

Wi-Fi HaLow 的極速爆發 與 Matter 底層重建

■文：編輯部整理

現在產業的焦慮點已從「如何連得更快」轉變為「如何連得更遠、活得更久，且彼此互通」。在這一背景下，曾被市場長期低估的 Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah) 在過去一年半內迎來了極速爆發；與此同時，原本被視為純軟體標準的 Matter 協議，也強勢向下滲透，徹底改變了全球半導體廠商的晶片設計邏輯。

穿牆與廣域覆蓋的霸主：Wi-Fi HaLow (802.11ah)

根據市場研調機構 TechInsights 於 2026 年 5 月發布的《全球低功耗物聯網連接技術報告》顯示，Wi-Fi HaLow 在 2025 至 2026 年間成為了全球增長最快的無線技術，其年複合增長率 (CAGR) 高達驚人的 45%。長久以來，物聯網開發者始終在傳統 Wi-Fi (頻寬大但覆蓋短、功耗高) 與 LoRa/NB-IoT (覆蓋廣但頻寬極小、需依賴運營商) 之間艱難妥協。而 Wi-Fi HaLow

的成熟，完美填補了這一技術真空。

Wi-Fi HaLow 運行於 Sub-1GHz (低於 1GHz) 的免授權頻段 (通常為 900MHz 區間)。從物理學特性來看，較低的頻率賦予了其無與倫比的穿牆與繞射能力。在 2026 年量產的最新模組中，單個 Wi-Fi HaLow 存取點 (AP) 能夠在不依賴任何中繼器的情況下，直接穿透數層鋼筋混凝土，提供超過 1 公里的穩定訊號覆蓋，並且單個 AP 能夠同時掛載高達 8,191 個節點設備。

Wi-Fi 聯盟 (Wi-Fi Alliance) 總裁兼執行長 Kevin Robinson 在 2026 年 6 月的無線通訊高峰會上對此給予了高度評價：「2026 年是 Wi-Fi HaLow 真正成為基礎設施的一年。我們看到它正在重構智慧農業、大型倉儲與全屋智慧的邊界。它讓開發者無需支付昂貴的蜂窩網路月租費，就能享受到公里級的覆蓋，同時還保留了原生 IP 網路的無縫接入優勢。這是一場物聯網經濟學的勝利。」

我們整理了當前主流 IoT 協議在 2026 年的

表：2026 年全球主流低功耗物聯網 (IoT) 無線協定核心規格對比

技術指標	Wi-Fi HaLow (802.11ah)	傳統 Wi-Fi 6 (2.4GHz IoT 版)	LoRaWAN	NB-IoT (蜂窩物聯網)
執行頻段	Sub-1GHz (如 900MHz)	2.4 GHz	Sub-1GHz	授權蜂窩頻段
極限傳輸距離	> 1 公里 (視距可達數公里)	~ 50 - 100 公尺	> 10 公里	> 10 公里 (依賴基站)
最大輸送量	150 Kbps ~ 80 Mbps	高達 600 Mbps	極低 (< 50 Kbps)	低 (~ 120 Kbps)
單 AP 節點容量	8,191 個	~ 256 個	數萬個	海量
休眠功耗表現	極低 (支持長達數年電池壽命)	中等 (依賴 TWT 機制)	極低	中等偏低
營運與建網成本	零月租費，原生 IPv6 易於部署	零月租費	需架設專有網關	需向電信運營商繳納月租

(資料來源：Wi-Fi Alliance 白皮書與 ABI Research 2026 年 5 月 IoT 連接市場報告整理)

最新核心規格對比：

Matter 協議從「軟體標準」走向「硬體標配」

經過前幾年的標準博弈，Matter 協議在 2026 年已經從一個由蘋果、Google、亞馬遜等巨頭共同推動的「上層軟體互聯標準」，向下紮根，引發了一場微控制器 (MCU) 與無線 SoC (系統級晶片) 的硬體架構革命。

在過去，智慧家居設備為了相容不同的網路生態，製造商往往需要在電路板上分別貼上 Wi-Fi 晶片和藍牙 / Zigbee 晶片，這不僅推高了 BOM (物料清單) 成本，也增加了硬體設計的難度。但到了 2026 年上半年，「多射頻硬體併發 (Multi-Radio Concurrency)」已經成為了高階物聯網晶片的絕對標配。

以芯科科技 (Silicon Labs) 最新推出的 xG26 系列以及恩智浦 (NXP) 的 RW612 晶片為代表，這些半導體大廠成功將 Wi-Fi 6、低功耗藍牙 (BLE) 以及 802.15.4 (Thread/Zigbee) 三套截然不同的射頻前端與基帶，完美集成在了單

圖：智慧家居設備控制的物聯網概念



顆微米級的 SoC 矽片上。這種底層整合不僅僅是把三個晶片拼在一起，而是透過晶片內部的硬體級 PTA (Packet Traffic Arbiter，封包流量仲裁器) 實現了微秒級的頻譜分時共用，徹底解決了 2.4GHz 頻段下不同協議互相幹擾「打架」的物理難題。

Silicon Labs 執行長 Matt Johnson 在 2026 年第一季度的財報電話會議中分享了這一趨勢：

「Matter 協議的成功落地，迫使晶片設計走向了極致的整合。今天，當我們的客戶在設計一款智慧門鎖或恆溫器時，他們不再詢問『這個晶片支援什麼協議』，而是要求『單顆晶片必須同時處理所有協議』。多射頻 SoC 已經讓 Matter 成為了像空氣一樣自然存在的底層基礎設施，這極大地加速了智慧家居從孤島走向全域互聯。」

結合這種硬體級別的三射頻併發能力，Matter 設備在 2026 年展現出了極高的部署彈性：設備可以透過 BLE 被手機瞬間喚醒並完成安全配對，隨後透過 Thread 網路進行低功耗的日常指令傳輸，而當需要進行 OTA (空中下載

技術) 韌體大規模升級時，晶片又會瞬間切換至 Wi-Fi 6 通道完成高速下載。這種將不同無線協議的優勢「按需榨取」的底層調度能力，正是 2026 年低功耗無線物聯網最迷人的技術進展。

當 Wi-Fi HaLow 解決了物理空間的「覆蓋焦慮」，Matter 與新一代藍牙解決了生態的「互通焦慮」後，2025 年至 2026 年上半年的低速低功耗物聯網市場，迎來了從「技術概念驗證 (PoC)」向「百萬級節點規模化部署」的實質性跨越。其中，最具代表性的兩大千億級藍海市場，便是商用電子貨架標籤 (ESL) 的全面革新，

以及現代化倉儲 / 全屋智慧的網絡架構重塑。

商用電子貨架標籤 (ESL) 的無線革新

在全球持續的通脹壓力與實體零售業人力成本飆升的雙重夾擊下，實體門店對「動態定價 (Dynamic Pricing)」的需求在 2025-2026 年達到了頂峰。傳統依賴人工更換紙質價籤的方式已被徹底拋棄，取而代之的是基於超低功耗無線技術的電子貨架標籤 (ESL)。根據 ABI Research 於 2026 年 4 月發佈的《全球零售物聯網趨勢》報告，全球 ESL 市場規模在 2026 年已突破 42 億美元，且正以每年 28% 的速度狂飆。

推動這一爆發的核心底層動力，是藍牙 5.4 規範中的 PAwR (帶響應的週期性廣播) 技術與 Wi-Fi HaLow 的雙劍合璧。

在 2024 年之前，全球 ESL 市場充斥著各家廠商 (如 VusionGroup、Pricer) 互不相容的私有 2.4GHz 協議，導致零售商被單一供應商深度綁定。但進入 2026 年，藍牙技術聯盟

(Bluetooth SIG) 主導的 ESL 標準正式成為行業絕對共識。PAwR 技術允許單個無線存取點 (AP) 以極低的功耗，與數以萬計的電子價籤進行雙向、週期性的數據同步。

更具顛覆性的是，結合 Wi-Fi HaLow 的 Sub-1GHz 穿牆特性，現代化的大型商超 (如沃爾瑪、家樂福的全新旗艦店) 不再需要像過去那樣在天花板上密集部署數十個藍牙網關。如今，僅需在超市中心部署 1 到 2 個 Wi-Fi HaLow / 藍牙雙模基站，即可穿透密集的金屬貨架與液體商品，實現 10 萬平方公尺全場無死角的價籤覆蓋。

全球領先的物聯網無線晶片廠商 Morse Micro 聯合創始人兼 CEO Michael De Nil 在 2026 年初的國際消費電子展 (CES) 上指出：「零售與倉儲物聯網的經濟模型已經被改寫。透過極低的佔空比 (Duty Cycle) 休眠機制與 Sub-1GHz 的廣域覆蓋，我們讓一枚僅靠鈕扣電池供電的電子價籤，擁有了長達 7 到 10 年的真實生命週期。這意味著在設備的整個物理壽命，

圖：採用創新物聯網技術的智慧倉庫管理系統



表：10,000 平方公尺智慧倉儲物聯網覆蓋架構效益對比

項目指標	傳統 Mesh 網絡架構 (如 Zigbee / 舊版私有 2.4G)	新一代星型廣域架構 (Wi-Fi HaLow + Matter 融合)	效益評估
所需基站 / 閘道器數量	需 15 - 25 個閘道器 + 大量信號放大器。	僅需 1 - 2 個 HaLow 企業級 AP。	硬體採購成本直接削減 80% 以上。
穿透金屬與障礙物能力	弱 (2.4GHz 頻段易被貨架和液體阻擋，需依賴密集路由)。	極強 (900MHz 頻段輕鬆繞射金屬貨架與牆壁)。	徹底消除「信號盲區」，避免貨物盤點丟失。
網絡拓撲複雜度與維護	複雜 (Mesh 路由表易混亂，故障困難)。	極簡 (原生 IPv6，每個設備直連 AP)。	IT 部署時間縮短 70%，後期軟體維護成本極低。
傳感器節點電池壽命	2 - 3 年 (中繼節點因需持續轉發數據，耗電極快)。	5 - 10 年 (終端僅在發送自身數據時短暫喚醒)。	大幅減少因更換電池而導致的人工停機成本 (OPEX)。

(資料來源：綜合 Gartner 2026 年第一季度《物聯網基礎設施經濟學》及各大模組廠公開商業案例)

零售商實現了『零運維成本』。」

智慧倉儲與全屋智慧的「去閘道器化」

除了零售端，低速低功耗技術在 2026 年對 B 端 (倉儲物流) 與 C 端 (全屋智慧) 造成的最大物理改變，可以總結為四個字：「去閘道器化 (Gateway-less)」。

在傳統的 Zigbee 或早期的藍牙 Mesh 網絡中，由於單個節點的傳輸距離極短 (通常只有 10-20 公尺)，要覆蓋一個大型自動化倉儲或多層別墅，必須依賴大量的「中繼節點 (Router)」和昂貴的「邊緣閘道器 (Gateway)」來接力傳輸數據。這不僅導致了網絡拓撲極度複雜，一旦某個核心中繼節點斷電，還會引發大面積的「雪

崩式斷網」。

在 2025-2026 年，藉助 Matter 協議硬體底層的多射頻併發 (Wi-Fi/Thread/BLE)，以及 Wi-Fi HaLow 原生支持 IPv6 的星型網絡架構，邊緣設備現在可以直接獲得 IP 位址並與雲端對話，徹底繞過了傳統的協議轉換閘道器。

下面將以一個標準的 10,000 平方公尺現代化智慧倉儲 (建構 5,000 個溫濕度與資產追蹤傳感器) 為例，對比了 2026 年最新架構與傳統架構的效益：

透過上述真實的商業落地案例可以看出，2026 年的低速低功耗無線技術，本質上是在減去冗餘的閘道器、繁瑣的布線、頻繁的電池更換，從而為千行百業換取極致的運營效率。CTA

高通完成收購 Modular

高通公司宣布，已完成對 AI 原生軟體基礎架構領先創新企業 Modular Inc. 的收購。Modular 的軟體平台讓開發人員能夠透過統一的平台，在異質運算系統中最佳化並部署生成式 AI 與代理式 AI 工作負載。結合高通技術公司在高效能、節能運算領域的領先優勢，Modular 將進一步強化高通提供完整 AI 解決方案的能力。

此次收購將加速高通技術公司 AI 平台在各類裝置、資料中心、邊緣基礎設施，以及個人與工業 AI 等領域的布局與擴展。同時，也將為 Modular 提供更大的規模與市場觸及能力，使其技術得以拓展至更多開發人員、企業、硬體平台及市場。Modular 將持續推動開放且異質的運算生態系，並在 CPU、GPU、NPU 及客製化晶片等多元運算架構上提供領先業界的效能表現。Mojo、MAX 與 Modular Cloud 也將持續作為產品與品牌發展，並獲得高通技術公司進一步的投資與支援。Modular 共同創辦人暨執行長 Chris Lattner 將出任高通技術公司先進 AI 軟體與平台執行副總裁。