

タイムクリティカル ネットワーク TC-net_{TM} 100 とその応用

TC-net_{TM} 100 Time-Critical Control Network and Its Application

梅田 裕二

UMEDA Yuji

河野 慎哉

KOHNO Shinya

岡庭 文彦

OKANIWA Fumihiko

産業オートメーションシステムは、3階層のネットワークでシステムが構成されている。そのネットワーク階層の中段に制御ネットワークが位置している。この制御ネットワークには、データ伝送の確定的応答性を要求されるとともに、オープン性及び低コスト化が求められている。

当社はこのようなニーズに応えるため、タイムクリティカル ネットワークとして TC-net_{TM} 100 を開発し、産業オートメーションシステムの制御ネットワークとして信頼性の高いネットワークシステムの構築を図った。また、これにより既存の制御ネットワークからのシステム継承を実現し、ユーザーシステムのリニューアルを容易に進めることができる。

An industrial automation system consists of three layers of networks, in which the control network is positioned as the middle network. Deterministic data communications responses are necessary in this control network. Moreover, openness and low cost are required.

Toshiba has developed the TC-net_{TM} 100 time-critical network in order to meet these needs and has constructed a network system that provides a reliable control network for an industrial automation system. The TC-net_{TM} 100 enables system succession from the existing control network, and renewal of the user system can be easily implemented.

1 まえがき

産業制御システムでは、プログラマブル ロジックコントローラ (PLC)、分散制御システム (DCS)、ヒューマン マシン インタフェース (HMI) 装置などを接続するリアルタイム性を持つ制御用ネットワークが要求されている。プロセス制御データは制御システム中の制御装置間で転送され、アプリケーションプログラムにおいて、できるだけ単純かつ確定的応答時間での処理を要求される。食品、上水、下水、紙及び鉄鋼圧延などのような産業オートメーションシステムでは、制御ネットワークにおいて限られた時間内の応答性の提供とともに、オープン性及び低コスト化が求められている。

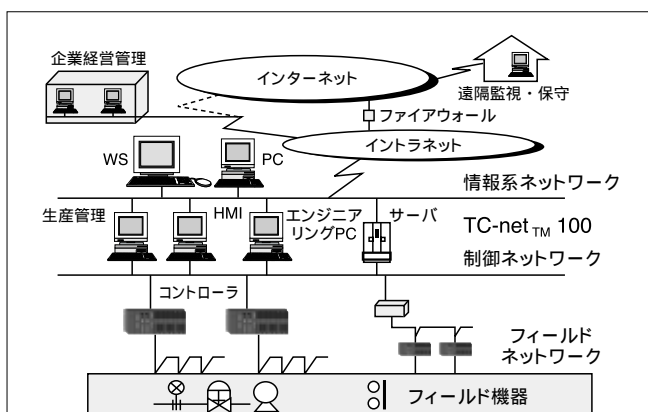
そこで、確定的応答時間での伝送を可能とするタイムクリティカル ネットワーク TC-net_{TM} 100 を開発した。

また、既存の制御用ネットワーク TOSLINE_{TM}-8000 のリニューアル時期が到来し、最新の統合コントローラ (PLC と DCS に加えてコンピュータも統合した V シリーズコントローラ) や HMI 技術の導入が要望されるようになった。そこで、TOSLINE_{TM}-8000 の既存機器を最新のシステムにスムーズにリプレースしていくため、TC-net_{TM} 100 / TOSLINE_{TM}-8000 ゲートウェイ (GW) を開発した。

2 産業オートメーションシステムの概要

一般的な産業オートメーションシステムにおける制御システムのネットワーク階層を図1に示す。

上位のネットワークはインターネットやイントラネットで、企業経営情報管理やプラントのリモート監視などに使用され



WS : ワークステーション

図1. 産業オートメーションシステムにおける一般的なネットワーク階層 - 情報系ネットワーク, 制御ネットワーク, フィールドネットワークの3階層にて構成されている。

Networking in industrial automation system

る。その下が制御システムで、情報系ネットワーク、制御ネットワーク、フィールドネットワークの3階層に分けられる。真ん中の制御ネットワークは、PLC、HMI、エンジニアリング用のコンピュータ、サーバコンピュータ間の通信を行う。TC-net_{TM}100は、この制御ネットワークに位置づけられる。

3 TC-net_{TM}100の特長

ネットワーク、特にLANの分野ではEthernet^(注1)が業界標準となっており、オープン性とコストの両面から制御ネットワークにおいても導入が進んでいる。しかし、Ethernetは、ステーション数の増加やメッセージの増加により伝送が頻繁になると、衝突が起き伝送遅延が発生するため、伝送負荷の制限などの制約が必要だった。

制御ネットワークTC-net_{TM}100は、統合コントローラVシリーズの制御ネットワークとして、監視装置、コンピュータ、コントローラ間的高速・実時間伝送を実現し、以下の特長を持ったネットワークである。

- (1) オープン性 伝送速度100 MbpsのEthernetのオープン性を維持し、衝突(コリジョン)回避機能及び確定的実時間応答性を備える。通信サービスには、制御データを3レベルの周期(高速/中速/低速)でサイクリックに伝送するスキャン伝送のほかに通常のメッセージ伝送を実装し、TCP/UDP/IP(Transmission Control Protocol / User Datagram Protocol / Internet Protocol)のサポートによりEthernetとのプロトコル互換性を確保した。
- (2) 高信頼性 オプションで、伝送路の二重化による信頼性の高いシステム構成が構築可能である。また、伝送路は光(光ファイバ)又は電気(ツイストペア)を選択可能となっている。

3.1 TC-net_{TM}100アーキテクチャ

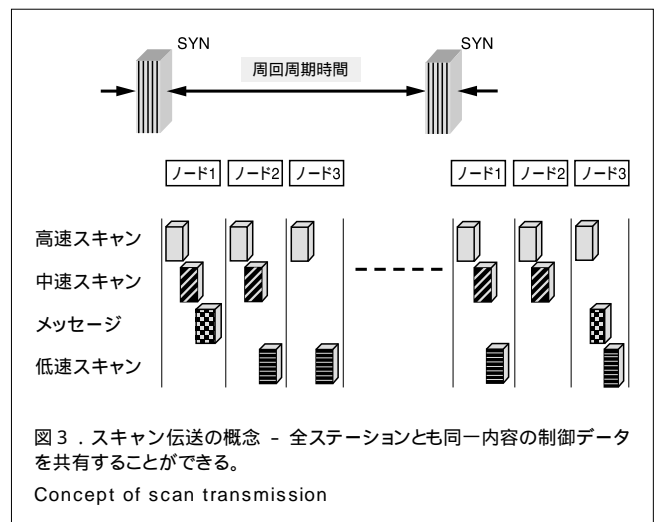
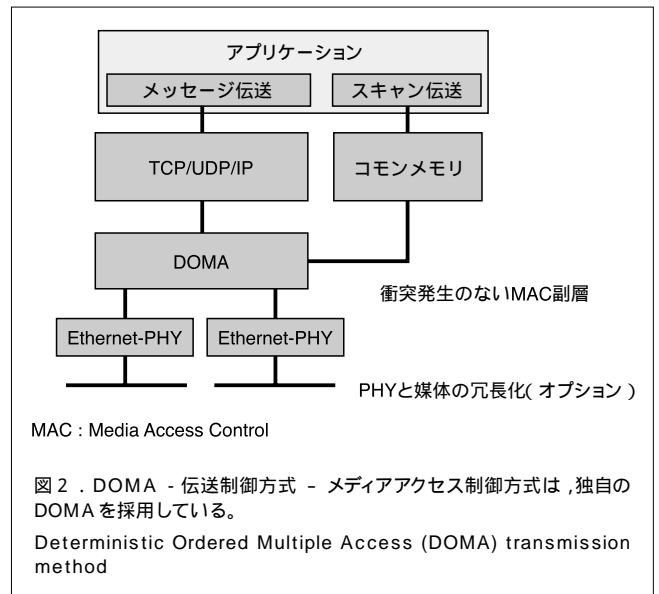
TC-net_{TM}100が持つスキャン伝送とメッセージ伝送(TCP/UDP/IP)を実現するアーキテクチャを図2に示す。

スキャン伝送を利用するアプリケーションは、必要なタイミングにて共通メモリに書き込んだり、共通メモリから読み込むことで必要なデータ交換を行うことができる。また、TCP/UDPインターフェースを利用して、メッセージ伝送を行える。

3.2 伝送制御方式

物理層(PHY: PHYSical)とフレームフォーマットは100 MbpsのEthernetに準じ、メディアアクセス制御方式を独自のDOMA(Deterministic Ordered Multiple Access)とすることで、衝突を回避することを実現した(図3)。全ノード中

(注1) Ethernet / イーサネットは、日本における富士ゼロックス(株)の商標。

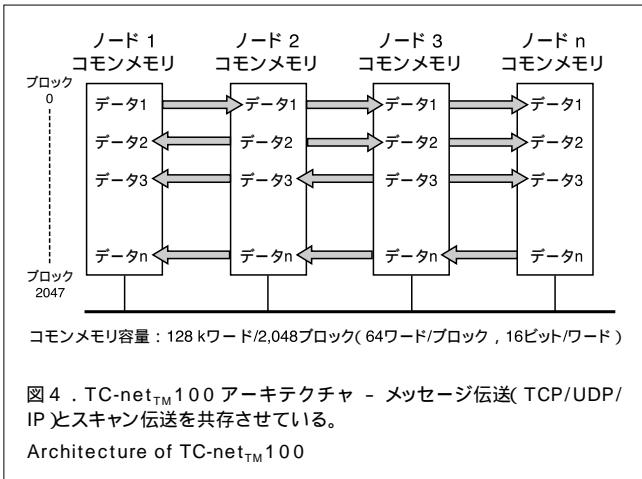


1ノードを同期(SYN: SYNchronous)ノードとし、このノードが発行するSYNフレームにより、巡回周期を維持する。SYNフレームが発行されると、ステーション番号の若いノードが送信権を獲得する。各ノードは、優先度(高速・中速・メッセージ・低速の順)の高いフレームから送信して、巡回周期を越えないように送信時間を制御する。

3.3 スキャン伝送方式

TC-net_{TM}100の特長としてスキャン伝送機能(サイクリック伝送機能)がある。どのステーションにも同一容量の共通メモリがあり、その内容は周期的に行われている同報通信(スキャン伝送)によって、全ステーションとも同一内容に更新される。ステーションに接続されている外部機器は、この共通メモリを通してシステム全体の制御データを共有することができる仕組みになっている(図4)。

これにより各ステーションは、伝送を意識することなく他のステーションとのデータ交換が可能となる。スキャン伝送は



2,048 ブロック(1ブロックは64ワード)の伝送容量を持つ。スキャン伝送は三つの優先度(高速/中速/低速)を持っており、各ブロックごとに優先度を設定することができるようになっており、各優先度のデータ更新周期を任意に決めることができる。

このDOMA制御,スキャン伝送機能,及びスキャン伝送機能を一つのASIC(特定用途向けIC)で実現することによりハードウェア,ソフトウェアアーキテクチャをシンプルに構成することができた。

装置の主な特長を表1に示す。

表1 . TC-net_{TM}100 機能仕様
Specifications of TC-net_{TM}100

項目	仕様
トポロジー	スター形
伝送速度	100 Mbps
ノード台数	最大 254 ノード/システム
伝送距離	・ 光ファイバケーブル(GI 62.5/125又はGI50/125): 2 km 100 BASE-FX用 MT-RJ型コネクタ使用 ・ シールド付きツイストペアケーブル: 100 m 100 BASE-TX用 RJ45型モジュージャック使用
通信機能	(1) スキャン伝送(コモモンメモリデータの周期的同報通信) (2) TCP/IP, UDP/IP メッセージ伝送
スキャン伝送周期	高速: 1 - 160 ms 中速: 10 - 1,000 ms 低速: 100 - 10,000 ms
コモモンメモリ容量	128kワード(16ビット/ワード)
実効伝送速度	約3.8Mワード/s(32ノード,伝送路長1kmにて)
二重化	送受信回路,及び伝送路(オプション)

4 TC-net_{TM}100のシステム構成

TC-net_{TM}100のシステム構成例を図5に示す。統合コントローラVシリーズmodel 3000のステーションバスに直結するTN7モジュールで、各コントローラ間の通信を行う。コントローラのアプリケーションは、準備された伝送命令語を利用することで伝送を行うことができる。

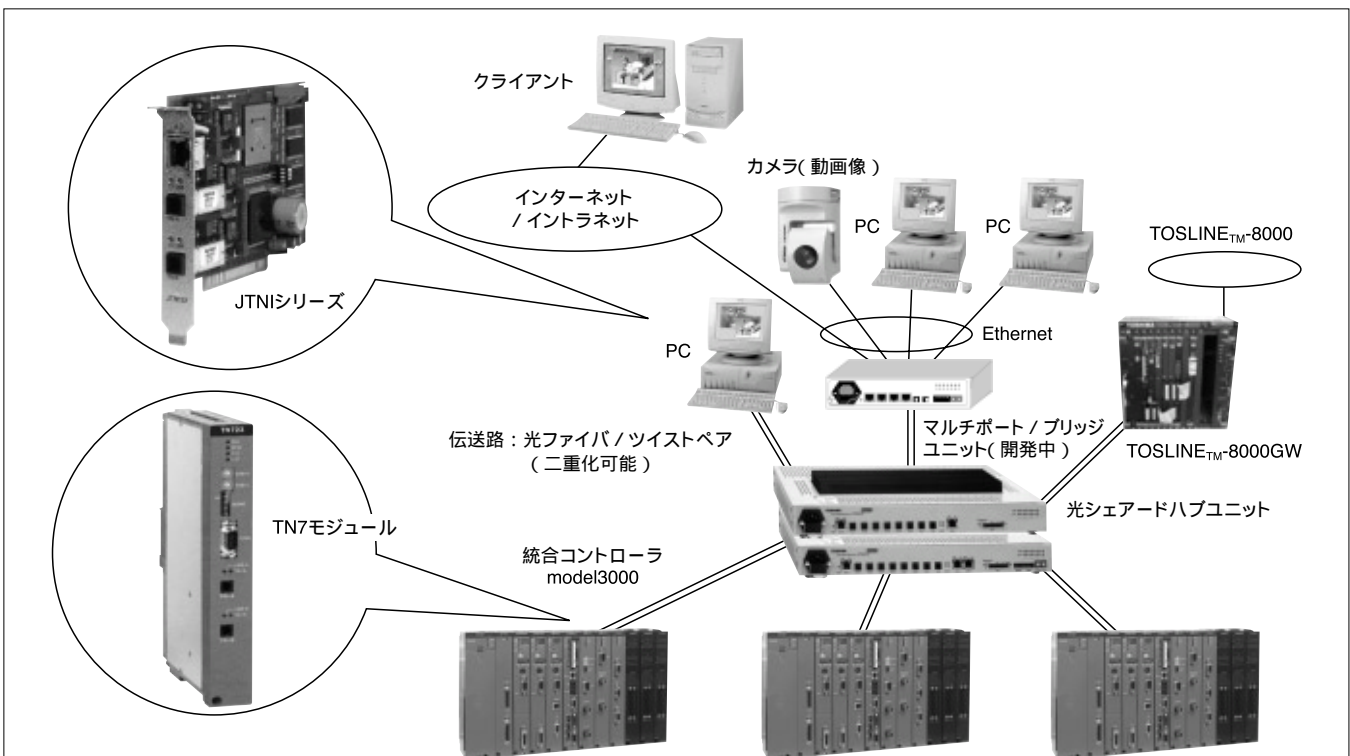


図5 . TC-net_{TM}100による情報・制御ネットワークシステム構成例 - 既存制御ネットワークTOSLINE_{TM}-8000を取り込んだ構成を示す。
Example of TC-net_{TM}100 system configuration

また、PCI(Peripheral Component Interconnect)バスカード JTNI(TC-net_{TM}100 PCIバスカード)シリーズにより PCIバスを持つWindows^{®(注2)}パソコン(PC)とも通信可能となる。PCのアプリケーションは、通常のEthernetシステムと同じアプリケーションを使用することができる。電気伝送路は、Ethernetで使用されるハブユニットで構築することができる。また、光シェアードハブユニットにより、光伝送路も構築できる。更に、伝送路はオプションで二重化伝送路を構成することもできる。

5 TC-net_{TM}100のシステム応用

5.1 既設制御ネットワークとの接続

TC-net_{TM}100のシステムの応用システムとして、既存制御ネットワークとの接続に関して、TOSLINE_{TM}-8000との接続を実現している。TOSLINE_{TM}-8000はプログラマブルコントローラ、プロセス入出力装置などの制御機器を接続し、制御データを相互に高速伝送(伝送ライン上の信号伝送速度は32 Mbps)する装置である。1980年代初頭に開発され、現在まで鉄鋼圧延プラント制御システムを中心に国内外へ数多く出荷された製品である。

今回、TC-net_{TM}100とTOSLINE_{TM}-8000という二つのネットワークを接続し、両ネットワークに流れる制御データ(スキャン伝送データ)を中継遅延なしに相互に交換を行うために、専用のGWを開発した。一般的なGWではTOSLINE_{TM}-8000側のスキャンデータが格納されている共通メモリと、TC-net_{TM}100側のスキャンデータが格納されている共通メモリの内容を、ソフトウェアあるいはDMAなどによるメモリ転送によって等値化する。しかし、これでは鉄鋼制御システムで必須とされるms単位でのデータ一致性が確保できない。

そこで、TOSLINE_{TM}-8000の送受信伝送信号に同期して、TC-net_{TM}100側共通メモリを直接アクセスし、スキャンデータを転送するFPGA(Field Programmable Gate Array)を新規に開発した。このFPGAにより、相互のスキャンデータ転送の遅延時間は1 μ s以下に抑えることができ、ms単位の制御データ更新に対してTOSLINE_{TM}-8000側とTC-net_{TM}100側のスキャンデータ一致性を確保することができた。これによって既設のTOSLINE_{TM}-8000のコントローラ及びI/O(入出力装置)ステーションを、統合コントローラVシリーズモデル3000のコントローラ及びI/Oに置き換え可能とした。

(注2) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。

5.2 マルチメディア伝送

現場状況をITV(Industrial TeleVision)カメラなどを利用して監視したいという要望が増えつつある。このような要望に対してTC-net_{TM}100では、動画像データなどの大量の一般EthernetフレームをTC-net_{TM}100上に伝送しても、制御データはスキャン伝送を利用することで大量データ伝送に影響されることなく、確定的な応答時間内での伝送が行える。

6 あとがき

オープン性と信頼性を備え持つ制御ネットワークTC-net_{TM}100をベースとした、既存の制御システムからの継承実現について述べた。更なるシステム拡張に対応するため、Ethernetネットワーク上の装置からTC-net_{TM}100の装置へのシームレスな伝送を実現し、幅広いシステム応用を図っていく。今後、培ってきた制御ネットワーク技術を継承しながら、更なる制御ネットワーク製品の開発を進めていく。

文献

- (1) 芦田和英,ほか.新しい制御システムにおけるコア技術.東芝レビュー.56,10,2001,p.6-11.
- (2) 野島章,ほか.鉄鋼プラント制御システムへの統合コントローラの適応.東芝レビュー.56,10,2001,p.23-26.
- (3) 指田吉雄,ほか.An Ethernet based Time Critical Control Network for Industrial Control Systems. ISA EMERGING TECHNOLOGIES CONFERENCE ISA.415,9,2001.(CD-ROM).
- (4) 梅田裕二,ほか.“イーサネットベースのタイムクリティカルネットワーク”.電気学会研究会資料.システム・制御研究会.11,2001,p.71-74.



梅田 裕二 UMEDA Yuji

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 計測制御機器部主務。監視制御ネットワーク装置の設計・開発に従事。情報処理学会会員。

Fuchu Operations - Social Infrastructure Systems



河野 慎哉 KOHNO Shinya

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 計測制御機器部主査。監視制御ネットワーク装置の設計・開発に従事。

Fuchu Operations - Social Infrastructure Systems



岡庭 文彦 OKANIWA Fumihiko

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 計測制御機器部主務。監視制御ネットワーク装置の設計・開発に従事。

Fuchu Operations - Social Infrastructure Systems