

制御用エキスパートシステム — シミュレーション機構の並列化に関する検討 —

小沼 千穂* 五嶋 安生** 持地 繁*** 村田 仁***

(株)東芝 *システム・ソフトウェア技術研究所 **重電技術研究所 ***府中工場

1 はじめに

筆者らは、論理型言語のプラント制御への適用を検討するため、マルチP S I上において火力発電プラントの制御用エキスパートシステムの研究開発を行なっている。本システムは、不測異常にも対応できる柔軟な制御を実現するシステムであり、静特性に基づく制御操作の導出と、動特性に基づく検証、評価という処理サイクル(詳細検証評価系)によって、ダイナミックな制御知識生成を行なう[1]。

図1に詳細検証評価系の構成について示す。

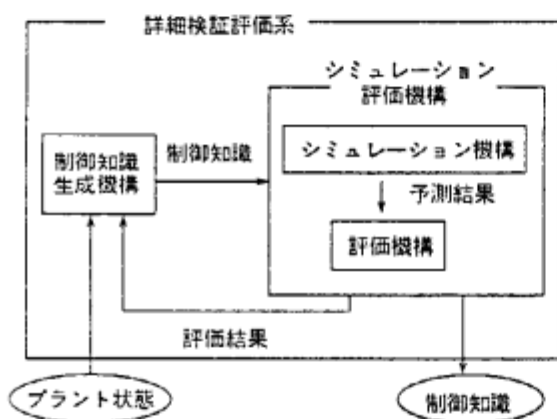


図1 詳細検証評価系のシステム構成

制御知識生成機構では、現在のプラント状態、機器に関する機能、構造、運転原則等の静特性に基づいて整理されたモデル知識から、不測異常に対処するための操作を導出し、操作に関する制御知識を生成する。シミュレーション評価機構では、生成された制御知識に基づいて操作が行われた時のプラントの挙動変化を、動特性モデルに基づいて予測することにより、制御知識の詳細な評価を行なう。挙動予測により、プラント制御上の不具合発生が予測される場合、制御知識生成機構へフィードバックし、不具合解消に必要な操作に関する制御知識を生成する。

ここでプラント制御におけるリアルタイム性を確保するには、詳細検証評価系を構成する各推論モジュールの高速化が必要となる。

本論文では、詳細検証評価系における動特性モデルに基づく推論モジュールであるシミュレーション機構の並列推論による高速化を実現し、詳細検証評価系の高速化に関する実現可能性について示す。

2 シミュレーション機構

2.1 概要

本機構では、制御知識の検証を行なうために、動特性モデルを用いて操作の実行によるプラント挙動変化の予測を行なう。また、ファジィ化定性推論によるシミュレーション手法を実現している[2][3]。本手法は、モデルの曖昧性を考慮できる有用な方法であるが、各演算処理を全ファジィルールの総合評価によって行なうため、数値シミュレーション等と比較して、演算コストが高いという欠点がある。これを解消するために推論機構の並列化を行ない、マルチP S I上での実験評価を行なった。

2.2 並列推論方式

図2に並列推論方式について示す。

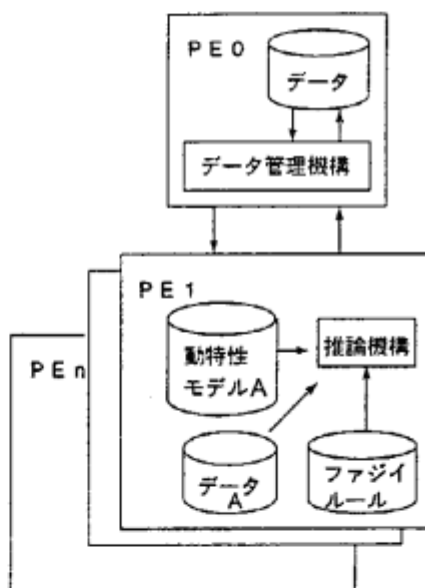


図2 並列演算処理方式

対象システムに関する動特性モデルを複数のエリアに分割することにより、推論処理の並列化と、データの分散管理化を行なう。すなわち、分割されたモデルの各エリアごとにP E (Processor Element) を割り当て、推論処理を並列化する。また、各エリア毎の固有データは各P Eで分散管理し、複数のエリア間で共有するデータについては1台のP Eで管理する方式を採った。

本実験に用いたマルチP S Iは共有メモリを持たない16台の組結合P Eから構成される並列論理型推論の計算機である。このマルチP S I上で並列効果を上げるためには、各ブロック間でのデータの依存関係が少ないこと、管理P Eへのアクセスが集中しないこと、分割された各エリアにおける推論コストがP E間の通信コストと比較して小さくないことを考慮して、モデル分割を行なう必要がある。

また本方式は、管理P Eを介さずに各ブロック間で直接データのやりとりを行なう方式と比べると、管理P Eへの通信が集中する分だけ並列効果が低くなることが予想される。しかし、各P Eの管理P Eへのアクセス回数は平均2(回/ステップ)程度と少ないこと、通信データ量が1つのパラメータ値のみで少ないこと等から、アクセス集中による負荷は非常に小さいと考えられる。また、データアクセス制御に関するプログラム構築の容易性を考慮して、今回の実験では本方式を採用した。

3 実験例

図3に示すような火力発電プラントの制御モデルを用いて、シミュレーション機構に関する並列推論の実験を行なった。図は3台の給水ポンプに関する流量制御モデルと脱気器の水位レベル制御モデルを示す。

図に示すように、このモデルは制御目標値とその実測値を比較するフィードバック制御系になっている。このようなモデルに関して並列効果を上げるためには、先に述べたポイントに基づいて、分割の最小単位を色枠で示すようなフィードバック系単位で行なうのが有効である。本モデルでは最大8ブロックに分割し、推論時間の比較を行なった。

4 結果および評価

図4に推論時間に関するP Eの台数効果を示す。

モデルのエリア分割による並列化によって推論時間が短縮され、本モデルについては約2.5倍の高速化が実現できた。特に給水ポンプモデルのように複数の並列機器から構成される場合、各エリアブロックの独立性が強いと、並列効果への影響が大きい。このように、並列構成で設計されるプラント機器に対しては、機器の独立性が並列推論によって自然に表象され、並列効果への期待も大きい。また、本モデルに関

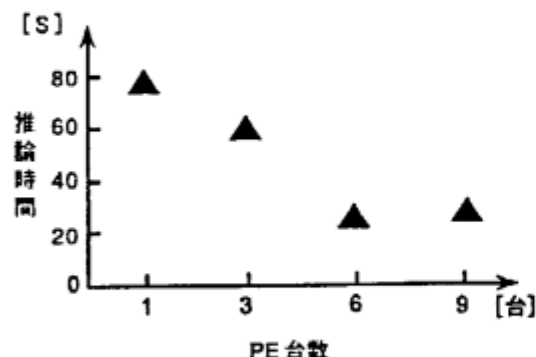


図4 推論時間の比較

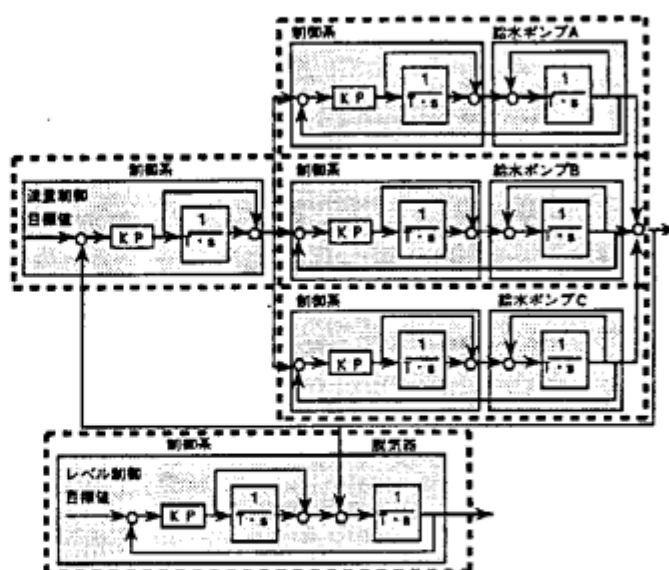


図3 火力発電プラント制御 モデルブロック図

しては、図3の点線枠で示したようなブロック数5(P E 6台)のエリア分割方式による推論時間が最も速く、さらに細分化したブロック数8では逆に推論時間がかかってしまうという結果が得られた。これは、細分化されたエリアにおける推論コスト、処理の独立性が、通信コストに比べて小さすぎたためであり、適切な分割粒度の目安を得ることができた。

このように、推論に要する時間は、各エリアの推論コスト、推論処理の独立性、およびエリア間での通信コスト等の関係に依存するため、モデルごとに効果的な分割方法を見極める必要がある。

5 まとめ

本論文では、詳細検証評価系の構成モジュールであるシミュレーション機構の並列化による推論の高速化について実証した。

今後は、管理P Eの介入しない並列推論方式の実験、本結果との比較検討を行ない、さらに大規模な動特性モデルにおける並列化の検討を進め、マルチP S I上での高速シミュレーション実現上の知見を得る必要がある。また、制御知識生成機構、シミュレーション評価機構等、他のモジュールの並列化に関しても、実現を計っていく予定である。

謝辞

本研究は、I C O Tからの委託テーマである「制御用エキスパートシステム」の研究成果の一部であり、本研究の機会を与えて頂いたI C O T研究部の生物部長代理、及びI C O T第七研究室の新田室長に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 鈴木淳三、他：深い知識に基づく制御用エキスパートシステムー深い推論機構と詳細検証機構との融合ー、第11回知識・知能システムシンポジウム(1990)
- [2] 鷲尾隆、他：定性推論ファジー化の試み、第5回知識工学シンポジウム(1998)
- [3] 小沼千穂、他：不測事態に対応するプラント制御エキスパートシステムー定性推論を組み込んだ推論機構の開発ー、第40回情全大(1990)