自律分散型セル制御用プログラミング環境

電気通信大学 総合情報処理センター　高田昌之

要　旨

ＦＭＳ等で将来の実現が期待される自律分散制御を行なう上では、その要素たる複数の制御システムがデータを共有し、外部で発生した事象を統一的に扱える事が望ましい。更にシステムの拡張性等を考えると、プログラムがモジュール構造を持つ事が望まれる。本稿ではこの目的の為に設計した “glue logic” と、これを前提とした汎用プログラミング言語およびこのシステム上で用いられるべきプログラミング・パラダイムについて述べる。

1　はじめに

多品種少量生産を実現する生産システムとしてＦＭＳがあるが、この制御を可能な限り人間の手を煩わす事無く効率良く行なう為には、各セルの制御装置を自律分散型システムに組織して、実時間で動的な制御を行なわせる事が重要であると考えられる。

この自律分散能を実現する為には、各セル制御装置の情報の共有・交換をはじめ、外部事象の発生の検出、協調して動作するプロセスの生成や消滅の同期などを支援する処理環境と、その環境を生産技術者が容易に利用できる為のプログラミング言語処理系 / 実行時環境との整備が必要である。また、現在の生産制御プログラミング言語は機器に依存する部分が大きく、特定のセルでしか実行できない事が多い。このため、仮想化された機器に対応できる汎用の言語が熱望される。

本稿ではこれらの現状にたって、自律分散能の基盤システムとする事を目的とした glue logic、その利用を容易にする汎用プログラミング言語とそのプログラミング・パラダイムについて考察する。

2　プログラム言語と環境の役割

2.1　プログラム実行環境の役割

セルで行なわれる動作をプログラムで記述する場合に、その実行環境に要求されるものを考察すると、以下のような事柄が挙げられる。

- ワークや機器の状態や機能を充分記述でき、仮想的なワークや機器を表現できるような能力を持った、基本情報単位としてのオブジェクト。
- 並行プロセス間の情報の交換・共有や協調を実現できるようなメカニズムとしての、プロセスの仮想化能力を持ったセル内 / セル間通信システム。
- システム外部からの入力信号やプログラム内部で発生する例外条件などを統一的に扱い、出力信号の制御や例外処理プロセスの起動などを統一的に実現するメカニズム。
- ソフトウェアのモジュール化とその動的な再構成を行ない、ライブラリによるソフトウェアの再利用を促進する実行時システム。

2.2　プログラム言語の果たすべき役割

実行環境が提供する諸機能を、生産制御プログラマが容易に利用できるように支援するのが生産制御用言語の役割である。

この言語処理系では、並列処理・プロセス間同期・例外条件監視 / 処理などの、セル制御に典型的なプログラミングの中から、制御フローの部分のみを文法で規定し、構文の形で明示的に指定できるようにした。

その一方で、将来どのような生産機器が使われるようになるかは全く不明であるとの前提に立ち、機器に対する動作制御はすべて機器に対するメッセージ送付の形式を持たせることとした。これにより言語処理系の定義は機器に関する情報から全く独立なものとなり、一層の機器独立性を持たせることができる。

3　セル制御プログラミング・パラダイム

3.1　セル制御プログラミングの特徴

セルの内部では、通常複数の動作が並行して行なわれる。これをセルに着目した一つのプログラムで記述しようとすると、同時に幾つもの動作の記述を行なう必要が発生し、プログラムが非常に繁雑なものとなってしまう。

この時、動作の記述をワークに着目して記述すると、同時に一つのワークに対して行なわれる動作は多くの場合ただ一つであり、プログラミングを容易にする事ができる。その反面、セル内に複数のワークがある場合には、それらに関連する動作を実行するプロセスを複数生成して、同期を取りながら処理を進める必要がある。さらに、共有される複数のデータの整合性を維持しながら更新していく必要がある。

また多品種少量生産を行なう場合には、前後のワーク間に余り依存関係が無い場合が多い為、ワークに注目して作成されたプログラムに高いモジュール性を与える事ができる。これにより既存ソフトウェアの再利用を促し、

生産品目の追加・変更時のプログラム修正量を抑える効果を期待することもできる。

3.2 プログラミング・パラダイムの提案

各モジュールが高い独立性を持ち、他のモジュールを仮想化して扱うことができるようになると、非常に見通しの良い生産制御プログラムを作成できるようになる。これを前提として次のようなプログラミング・パラダイムを提案する。

1. 生産制御プログラムを小さなモジュールの集合として構築し、これらを柔軟に結合する糊のような基盤システム（これを “glue logic” と呼ぶ）を整備する。この glue logic を全セル制御システムに組み込み、データ共有・事象発生監視・プロセスの仮想化などを行なわせて、分散処理環境を構築する。
2. 各モジュール内部の実現もオブジェクトに対するメッセージ送付によって実現する。オブジェクトは仮想的なワークや機器を表現し、メッセージによって物理的な機器に依存しない動作指令を記述する。

ここに挙げた “glue logic” は少なくとも以下の機能を持つものとする。

- プロセス間の全ての情報交換は glue logic 経由として、メッセージの送付元が送付先に関する情報を持たずとも適切に処理できるようにする。
- 共有データを glue logic で一元管理し、データ間の整合性の保証を行なうとともに、保有するデータ間に一定の条件を満たすような変化の有無を監視し、必要なら指定されたプロセスに通知する。
- 動作時に柔軟性を持たせる為、 glue logic の動作指定はインタプリティブなものとする。

この様なパラダイムの採用により、以下のような効果が期待できる。

- 一つのワークに対する一連の作業が一つのモジュールを構成する。
- 各モジュールは論理的なまとまりとなり、再利用し易くなる。
- プログラム構造が大局的なものと局所的なものとに別れ、大局的な流れは条件に対するモジュール起動のみで表現することも容易になる。
- 共有される情報（主に大局的情報）が一箇所に集中管理され、デバッグやシステム監視を容易にする。
- モジュール間で通信等を行なう為の「決まり文句」的なコードが不要になる。
- 例外事象処理を別モジュールとし、例外処理に係わるコードを簡潔にできる。また場合分けを詳細にするような変更も容易になる。

4 glue logic の機能

以下に現在構築中の glue logic の機能を示す。

プロセス間通信機能 ＯＳや通信方式に依存しないデータ通信機能を提供する。また、セル内 / セル間での差異を吸収する。

名前による動的構造データ管理 構造を持ったデータをシンボリックな名称のみで参照し、管理できる。

データ共有・同期参照・条件付き更新 複数のプロセスが利用するデータが共通の glue logic で管理されていれば、それらのデータは共有される。相互に関連するデータ群を整合性を保ったまま更新できたり、排他制御を行なう為に特定の名前のデータが特定の値である時にのみデータを更新できることが必要である。

データ変更通知 glue logic が管理するデータが変更された場合、その事実を指定されたプロセスに通知する。これによりポーリングの必要が無くなる。

依存データ更新 glue logic が管理するデータ間に依存関係が定義されていた場合、基となるデータに変更があった場合には自動的にそのデータに依存するデータを再計算する。データ変更通知と組み合わせると、データ間に特定の関係が成立した時に通知を行なうことができる。

5 おわりに

本講演では現在構築中のセル制御用プログラミング環境の概要を説明した。現在コーディング中のこのシステムを使うことにより、高機能な生産制御プログラムをより少ない工数で実現できるようになるものと期待できる。

References

- Takata, M., Hasegawa, M., Matsuka, H.: ”A Unified Environment for Production Operation”, *Proc. of Symp. on Manufacturing Application Programming Language Environments*, Ottawa, Canada, May 14-15, 1990, pp.85-94 (5/15/1990)
- 高田昌之, 長谷川雅樹, 松家英雄: ”近未来の Shop Floor Control System”, 1991 年度精密工学会 春季大会講演論文集 D-37, pp.617-618 (3/27/1991)
- 高田昌之: ”オブジェクト指向による FA ソフトウェアの開発”, 精密工学会誌, Vol.58, No.10, pp.1649-1651 (1992)
- Takata, M.: ”A Programming Environment for Factory Automation”, *Proc. of Symp. on Manufacturing Application Programming Language Environments*, Ottawa, Canada, Oct. 4-5, 1993, pp.215-224 (10/5/1993)
- Takata, M.: ”An Integreated Environment for Factory Automation”, *Integrated Computer-Aided Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., in printing