

EtherCAT 傲立工業乙太網 SPE 將隨後終結 RS-485 ？

■文：任苙萍

可程式化邏輯控制器 (PLC) 讓工業控制變得更加自動化，帶動分佈式控制系統 (DCS) 控制器等其他類型的專用控制器發展，並催生工業網路的出現。早期的工業網路都是專有的，把持在某些 PLC 大廠手中、須經授權才能使用，後為便於互通，才創建由第三方貿易組織管理的新網路——RS-485 現場匯流排 (Fieldbus)，乃許多工業用通訊協定的總稱，例如：由 odva.org 管理的「DeviceNet」、由 profibus.com 管理的「PROFIBUS」、由 modbus.org 管理的「Modbus」，任何公司都可購買這些網路協定的規範並為其開發產品。

Fieldbus 接軌乙太網， 為工業設備互聯開道

這些協定無需支付使用費，且管理組織還會提供一致性測試以確保每種產品均按照規範運行，並就此奠定乙太網傳輸控制協定／互聯網協議 (TCP/IP) 基礎——EtherNet/IP 源自 DeviceNet、PROFINET 脫胎於 PROFIBUS、Modbus TCP 從 Modbus 序

列 (串行) 協定演變而來。簡言之，工業乙太網是由傳輸媒體轉換器模組、集線器、交換機和路由器等組成，使用乙太網協定做即時控制，EtherNet/IP、PROFINET、EtherCAT、Modbus TCP/IP、POWERLINK 是現今五大主流協定；但嚴格來說，只有 EtherNet/IP 和 Modbus-TCP 符合 IEEE802.3U，是真正的乙太網。

意即：只有這兩者能確保與乙太網的「未來發展路線」完全相容，其餘皆是「變體」；

EtherNet/IP 和 Modbus-TCP 最大區別在於「應用層」——前者採 CIP 協定，後者採 Modbus 協定，且 Modbus 協定缺乏關於功能安全、高精度同步和運動控制等陳述。特別一提的是，於 2003 年發跡的 EtherCAT 有後來居上之姿；根據 EtherCAT 技術集團 (ETG) 官方資料，EtherCAT 截至今年 7 月的註冊廠商已突破 3,000 家，遙遙領先其他技術規格，已然在工業乙太網取得壓倒性優勢。這點我們亦從今年稍早舉辦的「台北國際自動

圖 1：現今五大工業乙太網協定及其特點

EtherNet/IP	<ul style="list-style-type: none"> • 利用「固定」的乙太網軟、硬體，為配置、訪問和控制工業自動化設備定義一個應用層協定
Modbus TCP/IP	<ul style="list-style-type: none"> • 覆蓋 TCP/IP 協定的「Intranet」和「Internet」環境 • 最常用於 I/O 模組、連接其它簡單區域匯流排或作為 I/O 模組的閘道器
EtherCAT	<ul style="list-style-type: none"> • 靈活的即時性能和拓模 • 高精度設備同步 • 可選線纜冗餘 • 功能性安全協定 (SIL3)
PROFINET	<ul style="list-style-type: none"> • 為自動化通訊領域提供完整的網路解決方案，囊括八大模組：即時通訊、分佈式現場設備、運動控制、分佈式自動化、網路安裝、IT 標準和資安、故障安全、流程自動化 • 完全兼容工業乙太網和「現有」現場匯流排技術，保護現有投資
POWERLINK	<ul style="list-style-type: none"> • 在物理層和數據鏈路層標準乙太網之上，又添加另一個「EPL」(EthernetPowerLink) 數據鏈路層，透過軟體決定由哪個節點發送數據 • 所有節點都要實現 EPL 數據鏈路，否則不得其門而入 • 無法使用交換機、僅能使用集線器 (Hub)，頻寬明顯被限縮

資料來源：筆者整理

化工業大展」實地參訪得到印證。

初始提案廠商倍福自動化 (Beckhoff) 揭示，簡便、通訊速度快、供應商選項多，是 EtherCAT 脫穎而出的原因。得益於 ETG 厚實生態系，EtherCAT 可將所有複雜且對時間要求嚴格的功能都集成到控制器晶片，已獲 12 家半導體製造商支援、可在晶片內嵌 I/O 接口，從此，簡單設備不必再另置微控制器 (MCU) 和軟體就能經由 EtherCAT 互通。更重要的是，完全基於軟體的 EtherCAT 控制器，只需一個常規乙太網端口就能在任一 PC 或 MCU 板上實現，且有多達 35 種的即時作業系統 (RTOS) 可供選用。

補強「功能性安全」，EtherCAT 體質更健全



照片人物：Beckhoff 台灣區總經理王綏雋

Beckhoff 台灣區總經理王綏雋補充，EtherCAT 於 2007 年入列國際半導體協會 (SEMI) 產業技術標準 E54.20，並於 2013 年正式發佈，綜整用戶對 EtherCAT 的佳

評如下：

1. 高速通訊且強大的控制平台能確保可靠度和重現性；
2. 其 I/O 終端可直接連接到熱電偶 (thermocouples) 和符合 DeviceNet 自動化協定的現場設備；
3. 不佔空間，且可基於 C# 自製人機介面 (HMI)；
4. 插拔式模組的 EtherCAT EJ 系列便於和客製化電路板整合量產；
5. 可將 Flashlight 控制器和視覺系統整合在同一個板上；
6. 節省逾 50% 的空間和約 100 小時的時間；
7. 無振動的高效運動控制；
8. 開放式控制平台有利與第三方整合；
9. 經由自有 TwinSafe 和 EtherCAT 安全終端實現安全功能且減少佈線；
10. 在單一 PC 上控制及可視化；
11. 安全電路的可靠監控；
12. 可直接連到雲端做遠程維護和

數據備份。

最初，「缺乏功能性安全協定實現」曾是 EtherCAT 為人詬病的軟肋；但就在最近，這樣的景況有了轉機：首款由半導體製造商支援 EtherCAT 功能安全性的軟體已問市！日本瑞薩電子 (Renesas) 日前在擴展 RX 功能安全方案的同時——可降低工業自動化應用 IEC 61508 SIL3 認證複雜性 (共有 SIL1 ~ SIL4 四個級別)，另發佈 EtherCAT 功能安全 (FSOE) 應用軟體套件，並將 RX MCU 和 FSOE 協定堆疊封裝在一起，可快速實現安全通訊，例如，使用 RX MCU 指示危險或緊急停止訊號的基本警報，讓開發人員得以專注於自己的應用程式軟體。

Modbus 擁先佔優勢，成創新方案元素

然而，Modbus 因為已被廣為應用在感測器 I/O，在升級為 Modbus-TCP 後，具有一定利

圖 2：瑞薩基於 32 位元 RX MCU 的 EtherCAT 功能安全解決方案



資料來源：Renesas；<https://www.renesas.com/tw/zh/about/press-center/news/2020/news20200929.html>

基。中央大學資訊工程系藍冠維博士就直言，不管是 EtherCAT、EtherNet 或 PROFINET 皆須大量設備擷取資料，而一個設備可能有數十個感測器，執行上並不容易——雖然 EtherCAT 在歐洲、美國和中國行之有年，但因須有專門的網路設備、成本高，且許多既有產線皆採用 Modbus 採集資料，若要大幅改弦更張須暫時停機、導致成本增加；為此，中央大學陳慶瀚教授領軍資工團隊開發「高速 Modbus 感測器介面硬體電路」，可同時滿足大封包數據的「感測＋傳輸」需求。

利用現場可編程邏輯閘陣列 (FPGA) 實現高速控制器，一個控制器最多能連接 247 節點 (Node) 的 Modbus 感測器；輔以 SPI 搭配靈活記憶體控制器 (FMC) 訊號做資料傳輸，速率可達 24,000bps。除了用循環冗餘校驗 (CRC) 糾錯線路干擾，還在傳輸資料中加入 Hamming Code 驗證碼，當資料連續出現兩位元錯誤就會偵測到並予以更正。這套系統有利於低成本擴充裝置，可為 AIOT 資料蒐集提供適合的感測器介面，適合即時管理大量週邊裝置資料、建置大量設備

的工業傳輸網路供訓練模型之用，克服現有產線升級工業 4.0 的困境。

雲林科技大學電機工程系教授毛偉龍則利用 Modbus 主從架構擷取多個電表資訊。他表示，工廠的電表通常散佈在不同角落，欲同時量測電壓、電流和功率特性須逐一定址呼叫，致使測量到的電壓和時間點存在落差，有礙分析。因此他們以微芯科技 (Microchip) dsPIC33F 為基礎，利用 Modbus 單播＋Zigbee 廣播開發監控平台，在 PC 端設置協調器 (Coordinator) 監控工廠內多個電表的用電狀況 (後因 Zigbee 聲勢漸消而改採 LoRa)。中正大學電機工程系副教授李皇辰亦看好 LoRa 的應用，用以改善一公里 X 一公里的大範圍雙向通訊，即時報警。

李皇辰表示，星狀網路通訊必須要連到基地台，大範圍部署成本驚人，但若輔以網狀網路只要架設少數基地台即可，且能提升傳輸成功率及效率；以 LoRa 進行實測，成功率立即從五成陡升至九成！此外，以 Wi-Fi 驅動無人搬運車 (AGV)，當車輛數量一多，可靠度和延遲性就備受考驗，此法亦有助於疏解網路傳輸壅塞。解決了現

場數據匯流，如何有效率地將這些數據上傳雲端又是一項課題；德國連接器大廠浩亭 (Harting)，看好單對乙太網 (SPE) 將成為建構雙向工業物聯網 (IIoT) 的理想工具，是連接現場和雲端之最快、最簡單、最具成本效益的方法。

TSN、功率、數據到位，「單對乙太網」爭鋒 IIoT

其實約莫十年前，SPE 就早一步被視作汽車匯流排的優選——使用單對雙絞銅線，使無遮蔽 SPE 電纜較等效 CAN (控制器局域網) 匯流排線束約減輕 30% 單位電纜重量；近年來，正向觸角伸至工業和建築領域。它與當下 EtherNet/IP、Profinet 和 EtherCAT 等乙太網網路協定相容，且得益於「時間敏感網路」(TSN) 技術，讓一度背負「不可靠之即時工業通訊」污名的乙太網能借助 SPE 實現關鍵任務，作為傳統兩對／四對乙太網的補充技術；更實惠的是，SPE 能同時傳送功率 (0.5～50W，分為十級) 和數據，無需再為低功率智能感測器／致動器單獨供電。

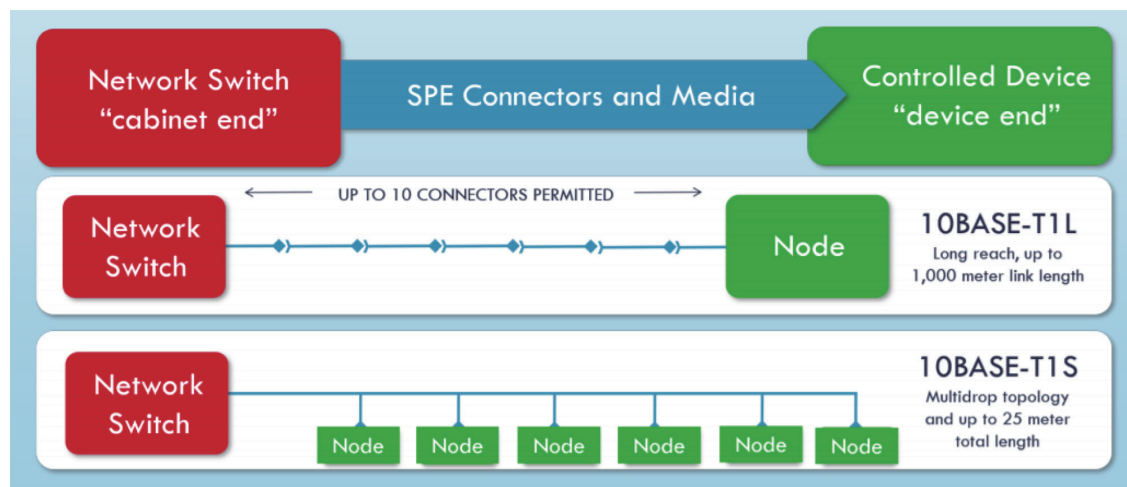
IEEE 802.3 正在推進數據頻寬和速度，並提供用於快速即時傳輸的平台。802.3cg 工作小組正在為工業應用開發兩種版本：10Base-T1S (短距 15m) 與 10Base-T1L (長距 1,000m)。Harting 認為，後者足以符合多數製程要求，諸如 ABB、Endress+Hauser、洛克威爾 (Rockwell)、西門子 (Siemens) 等自動化供應商以及 FieldComm Group、ODVA 和 Profibus & Profinet International 等組織皆已表態支持，預估未來 2～3 年，將會看到一波 SPE 組件和產品開始進入市場，甚至可利用現有現場匯流排基礎架構逐步引入 SPE 和 Ethernet-APL (應用層) 產品。

圖 3：單對電纜和連接器可在應用中節省空間和重量



資料來源：Harting：<https://www.harting.com/TW/zh-hant/solution/single-pair-ethernet-harting-t1-industrial>

圖 4：IEEE 802.3cg 目標是支援在「均衡成對的導線」上做乙太網傳輸，包括背板應用程式，意味著 SPE 可在 IT 設備內部實體層遷移至乙太網



資料來源：https://ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2020/08/EA_TechBrief-SPE-OT_final.pdf

著眼於 SPE 連接器可與單雙絞線現場匯流排的電纜相連、降低安裝成本，Harting 攜手其他六家公司於 2019 年 11 月組成 SPE 工業合作夥伴網路，迄今已有 32 個成員，自詡將成為「行業的顛覆者」，試圖逐步淘汰舊式現場匯流排協定，徹底化解調試／維護複雜、特定硬體和知識要求及相容性僵局，甚至可透過智慧手機遙控一切。SPE 是否真有全面終結 RS-485、馳騁 IIoT 的一天？時間將會揭曉答案。另一方面，藉由單根 Cat5e/Cat6 或 Cat6A 乙太網電纜傳輸電源和數據，乙太網供電 (PoE) 亦可協助簡化連接 IIoT 底層技術並提高製程效率。

「協定閘道器」恐釀資安風暴，智慧製造的下一步？

最後，值得關注的還有資安議題；趨勢科技 (Trend Micro) 近

期一項研究指出：負責讓機械、感測器、致動器和電腦相互通訊的「協定閘道器」(轉換器)設備存在新型安全漏洞，恐令工業 4.0 環境遭受嚴重攻擊。趨勢科技研究院分析了五個側重於 Modbus 協定轉換的閘道器發現：允許未經授權訪問的身份驗證漏洞、對配置資料庫進行解密的弱加密、身份驗證機制不良應用 (洩露機密資訊)、拒絕服務條件和功能故障，以及可用來發佈破壞行動的隱形指令轉譯。這可能讓駭客便於用合法程式掩蓋惡意指令以欺瞞對訪問過程的控制。

為避免生產設置被偷窺、竊取，進而破壞關鍵製程，趨勢科技提出兩大建議：一是選擇產品前要仔細考慮產品設計；二是確保它們具有足夠的數據包過濾功能，使設備不易出現轉譯錯誤或拒絕服務。他們強調，IIoT 不依賴網路安全的單一控制點，宜採取以下措施：

1. 將具有流量監控功能的網際網

路連線共用 (ICS) 與網際網路連線防火牆 (ICF) 組合以提高安全性；2. 花時間配置和保護閘道器——使用憑證禁用不必要的服務並啟用加密；3. 安全

管理協定閘道器，定期進行漏洞／錯誤配置評估及補丁。

隨著自動化對於高速通訊需求升溫，有統計顯示，工廠正從使用 DeviceNet、PROFIBUS、Modbus 現場匯流排轉向 PoE。機器對機器通訊 (M2M) 對於生產線至關重要，擁有「毫秒級」響應能力的工業乙太網將居間扮演要角；基於 IEEE 802.3 標準的工業乙太網約有 20 種不同協定，皆可與 TCP/IP 協定提供一致的即時通訊，與自動化製程無縫接軌。然誠如工研院產業科技國際策略發展所評論：供應鏈重組成轉型數位工廠推手，以機器人或自動化設備減少人力依賴及碰觸，並加大人工智慧 (AI)、數位分身等技術的投資，但企業切莫為轉型而轉型，智慧製造應兼顧生態系、異地生產、分散風險。CTA