

智慧無線連結：驅動現代生活與未來創新

作者：周金鋒 主任應用工程師



從清晨的智慧鬧鐘喚醒新一天，到夜晚的自動調光燈營造溫馨氛圍，無線技術已深刻融入我們的日常生活。無論是透過家庭自動化調節燈光與空調，還是利用智慧農業技術監測土壤濕度，無線技術正在不斷革新我們與環境的互動方式。

單以藍牙而言，根據 ABI Research 到 2028 年的預測，預計每年將出貨 75 億台支援藍牙的設備，未來五年的複合年增長率 (CAGR) 為 8%，如圖 (一) 所示。因此，未來支援 Zigbee®、Thread 和 Matter 等 802.15.4 標準的無線設備市場，預計在未來五年內將實現顯著增長，充分展現其在物聯網 (IoT) 與人工智慧 (AI) 領域的無限潛力。憑藉高效能、低功耗與高可靠性，這些技術正廣泛應用於智慧家庭、智慧城市與工業領域，為現代生活帶來更多便利與創新。

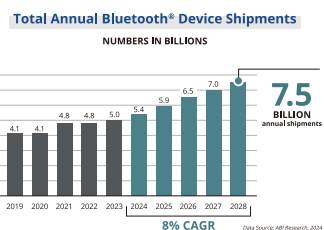


圖 (一) 預估藍牙出貨的設備總數

在智慧家庭應用中，Zigbee 和 Thread 技術提供穩定且高效的連接，讓用戶能輕鬆控制燈光、空調等多種設備，提升居家生活的便利性與舒適感；而在智慧城市中，無線感測網絡的應用則進一步優化交通系統、能源管理與資源配置，全面提高城市運行效率。同時，支援 Matter 協議的設備實現了跨品牌的互操作性，讓不同廠商的裝置無縫協作，大幅簡化用戶體驗並提升整體智慧化程度。

隨著無線技術的不斷普及與標準化的加速推進，這些技術不僅加速了物聯網的蓬勃發展，也為人工智慧應用的落地提供了強大助力。它們正在成為現代科技的重要支柱，持續推動智慧化生活的全面實現，並引領我們邁向更高效、更互聯的未來。

• 如何選擇最佳無線網絡的拓撲與協議？

網絡拓撲結構的選擇對於 AIoT 系統的性能與穩定性至關重要。常見的拓撲包括點對點 (P2P)、星狀 (Star) 和網狀 (Mesh)，如圖 (二) 所示：

- **P2P**：適合簡單連接的應用，但擴展性有限。
- **Star**：透過中央節點管理，便於部署與監控，常用於智慧家庭的小型網絡。
- **Mesh**：高可靠性與自我修復能力，適合大規模或關鍵性物聯網應用。

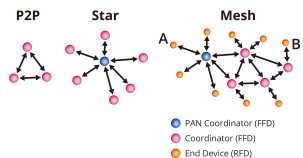


圖 (二) 無線網絡的拓撲結構及其應用場景

• 在協議選擇方面，BLE、Zigbee、Thread 和 IEEE 802.15.4 等標準各有特色：

- **Zigbee 和 Thread**：採用網狀拓撲，適合需要穩定連接的大規模智慧家庭與工業應用；
- **BLE**：強調短距離低功耗，適用於穿戴設備與智慧家庭配件；
- **IEEE 802.15.4**：為多種協議提供基礎，支援高擴展性網絡，適合複雜的 IoT 場景。

選擇合適的拓撲與協議時，需根據耗電量需求、傳輸距離、網絡規模和數據速率進行權衡，確保系統在效率與可靠性之間達到最佳平衡 (如表 (一) 所示)。

特性	BLE	Zigbee®	OpenThread	IEEE 802.15.4 MAC/PHY	CSA Matter Over Thread
頻段	2.4 GHz	2.4 GHz / 868/915 MHz	2.4 GHz	2.4 GHz / 868/915 MHz	2.4 GHz
傳輸距離	10-100 公尺	10-100 公尺 (擴展可達更遠)	10-100 公尺 (擴展可達更遠)	10-100 公尺	10-100 公尺 (擴展可達更遠)
網絡拓撲	P2P、Star、Mesh	P2P、Star、Mesh	Star、Mesh	P2P、Star、Mesh	Star、Mesh
應用場景	穿戴設備、IoT 設備、健康監測	智慧家庭、自動化系統、照明控制	智慧家庭、自動化系統、IoT 設備	智慧電表、工業自動化、感測網絡	智慧家庭跨品牌互連 (照明、HVAC、安防等)
數據速率	1~2 Mbps	250 kbps	250 kbps	250 kbps	250 kbps
連線數量	通常 7 個連接設備	可達數百設備	可達數百設備	可達數百設備	可達數百設備

表 (一) 多種協議規格技術及應用比較表

• 2.4 GHz 與 Sub-GHz：選擇適合應用場景的頻段

在無線通訊中，2.4 GHz 和 Sub-GHz 頻段各有其應用優勢。2.4 GHz 因為全球通用且支援高數據傳輸，特別適合高頻寬需求的應用，例如數據同步與互聯網設備。其技術成熟、成本低廉，已成為無線通訊的核心。然而，2.4 GHz 頻段常因使用者眾多而頻段擁擠，干擾問題明顯，且其穿透力較弱，在遠距離或障礙物多的環境下性能表現不如 Sub-GHz (如表 (二) 所示)。

相較之下，Sub-GHz 頻段 (例如 868 MHz 或 915 MHz) 具備更強的穿透力與更遠的傳輸距離，非常適合低功耗的應用場景，例如智慧農業和 IoT 感測器網絡。這使得 Sub-GHz 成為需要穩定長距離傳輸的理想選擇。

綜合而言，2.4 GHz 和 Sub-GHz 的特性互補，若能將兩者結合使用，將有效滿足多樣化的需求，成為構建無線通訊系統的最佳策略。

項目	2.4 GHz	Sub-GHz
資料速率	高 (適合高速應用)	低 (適合低資料量應用)
傳輸距離	短 (數十公尺)	長 (數百公尺)
穿透能力	弱 (易受障礙物影響)	強 (穿透效果佳)
耗電量	較高	低
環境干擾	高 (頻段擁擠)	低 (干擾少)
應用場景	室內、智慧家庭、高速資料傳輸	農業、遠距離、低功耗應用

表 (二) 2.4 GHz 與 Sub-GHz 頻段的性能與應用比較

• Microchip PIC32CX-BZ/WBZ 系列：無線連結的全能選手

Microchip 推出的 PIC32CX-BZ/WBZ 系列晶片及模組方案，以多協議支援能力和應用靈活性為核心優勢，成為 IoT 領域的理想選擇，如圖 (三) 所示。WBZ 系列支援 BLE、Zigbee、Thread、MiWi™ 和 802.15.4 MAC/PHY 等多種協議，單一晶片即可滿足多協議的需求，大幅降低設計複雜度與 BOM 成本。

PIC32CX-BZ and WBZ Family

Why?	Memory Size		
	PIC32CX-BZ3 WBZ35x	PIC32CX-BZ2 WBZ45x	PIC32CX-BZ6 WBZ65x*
Lowest cost	✓	✓	✓
Smallest form factor	✓	✓	✓
Secure Boot, Touch	✓	✓	✓
Multi-protocol	✓	✓	✓
Gateway	✓	✓	✓
Larger memory	✓	✓	✓
More peripherals	✓	✓	✓
Cortex	M4F	M4F	M4F
MCU Speed (MHz)	64	64	128
Flash (kB)	512	1,024	2,048
RAM (kB)	96	128	512
GPIO	27	29	54
Retention RAM (kB)	32	8	64
Tx Output Power (dBm)	11	20	11
Functional Safety Ready	✓	✓	✓
DAC	✓	✓	✓
Touch	✓	✓	✓
Ethernet, CAN, USB, QBI, LCC	✓	✓	✓

圖 (三) WBZ 系列的多協議支援與硬體架構解析

• 多協議應用場景

如下是 PIC32CX-BZ/WBZ 系列能夠支援多個協議的應用：

	BLE ：支援 BLE 的 Multi-roles 功能，可同時作為 Central 和 Peripheral 的角色，靈活搭建高效的樹狀網絡架構。例如，智慧家庭中的門鎖、燈具和溫控器與手機連接，實現遠端控制。
	MiWi™ ：為 Microchip 自研的 MiWi 協議是一種類似於 Zigbee 解決方案，特別適合低功耗與簡單網絡應用。在智慧停車系統中，可用於傳輸停車位狀態，實時顯示剩餘車位資訊；而在農業場景中，支援土壤濕度感測器與智慧灌溉系統的數據傳輸。
	Thread ：支援 IPv6，具備網路的高靈活性與可靠性，適合智慧城市和智慧倉儲等場景。例如，可用於管理路燈與停車位感測器，確保節點故障時網路仍能自動修復。此外，Thread 作為 Matter 標準的重要基石，為跨品牌智慧家庭設備的互操作性提供了保障。
	Zigbee® ：以其穩定的 Mesh 架構聞名，是大範圍低功耗網路的理想選擇。它廣泛應用於智慧家庭和智能大樓管理中，例如燈光控制、環境監控與自動化管理系統。
	802.15.4 MAC/PHY ：該協議層為高速度製成化應用提供基礎，例如電動車的無線電池管理系統 (WBMS)，實現即時監控電池健康狀態，工業監控中則滿足對延遲與數據傳輸速度的高要求。

• 未來展望

Microchip 的 WBZ 系列晶片憑藉其多協議支援與靈活應用特性，廣泛應用於下面幾個 IoT 關鍵領域：

- **智慧城市**：WBZ 晶片支援集中管理路燈與交通系統，透過穩定無線連接，優化資源分配與城市運營效率。
- **智慧農業**：結合 AI 分析平台，WBZ 晶片能監控土壤濕度與氣候數據，為智慧灌溉與農業管理提供即時支援，大幅提升資源利用率與生產效能。
- **智慧醫療**：整合 AI 平台，WBZ 晶片支援醫療設備實時傳輸健康數據，強化遠端診療與健康管理的效率。

WBZ 系列晶片以穩定高效的無線技術，推動 IoT 智慧應用的落地，是連結各類創新場景的重要基石。隨著 IoT 與 AI 技術的不斷融合，智慧家庭、智慧城市與智慧農業等應用將持續升級，為現代生活注入更多便利與價值。

展望未來，Microchip 將持續推動無線技術創新，與 AI 平台及其他前沿技術攜手，助力客戶打造高效、可靠的 IoT 解決方案。

立即行動！聯繫 Microchip 業務窗口，獲取專屬開發支援！
掃描下方 QR 碼，立即試用 WBZ 系列，體驗多協議靈活應用的威力！
(Wireless Connectivity Solutions | Microchip Technology)



聯繫信息 > Microchip 台灣分公司

電郵：rtc.taipei@microchip.com
聯絡電話：• 新竹 (03) 577-8366

技術支援專線：0800-717-718

• 高雄 (07) 213-7830 • 台北 (02) 2508-8600



Microchip 的名稱和徽標組合以及 Microchip 徽標均為 Microchip Technology Incorporated 在美國和其他國家或地區的註冊商標。在此提及的所有其他商標均為各持有公司所有。
© 2025 Microchip Technology Inc. 及其子公司，保留其版權及所有權利。2/25