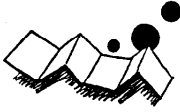


解説



制御用分散処理システム†

平子 叔男^{††} 平井 浩二^{†††} 寺田 松昭^{††}

1. ま え が き

計算機により、鉄鋼プラントや化学プラントを制御するシステムは、計算機制御システムと呼ばれる。計算機制御システムは、本質的に分散だと言われているが、その発展過程を見てみると、当初は分散化に重点が置かれていた。すなわち、計算機能力の制約から、高速応答性の確保、危険の分散、プラント全体の拡張性の実現などが重視され、必然的に制御プロセスあるいは、生産ライン単位での計算機化が実施された。次に、制御技術の進歩と計算機能力の向上とが相まって、

- (1) 各生産ラインを有機的に動作させ、システム全体としての制御効率を向上させる。
- (2) 運転員の削減など工場全体の運用効率を向上させる。
- (3) 計算機の利用効率を向上させる。

などをねらいとして、端末は広域に分散するが、処理は中央に集中するという方式が採られるようになった。しかし、この方式も計算機制御システムの大規模化に伴い、計算機への負荷の集中、システム拡張性の困難さが問題となり、分散処理と集中処理のメリットを合わせ持ったシステムへのニーズを生み出した。これを実現可能にしたものが、マイクロコンピュータをはじめとする大規模集積回路の発達による経済性の実現とデータ伝送技術およびネットワーク技術による効率のよいシステム統合化技術の進歩とである。

日立製作所では、上記システム動向をとらえ、HIDIC 80 シリーズ (HIDIC 80, HIDIC 08) 間の統合ネットワーク・システム (Distributed Process Control System (以下 DPCS と略す)) を開発し、実用に供してきている。本稿では、DPCS を実例として、計算機制御システムにおける分散処理すなわち制

御用分散処理システムの実現例、課題、今後の展望について述べる。

2. システムの実例——DPCS

2.1 システムのねらい

高速応答性、危険の分散、拡張性など分散処理には、数々のメリットがあるが、前述のように依然として集中処理のニーズも根強く存在する。したがって下記のようにその両ニーズを融合し、「最適分散」を図ることが重要である。

システム全体を管理するホスト計算機とプラントに分散配置された端末計算機群とを伝送装置で相互に結合し、処理の分散と運用・保守機能の中央集中を図る。端末計算機はプラントと接し、高速応答を要求される処理を行う。ホスト計算機は、ファイルやプログラム開発のための周辺装置 (カード・リーダーなど) を備えるとともに、システム全体を統括する。処理を複数の計算機に分散させることによって計算機ダウン時の危険を分散し、プラントとの応答性を良くする。システムの運用・保守機能をホスト計算機に集中することによって、端末計算機サイドを無人化するなど、システムの運用・保守コストを低減する。

DPCS は、以上のねらいのもとに開発した制御用の分散処理ネットワークである。

2.2 システム構成と機能

DPCS は、日立の制御用コンピュータ HIDIC 80 をホスト計算機とし、同じく制御用マイクロコンピュータ HIDIC 08、端末コントローラ (リモート・ステーション: RST) を高速データウェイ (2 Mbps) で結合して構成する。

HIDIC 80 と HIDIC 08 は、いずれも 16 ビットのワードマシンで、その命令および入出力インタフェースにおいて互換性を有する。

DPCS のシステム構成例を図-1 に、データウェイの主たる仕様を表-1 に、機能一覧を表-2 に示す。以下では、DPCS の特徴的な機能について、説明する。

† Distributed Processing System for Computer Control by Yoshio HIRAKO and Matsuaki TERADA (Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.), Koji HIRAI (Omika Works, Hitachi, Ltd.).

†† (株)日立製作所 システム開発研究所
††† (株)日立製作所 大みか工場

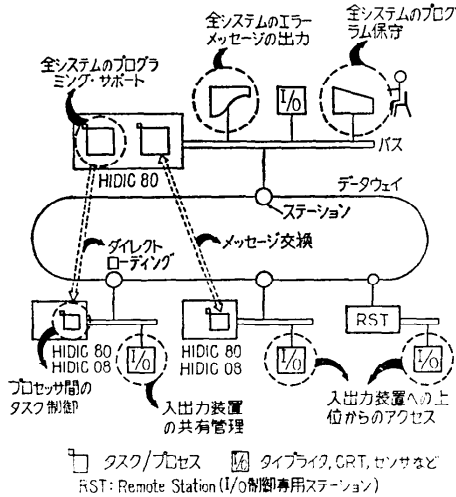


図-1 DPCS におけるシステム構成例

表-1 データウェイの主な仕様

項目	仕様
構成と通信	<p>任意ステーション間の通信可能</p>
伝送速度	2Mビット/秒 (回線上の最大ビット速度)
実効速度	100K 語/秒 (通信制御オーバーヘッドを除いた値)
ブロック長	可変・長
通信制御	優先制御付コテンション
エラー処理	CRC(データ部)反転2連送(制御部)/一巡照合エラー時リトライ
伝送路	同軸ケーブル
規模	最大255ステーション/ループ
ステーション間の距離	最大1km (バイパス時2km)
多重化	伝送路およびステーションの二重化可能

(1) プログラム開発支援

HIDIC 08 で動作させるためのアプリケーション・プログラムを、HIDIC 80 のプログラム開発支援システムによって開発 (コンパイル, アセンブル, リンクエディット及びテストラン) できる。更に, デバッグを完了した HIDIC 08 のプログラムは, データウェイ経由でダイレクト・ローディングできる。これによ

表-2 DPCS のサポート機能一覧

項目	説明
プログラミングサポート	HIDIC 08 プログラムの アセンブル, コンパイル, リンクエディットを HIDIC 80 にて行う。
メッセージ交換	HIDIC 80, HIDIC 08 タスク相互間でのメッセージ交換
入出力装置へのアクセス	HIDIC 08, RST に接続された入出力装置を HIDIC 80 からアクセスできる
入出力装置の共有管理	HIDIC 08, RST に接続された入出力装置へ HIDIC 80 からアクセスする場合の排他制御
タスクの制御	HIDIC 08 内のタスクに対して HIDIC 80 から起動, 起動禁止及び起動禁止解除などを行う
ネットワークリソースの制御	ネットワーク内リソースの組み込み, 切離し制御 (ソフト的)
エラー・メッセージの出力	ネットワーク内で発生したエラーを HIDIC 80 にて収集し, エラーメッセージを出力する
プログラム保守	HIDIC 08 プログラムのデバッグ・サポート
RAS サポート	エラーの検出と再試行及び代替経路への自動切換

り, プログラムの作業をホスト計算機に集中することができる。

(2) 通信管理

ホスト計算機と端末計算機間でのメッセージ交換機能であり, ネットワークの種々の機能をサポートするための基本となる。DPCS では, システムのハードウェア構成とは独立な「論理伝送路」という概念を実現し, 複数ユーザによる伝送路の共用 (論理多重), システムの拡張性, 使い易さの向上を図っている。

(3) データ管理

ホスト計算機と端末計算機相互間で, 互いの入出力装置やファイルを共用しあえるようにする機能である。DPCS では, 例えば, HIDIC 80 のプログラムからみたととき, 自計算機の入出力装置を使う時と, HIDIC 08 の入出力装置を使う時とは, 全く同一のマクロ命令でアクセスできるようにしている。

(4) タスク管理

ホスト計算機から端末計算機のプログラムの起動/停止が, 自計算機内と同一マクロ命令で行えるようにし, ホスト計算機からのテストとデバッグ操作を可能にしている。

(5) 運用・保守支援

HIDIC 80 のオペレータ・コンソールより, HIDIC 08 のメモリ内容の参照, 変更 (パッチ) 及び印字が可能なほか, メモリ領域の割当て, 管理も行える。また HIDIC 08 には全くプログラムが無い状態でも, ハードウェアが持つ機能により, プログラムを転送 (イニシャル・プログラム・ローディング: IPL) することができる。これらにより, 運用・保守の操作をホスト

計算機に集中できるようにして、省力化を可能にしている。

2.3 ネットワーク・ソフトウェア⁴⁾⁵⁾

前節で述べたような、分散設置されている計算機を管理するための機能や分散された処理相互をつなぐための機能を提供するネットワーク・ソフトウェアに対して、DPCSでは、下記の考えで標準化をはかるとともに、拡張性のあるものになっている。

計算機単体では、ハードウェア資源やソフトウェア資源をオペレーティング・システムという基本ソフトウェアによる資源の効率的運用管理のもとで使用している。DPCSでは、この考え方を分散システム全体に拡張して、ネットワーク・ソフトウェアを複数の計算機及び端末が伝送ラインで結合されたネットワーク全体の管理を行うオペレーティング・システムすなわちネットワーク・オペレーティング・システムであるとして標準化している。ネットワーク・オペレーティング・システムは、ネットワーク内に広く分散して存在するため、それらが相互に正確に機能するには、計算機間の約束事である「通信規約(プロトコル)」を明解でかつ将来の機能拡張にも十分耐えられるものにするのが大切である。このためDPCSでは、ネットワーク・オペレーティング・システムの管理レベルを分割し、各々のレベルごとに独立したプロトコルとする階層構造のプロトコルとしている。

更に、ユーザ・プログラムの作り易さなどオペレーティング・システムとしての基本的条件を満足させるとともに、制御用として、高い信頼性、優れた応答性、ユーザ・エリアを圧迫しないコンパクト性を実現している。例えば、HIDIC 80 と HIDIC 08 間でのメッセージ転送スループットは、100k ビット/秒以上であり、HIDIC 08 へのプログラム・ローディングは、数秒で終わることができる。また、ネットワーク・ソフトウェアの常駐部として必要なメモリ容量は、HIDIC 80 の場合で 5k 語以下である。

3. 考 察

本章では、DPCS の開発を通して解明されたことを中心に、分散処理の利点、技術的問題点、それらの解決策と今後の展望について考察する。

3.1 分散処理の利点

分散処理の利点は、多岐にわたるが、計算機制御システムでは、下記の事項が特に重要である。

(1) 高速応答

遠方のプラントの制御において、データ・ウェイなどを經由するより、プラント側に分散して計算機を設置することによって応答性を著しく改善できる。例えば、DPCS では、3~8 倍の改善を達成している。

(2) 危険分散

端末計算機は通例 30 ループ位の DDC (Direct Digital Control) を行うように機能分担でき、特に 2 重化構成を必要としない。

この他、ますます進んでいる計算機制御システムの大規模化に対しても、充分対処できている。また、システムの拡張性についても大きな効果を持つと予想される。

3.2 分散処理の課題

分散処理は、前記利点を有する反面、以下のような多くの克服すべき課題も内に秘めている。

(1) 運用・保守効率の低下

分散システムは多くの計算機で構成されるため、各計算機を従来通りの運用・保守形態にしたのでは、効率が悪い。例えば、数 km も離れて点々と存在するコンピュータに、プログラム読み込み装置を持って、プログラムをローディングさせるには数時間を要するであろう。これに対しては、中央のホスト計算機から、システム内の全計算機に対する運用・保守を行えるようにして、解決が図られている。

(2) ネットワーク・ソフトウェア

分散された処理相互を接続するためのネットワーク・ソフトウェアが複雑になったり、システムごとの手作りとなったのでは問題である。これに対しては、ネットワーク・オペレーティング・システムという考え方で接続ソフトウェアを標準化することにより解決されている。

(3) ファイルやデータ・ベースの分散

処理の分散だけでなくデータ(ファイルやデータベース)の分散も必要なケースも多い。このためには、データへの相互アクセスはもとより、写しを持った場合の更新の同期化など多くの未解決の問題がある。これについては、分散データベースとして研究が進められている。

(4) システム故障の問題

多くのハードウェアとソフトウェアからシステムが構成されており、それらが連係を持って 1 つの機能を遂行するため、障害力所の発見や原因の究明が困難である。これに対しては、オンライン・パトロールによる監視やネットワーク全体を対象とするきめの細い診

断ツールが望まれる。

(5) システムの総合性能把握が困難

上記(4)と同じ理由により、システム全体としての真の性能把握とそれに基づくシステム設計が困難である。例えば、ネットワークの多くの機能が、リソースのアクセス側と被アクセス側の双方に存在するプログラムの連係によって遂行され、しかも、その両者をつないでいる伝送路は、多くの計算機が共通に使っているため、システム全体の動きとしてとらえないと性能がわからないといった具合である。このため、性能を解析するためのモデル化や性能測定のためのツールが望まれる。

(6) ネットワーク・システムの管理が困難

全計算機が共有でき、しかもシステムダウン時以外はダウンしないメモリを持つことが、ネットワークでは通常困難なので、システム・ステータスなど管理情報の保管が難しい(ある計算機に集中すれば信頼性が問題になる)。また、計算機相互の通信(ある程度の時間的なずれが発生する)によらないと相手のステータスをつかめないの、ネットワーク全体のステータスをつかみにくい。これらに対しては、制御そのものを分散するなど多くの検討課題がある。

(7) ソフトウェアのオーバヘッド

データウェイなどの伝送装置の速度向上に伴い、メッセージ転送や遠方からの割込み処理などにおいて、ハードウェア・オーバヘッドに比してソフトウェア・オーバヘッドの占める割合が増大することが予想される。したがって、今後高速伝送ハードウェアを活かす方式の開発が望まれる。たとえば、機能分担をよりハードウェア側にシフトしたり、通信処理をフロントエンドプロセッサ化したりすることが必要になろう。

3.3 今後の展望

以上、制御用分散処理システムの現状について考察してきたが、これをふまえ、この分野の今後の発展方向を展望する。

(1) 半導体技術の進歩

半導体技術の進歩は、メモリ素子の1チップ当り情報量(8kビット, 16kビット, …と年々向上)からもわかるように、きわめて著しい。このことは、分散処理システムをコスト面からますます有利なものにし、分散処理という形態の利用を促進するであろう。

(2) データ伝送技術の進歩

光通信技術とパケット交換技術の2つが重要である。光ファイバには、広帯域性、低損失性、本質的な絶

縁性、非誘導性などの特質がある。これらを活かし、情報伝送システムでの伝送速度の飛躍的な向上、長距離化、耐ノイズ性の向上を実現できる。このため、制御用の分散処理システムに急速に普及すると予想される。

また、モデム伝送をベースにした広域システムにおいても、トータル化は着実に進んでおり、分散された計算機を相互にフレキシブルに接続するため通信網を近代化したいというニーズが生れよう。それには、パケット交換技術が使われることになる。

(3) 汎用計算機との結合

計算機制御システムは、幾つかのレベルに分けて、トータル化が進められており、今後更に上位レベルとのトータル化が進むと考えられる。このため分散された処理を上位レベルの計算機やネットワーク・システムとフレキシブルに結合できる手段が求められている。これについては、制御用システムを端末制御装置として位置づけ、上位システムのTSS, RJE, データベースを利用できるようにする方向に進むと考えられる。

4. むすび

既に実用に供されている日立制御用ネットワーク・システムDPCSを中心に、制御用分散処理システムの特徴、実現例、課題、今後の展望について述べた。しかし、この種のシステムは、実用になって未だ1~2年と日も浅く、拡張性など今後フィールドでの使用実績からのフィードバックを待って評価される事項も多く残されている。また、共通バスで接続された同一フロアでのマルチ・コンピュータ・システムも制御用分散処理システムとして採り上げるべきであるが、本稿では割愛させていただいた。

参考文献

- 1) 桑原, 平子: 制御用コンピュータのネットワーク・システム: 電気学会雑誌, Vol. 98, No. 3, pp. 199-203 (1978).
- 2) 平井, 他: 制御用計算機における分散処理ネットワーク技術の動向: 日立評論, Vol. 60, No. 7, pp. 1-6 (1978).
- 3) 上滝: 工業用計算機システムの集中化と分散化: オートメーション, Vol. 19, No. 10, pp. 10-12 (1974).
- 4) Kimbleton Stephen R. et al.: A Perspective on Network Operating Systems: NCC, pp. 551-559 (1976).
- 5) Schoeffler J.D.: Real Time Operating Systems for Distributed Process Control System: IFAC, 27, 3 (1975). (昭和53年12月12日受付)