

第一章 緒 論

第一節 研究動機

學校教學的方式長久以來一直是以課本的內容為主體，藉由老師將課本的內容予以說明之後，利用討論、心得報告的方式讓學生予以吸收進而融會貫通，至於其他補充資料則只能借助於坊間的參考書籍，但現今各科知識發展、累積的速度已非幾冊教課書所能涵蓋，而欲從參考書中查詢資料有往往費時費力，所得的資料也有時間的落差，現今網際網路的內容宛如一座二十四小時運作的圖書館，其內容的多樣性、及時性，能讓我們精確又毫無遺漏地在極短的時間內取得資料，但校園網路的佈建方式及規模卻因種種因素無法符合學生的需求。

自民國 79 年 7 月起，教育部及國內各主要國立大學為了支援全國各級學校及研究機構間之教學研究活動，以相互分享資源並提供合作機會所共同建立的一個全國性教學研究用之電腦網路台灣學術網路 (Taiwan Academic Network; 簡稱 TANet)。TANet 具有骨幹 (Backbone) 和區域 (Regional) 的網路架構與研究相關資訊應用之基台。現階段凡是以 ATM 或 TCP/IP 協定為基礎之各項應用皆可於 TANet 網路上提供服務，其中主要例如遠距教學、電子郵件 (E-Mail)、檔案傳送 (FTP)、遠地登錄 (Telnet)、電子新聞 (Netnews)、電子佈告欄系統 (BBS)、及其它經常使用之 Gopher、WAIS (Wide Area Information System)、全球資訊網路服務系統 (World Wide Web; WWW)、Archie.... 等網路服務功能。

目前我國學術網路 (TANET) 分為三個階層：

1、國家骨幹網路

由教育部及區域網路中心負責，包括國內骨幹及國際電路，皆以 ATM 連接各區域網路中心，及國外網際網路，目前國際電路頻寬為 24Mbps，國內骨幹網路為 T3 (45Mbps)，並與國內其他網路互相連接，如 HiNet、SEEDNET、政府網路及各網路交換中心等等。

2、地區性網路

透過區域網路中心與國家網路骨幹相連接，並視需要建立地區性之骨幹線路，透過縣市教育網路中心來連接縣市教育網路，基本上每個縣市建立一縣市教育網路中心來對該縣市提供教育與研究之相關資訊網路。此由區域網路中心及縣市教育網路中心負責。

3、校園網路

單一之研究單位、教育行政單位、社教機構諸如圖書館、文化中心等、學校校園之區域網路，其視單位規模之大小，需求應用情況使用網路之經驗及經費之多寡，可建立具有骨幹之校園網路或簡易之網路，再逐步擴充之。由學校電算中心或類似之單位負責。

在校園網路內，目前網路設備除了 HUB、SWITCH、ROUTER、SERVER 之外，終端機以桌上型 PC 佔絕大多數，設置地點除了辦公室供教職員使用之外，學生能上網的地方只有電腦教室而已，而時間也僅限於電腦課，因此，學校內的電腦對學生而言都還侷限在學習的功能而已，若要將校園網路放大到能讓學生隨時都可以上網搜尋資料，依目前的校園網路建構方式卻有下列難以突破的瓶頸。

1、經費

以一所國立高中如嘉義中學為例，該校每個年級有二十班，每班四十名學生，三個年級加起來共有六十班，也就是至少有六十間教室，近三千位學生，以目前所採用的佈線方式，若每班只安裝一個連接埠，則至少有六十條實體線（RJ45 或 RG58）自電腦中心的機房拉出來，對於距離較遠的教室，則更要輔以光纖來做連線，除了建置費用之外，平時高昂的維護費對學校將構成負擔，而這只是連線到教室而已，若要讓學生能隨時上網，則勢必要在每個學生位置上裝設連接埠，那麼每間教室又要安裝數台 SWITCH，以便連接四十條網路線，現實上有其極大的不可能。

2、景觀

由機房拉出來的實體線，無論是挖地埋管的光纖，或是裸露在外的網路纜線，將無可避免的遍佈在整個校區，對校園內的景觀會有相當的破壞，尤其對於老舊教室因無暗管可用，所有線路勢必暴露於外。

3、維護

依現在的佈線方式往往同一棟教室的網路線會束在一起，若數量多時任何一條線路的檢查或是更換將變得十分困難而無效率。

4、實用性

以實體線的方式架構校園網路，若每班只有一個連接埠，在使用者眾多的情況下很難看出其實用性，尤其筆記型電腦（Notebook）日見普及，每班一個連接埠實在無法滿足學生的需求。

5、經濟效益

在學校的課業中並非所有的課都必須到學校的資料庫或是上網去找資料，若以龐大的經費建構校園網路卻只有部分時間在利用，對經費不充裕的學校必然有所困難。

6、機動性

實體線路是屬於固定性的裝置，安裝之後即不能任意的更動，但學校內有一些活動有移動性存在，如實驗室、圖書館等，此種場所對固定性的實體線路並非適合。

7、環境障礙

部分學校面積較廣，若建築物都在校內，尚可以光纖建構線路，但若有跨越馬路的情況，則想要連線勢必要租用電信業者的線路，前者將破壞校園景觀且費用高昂，而後者若要取的足夠的頻寬則租金昂貴。

因此，要讓全校人員，無論是教職員或是學生都能隨時自網路上擷取資料，以目前架構網路的方式實有極大的困難。這些困難包括：

- 1、如何以最小的經費建構校園網路？
- 2、如何讓校園網路不會破壞校內景觀？
- 3、如何讓維護人員能以最短的時間完成維護的工作？
- 4、如何讓每個學生能便捷地存取網路上的資料？
- 5、如何讓校園網路能適時而機動地提供服務？

許多學校都以 B-Class 的網段來規劃 IP，校內各棟大樓則另置機房並以光纖與電腦中心相連，以簡化整個網路建構，但各大樓本身則依然存有管線的問題，IP 的位址雖足夠，但依然無法讓學生便捷地使

用網路，每間教室依然只有一、二個連接埠可供使用。

校園網路發展之初即以實體線路來做為網路相連的媒介，雖然線材的品質不斷地提升，但是，當使用者的數量由少數教職員擴展到校內全體師生時，當使用目的從單純的校內資料處理提升到藉由網際網路存取資料時，當電腦的角色已從儲存運算提升為通訊體系的一環時，傳統的校園網路佈建方式已不敷需求，勢必要重新思考另一種模式來輔助現有系統，甚至全面更新。

第二節 研究目的

近年來，對於資料傳輸媒介的技術已有相當的突破，尤其在無線網路方面更被視為本世紀網路的主流，目前校園網路幾乎都以實體線路來佈建，在規模、經費、環境障礙、機動性等等諸多因素的限制之下，其發展或擴充都已出現難以克服的瓶頸，必需考量以別種方式來做全面的提升。

自從 1997 年無線區域網路之標準 IEEE 802.11 確立之後，原本各自為政的無線區域網路產品，才有了藉以連通的標準，而其所具有廣泛的建構彈性，對於環境障礙的克服及機動性亦符合市場的需求。對學校而言，無線網路的應用具有下列特性：

- 1、能輔助現有設施之不足，對原有網路環境不做更動，但能依使用方式及目的不同延伸網路範圍。
- 2、能在有限經費的限制之下，將一些已往受到環境因素無法納入的場所予以併入。
- 3、保持校園景觀的原貌。
- 4、機動性強，能快速變更安裝地點以因應臨時性的需求。
- 5、具有漫遊（Roaming）功能，適合活動工作站，不受實體線路的限制。

資訊科技的快速發展讓校園網路有機會在現有的基礎上提升網路功能，甚至全面更新，但大多數的校園係以乙太網路為主體，隨著校內建築物的擴建及更新，網路的佈建產生了許多瓶頸，唯有讓網路的規劃保持高度彈性才能符合未來的需求，而已現有網路系統與無線網

路相結合應該是一種正確的考量，本文主要是以 2.4GHz 的無線傳輸技術來探討在校園內的運用可行性及規劃模式。

第三節 研究方法與流程

本文的研究方法分為二大項：

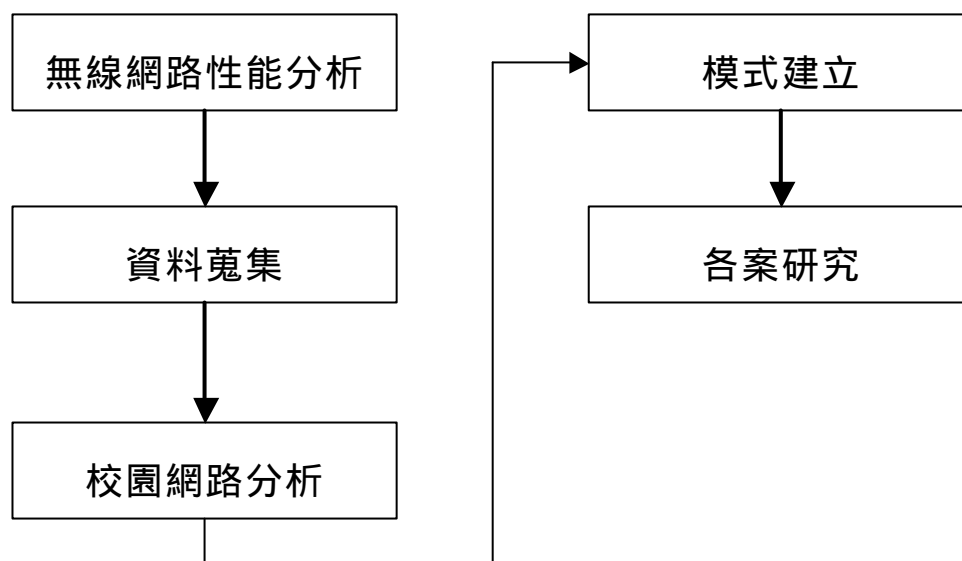
1、無線網路的佈建模式

IEEE802.11 及 IEEE802.11b 先後在 1997 年 7 月及 1999 年 9 月定案，無線網路的相關設備亦都依此標準設計製造，以現今所流通的機型其架設模式而分，可區分為二大系統，活動式無線系統 (Mobile Wireless System) 及固定式無線系統 (Fixed Wireless System)，至於校園網路應採用何種系統則視校區內建築物的位置、棟距、樓層高度、教室數量、學生數量及需求功能而定，本文將以使用者的需求為導向，以適當的配備及功能來延伸網路範圍，建立校園使用模式。

2、實例探討

本研究將以實際上已完成安裝並啟用的學校，及已完成系統測試與規劃的學校為對象，尋求在不同功能下的佈建模式，並與實體線路相比較來探討其經濟效益、資料傳遞績效及網路管理。

3、研究流程



第二章 文獻探討

第一節 乙太網路

壹、區域網路的起源與定義

所謂區域網路 (Local Area Network, 簡稱 LAN) 是指一群電腦及其相關設備共用一條通訊線路在一定的地理範圍內來共享一個處理機 (Processor) 或是伺服器 (Server), 該伺服器存有應用程式及資料能提供電腦使用者共享 (Share)。

在 70 年代初期, 夏威夷大學發展出一種多人共用 (Multiple-Access) 網路, 它是用來讓無線電訊框 (Frame-Radio) 傳送用的, 稱為 ALOHA 網路, 在 ALOHA 網路上的電腦都在同一個頻道上傳送訊息, 因此如果二部電腦同時廣播, 信號就會相疊而干擾。所以每部電腦傳送訊框之後, 都要檢查是否與其他電腦有同時使用頻道的衝突, 如果有, 各自隨意等待一段時間再使用頻道, 由於相互衝突的二部電腦各自等待的時間不一樣, 所以再度干擾的機會很可能下降。

1972 年, 全錄公司在美國加州舊金山灣區的大樹研究中心 PARC (Palo Alto Research Center) 研究人員 Robert Cercale 採用 ALOHA 網路的觀念, 使用同軸電纜將 Xerox ALTO 電腦串起來, 稱之為 ALTO ALOHA NETWORK。1973 年, Cercale 為強調此一網路能與各種廠牌的電腦相連接而改稱為 ETHERNET 乙太網路。ETHERNET 與 ALOHA 主要不同之處, 在於發送訊息的機器一旦發現有頻道衝突時, 即刻會中斷 (Interrupt) 原來的傳送活動, 也就是在發射信號還沒有完全之前, 如果發現有相撞現象, 就會中止發射而將頻道釋放, 所以乙太網路的使用效率比 ALOHA 好。由於乙太網路的發展與個人電腦被廣為接受視同一時期, 自然也使其成為區域網路的主流, 本文即以乙太網路來作為主要應用架構。

在 1980 年, DEC (Digital Equipment Corporation)、Intel 及 Xerox 為了建立乙太網路的共同標準, 制定了 Ethernet Blue Book Version 1.0, 其主要是在規範 10Base5 的 "Thick" Ethernet System,

也就是以 50ohms 10mmThick Wire 同軸電纜(Coaxial Cable)在 10Mb/s 的速率下傳送資料。在 1983 年, IEEE 公佈了乙太網路的標準稱為 IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications。1985 年, 公佈了 IEEE802.3a (又稱 Thin Ethernet 或 Cheaper Net), 也就是 10Base2 的標準, 其是以 50ohms 5mmThin Wire 同軸電纜在 10Mb/s 的速率下傳遞資料。1990 年公佈 IEEE802.3i, 制定 10BaseT 的標準則是以 Category.3 UTP 雙絞線為傳送媒介。1993 年, 公佈了 IEEE802.3j 是 10Base-F 的標準, 其以光纖為傳送媒介。1995 年公佈 IEEE802.3u 則是 100Base-T 的標準, 也就是 Fast Ethernet, 其速率為 100Mb/s, 可支援三種傳送媒介: 100Base-TX 的 Category 5 雙絞線, 100Base-T4 的 Category 3 UTP, 100Base-FX 的光纖。1998 年公佈 IEEE802.3z 1000Base-X 標準就是所謂的 Gigabit Ethernet。

貳、乙太網路的特性

針對乙太網路傳遞資料的模式, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 國際電機電子工程師學會) 於 1983 年制定了 IEEE802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications 的標準, 依據 CSMA/CD 協定, 正在傳送的節點偵測碰撞是透過自己的收發器, 發現電纜線的電流太高就知道電纜線上已有其他資料在傳送。至於沒有傳送信號的節點則是偵測到比 500 個位元短的訊框, 因為乙太網路的訊框最短也要 512 個位元 (從 DA 到 CRC)。當有碰撞發生時一個訊框的長度就會比 500 個位元短, 這是因為一個訊框於傳送時若碰撞到別的訊框, 它的時間不會超過最大碰撞偵測時間, 加上最長的擾亂信號 (Jam Pattern)。最大衝撞偵測時間是最遠兩端之間傳送時間的二倍。傳送時間是依電纜長度加上中繼器本身的延長, 在乙太網路規格中最大衝撞偵測時間是 450 個位元傳送時間 (Bit Times) 加上最長的擾亂信號 (48 個位元)。若最長二端點傳送 (Transmission) 一訊框所需時間為 1, 並設傳遞 (Propagation) 時間為傳送訊框的一半, 則偵測碰撞就需二倍的傳遞時間。

在網路上任何一台工作站主機欲與網路上任何一台工作站或伺服器從事資料傳輸時，該主機要先傾聽 (listen) 網路上是否有其它工作站也在發出要求上網路的信號，如果剛好兩台工作站主機一起同時發出信號，結果勢必產生信號碰撞，此時兩台工作站同時退出上網路爭奪戰，等一段任意時間 (Random Time) 後再重新發出上網路信號，如果很慶幸此時網路上沒有任何其他信號存在後，該工作站可以傳輸資料至其欲送達之目的地；如果很不幸又發生碰撞或是網路還在從事資料傳輸工作，碰撞事件免不了要發生，因此該工作站仍須等一段任意時間候再嘗試下次機會。這種運作方式稱之為 CSMA/CD，亦即為多重存取 / 碰撞偵測 (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)。當碰撞發生被偵測出來以後，雙方的節點都要送出一個擁塞 (Jam) 信號到整個網路，此時網路上所有節點都要停止傳輸動作，並進入等待狀態 (Wait State)，等待下一個機會。

在乙太網路上，拓撲 (Topology) 和介質 (Medium) 有直接的關連，過去採用的是 10Base5 (線材為 RG11) 和 10Base2 (線材為 RG58) 兩種同軸電纜，使用這兩種線材的拓撲型式即為匯流排 (BUS) 狀；而現今多半使用 CAT5 以上等級的雙絞線及光纖，這種線材就是星 (STAR) 狀拓撲，使用雙絞線的標準大致有 10BaseT, 100BaseTX, 100BaseT4、1000 BaseCX、1000BaseT 等幾種；光纖就大致是 10BaseF/Foil 與 100BaseFX、1000BaseSX、1000BaseLX。雙絞線和光纖所採用的規格如下

表 2-1 雙絞線規格

	10BaseT	100BaseT	1000BaseCX	1000BaseT
速度	10Mbps	100Mbps	1Gbps	1Gbps
標準	802.3i	802.3u	802.3z	802.3ab
支援長度	100m	100m	25m	100m
介質	Cat3	Cat5	STP	Cat5E

表 2-2 光纖規格表

	10BaseF/Fo i l	100BaseFX	1000BaseSX	1000BaseLX
速度	10Mbps	100Mbps	1Gbps	1Gbps
標準	802.3j	802.3u	802.3z	802.3z
支援長度	2km	2km/10km	220/275/500/ 550m	550m/5km
介質	多/單模態	多/單模態	多模態	多/單模態

第二節 無線區域網路

壹、無線區域網路的觀念

區域網路以乙太網路 (Ethernet) 為主，其傳輸媒介為實體線，有雙絞線、同軸電纜、光纖等數種，與其相連結的電腦或工作站也都是固定形態；而無線區域網路顧名思義是以無線電波為傳輸媒介，也正因為沒有實體線路的牽絆，使得系統內的工作站或電腦能具有機動性。

一、有關無線區域網路 IEEE802.11

IEEE802.11 是美國電子電機學會於 1990 年 11 月召開 802.11 委員會，開始制訂無線區域網路標準。到了 1997 年才完成並予以公佈，IEEE802.11 訂定了 OSI (Open System Interconnection) 7 層通訊架構中的實體層 (Physical Layer) 及資料連結層 (Data Link Layer) 中的媒介存取控制 (Medium Address Control; MAC) 層之規範。

二、無線網路的存取方式

無線網路的存取方式有三種，分別為：

FDMA (分頻多工連接)

TDMA (分時多工連接)

CDMA (分碼多工連接)

此三種方式各有特色，但一般而言，FDMA 與 TDMA 是使用了窄頻調變的方式，CDMA 則是使用了展頻的方式。

- 1、FDMA (Frequency Division Multiple Access ; 分頻多工連接) 式是各終端機使用不同頻率以防止與其他終端機的訊號相混雜 , 以確保其獨立性。
- 2、TDMA (Time Division Multiple Access ; 分時多工連接) 各終端機使用的頻率相同 , 在運作時頻率是以時間來做區隔。
- 3、CDMA (Code Division Multiple Access ; 分碼多工連接) 是各終端機在同時間內使用相同的頻率 , 但還是可以保有不相互影響的獨立性連接 , 其方式是先將各終端機機的資料如同 FDMA 方式一樣 , 先調變成窄頻資料 , 再根據特殊編碼來擴散頻率進行通訊。

三、IEEE802.11 無線區域網路傳送方式

可以分為三類：窄頻微波 (Narrow Band Microwave)、展頻 (Spread Spectrum) 及紅外線 (Infrared) 三種技術 , 目前無線區域網路產品多為展頻技術中的跳頻展頻 (FHSS ; Frequency Hopping Spread Spectrum) 及直序展頻 (DSSS ; Direct Sequence Spread Spectrum) , 窄頻微波與紅外線則較少人使用。所謂展頻 (Spread Spectrum) 就是降低信號的 Amplitude 以取得較大的頻寬 (圖 2-1) , 如此能減輕雜訊對訊號的干擾而產生較佳的雜訊比。

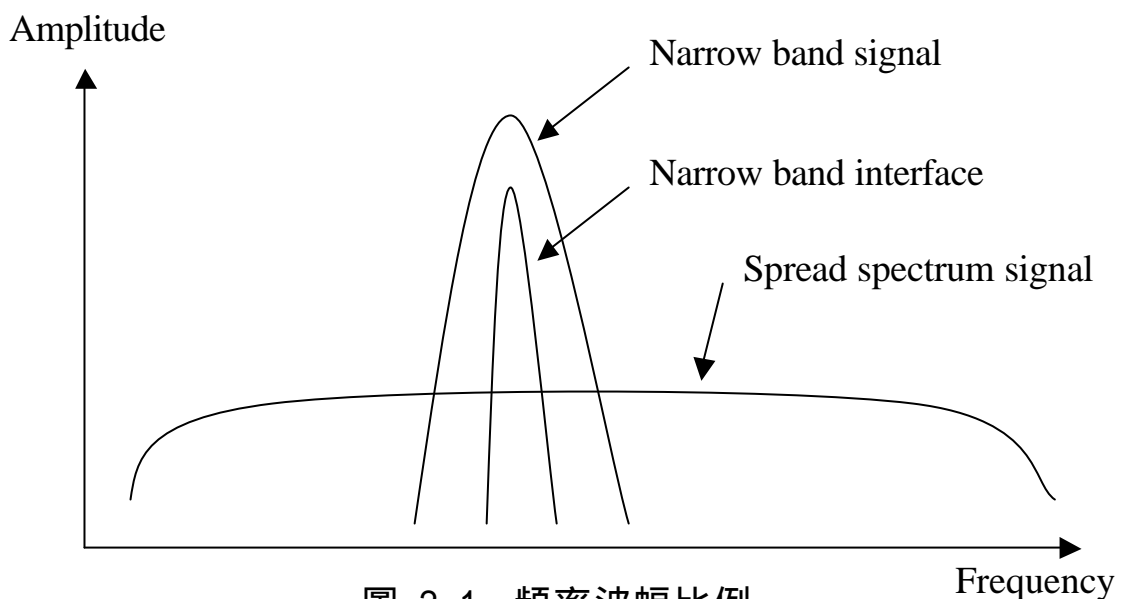


圖 2-1 頻率波幅比例

1、跳頻展頻 (Frequency Hopping Spread Spectrum , 簡稱 FHSS)

跳頻展頻在同步且同時的情況下，發射與接收兩端以特定型式的窄頻電波來傳送訊號，為了避免在一特定頻段受其他雜訊干擾，收發兩端傳送資料經過一段極短的時間後，便同時切換到另一個頻段。由於不斷的切換頻段，因此較能減少在一個特定頻道受到的干擾，也不容易被竊聽。跳頻展頻所展開的訊號，可依特別設計來規避雜訊或重覆的頻道，並且跳頻訊號須遵守 FCC(Federal Communications Commission) 的要求，使用 75 個以上的跳頻頻率，且跳頻至下一個頻率的最高時間間隔為 400ms (圖 2-2)。FHSS 在抗干擾方面有較佳的效果，因為來自外部的干擾必須在同一時段發射同頻率的信號，即使有干擾發生，其所影響的也只是在展頻信號部分，因此受干擾位元十分的少。

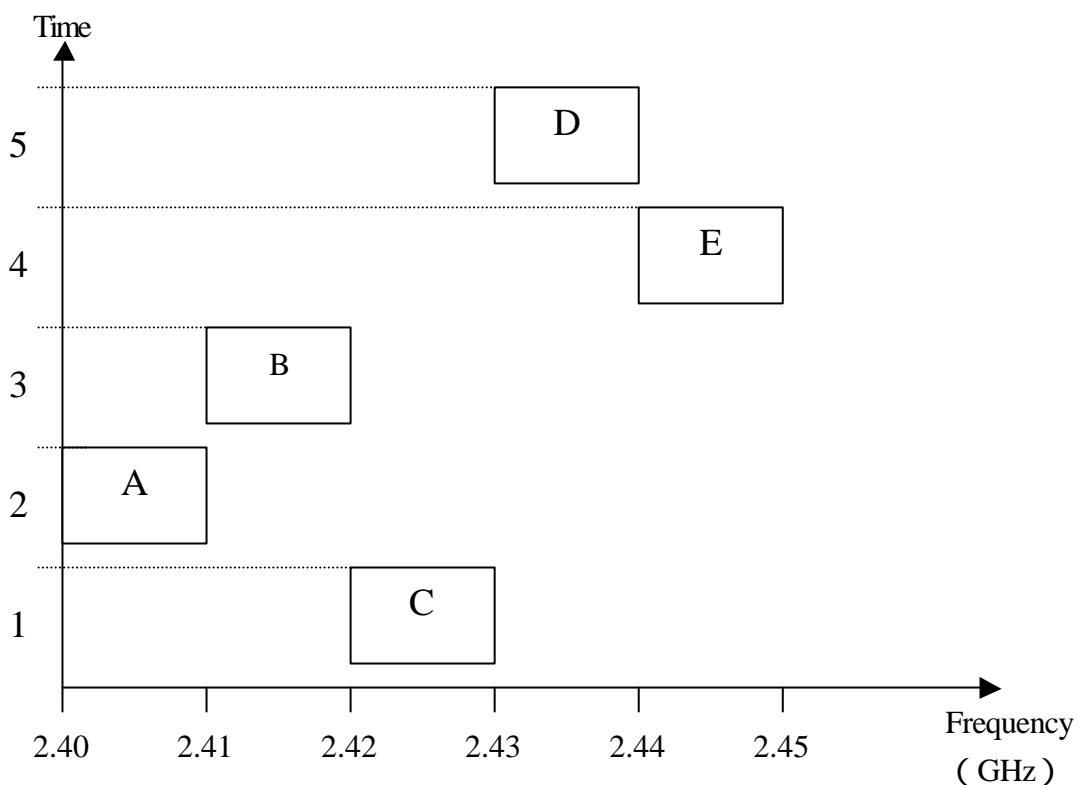


圖 2-2 FHSS 簡易圖

2、直接序列展頻 (Direct Sequence Spread Spectrum , 簡稱 DSSS)

DSSS 方式與 FHSS 不同，其作業時的頻率固定，直接序列展頻是將原本”0”與”1”的高功率、窄頻寬的位元訊號，在擴散器中使用 PN 編碼 (Pesudo Noise Code) 轉變成低功率 寬頻帶(在 2.4Ghz 頻帶, 每個頻道頻寬為 5 至 25MHz) 的載波訊號，這些轉變後的載波訊號被稱為 Spreading Chips，在接收端用相同的 PN 碼對接收到的信號進行反相處理，即可恢復出原始資訊。這個過程改善了訊噪比，被稱為處理增益 (Processing Gain)。就是這個處理增益使得 DSSS 系統得以排斥干擾。

四、數位調變的方式

高頻的載波 (Carrier) 可以對應要調變的數位資料而改變，這個動作稱為調變。相反地，若要將調變的資料復原則稱為復調。主要調變的方式有下列數種：

1、振幅調變 (Amplitude Shift Keying ; ASK)

ASK 是利用調變信號振幅大小來傳遞訊號，若使用於有人員移動之場所、無線機械的移動階段環境下，因受訊信號的強度會變動，所以送訊資料會受到影響。

2、頻率調變 (Frequency Shifting Keying ; FSK)

FSK 是利用調變信號頻率之方式來傳遞訊號，因 FSK 不容易受到調變信號的強度變動影響，適用於移動中的環境。

3、相位調變 (Phase Shift Keying ; PSK)

PSK 是對應數位資料來變化載波相位的方式，PSK 的頻率利用比 FSK 為佳，而且不易被人員移動之場所、無線機械的移動階段環境下產生的受訊信號強度變動影響，具備了 ASK 及 FSK 的特點。PSK 是將移動波的位置移

動 180 度，例如以以標準載波表示 1，以回轉 180 度的載波表示 0。

4、4 相位偏移調變 (Quadrature PSK ; QPSK)

QPSK 使用了相位各回轉 90 度的四種載波，同時對應 2 bit 的資訊 (00、01、11、10) 及相位。

五、IEEE 802.11 基本架構有兩種

IEEE 802.11 無線網路的基本架構有二種：Ad hoc Network (或稱 Independent Basic Service Set Network; IBSS Network)與 Infrastructure Network。

1、Ad hoc Network 架構

如圖 2-3 所示。其中 STA 為一工作站，工作站與工作站之間，藉由無線媒介(Wireless Medium; WM) 在工作站的功率所及區域來收送資訊。

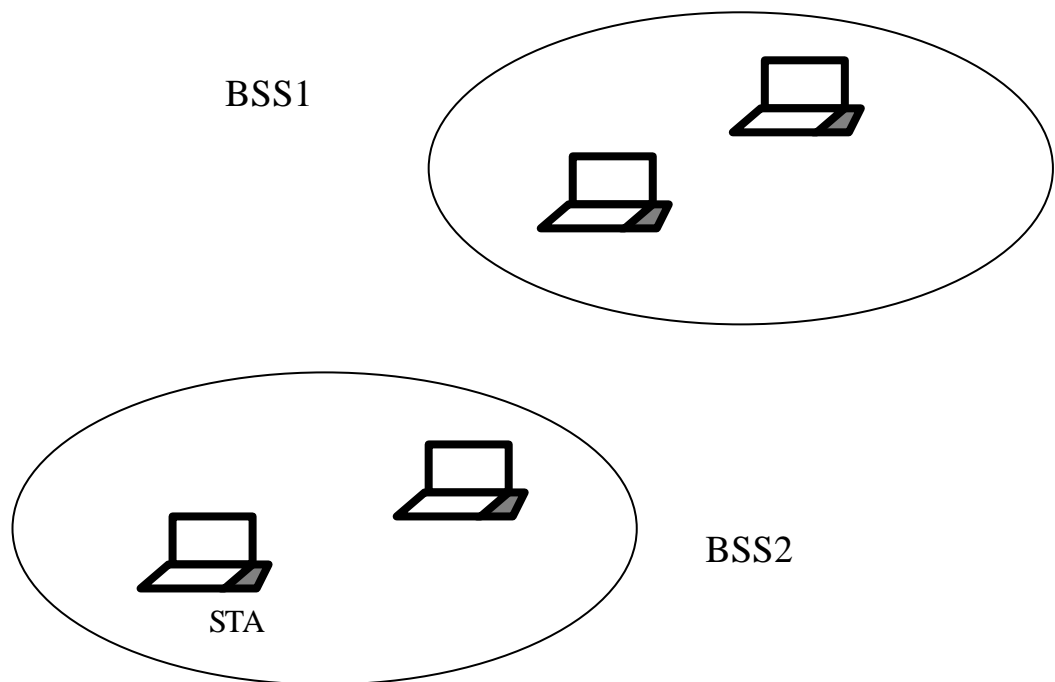


圖 2-3 Ad-hoc network 示意圖

而這些工作站的功率區域便形成無線網路的基本服務區 (Basic Service Set ; BSS), 每一個 BSS , 都給予一個唯一性的識別碼 (BSS ID)。如此，具有相同 BSS ID 的

工作站便屬於同一個基本服務區。若有兩個基本服務區，且其 BSS ID 為 BSS 1 和 BSS 2，在此之下，一個區基本服務區就是一個 Ad hoc Network。工作站只能藉無線媒介來收送訊息，無法進入其他類型的網路，其延展性較小。

- 2 Infrastructure Network 架構則如圖 2-4 所示，IEEE802.3 Infrastructure Network 比 Ad hoc Network 的架構上多了兩個元件，一為擷取點 (Access Point ; AP)，另一為分散系統 (Distribution System ; DS)。擷取點身亦為一工作站再加上一些額外的功能，其功率所及區域變成一本服務區且擁有唯一性的 BSS ID。

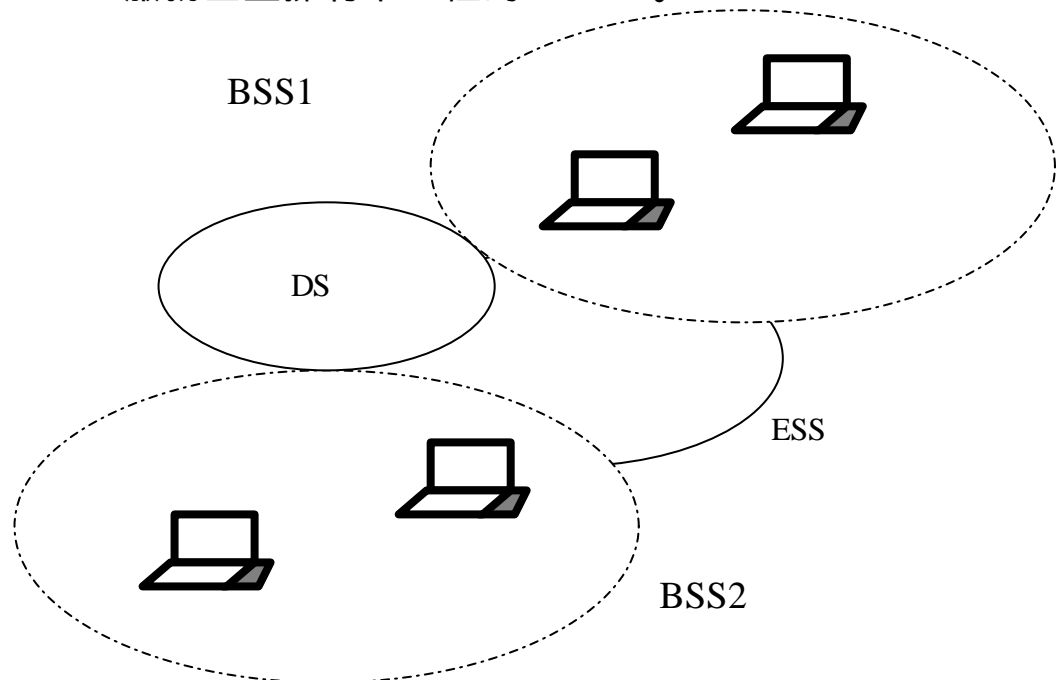


圖 2-4 Infrastructure network 示意圖

擷取點能將工作站的資訊透過無線媒介取得，並將其資訊轉送至分散系統，且亦能從分散系統得到的資訊，藉由無線媒介轉送至工作站。所以工作站收送資訊範圍不再是被侷限於自己所在的基本服務區內，而是藉由擷取點把收送資訊範圍給擴展開來。多台擷取點接上分散系統後，在一

基本服務區內的工作站便可與其他基本服務區內的工作站交換訊息，所以這些基本服務區便成了一個較大的服務區，稱為延展服務區 (Extended Service Set ; ESS)。同樣地，我們給予一個具唯一性的識別碼，藉著 Infrastructure Network 的架構，可將無線網路與目前現有的有線網路 (如乙太網路) 作連結。利用埠接器 (Portal) 將分散系統與 IEEE 802.X 網路相連，因此分散系統可視為 IEEE802.X 網路與無線網路間的介面。

貳、MAC 層的內涵

在 IEEE802.11 中 MAC 訊框，分別為控制訊框、管理訊框及資料訊框基本格式 (如表 2-3)。

表 2-3 MAC 訊框

MAC Header								
Frame control	Duration/ID	Address 1	Address 2	Address 3	Sequence control	Address 4	Frame Body	FCS
2 Octets	2 Octets	6 Octets	6 Octets	6 Octets	2 Octets	6 Octets	0-2312 Octets	4 Octets

IEEE802.11 MAC 訊框由訊框標頭 (MAC Header)、資料區段 (Frame Body) 與錯誤檢查碼 (FCS) 構成。在訊框標頭部分包括有訊框控制 (Frame Control)、持續時間 (Duration/ID)、位址 (Address)、順序控制 (Sequence Control) 等欄位。在資料區段部分，放的是使用者的資料或管理資訊，其長度不固定，最長不可超過 2312 位元組。根據訊框控制的內容，可辨別出不同形式的訊框及在訊框標頭的位址排列方式。

其作業方式是如果工作站 1 要傳送 MAC Frame 給工作站 n (如圖 2-5)：

- 1、首先將內有收訊者及送訊者的 RTS (Request to Send) Frame (表 2-4) 從工作站 1 廣播至包括工作站 n 在內各各終端。

- 2、除工作站 n 之外，其他工作站（非收訊者）將會忽略掉 RTS Frame。
- 3 工作站 n 將對工作站 1 發送 CTS (Clear to Send) Frame ，
（表 2-5）如果能順利執行載波偵測（Carrier Sense），則
工作站 n 與工作站 1 就開始通訊。

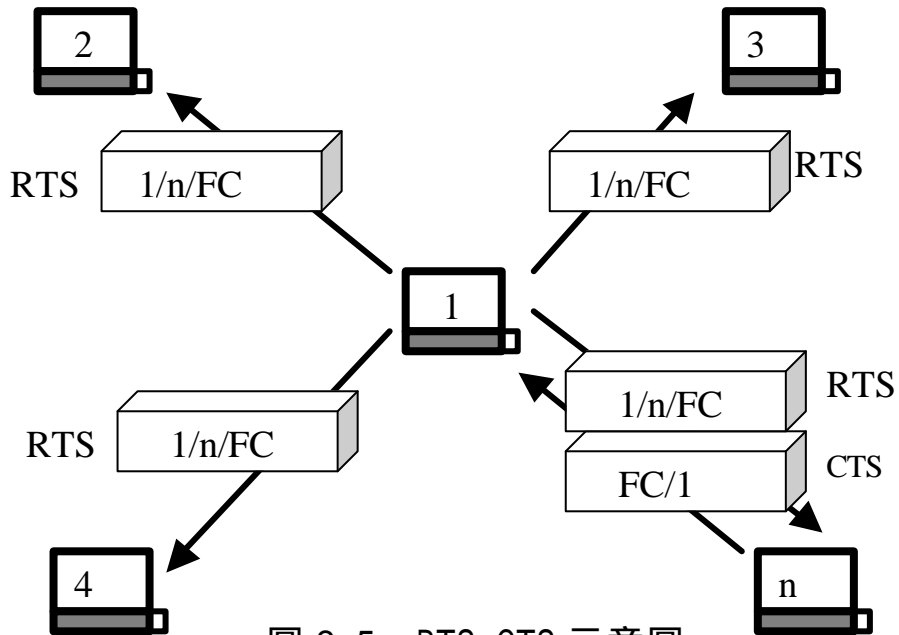


圖 2-5 RTS-CTS 示意圖

表 2-4 RTS 訊框

MAC 檔頭				
Frame 控制	連線傳送時間	RA	TA	FCS
2	2	6	6	8

表 2-5 CTS 訊框

MAC 檔頭			
Frame 控制	連線傳送時間	RA	FCS
2	2	5	2

MAC 副層分割為二部分，PCF 及 DCF 二種。

1、DCF(Distributed Coordination Function; 分散式協調功能)

DCF 是採用 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance; 載波感應多工存取/迴避衝突) 傳送資料，使不同收發站間能共享同一傳輸媒介，並且解決不同收發站之間可能發生的擷取衝突或是從上方的 LLC (Logical Link Control; 邏輯連結控制) 中將送訊資料(LLC 資料) 存於 MAC 前段中，建立 MAC Frame。另外，也以 WEP (Wired Equivalent Privacy) 將送訊資料密碼化來實施安全保護措施。

CSMA/CA 是利用所謂的載波感測來研判某一頻寬中的信號能量是否達到一個基準點，如果信號強度在基準點之下，則表示頻寬未被佔用，收發站可以用該頻寬來傳送資料。反之，若信號強度在基準點之上，則表示傳輸媒介目前是忙碌的，收發站必須延緩 (Defer) 訊框傳送時間，直到傳輸媒介是空間狀態才能傳送訊框。

IEEE802.11 將訊框分成三種不同的優先權等級 (圖 2-6) ，每種優先權等級的訊框在傳送之前都必需等待一段固定的時間，稱為訊框間隔 (Inter-frame Space ; IFS) 。

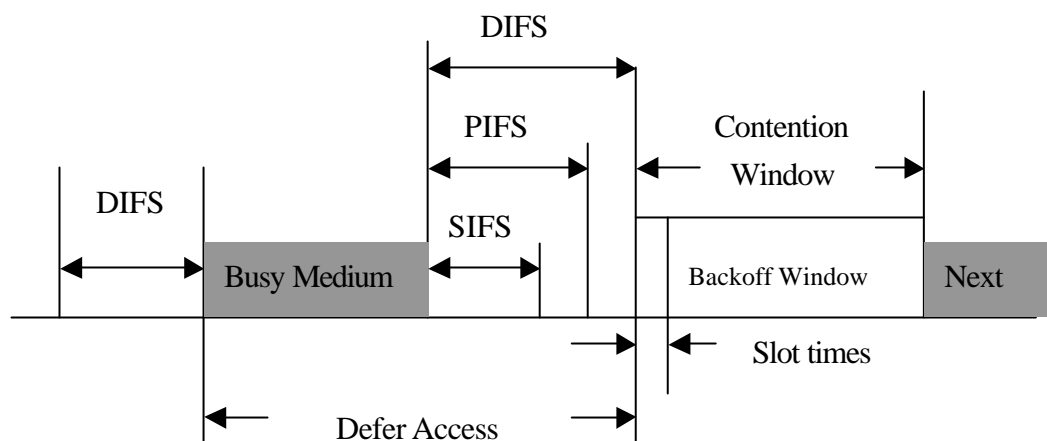


圖 2-6 DCF 示意圖

- (1) SIFS (Short IFS): 此為最短的訊框間隔，用來做立即的回應動作。
- (2) PCF (PCF IFS): 此為中間長度的訊框間隔，為 PCF 傳送時限性資料的等待時間。
- (3) DIFS (DCF IFS): 此為最長的訊框間隔，為 DCF 傳送非同步資料時的等待時間。

優先等級越高的訊框其訊框間隔越短，因此其使用傳輸媒介的機會就越大，在這種方式之下，同一種優先等級的訊框發生碰撞的機會還是很高，因為同一種權限的訊框在等待了相同的訊框間隔之後，若發現這段時間之內媒介是空間，就會同時將訊框傳送出去造成碰撞現象。因此，在收發站等後了訊框間隔之後，在等待一段由亂數決定的時間，才將訊框傳送出來，因為每個收發站產生的後退時間極可能不同，所以訊框發生碰撞的機會就會減低。

在無線網路系統中，除了衝撞不易偵測之外，實體層在使載波技術時也容易誤判媒介是否忙碌。IEEE802.11 如前所訴利用 RTS 與 CTS 來使傳送端傳送的訊框與其他收發站的訊框發生衝撞可能性大幅降低，至於後者，IEEE802.11 解決之道是利用所謂的「虛擬載波偵測」(Virtual Carrier Sense)。此法是利用一個「網路配置向量」(Net Allocation Vector ; NAV)，此向量記載其他收發站還需要多久的時間來傳送訊框，而使收發站根據這些資訊能知道傳輸媒介現在是否忙碌。先前曾提到，在使用 RTS/CTS 的技術傳送訊框時，當其他收發站得到接收端送回的 CTS 時，也會暫時停止傳送訊框，其實，在 RTS 訊框及 CTS 訊框中都包括了一個記載傳送端將來傳送訊框的持續時間 (Duration)，當別的收發站的到傳送端送出的 RTS 訊框，或接收端送出的 CTS 訊框時，就會將裡面記載的持續時間登錄到自己的網路配置向量裡。網路配置向量所記載的時間可一直累積，如此一來，時間未歸零之前，就表示這個收發站目前

不能傳送訊框（如圖 2-7）。

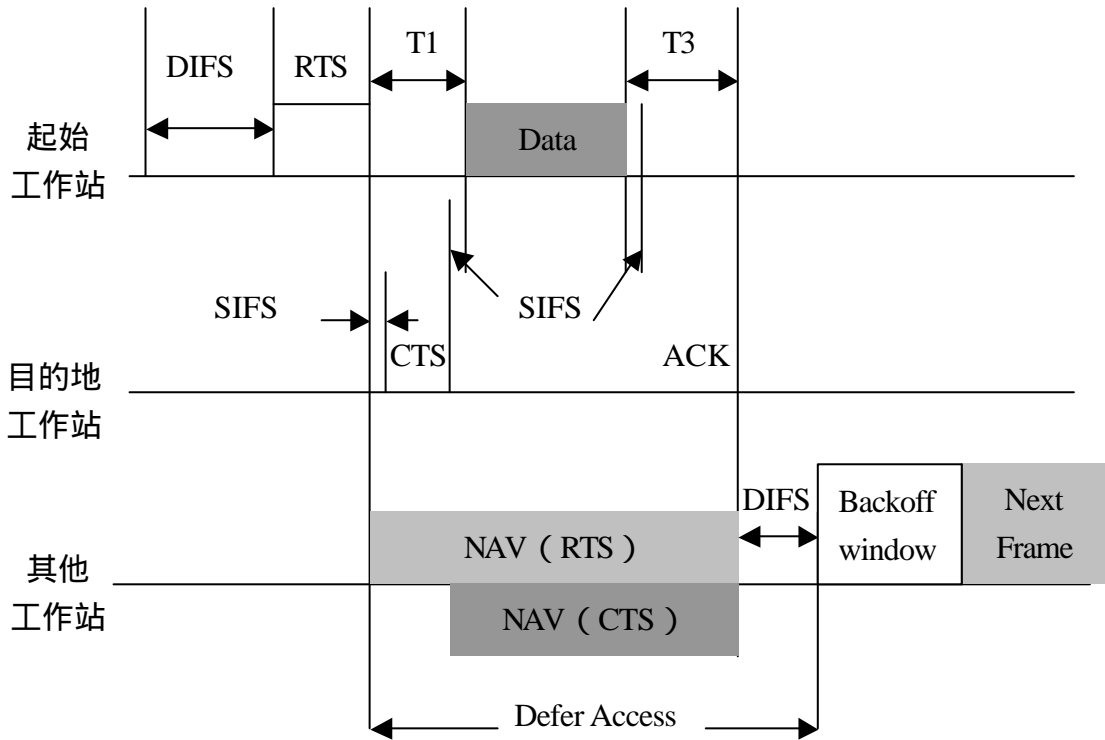


圖 2-7 NAV 示意圖

2、PCF (Point Coordination Function ; 集中式協調功能)
IEEE802.11 除了以 DCF 方式來傳送非同步訊框外，也提供了 PCF 這種具選擇性的方法來支援「免競爭」的服務，以傳送時限性的訊框。

PCF 的主要工作是檢視現在工作站所擁有的送訊權狀況，或對從任一個工作站來的送訊要求等的調整，並於必要時給予適當的送訊權。此功能可透過擷取點 (Access Point ; AP) 的 Point Coordinator 來調整實現。基本上是以 Polling 方式執行送訊權的控制，所謂 Polling 的方式就是在擷取點 (AP) 循序詢問各終端工作站的送訊要求，

然後給予工作站送訊的權利。

在 PCF 的運作方式中，傳送的訊框可分為二種，第一種由收發站送到擷取點，稱為「CF-Up 訊框」(Contention-Free Up Frame)，另一種為擷取點送到收發站，稱為「CF-Down 訊框」(Contention-Free Down Frame)。

- (1) 任何收發站要傳送訊框給另一收發站時，都會先將訊框以「CF-Up 訊框」送給擷取點，再由擷取點用「CF-Down 訊框」轉送給欲接收這筆訊框的收發站。收發站要送出「CF-Up 訊框」時，得先取得擷取點的同意，而擷取點同意收發站送出「CF-Up 訊框」的方式如下：

當擷取點要送出「CF-Down 訊框」給某一收發站時，它會先到輪詢名單中查看，以確認最先登記想發出訊框的收發站，是否就剛好輪到這個收發站，如果是的話，擷取點就會將在送給這個收發站的「CF-Down 訊框」中的一個CF-Poll位元設成1，當這個收發站收到了CF-Poll位元為1的「CF-Down 訊框」時，就可以送出「CF-Up 訊框」了。反之，當收發站收到的「CF-Down 訊框」中的CF-Poll位元沒被設成1，就不能傳送訊框。

- (2) 擷取點若想結束無競爭訊框的傳送時，只要送出一個CF-End控制訊框即可，收發站看到擷取點送出CF-End控制訊框時會將其NAV向量值歸零，然後用DCF的方式送收需要競爭的訊框。

參、PHY 層的內涵

IEEE 802.11 標準中制訂了三種介質實體，同時為了未來技術的擴充性，也都提供了多重速率(Multiple-Rates)的功能。這三個實體層分別是(1)2.4GHz 直接序列式展頻(Direct Sequence Spread Spectrum DSSS)，(2)2.4GHz 跳頻式展頻(Frequent Hopped Spread Spectrum, FHSS)及(3)擴散式紅外線(Diffused IR)，在此僅就 DSSS 提出說明。

- 一、 2.4GHz 直接序列式展頻(Direct Sequence Spread Spectrum DSSS)採用長度 11 的 Barker 碼，作為展頻之 PN 碼。每一

個封包皆分成 192 位元長的 Preamble 區及 MAC 規格資料單元 (MAC Protocol Data Unit ; MPDU) 兩大區域。其中 MPDU 為 MAC 欲藉由 PHY 傳送的資料，有兩極調變選擇：1Mbps DBPSK 或 2Mbps DQPSK。而 Preamble 則一律為 1Mbps DBPSK 調變。同時 Preamble 區可再細分為以下幾個 Field：

- 1、同步區 (Synchronization Field)：此 Field 為 128 位元的 1，目的在提供接收端利用此 Field 執與發射端同步所需要的運算。
- 2、獨特字碼區 (Unique Word)：用以標示封包的開始。
- 3、信號區 (Signal Field)：目的在告知 PHY。即將傳送或接收的 MPDU，是 DBPSK 調變或是 DQPSK 調變。
- 4、服務區 (Service Field)：目前此 Field 尚未定義正式用途，暫時為一至"0 的區域，以備未來其他用途之擴充。
- 5、長度區 (Length Field)：用以標示 MPDU 區的位元長度。
- 6、CRC 16 Field：當 PHY 檢測到獨特字碼，完成 frame 同步，下來的 3 個 field 都是 MAC 欲告知 PHY，所要傳送或接收 MPDU 的重要資訊，事關 MPDU 能否被正確調變或解調，以及 MPDU 中的每一位元是否都能被正確無誤的傳送或接收而毫無漏失。因此，此 3 個區都應該受到嚴密的保護，以確保傳輸的正確性。CRC 16 即是在提供這三個 Field 保護，作錯誤檢測的工作。

二、實體層副層主要分為 PLCP 與 PMD 二部分。

- 1、PLCP (Physical Layer Convergence Procedure)
PLCP 是將從 MAC 層所送來的 MAC 資料 (MAC Frame) 中加入 PLCP Preamp (同步訊號或 Frame 啟始訊號) 或 PLCP Header，建立 PLCP Frame (PPDU) 傳送至 PMD。此 PLCP Frame 是與 PMD 的電波或紅外線等媒體不同，送訊方式是採 DSSS。
PPDU (PLCP Protocol Data Unit)：PLCP 副層就是使用的通訊協定資料，其是由 PLCP 通訊協定資料及使用者送

訊資料的 PSDU (PLCP Service Data Unit) 所構成。

PSDU : 是指上方 DCF 來的 MAC Frame。

2、PMD (Physical Medium Dependent)

PMD 是將從 PLCP 副層送來的資料調變於 2..4GHz 區域電波中 (DSSS 方式或 FHSS 方式), 或透過天線傳送資料給收訊者。

肆、CSMA/CA 之原理

IEEE 802.11 MAC 層傳輸協定是採用 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 的通訊協定與乙太網路 IEEE 802.3 的 CSMA/CD 相類似, 差別在於乙太網路是利用碰撞偵測的方式, 而無線電傳送過程中要偵測到碰撞的產生是極為困難的, 故採取碰撞避免的方式。本技術是先去偵測工作頻帶中的電磁波能量, 若超過基準值, 則判定頻道被佔用, 工作站需作延遲等待, 直到頻道空間時, 再將訊框 (Frame) 送出。避免碰撞發生的方法是工作站發現頻道空間時, 不立即送出訊框, 而是自行產生一隨機時間 (Random Backoff Time) 來作延遲, 當在延遲期間偵測到頻道忙碌時, 則此隨機時間將被凍結, 直到再度確認頻道空間時, 再啟動隨機時間, 只要等待時間一到, 即可將訊框送出。另外再加上 RTS (Request To Send) 及 CTS (Clear To Send) 的控制訊框 (Control Frame), 此方法是在送出資料之前先送出 RTS 的控制訊框, 目的端收到之後便返回一個 CTS 的控制訊框, 當鄰近的工作站聽到這兩種訊框的任何一種, 便須再等待一段時間, 不得傳送任何的資料, 如此一來碰撞頂多發生在 RTS/CTS 控制訊號上面, 機率自然可以降低許多。

伍、IEEE 802.11 規範的服務架構

IEEE 802.11 規範的服務架構有二大類, 分散服務及工作站服務。分散服務是用來讓工作站與工作站之間能傳送及接收資料 (圖 2-7)。而在工作站服務是用來控制 IEEE 802.11 無線網路的存取及隱密性。交互使用這些服務, 便形成了 IEEE802.11 無線網路。

一、分散式系統服務 (Distribution System Service ; DSS)

由分散式系統所提供, 此類服務使 MAC 訊框能在同一個 ESS

中的不同 BSS 間傳送，無論收發站移動至何處，也都能收到其該收到的資料，這類服務大部分由一個特別的收發站呼叫使用此收發站就是所謂的擷取點 (AP)。擷取點是唯一提供分散服務及工作站服務的無線網路元件，也是工作站與分散式系統的溝通管道。

分散式系統服務包括下列五項：

1、分送服務(Distribution)

此服務的主要工作，是將分散系統內的資料送至正確的位址上。如在圖 2-8 至中，有一筆訊框要從 STA1 傳送到 STA2，一開始該訊框會先被送到 AP1 (輸入擷取點)，然後透過「分送服務」再轉送到 AP2 (輸出擷取點)，在 AP2 再透過無線媒介將訊框送到 STA2。在 IEEE 802.11 標準上，並未訂出此服務要如何將分散系統內的資料送至正確的位址上，但說明了要達成此工作所需的資訊，這些資訊將由聯結服務(Association)、取消聯結服務(Disassociation)、重新聯結服務(Reassociation)等來提供。

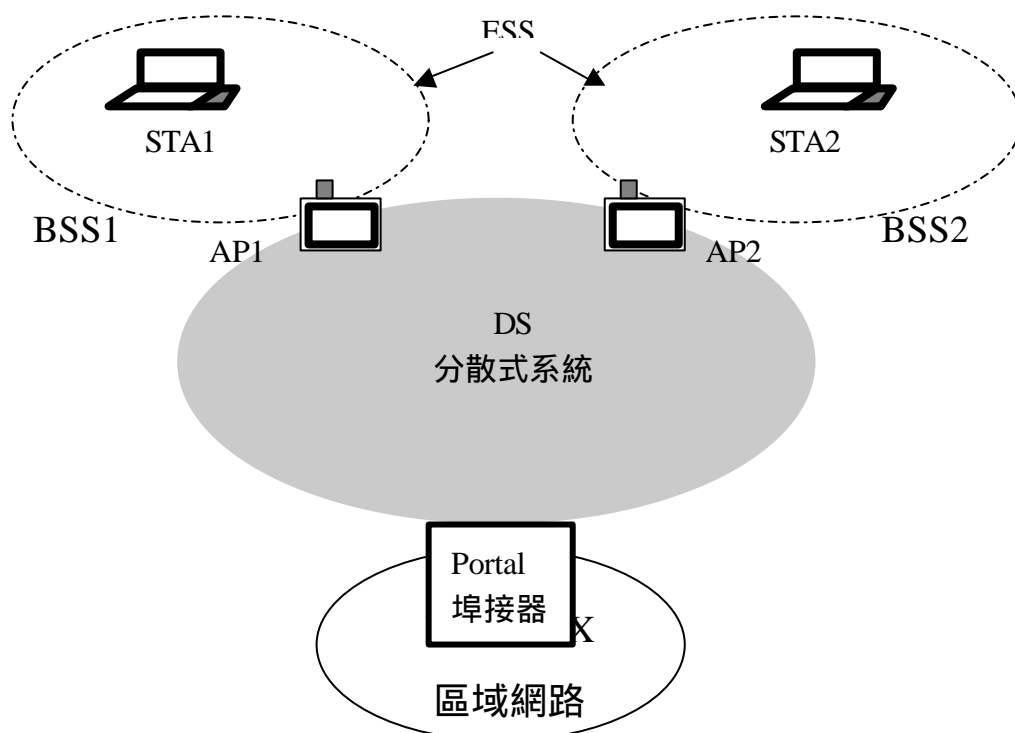


圖 2-8 Distribution 示意圖

2、整合服務 (Integration)

此服務的主要工作，是要使分散系統與現有的有線網路能作訊息交換，即作傳輸媒介與位址的轉換。如果分送服務知道該筆訊框的目的地位是一個現存的 IEEE802.X 有線區域網路，則該筆訊框在分散系統的輸出點將是埠接器而不是擷取點。

分送服務若發現該訊框是要被送到埠接器，將會使得分散系統在訊框送達埠接器之後接著驅動「整合服務」，而整合服務就將該筆訊框從分散系統轉送到相連結的區域網路媒介。

3、聯結服務 (Association)

在 IEEE 802.11 標準中，規範了三種工作站的移動性。

(1) 無變動的移動(No-Transition)：在此性質上，可區分成兩種形式，一為靜止形式 (Static)，即工作站是靜止不移動，像使用個人電腦一樣，只在固定地點使用；一為基本服務區內的移動(Local Movement)，即工作站只在一基本服務區內移動。

(2) 基本服務區的移動(BSS-Transition)：工作站從一基本服務區移動至另一基本服務區，而這兩個基本服務區仍屬於同一個延展服務區。

(3) 跨延展服務區的移動(ESS-Transition)：工作站從一基本服務區移動至另一基本服務區，而這兩個基本服務區是屬於不同的延展服務區。

一個工作站要能送資料給擷取點，必先要與擷取點建立聯結，而此項工作便是由此聯結服務來完成。當工作站與擷取點建立聯結後。擷取點便可將此工作站的資料記錄起來，以提供分散服務所需的資訊。所以，一旦工作站與擷取點建立聯結後，此工作站可藉由擷取點來充分使用分散系統資源。而任一工作站需主動與擷取點建立聯結，且在任意時刻只能與一台無線橋接器建立聯結；相反的，擷取

點可與多台工作站聯結。

4、重新聯結服務 (Reassociation)

此服務是由工作站主動提出，當工作站出一已建立聯結的擷取點移動至另一擷取點時，工作站便啟動此服務。經由此服務，使各擷取點可以建立足夠的資訊，來完成相對的分散服務(如跨基本服務區的移動等)。此外，當工作站欲改變已建立聯結的形態，亦用此服務完成。

5、取消聯結服務 (Disassociation)

此服務可由工作站或擷取點提出。工作站在離開無線網路時，可發出取消聯結來知會擷取點，擷取點可經由此動作，更新分散系統資料庫。擷取點在要關閉或其他原因而無法提供服務時，需送出「取消聯結」。由於取消聯結是只作知會，不需要等待對方回應，因此任一工作站和擷取點都無法拒絕對方所發出的取消聯結。

二、工作站服務 (Station Service ; SS)

此服務由收發站提供，包括正確傳送資料的能力，及資料傳送的安全性。

1、身分認證服務 (Authentication)

此服務是擷取點用來確認工作站的身分。在 IEEE 802.11 標準中，提供了兩種型式的身分認證服務，一為開放系統 (Open System)，另一為共享鎖匙 (Share Key)。

(1) 開放系統：此為最簡單的身分認證方式。工作站送出身分認證要求訊框 (Authentication Request Frame) 給給擷取點，擷取點可接受此種身分認證方式，便回應身分認證成功給此工作站；否則回應身分認證失敗給此工作站。

(2) 共享鎖匙：身分認證訊框分成四種，依序稱為身分認證第一訊框、身分認證第二訊框、身分認證第三訊框、身分認證最後訊框。工作站送出身分認證第一訊框給擷取點；擷取點將一串資料以一種鎖匙進行加密

而形成了身分認證第二訊框，並將此訊框送回工作站；工作站根據所收資訊，對應出自己的鎖匙將此加密的訊框進行解密，遂產生身分認證第三訊框，並送回給擷取點；擷取點將收到此已解密訊框與原先產生的一串資料進行比對，若是相符則回應身分認證成功給此工作站；否則回應身分認證失敗給此工作站。

- 2、取消身分認證服務(Deauthentication)：已完成身分認證的工作站，可用此服務來取消身分認證。一旦取消身分認證後，聯結亦同時取

陸、IEEE802.11b 與 IEEE802.11 之異同

1999 年 9 月 IEEE 公佈了 IEEE802.11b 之標準，基本上，此標準的基本架構、特性及所提供的服務皆與 IEEE802.11 相同，只是真對實體層提升其資料速度 (Data Rate) 及提供更健全的連結機能。

在速度上, IEEE802.11b 除了維持原先 IEEE802.11 所具有的 1Mbps 及 2Mbps 之外，再增加了 5.5Mbps 及 11Mbps 二種較高的速率。在 IEEE802.11 中，DSSS 採 11-bit chipping code 來編碼，每個 11-chip 序列 (又稱 Barker Sequence) 代表一個資料位元 (0 或 1)，當其轉為電波形式時稱為 Symbol，當 Symbol 以二相位偏移調變 (Binary Phase Shift Keying; BPSK) 的方式發射且速率為 1MSps 時，其 data rate 為 1Mbps。當 Symbol 以四相位偏移調變 (Quadrature Phase Shift Keying; QPSK) 的方式發射且速率為 1MSps 時，其 Data Rate 為 2Mbps。

表 2-6 IEEE802.11 規格表

Date Rate	Code Length	Modulation	Symbol Rate	Bits/Symbol
1 Mbps	11(symbol sequence)	BPSK	1MSps	1
2 Mbps	11(symbol sequence)	QPSK	1MSps	2
5.5 Mbps	8(CCK)	QPSK	1.375MSps	4
11 Mbps	8(CCK)	QPSK	1.375MSps	8

在 IEEE802.11b，以 Complementary Code Keying (CCK) 的方式組成 64 組 8 位元長度，當 CCK 以每載波 4Bit 的方式編碼並用 QPSK 的模式發射時，其速率為 5.5Mbps。當 CCK 以每載波 8Bit 的方式編碼同樣以 QPSK 模式發射時，其速率為 11Mbps (如表 2-6)。

第三節 通訊協定

壹、TCP/IP

對於大多數的網路而言，TCP/IP 是網路通訊上不可或缺的工具，其是屬連接導向的通訊協定 (表 2-7)，具有全雙工、流量空控制的重要功能。

表 2-7 TCP 訊框

單位：Bits

Source Port (16)		Destination Port (16)
Sequence Number (32)		
Acknowledgement Number (32)		
Header Information (16)	Window (16)	Chechsum (16)
Urgent Point (16)		Option (Variable Length)
Data (Variable Length)		

- 1、來原埠與目的埠 (Source Port/ Destination Port): 用來識別那些使用 TCP 連接的上層應用程式。
- 2、序列編號 (Sequence Number): 其包含使用者資料欄位中的第一個位元組的序列編號，該值指定此傳送模組的位元資料流的位置。
- 3、確認編號 (Acknowledgement Number): 該值可以確認先前已

收到的資料，同時也包含來自傳送者的下一個期待的位元組序列號值。

- 4、表頭資料 (Header Information)：此欄位用來決定資料開始的地方。
- 5、視窗 (Window)：用來表示接收者所願意接受位元組的值，此值根據確認編號中的值來設定。
- 6、檢查總和 (Checksum)：表達在這區段中的所有 16 位元組的 1 補數總和的 1 補數，以決定是否這個區段從傳送者不管錯誤地 (error-free) 到達。
- 7、緊急指標 (Urgent Point)：用來表示伴隨緊急資料的資料位元組。

貳、IP

IP 允許二部主機的交通交換而不需要任何預先呼叫，但 IP 屬非連接性，所以資料包有可能在傳送之時遺失，因此，必須以 TCP 來修復此問題，IP 的格式如圖 2-9。

表 2-9 IP 訊框

單位：Bits

Version (4)	Internet Header Length (4)	Type of Service (8)
Total Length (16)	Identification (16)	Flags (3)
Fragment Offset (13)	Time-to-Live (8)	Protocol (8)
Head Chechsum (16)	Source IP Address (32)	Destination Address (32)
Option (Variable Length)	Padding (Variable Length)	

參、靜態與動態定址

對一個小型的無線區域網路而言，很容易以靜態 IP (Static IP)

的方式來對各工作站作定址，但此種方式若用於中大型的網路系統，則工作會變得十分繁複且易於發生錯誤，因此對中大型的無線區域網路應以動態定址的方式來處理，如 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)，其可以自動地在特定範圍內做定址的工作，採用 DHCP 定址的優點如下：

- 一、定址效率高：使用 DHCP 時，不須對工作站的再做人工調整，即使工作站從一點移動到其他的位置亦同，如此可節省時間並避免錯誤。
- 二、主台位址處理：當採用 DHCP 時，即使網路更改配置或位址規劃 (Address Plan)，也不需對每一個工作站逐一更新其 IP，只要對其中一個點做更改即可。例如說，如果是變更不同品牌的 DNS 軟體 (Domain Name Service)，也只需對其 Server 做更新，而不須對網路中的每一個工作站逐一更換。

肆、TCP/IP 在無線區域網路的問題與解決方法

- 一、TCP/IP 雖然有優異的特性，但在無線網路上卻存有一些問題。
 - 1、High Overhead：由於 TCP 為連接導向，其經常傳送一些只包含對話 (Negotiation) 與確認 (Acknowledgement) 而無實際資料的封包，這些封包會耗損無線網路有限的頻寬，並降低網路效益。
 - 2、Inability of adjust under marginal：當機動工作站切換於不同的無線網路之間時，TCP 會終止連接，需要使用者重新建立連接關係。
 - 3、Difficulty in dealing with mobile node address：當機動工作站漫遊於不同的 Network domain 區域時，IP 會拒絕路由器傳來的封包。
- 二、為了避免這些狀況的發生，可以採用中介軟體 (Middleware) 來處理頻寬不足與暫停通訊的問題，中介軟體是一種簡易的通訊協定，用來確保無線區域網路各工作站的通訊品質，其又下列特性：
 - 1、Optimization techniques：中介軟體能利用壓縮技術縮短傳輸

層 (Transport Layer) 中的資料，以減少在無線網路中的資料量，有些軟體則會壓縮表頭資料，或是在發送前以較短的資料來替換傳統的表頭資料。

- 2、 Intelligent Restarts：在無線網路中，傳輸作業有可能因干擾而中止，智慧型重新啟動 (Intelligent Restarts) 是一種回復功能，當網路又重新連接時，此功能會自先前中止處重新發送訊號，而不是再重頭發射。
- 3、 Data Bundling：中介軟體能將數個較小封包結合在一起而組成一個較大的封包。
- 4、 Store-and-forward Messaging：為避免資料傳遞時接收站因故發生短暫中止作業而漏收的訊號，中介軟體會儲存該資料，而予接收站恢復運作時再傳送。

第三章 無線區域網路的架構

第一節 基本模式與架構限制

有線區域網路是經由纜線遞送資料，而無線區域網路是藉由天線收發無線射頻（Radio Frequency, RF）訊號。其傳輸頻譜是根據美國聯邦通訊委員會（FCC）所制定，並且功率限制在 1W 以下的 ISM（Industrial, Science, Medical）公用頻段。所謂 ISM，係由 3 個不同的無線波段共同組成，包含有原提供給工業無線傳輸應用的 902 928MHz（26MHz）波段；2.4 2.4835GHz（83.5MHz）的科學研究波段；以及 1997 年 1 月開放給醫療用途的 5.15 5.35GHz 與 5.725 5.825GHz（合計 300MHz）波段，其中以 2.4GHz 的無線區域網路被廣為採用，市場上的產品都以此波段設計製造，在使用上，無線橋接器之間或無線橋接器與工作站之間要盡可能無障礙物存在，也就是保持 Line of sight，同時安置在同一地點的無線橋接器其頻率要為維持一段間隔以確保傳輸品質。

在 IEEE802.11 的網路架構可分為二大類型，機動無線系統（Mobile Wireless System）與固定無線系統（Fixed Wireless System）。機動無線系統是無線橋接器與工作站所構成的無線系統，強調機動性；固定無線系統則是由數個無線橋接器組成。在實用上二者常混合在一起。

第二節 機動無線系統

主要用於室內需要有移動性連接的工作站，可分為 Independent Network、Basic Infrastructure、Multiple Channel Network 等三種。

壹、Independent Network

Independent Network 是最簡易的無線區域網路型態，系統中沒有擷取點，各工作站利用無線網路卡以 peer-to-peer 的方式連結以共享印表機或硬碟（如圖 3-1）。

貳、Basic Infrastructure

分成 Stand Alone Wireless Lan 及 Wireless Access to Ethernet

Network 等二種。

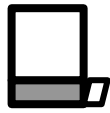
一、Stand Alone Wireless LAN

在此型態中，擷取點具有中繼站的功能，在工作站之間傳遞資料（如圖 3-2），此種小型無線區域網路適用於臨時性的場合。

圖例：



Notebook



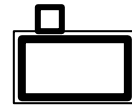
PC



主機



微波天線



擷取點

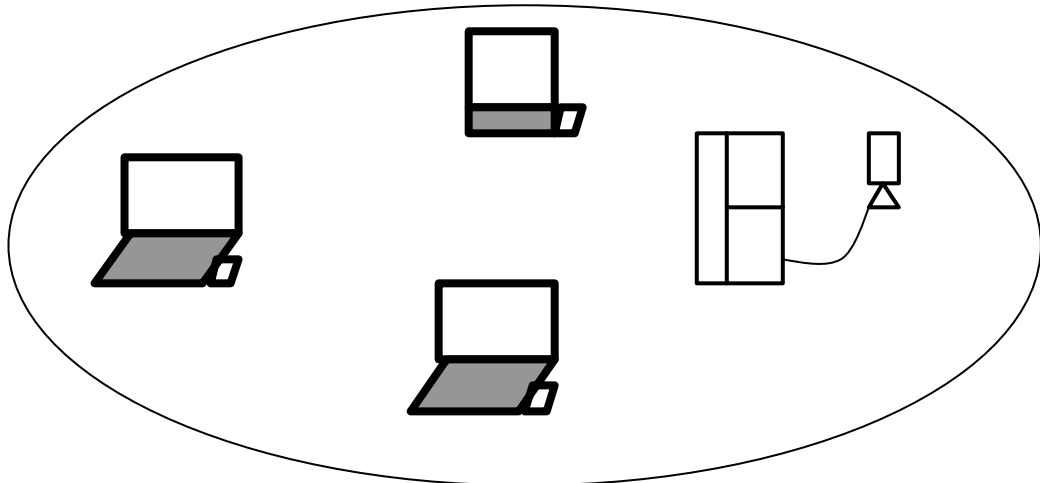


圖 3-1 Independent network 示意圖

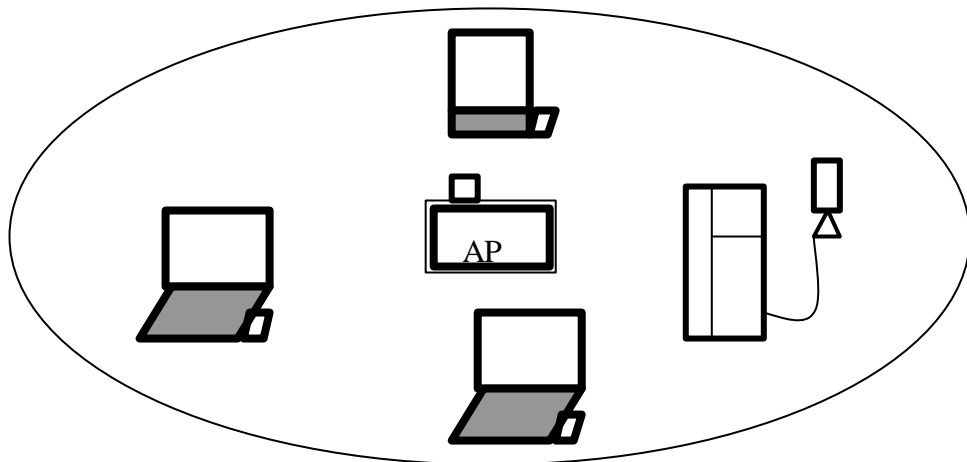


圖 3-2 Stand alone wireless LAN 示意圖

二、Wireless Access to Ethernet Network

擷取點與乙太網路相連，各工作站可以無線的方式自網路中存取資料（如圖 3-3）。一個乙太網路可依需要連結數個擷取點，機動工作站能在不同的擷取點之間移動，同時與網路保持連線。

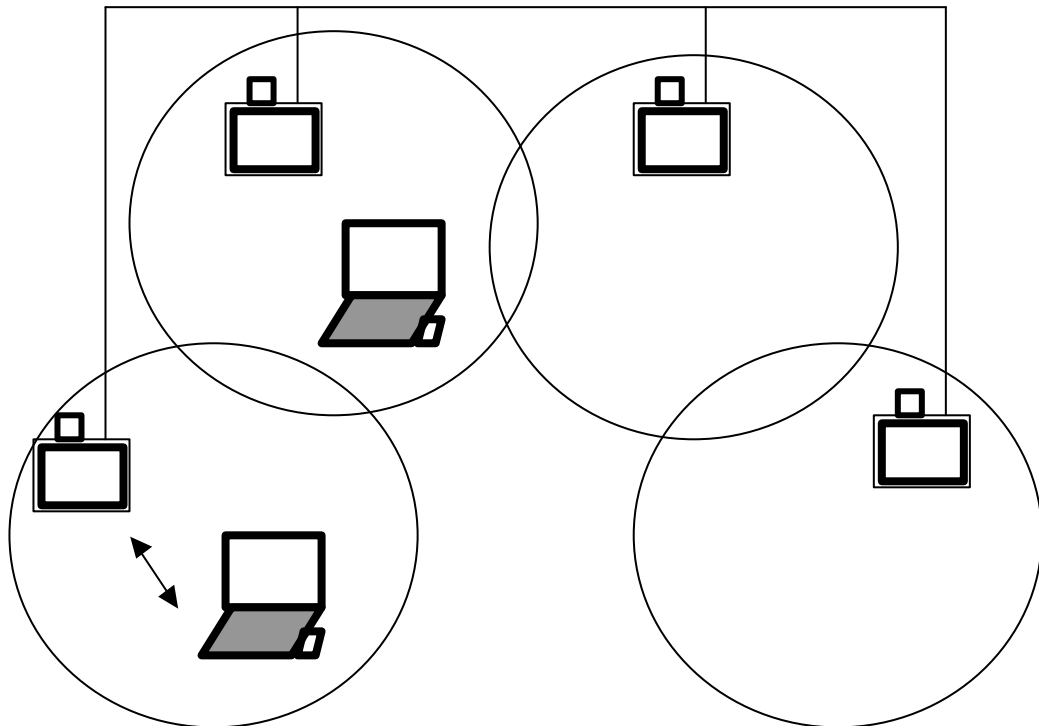


圖 3-3 Wireless access to Ethernet network 示意圖

三、Multiple Channel Network

網路中各擷取點設定不同的頻道，工作站將依所在地點的不同動態地調整頻道。此型態網路適用於無線網路高度集中的地區，及網路反應趨緩之時（如圖 3-4）。

第三節 固定無線系統

此類型的系統大都用於建築物之間作為網路連接之用，可分為 Wireless Backbone Configuration、Wireless Repeater Configuration、Wireless Point-to-Point Configuration 及 Multiple Points Configuration 等形態。

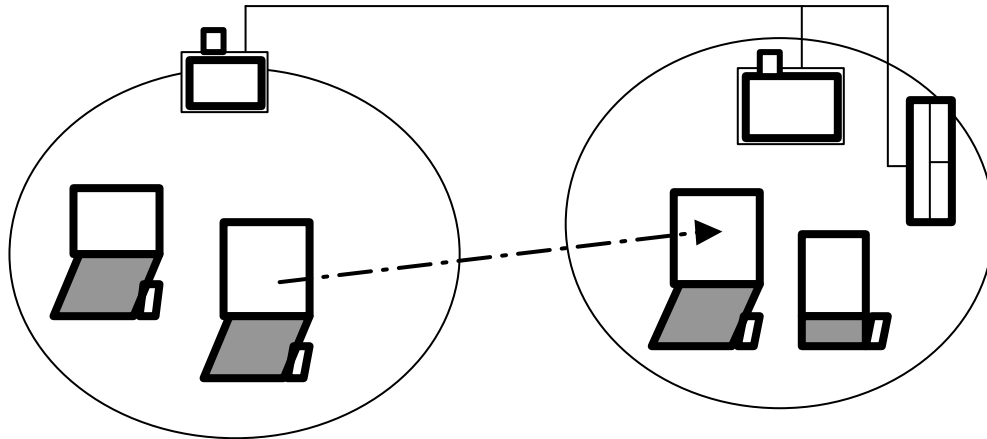


圖 3-4 Multiple channel network 示意圖

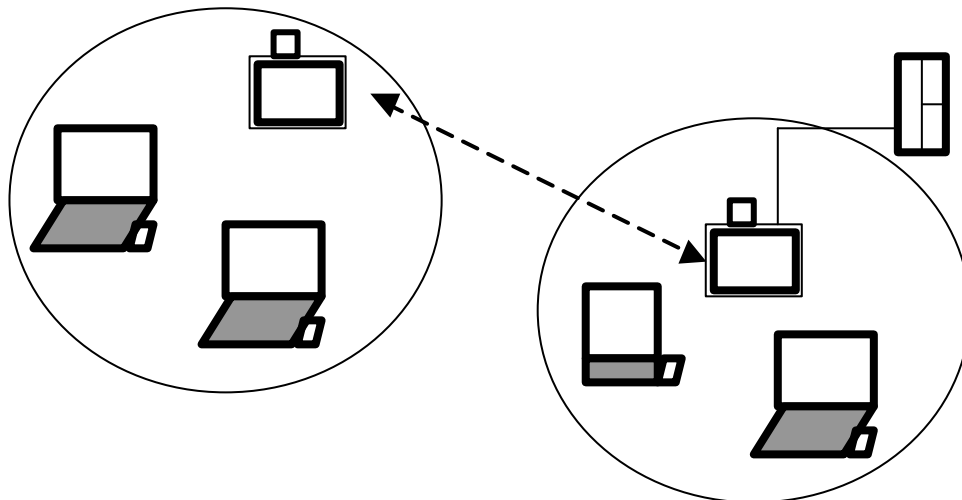


圖 3-5 Wireless backbone configuration 示意圖

壹、Wireless Backbone Configuration

當二個區域因環境障礙無法相連時，或二個區域要做臨時性的相連時，可運用此模式來作連線動作（如圖 3-5 所示）。

貳、Wireless Repeater Configuration

當二個區域的網路因環境障礙無法直接傳遞無線訊號，或因彼此相距太遠至無線訊號無法傳達時，則必須以無線橋接器作 Repeater 轉傳信號（如圖 3-6）。

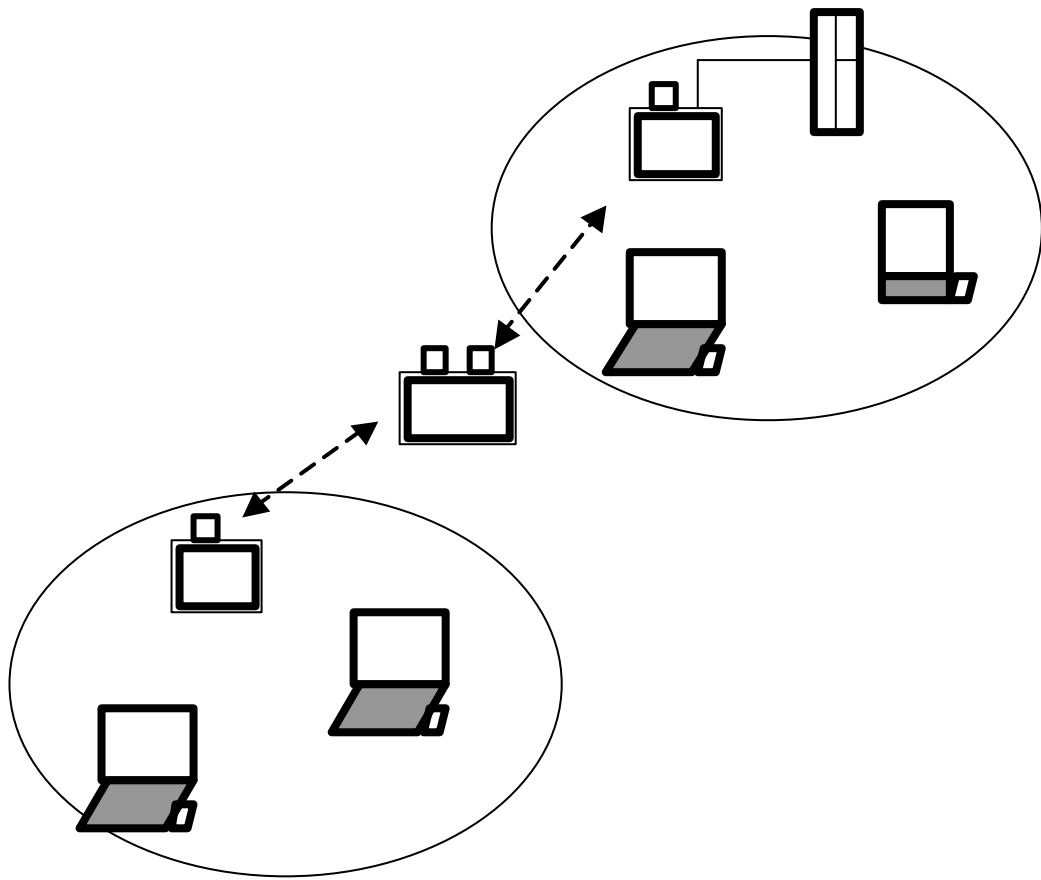


圖 3-6 Wireless repeater configuration 示意圖

參、Wireless Point-to-Point Configuration

以無線網路做點對點的區域網路連結（如圖 3-7）受到廣泛的採用，尤其當二棟建築物之間有無法突破的障礙（如河流）時，即可利用此種模式作網路連結，如果搭配適當的天線及功率放大器，傳輸距離可達數十公里。

肆、Multiple Points Configuration

當有數棟建築物要將網路作連結時，可以其中某一棟為中心台（Master），配置全向天線，其他各棟為副台（Slave）則配置指向天線對準主台作連結（如圖 3-8）。

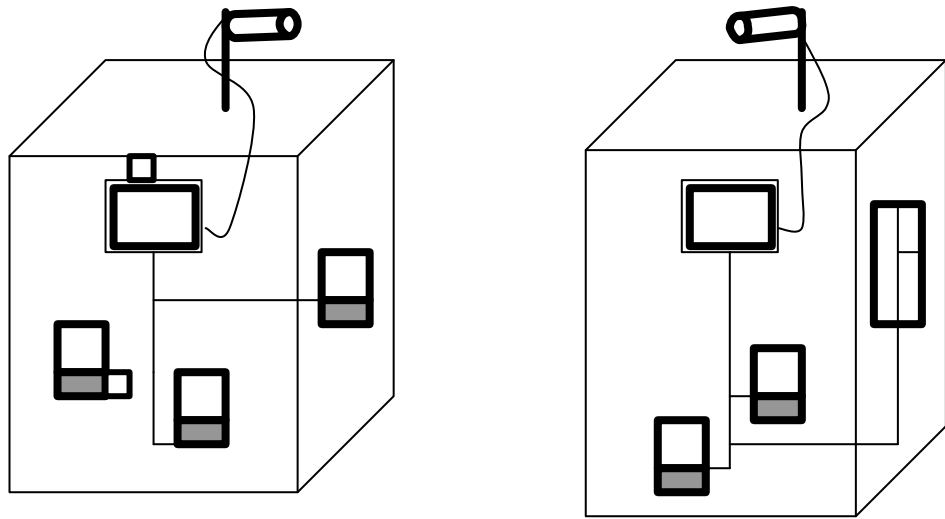


圖 3-7 Wireless point-to-point configuration 示意圖

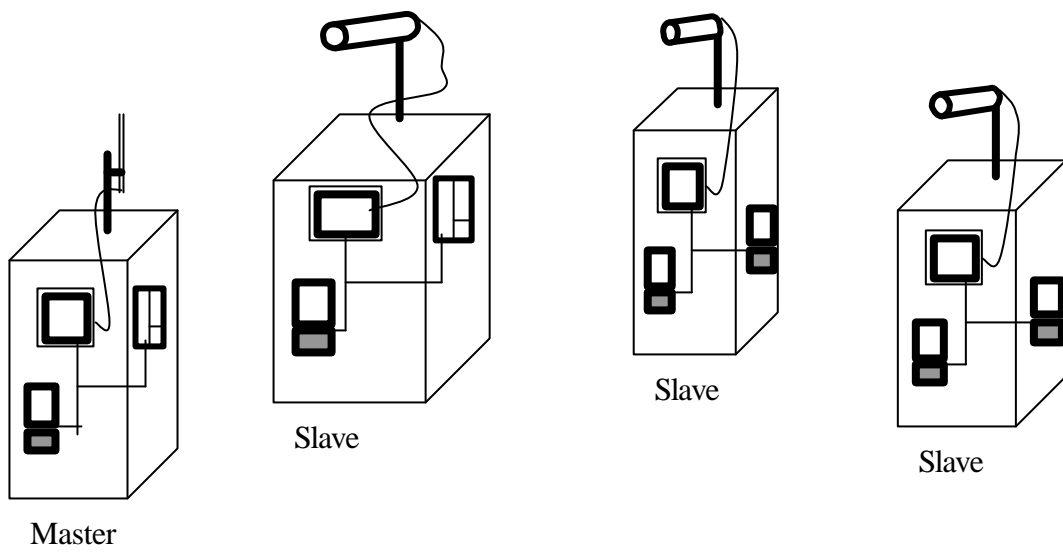


圖 3-8 Multiple points configuration 示意圖

第四章 校園無線區域網路的建構

對於校園無線區域網路的架構依需求之不同，可分為一、對外連結部分，二、內部部分，三、漫遊連結，四、混合連結等四部分做規劃。

第一節 對外連結

一般學校無論對外的連線或是對內的區域網路都以電算中心為其控制中心，目前，電算中心對外是透過當地的教育網路中心與國家骨幹網路相連，其所採用的傳輸媒介多為 T1 專線，但由於使用者眾多，致使傳輸速率甚低，甚至斷線亦時有所聞。無線區域網路運用在學校對外的連結上有二種方式。

壹、現有實體網路之備援

除維持現有 T1 專線之運作之外，以 Wireless Point-to-Point Configuration 的模式在學校與區網中心各架設一台無線橋接器，並依距離搭配適當型式的天線來建構（圖 4-1），當 T1 因故斷線時，可立即以無線網路來維持網路運作。

若學校與區網中心因地理環境的障礙無法做到 Line of Sight 時，則需採取轉接的模式 Wireless Repeater Configuration 來予以克服（圖 4-2）。

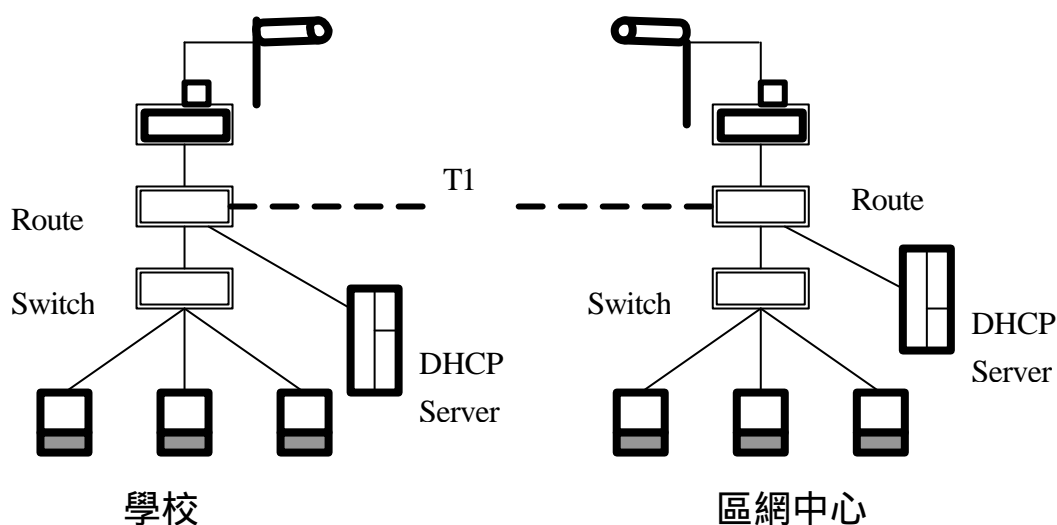


圖 4-1 校園網路架構圖（一）

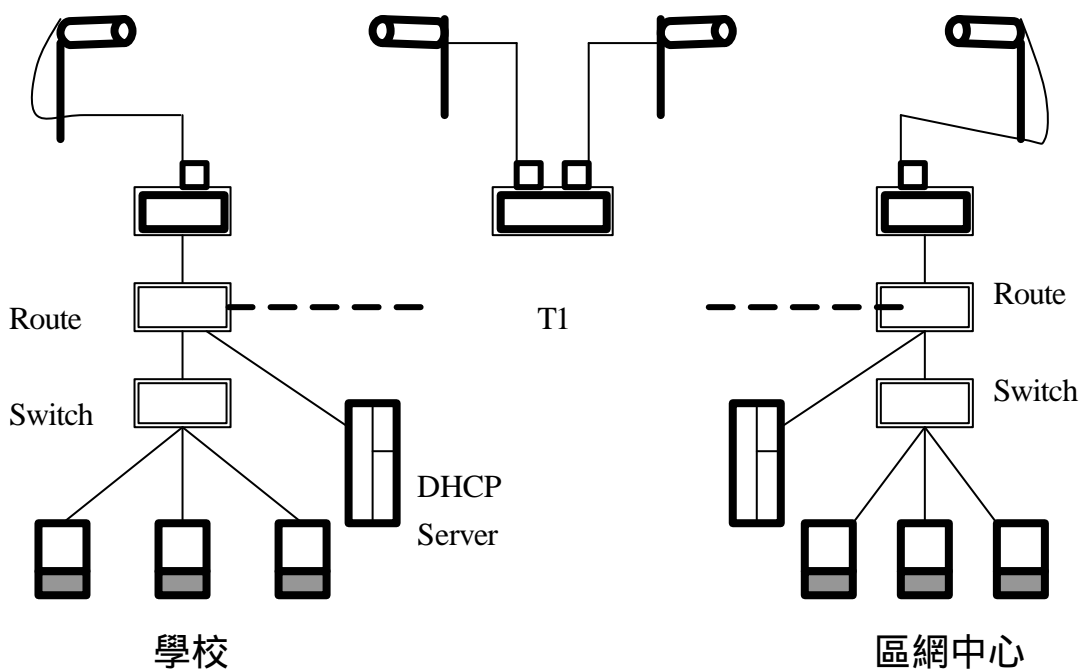


圖 4-2 校園網路架構圖 (二)

貳、以無線網路取代現有的實體網路

由於現行 IEEE802.11b 的頻寬 11Mbps 遠高於 T1 的 1.544Mbps，在實用上，當可取代 T1 而做為學校對外連線的通道，同時為了安全起見，二端可加裝一台無線橋接器以做為備援，來確保連線的暢通(圖 4-3)。

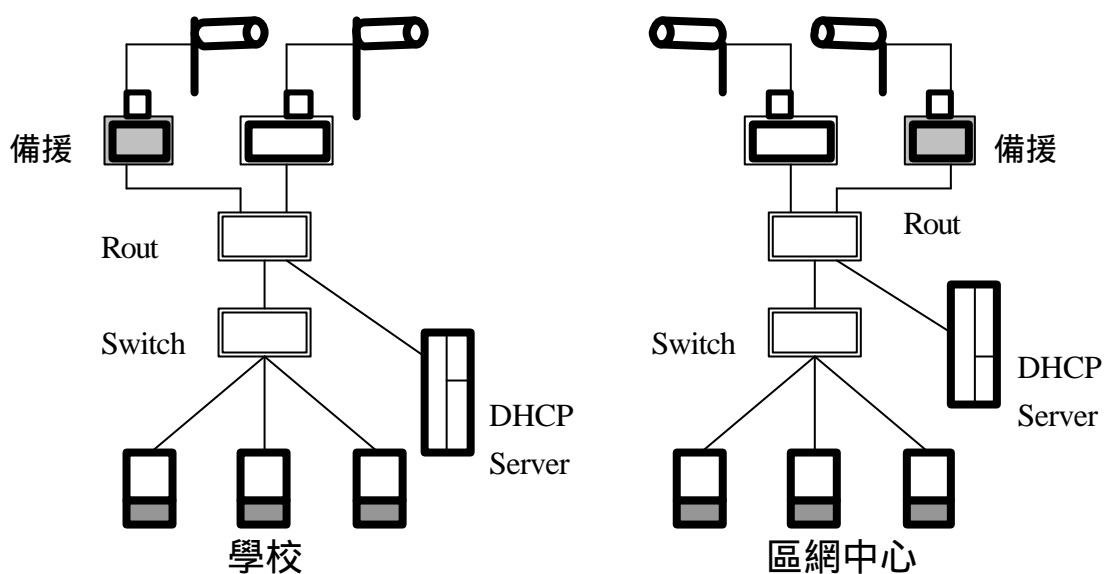


圖 4-3 校園網路架構圖 (三)

第二節 內部連結

在校園內部不同的建物之間做連線可分為二種形態，一對一及一對多。

壹、一對一形態 (Point-to-Point)

當校園內欲連線的二棟建築物有障礙物如操場、馬路等存在，而無法以架設實體線路時，得在二端架設無線橋接器及指向式天線，來達到連線的目的（如圖 4-4）。

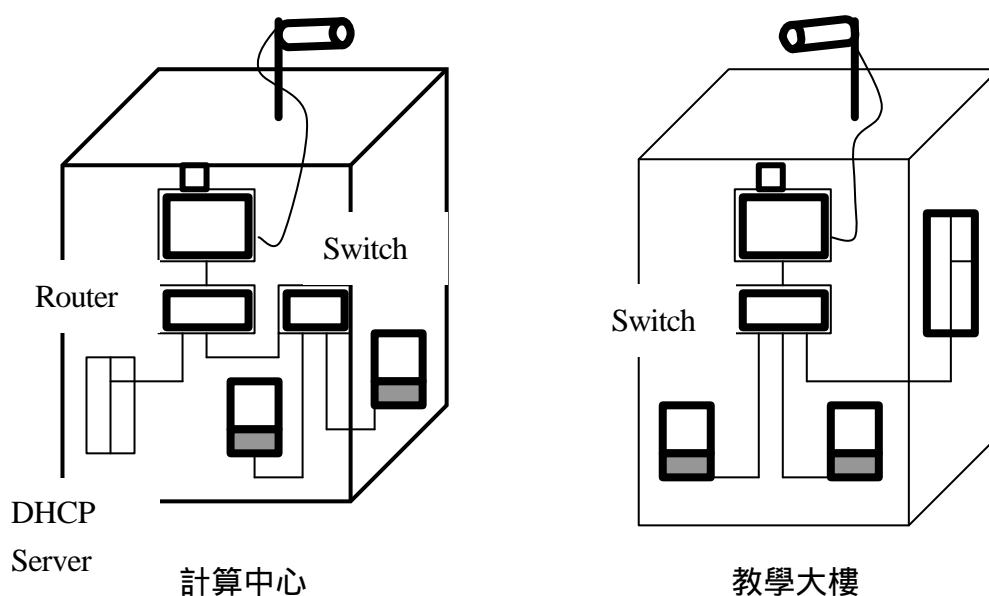


圖 4-4 校園網路架構圖（四）

貳、一對多形態 (Multiple point-to-Point)

當學校欲做全校的連線時，可以無線網路為其主幹 (Backbone)，再由各點做實體線或無線的延伸，即使校園內有架設實體主幹線路，亦可以無線網路來做備援之用。唯在規劃時應將主台 (Master) 架設於最高點，所有的副台 (Slave) 天線對主台天線都要維持 Line of Sight，若有障礙物則必須做轉接的安排。一般校園內都以電算中心為網路的管制中心，但主台的架設卻不一定要安排在電算中心的建築物上，網管人員可利用網管軟體由任何副台對主台做監控（如圖 4-5）。

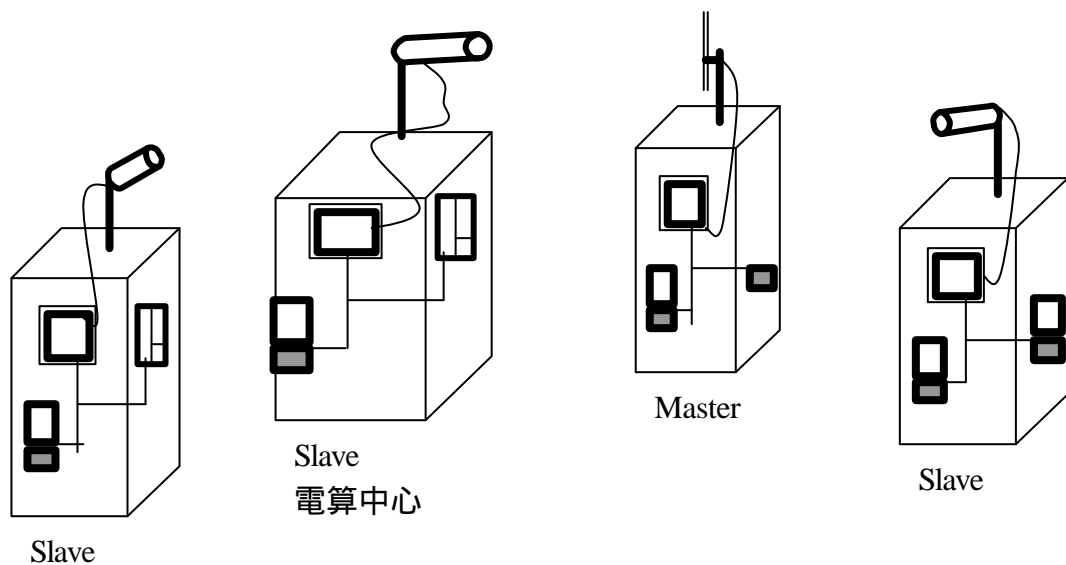


圖 4-5 校園網路架構圖（五）

主台（Master）與副台（Slave）之差別在於主台具有 Routing 的功能，而副台則僅有 Bridge 的功能。當規劃一對多形態的無線網路時，其主台應配置全向形天線（Omni Directional Antenna），而副台則配置指向形天線（Directional Antenna）。

在同一地點因需要而架設多部主台時，其工作頻率應保持 50MHz 以上之間隔以免互相干擾。

第三節 漫遊連結

無線網路最大的特色在於具有高度的機動性，也就是工作站能依需要而移動卻仍然維持連線狀態，對於臨時性的場合也可以利用漫遊的模式來達到連線的需求。在多細胞（Multiple-cell）無線區域網路中，漫遊是一項重要的功能，但 IEEE802.11 並未對此功能訂出標準，而是由製造商自行製定。一般而言，IEEE802.11 的機動工作站會定時地偵測其所接收到訊號的強度，而尋求與訊號最強的擷取點做連接。

以 Lucent Technologies 的產品 WaveLan 為例，在一個無線網路之中有數個 Cell，稱為 Domain，在此 Domain 中，機動工作站會自動地對不同 Cell 的擷取點做切換以確保連結，同時也監控其訊號品質。所以當訊號品質下降超過預設值時，機動工作站會立即與其他的擷取

點做連結。漫遊（Roaming）依連線方式可分為下列數項。

壹、Ad-hoc Network 的應用

在此系統中沒有擷取點，工作站之間僅利用無線網路卡以 peer-to-peer 的方式做連結，例如 PC 與 Notebook 二者都安裝無線網路卡，即可以資源共享的方式在移動的狀態之下相互存取資料(圖 4-6)，唯此種方式連結之有效距離甚短，適用於實驗室、會議室等小範圍的場所。

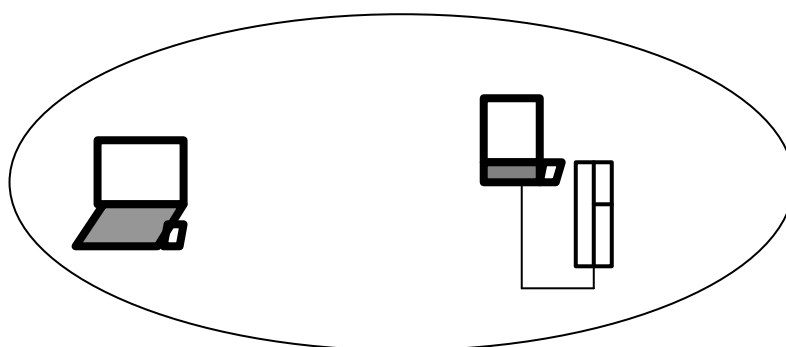


圖 4-6 校園網路架構圖（六）

貳、Stand Alone Wireless Lan 的應用

在校園網路的建構中，除了固定網路之外，許多臨時性的場合也需要網路來做資料的存取整合，如運動會場、學術研討會等等，此時可以一台擷取點為中心來建立一個臨時性的區域網路，使用者無論是使用 PC 或 Notebook，皆可以同一個 Network Name 透過擷取點對 Server 進行存取。若選擇網路中一部電腦使其連接數據機，並安裝 Gateway 軟體（如：WinGate），使其成為一部連接對外網路的閘道器，則其他的工作站即可經過無線橋接器及 Gateway 軟體連上 Internet。

參、Wireless Access to Ethernet Network 之應用

將校園劃分成數個區塊，並以實體線構成骨幹（Backbone），在每一區塊的高點架設擷取點，其作業頻道也做不同的設定，並依作業範圍（Cell）的寬廣配置適當的天線。各工作站則按其所在位置的不同，

透過附近的擷取點與乙太網路連結（如圖 4-7）。

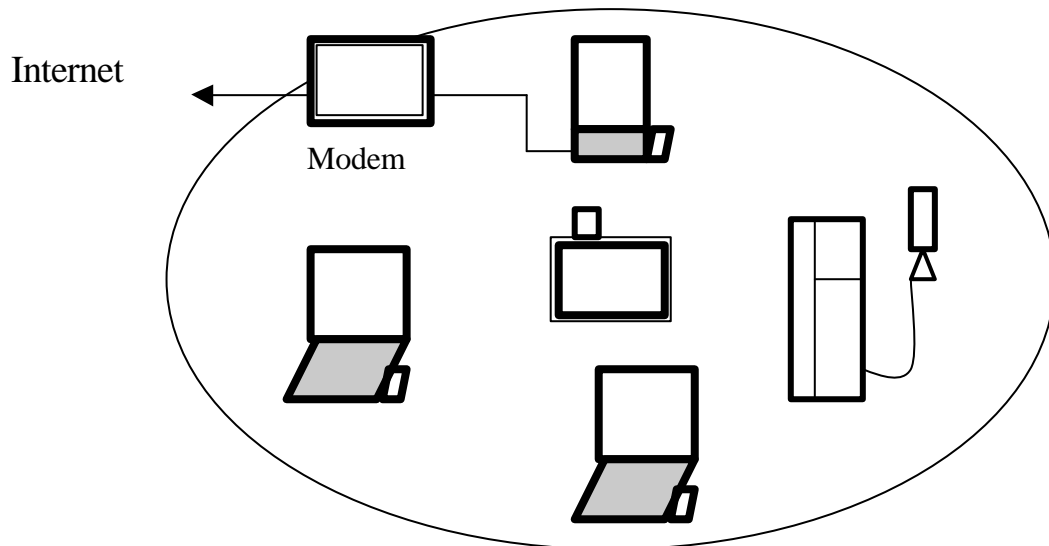


圖 4-7 校園網路架構圖（七）

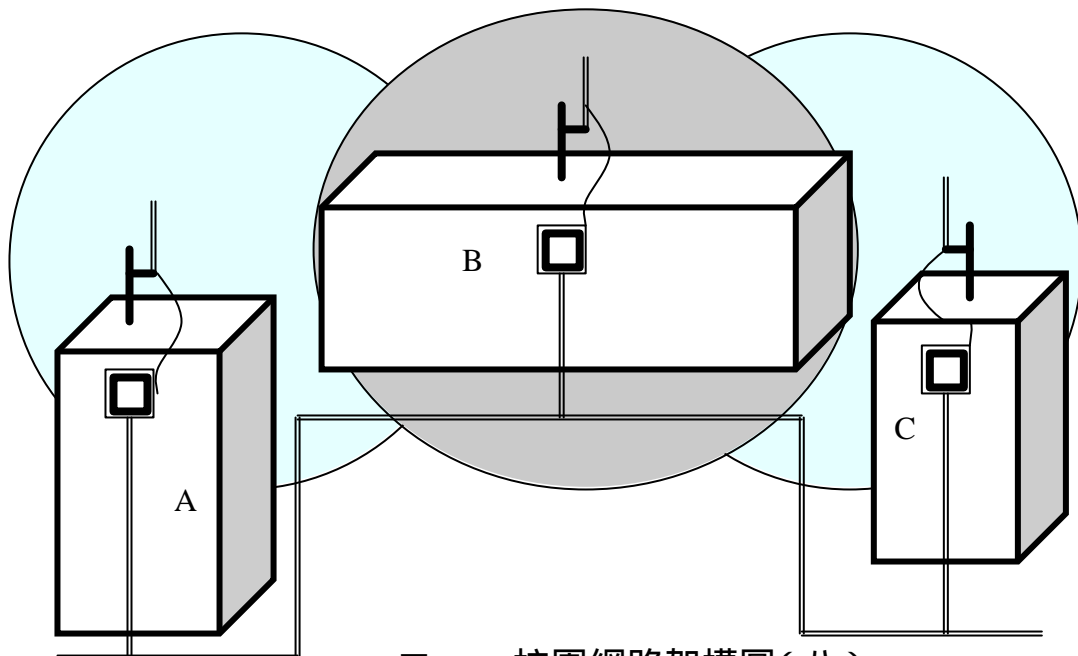


圖 4-8 校園網路架構圖（八）

在漫遊範圍內的機動工作站會定時地評估所接收到各個無線橋接器訊

號的強弱，當其現行連線的訊號強度低於預設值時，則該工作站會轉而與訊號最強的擷取點相連。

若漫遊範圍並未相互重疊，則機動工作站有可能因位於範圍之間而形成 Offline 的狀況，此時擷取點會定時地發出訊號來支援漫遊中的工程站，這些訊號包括：

- 1、Domain ID
- 2、Network ID
- 3、通訊品質
- 4、Cell-search threshold value

Domain ID 用來確認擷取點與機動工作站屬於同一個 Network，工作站只接受同一 Domain ID 之訊號。Network ID 是用來辨識出 Network 中抹某一特定之 Cell，擷取點的 Network ID 能讓工作站分辨出在其位置上應與那個 Network 相連。通訊品質能使工作站決定與那一個 Cell 中的擷取點相連。Cell-search threshold 則與通訊品質相關，當通訊品質低落時，例如工作站從一個 Cell 移動到另一個 Cell-Search threshold，Search threshold 就會啟動 Ssearch mode 來蒐尋適當的擷取點。

第五章 校園無線區域網路案例探討

第一節 建構前的規劃

在建構校園無線區域網路之時，需先對相關事項做審慎的考量，如使用者的需求方式、使用者的數量、環境及障礙的評估、預算的額度、網路效率的要求、甚至建築物的樓層高度與棟距都要做仔細的查訪，再經過測試與調整，才能進行建置的動作。

壹、瞭解現有網路的狀況

雖然無線區域網路最大的特色在於免佈管線和漫遊功能，但對校園內現有的網路設備，在堪用的情況之下亦應予以採用。因此，在免佈管線方面，首先要確認校內現有實體線路的情況，尤其是建築物之間的管線可直接用來做為校內骨幹（Backbone），如此可節省建置成本。而漫遊功能的需求上，要瞭解漫遊區域的大小及 Cell 內可能的死角與障礙。

貳、使用者的數量與區域

無線網路如同一般的實體線網路有其頻寬的限制，因此，在事前規劃上必須瞭解建置區域之範圍、同時使用人數之多少、Cell 的數量及擷取點的密度。

參、頻寬的考量

目前 IEEE802.11b 雖號稱 11Mbps，但在多人同時使用的情況之下，易導致存取速度減緩，同時，頻寬與使用者及擷取點的距離、其間所存在障礙物的種類都有關連，距離越遠或障礙物越多皆會明顯地縮減頻寬，甚至斷線，以 Lucent Technologies WaveLan Turbo 11Mbps 網卡為例，在開放空間（無障礙物）的情況下，160m 之內傳輸速率為 11Mbps，但 400m 以上則僅有 1Mbps，550m 以上就會斷線（如表 5-1）。

肆、建築物與可用範圍

一般擷取點都會配置適當的天線以擴大其使用範圍，而校園內的建築物也以大樓居多，在樓層高而棟距窄的情形下，極易造成操作上的死角，而校內的樹木亦會影響電波的傳送。

伍、安裝點的選擇

擷取點的安裝位置雖原則上以高點為佳，安裝點越高，則死角越大，因此在選擇安裝地點時，要先確認使用者操作範圍。例如二棟相臨而平行的五層樓，棟距為三十公尺，若天線架設於樓頂，則一、二樓將陷入死角之中（如圖 5-1）。

表 5-1 頻寬距離對照表

	11Mbps	505Mbps	2Mbps	1Mbps
Open Space	160m	270m	400m	550m
Semi Open Space	50m	70m	90m	115m
Close Space	25m	35m	40m	50m

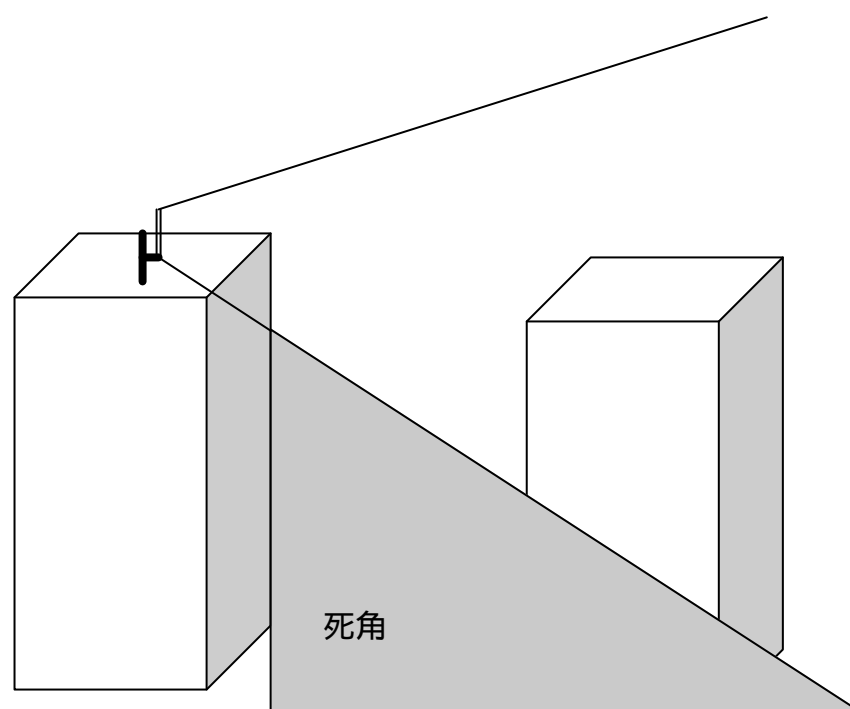


圖 5-1 無線網路死角示意圖

陸、測試的重點

建構無線網路之前一定要先經過測試，事前的規劃可藉此確認其可行性，或是找出缺失予以更正，

- 一、測試天線的地點與高度需與實際計劃安裝的方式相同。
- 二、天線與擷取點之間所用之饋線盡可能不要太長，以免耗損收發信號之強度。
- 三、在做點對點測試或點對多點測試時，須確認彼此之間維持 Line-of-Sight 的狀態。
- 四、機動工作站需在平時使用的位置測試接收之狀況，如教室講桌而非僅是走而已。
- 五、記錄雜訊比的變化及所使用之頻率。必要時可切換頻率以求得最佳雜訊比。
- 六、若擷取點安裝於室內應敬盡量置於高點，以免過往人群對信號造成干擾。
- 七、擷取點 2 公尺之內不得有使用 2.4GHz 之電氣物品。

第二節 案例一：興國中學

壹、建構原因

- 一、該校計劃能將全校納入網路中，以搭到班班能上網的目標。
- 二、校內部份校舍老舊，無預設管線可供電腦線路使用，若採用明線的方式，則有礙觀瞻。
- 三、全校教室 150 間，若採傳統網路之方式建構，費用高昂且不易維護。
- 四、實體線路每班可分配的 Port 有限，未來學生若攜帶 Notebook 上課時，Port 數量無法容納眾多人使用。

貳、規劃建構模式

- 一、在 A 棟與 B 棟大樓之最高點安裝擷取點各一組，並採用 7dBi 全向型天線（如圖 5-2）。
- 二、擷取點與天線間之饋線三公尺長。
- 三、機動工作站則以 Notebook 插入無線網路卡。

- 四、此校園網路係由二個 Cell 構成，彼此部份重疊。
- 五、電算中心位於 A 棟大樓，其與 B 棟大樓已埋設同軸電纜，故本無線網路系統與時體線網路相連，只做 Roaming 的功能。
- 六、規劃上擷取點 A 之作業範圍函概全校，而擷取點 B 則以操場週圍的建築物為存取對象。

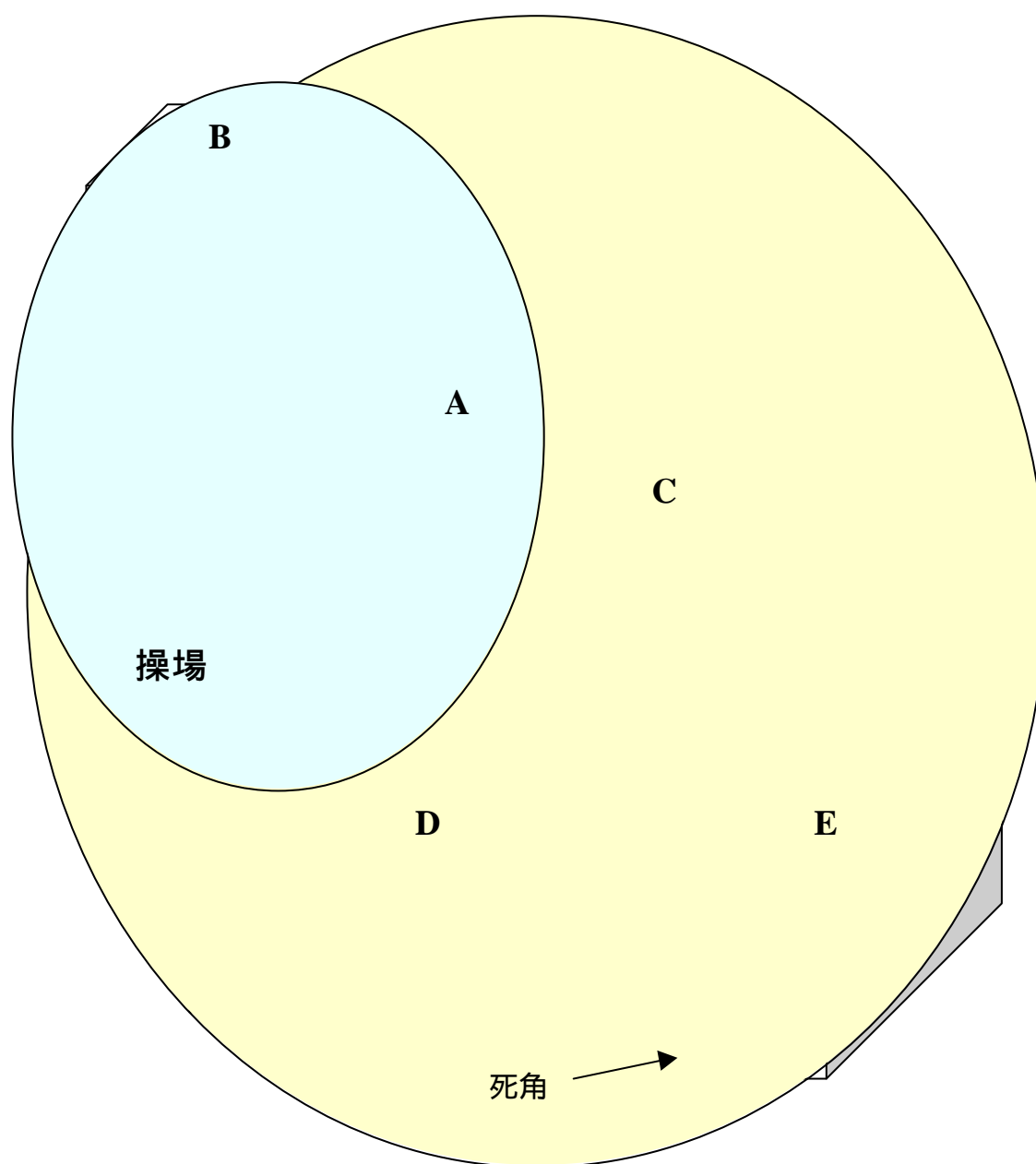


圖 5-2 興國中學無線網路示意圖

參、使用效益與限制

- 一、在 E 大樓有三間教室因受多層障礙物阻隔，無法接收到信號。
- 二、受限於對外為 56k 線路，因此上 Internet 速度較慢。
- 三、對校內資料庫之存取速度，A、B 二棟可達可達 4Mbps，其餘部分約 2Mbps。

肆、擴充方式

為使 C、D、E 三棟大樓的存取速度加快，日後可在 E 大樓的內側再增加一處擷取點即可。

第三節 案例二：宏仁女中

壹、建構原因

- 一、該校計劃能讓老師攜帶 Notebook 於上課時立即上網擷取所需的資料以提升上課品質。
- 二、為維護校園景觀，無意採用實體線網路系統。
- 三、實體線路每班可分配的 Port 有限，未來學生若攜帶 Notebook 上課時，Port 數量無法容納眾多人使用。

貳、規劃建構模式

- 一、在 A 棟與 C 棟大樓之最高點安裝擷取點各一組，並採用 7dBi 全向型天線（如圖 5-3）。
- 二、因 C、D 二棟大樓棟距僅約 20 公尺，為消除死角，C 擷取點連接二支全向天線相連接，以構成二個 Cell。
- 三、電算中心有實體線路已架設至 A 大樓的輔導室及 C 大樓的保健室，可從該二處以同軸電纜連接至擷取點。
- 四、機動工作站則以 Notebook 插入無線網路卡。

參、使用效益與限制

- 一、在 D 大樓之一樓速度僅有 2Mbps，其餘部分則有 4Mbps。
- 二、禮堂因受障礙物阻隔，無法接收到訊號。
- 三、對外連線因受頻寬影響，速度緩慢。

肆、擴充方式

若要使禮堂亦能上網，可在其辦公大樓安裝擷取點，直接對禮堂

傳送訊號即可。

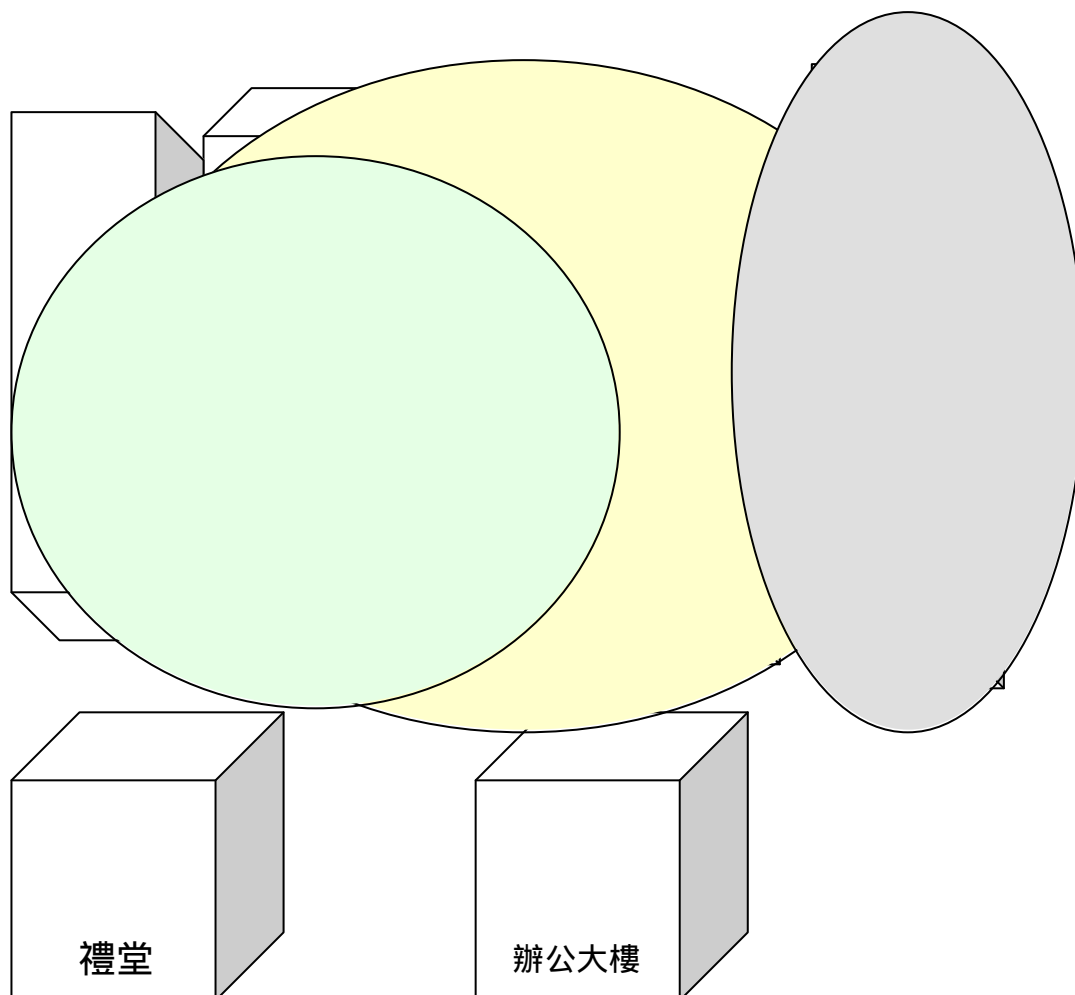


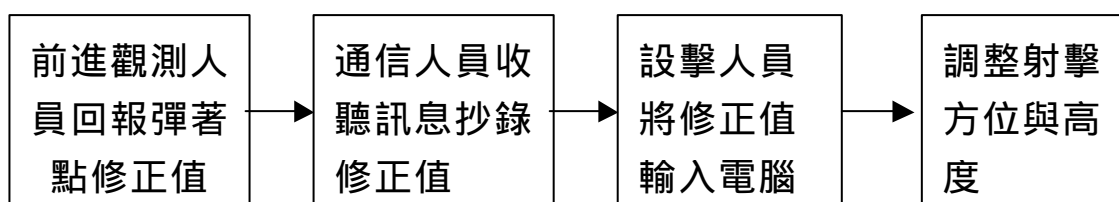
圖 5-3 宏仁女中無線網路示意圖

第四節 案例三：南部某軍事院校

壹、建構原因

- 一、該校射擊靶場位於丘陵地，無線通訊效果時而欠佳，同時以傳統方式傳遞射擊諸元，需再輸入電腦解算一次，因此導入無線區域網路系統，使通訊與計算能結合一起。
- 二、為求時效，以 PDA 做為數據輸入工具，將數據能立即輸入電腦解算，修改已往的資料傳遞過程（圖 5-4）。

一般作業模式：



區網作業模式：



圖 5-4 作業流程比較圖

貳、規劃建構模式

- 一、在前進觀測站建置擷取點並配置二支天線，一支為 24dBi 網狀指向天線指向射擊場，另一支為 12dBi 全向型天線，接收前進觀測人員以 PDA 傳送之資料。
- 二、前進觀測人員攜帶 PDA 並插入無線網路卡（如圖 5-5）。
- 三、射擊場安裝擷取點一台並連結二支天線，一為 24dBi 天線與觀測站相連構成 Backbone；另一支為 12dBi 全向型天線向射擊陣地之射擊。
- 四、射擊人員以 PDA 並插入無線網路卡收取射擊資料。

參、使用效益與限制

- 一、所有傳送的資料均加密，不易遭截取。
- 二、大幅減化作業流程，並避免已往資料傳送之口誤。
- 三、能直接與射擊人員聯繫，亦能同時對不同射擊人員傳達不同的射擊指令。
- 四、前進觀測人員需攜帶電池以供捷取點使用。
- 五、前進觀測站建置擷取點天線天線的位置要盡可能與射擊場保持 Line-of-sight 狀態。

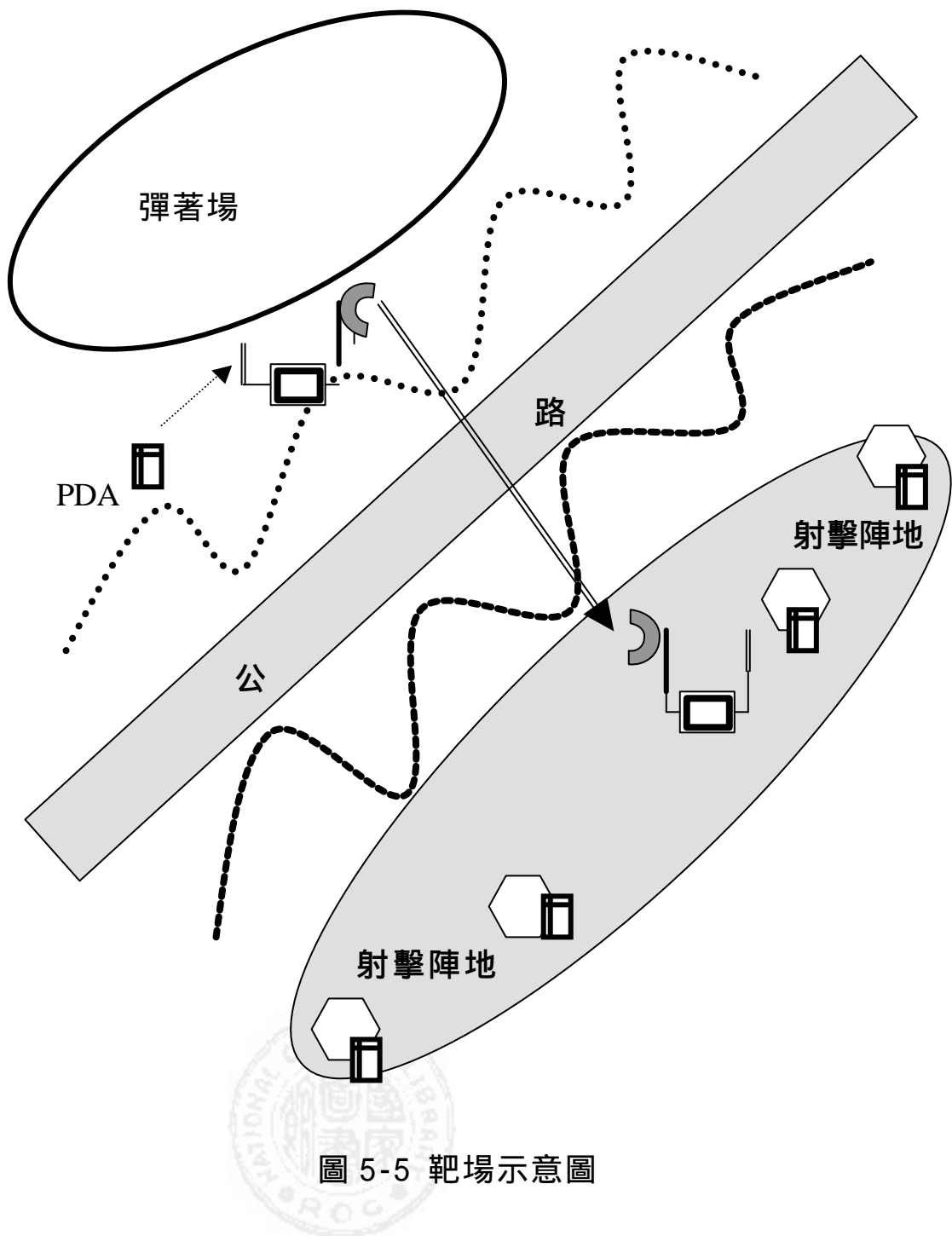


圖 5-5 靶場示意圖

第五節 影響天線的要素

無線區域網路對不同的使用環境及作業範圍，必須配置不同的天線，才能正確地傳輸資料，而天線的型態可藉由下列四種因素來予以區分：

一、發射型態 (Propagation pattern)

無線區域網路所欲涵蓋的區域範圍，主要取決於天線的發射型態，而發射型態分為二種。一為全向型 (Ominidirectional)，其一般為圓柱狀，能 360 度發射電波；另一為指向型 (Directional)，外形有筒狀、圓盤狀、網狀或板狀，能以某一夾角發射電波。

二、增益 (Gain)

全向發射型態之增益分散於 360 度，而定向發射因集中增益於某一夾角，故傳輸距離較遠。一般而言，高增益的天線用於戶外，而低增益的天線則適用於如室內等距離較近的範圍。

三、發射功率 (Transmit power)

天線發射距離的遠近，除受其增益影響之外，尚要考量其發射功率，功率愈大則發射距離愈遠，一般無線區域網路的發射功率都低於 1watt。過高的發射功率，可能對人體有不良之影響，因此在實用上，亦不宜增加其功率。

四、頻寬 (Bandwidth)

是指發送信號頻率的寬度，高頻電波的頻寬較大，在傳送資料時，傳送速度與頻寬有直接的關係，頻寬愈大，則資料傳送速度愈快。

第六章 結論與建議

隨著資訊科技的不斷創新，電腦已不再僅僅是運算與儲存的工具，而是變成通訊的要角，網路也不僅僅是傳遞訊息的方法，更是人們擷取知識的一條捷徑，在校園裡，更能看出此種變化的特色。現今校園網路已變成師生們主要的通訊與連繫管道，無論是一般事務的公告，或是學術資料的擷取，都離不開網路。但已往實體線網路的種種缺點使得校園網路的佈建，只能侷限於「點」而無法擴充到「面」，現在，個人資訊設備如 Notebook、PDA 的價格日漸大眾化，再加上無線區域網路的導入，使得校園網路在有限的經費與人力限制之下，有了擴充的機會，但面對新的資訊科技，也應輔以新的使用思維與系統背景，才能正確而有效地發揮其功能。

壹、在使用思維方面

- 一、校園網路的目標都定位在資料的蒐集、存取與連繫，而非一般商業性網路的休閒娛樂，尤其無線區域網路有限的頻寬之下，更應做有效率的使用。
- 二、多數學校其校園網路的頻寬遠大於對外的專線，在校內使用尖峰時段似應限制對外上網，以免長時間佔用頻寬又欠缺使用效果。
- 三、原有實體網路依然有其存在的價值，但要如何與無線網路搭配使用，以求的兩者最大的效益有待思索。

貳、在系統背景方面

- 一、網管人員應定期檢視各擷取點的使用量及通訊品質，以增減擷取點或移轉安裝位置來提升使用效益。
- 二、加強學校資料庫的質與量，各類資料盡量予以電子化，以利於網路傳輸。
- 三、建立無線網路卡的管理規則，藉以有效掌控網路流量。

目前已有部分品牌的 Notebook 將無線網卡內建，而在有心之士大力整合之下，不同品牌的相容性愈來愈高，在頻寬方面，短短數年已

由 1Mbps 發展至 11Mbps，而且還不斷地試圖提升，因此在不久的未來，校園網路將會有更新穎的發展。

參考文獻

1. Jim Geier , Wireless Lans , Jim LeValley , Macmillan Technical Publishing , USA , 1999。
2. William Stallings , Richard Van Slyke , Business Data Communication , 3rd edition , Prentice Hall , USA , 1997。
3. Kornel Terplan , Communication Networks Management , 2nd edition , Prentice Hall , USA , 1992。
4. C. Perkins , RFC2002 , IETF , 1996。
5. Lucent Technologies Nederland B.V. WaveManager IEEE User's Guide , Lucent Technologies Inc. Nov. 1998。
6. Uyles Black , 電腦網路：協定、標準與介面 , 黃匡庸、田明忠譯 , 第二版 , 全華科技圖書股份有限公司。
7. Multimedia 通信研究會 , LAN 理論與實作 Part2 , 李志成、高蘭芳譯 , 博碩文化股份有限公司 , 2000 年 10 月。
8. 黃能富 , 區域網路與高速網路 , 維科出版社 , 1996 年 2 月。
9. 楊千、傅振華 , 電腦網路與網際網路 , 松崗電腦圖書股份有限公司 , 2000 年 8 月。
10. Michael G. Moore、Greg Kearsley , 遠距教育系統觀 , 趙美聲、陳姚真譯 , 松崗電腦圖書股份有限公司 , 1999 年 7 月。