

CIEMAC™のコントローラ，ネットワークのコア技術

Core Technologies of CIEMAC™ Controllers and Networks

指田 吉雄
Y. Sashida

古野 英夫
H. Furuno

下川 勝千
Y. Shimokawa

分散型制御システム (DCS: Distributed Control System) におけるコントローラは制御システムのかなめであり，ネットワークは制御情報を的確に伝達するメディアとして，ともに重要な構成要素である。

当社は，IE (計装・電気制御) 融合型コントローラとそのエンジニアリングの容易性を実現し，オープン性とリアルタイム性とを両立させたネットワークを開発してきた。今後，制御システムにさらなるオープン化，インテリジェンス化が要求される中で，当社固有の制御技術を継承しながら最先端技術を取り込んだ高度な制御システムの実現を目指す。

Both the controllers and the network are key components of a distributed control system (DCS), with the former playing the role of a pivot and the latter delivering control information precisely.

Toshiba has realized the fusion of functions for both instrumentation and electric control in a single controller featuring ease of engineering, and has developed networks for realtime control with openness compatibility. In the near future, to meet the requirements of greater openness and intelligence, we aim to realize even more highly sophisticated control systems incorporating the most advanced technologies based on our accumulated proprietary technologies.

1 まえがき

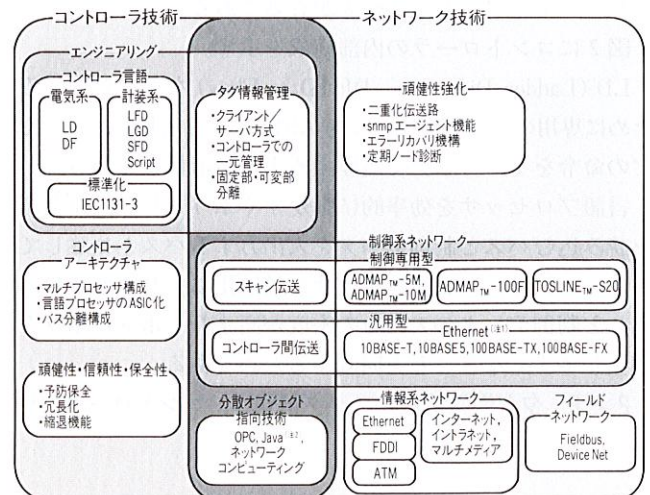
人間の五感に対応した監視・操作機能の提供を目指す HI (Human Interface) に対して，コントローラはプロセスを対象として高度な制御技術を実現する制御システムのかなめであり，また，ネットワークは情報を的確に伝達するメディアとして HI，コントローラ群複合制御系を形成するものであり，ともに重要な構成要素である。

当社の CIE (C: コンピュータ，I: 計装，E: 電気制御) 統合型 CIEMAC™ シリーズおよびオープン・ライトサイジング型 CIEMAC™ シリーズにおけるコントローラとネットワークの基本コンセプトをつぎに示す。

- (1) 制御システムとしての信頼性，リアルタイム性およびロバスト性 (頑健性) を基礎とする。
- (2) コントローラはエンジニアリングの容易性を追求し，IE それぞれに対応するリアルタイム処理を実現する。
- (3) ネットワークは基本伝送方式を国際標準または DFS (De Facto Standard: 事実上の標準) をベースとし，オープン性とリアルタイム性の両立を図る。

当社はこのようなコンセプトのもとに，制御システムの中核を担うコントローラとネットワークのコア技術を図1に示すように相関したものととらえ，それらを今後も継承・発展させていく考えである。

以下に，当社におけるコントローラとネットワークのコア技術を中心に技術動向と今後の展望を述べる。



snmp: simple network management protocol
ATM: Asynchronous Transfer Mode
TOSLINE™-S20: 東芝制御データ伝送装置

図1. コントローラ・ネットワーク技術相関図 コントローラおよびネットワークのコア技術は，相互に関連し発展していく。

Relationship between controller and network technologies

2 コントローラ技術

2.1 技術動向

コントローラに要求される基本的な課題として，立ち上

(注1) Ethernet は，富士ゼロックス(株)の商標。

(注2) Java は，Sun Microsystems 社の商標。

げ時のシステム構築の容易性、運転時の高性能・頑健性、次世代機へのリプレースの容易性があげられる。

これらの要求に対し、当社はIE融合コントローラの実現、冗長化およびRAS(Reliability, Availability and Serviceability)機能の拡充による高信頼化、ソフトウェアおよびハードウェアの互換性維持などに取り組んできた。

IE融合コントローラで重要な技術は計装制御、電気制御それぞれに適した制御言語の提供、電気制御における処理の高速化に対応するためのアーキテクチャの構築である。特に後者に関してはASIC(用途特定IC)技術による専用言語プロセッサの実現が大きな要素である。

高信頼化を目的とするシステムの冗長化は、コントローラ基幹部、制御LAN、プロセスI/O伝送路などに実施されている。また、非冗長システムにおける稼働率向上は、異常が検出されたタスクやプロセスI/Oをシステムから切り離す縮退機能により実現されている。

互換性に関しては、制御言語の継承、伝送装置やプロセスI/O装置の継承がポイントであり、前世代で開発された機器へのインタフェースをサポートしている。

2.2 現在のコントローラ

2.2.1 ハードウェアアーキテクチャ 処理の高速化を図るためには、汎(はん)用プロセッサと専用の言語プロセッサのマルチプロセッサ構成が有効である。

図2にコントローラの内部構成を示す。

LD(Ladder Diagram)、DF(Data Flow)などを処理するために専用の言語プロセッサをASICにより実現し、ほとんどの命令を1クロックで処理するよう最適化している。

言語プロセッサを効率的に動かすくふうとして、命令語を読み込むバスと制御データを入出力するバスを分離している。これは、言語プロセッサの最適化により命令語の読出しと制御データの入出力の密度が高まり、ボトルネックが生じやすくなることを回避するためである。

2.2.2 タグ情報管理 タグ情報は、コントローラがリ

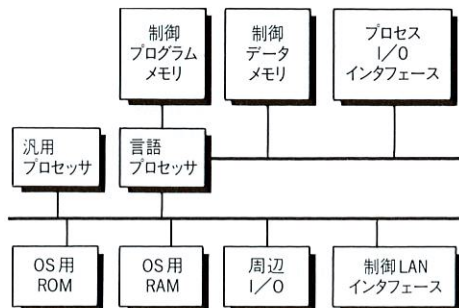


図2. コントローラの内部構成 コントローラは汎用および専用のプロセッサにより構成される。エンジンプロセッサのプログラム/データバス分離構成と合わせ、高速処理を実現する。

Controller architecture

アルタイムにシステムの状態を反映するほか、プラントの増設や調整、監視などでオペレータが介入するきわめて重要な情報である。

タグ情報管理の効率化のために以下を採用している。

(1) タグ情報をコントローラで一元管理 HIとコントローラは、タグ情報についてクライアント/サーバの関係となる。この構成の利点は、リアルタイム性がもっとも要求されるタグ情報ファイルへのアクセスが効率化されることと、タグ情報の追加、変更、削除などの作業がHIに発生せず、コントローラで集中的に作業ができることである。

(2) タグ情報の固定部、可変部分離 タグ情報のうち、設定情報など固定的なものと、PV(プロセス変数)情報など更新を前提としたものを分離することにより、メンテナンス時の容易性、確実性を高めることができる。

2.2.3 コントローラ言語 コントローラ言語の体系を図3に示す。電気系、計装系のそれぞれの制御分野に適した言語の提供により、プログラミングを容易にしている。

また、各言語を構成する命令語処理レベルにおいてマルチプロセッサ協調実行を実現しており、言語プロセッサで高速性を、汎用プロセッサで柔軟性を確保している。

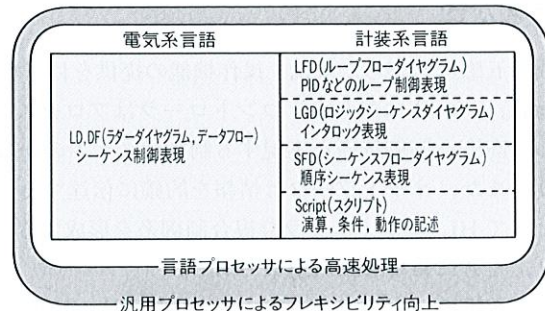


図3. コントローラ言語と実行方式 応用分野別に特化した言語と最適なプロセッサの組合せにより、プログラミング効率と実行効率の向上を図る。

Languages and processors

2.2.4 信頼性・保安全性 従来、単に故障の検出を行うことがRAS機能の目的であったが、故障発生の予測を行う予防保全が要求されてきた。これに対し、故障発生率の温度依存性に着目し、コントローラ内部に温度センサを設置して、温度環境の時系列データの評価を容易にした。

2.3 今後の展望

2.3.1 言語の標準化 コントローラ言語の規格としてIEC1131-3^(注3)があり、パソコンベースのソフトウェアPLC(Programmable Logic Control)ではすでに対応版ツールが出

(注3) IEC1131-3はIEC(International Electrotechnical Commission)の規格。

現している。

次世代のコントローラは既存の製品との互換性、オープン化への要求の双方にこたえる必要がある。このため、上記規格へ適合させる言語は、従来言語の良さを生かしたもので検討していく。

2.3.2 DFSと固有技術の融合 低価格化を背景としてパソコンやEthernetの普及が目覚ましい。コントローラの固有技術の領域においてもこれらの技術との親和性が欠かなくなってきた。固有技術による機能・性能を継承したうえでDFSのメリットを取り込むよう融合を図ることを検討していく。

2.3.3 システム構築の自由度向上 コストと性能の最適配分を目的として、シーケンス制御、アナログ制御、コンピュータ制御の組合せ、規模の異なるコントローラの相互接続などのスケーラビリティとフレキシビリティの向上^(注4)を行っていく。

2.3.4 統合エンジニアリング支援環境 コントローラ規模や制御種別に依存せず、さらに上流設計からメンテナンスに至るライフサイクルすべてにわたり、統合化したエンジニアリング環境の提供を行っていく。

3 ネットワーク技術

3.1 技術動向

3.1.1 CIE 統合ネットワーク 当社は1989年、制御用途として有力な国際標準化LANであるミニMAP (Manufacturing Automation Protocol) に、リアルタイムなスキャン伝送機能を付加した制御LAN ADMAPTMを開発し、IE 統合コントローラの統合制御システム CIEMACTMへの接続に採用した。さらに、国際標準 FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 準拠の100 Mbps 光ファイバによる高速・情報制御LANにスキャン伝送とTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 通信機能を実装し、情報系と制御系との融合を一段と進めることに成功した。

3.1.2 オープン・ライトサイジングシステム 90年後半になると、ユーザとメーカ双方が協調して発展させてきた統合制御システムは、さらに生産管理やプラント保全、プラント解析などの情報処理系との融合ニーズ、および情報系から始まったダウンサイジング化と、通信・ネットワークのオープン化技術を導入したオープン・ライトサイジングシステムに発展した。

3.2 制御システムネットワークの現状

オープン・ライトサイジングシステムのネットワーク階層は、大きく分けて情報系ネットワーク、制御系ネットワーク、およびフィールドネットワークに分類でき、それぞれ

(注4) モジュール、ユニットなどの組合せで、システム規模に応じて自由に柔軟な構成を組めること。

れ各階層に割り当てられた役割を担って動作する。

制御系ネットワークは、監視装置や産業用コンピュータなどから操業指令をコントローラへ与え、実績情報のフィードバックを得る監視制御LAN機能と、インタロック目的などのリアルタイム制御情報をコントローラ間で高速伝達する制御LAN機能をもつ。これら二つの機能は、制御系ネットワークとして一つのLANに実装されることもあるが、効率を重視して、監視制御LANと制御LANに分離して実装されることも多い。また、比較的リアルタイム性が緩やかな監視目的の場合には、情報系LANを制御系ネットワークの代用として適用していく方向にある。当社では情報系の代表であるEthernetを監視制御LANとしてオープン・ライトサイジング型 CIEMACTMシステムに採用した。以下、CIEMACTM-DS (大規模向け)での適用例を紹介する。

3.2.1 Ethernetの監視制御LANへの適用 Ethernetの標準機能に加え、ステーション診断、ネットワーク管理機能などの異常検出および診断する仕組みを搭載した。また、トラフィック(ネットワークの伝送量)低減や同報送信方法の改善、2系統のEthernetを使用したメディア冗長を実現し、制御LANには必須(す)となるロバスト性の強化を行っている。図4にコアとなるEthernet二重化の概要とプロトコルスタックを示す。二重化動作は、同一パケットを2系統のEthernetへ送信し、双方から受信するパケットを先着優先方式で監視制御LANとしては不可欠な二重化を当社のIRCP (Internet Redundancy Control Protocol) で実現している。この方式では、並列動作のため片方のEthernetに障害が発生しても、TCP/IPのタイムアウト検出時間遅れによる応答時間ロスが発生しない特長がある。

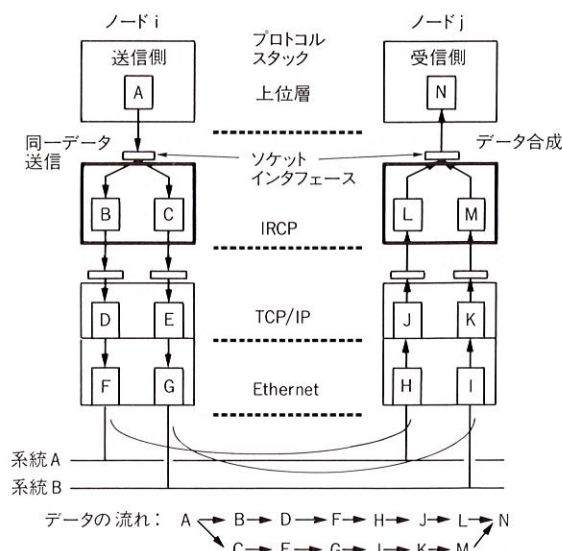


図4. 二重化 Ethernet 概要とプロトコルスタック 送信データ A は、送信側 IRCP でパケット B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M の順に送られ、受信側 IRCP で受信データ N を合成する。

Outline of redundant Ethernet and protocol stack

3.2.2 標準フィールド ネットワークへの展開 フィールドネットワークは、従来、直接個々にデータ授受していたアナログセンサやアクチュエータなどのI/O機器をネットワーク経由で接続して、保守・保全を含めたインテリジェントなデータ伝送を行う。現在は各社固有のネットワークが中心だが、数種のネットワークについては世界的なオープン化推進団体により普及活動が行われている。一例としてフィールドバス協会ではIEC, ISA (Instrumentation Society of America)の規格をベースにしての早期製品開発を目指しており、97年5月にはH1 (31.25 kbps)レベルの日本でのフィールドトライアルを完了し、製品化も間近となっている。また、DeviceNet^(注5)などのほかのDFSフィールドネットワークによるいっそうのオープン化が進行しており、当社もこれらに対応している。

3.3 今後の展望と当社の取組み

将来のオープン・ライトサイジングシステムは、オープン化、ロバスト性に加え、ハードウェアやソフトウェアに依存しない協調・知的分散システムに代表されるようなオブジェクト指向性が望まれている。また、制御ネットワークだけでなくフィールドネットワークを含んだ設備診断やリモート保守・保全、またリモートエンジニアリングなどの統合的な管理や、マルチメディア情報を監視・制御に利用するニーズがある。さらに、これらは監視・操作場所を限定せず制御システム以外の遠隔から容易にアクセスできるグローバルな制御システムが望まれている。

図5は、将来の制御システムとネットワークアーキテクチャを示したものである。ネットワーク階層は現在のアーキテクチャを継続するが、情報系においては広域網のインターネット技術利用や、企業内イントラネット利用のリモート監視、リモートエンジニアリング、またフィールドネットワークまでを含めたりリモート保守・保全サービスなどの適用を行っていく。

当社はオープン化の進んだ情報系のDFS LANを制御ネットワークに取り込むことにより、HIを中心として進歩が著しいOPC (OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control), Javaなどの分散オブジェクト指向技術やネットワークコンピューティング技術を制御システムに容易に取り込めるネットワーク環境を整備し、制御システムのネットワークとしてオープン性をそこなくタイムクリティカル技術を組み込み、高性能および高信頼性に取り組んでいく。

4 あとがき

コントローラおよびネットワークのコア技術についての

(注5) DeviceNetはODVA (Open DeviceNet Vendors Association, Inc)の登録商標。

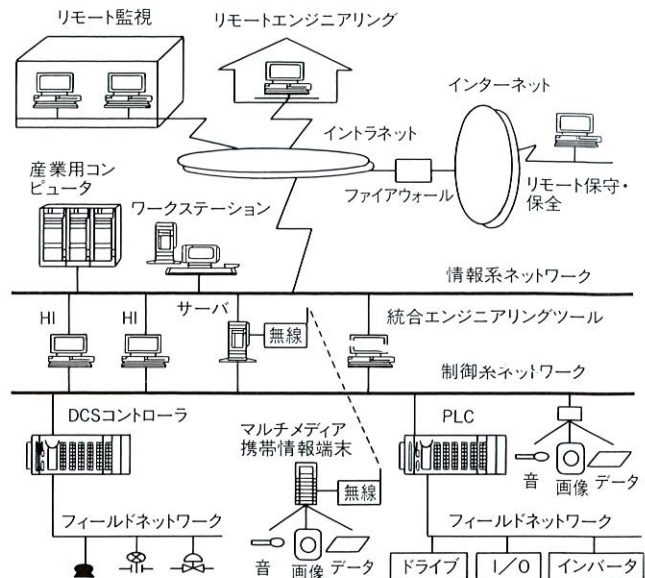


図5. 将来の制御システムのネットワークアーキテクチャ例 オープン・ライトサイジングを指向する制御システム。

Example of network architecture of future open and rightsizing control system

技術動向と当社の取組みについて述べた。今後いっそうのオープン化、高信頼性とユーザビリティの向上に努め、PA (Process Automation), FA (Factory Automation)の生産管理からフィールドの保守まで一貫した統合・協調分散による新・生産システムを構築できるコンポーネント製品の開発を目指していきたい。

文 献

- (1) 指田吉雄, 他: 情報・制御統合 LAN ADMAP_{TM}-100F 東芝レビュー 48, 10, pp.733-737 (1993)
- (2) 平賀洋勝, 他: CIEMAC 制御技術と DFS ソフトウェア技術の融合, 東芝レビュー 50, 10, pp.760-762 (1995)
- (3) 指田吉雄: FA 通信システムのオープン化, 精密工学会誌, 63, 5, pp. 625-628 (1997)



指田 吉雄 Yoshio Sashida

府中工場 マイクロエレクトロニクスシステム機器部主幹。産業制御用データ伝送装置の開発・設計に従事。電子情報通信学会会員。

Fuchu Works



古野 英夫 Hideo Furuno

府中工場 マイクロエレクトロニクスシステム機器部主幹。プロセス制御装置ハードウェアの開発・設計に従事。電子情報通信学会会員。

Fuchu Works



下川 勝千 Yoshiyuki Shimokawa

重電技術研究所 エレクトロニクス技術開発部主幹。産業用マイクロエレクトロニクス制御装置・センサの研究開発に従事。電気学会, 電子情報通信学会, IEEE 各会員。Heavy Apparatus Engineering Lab.