

TSN技術によりスマート工場の構築を加速

CC-Link **IE** TSN

開発の背景と特長、将来に向けた展開



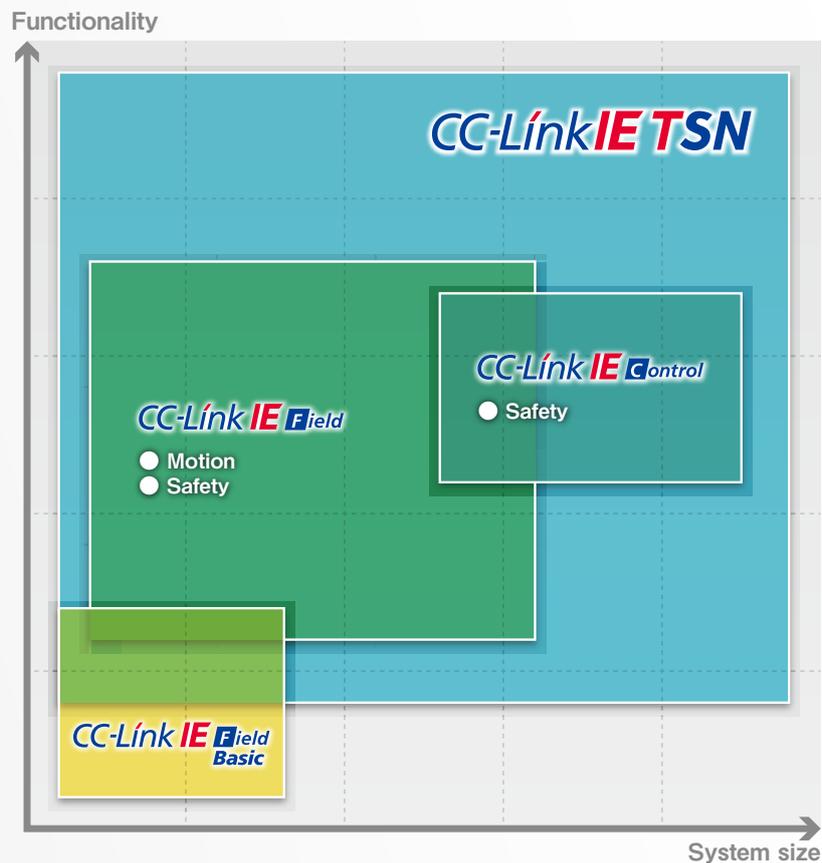
1. はじめに

CC-Link 協会はこのたび、CC-Link IE の次世代を担うネットワークとして、新たな産業用オープンネットワーク「CC-Link IE TSN」の仕様を策定した。

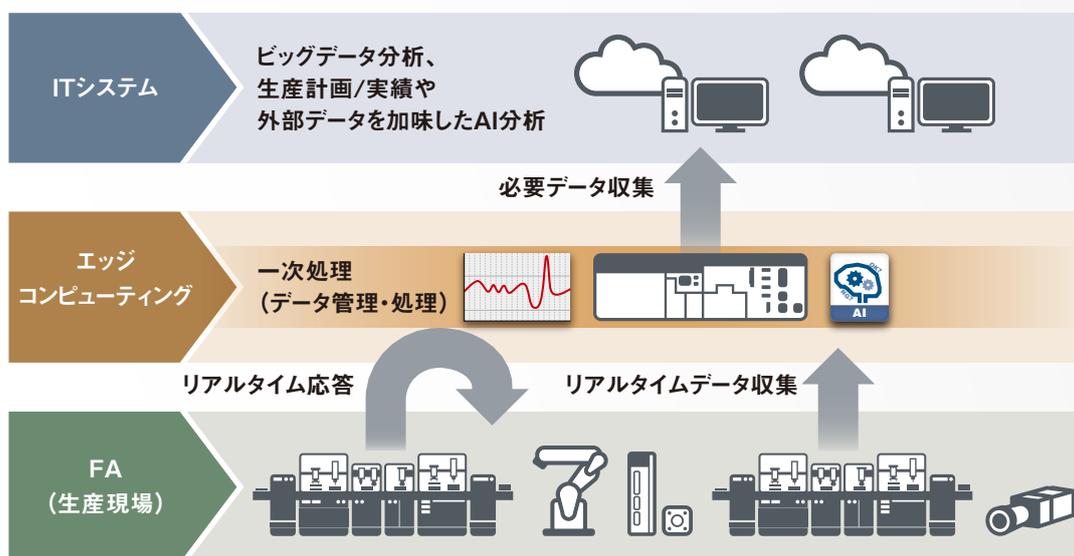
CC-Link IE は 2007 年に、業界で初めて 1Gbps Ethernet をベースとした産業用オープンネットワークとして登場した。「CC-Link IE Control」で工場内の基幹ネットワークとしてコントローラ間を結び、「CC-Link IE Field」でコントローラと現場の多彩な機器をつなぎ一般入出力制御をカバー。さらに「CC-Link IE Field Motion」でモーション制御、「CC-Link IE Safety」で安全制御へ、その機能・適用範囲を拡張してきた。また 2016 年には、小規模装置向けのフィールドネットワークとして、「CC-Link IE Field Basic」をラインナップに追加し、アジアを中心に広がりを見せている。

今回新たに仕様を策定した CC-Link IE TSN は、標準 Ethernet 規格を拡張した「TSN (Time Sensitive Networking)」を世界に先駆けて採用した。TSN は IEEE の国際標準化と並行して、様々な産業用オープンネットワークへの適用検討が進められており、従来の Ethernet 通信ではできなかった制御通信 (リアルタイム性の確保) と情報通信 (非リアルタイム通信) の混在を、時分割通信方式により可能にするものである。

CC-Link IE TSN は TSN 技術を採用することで、よりオープンな産業用ネットワークとすると共に、効率的なプロトコルにより従来 CC-Link IE が有する性能・機能をさらに強化した。また、開発手法の多様化により様々なタイプの機器への実装を容易にし、対応製品の充実化を図ることで、IoT を活用したスマート工場の構築を加速させることが期待される。



2. 開発の背景



顧客ニーズの多様化や高度化に伴い、製造業では自動化、TCO（Total Cost of Ownership）削減や品質向上とともに、変種変量生産など新たなものづくりを志向する動きが加速している。また、センシング技術の発展、ネットワークの高速化、クラウド・エッジコンピューティングの普及、及びAI（人工知能）の進化など、ITによってデータを活用するデータ駆動型社会が進展している。

製造業でのIoT活用に向け、欧州のIndustry 4.0や米国のIIC（Industrial Internet Consortium）、中国の智能製造、日本のConnected Industriesなど、グローバルレベルでさまざまなメガトレンドが立ち上がっている。それらに共通するのが、あらゆるものをつないでデータを最大限に活用し、自律的で最適なものづくりを目指す「スマート工場」の実現だ。

スマート工場を実現するためには、生産現場のデータをリアルタイムに収集し、そのデータをエッジコンピューティングで一次処理した上でITシステムへシームレスに送ることが重要となる。生産現場のデータを活用するには、高速・安定した制御通信やITシステムへの大容量の情報伝送が可能なネットワークが欠かせない。すなわち、生産現場における産業用ネットワークとITシステムにおけるネットワークの融合が重要である。

現在さまざまな産業用ネットワークが使用されているが、スイッチや配線などネットワークを構成する要素でも、リアルタイム性を確保するために独自仕様のものを使う必要があり、IT用ネットワークや他の産業用ネットワークとの間で回線やデバイスの共有ができないといった課題があった。また、スマート工場実現のためには、装置や設備の高性能化・高機能化による生産性向上が求められており、高度なモーション制御用ネットワークが必要とされる。特に、半導体やバッテリー製造などの業種において、要求が顕著である。

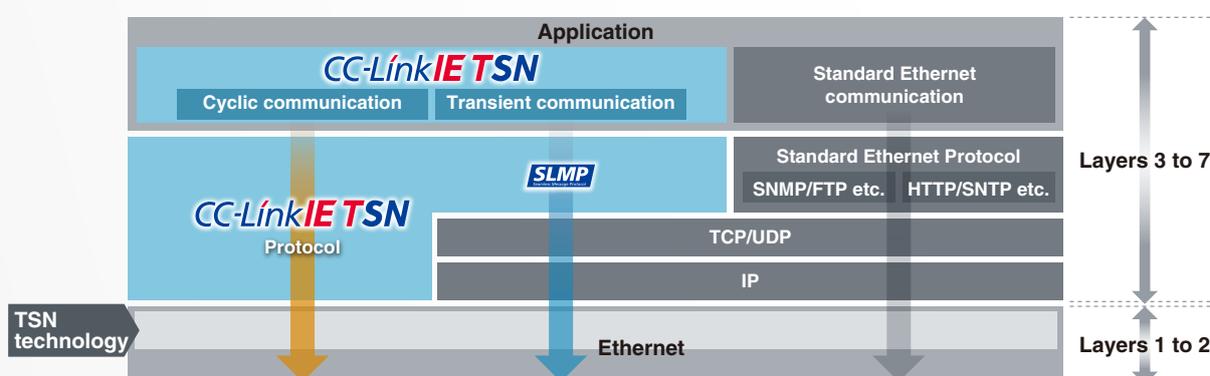
これらの要求に応えるのがCC-Link IE TSNだ。従来のCC-Link IEの特長を継承しつつ、時分割でリアルタイム性を実現するTSN技術を採用することにより、同一幹線上で複数の異なるネットワークの混在を可能とする。さらに、効率的なプロトコルにより、高速・高精度なモーション制御を実現する。これによりCC-Link IE TSNは、上位のITシステムから生産現場のFAシステムの階層を意識することなく、シームレスに連携し、製造業におけるさまざまなアプリケーションの活用拡大が可能となる。



3. 技術的な仕組みと他オープン技術の活用

1 TSN 技術及びプロトコル階層

CC-Link IE TSN は、OSI 参照モデルの第 2 層に位置する TSN 技術をベースに、第 3 層～ 7 層の CC-Link IE TSN 独自プロトコルと Ethernet 標準プロトコルで構成されている。



TSN は、複数の国際標準規格で構成されており、主なものに時刻同期方式を規定した IEEE802.1AS、時分割方式を規定した IEEE802.1Qbv がある。これらの規格を組み合わせることで、一定時間内での伝送を保証する定時性や異なる通信プロトコルとの混在が実現可能となる。

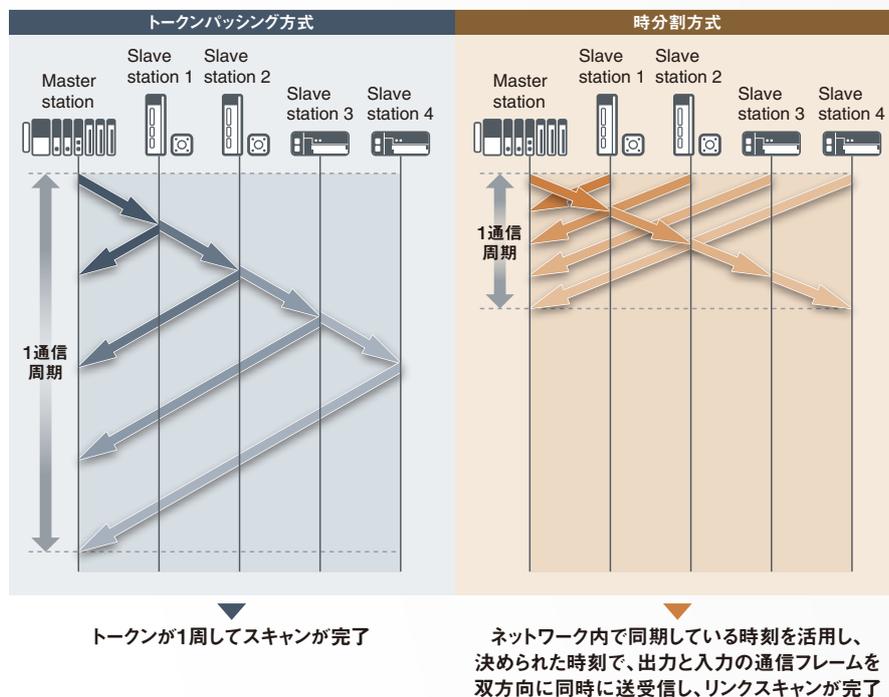
これに加えて TCP/IP、UDP/IP を使用する SNMP、HTTP や FTP などの Ethernet 標準プロトコルが使用可能だ。これにより、ネットワークの診断に汎用の Ethernet 診断ツールが使えるようになるなど、ネットワーク運用の柔軟性が高まる。

2 通信方式

CC-Link IE TSN は、サイクリック通信の方式を刷新した。従来の CC-Link IE は、1ネットワーク中でトークン（送信権）を保有しているノードが自局の送信データを送信した後に、隣接局にトークンを譲渡するトークンパッシング方式を採用している。

これに対して CC-Link IE TSN は、時分割方式を採用した。ネットワーク内で同期している時刻を活用し、決められた時刻で、出力と入力の通信フレームを双方向に同時に送信することで、ネットワーク全体のサイクリックデータを更新する時間を短縮させることが可能だ。

この方式と TSN 技術を組み合わせることで、制御通信と情報通信の混在が可能となる。



3 プロファイル技術の拡充

CC-Link 協会では CC-Link ファミリー対応機器の立上げ、運用・保守を簡単に実現するため、CSP+（コントロール & コミュニケーションシステムプロファイル）を定義している。CC-Link IE TSN では、CSP+ にて、CANopen デバイスプロファイルとの親和性を強化した。例えば、駆動機器で国際規格である IEC61800-7（CiA402）を使用した通信設定が可能となる。

4 汎用のネットワーク診断機能の活用

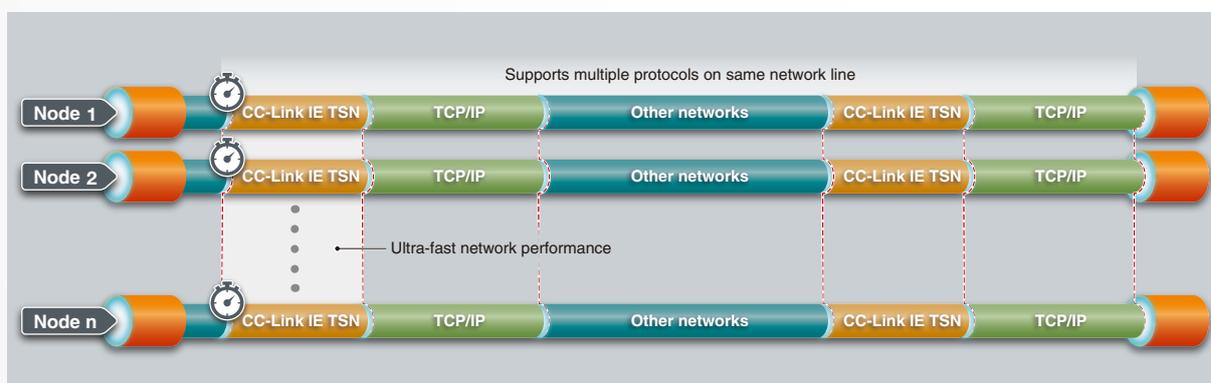
CC-Link IE TSN ネットワーク機器の診断には、IT系のネットワーク監視に広く使われる SNMP (Simple Network Management Protocol) が使用可能だ。CC-Link IE TSN 構成情報、統計情報などが拡張 MIB (Management Information Base) として定義されており、汎用の SNMP 対応ツールでネットワーク診断が実現可能となる。



4. 特長

CC-Link IE TSN の大きな特長は次の 4 つである。

1 制御通信と情報通信の融合



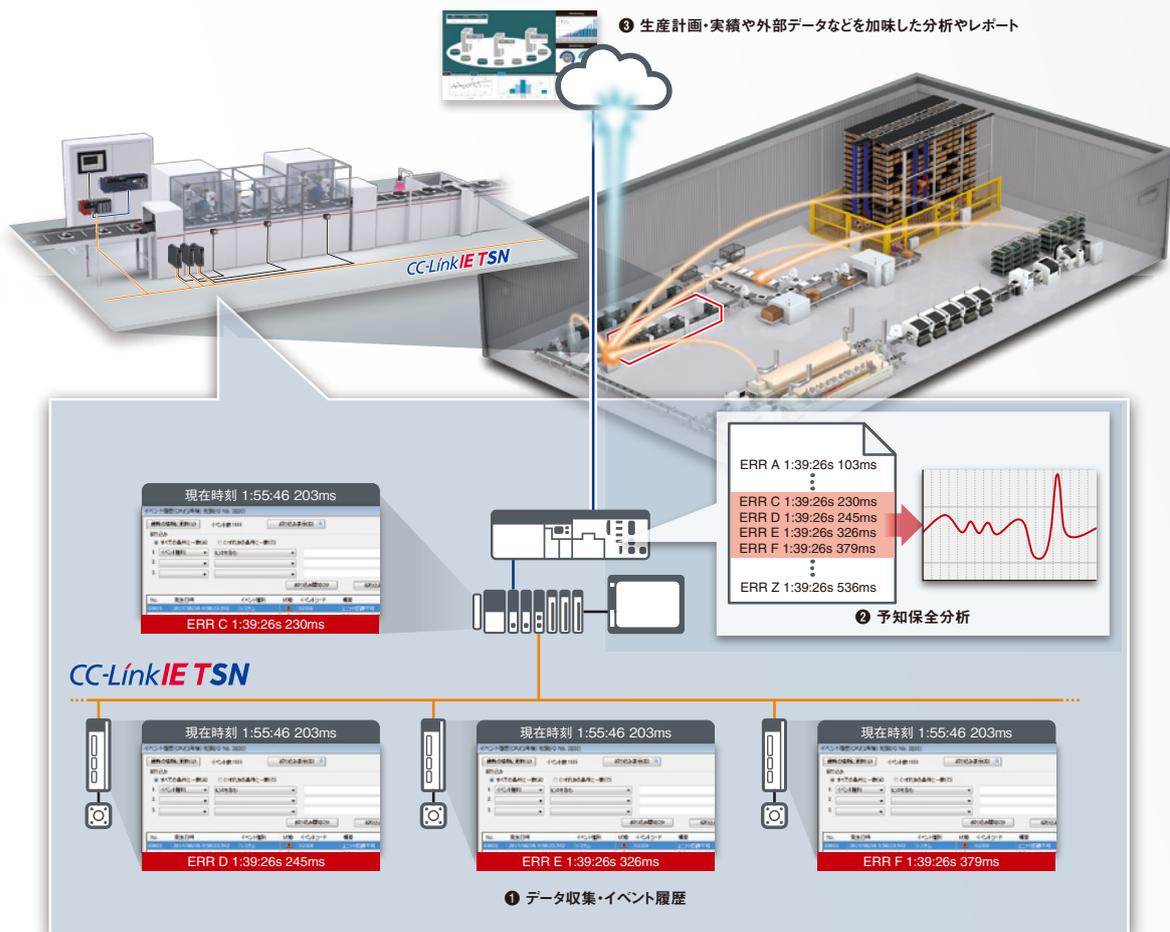
CC-Link IE TSN は、機器制御のサイクリック通信に高い優先度を与え、情報通信よりも優先的に帯域を割り当てることで、リアルタイムなサイクリック通信で機器を制御しながら、IT システムと情報をやり取りするネットワーク環境を簡単に構築できる。また、情報通信との混在の特長を活用し、生産現場に UDP や TCP を用いて通信を行う機器を 1 つのネットワークに接続し、例えばビジョンセンサや監視カメラなどのデータを高精度で蓄積することで監視／分析／解析などに活用することも可能だ。

2 システムの早期立ち上げや高度な予知保全

CC-Link IE TSN は、ネットワーク機器の診断容易化を実現するため、SNMP にも対応した。従来は個別のツールを必要としていた機器の状態収集を、汎用の SNMP 監視ツールにより、CC-Link IE TSN に対応した機器のみでなく、スイッチやルータなど IP 通信に対応した機器もまとめて収集・分析可能となる。これによりシステム立ち上げ時や、システム運用・メンテナンス時の機器動作状態の確認にかかる工数を削減できる。

また TSN で規定された時刻同期プロトコルにより、CC-Link IE TSN に対応した機器は機器間の時刻のズレを補正し、高精度な時刻同期を行っている。マスタやスレーブがそれぞれ持つ時刻情報をマイクロ秒単位で合わせているため、例えばネットワークに異常が発生したときの動作ログ解析時に、異常に至るまでの事象を正確な時系列で追えるようになる。これによりトラブルの原因究明と早期復旧を行うことができる。

さらには、IT システムへ生産現場の情報と正確な時刻情報を紐づけて提供することが可能となり、AI を活用したデータ解析アプリケーションによる予知保全などで、より一層の精度向上が期待できる。

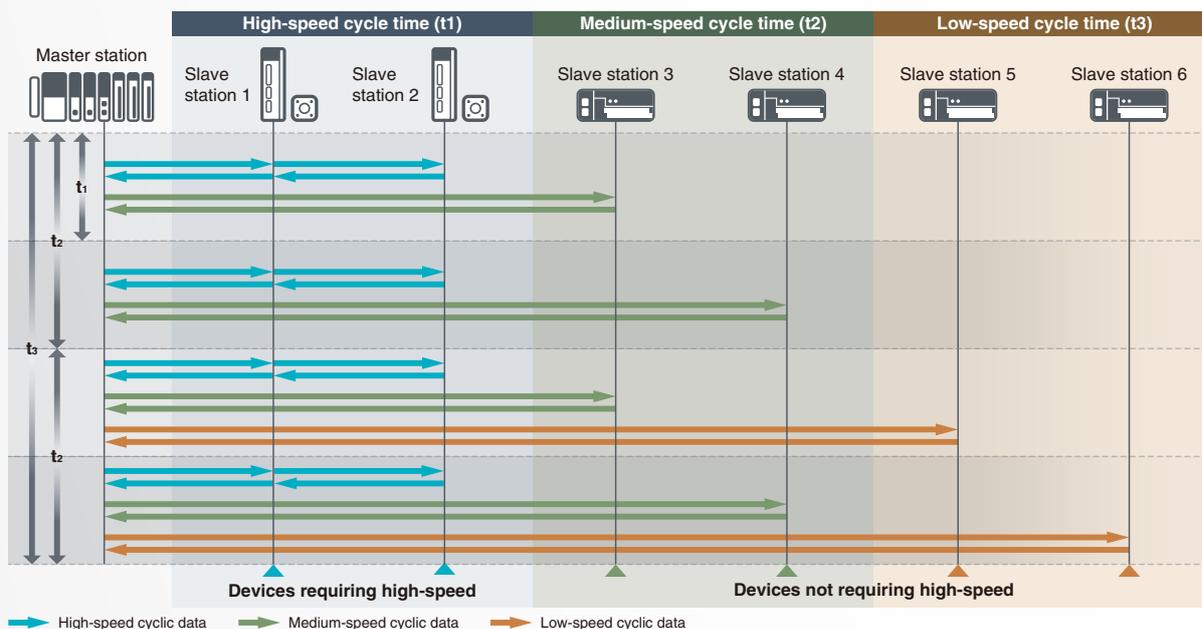


3 駆動制御の性能を最大化してタクトタイム短縮

CC-Link IE TSN は、時分割方式により、 $31.25 \mu\text{s}$ 以下という高速な通信性能を実現した。従来のネットワークで運用していたシステム規模と比較して、CC-Link IE TSN で運用するシステムでは、センサを追加したり、ライン増設などで制御に必要なサーボアンプの軸数が増えても、全体のタクトタイムへの影響を最小限に抑えられるどころか、従来のネットワークで運用していたシステムよりもタクトタイム短縮を図ることも可能だ。

CC-Link IE TSN では、性能が異なる機器をそれぞれの通信周期で組み合わせて使用することが可能になる。従来、同一のマスタ局に接続する機器は、ネットワーク全体で1つのサイクリック通信周期（リンクスキャン）で運用する必要があった。CC-Link IE TSN では、同一ネットワーク内で複数の通信周期で運用することができる。

これにより、サーボアンプのような高性能の通信周期を必要とする機器の性能を維持したまま、リモートI/O など高速な通信周期を必要としない機器をつなぐなど、それぞれの機器の特性に合わせ通信周期を最適化することが可能になり、ネットワーク上のスレーブ機器が持つポテンシャルを最大限に活用し、システム全体の生産性を高めることができる。



4 対応製品の充実化

従来の CC-Link IE は、1Gbps の広帯域を有効に使用するため、機器開発ベンダは、マスタ機器とスレーブ機器いずれも専用 ASIC か FPGA を用いて対応製品を開発（ハードウェア実装）する必要があった。

CC-Link IE TSN は、ハードウェア実装のみならず、ソフトウェアでも実装可能とする。従来通り高速な制御を実現するための専用 ASIC や FPGA で実装する方法に加え、汎用の Ethernet チップにソフトウェアのプロトコルスタックで実装する方法が、マスタ機器、スレーブ機器ともに適用できる。通信速度も 1Gbps に加えて、100Mbps にも対応できる。

ハードウェア実装だけでなくソフトウェア実装という選択肢と、通信速度が 100Mbps および 1Gbps という選択肢が加わったことで、機器開発ベンダは最適な開発手法で CC-Link IE TSN 対応機器を開発できるようになる。このことは対応機器の充実化という形でユーザにも効果をもたらす。

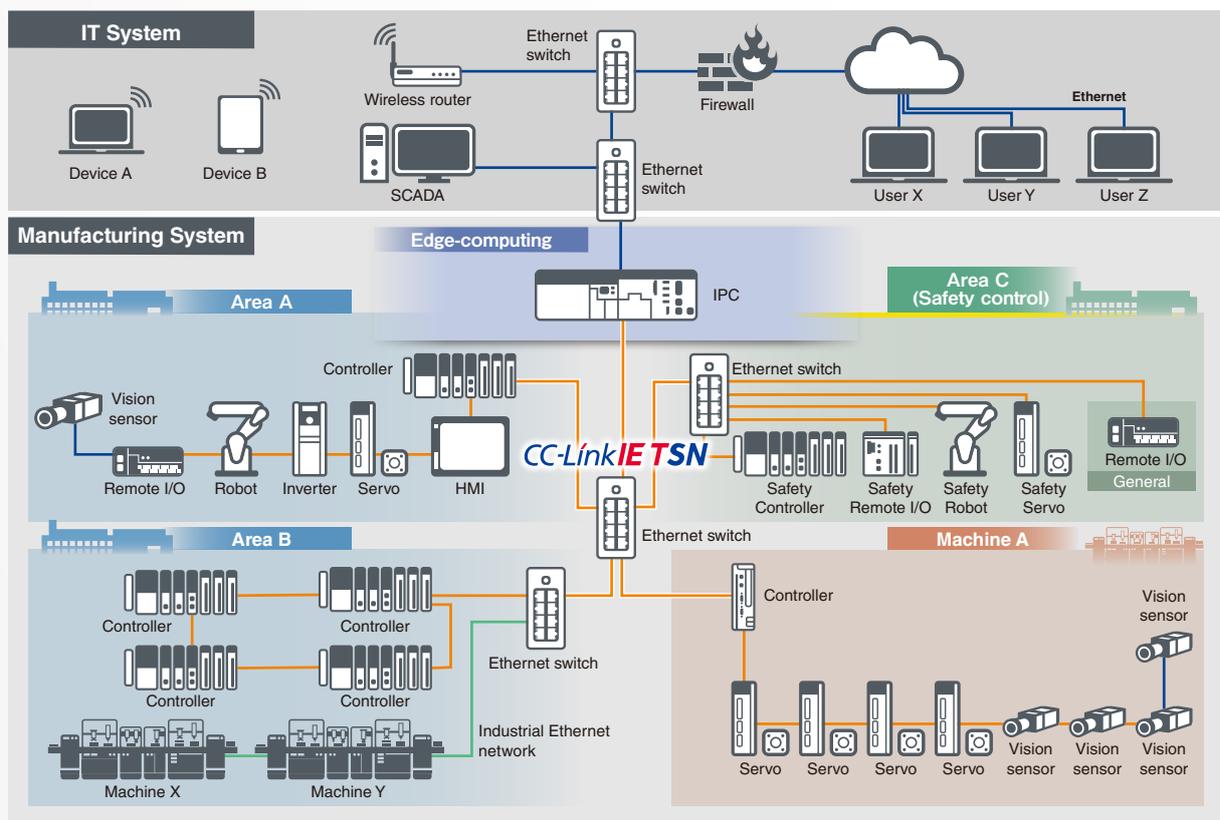
Communication speed	Development method*1		CC-Link IE TSN
	Master	Slave	
1Gbps	Hardware	Hardware	Supported
	Software		
	Hardware	Software	
	Software		
100Mbps	Hardware	Hardware	
	Software		
	Hardware	Software	
	Software		

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

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

5. ユースケース

1 制御通信と情報通信の融合によるスマート工場化

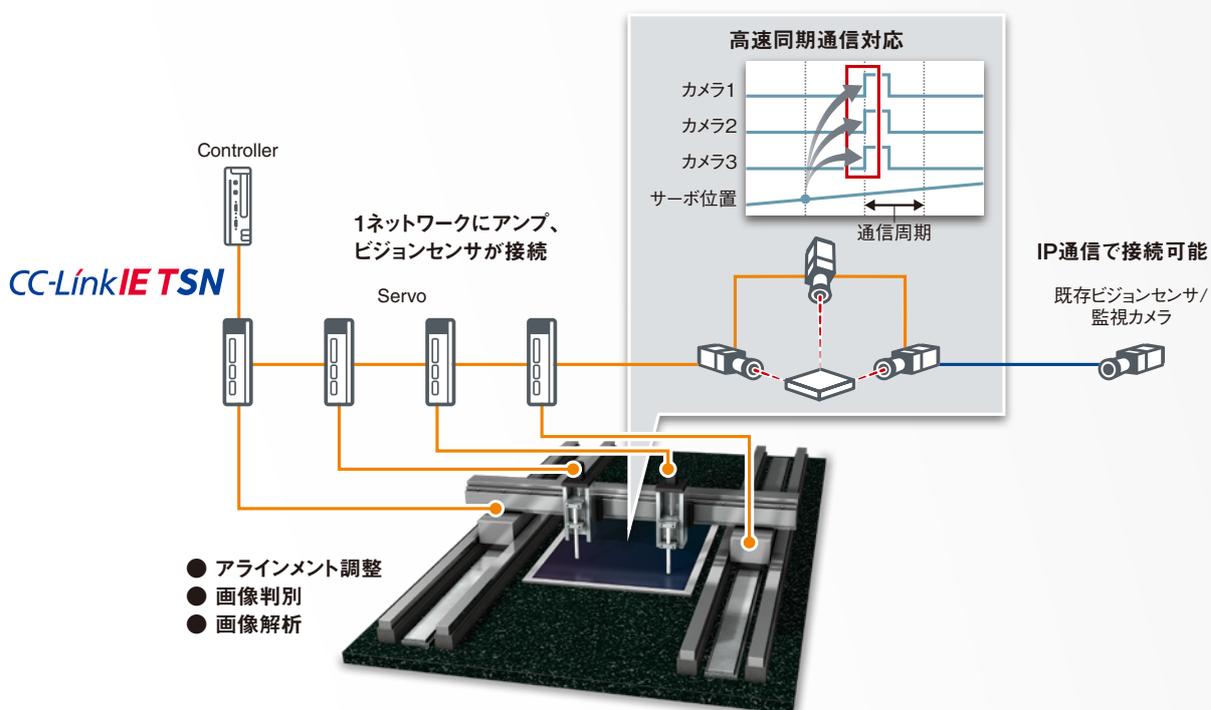


リアルタイム性を確保した制御通信を実施しながら、他オープンネットワークの通信や IT システムとの情報通信を同一ネットワークで融合したスマート工場化を実現。

2 汎用 IP 通信機器や高度な駆動制御を活用した装置

現行システムでは、アライメント調整時にはいったんサーボモータを止めてからビジョンで正確なワーク位置を計測していたところを、CC-Link IE TSN 対応のサーボアンプとビジョンセンサを使用することにより時刻同期が可能となり、サーボモータがワークを移動させている最中でもビジョンセンサが正確なワークの位置を把握することができる。このため大幅なタクトタイムアップが期待できる。

また、ビジョンセンサからの大容量の画像データは IP 通信にて転送することにより、サーボ制御性能に影響を与えずに省配線の 1 ネットワークシステムが構築できる。



6. 今後の展開

今回仕様策定した CC-Link IE TSN では、Ethernet 上で時分割通信する TSN の技術を採用したことで、Ethernet 機器の活用を容易にするとともに、高速なサイクリック通信を実現するプロトコルに一新したことで、FA 分野における一般制御及びモーション制御の性能・機能を大幅に向上させた。

今後は、さらなる適用分野の拡大を目指して下記開発を進める予定である。

- ・ CC-Link IE 安全通信機能対応開発による安全通信を必要とする分野への拡大
- ・ 光ケーブル対応開発による長距離及び高ノイズ耐量を必要とする分野への拡大

また、現行の CC-Link IE で取得済みの国際標準規格「IEC61784」をはじめ、半導体・FPD 業界国際スタンダード SEMI、中国および韓国など各国の国家規格の取得を進めていく。

さらに、TSN の技術を介した他産業用オープンネットワークとの相互接続性強化を図り、あらゆるものをつないでデータを最大限に活用できるようにする。

これらにより、CC-Link IE TSN の適用分野をさらに広め、自律的で最適なものづくりを目指す「スマート工場」の基盤となる産業用オープンネットワークへと成長させていく。

発行

一般社団法人 CC-Link 協会 (CLPA)

〒462-0825

名古屋市北区大曾根 3-15-58

大曾根フロントビル 6 階

TEL : 052-919-1588

FAX : 052-916-8655

E-Mail : info@cc-link.org

<http://www.cc-link.org/>