對隨時間變化之釐米波和毫米波通道進行通道探測

蜂巢式網路中有四分之一以上的頻譜時間資源是用於通道操作與控制；類似像聲探 (sounding) 這樣的功能可提供狀態資訊、等化和追蹤。因此，如果想要設計一套有效的無線電系統，就必須針對合適的頻譜、天線設計和用戶應用的無線電通道進行瞭解。當系統必須使用來自許多不同廠商的發射器和接收器時 (5G 就是這樣的情況)，在開始專注於波形和裝置設計之前，必須先確認通道模型和應用。

■作者：Keysight Technologies 供文

本文將介紹模型通道 (特別是 6 GHz 以上的部分) 以及您必須瞭解的相關技術。當載波頻率升高時，為了要克服路徑損耗問題，並提升通道響應對移動的靈敏度，因此對於指向型天線的需求也隨之提高。圖 1 中的燈柱情境就是說明此問題的一個良好範例。纜線中的不匹配信號會有反射，並且在 S21 響應中造成頻率相依的漣波，同樣地，無線電通道中的多路徑也會產生頻率相依的響應，因此接收器必須進行等化和追蹤。與纜線不同的是，無線電通道中兩條或更多條路徑的長度會改變。如圖 1 所示，載波頻率互相抵銷的位置會移動。因此必須在移動太多之前完成傳輸，或者是接收器必須追蹤其變化。瞭解這些效應很重要，這樣才能確認通道模型可以表現出實際發生的狀態。

在聚焦於「即時」技術 (可進行時間相依和多通道分析) 之前，我們一開始要先比較目前所採用的三種通道聲探量測方法。如此可提供最符合實際無線電可能採用的信號類型。在我們介紹的範例中，初始通道模擬和裝置設計與量測之間也會有直接關係。

通道模型

業界已經花了很多功夫為 6 GHz 以下的蜂巢式無線電開發通道模型。同時還可以分析在釐米和毫米波長會影響固定點對點系統的缺損，作為 IEEE 802.11ad 運作在 60 GHz 的室內模型。釐米或毫米波用於蜂巢式無線存取技術是全新的領域。

圖 1：燈柱情境 1 可說明無線電通道遇到信號路徑移動時的問題

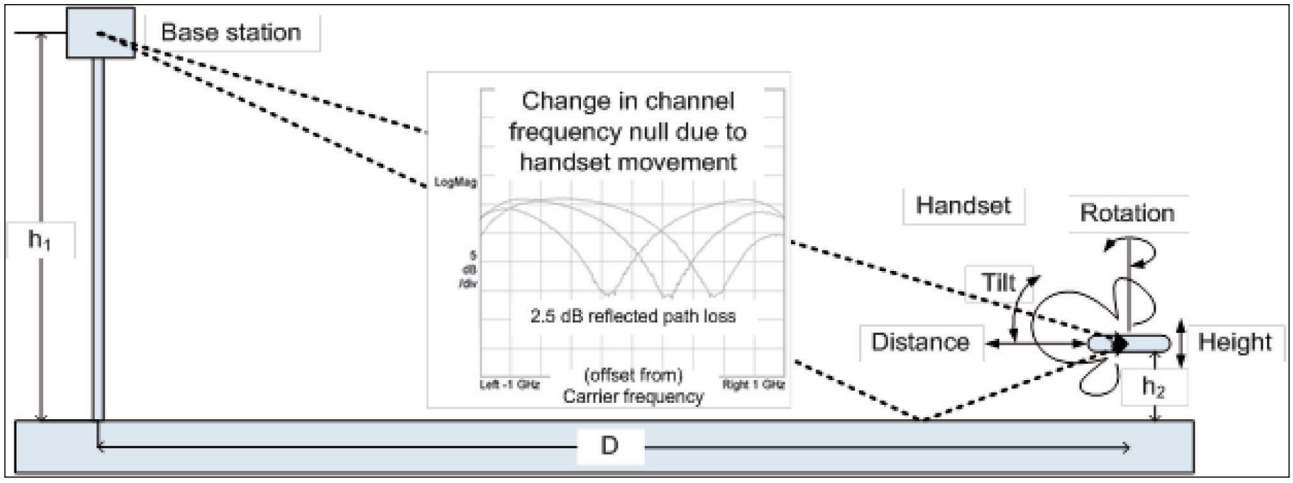
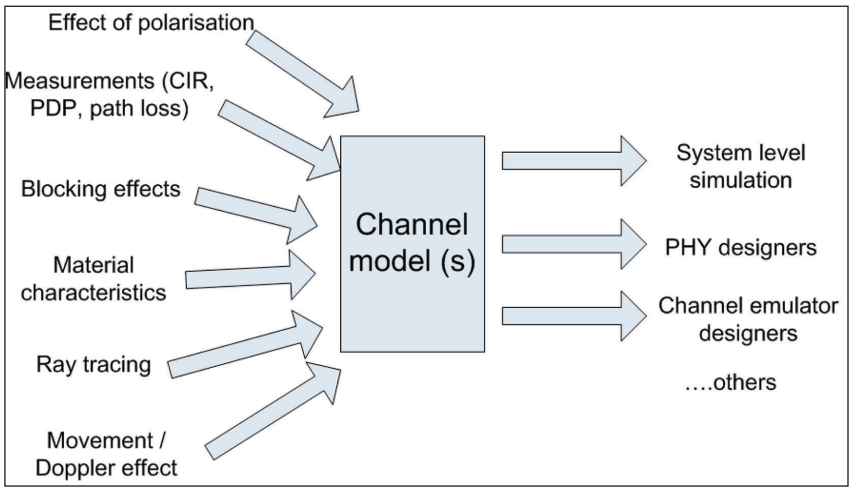


圖 2：通道模型的各種輸入，以及通道模型的使用者。



如圖 2 所示，實際量測只是通道模型的其中一個輸入。光束追蹤正在取代雜訊式方法。調整 WINNER II 模型似乎將會成為 5G 所支持的模型。IEEE 802.11ay 更加著重於傳輸速率的提升和較短的範圍，因此可能會採取不同的方法。

量測方法

從高增益、窄波束寬度號角天線到寬波束偶極或各種類型的陣列，選擇天線必須考量預計的信號路徑損耗、要萃取的參數以及量測方法。常用的量測有三種類型，分別為滑動相關器、掃描 CW(向量網路分析儀)、以及寬頻調變信號傳輸與回復。其中的優點和限制分別列於表 1。這三種方法都需要進行精確的時序校準以回復絕對路徑延遲。然而使用一個可以跟已知編碼信號同步的寬頻接收器時，就能進行相對路徑量測而不用觸發。

就量測而言，量測響應的時間間隔和動態範圍為主要的區別特性。如果量測間隔比通道同調時間長的話，就無法量測到通道中的移動，進而導致量測結果的不確定性。CIR 量測的動態範圍必須夠高才能量測到通道中的顯著路徑，例如在 20 dB 的範圍之內，還要有足夠的餘裕來萃取移動效應。儘管本文並未探討校驗議題，不過這三種方法都需要進行校驗以確保量測足夠準確。另外還需進行驗證以瞭解量測架構所產生的限制，並發現任何意料之外的實作問題。

滑動相關器

BPSK 信號 (通常為 PN 序列) 採用與測試頻寬相同的時脈頻率，並調變至射頻載波上。在接收器端，相同的序列運作在微幅偏移的時脈頻率上，與回復信號混合。此方法可以想成是取樣示波器的數位版本。發射器和接收器前端必須具備完整瞬時頻寬以進行聲探量測。而降頻信號和 DSP 不需要如此寬廣的頻寬。就像取樣示波器一樣，如果在一段時間內，來自待測裝置 (也就是通道) 的信號足夠穩定的話，就可以取得相當於使用完整信號頻寬進行量測所得到的結果 [2]。

掃描 CW

用 CW 信號在測試頻寬中掃描，其速率取決於硬體設計上所給予的能力。0 dB 的峰值 / 均值比可讓發射器的硬體設計變得更簡單一些。窄頻接收器的調諧頻率會追蹤發射器。在一般的向量網路分析儀中，信號源和接收器都在同一台儀器中，而且共用掃描本地振盪器，因此其同步特性是固有的。在通道聲探的例子中，接收器是由信號源遠端控制的，所以必須留意其中的配置。在某些情況下會使用光纖纜線進行接收器的遠端設定。另一種方式就是利用 DDS 3 來產生精確的掃描信號，因此信號源和接收器之間不需要連接任何纜線。

寬頻相關性信號傳輸與擷取

此種系統 (包括是德科技通道聲探參考解決方案 [4]) 可提供相當於向量網路分析儀的功能，然而它能使用非常短的量測間隔，而且不需要連接纜線。假如不需要用到絕對路徑延遲的話，就不需要進行特殊量測來維持信號源和接收器之間時序或頻率的校準。

滑動相關器傳送「展頻」信號時，其信號的設計必須符合接收器的需求。一般來說，一個持續時間很短的寬頻測試信號可採用低峰值對均值功率比的設計，以降低硬體線性度的要求。較短的量測間隔

表 1：各種通道量測方法的優點及限制

	滑動相關器	掃描 CW(向量網路分析儀)	寬頻相關性傳輸與回復
優點	如果移動可正確進行平均就能回復底層靜態通道 低頻寬 ADC，在接收器進行信號處理可擴充為多通道	寬廣的掃描可回復底層靜態路徑 利用慢速掃描 / 低解析頻寬應付高損耗，假設通道移動可正確進行平均	量測間隔短 (只有幾個 us) 可進行高解析度時域 (短暫的) 分析 可擴充為多通道 (MIMO) 連結至模擬與完整向量量測，可進行天線萃取
限制	無法分析時變通道的變化 可能只提供振幅資訊 LO 洩漏會限制動態範圍	無法量測時變通道的變化 較長的掃描時間才能提升通道穩定度，代表難以擴充至多通道 (MIMO) 量測	需使用全頻寬設備
註解	此方法是在多 GHz 頻寬即時分析實現之前開發出來的	還可使用類雷達架構的客製化解決方案	市面上頻寬 2GHz 以上的設備可靈活運用在硬體設計與評估階段中

可讓信號用多工的方式進行傳輸 (小於通道同調時間)。

選擇具有良好自關聯特性的編碼信號可大幅提升編碼增益和向量平均，因此能靈活取捨量測間隔，進而提高量測的動態範圍。

分析通道響應

通道脈衝響應 CIR 是主要的量測項目，必須用天線相關資訊進行驗證才行。功率延遲分佈 (PDP) 則是輔助計算，它可代表多路徑環境的複雜度，或許還能代表接收器對信號進行解調變的困難度。另外還必須評估通道移動以及信號干擾比與信噪比，如此才能窺得全貌。

擴充至多通道

有若干原因讓我們必須對一個以上的輸入和輸出執行量測。在毫米波長需使用指向型天線，代表有新的通道特性會影響波束控制前的基本信號探索，以及 MIMO 的使用。假如底層通道夠穩定的話，信號接收角度和出射角的量測就可以利用旋轉平台來進行，但無法量測 MIMO 的交叉路徑響應，因此就不會看到有暫態效應的路徑。極化是讓通道支援 MIMO 操作的一種方式，也可以用相同方式進行處理。圖 4 顯示一個適用於多通道量測的寬頻系統配置。

量測範例

路徑反射器旋轉時的通道響應變化可在圖 5 中清楚看到。使用開放式波導天線時，與其他反射的交互作用相當複雜，即便是在幾公尺的距離內也一樣。

圖 3：通道量測中的移動在功率延遲分佈圖 (左圖) 中可能並不明顯，不過通道頻率響應確實顯現出變異。路徑的轉動還可以在右邊的向量 (IQ) 軌跡中觀察到。

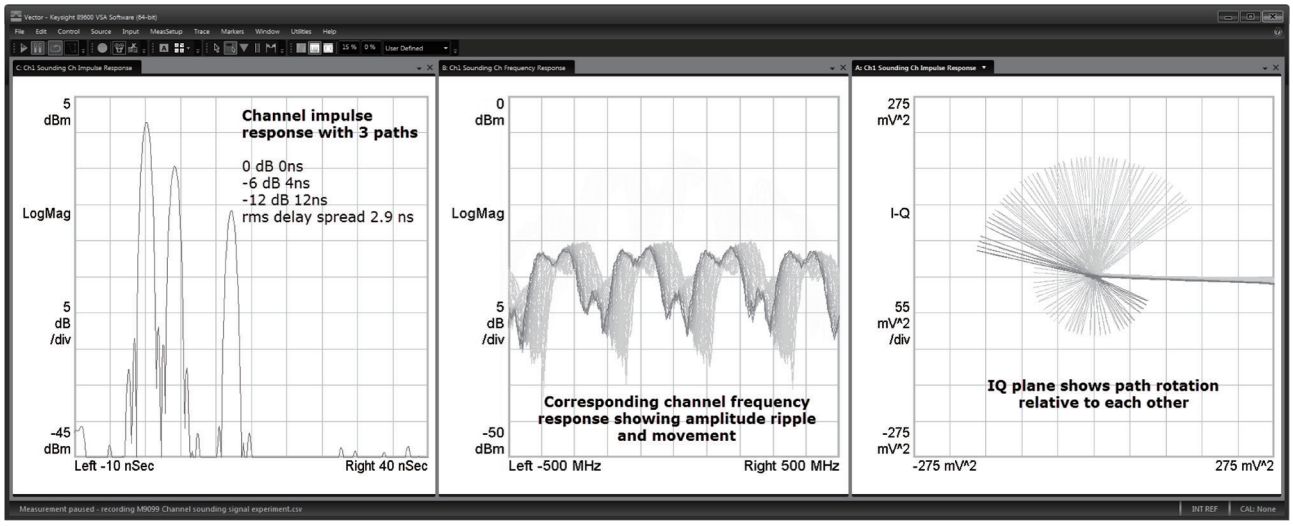


圖 4：發射器多工架構搭配平行接收器會是一種可用的寬頻系統量測配置

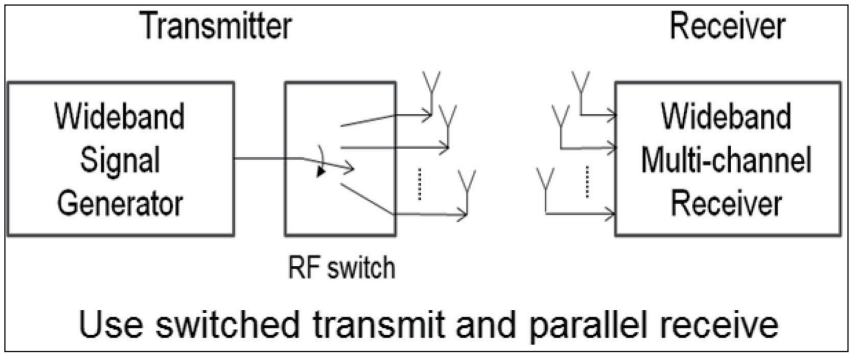
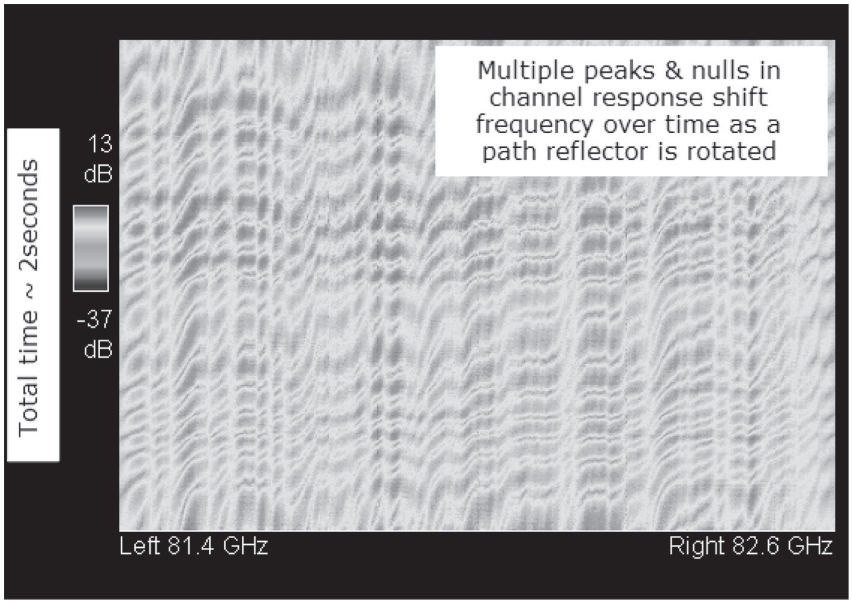


圖 5：路徑反射器在 2 秒內旋轉 45 度所造成的通道響應變化，讓載波每 80 ms 就旋轉 360 度。



結語

毫米通道量測可深入洞察實際無線電系統所面臨的一些效應，還可用來建構 5G 產業所需的通道模型，進而為天線系統和無線電設計新的信號類型。在本文中我們介紹了，不同的通道探測系統如何幫助您深入瞭解毫米波通道，更具體來說，也就是如何用市售設備建構出來的方法深入洞察通道特性。

參考文件

1: IEEE Contribution: Small scale fading: IEEE 802. 11-14/1486r0
2: IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 7, No. 9, Sept 2008: Optimal Sliding Correlator Channel Sounder Design
3: Wiley: Radio Propagation Measurement and Channel Modelling. Salous
4: www.keysight.com/find/5G Chanel Sounding Measurement of a Time Varying cm & mm Wave Channel

Peter Cain Keysight Technologies October 2015 CTA

台灣是德科技宣佈其經銷通路策略改變

台灣是德科技宣佈與安盟科技 (是德科技授權銷售夥伴)，雙方將於 2016 年 12 月 31 日終止經銷權合約。相關是德科技高階產品的銷售，改為直銷方式，自 2017 年 1 月 1 日起將由台灣是德科技直接負責。

台灣是德科技董事長暨總經理張志銘表示：「是德科技非常感謝安盟科技，過往幾年來對業務成長與客戶服務的卓越貢獻。是德科技這項經銷通路策略的改變，是為了因應市場瞬息萬變的需求。採取直銷方式，是德科技可以更快速而準確的回應客戶的期望。」

透過安盟科技所銷售的是德科技產品，其保固與維修均由是德科技負責，這項承諾在 2016 年 12 月 31 日合約終止後並不會改變。是德科技將遵從並履行安盟科技產品銷售時的保固條款，包括出廠保固、延長保固計劃、保固保證計劃和校驗保證等。通路策略的改變僅限於安盟科技，目前與經銷夥伴的合作關係沒有任何改變。