 Chris Hessing。Chris 總是慷慨傾囊相授，為我解釋金鑰如何在 802.11 中傳遞，這可沒有想像中簡單！我的同事 Sudheer Matta 總是不吝對我說明標準世界發生什麼新鮮事，以及 MAC 小組的工作紀錄細節。

感謝 O'Reilly 所提供的各式各樣協助。2001 年開始寫作本書第一版時，Ellie Volckhausen 所設計的封面就掛在我的座位前面，以及我所擁有的大部分電子設備上頭。（在我的手機上看起來一樣很讚！）Jessamyn Read 將我成堆的速描轉為可供陳列的插圖，而且是在相當緊湊的期限內完成。我不知道產品編輯 Colleen Gorman 花了多少時間才完成本書，希望她的家人和她的貓咪 Phineas 能夠原諒我。如同以往，我得感謝編輯 Mike Loukides 所展現的智慧。Mike 讓整個專案保持在以往我們合作時所習慣的方式。他所具備的業餘無線電背景，在我寫到天線與 RF 傳輸相關章節時特別有所幫助。（還有很多很多必須感謝他的，例如有關 Aricebo 電波望遠鏡的註解！）

寫作和生命中其他事情沒有兩樣，魔鬼都在細節裡。要保持正確，通常意味著重寫、重寫、再重寫。進學院之前，我並沒有任何大型寫作計劃的經驗，直到修了一門 Brad Bateman 教授所開的美國金融體系（U.S. Financial System）課程。雖然的確學到貨幣在經濟系統的流通，以及聯邦準備理事會（Federal Reserve）用以形成政策的工具，回顧既往，我覺得最有價值的，還是掌握到如何撰寫結構嚴謹之長篇論文的程序。除了寫作，Bateman 教授十分強調重寫過程，在寫作本書時，我不時用到這個技巧。不過，我並不祇是將 Bateman 教授當做傑出的寫作導師，或者僅止於在複雜的經濟議題上為學生解惑的經濟學者。Bateman 教授不會受限於自己的學術專長。準備寫作本書第二版時，我參加了他的一場演講，主題和我的母校社會史有關。在令人神馳的一個小時中，他追溯了母校的歷史，以及其與較廣泛的社會運動之間的關係，這解釋了我的母校何以擁有目前的文化。如此深入的剖析，遠超過我當學生時所能理解的程度。並非所有教授都會考量如何讓學生為進入研究所先作準備，也不是所有教授都會將他們的教誨侷限於課堂中。在他的影響之下，我學到如何成為一個更好的作家、經濟學家以及公民。

寫作一本書時，感謝其他人有形的貢獻總是比較容易。然而在每個作家背後，都有一些默默付出的親人與朋友。如同以往，我的妻子 Ali 以無比幽默感縱容我的寫作習慣，特別是為本書所犧牲的無數週末。一些朋友以各種形式的鼓勵與協助支持本書的寫作；對此，我必須感謝 Annie、Aramazd、Brian、Dameon、Kevin 以及 Nick（依字母順序排列）。

— Matthew Gast

加州，舊金山

2005 年 2 月