

VPL による推論システム VIS

3 D-5

石川裕司 田内康之 斉藤宗昭

セコム(株) セコム IS 研究所

1 まえがき

緊急時のセキュリティシステムでは時間資源に制約がある状況での推論をおこなう機能が要求される。この機能を実現するためにはあたえられた制約時間と推論をどこまで進めるかとのトレードオフを考慮するような推論制御をおこなう必要がある。これは実時間性を要求されるアプリケーションにエキスパートシステムを用いる場合の重要な課題となっている [Laf88]。このようなトレードオフをとりあつかう枠組を提供するものとして VPL(Variable Precision Logic)[MW86] があり、われわれはすでにこの VPL を用いた推論スキームに関して報告した [石川 88]。

本稿では、VPL による推論スキームを実際に計算機上で実現することにより、時間制約下での問題解決をおこなうことを目的とした推論システム VIS(Variable precision logic Inference System) の構成について述べる。

2 VPL

VPL では推論規則としてセンサドプロダクションルール(censored production rule)を用いる。これは通常のプロダクションルールに unless オペレータ (!) に続くセンサ(censor)とよばれる例外条件部を加えたものである。センサドプロダクションルールは以下のようにかかれ、

$$P_1 \wedge \dots \wedge P_n \longrightarrow D[C_1 \vee \dots \vee C_m]$$

(if $P_1 \wedge \dots \wedge P_n$ then D unless $C_1 \vee \dots \vee C_m$ と読む)、 D と C は排反で論理的には

$$P_1 \wedge \dots \wedge P_n \longrightarrow D \oplus (C_1 \vee \dots \vee C_m)$$

(\oplus は排他的論理和) と解釈される。

センサドプロダクションルールでは P が成立したとき、 D 、 C それぞれが成り立つ割合は、条件つき確率 Pr を用いると $Pr[D|P] \gg Pr[C|P]$ である。この性質を用いてルールの実行時の制御には、時間資源が切迫しているとき、センサ $C_1 \vee \dots \vee C_m$ の部分の真偽の確認なしに D を成立するとみなすことにより処理を効率化する。また、時間資源が十分にある場合にはセンサをゴールとするような後向き推論を行なう。時間資源が上で述べた場合の中間くらいのときは時間に応じて後向きのルールのチェイニングのレベルをかえて探索することにより、推論の質と時間とのトレードオフを取り扱うことができる。

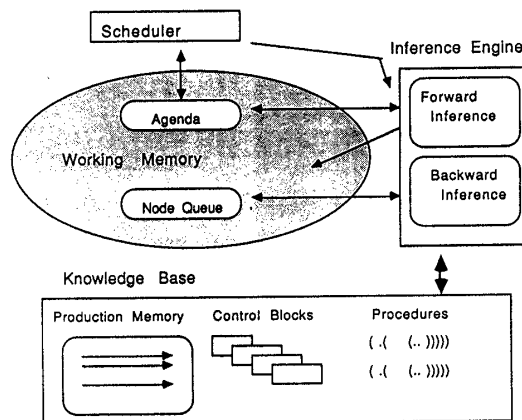


図 1: VIS の構成

3 システム概要

VIS の構成は図 1 の通りである。

知識ベースはプロダクションルール、センサドプロダクションルールからなるプロダクションメモリ及び、コントロールブロック [Erm84] というセンサの真偽判定のための推論制御に関する知識を記述したものや競合解消のための関数など手続き的知識の集まりからなる。ワーキングメモリはオブジェクトレベルの知識(ファクト)の他にアジェンダや後向き推論のための制御情報も格納する。推論エンジンでは前向き、後向き双方向の推論をおこなう。スケジューラはセンサドプロダクションルールへの時間配分などの大域的な推論の制御を行なう。

4 知識表現

4.1 ルール

VIS のプロダクションルールは OPS83 風のプロダクションルールで LHS と RHS からなる。センサドプロダクションルールはさらにセンサに相当する条件部 (:unless に続くパターン) とセンサの真偽判定に要する時間資源を記述する部分 (:request) を通常のプロダクションルールに追加した形になっている。(図 2)

4.2 ルールセット

VIS には前向き用ルール、後向き用ルールともにルールセットという複数のルールを集めて構造化する手段が提供されている。ルールセットは図 3 の形をとる。

*VIS: Variable precision logic Inference System

```
(rule <ルール名>
  <パターン 1> ... <パターン n>
  ->
  <アクション 1> ... <アクション m>
  :unless
  <パターン 1> ... <パターン l>
  :request <時間>)
```

図 2: センサドプロダクションルール

```
(defruleset <ルールセット名>
  (:type <ルールのタイプ>)
  (:priority <ルールセットの優先度>)
  (:select <関数名>)
  (:ctl-block <コントロールブロック名>)
  <ルール 1> ... <ルール n>)
```

図 3: ルールセット

:type にはそのルールセットが前向き (forward), 後向き (backward) どちらのルールを含んでいるかを記述する. :ctl-block にはセンサドプロダクションルールが後向き推論をおこなうとき用いるコントロールブロック名を記述する. :priority はルールセット間の優先度を記述して, ルールセット間の競合解消に用いる. :select はルールセット中の競合集合に含まれるインスタンシエーションに対する競合解消戦略を記述した関数名である.

4.3 後向き推論制御のための知識の記述

センサの真偽判定のための後向き推論の制御に関する知識はコントロールブロックに記述する. コントロールブロックは以下のような形式である.

```
(control-block <コントロールブロック名>
  (:strategy <制御戦略>)
  (:preference <最適優先探索時の
    順序づけをおこなう>)
  (:time <割り当てられた時間>)
  (:depth <推論木の深さ>)
  (:otherterm <関数名>))
```

:strategy 探索の戦略を記述する. 探索の方法は progressive deepening で幅優先探索 (breadth), 1 ステップ look-ahead の最適優先探索 (best) の2つの方法が用意されている.

:preference 最適優先探索時の順序づけを行なう関数を指定する.

さらにルールをチェイニングして, 推論を続けるかの判定は以下の3つの条件のORで行なわれる.

:depth 推論木の深さを設定. ルールのチェイニングのレベルがここに設定された深さに達した場合

:time 推論をおこなう時間を設定. 推論を始めてからここに記述された時間以上経過したとき

:otherterm その他の終了条件の関数を設定する. ここに書いてある条件を満たしたとき

5 推論機構

VIS では以下の推論サイクルで実行される.

- (1) 照合 ルールのタイプが forward であるようなルールセットで, その中に含まれているルールのLHSがワーキングメモリの内容を満足するようなものがあつた場合, そのルールセットをアジェンダに追加する.
- (2) スケジューリング スケジューラはアジェンダ中にあるルールセットの競合集合の中にセンサドプロダクションルールがあれば, :request に記述されている時間からそれぞれのルールセットの優先度等を基準としてもとのセンサドプロダクションルールに時間を割り当てる. このときルールセットの実行順序も決定する.
実行順序にしたがってアジェンダ中のタスクを一つとりだし, 推論エンジンに渡し, (3) 以下の手続きを実行する.
- (3) デリバレーション (Deliberation)

1. スケジューラより割り当てられた時間にしたがって, センサの条件エレメントをゴールとするような後向き推論をコントロールブロックに記述された方法で行なう.
2. センサの真偽が判明したか, 時間がなくなったなどコントロールブロックに記述された終了条件を満たしたなら後向き推論を停止する.
3. 後向き推論の結果, センサの部分で成立したものは競合集合から取り除く.

- (4) 競合解消 そのルールセットに指定された競合解消戦略にしたがって競合集合の中からインスタンシエーションをひとつ選び出す.

- (5) 実行 選ばれたインスタンシエーションのルールのRHS中の手続きを実行する.

上記の(3)―(5)の手続きをアジェンダが空になるまで繰り返す.

6 まとめ

本稿ではVPLによる推論スキームを実際に計算機上を実現することにより時間制約下での問題解決を対象とした推論システムVISについて述べた. VISは現在Sun4上のSun Common Lisp上に構築中である. 今後は資源の配分の手法などスケジューラに関する研究を中心として進めていく予定である.

参考文献

- [Erm84] L.D. Erman et al. Separating and Integrating Control in a Rule-Based Tool. In *Proceedings on Principles of Knowledge-Based Systems*, 1984.
- [Laf88] T. J. Laffey et al. Real-Time Knowledge-Based Systems. *AI magazine*, 9(1), 1988.
- [MW86] R.S. Michalski and P. H. Winston. Variable Precision Logic. *Artificial Intelligence*, 29(1), 1986.
- [石川88] 石川裕司 et al. 時間概念を導入したVPL推論システムの提案. 情報処理学会第38回全国大会(昭和63年度後期)講演論文集, 1988.