

為感測器選擇適合的工業通訊標準

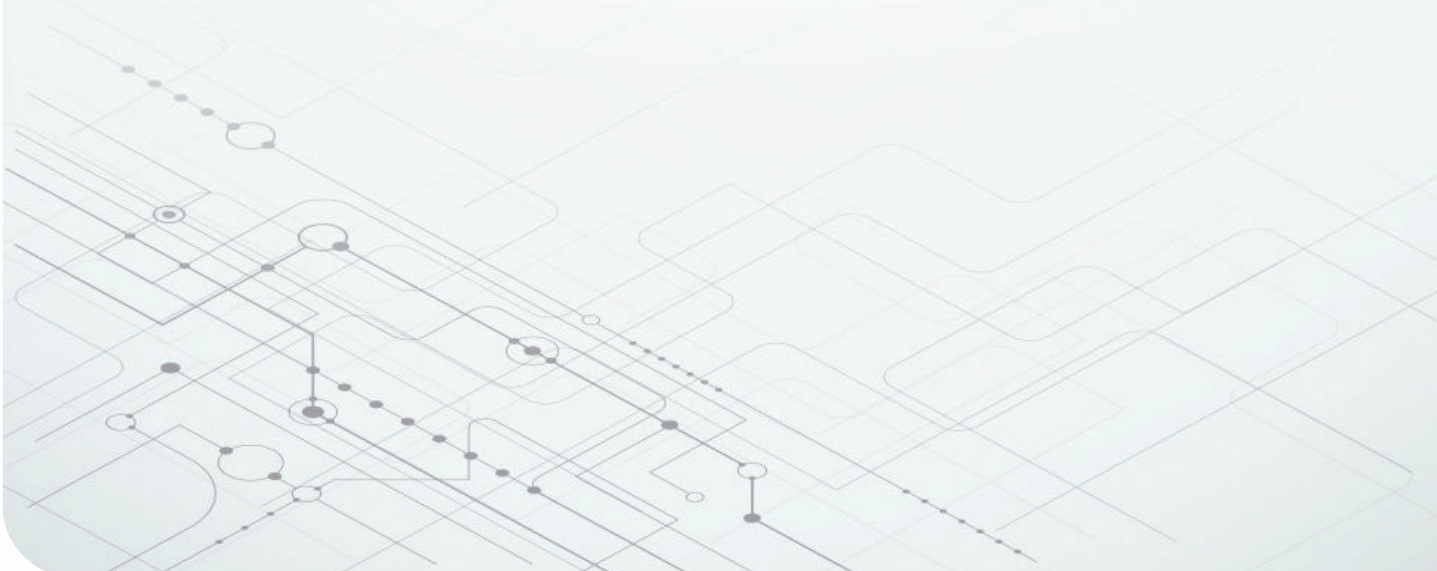


Thomas Leyrer

Distinguished Member of Technical Staff -
Industrial Systems

Miro Adzan

General Manager, System Engineering -
Factory Automation and Control



在蒸氣動力、組裝線與早期自動化帶來的早期工業革命後，工廠連接與控制提升正迎來所謂的第四代工業革命。

此舉可幫助機器到機器通訊在資料、頻寬與網路方面呈指數成長，打造在各層級反應更靈敏的智慧工廠。

雖然機器人與協調生產線等大型系統是主要的吸睛焦點，但若沒有感測器和致動器與負責生產線運轉的可編程邏輯控制器 (PLC) 進行通訊，就無法實現自動化。感測器和致動器可於本機或遠端運作，所需數量通常比其支援的複雜系統多出許多。為滿足各種系統尺寸的種種要求，就必須進行整體工廠通訊最佳化。

介紹

將乙太網路運用在工業用途的協定，與工廠中的現場匯流排一樣廣受歡迎。**EtherCAT®** 與 **Profinet** 等工業乙太網路協定除了提供自動化製造所需功能外，也可提供高頻寬、長實體連接、低延遲與決定性資料傳遞。此外，以這些標準為基礎的現場網路可輕鬆與大型工廠資料網路與網際網路整合。

但對感測器與致動器而言，工業乙太網路則常太過穩固且過於強大。這些系統通常需要點對點通訊而非現場匯流排，相關頻寬需求也通常較低。**IO-Link** 便成為創新解決方案，是一種以標準佈線與實際互連為基礎的雙向通訊協定。**IO-Link** 不僅可有效將工廠資料帶至 **PLC**，也支援進階設定、診斷與維護，並可與現有現場匯流排佈線互補。

由於 **IO-Link** 與工業乙太網路互補，因此可幫助網路工廠系統設計人員了解兩種標準如何共同合作。本白皮說明這些技術間的差異，並討論德州儀器 (TI) 對工業通訊設計有所幫助的解決方案範圍。**TI** 針對一般與整體工業應用提供許多支援通訊的產品組合。其中有幾個 **TI** 解決方案為工業自動化中通訊專用，並由與客戶長期關係獲得的專業知識建立與支援。**TI** 擁有製造技術優勢

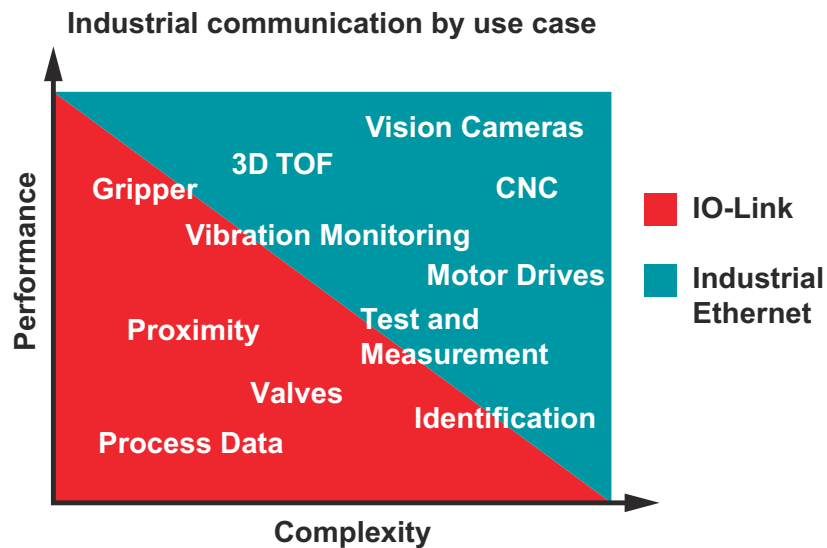


圖 1. 工業通訊應用實例。

與深度設計支援，可幫助工業系統開發人員竭力滿足現今智慧工廠的需求。

適用低頻寬的 IO-Link

感測器與致動器是最基本的自動化單元，負責傳送網路系統的資訊並做為指示。過去這些裝置是透過介面連接至控制單元，提供的智慧程度有限，因此能交換的配置與診斷資訊十分有限或根本沒有。安裝新裝置時需在使用點手動進行配置，若無診斷資訊，則無法執行及時預防性維護。

IO-Link (國際電子電機委員會 [IEC] 61131-9) 是一種開放式標準協定，可處理感測器與致動器等小型裝置的智慧需求。此標準可在通常做為通往現場匯流排與 PLC 閘道的裝置與主要裝置間提供低速點對點序列通訊。建立的智慧鏈路可使資料交換、配置與診斷的通訊變得更加簡單。

IO-Link 連接由最長可達 20 公尺的未屏蔽三線式電纜構建而成，此類電纜通常配備 M12 連接器。資料傳輸速率範圍可達 230 kbps，非同步最小週期時間則為 400 μ s +10%。此外提供四種操作模式，支援雙向輸入/輸出 (I/O)、數位輸入、數位輸出與停用。安全機制與決定性資料傳遞則未指定。稱為 IO 裝置描述 (IODD) 的設定檔包含通訊特性、裝置參數、識別、程序與診斷資料，以及裝置和製造商專屬資訊。

IO-Link 系統的優點包括標準化佈線、資料可用性提升、遠端監控與配置、裝置更換方便，以及進階診斷。IO-Link 讓工廠主管得以接收感測器更新，並計畫接下來的維護或更換計畫。將需更換的感測或致動單元進行替換，以及透過

IO-Link 主要裝置從 PLC 配置新單元，將可省去手動設定步驟並減少停機時間。無需親自到工廠即可遠端進行生產配置切換，也使產品客製變得更加簡單。此外，由於與現有標準 I/O 安裝及佈線向後相容，因此工廠立即可將生產線升級至 IO-Link。以上功能可降低整體成本、提升處理效率及機器可用性。

Field Level Communication

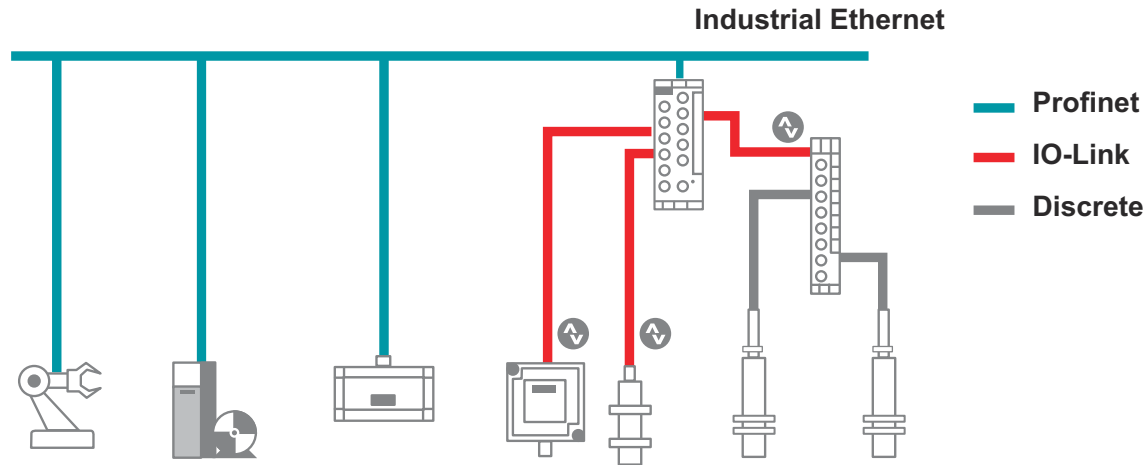


圖2. 現場級通訊。

工業乙太網路：智慧工廠的骨幹

近年來，工業乙太網路已在高度自動化工廠中展現價值，並成為大型現場網路的標準選項，其中包含複雜系統、PLC 與閘道以支援與外部網路互相通訊。其具備高速、共用介面與長連接距離等優點，使乙太網路得以在資料網路中普及運用。此外，工業乙太網路採用改良式媒體存取控制 (MAC) 層，以低延遲提供決定性資料傳遞，並支援時間觸發事件。支援環狀與星狀拓撲及傳統聯機連接，在電纜中斷連接的情況下，仍可確保安全與可靠性。

工業乙太網路並非獨特的單一規格，而是由各種工業設備製造商為現場級應用執行所推動的大量協定實作。常見協定包含 EtherCAT、Profinet、Ethernet/IP、Sercos III 與 CC-Link IE Field 等。「[深入探討工業乙太網路通訊協定](#)」白皮書將這些協定做比較，並討論較早期的非乙太網路序列現場匯流排協定，如控制器區域網路 (CAN)、Modbus 及 Profibus。

Profinet 與 EtherCAT 是兩種常用協定，說明工業乙太網路的類型彼此間和在 IO-Link 方面有何不同。兩者規格都有 100 Mbps 傳輸速度及高達 100 m 的傳輸距離。Profinet 的電力必須與資料電纜電力獨立，EtherCAT 則提供將電力與資料含在相同電纜的版本 (EtherCAT_P)。Profinet 支援全雙工流量，可將封包傳送至網路中各節點。協定也提供三個等級，讓使用者能夠滿足網路所需的效能等級。相反的，EtherCAT 會在網路中所有從屬裝置存放資料的單一方向傳送共用訊框，屬於支援超快速轉送時間的機制。

Profinet 和 EtherCAT 的週期時間都比 IO-Link 快，公差也較小。兩者都以網路同步時脈為準，不像 IO-Link 是以通訊開始為基準。其他協定則提供連接的功能安全。工業乙太網路協定通常可提供各種服務，以簡化自動化環境中的整合作業。

雖然多數感測器不需由工業乙太網路連線所提供的各種穩固功能，但視覺感測是一重要例外。攝影機產生的大量資料本身，就是選擇資料速率高於 IO-Link 的連線之充分原因。視覺與一些其他類型感測可為即時程式控制提供重要輸入，因此需要工業乙太網路的決定性傳遞。

例如飛時測距應用可追蹤與預測物件的三向移動。機器手臂移動以攔截物件便是典型反應。IO-Link 可為這些應用中有限存在感測提供充分速度和解析度，但工業乙太網路可提供充足頻寬與低延遲，來決定物件及周遭空間的部分特性。若透過 Gigabit 乙太網路使用攝影機饋送，可達到更高等級的辨識結果，但這邊討論的工業乙太網路協定尚未有這些速度下的規格。

Selection example: Time of Flight (ToF)

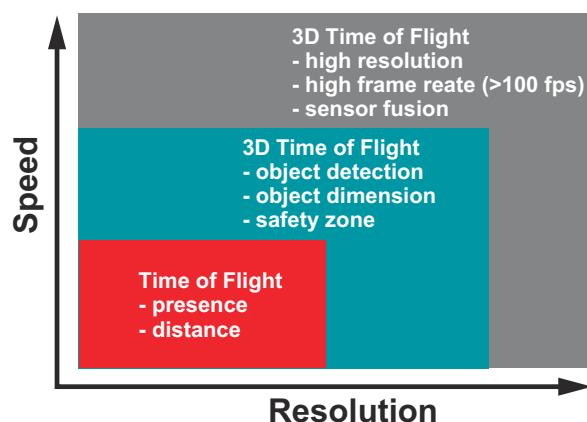


圖3. 選擇範例：飛時測距。

TI 的智慧工廠通訊技術

在競爭激烈的工業乙太網路協定中，存在許多能夠服務攝影機、馬達、機器人、PLC 與其他複雜系統的可能性，即便是簡單的感測器與致動器，也必須在大型工業乙太網路環境下有效運作。在這麼多自動化設備的通訊選項中，工業系統設計人員需要靈活但容易使用的解決方案。TI 技術以各種標準為基礎，透過工業通訊整合式解決方案滿足這些要求，其中包含 IO-Link 與最廣受歡迎的工業乙太網路協定。

TI TIOL111x 收發器系列提供完整 IO-Link 功能，並可為自動化系統中的感測器與致動器提供靜電放電 (ESD)、電子快速暫態 (EFT) 及突波保護。評估模組 (EVM) 可讓您檢視運作中的裝置，參考設計可幫助傳送器、近距開關、電磁閥驅動器、超音波與其他應用的速度開發。

10/100-Mbps DP83822 乙太網路 PHY 可在嚴苛環境下提供 $\pm 16\text{kV}$ HBM ESD 保護與 class B 輻射排放等級的加強防護。另外也支援銅纜與光纖介質。針對需更高資料傳輸速率的系統，1-Gbps DP83867 乙太網路 PHY 也可在嚴苛環境中提供加強防護，具備 380 ns 往返時間延遲，並且與時效性網路 (TSN) 相容。

需更高頻寬與決定性時脈的應用設計人員必須決定要支援多少種工業乙太網路協定，才能讓系統與多種現場匯流排環境相容。過去在增加協定時，必須建立更多介面或在主機板插入可替換模組。不管決定哪一者，都需進行額外硬體設計，並會增加物料清單及測試與認證週期。

TI Arm® 處理器 Sitara™ 系列無需增加硬體，即可提供支援多協定工業乙太網路的整合式可編程即時單元與工業通訊子系統 (PRU-ICSS)。

PRU 會在裝置運作時間載入工業協定韌體，並提供 EtherCAT、Profinet、Ethernet/IP 及此應用說明中所述其他協定之選項。PRU-ICSS 可處理原本需建置為專用積體電路 (ASIC) 或現場可編程邏輯閘陣列 (FPGA) 的即時重要任務，並可在您需要新增功能或協定時，提供可升級的軟體解決方案。Sitara 處理器可為使用多種工業乙太網路協定的工廠自動化提供可擴充之單晶片解決方案。

TI 提供各種工業乙太網路界面及 CAN 等其他標準，並提供其他整合式解決方案中可用的獨立式解決方案和技術模組方式。

許多 TI 網路產品都具備強化隔離功能以保護電路與人員，其他裝置則提供可於設計中加入的強化隔離功能。此外也針對自動化工業設備各種應用，提供軟體、工具、EVM 與參考設計的深度開發支援。

明日智慧工廠技術

智慧工廠的成長視符合個別設備單元需求的多元網路及工廠整體通訊需求而定。工業乙太網路通訊協定可提供高頻寬，以及快速優異的時脈，以便現場匯流排連接 PLC、攝影機、機器人及其他複雜的自動化系統。IO-Link 則可為現場匯流排主要裝置及感測器或致動器間的點對點連接提供直接替代方案，以協助配置與維護。TI 提供各種解決方案產品組合及靈活技術，幫助設計人員在進行第四代工業革命自動化創新時，能夠運用這些補充標準。

IO Link Master with Sitara AM437x Processor

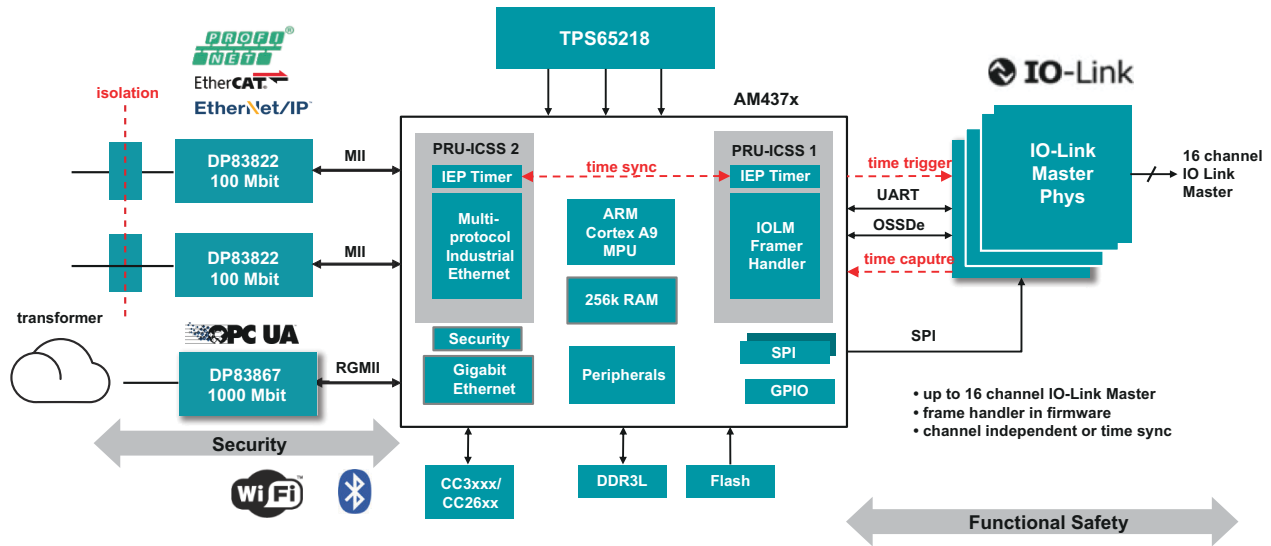


圖 4. 可與 IO-Link 主要裝置直接通訊的 Sitara™ 式系統。

特點	IO Link	Profinet	EtherCAT	意見
物理層	<=230 kbit, 半雙工, 20 公尺, 電力在相同電纜中	100 Mbit, 全雙工, 100 公尺, 獨立電源	100 Mbit, 共用封包, 100 公尺, 定義電力在相同電纜中	只有 Profinet 支援並行封包接收與傳送
拓撲	點對點	線狀、環狀、星狀	線狀、環狀、星狀	乙太網路可實現大規模網路
最小週期時間	400 μ s + 10%	250 μ s (有 DFP 為 31.25 μ s)	31.25 μ s	IO-Link 可增加 +10% 公差
時間同步	根據通訊開始	PTCP < $\pm 1 \mu$ s, IRT 測試 <250 ns	分散式時脈 ± 100 ns	IO-Link 沒有應用時間
保全	無法提供	無 Profinet 流量的限制	無法提供	都需要更多安全協定以進行 IT 連接
功能安全	只有在備援通道才有生命跡象	Profisafe	使用 EtherCAT 的功能安全	乙太網路傳輸看起來為黑色通道
設定檔與服務	智慧感測器、現場匯流排整合、韌體更新、OPC UA	Profidrive、CiR、系統備援、診斷	SoE、CoE、EoE、FoE、AoE、EAP	都支援在自動網路中整合, IO-Link 無驅動設定檔

表 1. 製造現場通訊的 IO-Link 與工業乙太網路。

Important Notice: The products and services of Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries described herein are sold subject to TI's standard terms and conditions of sale. Customers are advised to obtain the most current and complete information about TI products and services before placing orders. TI assumes no liability for applications assistance, customer's applications or product designs, software performance, or infringement of patents. The publication of information regarding any other company's products or services does not constitute TI's approval, warranty or endorsement thereof.

所有商標均為其各自所有者的財產。

© 2020 Texas Instruments Incorporated

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

NESY041A

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated