

IIoT 四大傍身技術：網路、處理、使用者介面、安全性

■文：恩智浦 (NXP) 半導體

在被稱為工業 4.0 的轉型下，精明的製造商正忙於構思和創造未來的智慧工業企業。透過整合他們的資訊技術 (IT) 和營運技術 (OT) 領域構建下一代智慧系統，以優化可製造性，提高營運、增強客戶支援並分析工業物聯網 (IIoT) 提供的即時數據。物聯網最簡易的形式，是將嵌入式系統連接到更廣闊的世界；更廣泛地說，它包含資料分析、人工交互和安全性。

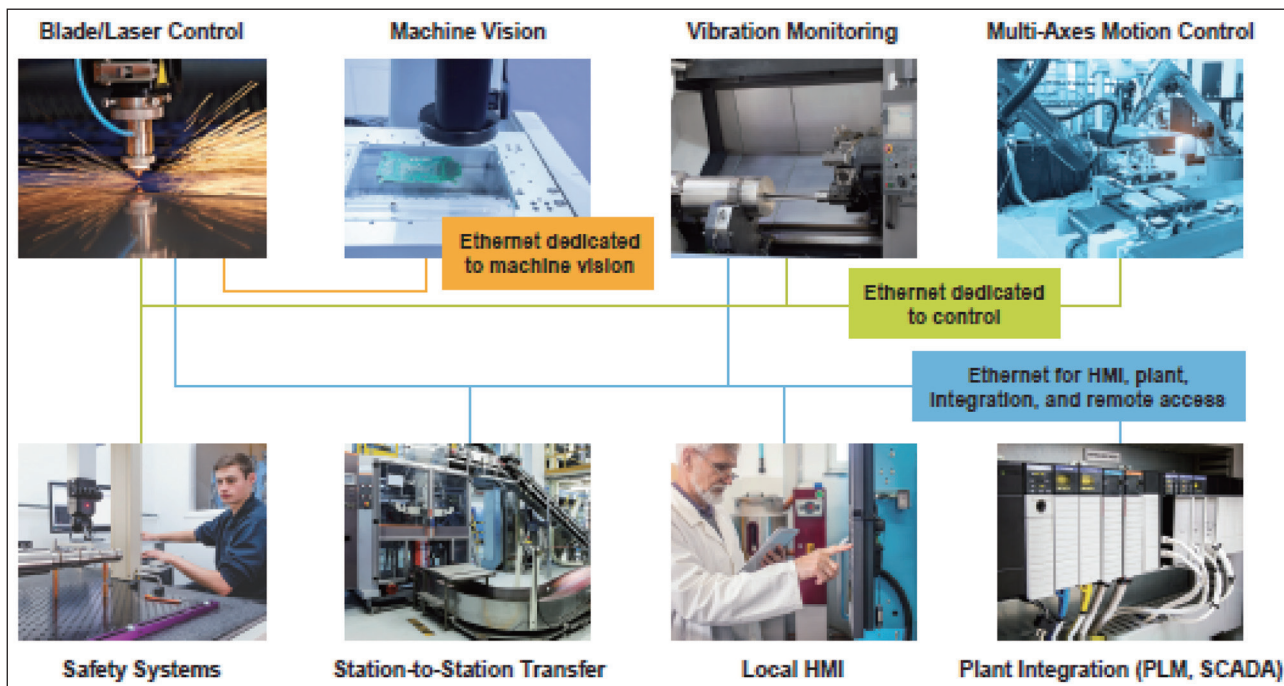
IIoT 最大麻煩：無法相容協作，亦無法使用標準乙太網

其挑戰在於：將四種必要的工業物聯網技術——網路、處理、使用者介面 (UI) 和安全性，整合在一處。恩智浦 (NXP) 的 QorIQ Layerscape LS1028A 處理器可滿足此需求。只有調整綁定每個領域的網路，才能順利合併 IT 和 OT。因為每個領域在功能上差異很大，

網路架構也不盡相同。IT 領域包含將資料轉換為有用資訊的系統，對於製造商來說，包括：會計、電子郵件和客戶關係管理 (CRM)，還包括製造特定的系統，例如，企業資源規劃 (ERP) 和物流這些基於電腦的系統。

它們無硬性即時限制，可使用常規乙太網存取；而 OT 領域包括用於將材料轉化為產品的系統，用於程式控制的即時嵌入式系統、工作管理和過程監控，工廠可使用

圖 1：現代機器流程框圖



資料來源：AVNU 聯盟

工業乙太網做適度調整，以提供即時回應並與傳統工業技術配合的技術通訊協定。不幸的是，許多工業乙太網協定既不能相互協作、亦無法使用標準乙太網，這限制了技術供應商的規模經濟，不利創新。通常，一台機器可連到不同的工業乙太網，且每台機器會針對不同控制功能運行特定協定（如圖 1 所示）。

TSN 讓網路設備同步，流量整形&准入控制也靠它

製造商必須部署閘道，才能在不同網路之間傳遞資料、或將資料傳送到 IT 系統。由於工業乙太網協定的互通性有限，並不十分適合工業 4.0；另一方面，基於 IT 系統的標準乙太網亦無法滿足控制即時性能的系統需求。然而，IEEE 在 2004 年成立一個小組，專為消費者應用制訂音訊／視頻專業標準而設。此小組開發了一系列音訊／視頻橋接 (AVB) 標準，供網路設備同步至同一時間基準（借用 IEEE 1588 協定）、流量整形和准入控制之用。

表：TSN 新規範及工業應用案例

TSN 規範	說明
802.1AS-Rev	計時和同步
802.1Qav	轉發和佇列增強功能
802.1Qbv	增強計畫流量
802.1Qca	路徑控制和預留
802.1Qat	保留協定
802.1Qcc	增強流保留協定
802.1Qci	過濾和策略
802.1CB	幀複製和消除可靠性
802.1Qbu	幀搶佔
802.1Qch	迴圈排隊和轉發

這些標準雖非完美適用於工業應用，但仍為精確管理乙太網流量提供框架依據。IEEE 協會意識到將 AVB 用於工業用途的潛力，將其名稱改為「時間敏感網路」(Time-Sensitive Networking, TSN；或稱：時效性網路)，並開始修訂 802 標準系列，以符合工業需求和汽車應用，同時改進專業音訊／視頻使用功能。新標準定義時間感知流量整形和策略，以啓用關鍵流量調度。為便於調度，新標準啓用「優先使用非關鍵幀」。冗餘網路路徑的新標準提高了網路可靠性。

工業公司現在可部署單個 IEEE 標準乙太網網路，以承載 OT 系統的時間關鍵控制流量和 IT 系統的常規流量。現在，工業物聯網的關鍵網路技術已有明確定義，企業可專注於 OT-IT 融合、以獲取工業 4.0 的戰略優勢。此外，正如網路必須支援時間關鍵函數一樣，數據處理亦然；即時作業系統 (RTOS) 有助於確保 CPU 在到達啓用 TSN 的通訊埠。回應控制資料包的能力還有助於 CPU 解決即將發生的事件處理器從其他輸入執行環路，以控制系統處理器的一部分。

數據處理亦要即時跟上腳步

這些迴圈每次運行約 30 微秒或更快，傳統的 IT 衍生作業系統無法支應自動化須增加嵌入式控制器之處理能力。更高的處理性能可減少控制迴路定時、更快地移動機械臂和裝配線並增加工廠產量。

它還可增加由單個運動控制器管理的軸數，使機器人具有更銜接的接頭，可在更狹小的空間內操作、或執行上一代工廠機器人無法解決的任務——能從作業人員學習任務的機器人，需要影像處理技術以配合新的機器學習演算法。

商業 RTOS 包括來自溫瑞爾 (Wind River) 的 VxWorks 和明導 (Mentor Graphics) 的 Nucleus。這些供應商長期支援恩智浦 QorIQ 家族及其前身處理器。隨著工業級 Linux 興起，開源是另一種選擇，便於企業更敏捷地為系統添加新功能。有別於以 IT 為中心和非即時嵌入式 Linux 版本，工業級版本提供確定性、可管理性、工業網路和 OT 所需的安全性。一種在 Linux 添加即時功能的方法是將 PREEMPT_RT 修補程式應用於內核，以消除軟體進程被另一進程無限期地阻礙。

此時，應用程式被編碼為一般的 Linux API。Xenomai 採取另一種方法是向 Linux 系統添加經典的 RTOS API，有助於將傳統 RTOS 應用程式移植到 Linux，並提供設備驅動程式以即時回應週邊設備，為 Linux 的即時性多一分保障。為緩解從傳統 RTOS 過渡到 Linux，恩智浦正與工業 Linux 社群合作集成各種即時增強功能和 TSN 堆疊，並保持標準 Linux 功能。處理能力也必須用於分析，物聯網不僅關係到嵌入式系統，亦與感測器擷取、分析資料及指導系統回應密不可分。

圖 2：HMI 面板示例



人機介面是 IT 和 OT 融合的完美示例

雖然在雲端伺服器執行分析已屬平常，但考量到資料傳輸與分析的數量、決策時間及資料專有性，製造業者往往會在本地處理製程資料。分析數據不僅可在工廠現場的電腦進行，生產機械內部也有足夠強大的處理器。除分析外，工業 4.0 系統的處理能力將用於遠端系統管理操作，使機器能自主相互協調並從連結生產資料和 IT 系統中提高效率。另一個要求處理能力的功能是人機介面 (HMI)。受到智慧手機啟發，介面日益滲透到工業設備的世界。

便於使用的視覺化介面或多點觸控平板可嵌入任何工業設備，簡化了操作機器的過程。高解析度螢幕允許查看高清 (或更好的) 攝影機檢測輸出貨物。驅動這些螢幕將是在智慧手機中相同類型的圖形處理單元 (GPU)。儘管這些 GPU 的 3D 性能在智慧手機中會因成本

和功耗考量而降低性能，但仍將支援大型高解析度螢幕、圖形疊加、視頻、文本和順暢的使用者介面。HMI 是現代數位技術中，IT 和 OT 系統需要融合的完美示例。

HMI 應用程式普遍使用 JAVA SDK 或基於 Web 的工具組建，可加速開發並允許工廠擁有者輕鬆升級整個流程；惟需連接到典型 IT 網路，為 HMI 啟用軟體更新或提供與 Web 伺服器的持續連接。值得注意的是，這些用於控制工業機械的 HMI，還必須與 OT 領域連接提供安全控制。過去，操作是孤立的、幾乎不受外界影響，但 OT 和 IT 的融合亦增加安全風險。駭客需要物理連結來攻擊電腦，OT 和 IT 的融合將侵蝕隔離操作的障礙，以便在系統之間共用資訊、提高效率。

設置駭客障礙，卻不能丟失資料流程的滲透性

這種情況下，必須設置新的障礙以確保系統完整性，並保持資

料流程的滲透性。設備製造商的第一步是保護其設備，他們必須確保其系統僅執行經批准的軟體，並安全地連接到其他系統。這些系統必須安全調試並定期更新，防止硬體或軟體被篡改。尤其工業環境中的財務和安全風險較高，進而放大了安全系統的必要性。恩智浦新型單晶片處理器 QorIQ Layerscape LS1028A，讓工業 4.0 設備製造商可盡快融入最先進的網路、處理、HMI 和設計安全性。

LS1028 集成一個四埠千兆乙太網交換器和兩個附加乙太網埠，運行速度高達 2.5Gbps，可實現 TSN 協定；另內建兩個強大的 64 位元 ARM CPU 提供所需的運算性能，適用於現代工業應用和 RTOS。處理器的 GPU 和 LCD 介面允許支援高解析度顯示器和觸控式螢幕輸入。該處理器集成了恩智浦的信任架構，有助於實現物聯網安全性；而用於 LS1028A 的恩智浦套裝軟體包括開源工業 Linux SDK，亦具備即時性並支援 TSN 標準。CTA