

# 無線連線技術選擇指南



## 介紹

選擇適當無線連線技術是一開始最重要的設計決策。此決策將決定應用的協定互通性、距離、強固性與使用案例。本選擇指南將逐一探討幾個重要決策要求，首先以下表說明各種無線通訊技術的高階摘要。

功能與規格	藍牙® 經典	藍牙 低功耗	Zigbee	Thread	Wi-Fi	私有資訊 Sub-1 GHz / 2.4 GHz
範圍	最高達 100 m	最高達 200 m 或 400 m w LR	最高達 200 m <sup>(1)</sup>	最高達 200 m	最高達 200 m	最高達 1600 m
頻率	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz 5 GHz	Sub-1 GHz 2.4 GHz
PHY 傳輸速率	最高達 3 Mbps	最高達 2 Mbps	最高達 250 kbps	最高達 250 kbps	最高達 72 Mbps	500 kbps (Sub-1) 2 Mbps (2.4 GHz)
網路類型	對等網路，星狀	對等網路，廣播	交錯	交錯	對等網路，星狀	對等網路，星狀， 網狀
網路大小	8	30	500+	350+	250	1000+
電池類型	單 AA 電池	鈕釦型單芯電池	鈕釦型單芯電池與 能源收集電池	鈕釦型單芯電池	雙 AA 電池	鈕釦型單芯電池

附註: (LR) 長距離 - 需要使用無線功率放大器與適當天線設定。(1) 適合單躍。

技術	考量
傳統 Bluetooth	<p><b>傳統 Bluetooth 優點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>網路類型   傳統 Bluetooth 專為短距離應用而設計，支援對等網路 (P2P) 與星狀網路拓撲等網路類型。</li> <li>傳輸速率   傳統 Bluetooth 專為高資料傳輸速率應用設計，例如資料速率高達 3 Mbps 的音訊串流。</li> <li>範例應用   透過無線耳機、喇叭和聲棒進行音訊串流。</li> </ul> <p><b>傳統 Bluetooth 的潛在缺點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>功耗   傳統 Bluetooth 非低功耗應用的最佳選擇。</li> </ul> <p>若要著手進行 Bluetooth 低功耗應用，請造訪 <a href="http://www.ti.com/product/CC2564">www.ti.com/product/CC2564</a></p>

<p>Bluetooth 低耗能</p>	<p><b>Bluetooth 低功耗的優點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路類型   Bluetooth 低功耗專為短距離應用而設計，支援對等網路 (P2P)、星狀與廣播等網路類型。Bluetooth 低功耗可應用在健康監控、個人電子產品、資產追蹤等應用中。Bluetooth 是一種優異的無線技術媒介，可在智慧汽車門禁等裝置間快速建立連線並交換資料。</li> <li>• 功耗   Bluetooth 低功耗專為超低功率無線通訊設計，只要一個鈕釦型單芯電池即可運行數年。使用的協定採輕量設計，可靈活調整各種通訊時間間隔參數，例如以 1 秒時間間隔進行廣播。</li> <li>• 傳輸速率   Bluetooth 4 低功耗新版本標準資料速率為 1Mbps，足夠多數通訊類型使用。但 Bluetooth 5 低功耗現在也支援最高 2 Mbps，以更快速度進行資料傳輸。</li> <li>• 無線穩固性   Bluetooth 低功耗使用 2.4 GHz 無線頻帶，並與 Wi-Fi、Zigbee 與 Thread 等無線技術共用。為了在擁擠的頻帶中減少衝突，Bluetooth 會使用跳頻技術在通訊前尋找開放通道。</li> <li>• 安全性   若要進一步了解 Bluetooth 網路中的安全，請參閱：<a href="#">了解 SimpleLink™ Bluetooth® 低功耗 CC13x2 與 CC26x2 無線 MCU 的安全功能</a></li> <li>• 範例應用   無線鍵盤、心律監測儀、血壓監測器、智慧汽車門禁等。Bluetooth 低功耗是最廣為使用的無線技術，所有智慧型手機或平板電腦皆可看到其應用。</li> </ul> <p><b>Bluetooth 低功耗的潛在缺點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 範圍   Bluetooth 不適合需長距離連線的應用。Bluetooth 需以閘道橋接器來連接 IP 網路。</li> </ul> <p>若要著手進行 Bluetooth 低功耗應用，請造訪 <a href="http://www.ti.com/ble">www.ti.com/ble</a></p>
<p>Zigbee</p>	<p><b>Zigbee 的優點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路類型   Zigbee 技術是網格式協定，讓網路可隨應用需求擴展。此技術支援自組與自療網格。Zigbee 共扮演四種角色：協調器、路由器、終端裝置與綠能裝置。Zigbee 主要應用在建築與居家自動化中。</li> <li>• 功耗   Zigbee 是一種低功耗無線通訊技術，可增加終端應用的電池壽命。為達成此能源消耗，將定期喚醒終端裝置傳送資料，並盡快進入低功耗模式。Zigbee 綠能裝置更可減少應用所需電池，例如運用太陽能板進行能源收集。</li> <li>• 無線穩固性   Zigbee 是以 IEEE 802.15.4 為基礎的無線堆疊 (做為實體與 MAC 層)。Zigbee 應用可選擇特定通道，最多可與 16 個通道進行通訊。Zigbee 具自療功能且能找出網路的中斷節點，並可視需要進行繞路以維護網路。</li> <li>• 範圍   Zigbee 應用的一般範圍在單躍距離下可達視線範圍 200 m。但運用網路中的菊鏈多 Zigbee 路由器，Zigbee 可透過其網狀網路提供長距離範圍。</li> <li>• 安全性   若要進一步了解 Zigbee 網路中的安全，請參閱：<a href="#">了解 SimpleLink™ Zigbee CC13x2 與 CC26x2 Wireless MCU 的安全功能</a></li> <li>• 目標應用   您可在無線照明開關、調溫器等各種居家自動控制中，看到 Zigbee 網路的應用。Zigbee 認證也可確保與其他廠商 Zigbee 認證產品間的互通性。</li> </ul> <p><b>Zigbee 的潛在缺點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路類型   Zigbee 無法提供便利的雲端連線方式。與 IP 網路連線必須透過閘道與位址轉換層。</li> <li>• 傳輸速率   Zigbee 非為高資料速率傳輸而設計。此技術適合最大傳輸速率 250 kbps 的低資料速率應用。</li> </ul> <p>若要著手進行 Zigbee 應用，請造訪 <a href="http://www.ti.com/zigbee">www.ti.com/zigbee</a></p>

Thread	<p><b>Thread 的優點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路類型   Thread 專為使用網格與 IP 網路相連的居家連線裝置而設計。主要運用在建築自動化以控制照明、調溫器與其他產品。Thread 可自療也可自組，代表其可自動進行節點升級或降級，以確保網路中沒有故障點。此外，Thread 可搭配 IPv6 閘道運作，在網路中配置新裝置也因此變得更簡單。</li> <li>• 功耗   Thread 適合在低功耗感測應用中運作，並可將感測器連接至 IPv6 網路。Thread 終端裝置可長時間休眠，因此可增加電池壽命。</li> <li>• 範圍   Thread 範圍在單躍下通常可達視線範圍 200 m。Thread 屬於網狀網路，最多可達 32 躍以增加範圍。</li> <li>• 安全性   根據預設，裝置間通訊可透過 AES-128 加以保護。配置則採用標準 DTLS 與 ECJ-PAKE。</li> <li>• 目標應用   您可在照明燈泡、電子鎖等各種居家自動控制中，看到 Thread 網路的應用。Thread 也可透過任何 Thread 認證裝置進行控制。也可與任何現有應用架構輕鬆整合。</li> </ul> <p><b>Thread 的潛在缺點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 傳輸速率   IPv6 網路有高負擔的可能性，因此 Thread 的 250 kbps 傳輸速率可能無法應付現有 IPv6 部署所需。</li> <li>• 應用不可確認性   Thread 未規定互通應用架構；Thread 可認證網路互通性，但無法保證應用架構互通性。</li> </ul> <p>若要著手進行 Thread 應用，請造訪 <a href="http://www.ti.com/thread">www.ti.com/thread</a></p>
Wi-Fi	<p><b>Wi-Fi 的優點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路類型   Wi-Fi 通常為星狀連線，但也支援網狀功能。</li> <li>• 無線穩固性   Wi-Fi 可於 2.4 GHz 與 5 GHz 頻譜下運作，此頻譜為全球開放無線頻譜。此外，Wi-Fi 可運用數個頻率通道來避免衝突。</li> <li>• 安全性   Wi-Fi 擁有主動式生態系統，安全性會持續進化來維持穩固性與最新狀態，以防止駭客侵襲。Wi-Fi 資料可在傳送前透過 WPA 加密法進行加密。此外由於 TLS 等原生 IP，Wi-Fi 也擁有多個安全層。若要進一步了解 Wi-Fi 網路的安全性，請參閱：<a href="#">了解 SimpleLink Wi-Fi CC32xx MCU 的安全功能</a></li> <li>• 傳輸速率   Wi-Fi 專為支援高資料速率而設計。目前已定義新標準，可透過多輸入與多輸出或 MIMO 執行來支援 Gbps。</li> <li>• 功耗   Wi-Fi 也是最具每位元功率效率的資料傳輸方式。此外協定也極富彈性，允許在持續連接電池應用網路時使用極低平均功率。</li> <li>• 目標應用   在消費者、工業與企業應用中十分常見。您可在筆記型電腦、智慧型手機、調溫器控制器等需與網路連線的應用中看到 Wi-Fi 使用。Wi-Fi 是最常用的無線通訊標準，可於裝置與網路間以高傳輸速率進行通訊。</li> </ul> <p><b>Wi-Fi 的潛在缺點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 功耗   Wi-Fi 的峰直功耗較高，因此需要 AA 電池等較大型的電池。</li> <li>• 範圍   Wi-Fi 適用局部網路。在 5 GHz 下，頻譜會因穿過薄壁而衰減或阻斷。</li> </ul> <p>若要著手進行 Wi-Fi 應用，請造訪 <a href="http://www.ti.com/wifi">www.ti.com/wifi</a></p>
專利 2.4 GHz	<p><b>專屬 2.4 GHz 的優點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 網路類型   專屬 2.4 GHz 網路讓您可靈活地為無線應用層協定量身訂做，並提供對等網路、網狀或星狀網路配置選擇。2.4 GHz 以全球免授權頻段運作，代表您可以較低成本進行應用部署。</li> <li>• 功耗   專屬解決方案可提供最優異的潛在電源最佳化，您可自訂資料傳輸的時脈與持續時間而不受限制。</li> <li>• 傳輸速率   有效資料傳輸率可高於多數無線標準，您可針對通常與無線協定有關的通訊負擔進行最佳化。</li> <li>• 目標應用   非常適合自訂無線協定應用，並可提供與舊有 2.4 GHz 無線協定應用的互通性。</li> </ul> <p><b>專屬 2.4 GHz 的潛在缺點：</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 標準   選擇專屬 2.4 GHz，啟用不同於現有標準的自動協定。與不同對等裝置通訊時，您必須定義應用層協定。專屬 2.4 GHz 協定無法與使用其他無線標準的裝置互通。</li> <li>• 範圍   2.4 GHz 網路提供的通常非最長範圍（請參閱專屬 Sub-1 GHz 長距離專屬網路）。但也提供含功率放大器 (PA) 的無線裝置選擇，透過與適當外部天線配對來增加應用範圍。</li> </ul>

## 含 15.4 堆疊的專屬 Sub-1 GHz

### 專屬 Sub-1 GHz 的優點：

- 網路類型 | 專屬 Sub-1 GHz 網路讓您可靈活地為無線應用層協定量身訂做，並提供對等網路、網狀或星狀網路配置選擇。
- 無線穩固性 | Sub-1 GHz 通常也比 2.4 GHz 頻段擁擠，因此可提供更高的穩固無線通訊。但 Sub-1 GHz 頻段 (通常為 300 MHz 至 900 MHz) 會隨地理區域有所不同，設計全球部署產品時必須將頻帶授權納入考量。部分國家/地區在 Sub-1 GHz 中有特定頻帶不需授權。例如 915 MHz 在美國免授權，但不適用全球。
- 功耗 | 專屬解決方案可提供最優異的潛在電源最佳化，您可自訂資料傳輸的時脈與持續時間而不受限制。
- 範圍 | Sub-1 GHz 頻帶的載波較長可穿透薄壁，因此可傳輸距離顯著增加。但距離越長所需資料速率越低，因為會產生資料損耗。此外，您也可選擇使用功率放大器 (PA)，透過與適當外部天線配對來增加應用範圍。
- 目標應用 | 適合需長距離通訊的應用，例如儀器測量、建築物煙霧偵測器或溫度感測器與工業應用。

### 專屬 Sub-1 GHz 的潛在缺點：

- 標準 | Sub-1 GHz 頻帶中目前沒有普遍接受的無線標準。在專屬網路中與不同對等裝置通訊時，您必須定義應用層協定。
- 傳輸速率 | Sub-1 GHz 資料傳輸速率範圍從 5 kbps 到 500 kbps，與 2.4 GHz 等高頻率資料傳輸相比顯著較低。頻率越低，由於頻寬關係可傳輸資料頻寬也會降低。

若要著手進行專屬 Sub-1 GHz 應用，請造訪 [www.ti.com/sub1ghz](http://www.ti.com/sub1ghz)

為您的應用使用案例選擇無線連線技術十分富有挑戰性，本指南提供您最初應考慮的相關規格。因此 TI 提供支援前述所有協定的裝置，您可隨需求改變，輕鬆地重新使用應用程式碼和改變用途。若要著手進行您的下一個無線連線專案，請造訪 [www.ti.com/simplelink](http://www.ti.com/simplelink)，進一步了解各種無線技術。

重要聲明：本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

平台列與 SimpleLink 皆為德州儀器的商標。所有其它商標皆屬於其各自所有人之財產。

## IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to TI's Terms of Sale ([www.ti.com/legal/termsofsale.html](http://www.ti.com/legal/termsofsale.html)) or other applicable terms available either on [ti.com](http://ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated