

照合フィルタに基づくルール協調機構について

1H-4

新谷虎松

(株)富士通研究所 国際情報社会科学研究所
tora@ias.flab.fujitsu.co.jp

1. はじめに

問題解決を効率化/高度化するためには、ひとつの推論システムにおける推論を高速化する以外に、複数の推論システムが協調するための枠組みが必要である。本論文では、前向き推論型プロダクションシステム KORE/IE¹⁾における照合フィルタに基づくルールベース協調機構を提案する。照合フィルタ²⁾は、RETEネットワーク³⁾等で代表され、推論システムにおける照合過程の高速化のために用いられる。筆者等は、論理型言語(PrologやKLI等)に基づく照合フィルタとしてLHSフィルタ⁴⁾を提案している。LHSフィルタは、LHS節と呼ぶPrologプログラムにより実現され、ワーキングメモリ(WM)の変化に即してそのProlog節が実行されることにより、照合過程相当の機能を実現する。すなわち、LHS節は、WMの変化を監視しているエージェントとしてみる事ができる。本研究では、このようなLHSフィルタをルールベース協調機構の内部メカニズムとして拡張/利用する。LHSフィルタに基づいて拡張された協調のための実行機構を分散ルールフィルタと呼ぶ。

本論文におけるルールベース協調に基づく協調問題解決機能は、いかに問題を複数の推論システム(問題解決器)に分散化するかというよりも、いかに複数の推論システムを協調させるかに主眼がある。すなわち、ここでは、複数の異なる競合解消戦略⁵⁾をもった推論システムが協調することにより問題解決を効率化するため協調メカニズムについて論じる。

2. LHSフィルタの特長

LHSフィルタは、ルールの条件部(LHS: Left Hand Side)をコンパイルすることにより得られるPrologプログラム(ホーン節の集合)により表現される。ここで得られたProlog節をLHS節と呼ぶ。照合過程は、問解決における状態の変化に即してLHS節が活性化されることにより実現される。すなわち、LHS節を呼び出し実行することにより、推論システムにおける照合過程を実現する。

LHSフィルタは、RETEネットワークと同様なプロダクション照合フィルタであり、照合過程を効率化するためのものである。プロダクション照合フィルタの実現は、ルールの条件部から一種のデータ構造を作ることが一般的である。たとえば、RETEネットワークは、データフローネットワークに相当し、ネットワーク上にトークンとしてのWM要素を流すことにより、照合過程相当の機能を実現している。ここでは、ネットワークの構成/形状や、ネットワークにおけるノードの役割をうまく設定することにより、照合過程の効率化を図っている。一方、LHSフィルタは、LHS節と呼ぶProlog節の集まり(すなわち、Prologプログラム)として実現され、WMの変化に即してそのProlog節が呼び出される(実行される)ことにより、照合過程相当の機能を実現する。ここでの照合過程の効率化は、Prologプログラミング技法により効果的に達成される。

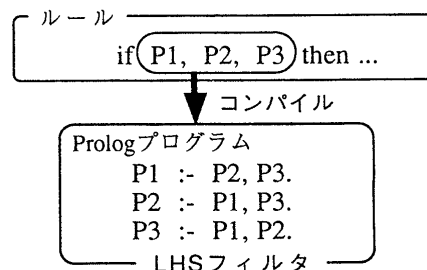


図1. LHSフィルタの概略

図1は、LHSフィルタの概略を表している。Piは条件要素のパターンを表している。LHS節の数はルールの条件要素の数だけ生成される。これはWM要素の変化に伴うLHS節の呼び出しを高速化するために、Prologのインデキシング機能を利用するためのものである。LHS節のヘッドはWM要素の変化を利用するための受け口として利用される。

3. ルールベース協調機構

KORE/IEにおけるルールベース協調機能は、WM

(これは、黑板¹⁾に相当する)における変化にตอบสนองすることにより、協調的に問題解決を行う。ここでの協調機構実現手法の特長は、特別にメタな制御機構を構築することなしに、分散ルールフィルタを用いてPrologの計算過程に帰着させたことにある。

分散ルールフィルタは、ルールのLHSに対応した分散LHSフィルタ及びRHSに対応した分散RHSフィルタにより構成される(図2参照)。分散LHSフィルタおよび分散RHSフィルタは、それぞれ分散LHS節および分散RHS節と呼ぶProlog節により構成される。

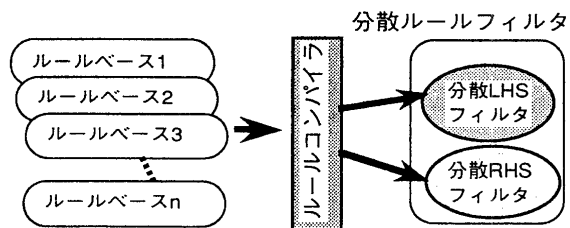


図2. 分散ルールフィルタの生成

分散ルールフィルタは、並列論理型言語(たとえば、KL1)を用いることにより、並列実行が可能である。分散RHSフィルタの並列化は、分散RHSフィルタの呼び出し時にルールベース間で競合がなければ並列実行が可能であり、ルールベース毎にPEを割り振ることにより素直に実現できる。一方、分散LHSフィルタは、その実行メカニズムの特徴(たとえば、メタ機構を必要としない)および大域的なデータベースであるWM(黑板に相当する)を参照する必要があるため、その効率的な並列分散実行には工夫が必要である⁷⁾。

3.1. 協調実行

WMの変化はにともなう分散LHS節の実行は、その副作用として照合結果(インスタンス化)を生成する。インスタンス化はルールベース毎に作成され、これにより各々の競合集合が構成される。これら競合集合は、ルールベース固有の競合解消戦略を用いて競合解消され、ルールベース毎の分散RHS節を起動するための各々一つのインスタンス化が選ばれ、分散RHS節を実行する。ルールベース間の競合(協調時においてルールベース間で同時に適用可能なルールが生じること)解消は、黑板モデルと同様に、スケジューラにより、ルールベースの優先度を計算し、優先度の大きいルールベースを実行させる。

スケジューラは、他のルールと同様にルールで記述される。本ルールをスケジューラルールと呼ぶ。スケ

ジューラルールは、他のルールに比べ優先度が常に高くなるようにあらかじめ設定されている。スケジューラルールが記述されない場合、ルールベースがユーザーによりロードされた順を採用する。

以上のような、黑板モデルに基づく協調メカニズムは、スケジューラのような大域的な制御機構の存在を前提にしており、各推論システムの自律的な制御を制限するものである。推論の高速性と自律性をも考慮し、より柔軟なルールベース間の協調機構の構築は、今後の課題である。

4. おわりに

本研究では、ルールベース協調の内部メカニズムとして、LHSフィルタの実行メカニズムを分散ルールフィルタへ拡張することにより実現した。具体的に、分散ルールフィルタは、ルールベースからメタレベルの情報を含めて統一的な表現形式のPrologプログラムへと変換することにより得られた。本研究におけるルールベース協調実行メカニズムの特長は、推論に必要なメカニズムを全て分散化するのではなく、負荷が最も大きい共通の照合過程を集中管理/実行することにより効率化を指向することある。ここでは、ルールの実行過程は、分散化され並列に実行が可能になる。

参考文献

- [1]Forgy,C.L.: "Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem", Artificial Intelligence Vol.19, pp.17-37, (1982).
- [2]Lesser, V.R. and Erman,L.D.: "A retrospective view of the HEARSAY-II architecture", Proc. of IJCAI 5, pp.790-800, (1977).
- [3]McDermott,J. and Forgy,C.L.: "Production System Conflict Resolution Strategies", in Pattern Directed Inference Systems (D.A.Waterman and F.Hayes-Roth, Eds.), Academic Press, pp.177-199, (1978).
- [4]McDermott,J., Newell, A. and Moore,J.: "The Efficiency of Certain Production Implementations", in Pattern Directed Inference Systems (D.A.Waterman and F.Hayes-Roth, Eds.), Academic Press, pp.155-176, (1978).
- [5]T.Shintani: "A Fast Prolog-Based Production System KORE/IE", Logic Programming: Proceedings of the Fifth International Conference and Symposium(edited by R.A.Kowalski and K.A.Bowen), MIT Press, pp26-41, (1988).
- [6]新谷:" Prologにおけるプロダクション照合フィルタの高速化", 情報処理学会論文誌, Vol.32, No.1, pp.20-31, (1991).
- [7]新谷:" パターンの依存関係に基づく並列化照合フィルタの最適化", 日本ソフトウェア科学会第8回大会, 予稿集, pp.25-28 (1991).