

無線區域網路傳輸技術簡介

邱茂清

國立暨南國際大學電機工程學系

E- Mail: mcchiu@ncnu.edu.tw

無線區域網路(wireless LAN)在近兩三年來有相當快速的發展，並且有相當多的標準共存，有些已經制定了公認的標準，有些是發展當中的標準。其主要原因是因為技術發展快速，標準跟不上技術的發展。在眾多的標準中，最吸引人的是 IEEE 802.11 及 HiperLAN。IEEE 802.11 標準主要由美國推動制訂，而 HiperLAN 是由歐洲推動制訂。本文主要是要介紹這些標準使用的傳輸技術。在介紹這些技術之前，我們將介紹這些標準的制訂過程，及個別使用的技術。

無限區域網路主要由兩種設備組成，一個是無線的終端收發站，另外一個是無線網路存取點(Access Point, AP)。終端收發站通常是一台具有無線網路介面卡的電腦。而無線網路存取點包含一個無線收發機及有線網路介面卡，主要功能是擔任有線網路與無線網路的銜接橋樑。所有無線的終端收發站若要使用 Internet 皆要經由無線網路存取點來獲取必要的服務。另外兩個獨立的終端收發站亦可不經由無線網路存取點，而直接的利用無線互傳訊息。

依照美國電機電子技術學會(Institute of Electrical and Electronic Engineer, IEEE)於 1997 年制訂的 802.11 無線區域網路協定，只支援每秒 1Mbps 及 2Mbps 的傳輸速率。該標準使用了展頻技術，包含了跳頻式展頻(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)及直接序列式展頻(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)，使用的載波頻帶是 2.4GHz。由於其傳輸速率與有線區域網路慢了十倍以上，因此除了某些特定的應用會考慮使用無線區域網路，在一般通訊市場上吸引力不足。因此於 1999 年，IEEE 擴展了 802.11 的標準，制定了較高傳輸速度的 IEEE 802.11a 及 IEEE 802.11b。IEEE 802.11a 使用了正交劃頻多工技術(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)，傳輸速率範圍為每秒 6Mbps 至 54Mbps，使用的載波頻段是 5GHz。而 IEEE 802.11b 可視為原 802.11 標準的擴展，仍然沿用直接序列式展頻及 2.4MHz 頻段，但捨棄了跳頻式展頻技術，原因是 FCC 對於跳頻式展頻的限制。FCC 規定使用跳頻式展頻，其每個使用波道頻寬不得超過 1MHz，而限制了使用跳頻式展頻的傳輸速率。因此原先以發展跳頻技術為主要的公司因而轉向發展較低速率的跳頻系統，如 Bluetooth 及 HomeRF 技術。

HiperLAN 目前有兩個標準，即 HiperLAN1 與 HiperLAN2。HiperLAN1 主要是由 Proxim 與 Intermic 兩家公司推動，使用 OFDM 技術，傳輸速率為每秒 24Mbps，使用的頻段是 5GHz。HiperLAN2 是由歐洲電信標準協會(ETSI)制訂，HiperLAN2 與 IEEE 802.11a 在規格上十分相似，同樣使用 OFDM 技術，傳輸速率範圍為每秒

6Mbits 至 54Mbits，頻段是 5GHz。

縱觀上述標準，目前最無限區域網路使用的傳輸技術主要包含：直接序列式展頻 (DSSS)、跳頻式展頻(FHSS)、及正交劃頻多工技術(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)。以下我們將對上述三項傳輸技術進行簡介。

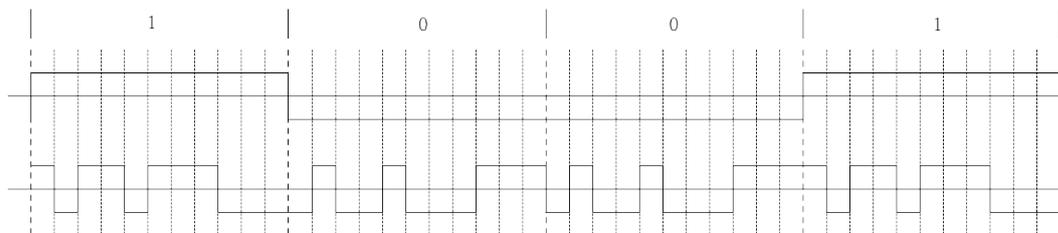
直接序列式展頻(DSSS)：簡單地講，直接序列式展頻是將原來一個位元的訊號，利用多個位元來表示，使得原來窄頻率的訊號變成寬頻率的訊號。如圖(一)，其中假設我們要傳送訊息 1001，原先未展頻的訊號繪於圖(一)的上方，其中我們用+1 來代表位元 1，而-1 代表位元 0。圖(一)下方，代表的是展頻後的訊號。IEEE 802.11 使用的展頻序列(spreading sequence)稱之為 Barker sequence。而傳送之展頻訊號是將未展頻訊號直接乘上該序列既可。Barker sequence 是一段長度為 11 的+1 與-1 的序列，如下：

$$+1,-1,+1,+1,-1,+1,+1,+1,-1,-1,-1$$

以每秒 1Mbits 之傳輸為例，簡單的講，如果要傳送 1，則傳送端會送出+1,-1,+1,+1,-1,+1,+1,+1,-1,-1,-1，若要傳送 0，則傳送端會送出-1,+1,-1,-1,+1,-1,-1,-1,+1,+1,+1。我們可以從圖(一)中發現，展頻後的訊號其變化較未展頻訊號快，因此展頻後訊號所佔頻寬會加大。原先一個位元，展頻後用多少位元來代表，這個數目稱之為展頻比，這個值越高，就越能抵抗雜訊干擾。很明顯的 IEEE 802.11 使用的展頻比是 11。展頻比也不能無限制的增加，原因是若固定訊息的傳送速率，如每秒 1Mbits，增加展頻比，將使得展頻後訊號頻寬加大。在大部分情況下，傳送訊號頻寬太大是不被允許的。在接收方面，最簡單的方式是將收到的訊號與原來的 Barker sequence 相乘再全部加起來，如果加起來的值大於零，則判定發送訊號為 1，否則為零。例如在沒有雜訊(noise)情況下，假設發送端送出+1,-1,+1,+1,-1,+1,+1,+1,-1,-1,-1，則接收端收到後乘上原來的 Barker sequence，再相加得

$$(+1)(+1)+(-1)(-1)+(+1)(+1)+(+1)(+1)+(-1)(-1)+(+1)(+1)+(+1)(+1)+(+1)(+1)+(-1)(-1)+(-1)(-1)+(-1)(-1)=11$$

因此我們可判定傳送訊號為 1。相同地，若發送端送出-1,+1,-1,-1,+1,-1,-1,-1,+1,+1,+1，則其結果為-11，因此我們可判定傳送訊號為 0。



圖(一)：直接序列式展頻

跳頻式展頻(FHSS)：跳頻式展頻技術其概念相當簡單，發設端及接收端允許使用多個無線載波頻率，但在同一時間只能使用一個頻率接收或發送，這個頻率會在

固定時間內更動，也就是在固定的時間發送訊號必須由某個頻段跳到另外一個頻段，因此稱之為跳頻式展頻。很明顯地，接收端的接收頻率必須與發送端頻率的跳頻模式一模一樣，否則接收端便無法在正確的頻段上收到發送端訊息。這樣做的目的是為了避免若某一頻段受干擾，其他頻段仍可正常運作，以分散受干擾的風險。另外一個目的是可防止竊聽，因為除了發送及接收端外，竊聽者很難知道它們之間跳頻順序，也因此無法在正確的頻段竊聽訊息。以藍芽(Bluetooth)系統為例，共有 79 個頻段分佈在 2.4GHz，每個頻段的寬度是 1MHz。藍芽的規格規定每 625us 必須更動一次頻道，在 625us 內可傳送一個封包(packet)。假設我們將這些頻段編號，由 1 編到 79。發送端與接收端會事先協調好跳頻序列，這個跳頻序列事實上是一個極似隨機的序列，而這個序列是由幾項事先溝通好的參數決定。假設發送端的跳頻序列是 4,56,34,16,45,78,...,則接收端也必須根據這樣的跳頻序列進行接收。現在，假設頻道 16 受到嚴重的干擾，則頻道 16 收到的封包會有錯誤其他的頻道還可正常運作。至於頻道 16 收到的錯誤封包如何處理，藍芽利用錯誤偵測技術，可以偵測到錯誤封包，並利用自動回傳技術，將錯誤訊息重傳，直到接收端收到正確封包。因此對於資料傳輸不會有太大影響。

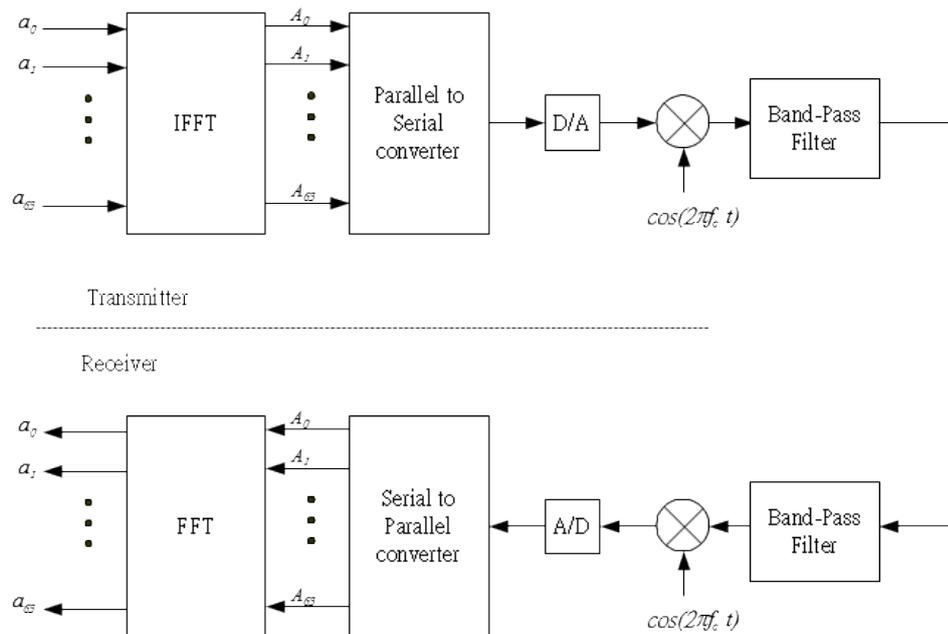


圖 (二)：OFDM 發射及接收器

正交劃頻多工技術(OFDM)：正交劃頻多工技術是將發送端要傳送的 0 與 1 訊息，

$$0 < i < T$$

利用多個不同頻率的載波同時在時間 T 以內發送出去。假設現在有 N 個頻率，若每個頻率都使用二元相位調變(Binary Phase Shift Keying, BPSK)，則每個頻段在 T 的時間內可送出一個位元。令 a_i ， $i = 0, \dots, N - 1$ ，為 $+1$ 或 -1 的一串欲傳送訊息。通常我們會把數位中的 1 用 $+1$ 的訊號來代表，而數位中的 0 用 -1 來代表。則送出

之 OFDM 訊號可表示成

$$s(t) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cos(2\pi(f_c + i\Delta f)t)$$

其中 $\Delta f = 1/T$ 代表的是每個載波的頻寬。由以上可知在時間 T 以內共送出 N 各位元，也就是 $a_i, i = 0, \dots, N-1$ 。接下來我們要解釋什麼叫正交(Orthogonal)。在向量幾何上，正交代表的意義是垂直的意思，也就是向量內積(inner product)等於零。在 OFDM 上任意兩個不同頻率的載波是正交的，也就是若 $i \neq j$ ，則 $\cos(2\pi(f_c + i\Delta f)t)$ 與 $\cos(2\pi(f_c + j\Delta f)t)$ 是正交的。以數學表示

$$\int_0^T \cos(2\pi(f_c + i\Delta f)t) \cos(2\pi(f_c + j\Delta f)t) dt = 0$$

由於 OFDM 調變器牽涉到多個不同頻率的載波相加，其調變器運算量相當大。當然我們可利用類比的方式合成 OFDM 訊號，但是如此作我們會需要多個震盪器(oscillator)及類比乘法器，在電路上其複雜度相當高。因此通常使用數位調變器來合成 OFDM 訊號，也就是利用特殊的數值運算來達到目的。通常 OFDM 調變器可利用 Fast Fourier Transform(FFT)來完成，原因是 OFDM 訊號的合成，本身就是一種傅利葉轉換。圖(二)畫出一般的 OFDM 調變器及解調器。其中假設我們使用了 64 個載波 BPSK 調變的 OFDM 調變器，因此我們每次可送出 64 個位元。調變器的輸入共有 64 個 +1 或 -1 的訊號，這些訊號經過 64 點的 Inverse FFT (IFFT) 轉換後，得到 64 個點的訊號。我們可以想像，原來的 64 個 +1 或 -1 的訊號代表的是頻譜。而經由 IFFT 轉換後的訊號代表的是在時間上的訊號。將這些訊號經數位/類比轉換(A/D converter)後再經由一個調變器，將載波訊號頻率提升至所要的範圍，再將訊號送出。OFDM 解調器也相當簡單，接收端首先將收到的訊號降頻，並經由類比/數位轉換器(A/D converter)，轉為數位訊號。在沒有雜訊干擾下，再經由 FFT 即可得到原來的傳送訊號 $a_i, i = 0, \dots, N-1$ 。因此 OFDM 的好處之一就是可利用 IFFT 及 FFT 進行快速調變及解調。

以上介紹之調變技術為目前無線區域網路在實體層(Physical Layer)最為普遍採用技術。由於篇幅限制的關係，只能作一些簡略介紹，對於一些更基本的通訊技術如 Fourier Transform, BPSK, 等技術可參閱 <http://www.ncnu.edu.tw/~rctlee>。