



白皮書

利用TSN技術加速構築智慧工廠

CC-Link **IE** TSN

開發背景及特長，擘劃未來



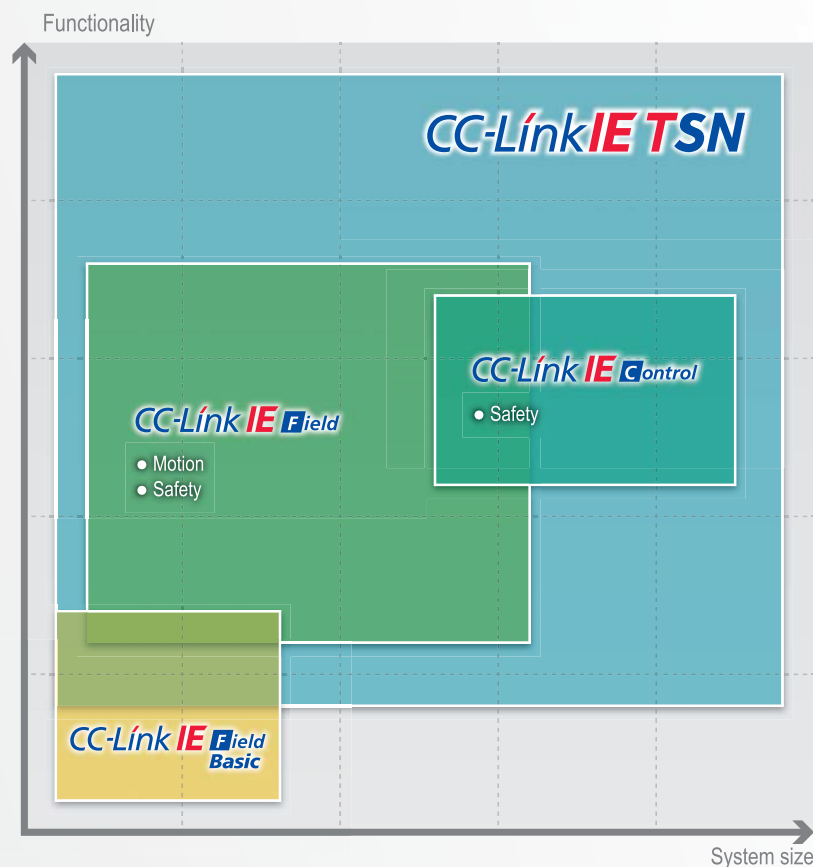
1. 前言

此次 CC-Link 協會在擔綱次世代的 CC-Link IE 網路、規劃嶄新的工業級開放現場網路「CC-Link IE TSN」規範。

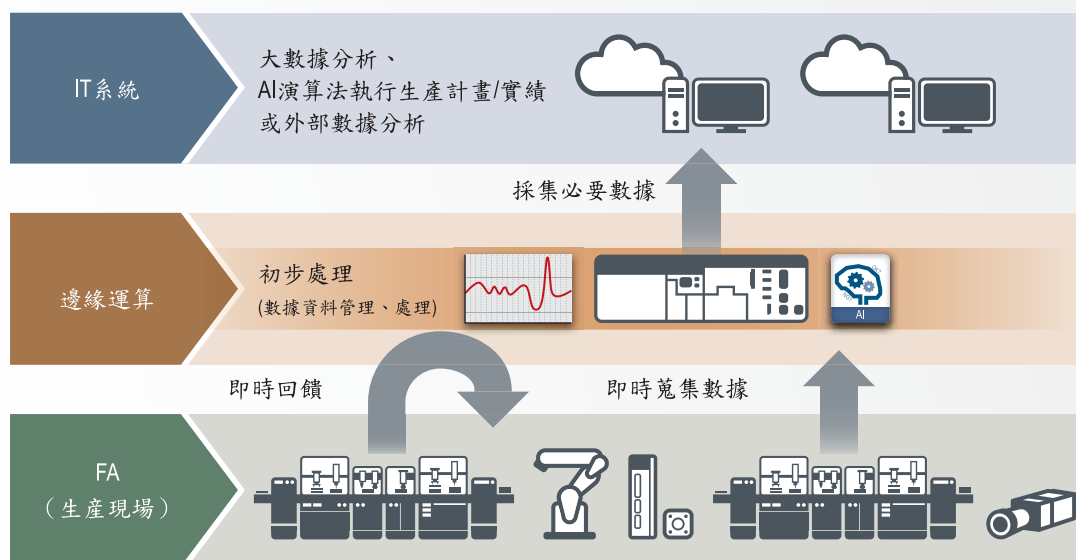
CC-Link IE 於 2007 年產業首位以乙太網 1Gbps 為基礎的工業級開放性網路之姿躍上市場舞台。以「CC-Link IE Control」作為工廠內部控制器間鏈接的骨幹網路；透過「CC-Link IE Field」控制器鏈接現場涵蓋一般輸出入控制的各式各樣機械裝置。進一步以「CC-Link IE Field Motion」執行運動控制、「CC-Link IE Safety」運行安全控制、不斷擴展機能，應用範圍進化至今。另外、在 2016 年面向小規模形態裝置的現場網路，追加「CC-Link IE Field Basic」陣容，以亞洲為中心向外拓展。

本次新制定的 CC-Link IE TSN 規範，領先全球採用標準乙太網規格增訂的「TSN (Time Sensitive Networking)」。TSN 與國際標準 IEEE 並行，各工業級開放性網路亦著手研討採納，在以往乙太網通訊無法實現混用控制通訊（保障通訊即時性）與情報通訊（非即時性通訊），透過時間分割通訊方式將可能達成。

CC-Link IE TSN 經由採納 TSN 技術後、成為更開放的工業級網路，同時透過有效率的通訊協議強化以往 CC-Link IE 具有的性能與機能。此外，藉由多樣化開發手法可以容易地安裝在不同類型機器裝置、期望促進兼容產品的豐富化，活用 IoT 加速打造智慧工廠的腳步。



2. 開發背景



伴隨顧客需求多樣化與層次的高度化，製造業在導入自動化、削減總體生產成本與提升品質的同時，也加速朝向變種變量等新型態生產製造的情勢。另外，在感測技術的發展、網路的高速化、雲端·邊緣運算的普及，以及AI(人工智能智慧)的進化等，藉由IT邁向為運用數據資料的數據驅動型社會。

製造業在面臨活用IoT上、有歐洲的Industry4.0、美國的IIC (Industrial Internet Consortium)、中國的智慧製造，日本的Connected Industries等、興起全球性各種巨大浪潮。其共通點在最大限度活用鏈接的所有節點數據、朝向有自律且實現最適合生產製造的「智慧工廠」。

為實現智慧工廠、需即時蒐集生產現場數據，將採集的數據經過邊際運算裝置初次處理後，無縫鏈結地上傳到IT系統就非常重要。運用生產現場數據需要具備高速·穩定的控制通訊及上傳IT系統時大容量數據的情報網路，成為不可或缺的要素。換句話說，統合生產現場的工業用網路和IT系統的網路是攸關重要的。

目前雖然有各種工業級網路被應用，但是，存在即便是閘道器、通訊電纜線等構成網路要素，為保障即時性通訊必需使用獨特規格的元件，IT網路與其它工業網路間的通訊電纜線、元件無法共用資源的課題。另外，為了實現智慧工廠，利用高性能·高機能的裝置、機器設備來提升生產效率之際，具備高精度的運動控制網路是必要的。特別在半導體、電池製造等產業，需求愈是顯著。

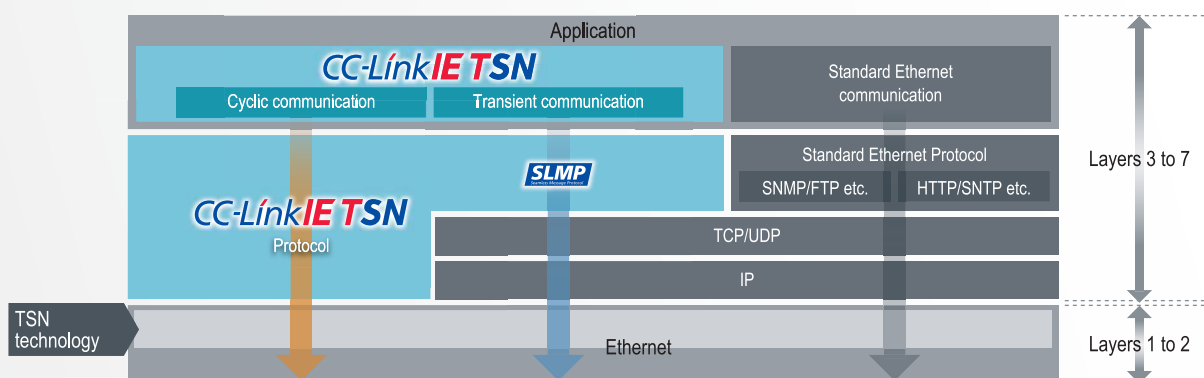
回應這些期許的正是CC-Link IE TSN。承襲既有CC-Link IE特長外，透過採納時間分割方式實現即時通訊的TSN技術、在同一主幹網路內，可以混合多重相異網路。進一步，利用高效率通訊協議，實現高速·高精度的運動控制。藉此，CC-Link IE TSN無需意識上層IT系統到現場生產FA系統的階層，經由無縫鏈結、擴大在製造業各種應用的可能性。

3. 構成技術與活用其他開放性技術

3. 構成技術與活用其他開放性技術

1 TSN 技術與通訊協議層級

CC-Link IE TSN 基於 OSI 參考模型第 2 層的 TSN 技術、第 3 層至第 7 層的 CC-Link IE TSN 獨自通訊協議與標準乙太網通訊協議組成。



TSN 由複數國際標準規格組成，主要內容有規範時間同步方式的 IEEE802.1AS、時間分割方式的 IEEE802.1Qbv 規範。將這些規範組合應用後，實現保證在固定時間內傳送的定時性與混用不同通訊協議的可能性。

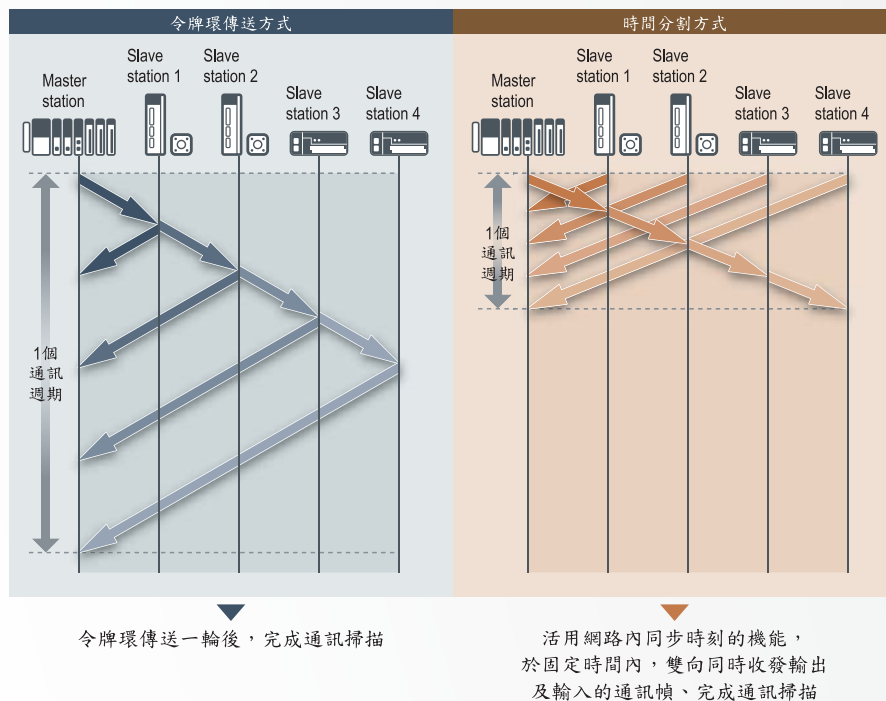
依此加上使用 TCP/IP、UDP/IP 的 SNMP、亦可使用標準乙太網通訊協議的 HTTP、FTP 等服務。利用這些工具，診斷網路狀態時可以使用泛用乙太網診斷工具等形式，增進網路運用的靈活性。

2 通訊方式

CC-Link IE TSN 革新循環通訊的方式。以往 CC-Link IE 採用在同一網路中保有令牌（發信權）的節點，在發送自局傳輸數據後、將令牌轉移至鄰近局的令牌環傳送方式。

相對之下，CC-Link IE TSN 採用時間分割方式。活用網路內同步的時刻，於固定時間內、透過將輸出及輸入的通訊幀以雙向同時發送方式，讓整體網路縮短更新通訊循環數據的時間。

這個方式搭配 TSN 技術組合應用、可以讓控制通訊與情報通訊混合使用。



3 增訂裝置文件檔技術

CC-Link 協會為實現對應 CC-Link Family 機器裝置，在試車、運轉・維護保養的簡易化、定義了 CSP+ 文件檔（控制 & 通訊系統文件檔）。CC-Link IE TSN 對於 CSP+ 強化與 CANopen 裝置文件檔的親和性。比如、可以使用驅動機器採用國際規範 IEC61800-7(CiA402) 的通訊設置。

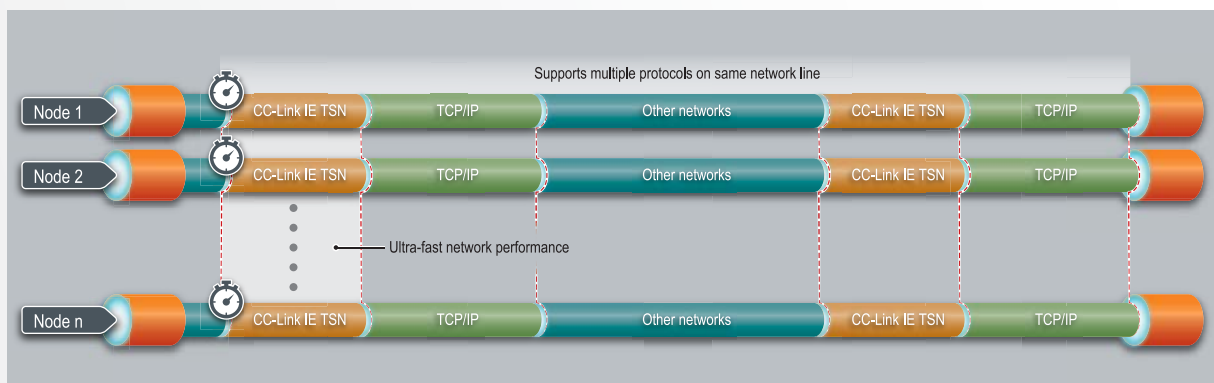
4 活用泛用網路診斷機能

CC-Link IE TSN 網路的機器裝置診斷、可以使用 IT 網路監控時廣泛應用的 SNMP(Simple Network Management Protocol)。CC-Link IE TSN 網路架構情報、統計情報等定義了增訂網管資訊庫 MIB(Management Information Base)，透過泛用的 SNMP 適用工具實現診斷網路功能。

4. 特長

CC-Link IE TSN 主要特長分述為下記 4 項。

1 統合控制通訊與情報通訊



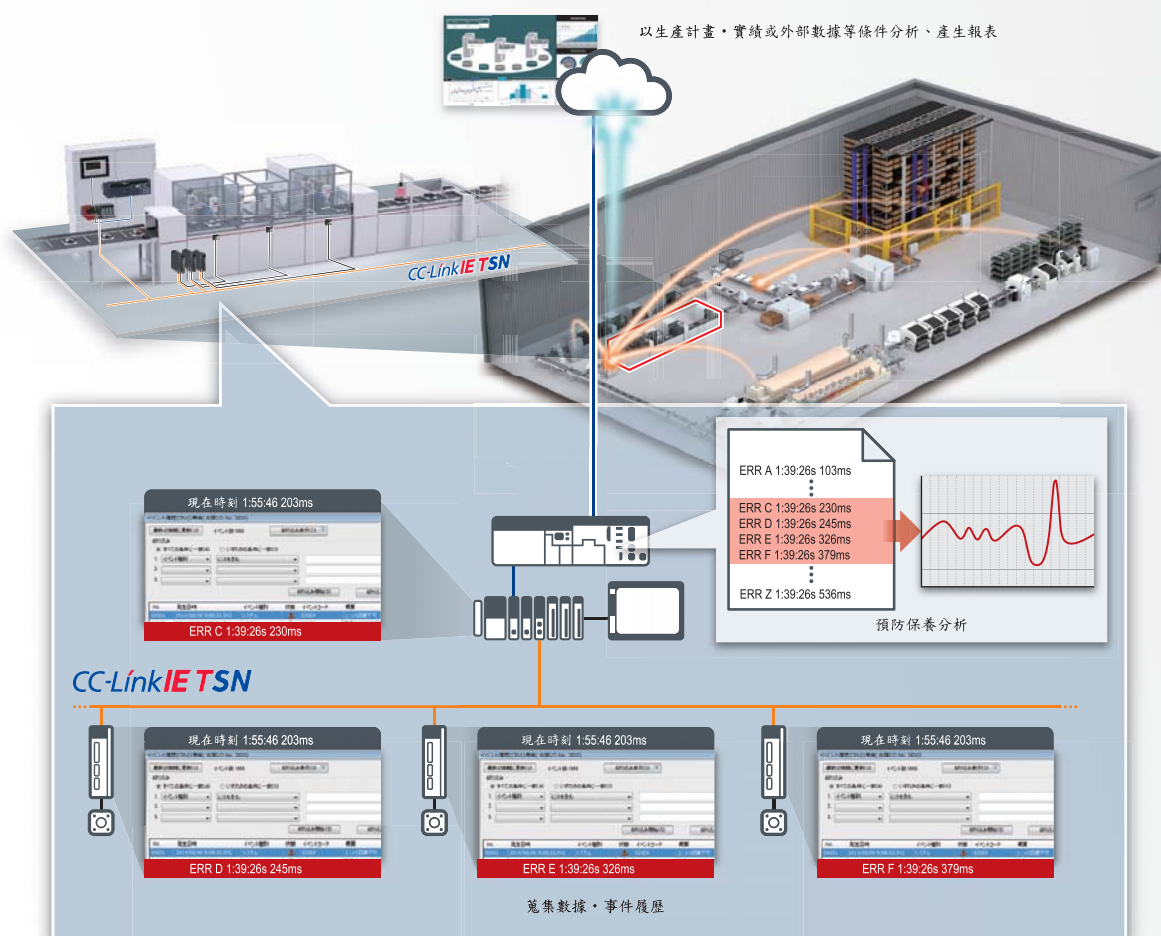
CC-Link IE TSN 對控制機器裝置的循環通訊賦予高度優先性、透過比情報通訊優先分配頻寬、所以可以簡易地架構即時性循環通訊控制機器裝置，與 IT 系統交換情報的網路環境。此外，善用與情報通訊混用的特點，以同一網路鏈結生產現場使用 UDP、TCP 通訊的機器裝置，例如，將視覺感測器、監視攝影機等數據以高精度方式儲存，也可以充份應用在監視、分析、解析等方面。

2 在早期階段啟動系統與高品質預防保養

CC-Link IE TSN 為實現診斷網路機器的容易化，也對應 SNMP。以往需要個別工具蒐集機器裝置的狀態數據，透過泛用 SNMP 監視工具，不只 CC-Link IE TSN 對應機器裝置，閘道器、路由器等相容 IP 通訊的機器裝置也可以一併蒐集・分析。藉此機能在系統啟動時、系統運行・維護保養時、可以削減確認機器裝置動作狀態的工時。

另外，透過以 TSN 制定的時間同步通訊協議，補正 CC-Link IE TSN 對應機器裝置間的時刻偏差，運行高精度的時間同步。由於主局或子局分別保有的時刻情報以微秒單位調整，例如，在網路發生異常後的動態記錄解析時、可以用正確的時間序列追溯至發生異常的現象。藉此機能，可以應用於異常原因追查與及早復原系統。

更深一層，可以鏈結生產現場情報和正確時刻情報傳送至 IT 系統，藉由應用 AI 的數據分析程序進行預防保養等，期待能更進一步提高準確度。

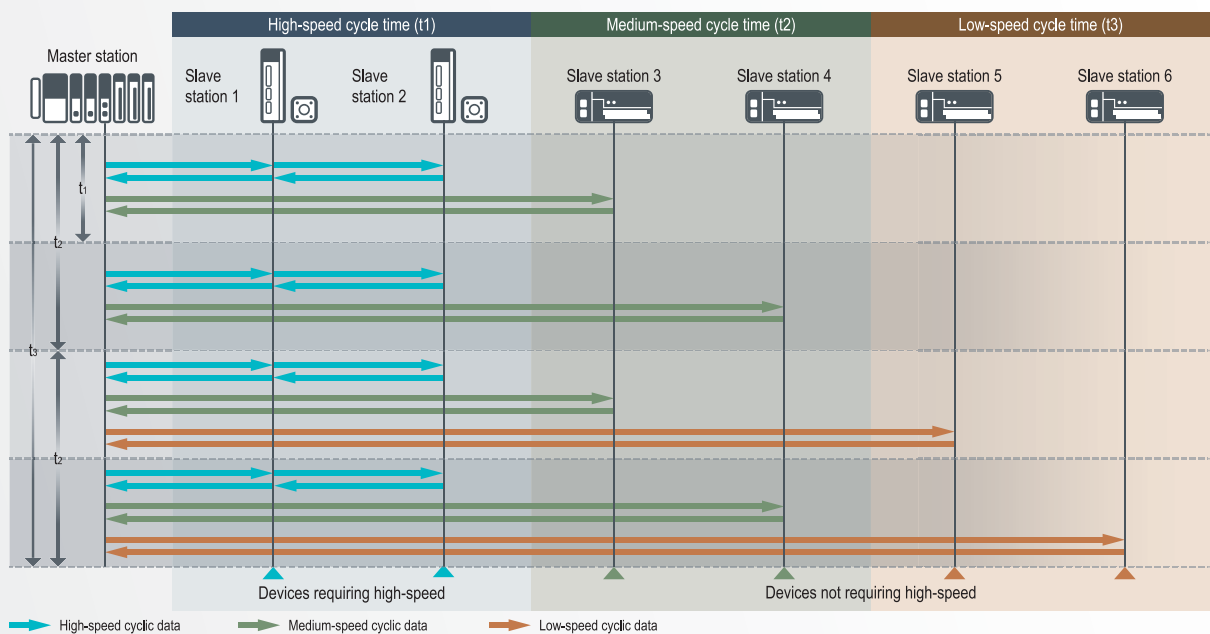


3 驅動控制性能最大化 縮短節拍

CC-Link IE TSN 採用時間分割方式，實現 $31.25 \mu\text{s}$ 以下高速通訊性能。與既有網路架構運行的系統規模相較、運用 CC-Link IE TSN 網路系統、無論追加感測器、增設生產線等情況下，即使在控制增加必要之伺服驅動器的軸數、不但可以將整體生產節拍影響抑制在最小範圍、在既有網路下運行的系統架構亦可以達到縮短節拍的效果。

在 CC-Link IE TSN 網路，性能相異的機器裝置可以依照分別不同的通訊週期組合使用。以往，同一主局所鏈接的機器裝置，整體網路需由一個循環通訊週期（鏈接掃描）運行。在 CC-Link IE TSN，同一網路內可以運行複數的通訊週期。

藉此機能，不僅可以維持如同伺服驅動器需要高性能通訊週期的裝置性能、鏈接遠程 I/O 等無需高速通訊週期的機器裝置等、配合個別機器裝置的特性將通訊週期最優化，最大限度善用網路上子局機器裝置保有的潛能，可以提高整體系統的生產性。


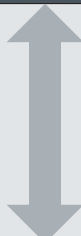


4 充實兼容產品陣容

以往 CC-Link IE 為有效使用 1Gbps 頻寬，機器裝置開發商不論是主局機器裝置和子局機器裝置，均需採用專用 ASIC 或 FPGA 開發兼容產品（硬體安裝方式）。

CC-Link IE TSN 不局限硬體安裝方式、也滿足軟體安裝方式。在原有為實現高速控制以專用 ASIC、FPGA 安裝方式外，增加在泛用乙太網晶片安裝軟體協議堆疊（SDK）方式，也適用於主局機器裝置與子局機器裝置。在通訊速度除 1Gbps 外、也對應 100Mbps。

透過不限定硬體安裝增加軟體安裝的選項，與通訊速度加入 100Mbps 和 1Gbps 的選擇，讓機器裝置開發商能以最適合的開發手法開發兼容 CC-Link IE TSN 的機器裝置。藉由充實兼容產品陣容的形式亦為最終用戶帶來正面效果。

Communication speed	Development method*1		 
	Master	Slave	
1Gbps	Hardware	Hardware	Supported
	Software		
	Hardware	Software	
	Software		
100Mbps	Hardware	Hardware	
	Software	Software	
	Hardware		
	Software		

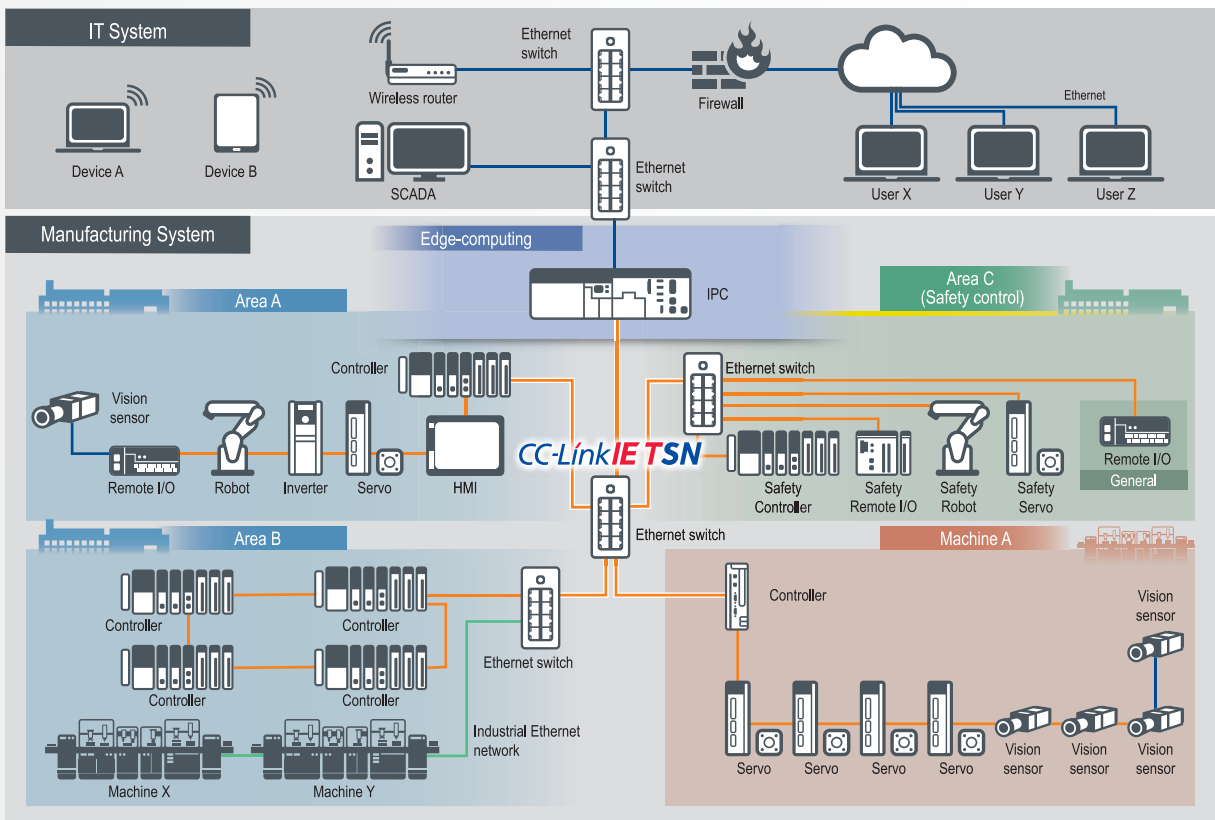
*1. Hardware : Development with dedicated ASIC or FPGA.

Software : Development with software protocol stack (standard Ethernet chip).

5. 應用範例

5. 應用範例

1 統合控制通訊與情報通訊讓工廠智能化

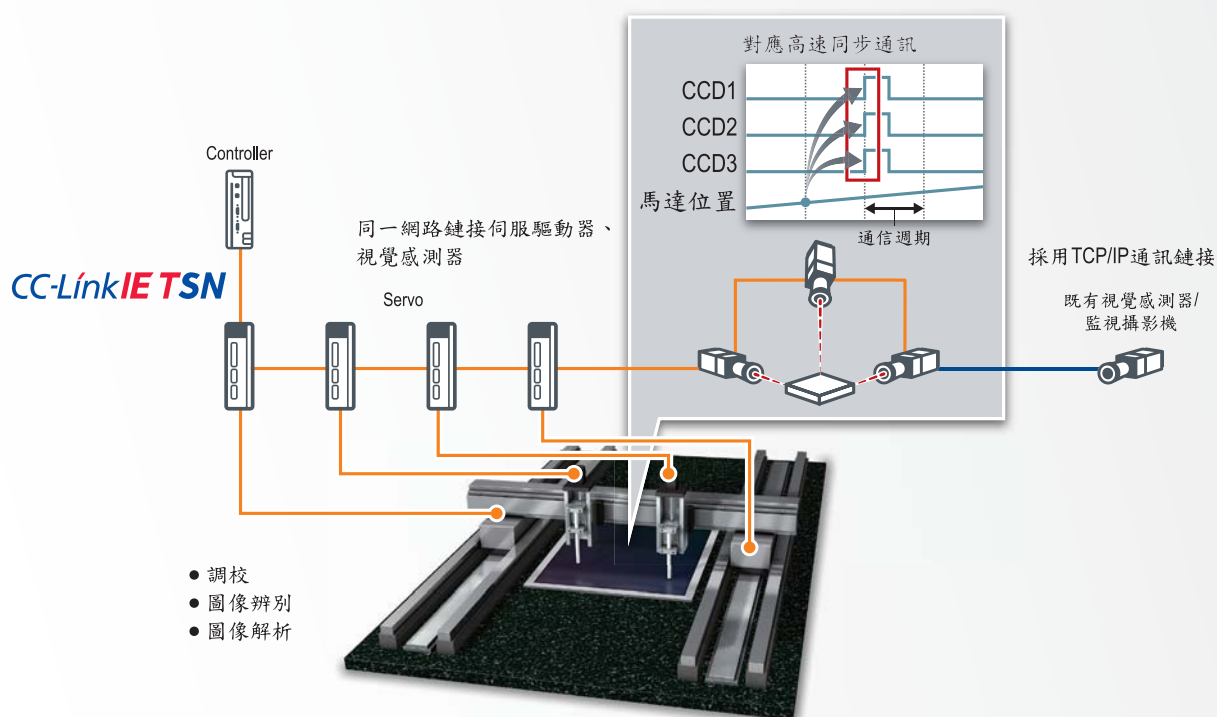


實現統合在同一網路架構下確保即時性控制通訊、其他開放網路通訊與 IT 系統情報通訊的智慧化工廠。

2 泛用 IP 通訊機器裝置與善用高精度驅動控制裝置

現行系統下，在調校動作時需將伺服馬達暫時停止運轉，透過視覺計算加工件正確位置；透過採用對應 CC-Link IE TSN 的伺服驅動器與使用視覺感測器，藉由時間同步，即使加工件處於伺服馬達移動狀態下，視覺感測器可以掌握加工件的正確位置。因此可以期待大幅加速節拍。

此外，從視覺感測器截取大量的影像數據經由 IP 通訊轉送，可在不影響伺服控制性能下，架構省配線的同一網路系統。



6. 今後發展

此次制定的 CC-Link IE TSN 規範，採用在乙太網使用時間分割通訊的 TSN 技術、在容易活用乙太網路機器裝置的同時，藉由革新實現高速通訊循環週期的通訊協議、大幅提升 FA 領域於一般控制與運動控制的性能・機能。

今後、以進一步擴大適用領域為目標，將著手下記開發計畫。

- 開發對應 CC-Link IE 安全通訊機能，拓展安全通訊的需求領域
- 透過對應光纖通訊電纜線的開發，拓展長距離及抗高干擾的需求領域

另外，從現行 CC-Link IE 已取得的國際標準認證「IEC61784」、朝向取得半導體、FPD 產業國際標準認證 SEMI、中國及韓國等各國的國家標準認證邁進。

再者，期望通過 TSN 技術強化與其他工業級開放網路間的相互鏈接性，透過鏈結所有裝置，讓數據資料能得到最大幅度的應用。

藉此種種，進一步擴展 CC-Link IE TSN 的適用領域，成長為以具自律性、最適合生產製造「智慧工廠」基石為目標的工業級開放網路。

發行

CC-Link Partner Association (CLPA)
6F Ozone-front Building 3-15-58 Ozone,
Kita-ku, 462-0825 Nagoya, Japan
TEL: +81-52-919-1588
FAX: +81-52-916-8655
E-mail: info@cc-link.org
<http://www.cc-link.org>

印製

CC-Link 協會 (CLPA) 台灣分會
〒24889
新北市五股區五工三路 105 號 3 樓
TEL : 02-89901573
FAX : 02-89901105
E-Mail : cclink01@ms63.hinet.net
<https://tw.cc-link.org/zh/>