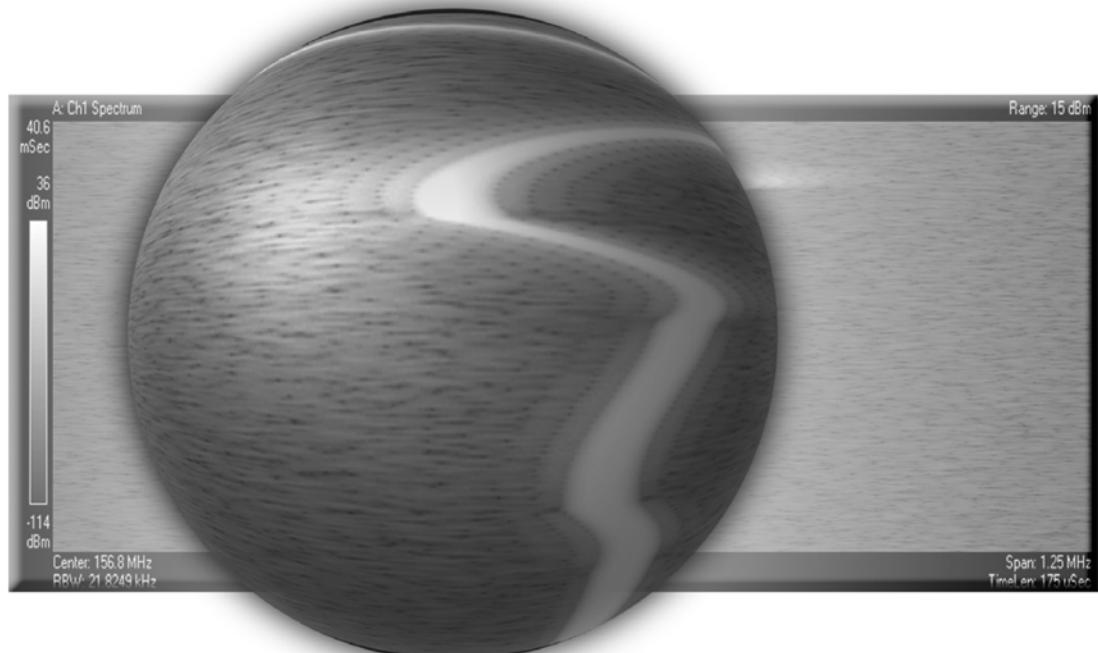


# 執行 802.11G 發射器量測

## 應用手冊 1380-4

802.11g 是無線電腦網路的最新標準。它是從 802.11a 和 802.11b 衍生而來，並結合了 802.11a 的速度及 802.11b 低價與現有大量用戶的優勢。能夠與 802.11b 相互操作，並提供可被接受的效能、成本與設計時間，是 802.11g 的主要目標，但這項目標卻也帶來了一些特殊的量測挑戰。



過去幾年來，802.11b 無線網路創造了很好的成績，銷售額每一季約成長 10%。一般的家庭與辦公室都能用合理的價位取得高速的 Internet 連線，在用戶數量的大幅成長下，連帶也使得它的業績持續地揚升。802.11b 為 Internet 連線提供了一個良好的無線管道，但它的速度卻不足以在企業內部網路傳輸檔案及執行其他龐大的資料組網路連線作業。802.11g 可望解決這個問題，因為它提供了高達 54 Mbps 的資料傳輸率，並具備與傳統 11 Mbps 的 802.11b 裝置和網路的相容性。

802.11g 將採用 802.11a 所使用的正交頻分多路轉換（Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM）調變技術來提高資料傳輸率，同時保留 802.11b 的時序與頻率安排。本應用手冊將介紹 802.11g 所需要的發射器量測，並檢視這些量測與 802.11a 和 802.11b 測試所需的量測間的關係。



Agilent Technologies

## 802.11g 的基本概念

802.11g 其實就是 802.11a 和 802.11b 兩種現有的 802.11 無線網路標準的整合。802.11g 將以 802.11b 標準目前的頻率 2.4 GHz，來使用 a 和 b 系統的兩種不同的調變技術。如此不但可以和 802.11b 達到相互操作性，還能利用 802.11a 標準的資料傳輸率。

欲進一步瞭解 802.11g，快速瀏覽 802.11a 和 802.11b 所使用的調變技術會很有幫助。

## 802.11a 和 OFDM

802.11a 使用 OFDM 的多載波信號。在傳統的頻分多路轉換 (FDM) 系統中，通道間的距離會大於符號速率 (Symbol Rate)，以避免頻譜重疊。但在 OFDM 系統中，載波會彼此重疊以節省頻寬。讓各個載波保持正交，可以控制副載波的干擾。正交代表副載波之間存在一種數學關係。802.11a 副載波屬於叢發性質，並呈現  $\sin X/X$  頻譜結構（詳見圖 1）。只要每一個副載波位於  $\sin X/X$  形狀的空載中，那麼這個副載波與它的旁瓣 (side-lobes) 就不會干擾到任何其他的副載波。

在 802.11a 中，所有的副載波都間隔 312.5 kHz。這個距離是利用下列方式決定出來的，那就是將快速傅立葉轉換 (FFT) 的取樣率 20 MHz，除以 FFT 所需的 bin 總數，即 64 個取樣點。一個 802.11a 符號包含 48 個資料副載波、4 個導頻副載波、及一個空載的副載波 (zero sub-carrier)。其餘的 11 個副載波都會被舍棄。因此，佔據頻寬為 53 個副載波乘以 312.5 kHz 的間距，結果為 16.56 MHz。802.11a 標準規範的佔據頻寬為 16.6 MHz。

高資料傳輸率的 OFDM 信號，會平均分佈於 48 個攜帶資料的載波。如此可降低資料傳輸率並提高副載波的符號週期，以減少多徑延遲擴展所造成的相對色散。相位雜訊和非線性失真都會造成正交損耗，進而導致載波間干擾 (Inter-carrier Interference, ICI)。加入防護間隔有助於防止 ICI 及符號間干擾 (Inter-symbol Interference, ISI)。ICI 會造成 ISI，但 ISI 並不會造成 ICI。資料傳輸率較慢的信號，比較能抵抗多徑衰減與干擾。

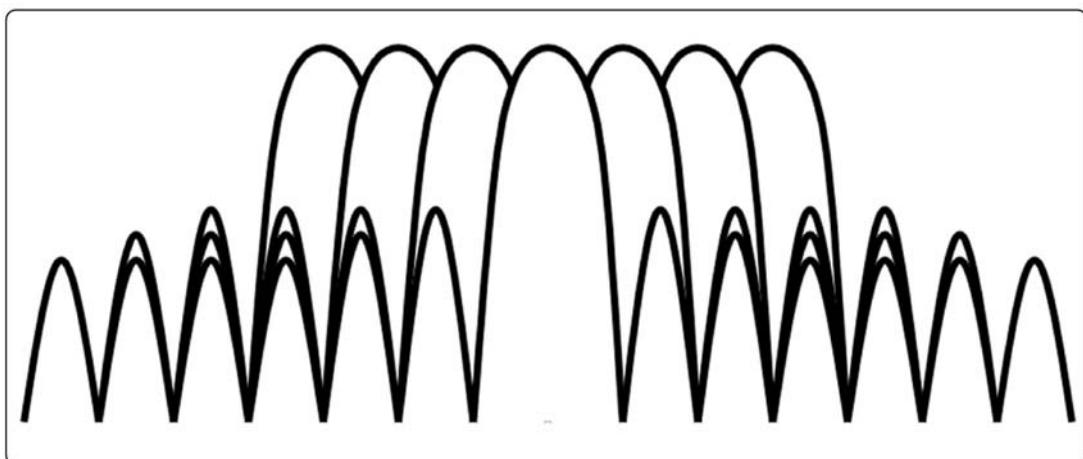


圖1：OFDM 載波和 IM 成份並未重疊。

## 802.11b 及 BPSK、QPSK、CCK 和 Barker 碼

802.11b 藉由增加 5.5 Mbps 和 11 Mbps 兩種速度的實體層支援，來延伸一般的 802.11 標準。跳頻 (FHSS) 信令已經被捨棄，而直接序列擴頻 (DSSS) 信令則被保留了下來。礙於 FCC 法規，跳頻無法支援較高的資料傳輸率。這表示 802.11b 系統可與 DSSS 相互操作，但卻無法與早期的 1 Mbps 和 2 Mbps 的 802.11 FHSS 系統搭配使用。

原始的 802.11 DSSS 標準指定 11 位元的晶片序列 (chipping) - 稱為 Barker 序列 - 來為所有透過空中傳送的資料編碼。每個 11 晶片序列都會包含一個資料位元 (1 或 0)，並且會被轉換成可透過空中傳送的波形，此波形稱為符號。這些符號會以 1 MSps (每秒 100 萬個符號) 的符號速率傳送，並採用二進位移相鍵控 (BPSK) 調變。BPSK 會在兩個不同的相位間交換載波，以代表二進位的 1 或 0。這種技術會讓每個發射符號包含一個位元。

就 2 Mbps 而言，則會使用正交移相鍵控 (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK) 將 BPSK 的資料傳輸率提高一倍。QPSK 也會調變信號的相位，但使用的是 4 個相位，而非兩個。透過這種方法，每一個發射信號可傳輸 2 個位元，如此可提高頻譜的使用效率，但也會減低系統對於雜訊及其他干擾的免疫力。當符號中所包含的資訊愈多時，符號的各個狀態會變得更接近，這會使得雜訊及其他干擾將信號“推向”錯誤的狀態而造成位元錯誤。

要將 802.11b 的資料傳輸率提高到 2 Mbps 以上，必須用到複雜的編碼技術。802.11b 不用 11 位元的 Barker 序列，改而指定互補編碼鍵控 (Complementary Code Keying, CCK)，它包含了一組 64 個 8 晶片序列的代碼字，適用於 5.5 Mbps 和 11 Mbps 的資料傳輸率。這些代碼字組擁有獨特的數學特性，即使出現嚴重的雜訊和多徑干擾 (例如，在一棟建築物內接收多個無線電反射所造成的干擾)，接收者也能正確分辨這些代碼字與其他代碼字的不同。5.5 Mbps 的資料傳輸率使用 CCK 為每個符號編碼 4 個位元，而 11 Mbps 的資料傳輸率則為每個符號編碼 8 個位元。這兩種速度都使用 QPSK 調變技術及 1.375 MSps 的信號，這就是能夠達到較高資料傳輸率的原因。

802.11b 資料傳輸率規格

資料傳輸率	代碼長度	調變	符號速率	位元/符號
1 Mbps	11 (Barker 序列)	BPSK	1 MSps	1
2 Mbps	11 (Barker 序列)	QPSK	1 MSps	2
5.5 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	4
11 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	8

圖 2：802.11b 的資料傳輸率與調變類型。

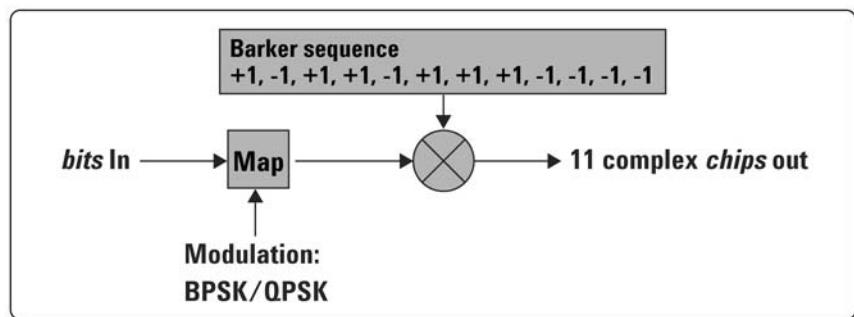


圖3：802.11b Barker 調變器方塊圖。

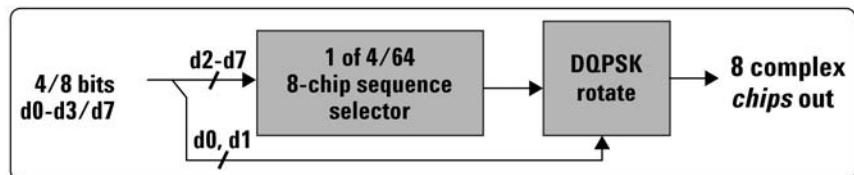


圖4：802.11b CCK 調變器方塊圖。

## 802.11b 與 802.11g 如何共存

混合 802.11b/g 的系統，盡可能有效地運用目前可用的頻譜是非常重要的一件事。802.11g 所衍生的新問題是，802.11b 網路介面卡（NIC）無法從 OFDM 信號讀取資訊。因此，它會被視為干擾，而非網路的一部份，因而降低了效率。

在瞭解 802.11g 所採用的方法之前，我們必須記住 802.11g 系統已經使用了像開放通道評估、RTS/CTS、隨機退回及虛擬載波感應等各種技術的組合，以便成功地在 2.4 GHz 的 ISM 頻帶內操作。網路橋接器（AP）是管理 RF 傳輸，以避免封包碰撞的關鍵。在 802.11g 中，AP 會在 Beacon 信號上發射額外的資料位元，以指示 NIC 何時可以使用 OFDM。

一般而言，OFDM 很可能會與 RTS/CTS 程序一起使用。如果 AP 認為會對 802.11b 系統產生任何的影響，就不會使用 RTS/CTS。在這種情況下，使用者將可發現較高資料速率最大的優點。

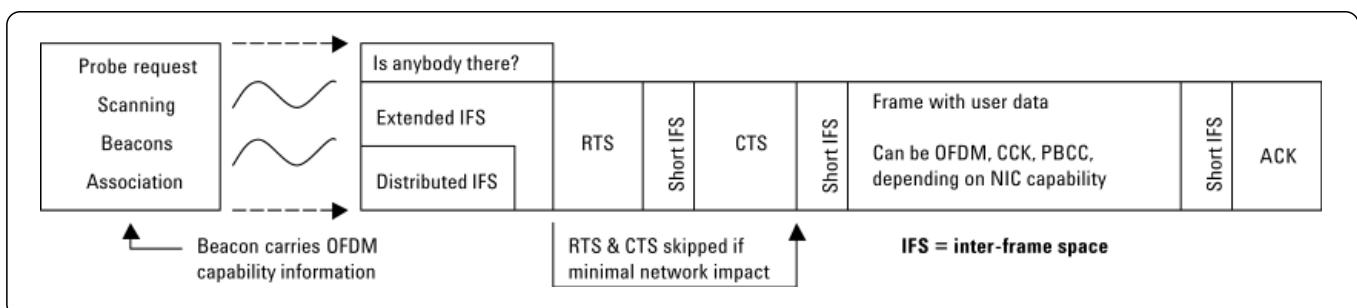


圖5：在 AP 控制下的 802.11g 封包範例。

## 802.11g 和 PBCC

802.11g 所採用的最後一種調變與編碼類型為封包二進位迴旋編碼 (Packet Binary Convolutional Coding, PBCC)。最近802.11b 系統即利用這種方法，將資料傳輸率從 11 Mbps 提高到 22 Mbps。PBCC 基本上就是一個較複雜的 CCK 版本，能夠在既定頻寬內編碼兩倍的資料。將既定頻寬內的資料傳輸率提高一倍，通常會使通道的信號與雜訊比提高 3 dB。若使用 PBCC，提高一倍的資料傳輸率，只會使信號與雜訊比增加 0.5 dB。PBCC以 8PSK 取代 QPSK 作為調變技術，是造成資料傳輸率提高的主要原因，至於信號與雜訊比的降低，則是使用 PBCC 取代 CCK 的結果。

在 802.11g 中，PBCC 是一個選擇性模式。雖然標準能接受這種模式，但所有的實作都不需要用到它。如果實作它，其作用與 802.11g 的 OFDM 模式完全一樣；發射 802.11b 相容的起始碼，然後再發射 PBCC 區段。

功能	規格	附註
載波頻率	2.400 至 2.4835 GHz (ISM 無線電頻帶)	25 MHz 的通道距離，3個不重疊的通道
調變類型	OFDM - 正交頻分多路轉換 CCK - 互補編碼鍵控 PBCC - 封包二進位迴旋編碼	PBCC 為選項
資料傳輸率	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 54 Mbps	11 Mbps 的 CCK 和 24 Mbps 的 OFDM 為必備功能
輸出功率	通常高達 100 mW，可容許 1W	功率位準取決於使用的調變方式

圖6：802.11g WLAN 標準的規格。

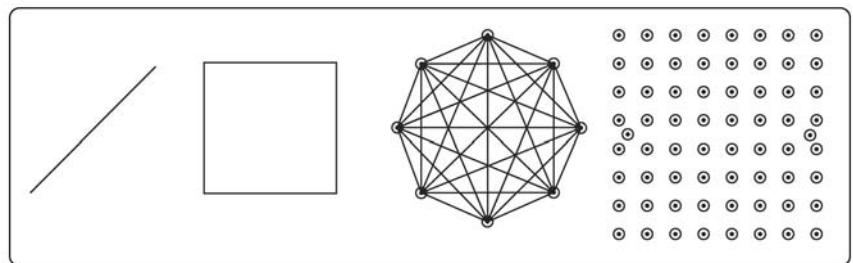


圖7：802.11g 調變類型範例（依序為：BPSK、QPSK、8PSK 和 64QAM）。

## 發射器量測

本節會介紹在設計與製造 802.11g 發射器和調變器時，常用的一些測試。由於 802.11g 是專為達到較低成本與高資料傳輸率而設計的系統，因此在設計的時候必須小心確認它與其他的 802.11g 和 802.11b 設備間的相互操作性，同時盡量減少零件的成本與數量。802.11g 的複雜性主要來自於調變與放大兩個部份，本節將說明如何測試這些特性。

基於上述因素，向量信號分析儀（VSA）將是測試 802.11g 發射器最強大的量測儀器。VSA 會在時域中處理信號，並量測信號的時序與振幅。它也能應用快速傅立葉轉換（FFT）在頻域中分析信號，或應用先進的數位信號處理（DSP）技術來提供調變分析能力。藉由在時域、頻域與調變域中分析 802.11g 信號，您便可以確定您的設計將會按照您的預期來操作。

## 時域測試

802.11g 是一種叢發與數位調變的信號，所以有許多時序問題要處理，包括發射器的啟動時間及符號時序等。

### 發射器的啟動暫態

量測啟動暫態對 802.11g 等快速出現的信號來說很重要。這時會出現的設計問題包括放大器的線性度、電壓控制振盪器（VCO）的穩定度、整體系統的迴轉率、以及調變器的時序調校等。測出 802.11g 叢發的啟動暫態，有助於瞭解以上所有的問題。

叢發從雜訊底線移到指定的功率位準所花的時間，或最終輸出功率的比例，都可利用 VSA 的游標功能輕易地量測出來。這項測試也能顯示叢發的功率相對時間曲線圖，讓您迅速找出系統中的過擊（overshoot）、下衝（undershoot）或振鈴（ringing）。此外，VSA 可以在信號啟動時量測它的相位，這對於維持 OFDM 系統中的正交非常重要。啟動暫態的週期時間對 802.11g 來說很重要，因為越短的暫態能達到越高的資料產出，同時也能避免毫無效率地等待發射器在啟動叢發的前文（preamble）與同步區段前穩定下來。

信號在啟動期間的頻譜也很重要。有時即使是一些微的過擊也會激發功率放大器中的非線性度，而產生旁生放射或擴大發射信號的整體頻譜。

向量信號分析儀所提供的 FFT 分析和時間能力，是為了評估信號叢發的啟動/關閉而設計的。您可以在頻域中選擇及分析信號的某個特殊時間部份，並顯示該特殊時間的特殊頻譜。這項能力可協助設計師專注於頻譜問題，並找出叢發中出現這些頻譜問題的位置。有關 WLAN 信號的時間範例，請參考圖8。

有關 802.11g 叢發起始部份的另一種測試，就是決定調變開始進行時的確實位置。802.11g 使用叢發最前面的部份，將接收器與發射器的頻率和符號時序對齊。如果載波的調變是在 VCO 安定之前開始，接收器可能會與錯誤的頻率同步，或完全喪失同步，而導致封包遺失。如果調變開始得太晚，則會浪費時間和頻譜，而降低了系統的效率。

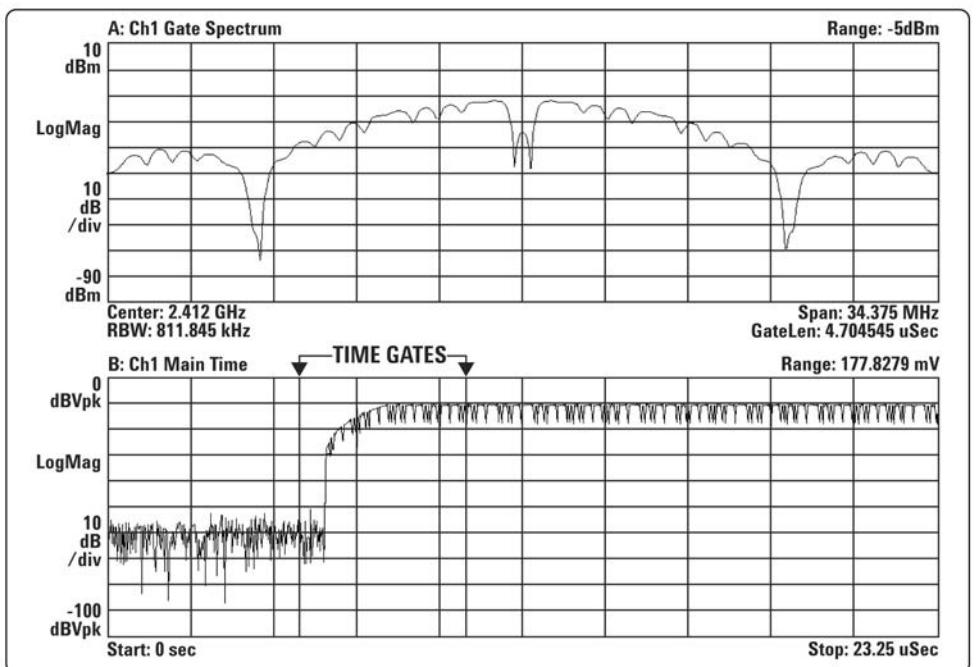


圖8：802.11g 叢發的頻譜（上圖）與時間（下圖）。

## 頻率 VS. 時間測試

802.11g 這類叢發系統還必須處理啟動和關閉載波的效應，以及載波頻率與時間的相關性。光譜圖是一種能夠顯示信號頻率隨時間改變的情形之特殊方法。它會在一個影像上顯示出頻率、時間與振幅。頻率位於水平軸，這與頻譜分析儀的顯示方式很類似。振幅會以彩色或灰階表示。在光譜圖中，經過的時間會顯示在垂直軸，代表顯示圖隨著時間的移動而向上捲動。如下圖所示，這個光譜圖在振盪器啟動時顯示出它的穩定性。

這項量測對 802.11g 系統來說非常重要，因為像 OFDM 等調變技術都需要頻率很穩定的載波。由於 OFDM 調變技術中的各個載波只間隔 312.5 kHz，所以在 2.4 GHz 載波中的小幅移位都可能導致無線鏈路產生嚴重的問題。發射器的熱與電源供應問題也必須加以注意，尤其是當 802.11 系統發展為單晶片解決方案時，它的特色是將功率放大器與 VCO 整合到同一個晶片上，因此會產生高峰值-平均功率比的信號。



圖9：VCO 啟動暫態的光譜圖顯示畫面。

## 調變域測試

802.11g 是一個包含多種調變與信令類型的標準，因此需要透過各種調變測試，以準確評估它的效能。

### EVM

數位調變信號可能出現許多問題，而向量誤差度（Error Vector Magnitude, EVM）則是一個很好的量測方法。EVM 是指對照一個完美、理論性的信號，來量測實際發射的信號。這種量測可以讓您充份掌握信號的調變品質，以瞭解接收器是否能夠正常接收及解釋信號。大體來說，低EVM 與低誤碼率（BER）之間有很高的相關性。

許多調變問題都會對信號的 EVM 產生負面的影響。對 OFDM 或 QPSK 等複雜調變信號的振幅與相位造成影響的任何因素，都會使 EVM 提高。導致 EVM 提高的一些常見的因素包括功率放大器的非線性度、調變器的整體品質、信號所應用的濾波、以及 VCO 的相位雜訊。

整個 OFDM 信號是一個很大的合成，任何的瑕疵都可能造成整個合成 EVM 的提高。正因如此，您不只要關心每個副載波的 EVM，還要注意整個信號的 EVM。VSA 顯示 EVM 相對符號或 EVM 相對副載波的能力，可以協助設計師迅速找出瑕疵的原因。

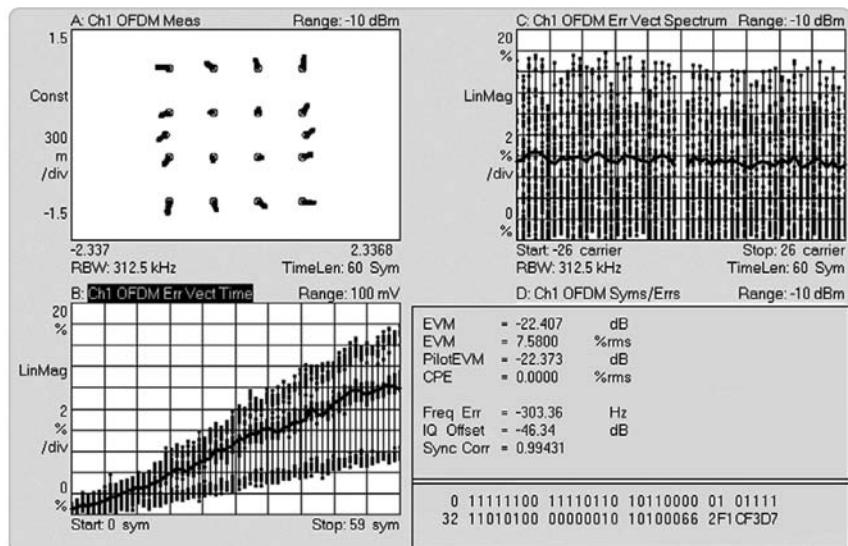


圖10：有瑕疵的 OFDM 星狀圖與 EVM 。

## 星狀圖

使用星狀圖通常可以很快地找出調變器中的問題。這個顯示圖能迅速顯示所有符號的位置，以協助您瞭解信號的品質。

舉例來說，星狀圖能協助設計師確認像放大器削波（clipping）這類的問題。在單一的載波調變模式中，削波的特點是最外面的符號缺乏理論上正確的取樣點。這表示輸出區段沒有足夠的範圍能滿足調變器的需求。在 OFDM 中，符號會散佈於許多的載波間。每個載波都是互為獨立的，但有時候所有的載波可能會加在一起，而需要功率放大器提供相當高的輸出。如果這個短暫的峰值夠高，放大器將會削波，而一次影響到許多載波。星狀圖中所出現較大的暫態錯誤，通常代表 OFDM 系統上出現了放大器削波。如圖11所示，這個錯誤會以隨機的大量 EVM 取樣點顯示於 EVM 相對時間（例如，符號）量測中，同樣也會以瑕疪的CCDF 曲線顯示。

QPSK 調變系統中的削波並不常見，因為它們通常使用較寬的濾波器來限定星狀圖的過擊。不過，在 QPSK 星狀圖中還是會出現如相位雜訊或錯誤濾波等問題。QPSK 信號中的相位雜訊會將星狀圖的取樣點散佈在它們目標附近，並產生一列而非一個取樣點。當目標取樣點四周出現多個穩定的取樣點時，往往就會產生濾波問題。這些穩定的取樣點是由 ISI 造成的，它們可能會伴隨錯誤的濾波係數。先前發射的位元所造成的錯誤，是導致這些取樣點變得穩定的原因。

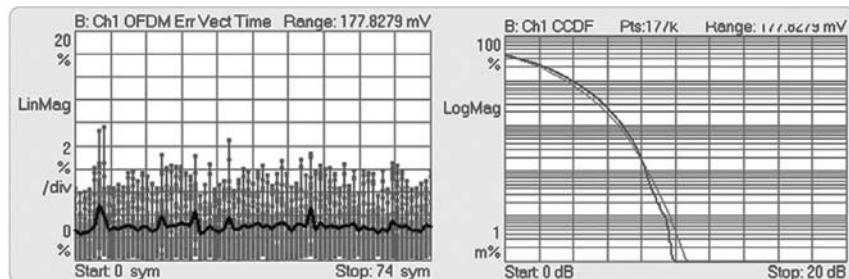


圖11：OFDM EVM 和 CCDF 圖。

## 錯誤相對頻率或時間

您在量測信號之後必須面對的最大問題之一，就是查明它為何無法如預期般地執行。這個問題通常會演變成信號中的突波，或是只會在某個期間才出現的問題。傳統的頻譜分析儀很難找出這些問題。

VSA 已經變成找尋這些頻率或時間的相關問題的強大工具。它提供設計師查看錯誤相對時間或錯誤相對頻率的選項，讓他們輕易地找出問題與原因。在掃頻量測中，信號中的旁生放射在信號峰值之上可能並不明顯，但在錯誤相對頻率圖中，可以輕易地看出信號中大部份的錯誤是來自於某個特殊的頻率。知道這一點之後，設計師就可以專注於該問題，這是其他的儀器所辦不到的。

錯誤相對時間的問題尤其難發現。它們可能非常嚴重，而導致較高的誤碼率，但可能不常發生而不致於嚴重變更頻譜。查看錯誤相對時間圖，可以輕鬆地找出發生錯誤的時間，以及看出這些錯誤的發生是否有週期性。當設計師瞭解這些情況之後，便可從電路中找尋可能在這些時間內造成錯誤的問題，並開始將注意力放在這些部份。這些問題通常可以追溯到電源供應器的雜訊或系統中的回饋。

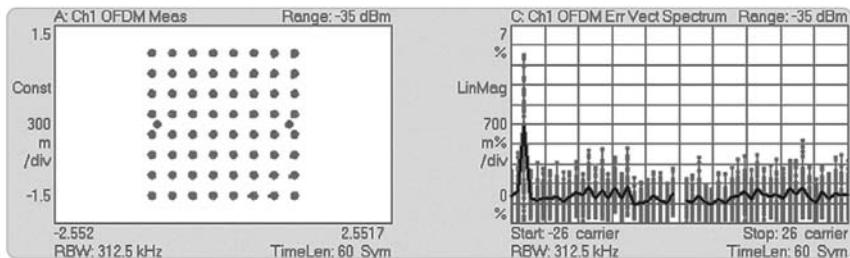


圖12：OFDM EVM 相對頻率及突波。

## 擷取與後段分析

幾乎和 VSA 的所有量測一樣，以上的調變域量測也可以針對叢發的特定區段來執行。VSA 擷取信號到記憶體，然後進行後段分析的能力，意謂著分析擷取資料的其中一小部份是可行的。以 802.11g 裝置的分析而言，只查看啟動暫態、前文、或封包的資料部份，通常會很有幫助。802.11g 可能會在前文與資料叢發中使用不同的調變技術，因此分開檢查這些部份會比較妥當。

另外值得一提的是，有些 VSA 提供龐大的記憶體與 PC 連接能力，可讓您一次擷取許多叢發，並且備份這些記錄，以供後段分析或比較。針對這項資料應用 DSP，甚至可以改變中心頻率及縮小擷取資料的頻距，以配合您要執行的分析工作。一開始先擷取比真正所需還要多的資料，然後再減少資料的數量，有助於確保您所獲得的信號正是您要分析的，而且可以盡可能執行完整的分析。

## 最後的分析

未來 WLAN 系統可能會發展到擁有更高的資料傳輸率與較大的頻寬，並使用更複雜的調變技術。在選擇量測系統時，必須考慮到 WLAN 未來的演變，因為這些標準將會繼續地發展。802.11g 已經是舊有的 802.11a 和 802.11b 標準的延伸。由於過去的標準已經更新，目前的標準正在迅速建置中，而未來的標準則需要更先進的量測技術，因此您必須選擇一個彈性且容易升級的量測平台，以便您現在及未來都能夠輕易、快速且準確地執行 WLAN 量測。

詳細的資訊，請上網查詢：  
[www.agilent.com.tw/find/connectivity](http://www.agilent.com.tw/find/connectivity)  
網站。

### Agilent T&M 軟體與連線產品

安捷倫科技的電子量測軟體與連線產品、解決方案及程式開發人員，提供各種依據PC標準的工具，讓您不必多花時間於連接儀器和電腦，因此您可以專注在重要的工作上，而不必費神在連接的問題上。如需更詳細的資訊，請查詢  
[www.agilent.com.tw/find/connectivity](http://www.agilent.com.tw/find/connectivity)  
網站。

有關安捷倫科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢。

線上協助：  
[www.agilent.com.tw/find/assist](http://www.agilent.com.tw/find/assist)

台灣網站：  
[www.agilent.com.tw](http://www.agilent.com.tw)

台灣安捷倫科技股份有限公司  
台北市 104 復興南路一段 2 號 8 樓  
電話：(02) 8772-5888

桃園縣平鎮市 324 高雙路 20 號  
電話：(03) 492-9666

新竹縣竹北市 302 新泰路 31 號 A 樓 1 樓  
電話：(03) 553-6558

台中市 408 東興路一段 563 號 2 樓  
電話：(04) 2472-6128

高雄市 802 四維四路 10 號 13 樓  
電話：(07) 535-5035

本資料中的產品規格及說明如有修改，  
恕不另行通知。

 Agilent Email Updates  
[www.agilent.com.tw/find/emailupdates](http://www.agilent.com.tw/find/emailupdates)  
訂閱全 球 電 子 報

版權© 2003 安捷倫科技股份有限公司  
Printed in Taiwan 03/2003  
英文版：5988-7813EN  
中文版：5988-7813ZHA

