

WSN 讓智慧照明大放異彩！

■文：任苙萍

智慧燈泡到底是如何運作的？智慧燈泡底座內建有一個或多個模組，可經由 Wi-Fi 或藍牙 (Bluetooth) 等常用的無線通訊協定組網，但某些智慧燈泡可能需要使用連接到路由器的輔助集線器 (Hub) 進行互連，例如 Zigbee 或 Z-Wave 集線器，這種情況下，手機發送到智慧燈泡的任何命令都將從手機透過 Wi-Fi 網路傳輸到集線器，再從集線器傳輸到智慧燈。通常，相較於直接連接手機與智慧燈泡，使用 Zigbee 或 Z-Wave 集線器可為智慧裝置提供更快、更可靠的連接。結合物聯網 (IoT) 無線感測網路 (WSN) 通訊控制的智慧照明已蔚為風潮。

照明結合感測器、物聯網，編程智慧生活

消費者亦可使用智慧開關或智慧插頭達到控制普通燈具之目的，當然，這只能簡單控制開關，無法對亮度、色溫、顏色做出變化；但若是採用 LED 智慧燈泡，可與 Amazon Alexa、Google Home、Apple Home 和 Samsung SmartThings 等智慧家庭系統配合使用，有些設備甚至具有內建運動感應器 (Motion Sensor) 和可自訂的時間表，針對一天中不同場合和

圖 1：使用者可聲控智慧燈具



資料來源：<https://www.philips-hue.com/zh-tw/explore-hue/works-with/voice-control/apple-homekit>

時間的照明場景進行編程，應用程式支援的可調色智慧燈泡可以根據太陽的位置自動調整亮度和色溫，例如，燈泡在早上變亮、並從暖光轉變為冷光，模擬日出，以幫助調節晝夜生理規律。

智慧照明可借助控制燈光、暖氣和空調以及遠端管理電器來優化電力使用、減少電力消耗，且可回應使用者命令並允許進行編程。

受惠於寬頻技術的進步及感測器的創新，物聯網與智慧照明的整合正在加速；物聯網架構的出現，催生更多智慧型設備和雲端連接照明系統應用，製造商也更易於開發下一代物聯網智慧家庭和辦公室照明解決方案。由飛利浦分拆出來的知名燈具公司 Signify，近日即宣佈推出 Philips Hue Secure 智慧攝影機、感測器和應用程式功能，以達

圖 2：Philips Hue Secure 攝影機可作為運動偵測器



資料來源：<https://hueblog.com/2023/09/04/use-philips-hue-secure-cameras-as-motion-detectors/>

到安防監控目的，可藉由營造有人在家的錯覺以嚇阻竊賊入侵。

飛利浦 Hue 相機預設具有端對端加密功能，確保任何影片剪輯、快照和即時取景的隱私——識別通知是否由人、寵物或包裹觸發的功能是在相機本地實施，以端對端加密的邊緣運算形式運行。使用者收到通知時，可點擊開啓應用程式，在「採取行動」畫面中手動觸發警報，讓燈光閃爍、在安全攝影機上發出警報聲，或致電地方政府或可信任聯絡人。飛利浦 Hue 等智慧照明系統可提供家庭相關資訊，例如，將液體感測器放置在地下室的污水泵旁邊，若感測器偵測到水或外門開著，可將家中所有 Hue 燈泡編程為亮紅燈以警告出現問題。

智慧照明為建案加值， 「互通性」為採購考量

Philips Hue 系統的優點在於：

它可與許多其他智慧家庭設備、平台和助理配合使用，其 Philips Hue Bridge (橋接器) 還能支援新出爐的 Matter 協定，意味著所有智慧家庭系統都可輕鬆地相互連接和通訊。Parks Associates 最新研究顯示，消費者對減少能源消耗普遍感到興趣，智慧燈泡與智慧照明系統越來越受歡迎，過去五年的採用率出現顯著成長；截至 2022 年，分別比 2017 年成長 8% 和 5%。預估今年底，美國連網家庭有 13% 擁有智慧燈泡、6% 擁有智慧照明控制系統，而有近 1/3 照明購買意向者或系統所有者將互通性視為影響購買的要素。

他們認為，新的行業標準 Matter 有望讓整合變得更容易，但 OEM 和零售商需要投入更多資源進行 Matter 認證，以影響購買決策。全球對智慧照明日益濃厚的興趣促進供應商合作夥伴關係及全球生態系發展，但 LED 技術挑戰卻在限制市場成長，例如，色差和伴隨時間推移產生的熱量問題。此

外，LED 的流明輸出受顏色和工作條件的影響，可能會因溫度而降低。另一個瓶頸是：為確保最佳性能，大多數 LED 需要降壓且無法應對線路電壓，在電壓波動頻繁的工業領域，LED 對於此類變化的敏感將會是個麻煩。

同樣看好智慧照明的還有 IDC 和 ABI Research，前者預估到 2027 年，智慧照明預計將以 13.6% 的年複合成長率 (CAGR) 茁壯；後者則將連網燈視為智慧建築的機遇——隨著建築業主、能源公司、租戶、監管機構和其他各方尋求提高建築性能和吸引力，網路照明控制 (NLC) 將成為許多智慧建築專案的先鋒。ABI Research 表示到 2030 年，新一代智慧建築連網燈具及相關設備出貨量將成長至近 2.2 億台，CAGR 高達 22.6%！將照明控制與亮度、佔用感測器整合，有助提升能源效率、居住舒適度/安全性、空間利用率，最終為建築賣點加值。

圖 3：智慧照明是整體智慧建築能源效率的關鍵組成部分，與智慧感測器結合使用，為建築管理系統提供 IoT 智慧建築所需的數據



資料來源：<https://www.infineon.com/cms/en/applications/industrial/lighting/>

網路照明控制帶動 RTLS 與 LaaS 商業模式

工程師可用智慧手機應用程式來部署、調試和重新配置 NLC，而無需專用網路佈線、本地閘道器和預定拓撲。智慧照明還可利用相同的感測器技術和無線網絡網路來實現新的用例並擴展物聯網應用，也為企業實施即時定位服務 (RTLS) 奠定基礎。照明燈具內用於檢測基於佔用的照明和溫度控制的運動感測器，也可用於檢測空間內人和物體的運動，這樣的 RTLS 解決方案可以追蹤關鍵資源，包括資產、庫存和工作空間中的人員。部署 RTLS 的組織可分析、優化工作場所內人員和資產的流動，進而提高生產力並提升能源效率。

與此同時，Straits Research 預估到 2031 年，照明即服務 (LaaS) 市場規模將達到 90.6 億美元，CAGR 率為 34.8%。LaaS 提供技術和財務管理服務，協助從傳統照明向智慧照明的過渡；感測器和物聯網技術的使用有助於照明系統和回收設備的安裝及其維護和管理，此類服務通常是按月收費，不需要最終用戶進行任何前期投資。雖然作為持續購買協議的一部分，客戶需要支付照明改造費用，但這部分的成本可分攤到幾個月或幾年。LaaS 主要優點包括：能耗更低、持續節省成本、無需維護責任以及能添加資料收集、設備間通訊和遠端管理等功能。

經濟發達國家的快速工業化和都市化是 LaaS 主要市場動能之

一，商業綜合體、辦公大樓、公共廣場等正在推動 LaaS 的成長。工業應用中對智慧、節能照明系統的需求上升，智慧照明控制系統作為溫室補充照明，智慧 LED 照明對園藝有利，特種照明應用推動智慧照明系統需求成長。因能源價格不斷上漲而陷入困境的市政當局在智慧 LED 街道照明中找到支持，可互通通訊網路的引入刺激了對無線照明設備的需求，新標準的出現推動了對藍牙通訊設備的需求，而 Li-Fi 將成為遊戲規則改變者。

智慧照明宗旨：節能、能源管理、減少碳足跡

Research Nester 預估 2023 ~ 2035 年，全球照明控制系統市場 CAGR 約 17.8%，市場規模將從 2184.4 億美元上看 305.9 億美元。人們對於照明控制以減少能源消耗的需求不斷增加，加上能源管理意識增強，如何透過關燈減少碳足跡、減少二氧化碳和其他有害

溫室氣體的排放漸成焦點——據統計，照明造成的二氧化碳 (CO2) 排放量佔全球二氧化碳排放量的 4% 以上。據美國能源部 (DOE) 統計，照明約佔商業建築總用電量的 17%，智慧建築整合各種技術以增強自動化和能源管理正在激發照明控制系統的需求，並融入今後樓宇自動化計畫之中。

歐盟委員會亦估計，照明約佔歐洲總電力消耗的 15%，突顯了採用照明控制系統實現節能的潛力；預計到 2035 年底，歐洲照明控制系統市場將獲得最高的年複合成長率。歐盟 (EU) 的能源效率指令和生態設計法規對於推廣節能照明、積極採取永續建築實踐，堪稱舉足輕重；其中，戶外應用將獲最高成長尤其令人矚目；智慧城市部署智慧照明系統，可節能、減少光污染，並使用無線技術連接到支援 Wi-Fi 的裝置，戶外照明攸關公共空間、道路和建築物安全，迄今全球已有 2,000 多個城市採用了智慧

圖 4：Research Nester 剖析全球照明控制系統市場前景



資料來源：<https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/08/17/2727117/0/en/Lighting-Control-System-Market-revenue-to-hit-USD-218-44-Billion-by-2035-says-Research-Nester.html>

城市技術。

照明控制系統允許動態照明調整、遠端監控和自動回應來增強安全性；與照明控制整合的智慧戶外照明系統可遠端監控、調光和自適應照明，有助於節省能源並改善城市環境。再者，無線分眾市場預計將在預測期內佔據重要份額，讓現有建築物升級其照明基礎設施時無需進行重大改造工作。這些系統可整合到更大的智慧建築，實現集中控制和自動化。在大型物業中，選擇統一的控制器來操作許多智慧燈存在挑戰，包括：安裝和更換成本高、橋接能力限制、無線覆蓋範圍、與現有智慧家庭產品的相容性等。

智慧路燈／燈桿成爲智慧城市的基礎設施支柱

戶外的智慧街道照明市場表現亦頗為亮眼——Persistence Market Research 預估今年整體市

場價值將達 25.792 億美元；2033 年將達到 126.47 億美元的規模，CAGR 為 17.2%。城市化的快速發展以及對能源效率和永續性的關注是智慧路燈市場的主要驅動力，而將連網街道照明納入智慧城市計畫的企業，將對推動市場成長發揮關鍵作用。來自各行各業的衆多供應商，包括智慧電網供應商、電信公司、智慧城市公司和照明製造商，都在積極參與智慧路燈領域。感測器技術、無線通訊和數據分析的進步顯著增強了智慧街道照明系統的功能。

5G 網路的推出和改進支援智慧街道照明系統的部署，實現即時監控、遠端管理以及與其他智慧城市應用的整合，對於安全和尋路至關重要；且路燈通常是城市最大或第二大的能源負荷，佔城市能源支出的 25 ~ 50%。智慧路燈和智慧燈桿還可作為智慧城市的基礎設施支柱，為 Wi-Fi 或 5G 網路和物聯

網設備提供動力（如：監控攝影機和感測器），用於監控天氣、空氣品質、交通和噪音。Future Market Insights (FMI) 指出，全球街道和道路照明市場 2033 年將達 164 億美元，預計 2023 ~ 2033 年，該市場將以 5.4% 的 CAGR 成長。

不過，包括 LED 燈具、感測器、連接基礎設施和控制系統在內的初始成本高，對於資金短缺的市政當局和地方政府可能構成採用障礙。另一方面，智慧街道照明系統通常包含用於各種目的的感測器和攝影機，恐引發隱私擔憂。安全性也是一個顧慮，因為這些系統可能容易受到網路攻擊。值得注意的是，智慧街道照明系統依賴各種技術和通訊協定以確保不同組件和供應商的互通性，其間可能存在相容性問題，使採用者難以混搭、匹配不同製造商的產品。於是，各大主流通訊協定正展開新一輪競合博奕。CTA

圖 5：美國聖地牙哥將利用智慧路燈部署世界上最大的城市「物聯網」平台



資料來源：<https://cleantechsandiego.org/san-diego-deploy-worlds-largest-city-based-internet-things-platform-using-smart-streetlights/>