

為亞洲下一波 IoT 發展 提供動力：邁向後電池時代

■作者：Jérôme Vernet

Dracula Technologies 策略副總裁暨共同創辦人

電池供電模式的規模化瓶頸

物聯網 (IoT) 正快速擴展至幾乎所有產業領域，從智慧建築、物流到消費性電子產品皆是如此。隨著部署規模成長至數萬甚至更多設備，如何為這些設備提供電力正成為愈來愈重要的課題。傳統供電方式，包括有線基礎設施與電池，正逐漸顯露出難以支撐如此規模部署的限制。雖然電池能提供自主供電能力，但也帶來持續性的維護、更換成本以及環境衝擊，而這些問題在長時間運作下將愈發顯著。

在大規模部署環境中，這項負擔並非理論上的問題。維護數萬個使用電池供電的感測器，可能在系統生命週期內產生數百萬歐元的維護成本，同時還需處理數十萬顆廢棄電池。即使使用充電式電池，也無法完全解決問題。雖然充電式電池可減少廢棄物產生，但仍需要定期更換或維修，進一步增加系統營運的複雜度與成本。隨著 IoT 持續擴大部署，這些限制正促使產業重新思考能源在設備設計中的角色。

從實際數據來看，這項影響相當可觀。以一個典型部署 25,000 個感測器的企業環境為例，採用電池供電系統的維護成本，在整個系統生命週期內可能高達約 500 萬歐元 (約新台幣 1.7 億元)；若採用能源採集方案，成本則可降至約 300 萬歐元 (約新台幣 1 億元)。換言之，可望節省 40% 至 80% 的相關成本，同時大幅減少需要更換與處理的電池數量。

另一方面，許多連網設備的實際耗電模式也顯示，市場或許存在不同的供電思維。感測器、追蹤器與智慧標籤大部分時間都處於休眠模式，只有在擷取與傳輸資料時才會短暫喚醒。因此，它們的能源需求具有間歇性且極低的特性，電流消耗往往僅落在微安培 (μA) 甚至奈安培 (nA) 等級。在這種情況下，以容量龐大且壽命長的電池作為主要供電來源，未必是最有效率的作法。

從儲能思維走向持續供能

能源採集提供了一種不同的思維模式。設備不再完全依賴事先儲存的能源，而是能夠直接從周遭環境中獲取電力。在眾多可利用的能源來源中，光源，尤其是室內環境光，是最容易取得的來源之一。然而，室內環境與戶外環境存在顯著差異。建築物內部的光照強度通常介於 50 至 1,000 lux 之間，遠低於可達 100,000 lux 的直射陽光。因此，傳統光電技術在室內環境中的效能往往受到限制，也促使產業開發專為低光源環境最佳化的解決方案。

不同於太陽能板或風力發電機等大規模能源採集技術，這些技術主要針對戶外環境與較高功率輸出需求而設計，室內 IoT 應用所需的是能夠在低且穩定光源條件下運作的解決方案。傳統方案在這類應用中往往不具成本效益，也缺乏實務可行性，因此更凸顯專為室內環境

設計的技術需求。

有機光電 (OPV) 技術正是為此類環境而開發。它可將室內環境光轉換為可用的電能，讓低功耗設備不必完全依賴電池即可運作。OPV 模組由多個電池單元組成，每個單元約可產生 0.6V 電壓，並可透過串聯方式達到電子系統所需的工作電壓。由於該技術專為低光源環境最佳化設計，即使在低至 50 lux 的照度條件下仍可運作，因此非常適合各類傳統太陽能技術難以發揮作用的室內應用場景。

OPV 技術之所以特別適合 IoT 應用，在於其能夠持續提供低功率能源輸出，並與 IoT 設備的運作模式高度契合。感測器可在一段時間內持續採集能量並儲存在本地端，當設備喚醒執行任務時，再以短時間釋放能量完成資料擷取與傳輸。任務完成後，系統便重新進入低功耗狀態，同時恢復能源採集。這種運作模式在能源消耗與補充之間形成平衡，使設備能夠長期自主運作，而無需頻繁更換電池。

這樣的轉變也從根本上改變了電子設備對於供電方式的思考模式。在以電池為核心的系統中，設計人員主要關注的是電池容量，確保儲存足夠的能源以支撐數個月甚至數年的運作時間。而在能源採集系統中，重點則轉向運作所需的能源量：每次運作週期需要多少能源，以及這些能源能夠以多快的速度獲得補充。設備不再依賴一個會隨時間逐漸耗盡的大型能源儲備，而是透過持續補充的小型能源緩衝區維持運作。

這對產品設計帶來深遠影響。當電池被縮小甚至移除後，設備可以變得更小、更輕，也更簡潔。在許多 IoT 設備中，電池往往是體積最大的元件。移除電池不僅能降低成本，也能創造新的產品外型設計可能性，同時簡化供應鏈與物流管理。體積更小的設備所需材料更少、更容易安裝，運輸成本也更低，而當部署規模持續擴大時，這些優勢的重要性將更加明顯。

技術規模化與產業影響

這正是有機光電 (OPV) 技術邁向工業化的重要關鍵。長期以來，能源採集技術所面臨的主要挑戰之一，在於如何從實驗室成果順利擴展至大規模量產。Dracula Technologies 透過精密噴墨印刷製程解決了這項挑戰。在此製程中，OPV 電池單元以有機材料層的形式逐層沉積，之後再進行封裝，以確保產品具備穩定性與耐用性。這種加法製造 (additive manufacturing) 方式不僅能依據不同設備需求生產各種尺寸與形狀的模組，也無需仰賴複雜的模具開發流程。

由於該製程採用數位化且高度靈活的生產方式，因此也具備快速原型開發能力。客製化 OPV 電池單元可在短時間內完成規格設計，並於數週內製作完成，讓開發人員能在產品設計初期就驗證能源採集方案的可行性。一旦完成驗證，相同的製造技術即可直接延伸至量產階段，確保從原型設計到工業化部署之間的連續性。

與此同時，系統整合技術也持續演進。透過將儲能層與 OPV 模組結合，可將採集到的能源暫時儲存起來，依應用需求降低甚至消除對獨立電池或電容元件的依賴。

展望未來，OPV 設計還可進一步受惠於印刷電子技術的發展。未來包括電路、天線等元件，都有機會直接整合至能源採集層之中，進一步簡化系統設計並降低元件數量。

在製造規模方面，Dracula Technologies 正透過積極的擴產策略提升產能。公司預計於今年底前將產能提升至約 15 億平方公分的 OPV 元件，並已制定明確的擴產藍圖，目標是每年將產能提升至前一年的四倍。這項擴張計畫建立在製造技術與元件效能持續進步的基礎上，同時也透過合作夥伴關係擴充生產能力，以配合市場需求的持續成長。

圖：Dracula Technologies 低功耗藍牙貨物追蹤器



除了效能與成本之外，永續發展正逐漸成為推動新技術採用的重要因素。隨著 IoT 設備數量持續增加，一次性電池的大量使用也引發廢棄物處理與資源消耗等問題。能源採集技術提供了一種直接且有效的解決方案，可透過降低甚至消除對電池的依賴來減少環境衝擊。同時，由於維護作業需求降低，也能進一步減少維護作業所衍生的排放與營運負擔。

此外，有機光電技術所使用的材料與傳統電池不同，可避免對部分稀缺資源的依賴，進一步提升整體供應鏈的永續性。

亞洲市場的策略機會

這項轉變對亞洲市場尤其具有重要意義，因為亞洲不僅是全球電子製造的重要基地，同時也是 IoT 部署成長最快的區域之一。根據 MarketsandMarkets 的預測，亞太地區 IoT 市場規模將於 2030 年達到近 4,000 億美元（約新台幣 12 兆元），成長動能主要來自智慧基礎設施與工業自動化的持續發展。

台灣身為全球半導體與電子產業供應鏈的重要樞紐，更具備掌握此一轉型趨勢的優勢。憑藉在大規模製造與系統整合方面的深厚實力，台灣在推動新技術從創新研發走向工業化量產的過程中，扮演著不可或缺的角色。

另一方面，智慧製造、物流基礎設施以及零售數位化的快速發展，也持續提升各產業中

連網設備的部署密度。在這些環境中，電池更換與維護所帶來的營運負擔正逐漸成為限制因素，使能源採集技術的重要性日益提升。

永續發展與環境影響議題也正逐漸影響企業的產品設計與採購決策。對於大規模營運的製造商與系統整合商而言，在降低維護需求的同時提升環境績效，已逐漸成為重要的競爭優勢，也進一步強化市場對無電池或低電池依賴 IoT 系統的需求。

根據 Fortune Business Insights 的研究，受惠於工業自動化與智慧基礎設施建設的推動，亞太地區的 IoT 感測器市場預計將成為全球成長最快的市場之一，進一步凸顯能源採集技術的發展潛力。

結論

能源採集技術並非要在一夜之間全面取代所有應用中的電池，而是代表著一種逐步演進的方向，優先從最能立即展現效益的應用場景開始，朝向更高效率與更自主化的系統發展。

透過從電池儲能模式轉向持續能源產生模式，能源採集技術讓新一代設備得以更容易部署、更容易維護，也更容易實現大規模擴展。

Dracula Technologies 所開發並推動工業化量產的有機光電 (OPV) 技術，正是一項具體的實踐案例。透過聚焦室內光能採集、可擴展的印刷式製造技術以及高度彈性的設計能力，這項技術與現代 IoT 系統的需求高度契合。

隨著 IoT 部署規模持續擴大，尤其是在台灣及亞洲等以製造業為核心的市場，這類技術未來可望在重新定義大規模連網設備供電方式的過程中，扮演愈來愈重要的角色。CTA