

オブジェクト指向プロダクションシステム: ISHELL

1 Q-4

本田 栄司

(株) インテック・システム研究所

1. はじめに

オブジェクト指向機能を持つESツールでは柔軟な知識表現や知識のモジュール化、再利用化等が可能であるが、一般に推論速度は遅いと言える。一方、Rete^[1]等の高速パターンマッチング・アルゴリズムを利用したESツールでは推論は高速であるが、知識の表現能力は貧弱である。今日、オブジェクト指向機能と高速パターンマッチング・アルゴリズムの両機能を持ち、かつ、密に統合化した商用ESツールはまだ少ない。

本稿では、推論の高速化を実現するためReteネットワークをサブネットワーク化し、ジョインノードを減らすことによりWMEの組み合わせ数の削減を図ったGreteマッチ・アルゴリズムの提案とこのアルゴリズムとオブジェクト指向機能を統合化したESツールISHELL^[4] (Intec systems laboratory SHELL)を開発したので報告する。

2. GRETEマッチ・アルゴリズム

2.1 基本的な考え方

Reteマッチ・アルゴリズムは、中間結果の保存やネットワークの共有を行うことにより、推論の高速化を実現している。しかし、次のようにいくつかの問題点も指摘されている。

- a) ジョインネットワークの情報が冗長である。
- b) ジョインネットワークの情報が組み合わせ的爆発を起こす可能性がある。
- c) 固定的な左からのネットワーク表現である。
- d) WMEの更新は削除と追加により実現されている。

Grete (Gated reteの略) は、a)、b)、c)の問題点の改善を考慮して開発したアルゴリズムである。このアルゴリズムの特徴は、次の方法を使用し、WME情報の組み合わせ数の削減を行っている。

(1) Partitioning

ジョインノード上のテストを考えると、ルールの条件部において変数を共有している場合だけ必要になる。この点に注目して、Greteでは条件部を変数の共有を持つものとそうでないものに分け(パーティション)、それぞれに対応したサブネットワークが生成される。各サブネットワークは、サブネットワーク・ターミナルノードを持ち、更にそれらがマージされて一つのルールのターミナルノードが作られる。また、サブネットワーク・ターミナルノードには、部分マッチした数を表すカウンターがある。これをPartition Membershipと呼ぶ。すなわち、あるルールと関係するすべてのサブネットワークの

パーティション・メンバーシップが0でない時、インスタンス化が生成され競合集合に格納される。このインスタンス化の生成を遅らせるメカニズムをDelayed Instantiationと呼ぶ。

(2) Condition Reordering

このメカニズムは、パーティション内の条件を並べ替えるために使用される。これにより、各ノードにおけるWME情報の組み合わせ的爆発の発生を抑えることができる。

次のルールをGreteネットワークに変換した例を図1に示す。

rule test

```
{
  (data ?x)
  (var red ?y)
  (last ?x ?y)
=>
};
```

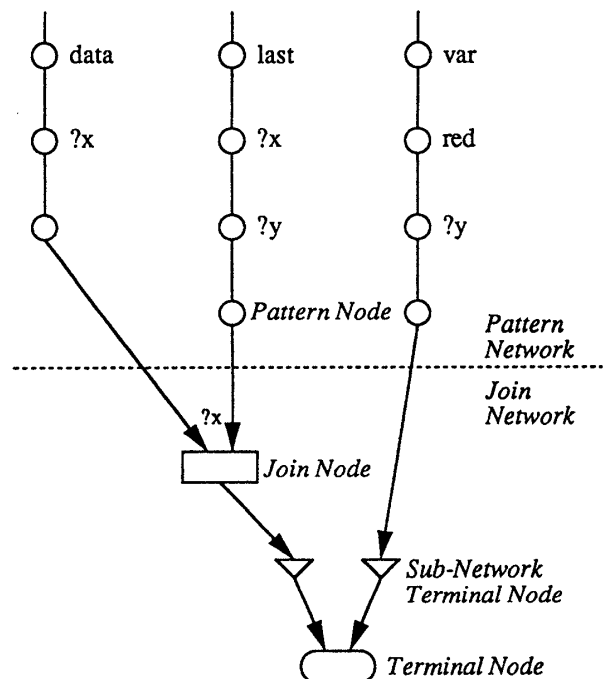


図1 Greteネットワーク

2.2 評価結果

ベンチマーク・テスト^[5]を使用して推論速度とメモリ使用量をGrete、CLIPS^[3]、OPS83の間で比較した。この結果、Greteの推論速度は、CLIPSより約1.5倍速いが、OPS83より約2.5倍遅い。しかし、Greteのメモリ使用量は、CLIPSと比較して約25%の削減が行えた。

An Object-Oriented Production System: ISHELL

Eiji HONDA

Intec Systems Laboratory, Inc.

3. Greteとオブジェクト指向機能の統合化

3.1 ISHELLのオブジェクト指向機能

ISHELLでは、メタクラス、クラス、インスタンスのオブジェクト階層から成り、メタクラス階層にはCLASSが、クラス階層にはルートクラスOBJECTが用意されている。また、継承は単一継承のみをサポートしている。

ISHELLのメソッド探索は、レシーバ、メッセージ、メソッドの組を記憶するキャッシュテーブルを使用し、メソッドの探索効率を上げている。

3.2 ルール表現とオブジェクト指向機能の関係

オブジェクト指向プログラミングとプロダクションシステムは本来独立したパラダイムである。それゆえ、オブジェクト指向の情報隠蔽とプロダクションシステムのWMの直接的な参照・比較という情報の透過的扱い方とは矛盾する。この解決方法として、ルールのLHS部におけるオブジェクトのパターンマッチングを、1) 直接オブジェクトの内部データを参照する方法と2) オブジェクトの内部データに対応するアクセスメソッドを自動的に生成しメッセージ通信により値を得る方法が考えられる。現在のISHELLではアクセススピードを上げるため、1)の方法を採用している。一方、ルールのRHS部では、メッセージ送信によりオブジェクトの生成、修正、削除などの通常のオブジェクト指向プログラミングが可能となっている。

3.3 オブジェクトパターン・ネットワーク

Greteで扱えるWMのタイプは、Retematch・アルゴリズムを利用したシステムと同様、ファクトだけであった。しかし、ISHELLでは、ファクトだけでなくオブジェクトもパターンマッチの対象となるため、ファクトのパターンネットワークの他にオブジェクトのパターンネットワークを用意し、ジョインネットワークでそれらを結合している(図2参照)。さらに、これらのパターンネットワークを高速にアクセスするためにハッシング・インデックスを利用している。

4. Greteの改良による推論の高速化

4.1 Modify as update-in-place^[2]

ルールのパターンに記述されているインスタンス変数の値をメソッド内で何度も更新した場合、Retematch・アルゴリズムを利用したシステムでは、WMの値の更新を削除と追加により実現しているため、更新される度にネットワーク内の情報や競合集合が更新され、システムのオーバーヘッドが大きくなる。これを解決するために、ISHELLでは、Modify as update-in-placeをサポートしている。すなわち、ADD、REMOVE、MODIFYの3つのトークンをネットワークに流し、競合集合の更新回数を減少させている。

4.2 競合集合のインデックス配列による参照

ISHELLの競合集合は、優先度を持つインスタンスーションのリストで表現されている。しかし、競合集合からインスタンスーションを削除する際、サーチに時間が掛かるという問題点があった。このため、従来から持っているリストの他にインスタンスーションのidによりインデックス付けされた配列を用意しアクセスを高速にしている。

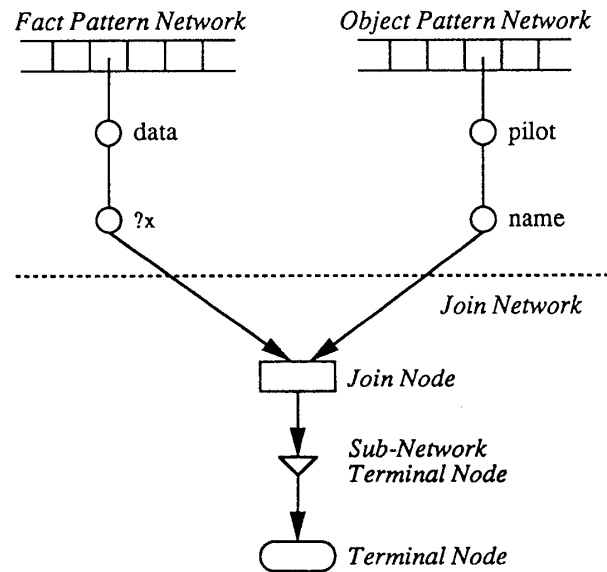


図2 ISHELLのネットワーク

4.3 改良Greteの評価結果

2.2で使用したベンチマークにより再び評価を行った。この結果、OPS83とはほぼ同等の推論速度が達成できた(表1参照)。

表1 改良Greteの評価結果

	Speed(Ratio)			Memory(Ratio)	
	CLIPS	OPS83	ISHELL	CLIPS	ISHELL
A. rules = 1	4.50	0.93	1.00	1.28	1.00
B. rules = 50	1.50	----	1.00	1.50	1.00
C. rules = 50	6.85	1.98	1.00	1.30	1.00
D. rules = 50	7.86	2.14	1.00	1.57	1.00
E. rules = 50	4.06	0.99	1.00	1.29	1.00

5. おわりに

ISHELLは、制御分野を始めとして種々の分野のアプリケーションへの組み込みを狙ったESツールである。今後は、さらに推論速度を向上させるとともに、ファジィ推論、CBR等の各種の推論機構を取り入れ発展させる予定である。

最後に、本研究開発の共同研究者であったタタ・コンサルタンシー・サービスズのVivek Balaraman氏に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Forgy, C.L.: *Rete: A Fast algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem*, Artificial Intelligence 19, 1982.
- [2] Schor, M. et al: *Advances in RETE Pattern Matching*, AAAI-86, 1986.
- [3] Giarratano, J.C.: *CLIPS User's Guide Version 4.3*, NASA Johnson Space Flight Center, 1989.
- [4] Honda, E. and Balaraman, V.: *ISHELL: An Object-Oriented Inference Engine Kernel*, INTEC Technical Report No.33, 1991.
- [5] 小林ほか: 知的情報処理システムに関する調査研究報告書 第二分冊 知識システム構築ツールの評価、日本情報処理開発協会、1989.