

Keysight Technologies

在物聯網咖啡館中悠閒點餐：IoT 無線技術指南

應用說明



簡介

身為物聯網（Internet of Thing, IoT）連接裝置的開發工程師，您可選擇使用不同的無線物聯網標準來開發產品。每種標準都有其優勢，適用於不同的應用。某些無線標準早已列在物聯網技術清單中，而且設計工程師以充滿創意的方式應用它們。原始的無線協定概念通常是單一裝置對一台電腦或智慧型手機進行互動；然而，隨著物聯網標準持續進化，現在已可提供遠不止於此的功用。有個重要的趨勢是，網際網路連接、雲端資料儲存，以及軟體應用層，都已開始將無線感測器及致動器，與雲端智慧軟體整合在一起。如此便可即時查看所連接的系統（甚至是虛擬實境）。隨著各界對物聯網連接的期望越來越高，最近新增到物聯網技術清單的都是前所未有的選項。如何選擇？

今晚由我做您的嚮導，為您指出我們的 IoT 選單包含那些項目。我們依據幾個原則進行分類：短距與長距無線為主要項目，底下還可分為免執照（ISM 頻段）與需要執照（蜂巢式物聯網），以及少量協定與大量協定等項目。稍後我將逐一介紹這些選項。

短距無線選擇

在短距選單中，我們提供簡易且普及的標準，例如藍牙、ZigBee 和 WiFi，它們都可在免執照的頻段內運作。免執照頻段又稱為 ISM 頻段（用於工業、科學和醫療），它們在多數地區都不需要取得執照，但所使用的裝置必須就一些操作標準進行測試。免執照頻段的缺點是，同一地點會有很多裝置，以不同協定使用同一個無線頻段，因而出現相互干擾的機率就會升高，尤其是在擁擠的 2.4 GHz 無線頻段。

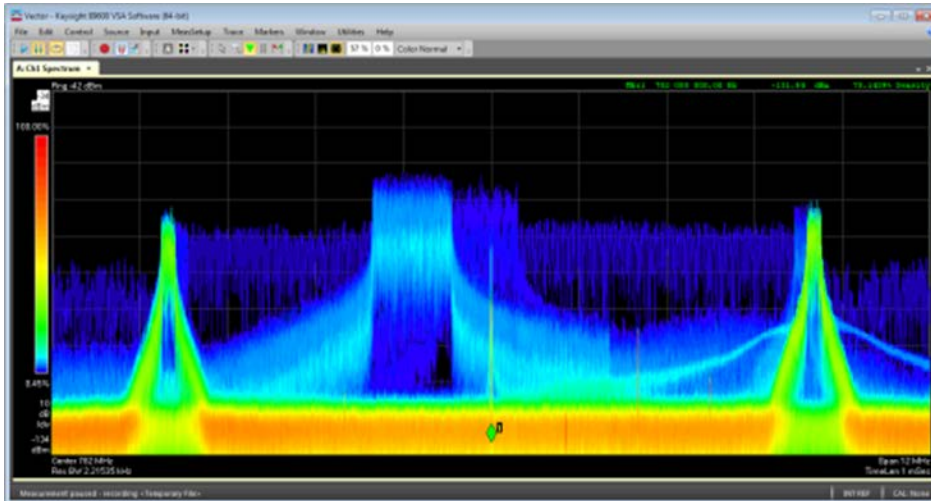


圖 1：擁擠的頻譜在某些 RF 頻段十分常見

2.4 GHz 是最常見的 ISM 頻段，普遍用於全球 WiFi 及其他協定。這些無線標準（藍牙、ZigBee、WiFi 等）已存在數年，廣為晶片和整合式模組所採用，以便設計新的 IoT 裝置。晶片級設計為 IoT 設計工程師提供絕佳的靈活性，讓他們得以選擇功能和性能正好符合需求的最新型 IC。射頻模組是小型開發板，其晶片、控制器、軟體，甚至天線，都已經依據適合的射頻性能標準進行相符性測試。在設計中使用完整的射頻模組，有助於通過相符性測試，並可縮短開發時間及相符性測試時間，雖然其零件成本比基於 RFIC 的全客製設計更高。

個人區域網路（PAN）是最短距的無線標準，傳輸距離約 10 至 30 公尺（在良好的條件下可提供更遠的距離）。本文以 PAN 稱之，有些人則稱之為 WLAN。

PAN 裝置有時會利用被稱為「應用特性」或類似的標籤的協定定義，針對特定應用進行最佳化。如此有助於將裝置調整為適合特定類型的操作，如衛生保健、體育、工業控制、大樓自動化，以及許多其他應用。這些特性允許裝置部署某些特定的無線物聯網標準、降低韌體和裝置複雜性、降低成本，並節省電池的電力。隨著這些無線物聯網標準持續進化，已經開始出現更新版本的標準，但它們與早期標準不一定相容。此外，簡單的點對點射頻鏈路已發展出更高層的協定，用於網路、運輸，甚至是應用層。為了利用物聯網產生的資料，最後您還需要考慮要選擇使用哪些軟體。

目前全球已有數十億的無線裝置，未來幾年間預計還會增加數十億個裝置，導致射頻頻段變得越來越擁擠，干擾問題日益嚴重。在某些環境中（例如醫院），新的 PAN 裝置受到干擾就無法正常工作，因此設計新產品時應審慎選擇頻譜。當然，除了頻譜之外，醫療裝置還有很多方面需考慮如何減輕風險，但頻譜擁擠的趨勢會越來越嚴重。有些無線標準自有其干擾偵測與規避的方法，但它們通常不能識別與自己不同的信號協定，因此在有多種協定同時使用相同頻段的射頻環境中，這些功能不一定有效。例如，藍牙偵測到干擾後，可利用跳頻協定來使用不同頻率，但它可能無法偵測到展頻 WiFi 信號的干擾。可在高度干擾環境中測試裝置是否正常運作的方法（又稱為共存測試）還在發展中，您可參考 IEEE/ANSI C63.27 和 AAMI TIR69（適合醫療應用）等共存測試標準。請針對預期的操作環境，無論是家庭、醫院或咖啡廳，設計並測試您的新裝置。

在 90 年代問世的藍牙，專為 PAN 而設計，可連接穿戴式裝置、手機、電腦周邊裝置等。藍牙使用 2.4 GHz ISM 頻段，最初是 IEEE 802.15.1 標準的一部份，現在則由數千家藍牙裝置製造商所組成的藍牙技術聯盟（SIG）所管理。藍牙物聯網標準不停地推陳出新，在 2006 年公布了低耗電藍牙標準（BLE 或 Bluetooth Smart），2016 年則新增了 Bluetooth 5。

Bluetooth SIG 定義了多種類型的無線傳輸特性（媒體存取協定），有些和其他藍牙媒體存取協定不相容。相較於早期版本的標準，使用 Bluetooth 5 的低功耗物聯網裝置，可提供更快、更大範圍和免連接的操作。進行無線傳輸時，藍牙實體層（PHY）使用 GFSK 調變格式，以及頻率跳頻展頻（FHSS）或（在 BLE）直接序列展頻（DSSS）協定，有些具有干擾消除功能。

藍牙已廣泛用於各種應用，很難定義一種典型的用法。大多數筆記型電腦和手機均支援藍牙無線週邊裝置，例如無線滑鼠或無線耳機。藍牙同時也是健身腕帶和許多穿戴式物聯網裝置最常見的無線標準。新版的協定提供更遠的距離和更低的電池耗電量，許多媒體存取協定讓您能輕易設定智慧廣告方式、安全金鑰交換，和遠端控制。

藍牙特性（應用集中協定）具有多元的選項，您可針對精簡、無連線應用選擇短堆疊（short stack），或選擇完整的堆疊，已確保安全的連線和可靠的資料傳輸。像印表機這類的藍牙裝置透過電源線供電，並採用短程無線通訊以消除網路連線的複雜設定，因此不會刻意限制裝置功耗。但是，對大多數使用電池驅動的物聯網裝置，電池壽命是首要考量，因此最少需要 10 年的電池壽命，以便降低生命週期成本（維修）並提高易用性。BLE 和 BT5 透過精簡的射頻和軟體操作，實現長達 10 年電池壽命。由於藍牙具有多種部署方式，並且電池耗電量不高，是短程物聯網無線標準的理想選擇。

802.15.4 是另一個在 868、915 MHz、2.4 GHz 頻段運作的低功耗 PAN IEEE 技術標準，有多個無線電協定均使用此標準。它定義 6 個實體層無線協定，包括在 2.4 GHz 頻段運作的原始直接序列展頻技術和近期的線性調頻展頻技術（CSS），以及在低於 1 GHz 和高於 3 GHz 頻段運作的直接序列超寬頻（UWB）技術。MAC 層也允許通道跳頻，以減少或避免干擾。802.15.4 是涵蓋許多物聯網標準的主要標準，它定義了網路的更高層，包括利用 6LoWPAN IP 定址直接與網路連線。6LoWPAN 的設計宗旨是簡化網路部署，以便直接從雲端收發資料。

ZigBee 是 802.15.4 標準，也是另一種被廣泛採用的低功耗、低資料速率、安全無線連網的 PAN 標準。ZigBee 使用包括 2.4 GHz 在內的 ISM（免執照）無線電頻段。至於其他無線電頻段，在全球不同地區各有不同，ZigBee 使用的 sub-1 GHz 頻段，在美國為 915 MHz、在中國為 784 MHz、在歐洲為 868 MHz。ZigBee 本身就支援樹狀、星狀和網格網路，因此一組裝置可聯合透過數次跳頻，來傳遞資料並控制節點。對於低資料速率網路，ZigBee 相當具有吸引力，因為在同樣條件下，比起簡單的點對點網路，它可涵蓋更廣大的區域。然而，遠距 ZigBee 物聯網裝置的中繼器，需要持續發送資料並確認節點，而非僅傳送自己的資料，導致裝置電池壽命減短。雖然 ZigBee Pro 可經由跳頻來避免干擾，但是在整個網路均受到干擾的情況下，就必須移動到另一個通道。不同地區的資料速率也各不相同，約為每秒 10 到 200 KBits。對許多物聯網裝置來說，這樣的速度已經夠用，因此 Zigbee 的傳輸速率比 WiFi 協定低。而較低的速度有助於降低 CPU 或邏輯晶片、射頻功率等的電池功耗，因此低資料速率或久久更新一次資料，可延長裝置的電池使用壽命，進而提高其市場銷售量。

ZigBee 曾用於許多要求低功耗的連接應用，包括家庭自動化和工業網路。您的免鑰匙（keyless）門鎖和家中的恆溫器，很可能就是 ZigBee 裝置。

ZigBee 聯盟定義了更高層的應用特性，包括針對不同用途調整的定義和函式庫，並增進不同廠商 ZigBee 裝置之間的互通性。最近，該聯盟定義了一組名為 dotdot 的高層協定，以便將應用特性整合到函式庫。該聯盟希望它能成為統一 IoT 網路的基礎，底下包含其他的無線通訊標準。

其他 PAN 標準總覽

Wireless Hart 為源於早期 4 至 20 mA 有線電流迴路標準的工業儀器標準。WiHart 網格網路基於 IEEE 802.15.4 標準，在 2.4 GHz ISM 頻段運作，同時也是使用時槽式跳頻展頻（FHSS）的無線感應器網路。此專門標準可滿足某些特性應用的要求。

Thread 是 802.15.4 物聯網裝置的中介層協定，使用 6LoWPAN 來調整簡單的物聯網裝置，使其能支援 IPv6 網路協定，以實現 LAN 和 Internet 網際網路通訊。它位於其他低層標準之上。

Z-Wave 是家庭自動化協定，讓您能透過低於 1 GHz 的 ISM 無線電頻率，安全地交換小型資料封包，並使用網格網路來擴大超低功耗傳輸的範圍。Z-Wave 使用 FSK 或 GFSK 調變，最初為專屬標準，現在則是 ITU G.9959 公共規範。

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9959-201501-I/en>

<http://z-wave.sigmadesigns.com/design-z-wave/z-wave-public-specification/>

EnOcean 是低於 1 GHz 的技術，專為無電池（能量擷取）應用而設計。它採用每秒 125 Kbits 的超低功耗射頻和脈衝振幅調變（PAM），常用於遠端遙控鑰匙和車庫遙控器等簡易設計。
<https://en.wikipedia.org/wiki/EnOcean>

其他 802.15.4 無線標準包括 ISA 100.11a、MiWi 和 Snap，分別適用於不同的用途，但因其無線傳播相似性，而被列入此章節。

WiFi

WiFi 的用途之廣，值得另闢章節介紹，雖然用於電池供電物聯網的機率不高。WiFi 是一系列行之有年的多樣化標準，全都有 802.11 開頭的名稱。WiFi 最初是為了取代費事的 LAN 纜線連接，以便為筆記本電腦和印表機等高功率裝置提供無線連結，因此發展出每秒 10 到 50 MB 的高傳輸速率，和不太節能的電池功耗。就像美國的起司漢堡有多種口味，WiFi 也有許多變種，全都屬於 IEEE 802.11xxx 標準，提供適合不同應用的特性。如同高級料理，它也持續不斷發展出新的想法和技術。物聯網目前最常用的操作頻段是 2.4 和 5 GHz ISM 頻段。

WiFi 通常稱為無線 LAN 或 WLAN，因其最常見的應用是允許裝置無需透過 Ethernet 纜線連線，即可存取區域網路和網際網路。這些網路無所不在，幾乎大多數公共場所，和任何智慧型手機開啟了「熱點」的地方，都有 WiFi。

WiFi 已有十多年的歷史，有許多廠商提供各種形式的晶片和模組，為設計工程師提供多元的 WiFi 硬體元件選擇。請注意，評估射頻（尤其是接收器）規格時，您所選擇的晶片不同，WiFi 裝置的效能（傳輸距離、頻寬、擁塞、封包錯誤率和電池功耗）會有很大的差異。為確保裝置順暢運作，請詳閱元件規格，以挑選最好的元件。WiFi 適用於高速資料傳輸（每秒高達幾十 Mbits），比起其他短程協定，其功耗更高，因此設計工程師不會為使用小型電池的 WiFi 裝置，設定長達 10 年的生命週期。在靜態和極短時間的大電流活動狀態下，工程師須量測實際裝置的功耗，以便了解裝置如何消耗其功率預算。另一方面，由於 WiFi 具有可連接區域網路和網際網路的優點，某些可因應 WiFi 電源需求的物聯網裝置，可更快切入市場。最後，因為 WiFi 可直接連接到廣大但危險的網際網路，安全問題成為首要考量，以確保資料的保密性和正確的裝置操作。

802.11b WiFi 在 2.4 GHz ISM 頻段運作，採用稱為互補碼鍵控 (CCK) 的直接序列展頻 (DSSS) 調變技術，提供具有避免碰撞 (CSMA/CA) 媒體存取的載波感知多重存取機制，可避免信號與其他 802.11b 裝置發生衝突。CSMA/CA 會導致電池消耗增加，提供大約每秒 6 Mbits 的實際速度，但在擁擠的頻譜中，其協作特性可提供比其他協定更有效率的資料傳輸。不過，不是所有的 2.4 GHz 無線協定都會共用電波，所以在混合信號環境中，這點並非優勢。

802.11g WiFi 也是 2.4 GHz WiFi 標準，使用 OFDM 調變來實現更高的資料速率，並使用 CSMA/CA 來減少碰撞。正交分頻多工 (OFDM) 信號包括許多射頻載波，每個都同時攜帶一部分資料通過該鏈路。OFDM 也允許射頻信號得以補償移動中和多路徑信號干擾，常見於內含大量金屬的建築或行進中的 WiFi 使用者。儘管有不同的調變機制，OFDM 可與 802.11b 協作以避免干擾，但這類混合系統的傳輸速率比純粹的 802.11g 低。在良好的射頻環境中，無線電可視狀況自行改變調變類型，以便增進傳輸速率，最高可達每秒 54 Mbits 的無線傳輸速率。此外，相較於簡單的協定，更複雜的無線電特性所需的硬體或韌體，可能會消耗更多的電池電力，所以您必須犧牲速度和複雜度來換取所需的資料速率，以決定哪種 WiFi 最適合您的應用。

802.11a 使用 5 GHz 頻段的 OFDM 射頻信號，可變資料速率最高可達每秒 54 Mbits，雖然淨傳輸速率峰值只有一半左右。鏈路兩端的無線電會根據本地射頻環境，協商出可行的調變以及速度。對於需要高資料速率的裝置，或是安裝了多個裝置時，這是一大優勢，因為傳輸速率快意味著更短的傳輸時間和較不擁擠的頻譜。802.11a 使用 5 GHz ISM 無線頻段，因此有更大的可用頻寬，但其他條件會影響到 5 GHz 傳輸。此頻段的實體特性使得信號無法如 2.4 GHz 信號般輕易穿透物體，可用的通道也因國家而異。此外，某些特定雷達也使用 5 GHz 頻段，因此有些通道（DFS 通道）不得用於 WiFi，或者只能在偵測到雷達信號，必須空出通道的條件下使用。如果您的裝置一開始是使用這些通道，之後在偵測到雷達信號而必須空出時，您的裝置可能需使用替代通道，並且在重新配置時導致某些存取裝置（AP）斷訊。您可以禁止（進而避免）您的裝置使用這些 DFS 通道，避免造成和接收到雷達的干擾，以免網路必須進行不可預期的重新配置，進而減少可持續使用的通道數。

另一個 802.11a 考量，是許多無線回程網路在 5 GHz 頻段運作，因此干擾可能來自於靠近這些網路的高相鄰通道功率，或是天線波束碼型。也就是說，5 GHz 區域有大量的空間可供高頻寬信號使用，但所有免執照頻譜都需將干擾納入考量。

802.11n 和 **802.11ac** 為 802.11 修訂版標準，其實體層特性比 802.11 更複雜且更強大，包括 MIMO、波束成形、訊框聚合和更寬的通道。如此可提高資料速率，但需消耗更多的電力，常用於更複雜的纜線供電裝置（無線路由器），極少用於物聯網裝置，因此超出本文討論範圍。

遠距進入點

接下來要討論的物聯網裝置，其傳輸距離大於上述的 PAN 裝置。多數 IoT 都是上述的短距標準，但也有不少 IoT 應用支援更遠的距離，例如低功率廣域網路（LPWAN），主要應用包括醫療（門診病人的監測）、天然資源（水源品質、石油和礦物萃取）、工業（大型實體工廠的監測和控制）、農業（牲畜健康和定位、天氣、作物健康和用水）、智慧城市（交通、停車、空氣品質、設施和排水計量）、大樓監視等等。這些應用將徹底改變 IoT 的運作，並可為已自動化，但未連接到整合式應用層軟體的工廠，提供即時報告和控制。



圖 2：LPWAN 技術適合長距離應用，例如智慧城市（交通、停車、空氣品質、設施和排水計量）或醫療應用（門診病人的監測）

傳統上，長距離通訊是指更大、功能更強的裝置，很少採用電池供電。然而，隨著調變技術和系統晶片（SoC）整合能力的進化，低功耗裝置的運作範圍也開始擴大。較低（低於 1GHz）頻段的運用可實現不同的電波傳播特性，這可能是長距離網路的一大優勢。頻率更低，意味著需使用比較高頻率更大的高效率天線。在 2.4 GHz，四分之一波長的天線長度是 31 公釐，但在 915 MHz 頻段，同樣的天線，長度約為 82 公釐。對於遠距離、低功耗產品來說，更大且更有效率的天線（如果機構上允許），有助於減少整個傳輸距離內所需耗費的射頻功率，進而延長電池壽命。

此外，相較於完全受制於人的短距離裝置，遠距離 IoT 帶來了訂閱式通訊服務的商機。已安裝大型射頻基礎設施的企業，如蜂巢式電話網路，正利用現有的網路，推出橫跨廣大區域的服務，以提供覆蓋整個地區或國家的新式遠距離和低速率資料服務。對於某些企業，這意味著他們只需對其現有的 LTE 基地台進行軟體更新，即可實現此目標。這些授權頻譜商品可分為不同等級的服務和訂閱費。商用基礎設施則允許您輕鬆連接網際網路和雲端網路。這些是選單中較新的部分，目前仍快速變化中，但已經有不少令人耳目一新的選項可供 IoT 設計工程師選擇。

免執照頻譜商品

LoRa 是選單中相對較新的選項，跟前述的短距無線協定有些不一樣。LoRa 使用 VHF、UHF 和 800-930 MHz 免執照頻譜中低於 1 GHz 的無線頻率，視您所在地區的頻譜分配而定。因為它使用這些較低的射頻頻率，其射頻特性和其他（2.4 或 5 GHz）標準略有不同。LoRa 信號可深入建築物，到達更高頻裝置無法到達的地點。

LoRa 調變和選單中其他的調變類型顯著不同，它象徵著射頻技術的重大進展。大多數短距標準均使用 FSK、OFDM、FHSS 或 DSSS 等展頻技術。LoRa 是 Semtech 擁有專利的調變技術，使用線性調頻展頻（CSS）射頻載波，在傳輸時可變動射頻載波（Chirps）。這使得信號能抵抗都卜勒效應（針對行動使用者）、反射式射頻環境中的多路徑衰減，並有一定的抗干擾能力。遍佈整個線性調頻範圍的低位元速率（最低每秒 300 bits），可避免 FSK 信號等窄頻干擾，同時仍可成功地解調變。相較於使用類似射頻信號功率的窄頻 FSK 信號，如此可為 LoRa 增加 15 dB 的鏈路預算。此外，LoRa 可在低於周遭射頻雜訊位準的情況下正常運作，甚至於比因展頻調變之處理增益所產生的載頻雜訊干擾低 20 dB 或更低也沒問題。

LoRa 還允許各種資料速率和調變機制的組合，您可任意選擇以增加靈敏度，並且在高雜訊環境中以低射頻功率達到長距離通訊，或是在要求速度時，以較低的靈敏度和較短的距離，提高資料速率（最高約每秒 40 Kb）。有趣的是，LoRa 允許在同一通道中進行不同的展頻係數（可視為速度）的傳輸，而不會造成阻塞。由於 CSS 信號解碼比其他展頻簡單，不需要很強大的處理能力即可做到。而射頻調變較為複雜，但卻可延長 IoT 裝置的電池壽命。

LoRa 基本定義主要集中在較低層（實體層）的射頻操作，由 LoRa 聯盟設計網路結構。該聯盟負責定義高層網路規格（世界各地有所不同）。資料通過 LoRa 射頻鏈路傳送到閘道器（又稱為集線器），後者再連接到 Internet 和雲端 / 應用伺服器。該聯盟還定義了測試和認證，確保網路中不同的 LoRa 裝置可互通。LoRa 在網路層和應用層均使用安全通訊金鑰，可確保網路和資料的安全。如果在廣大區域內偵測到射頻信號時，這是極重要的考量。

LoRa 可部署為私有網絡。此外，全球有多家公共網路業者販售供 LoRa 裝置將資料傳送到雲端的閘道器。LoRa 最早部署於歐洲，現在已逐漸向世界各地擴展。除了 Semtech，ST Micro 和 Microchip 也有生產 LoRa，為設計工程師提供第二個 LoRa 硬體設計來源。

即便 LoRa 使用免執照的頻譜，還是需要進行測試（例如 FCC Part 15.247 相符性）。認證測試項目包含發射器功率、偏差、佔用頻寬、諧波和功率頻譜密度等。雖然 LoRa 算是新的標準，設計工程師已有多種晶片和模組可以選擇，而且許多測試儀器和測試實驗室，都支援 LoRa 認證和先期認證測試。

SigFox

SigFox 是另一個最新發展的 LPWAN 技術（另有同名的連接服務）。在某些方面，SigFox 和 LoRa 很類似，其他方面以極其不同的方法實現類似的目標。SigFox 是專屬的射頻協定，在低於 1 GHz 的頻段運作，提供由蜂巢式閘道器組成的網路，可連接到 Internet 和雲端網路。它就像 LoRa 的商業網路，但目的不是當作私人網路（讓企業能安裝和維護自有的網路），而 LoRa 則可用於公共或私人網路。SigFox 是一個單跳星狀網路，其閘道器（行動基地台）可當作網路的控制器。和 LoRa 一樣，它的特性為長距離通訊和超低的電池功耗。不過 SigFox 利用「超窄頻 (UNB)」這種非常獨特的低資料速率射頻傳輸，來實現這樣的特性。SigFox 是非常精簡的協定，不需要進行射頻交握，而且使用超窄頻 D-BPSK 調變，以每秒 100 或 600 bits 一是的，低到每秒 100 bits 一的速率，傳送 12 個位元組的酬載（加上封包開支，如射頻 ID 和時間戳記）。速度慢、頻寬窄，代表電池功耗低，而且傳輸距離長。

由於頻寬很窄，接收器雜訊底線可以非常低（非常靈敏），約在 -140 dBm 左右，使用增益天線時，鏈路預算約 -160 dB。這意味著您無需編碼（減少使用 CPU 資源），再配合低發射器功率（14 dBm）、低資料速率、簡短又極少傳送的訊息（每日不超過 140 則簡訊），SigFox IoT 裝置可實現更遠的距離和更長的電池壽命。這些特性使得 SigFox 可能是 LPWAN 選單中最「簡約」的選擇。SigFox IoT 網路從法國開始向外擴散，目前已有多個歐洲國家部署了該網路，而且穩定成長中（在撰寫本文時已達 32 個國家）。

長距離 WiFi

POE Ethernet 連結的市場需求驅動下，有些設備供應商開始提供使用 WiFi 頻率和調變類型，並結合大型天線的長距離鏈路。它們可配置為點對點或點對多裝置，允許使用免執照頻譜來提供長達 20 公里的遠距離通訊。使用免執照頻譜，意味著在同一區域中可能會出現干擾。無線網路服務供應商會在城市和郊區的 2.4 和 5 GHz 頻段，使用類似的系統。對於私人回程網路而言，這些產品可提供經濟有效的遠距離資料傳輸方法，但其功率消耗較高，不適合用於 IoT 終端裝置。將回程射頻鏈路與本地存取裝置配對，可能是建立 WiFi 裝置叢集，最快速而簡單的方法，以便為偏遠地區提供娛樂或農業資料服務。長距離 WiFi 和 IoT 較為無關，但卻是建立遠距離網路的理想選擇。

需要執照的特殊頻譜

在此，需要執照的頻譜是指蜂巢式資料網路，網路業者需購買頻譜並控制存取，以提供語音和數據連結。我們對於透過網路傳遞語音通話和資料的智慧型手機，真是再熟悉不過了。這些手機可進行高速資料傳輸，但是電池壽命不長，我們幾乎每天都要充電。但 LTE 網路已開始提供新的低資料速率模式，允許低功耗裝置透過網路傳遞資料，同時經由無所不在的蜂巢網路，提供長距離、長電池壽命的低資料速率連接。IoT 設計工程師可選擇 CAT-M1 和 NB-IoT 標準，分別適用於快、慢資料速率。

NB-IoT 最近才被加到物聯網選單。NB-IoT 使用需要執照（蜂巢式）的頻譜，為 LTE 網路添加低資料速率、長距離的應用模式。因為它使用需要執照的頻譜（網路業者支付了數十億美元），業者將針對資料速率收取使用費，並嚴格要求相符性測試，進而提高了可靠性。NB-IoT 透過現有的蜂巢式網路基礎設施，提供橫跨全國的覆蓋率，因為狹窄的頻寬 RF 連接，可提供比手機更遠的傳輸距離。NB-IoT 提供每秒 20 到 250 Kbits 的資料速率，取決於所使用的是 LTE 資源區塊的哪些部分。一些網路業者只需對裝置進行軟體更新，即可將 NB-IoT 加入現有的蜂巢式網路，因此 NB-IoT 可快速部署於許多地方。因為它是現有標準的擴充，測試設備和檢查 NB-IoT 相符性的軟體都是現成的。請至 Youtube 觀看可用的建模、設計驗證和製造測試解決方案：<https://www.youtube.com/playlist?list=PLvQ5Bzr3tM52F9KokdHz74PC-f4soW2s0>

供設計工程師使用的 NB-IoT 模組也已備妥，保證可在蜂巢式網路中正確運作。

CAT-M1 是另一個最近加入選單的選項，和 NB-IoT 系統一樣使用蜂巢式 LTE 網路的需執照頻譜。Cat-M1 半雙工鏈路提供約每秒 1MB 的資料速率。由於使用現有的蜂巢式網路，訂閱服務和資料速率皆可用，但比起 NB-IoT 裝置，Cat-M1 提供資料速率更高的鏈路。對於某些需要這種速率，以及現有蜂巢式基礎設施覆蓋率的應用，Cat-M1 是個優質的選擇。美國於 2017 年 3 月公布第一個全國性 Cat-M1 可用性公告。

<https://www.benzinga.com/pressreleases/17/03/n9236121/verizon-launches-industrys-first-lte-category-m1-cat-m1-nationwide-netw>

混合網路 結合短距 PAN 和長距 LPWAN 協定，其本地 IoT 裝置叢集使用 Bluetooth 或 ZigBee（舉例），將資料傳送到中央節點，後者聚合資料後，將資料送入長距回程網路，例如 LoRa 或 Cat-M1。這是個實用的網路模型，比方說水錶、瓦斯錶或電錶等公共設施，可使用短距 IoT 裝置或網格網路收集鄰近節點的資料，並以固定週期透過長距射頻網路或有線網路，將結果傳送到雲端。這種混合模式讓許多低成本 IoT 裝置能夠收集資料，然後與 Internet 或雲端連接。這個新模型未來可用來管理物聯網中海量的資料流，以便加強即時監控、設施調整、智慧城市、農業、工業系統。

舉例而言，您可使用結合 ZigBee 和 Cat-M1 的混合網路，來支援城市設施監視與計費。在自來水計費應用中，ZigBee 可作為最底層的協定，來串連數十個短距離的低成本水錶，以組成可靠的網格網路，並以低速率將資料送入 Cat-M1 聚合器，後者定期連接到蜂巢式網路，向自來水公司發送報告。由於資料速率很低，每個水錶每天可能只能產生一份報告，如果使用智慧型水錶，則可使用指令改變模式，在緊急或特殊情況下也可以發送即時狀態。底層的 ZigBee 網格網路十分穩定，在節點故障時，可動態重新配置網格網路，保持與較遠節點的連接。Cat-M1 連接可靠度與蜂巢式網路相當，並可利用蜂巢式物聯網系統中高度可控制的射頻介面，避免可能的干擾和資料遺失。

再舉個例子，一家農業企業負責量測中樞灌溉裝置。此網路在幫浦上安裝了 Bluetooth 或 ZigBee 感應器，水管和灑水器上也安裝了水流感應器，桁架上則有輪軸動作感應器和應變片，全都利用系統的水力能源來驅動。物聯網裝置可向遠端網路回報運作狀況，而雲端網路中的整合式農場管理軟體可監視裝置的狀態，並根據能源成本、天氣和土壤濕度來控制工作流程，同時還可基於天氣預報來調整農場的運作。回到商店中，當灑水器故障或是電價改變時，農民可透過智慧型手機查看報告，並且利用即時資料執行高效率的農作物生產操作。

完全客製化的 IoT 設計

本文最後一定要提到有哪些選項，可協助設計工程師在任何需要執照或免執照頻譜上，使用客製化協定，來部署全新的 IoT 裝置。這類產品已有數十年歷史，主要用於醫療服務、大樓監視和其他應用，現在工程師也可將它們用於 IoT 部署。以美國為例，除了常見的 915 MHz、2.4 GHz 和 5.7 GHz 等頻段之外，還有很多免執照的頻率可用。此外，有十多個受 FCC CFR 47 Part 15 監管的頻段可供使用，只需稍加管制信號特性即可。而且有些特定頻段只分配給各類醫療 IoT 裝置使用。設計工程師可根據目標市場和預期的操作頻譜，選擇頻率、調變類型和廣播協定，以滿足 IoT 裝置的關鍵要求。客製化裝置蘊含龐大的商機，但因缺乏標準規格，需使用更通用的測試裝置和軟體，來進行設計驗證和測試。這類設計非有經驗的行家不要輕易嘗試，不過我們還是跟您提一下，供您參考。

結語

無論是短距或長距、需要執照或是免執照，物聯網將於未來 10 年內在我們日常生活中扮演重要腳色。很多低成本連接裝置可提多樣化的新功能，IoT 設計工程師為這些低成本自動化連接裝置找到了創意應用，包括挽救生命、提高生活品質、增進操作效率等。藉由了解物聯網的現況，工程師可有效設計並測試這些新裝置、確認可靠性和操作互通性，以便在市場中捷足先登。

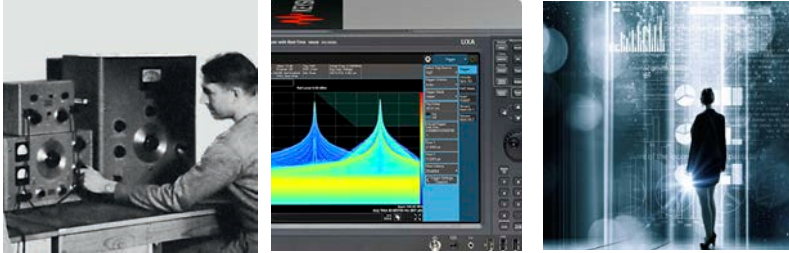
您心動了嗎？是德科技為您提供所有物聯網標準和物聯網測試所需的資訊，讓您能順利做出正確的決定。

更多資訊

- 是德科技物聯網設計和測試解決方案：www.keysight.com/find/iot
- NB-IoT 技術：
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-2360EN.pdf>
- NB-IoT 關鍵測試參數：
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-2359EN.pdf>
- LoRa 網路直播影片：
<http://www.keysight.com/main/eventDetail.jsp?cc=US&lc=eng&ckey=2766617&nid=-11143.0.00&id=2766617>
- 用於 802.11ax 和 NB-IoT 的 SystemVue 2017：
<http://www.keysight.com/en/pd-2813690/systemvue-2017?nid=34264.1211520.00&cc=US&lc=eng>
- 物聯網海報：
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5992-1217EN.pdf>

演進

是德科技獨一無二的硬體、軟體，支援及專家組合，可協助您拓展全新的局面。
讓我們成為帶動前瞻技術不斷演進的推手。



薪火相傳 - 惠普將火炬傳給安捷倫，再由安捷倫交棒給是德科技

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

透過個人化頁面查看與您息息相關的資訊。

KEYSIGHT SERVICES

Accelerate Technology Adoption.
Lower costs.

是德科技服務

www.keysight.com/find/service

是德科技擁有領先業界且陣容堅強的專業人員、量測程序和測試工具，可提供一應俱全的設計、測試和量測服務。如此一來，我們協助您部署新技術，並改善量測程序，以便降低成本。

三年保固

www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

除了享有卓越的產品規格外，您還可獲得與眾不同的產品擁有體驗。是德科技是全球所有量測儀器廠商中，唯一保證所有儀器皆享 3 年保固的廠商。此外，是德科技針對所有配件、校驗裝置、系統和客製化產品，提供完整的 1 年保固。



是德科技保固保證方案

www.keysight.com/find/AssurancePlans

是德科技提供長達十年保固，以避免任何意外的維修費用，確保儀器能夠在規格範圍內運作，讓您能永遠信賴儀器提供的量測準確度。



是德科技銷售夥伴

www.keysight.com/find/channelpartners

兩全其美：是德科技專業的量測技術與齊備的產品，搭配是德科技銷售夥伴的服務與彈性價格。

www.keysight.com/find/IoT-wireless

有關是德科技電子量測產品、應用及服務的詳細資訊，可查詢我們的網站或來電洽詢

聯絡窗口查詢：

www.keysight.com.tw/find/contactus

台灣是德科技網站：

www.keysight.com.tw

台灣是德科技股份有限公司

免費客服專線：0800-047-866

104 台北市復興南路一段 2 號 7 樓

電話：(02) 8772-5888

324 桃園市平鎮區高雙路 20 號

電話：(03) 492-9666

802 高雄市四維三路 6 號 25 樓之 1

電話：(07) 535-5035

DEKRA Certified
ISO 9001 Quality Management System

www.keysight.com/go/quality

是德科技 -

DEKRA Certified ISO 9001:2015

品質管理系統。

本文件中的產品規格及說明如有修改，恕不另行通知。

© Keysight Technologies, 2017

Published in USA, June 15, 2017

中文版：5992-2412ZHA

www.keysight.com.tw



Unlocking Measurement Insights