CC-Link IEフィールドネットワーク

河本久文*

CC-Link IE Field Network

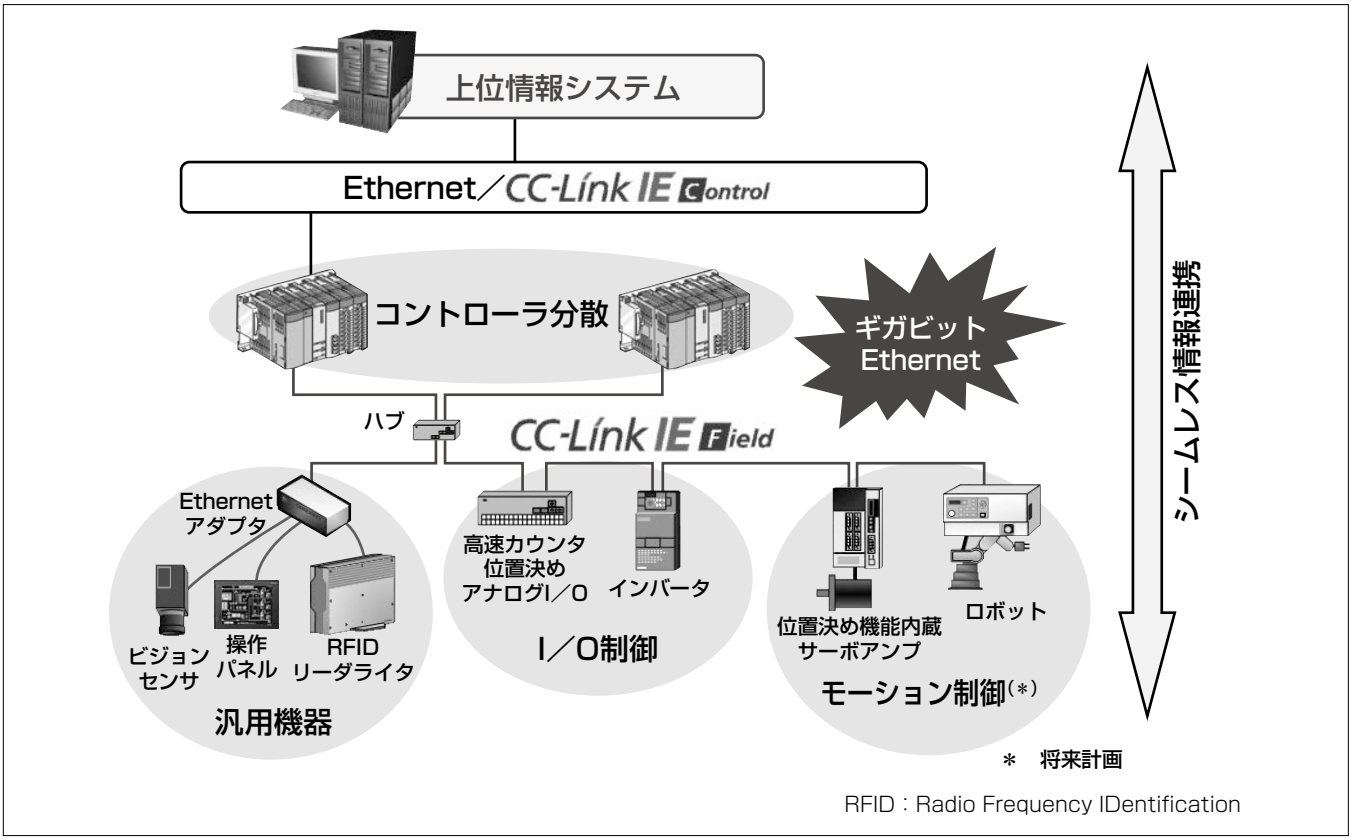
Hisafumi Koumoto

要　旨

今日の製造業では，グローバル競争の激化に伴い製品価格の下落，製品ライフサイクルの短期化，急変動する生産量への迅速な対応が不可欠となっている。ガラス基板の大型化が急速に進む液晶製造分野では，製造レシピが膨大化し，また，トレーサビリティ(製造履歴情報)管理が重要度を増す自動車製造分野では，扱うデータ量が増大する傾向にある。

これらの動向から，これからの製造システムにおけるフィールド領域のネットワークには，高速な制御データと，トレーサビリティのための管理データなどの様々なデータが混在して高速に通信することが求められている。一方，システムの構築・運用・保守にかかわるエンジニアの人材不足が深刻化しつつあり，高度な知識が不要で簡単に扱えるネットワーク・機器が望まれている。

このような状況に鑑(かんが)み，新たに三菱電機からCC-Link IE(Industrial Ethernet)のフィールド領域のネットワークとしてリリースするのが“CC-Link IEフィールドネットワーク”である。本稿では，CC-Link IEフィールドネットワークの機能と特長の説明，及び開発に当たり採用した技術について述べる。



CC-Link IEフィールドネットワーク構成

CC-Link IEフィールドネットワークは，汎用(はんよう)技術であるEthernet(注1)をベースに，装置の制御データだけでなく製造情報のトレーサビリティや製造プロセス改善のためのデータ収集(動作状態)，機器管理(設定，モニタ)，機器保全(監視，故障検出)など制御データ，ログデータ，診断データが混在してインテリジェント化する新しいタイプの製造システムに向けたフィールド領域のネットワークである。業界最高速(注2)のギガビット伝送とリアルタイムプロトコルによる高速・大容量の通信帯域を生かし，一つのネットワークでコントローラ分散，I／O(Input／Output)制御，モーション制御などの混在構成を可能とする。

(注1)　Ethernetは，富士ゼロックス㈱の登録商標である。
(注2)　2010年1月現在，当社調べ

*名古屋製作所

1. まえがき

すでにアジアを中心に大きなシェアを持つCC-Linkは，CC-Link/LT，CC-Link Safetyに加え，Ethernetベースの統合ネットワークであるCC-Link IEをラインアップし，その適用範囲を拡大させている(**図1**)。

その中でCC-Link IEは，汎用技術であるEthernetをベースとして，産業用ネットワークへの単なる制御用途への適用だけでなく，情報系から生産現場に至るシームレスなデータ伝送を実現し，システム全体の最適化を目的としたネットワークとして開発されたものである。

CC-Link IEは，適用階層，用途によって，コントローラネットワーク，フィールドネットワークに分かれる。

CC-Link IEコントローラネットワークは，大規模コントローラ分散，高信頼化に対応したFA(Factory Automation)基幹ネットワークであり，2007年に市場投入した。

今回開発したCC-Link IEフィールドネットワークは，装置の制御だけでなく製造情報のトレーサビリティや製造プロセス改善のためのデータ収集，機器管理，機器保全など制御データ，ログデータ，診断データが混在し，インテリジェント化する新しいタイプの製造システムに向けたフィールド領域のネットワークである。

システム構築では，簡単なネットワーク設定と自在なトポロジーによって，Ethernetに関する高度な知識を必要とせずに多様なシステムを手間をかけずに構築できる。制御プログラムの分散も，分散共有メモリを使用して，ネットワークを意識することなくメモリを読み書きする感覚で簡単にプログラミングできる。さらには，制御だけでなく，保守・診断機能を備えた付加価値を持った機器を提供することができるようになる。

なお，CC-Link IEにおける，モーション，セーフティへの対応も検討中である。

2. CC-Link IEフィールドネットワークの通信仕様

CC-Link IEフィールドネットワークの通信仕様を**表1**に示す。

CC-Link IEフィールドネットワークは，物理層に，IEEE802.3ab(1000BASE-T)規格に準拠した通信技術を導入し，通信速度1Gbpsの高速なネットワークを実現している。

通信方式には，トークンパッシング方式を採用している。この方式は，伝送路上でのフレーム衝突が発生しないため通信のスループット低下が少なく，通信の定時性が求められるネットワークシステムに最適である。通信媒体としては，安価なメタルケーブルが使用でき，敷設コストの削減が図れる。

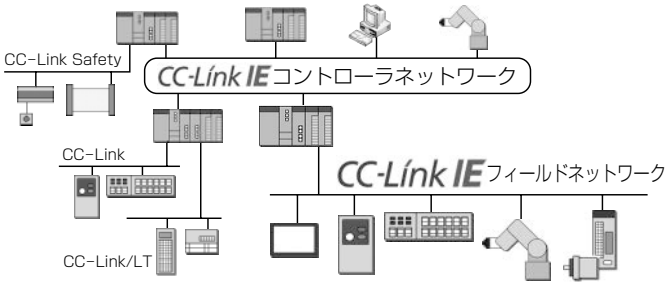


図1．CC-Linkファミリーネットワーク構成

表1．CC-Link IEフィールドネットワークの通信仕様

項　目	仕　様
Ethernet規格	IEEE802.3ab(1000BASE-T)準拠
通信速度	1Gbps
通信媒体	シールド付きツイストペアケーブル (カテゴリ5e)，RJ-45コネクタ
通信制御方式	トークンパッシング方式
トポロジ	ライン，スター，リング
最大接続台数	254台(マスタ局とスレーブ局の合計)
最大局間距離	100m
サイクリック通信 (マスタ・スレーブ方式)	制御信号(ビットデータ)　：最大32,768ビット RX(スレーブ→マスタ)　：16,384ビット RY(マスタ→スレーブ)　：16,384ビット 制御データ(ワードデータ)：最大16,384ワード RWr(スレーブ→マスタ)　：8,192ワード RWw(マスタ→スレーブ)　：8,192ワード

3. CC-Link IEフィールドネットワークの特長

ユーザーがフィールドネットワークに求める要件としては，高速，大容量といった通信性能に加えて，簡単に，かつ多様なシステムを構築できることや，上位情報システムからフィールドレベルまでのシームレスな連携が実現できることなどが挙げられる。CC-Link IEフィールドネットワークは，これらの要件を満たすために，次に示す特長的な機能を実現している。

3.1　通信の高速化

CC-Link IEフィールドネットワークは超高速のギガビット伝送とリアルタイムプロトコルによって，伝送遅れの少ないリモートI／O制御が可能である。

CC-Link IEフィールドネットワークのデータ通信には，リアルタイムのサイクリック通信と非リアルタイムのトランジェント通信の二つの方式がある。サイクリック通信は，ネットワークに接続されているマスタ局(コントローラ)と各スレーブ局(制御対象機器)間で共有する分散共有メモリ領域のデータを定期的に更新する機能であり，制御信号2,048点をスレーブ局64台に32点均等割付けの構成時のリンクスキャン時間(全局の制御データがマスタ局のメモリに反映される時間)を1ms以下とする超高速通信を実現している。この機能は，パラメータ設定のみでデータを更新できるため，システム構築も容易である。

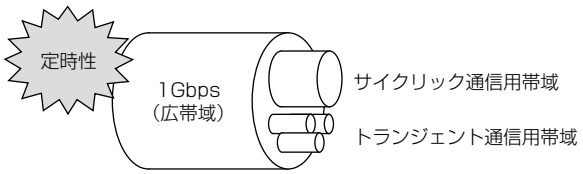


図2．帯域幅のイメージ

3.2　サイクリック通信の定時性保証強化

従来のネットワークでは，サイクリック通信中に，プログラミングツールやGOT(Graphic Operation Terminal)，上位SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)によるモニタなどのトランジェント通信が生じた場合，通信の帯域幅の不足が原因で，サイクリック通信のリンクスキャンタイムが延びることがあり，この不確定要因(トランジェント)を加味したタイミングの調整が必要であった。それに対し，CC－Link IEフィールドネットワークは，トランジェント通信と，サイクリック通信は別の帯域が確保されており，トランジェント通信のトラフィックが増大しても，サイクリック通信の通信サイクルに影響を及ぼすことはない(サイクリック通信の定時性を保証)(**図2**)。これによって，上位SCADA通信やプログラミングツールの接続有無に依存せず，安定した高速制御を継続でき，製造システムや装置の性能安定化につながる。

3.3　シームレスなネットワーク環境

トランジェント通信は，任意の機器間で1：1のメッセージ通信を行う通信機能である。CC－Link IEフィールドネットワークは，ネットワークに接続されている任意の機器に対してネットワーク番号と局番を指定することによって，メッセージ送信が可能である。この機能によって，ユーザーはネットワーク階層を超えて機器のモニタ・設定が可能となる。例えば，遠隔のエンジニアリングツールから装置内のすべてのフィールド機器に直接アクセスすることができるようになる。

この通信によって，装置の遠隔管理を手助けし，エンジニアリングの効率アップを図り，製造現場の“見える化”を支援できる。

3.4　オールラウンドなネットワーク

CC－Link IEフィールドネットワークは，業界最高速のギガビット伝送とリアルタイムプロトコルによる高速・大容量の通信帯域を生かし，一つのネットワークでコントローラ分散，I／O制御，モーション制御の混在構成を可能としている(モーション制御については将来対応予定)。さらに，Ethernetアダプタを経由して，ビジョンセンサや，RFID(Radio Frequency IDentification)リーダライタなどの汎用のEthernet機器とCC－Link IEフィールドネットワークを接続することも可能となり，システム構築の幅が広がる(**図3**)。

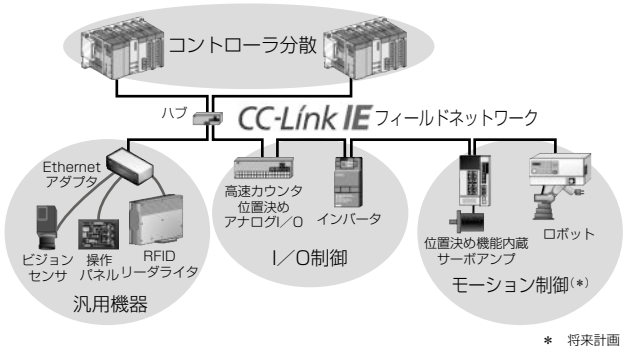


図3．各種ネットワークの混在構成

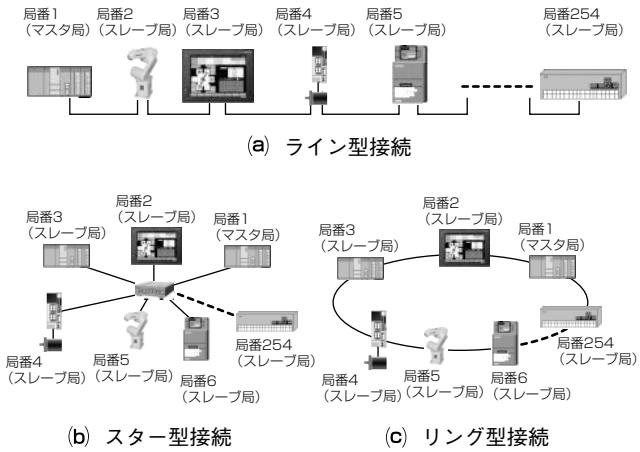


図4．CC-Link IEフィールドネットワーク構成

3.5　自由度の高い配線性

CC-Link IEフィールドネットワークは，スター型，ライン型，及びその両者を組み合わせた自在なトポロジによって，フレキシブルにネットワークを構築できる。

CC-Link IEフィールドネットワーク構成を**図4**に示す。一つのCC-Link IEフィールドネットワークは1台のマスタ局と1台以上のスレーブ局によって構成する。マスタ局は，制御データの更新を行うサイクリック通信を主導し，ネットワーク上の全局のサイクリックデータを保持する。

CC-Link IEフィールドネットワークは，独自のネットワークトポロジ自動認識技術を適用することで，**図4**(a)のようにライン型，**図4**(b)のようにスイッチングハブを使用したスター型，又は**図4**(c)のようなリング型のネットワークを構築することができる。さらに，**図5**のように，ライン型，スター型を組み合わせることで柔軟なシステム構成を構築することができる。

また，接続機器を追加する場合，スイッチングハブのEthernetポートでも，機器のEthernetポートでも，空いているポートに自由に接続でき，機器レイアウトに合わせた自由度の高い配線性を提供している。

3.6　高度なネットワーク診断

CC-Link IEフィールドネットワークは，機器及び伝送路(ケーブル)障害発生時のトラブルシュート支援のため，

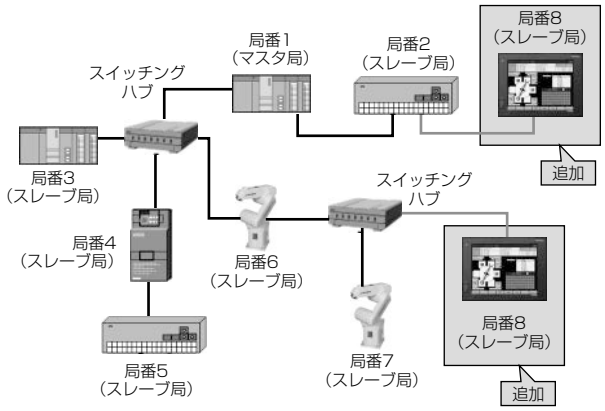


図5．接続機器の追加

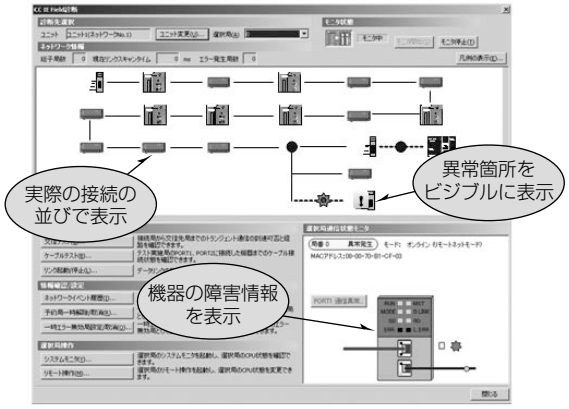


図6．診断画面

ネットワーク診断機能の充実も図っている。

従来のネットワークは，ケーブルの破損や通信コネクタ部分の不良が原因で壊れたフレームがネットワーク回線に流れる場合，壊れたフレームは，ネットワーク上の全局で受信し，全局で通信異常を検出する(CRC(Cyclic Redundancy Check)エラーカウントやショートフレームカウントがアップする)ため，異常が発生している箇所の特定が困難であり，復旧に多大な時間が必要であった。CC-Link IEフィールドネットワークでは，Ethernet準拠のFCS(Frame Check Sequence)に加えて，フレーム部のヘッダ部にHCS(Header Check Sequence)，データ部にDCS(Data Check Sequence)を設けることによって，壊れたフレームを受信した局を特定することができる。この機能によって，ケーブル障害に対して早急にトラブルシュートができる。

また，CC-Link IEフィールドネットワークは，ネットワークの確立時，各局のケーブル接続状態を収集し，ネットワーク上の各局並びの情報を構築している。さらに，各スレーブ局が送信ごとに，自局に接続している伝送路の正常／異常を伝えるフレームをマスタ局に送信し，各スレーブ局の伝送路上の異常箇所をマスタ局で確認できる機能も備えている。

これらの高度な障害検出機能を持つネットワーク診断機能によって，立ち上げ工数削減及び復旧時間の短縮が可能である。また，**図6**に示すとおり，ネットワーク上の各局並びや動作状態をビジブルに表示することができるため，高度な知識なしに，だれでも簡単にトラブルシュートが可能となっている。

4. む す び

CC-Link IEフィールドネットワークは，汎用技術であるEthernetをベースに，制御用途で必要となるリアルタイム通信と，トレーサビリティのための管理情報，機器の健全性データなど，制御用途以外のデータ交換を共存させ，高速に通信できる。また，システム構築では，簡単なネットワーク設定と，自在なトポロジによって，Ethernetに関する高度な知識も必要とせず，多様なシステムを，手間をかけずに構築できる。運用，保守でも，高度なネットワーク診断機能によって，立ち上げ工数削減及び復旧時間の短縮を可能にする。

今回当社は，CC-Link IEのフィールドレベルのネットワークとしてCC-Link IE フィールドネットワークを開発した。今後は，モーション機能，及びセーフティ対応の開発を進め，更なる適用範囲の拡充，機能強化を図っていく。そのためにも，市場やユーザーニーズを的確に把握し，使い勝手と付加価値の向上を目指した魅力ある製品づくりに貢献していく所存である。

参 考 文 献

(1) 藤田智之：コントローラネットワーク“MELSECNET/G”，三菱電機技報，**81**，No.4，273～276（2007）