

ジョイン演算の最適順序と高コストルール対処法によるプロダクションシステムの高速化

| | |
|-------|---|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/2297/16217 |

| | |
|---------|--|
| 氏名 | 南保英孝 |
| 生年月日 | |
| 本籍 | 福井県 |
| 学位の種類 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 博甲第308号 |
| 学位授与の日付 | 平成11年3月25日 |
| 学位授与の要件 | 課程博士(学位規則第4条第1項) |
| 学位授与の題目 | ジョイン演算の最適順序と高コストルール対処法によるプロダクションシステムの高速度化 |
| 論文審査委員 | (主査) 木村 春彦 (副査) 中山 謙二, 橋本 秀雄, 船田 哲男, 武部 幹 |

学位論文要旨

Abstract

Expert systems are applied to substitution for experts. Production system is widely used as a tool to build up an expert system and they have some problems, one of them is that it costs long time to derive an inference result. Many research works are under investigation to solve the problem.

In this paper, we proposed four kinds of match algorithms for high speed inference. These algorithms are based on three kinds of approach. In the first approaches, based on the method dealing with expensive productions, we proposed two kinds of high speed match algorithms. Expensive productions are rules requiring the extraordinary time and large memory space to match. One is the direct match algorithm with managing attribute value. Storing data after taking it apart into each attribute value, this enables it to compress data and to reduce matching time. Another is the performance comparison of three kinds of expression methods of direct-product instantiation. As for the result of this study, we proposed the requirement of production rules for each expression method to process effectively. In the second approach, we proposed the method that optimizes the order of join calculations. We noticed that the change of the order of join affects the matching time. In this respect, using static information deriving from the description of knowledge base and production rules, we worked out a method that changes the order of join into an optimal order, before execution of inference. In the third approach, we proposed the method that switches two match algorithms dynamically. Our method switches two match algorithms that have complementary characteristics. The switching process depends on the matching situation or data, and it is processed dynamically during the execution of inference. Selecting a more effective match algorithm, the matching time will be reduced. Match algorithms proposed in this paper will contribute to solve the slow-speed problems for production systems.

1. 序論

専門家や特定分野の知識をルールに変換し、ルール集合である知識ベースとデータを照合することで専門家の代行を務めるシステムにエキスパートシステムがある。このエキスパートシステム構築用のツールとしてプロダクションシステムがある。プロダクションシステムの知識表現は、「IF ~ THEN ...」形式で表され、馴染みが良いために広く用いられている。しかし、プロダク

ションシステムの処理速度の遅さが大きな問題となっており、そのさまざまな解決法が研究されている。本研究では、プロダクションシステムの高速化を目的とし、3種のアプローチに基づいた4つの高速化手法を提案し、その有効性を確認する実証実験を行った。

2. 従来の高速化手法

本研究で対象としているプロダクションシステムは OPS5 である。OPS5 は非常にシンプルな構造を持つ、基本的なプロダクションシステムである。また OPS5 では、条件照合アルゴリズムに Rete アルゴリズムを用いることで、条件照合の高速化を図っている。Rete アルゴリズムは、知識ベース内のルールを Rete ネットワークと呼ばれるデータフローグラフに変換し、ネットワークにデータを入力することで条件照合を行う。また、条件照合の途中結果を保存しておき、再利用することで効率化を図っている。しかし、データの内容に大きな変化があった場合には、保存していた途中結果が無駄になり、逆効果になってしまうこともある。また、一つの条件照合に莫大な時間とメモリが必要となる高コストルールの問題もある。

3. 高コストルール対処法

高コストルール対処法を用いた条件照合の高速化手法に関する研究である。ここでは、2種類の高コストルール対処法を提案した。

(1) 属性値管理の概念を導入した直接インスタネーション表現

まず、従来の高コストルール対処法である直接条件照合アルゴリズムに、属性値管理の概念を導入した条件照合アルゴリズムを提案した。属性値管理とは、データであるワーキングメモリエレメント (WME) を、その属性値単位に分解し、属性値毎に管理することで WME の圧縮、条件照合回数の削減を図るものである。また、照合に失敗するケースを前もって検知するプレチェック機構も導入し、さらなる高速化を図った。実験では、実際に問題を解決する知識ベースに対し、本手法を適用した場合の条件照合時間を測定した。結果を図 1 に示す。

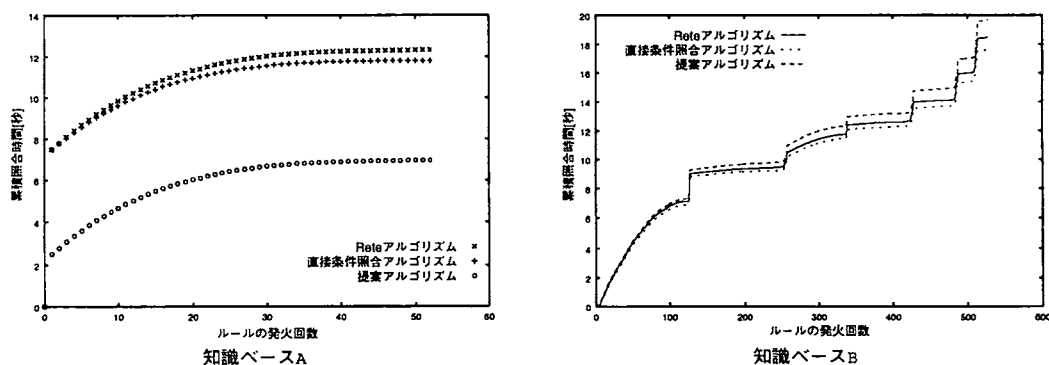


図 1: 属性値管理を導入した直接条件照合アルゴリズムによる累積照合時間

知識ベース A に対する実験結果では、属性値管理とプレチェックにより条件照合回数が削減されたため、大幅な効率改善が見られた。しかし、知識ベース B では、ルールに不等式が含まれていたためにプレチェックができなかった等、提案手法が有効に動作しないケースであったため効率が悪くなった。

(2) 各種直積インスタネーション表現の性能比較

次に、これまでに提案された直積インスタネーション表現法の性能比較を行った。直積インスタネーション表現は、高コストルール対処法であり、ルールを複数の条件要素集合に分割し、各集合単位で条件照合を行う。そのため、照合時のネットワークが小規模となり、高コストルールになりにくい。また、インスタネーションを直積表現で表すことでインスタネーションの圧縮を実現している。直接インスタネーション表現は、その表現能力や条件要素の分割手法により 3 種類に分類できる。本研究では、単純型直積インスタネーション表現、拡張型直積インスタネーション表現、キー変数を導入した直積インスタネーション表現の

3種類について比較実験を行い、各直積インスタンス表現の特徴を明らかにした。この結果により、それぞれの直積インスタンス表現が最も有効に動作するルールの条件が明らかとなった。

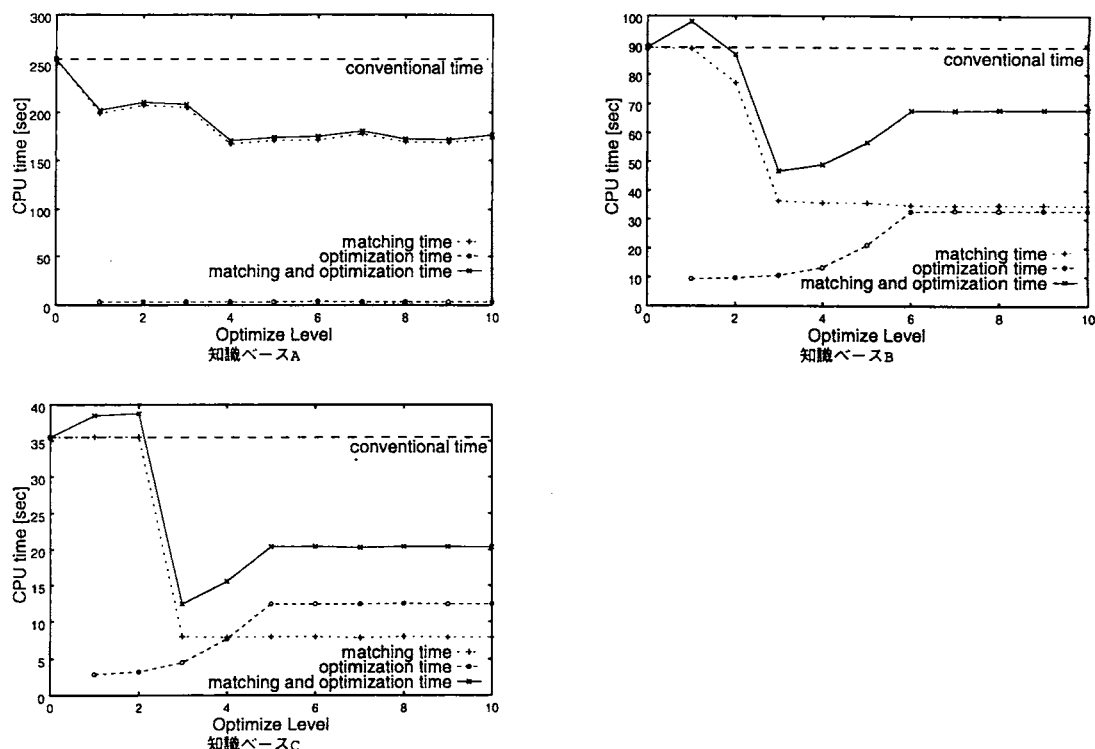


図 2: ジョイン演算の順序最適化による効果

4. 条件照合順序の入換えによる高速化

Rete ネットワークにおける条件照合順序、つまり、ジョイン演算の順序が変化すると条件照合にかかる時間が変化することに着目し、ジョイン演算の順序を最適化することで条件照合の高速化を図る手法を提案した。提案した最適化手法では、知識ベースの記述よりルールに関する静的情報を獲得し、静的情報を元に条件照合にかかるコストを計算する。この処理を条件照合の順序を入れ換えながら行い、最もコストが小さくなるものを最適順序とする。この処理は、推論の実行前に自動的に行われる。推論の実行前に最適化を行うために、1度しか実行しないような知識ベースであっても本手法は有効に動作する。さらに、静的情報を用いて最適化できるルールとそうでないルールをルールネットワークと発火ネットワークを用いてクラス分けを行う手法も提案した。実験では、実際に問題を解決する知識ベースに対し本手法を適用し、条件照合にかかる時間を測定した。実験結果を図 2 に示す。

実験結果より、提案手法を用いて条件照合を行った場合が最も効率が良くなった。また、ジョイン演算の順序最適化にかかる時間を含めても、提案手法が最も効率が良い。ジョイン演算の順序最適化は、プロダクションシステムの高速化に有効な手法であることが分かった。

5. 条件照合アルゴリズムの動的切換え

プロダクションシステムの条件照合アルゴリズムを、推論の実行中に動的に切換えることで、条件照合の高速化を図る手法を提案した。OPS5 の標準の条件照合アルゴリズムである Rete アルゴリズムは、総じて効率が良いが高コストルールでは効率が悪い。また、高コストルール対処法である直接条件照合アルゴリズムでは高コストルールで効率が良いが、低コストルールでは Rete アルゴリズムよりも効率が悪い。そこで、これら 2 つの条件照合アルゴリズムを切換えながら用いる手法を提案した。条件照合アルゴリズムの切換えの際には、知識ベースより得られる静的情

報、推論の実行中にネットワークを監視することで得られる動的情報を元に、条件照合のコストが計算され、よりコストが低いアルゴリズムを選択しながら推論が実行される。また、条件照合

表 1: 条件照合アルゴリズムの動的切換えによる高速化の効果

| 知識ベース | Rete アルゴリズム | 直接条件照合アルゴリズム | 提案手法 |
|-------|-------------|--------------|-------|
| A | 71.66 | 48.47 | 29.43 |
| B | 67.27 | 44.48 | 28.88 |
| C | 84.18 | 75.69 | 72.41 |

(単位：秒)

アルゴリズムを切換えることで効率が良くなることが予想されるルールとそうでないルールのクラスを明らかにした。実験では、実際の知識ベースに本手法を適用し、条件照合にかかる時間を測定し、提案手法の効果を測定した。表 1 にその結果を示す。

6. 結論

本研究では、プロダクションシステムの高速化を目的とした 3 種のアプローチに基づいた 4 つの手法を提案した。また、各高速化手法の特徴や性能の比較を行い、どのような場合に最も有効に動作するかを明らかにした。

本研究で提案した各高速化手法をプロダクションシステムに適用する場合の位置付けは図 3 のようになる。

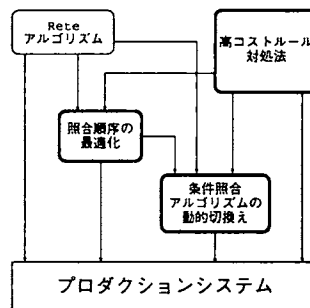


図 3: 各高速化手法の適用時の位置付け

プロダクションシステムでは、ルールとデータを照合することで推論を行うが、ルールやデータには無限の組合せがある。そのため、どのような場合であっても高速に条件照合を行うことが可能となる条件照合アルゴリズムは存在しない。プロダクションシステムのさらなる高速化のためには、条件照合アルゴリズムの特性を理解し、状況に応じて切換えながら用いる方法が有効であると考えられる。

本研究では、条件照合アルゴリズムの特性を明らかにし、また、条件照合アルゴリズムの動的切換え手法を提案し、有効性を実証した。これは、プロダクションシステムのさらなる高速化に有用である。

学位論文審査結果の要旨

平成11年1月27日に第1回学位論文審査委員会を開催、2月5日に口頭発表、その後に第2回審査委員会を開催し、慎重審議の結果以下の通り判定した。なお、口頭発表における質疑を最終試験に代えるものとした。

本論文は、プロダクションシステムにおけるジョイン演算の最適順序と高コストルール対処法に関する研究を行っている。ここで、プロダクションシステムとは専門家の代行を務めるエキスパートシステム構築のためのツールであり、ジョイン演算とは条件要素間の無矛盾性チェックである。また、高コストルールとは、従来の条件照合で膨大な計算時間とメモリを必要とするルールである。具体的には次のようなプロダクションシステムの高速度化手法を提案し実証した。(1)高コストルール対処法としての、属性値管理を導入した直接条件照合アルゴリズム(2)直積インスタンスエーション表現を用いた条件照合アルゴリズムの改善案としての、キー変数を導入した直積インスタンスエーション表現法(3)効率の良いジョイン演算の順序を確率的に予測し、条件照合の速度改善を図る手法(4)実行時において、ルールごとにReteアルゴリズムと直接条件照合アルゴリズムを動的に切り替えることにより高速条件照合を実現する手法

以上の研究成果は、これまでネックとなっていた推論の高速化に大きく貢献するものであり、人工知能の実用化に大いに役立つものである。よって博士(工学)の学位を授けるに値するものと判定した。