

衛星通信向き仮想サーバ方式における先取り知識の自動生成法

関本克理 藤原祥隆 岡田信一郎

北見工業大学 情報システム工学科
北見市公園町 165

あらまし

衛星通信を用いた遠隔知識ベースアクセスにおいて、ルールの先取り転送によりデータ転送遅延を見かけ上マスクする仮想実行環境制御方式（仮想サーバ方式）のために、その制御に必要なルールの実行順序に関する情報（ルール探索グラフ）を作成し、知識ベースを先取りの単位となる source に自動的に分割するシステムを提案する。

また、利用状況に応じて source の構造を変えることで応答性を良くする方法を提案し、その性能評価を行った。その結果有効性が確認された。

キーワード 知識ベース、プロダクションシステム、クライアント・サーバ

A Method for Automatically Forming Prefetch Knowledge in the Virtual Server System for a Satellite Communication

Katsutoshi SEKIMOTO Yoshitaka FUJIWARA Shin-ichirou OKADA

Dept. of Computer Sciences, Kitami Institute of Technology
165 Koen-cho, Kitami

Abstract

Virtual server system has been proposed for masking the transmissin delay between client and server computers in a remoto knowledge base access through a communication satellite.

In this system a rule search graph, in which the order of executions of rules, is expressed by a directed graph, is required for prefetching relevant knowledge base subsets (source) with the possibility of being executed in the near future.

In this peper, an automatic method for producing the rule search graph as well as deriving the source from an original knowledge base is proposed.

Moreover, some techniques for dynamically grouping the source according to their access characteristics are propose in order to obtain better responsibility.

Key words knowledge-base, production system, client-server

1 はじめに

ユーザと対話しながら問題の解決をはかる対話型問題解決システムは、ユーザの理解をより深めるため、テキストのみではなく画像や音声を持つ知識ベースであることが望ましい。このような知識ベースは一般に大規模なものとなり、データの保全や更新作業を考えると、知識ベースを一つのサーバ計算機に配置し、複数のクライアント計算機がこれを共同利用する形態が合理的である。

しかし、通信衛星を介してこれらを接続する場合、衛星通信往復の伝送遅延のためシステムの応答性が悪くなってしまふ。

この問題の解決法として仮想サーバ方式（仮想実行環境制御方式 [1][2]）が提案されている。これを以下 VEEC と呼ぶ。

VEEC は、知識ベースをいくつかの関連の深いルールからなる実行可能なプロダクションシステム（source と呼ぶ）に分割してサーバ計算機に置き、クライアント計算機はこの source を順次実行することで知識ベースとして動作する。この転送時に、source の遷移を表す source 探索グラフを参照し、次に実行される可能性のある source を限定することで先取り転送を行い、データ転送遅延を見かけ上マスクするものであり、ユーザにとってサーバ計算機上で作業するのと同じ環境を仮想的に創るといふものである。

この source と source 探索グラフを作るためには、知識ベースのルールの実行順序に関する情報であるルール探索グラフが必要になる。しかしルール探索グラフを作成し、それをもとに source を作成する作業は、知識ベースの規模が大きくなると非常に困難なものとなる。そこで、この作業を自動的に行うシステムを提案する。

本システムは、ルール探索グラフ作成システムと source 生成システムの二つで構成され、以下、それらについて説明し性能評価結果を述べる。

2 ルール探索グラフ作成システム

プロダクションシステムである知識ベースは、競合解消戦略により複数のルールの中から WM と条件がマッチするルールの一つを選択し実行するという認知実行サイクルで動作する [3]。知識ベースの動作をそのルールの実行順序に着目すると、実行されるルールを節とする図1のような有向グラフで表すことができる。これをルール探索グラフという。ルール探索グラフにおいて分岐の起こる場所はユーザの入力によって分岐先が決まるインタフェースルールで、入力のない部分では分岐は起こらない。プロダクションシステムでは手続き型言語と違

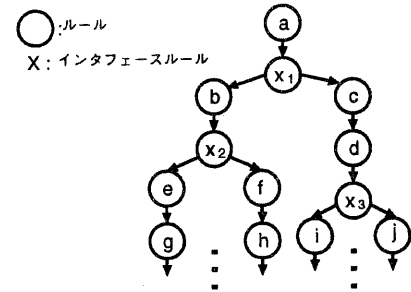


図1 ルール探索グラフ

い、ルールが実行順序に関係なく書かれている。このためルールの実行順序が把握しづらく、ルール探索グラフを作る作業は難しい。そこで知識ベースの実行をシミュレートしルール探索グラフを得るのがルール探索グラフ作成システムである。

使用する知識ベースは一般にユーザにとって使いやすい GUI 型のものである。これはマウスによって項目を選択することでシステムを利用するもので、選択した項目に対応する数値が入力値として扱われる。その動作とルールの構造を図2に示す。

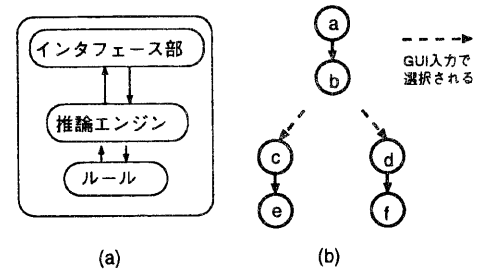


図2 GUI知識ベース

この知識ベースの動作は、まずインタフェース部が推論エンジンを呼びだし、エンジンはルール a、b を実行する。b のあとはマッチするルールが無いいため、制御をインタフェース部に返し、入力待ちとなる。ここでユーザの入力があるとインタフェース部はそれに対応した数値を推論エンジンにわたし、そして新たに c あるいは d を選択し実行する。以下同様にこの動作が繰り返される。

この実行をシミュレートするためには、ユーザに入力を要求するインタフェース部の代わりに、探索の戦略や入力データ選択を行う探索制御プログラムを置く。また、推論エンジンには実行したルールをルール探索グラフの節として登録する節登録処理などの機能を追加する（図3）。

実際にこのシステムを構成するのは、インタフェース部と推論エンジンをそれぞれ置き換えてコンパイルするだけの容易な作業で可能である。

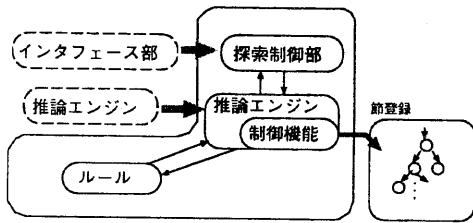


図3 システム構成

2.1 探索アルゴリズム

知識ベースの探索は全てのルールを実際にたどることからなり、インタフェースルールに対しては探索制御部が入力データをわたす。この入力データは可能性のある全てのパターンを試し、入力に対して次に選択されるルールを確認する。探索の基本戦略としては横型探索と縦型探索 [4] の2種類の方法を行う。

この探索は、全てのルールを実行するため探索の過程で無限ループに陥る可能性もあり、この回避処理が必要である。そのため、探索の過程では常に祖先のルールを参照し同じインタフェースルールから同じルールが選ばれた場合、ループであると判定する。入力のないルールでは分岐しないため、入力後に同じルールを選ぶとそれ以降も同じになることから、この判定法は確実なものと言える。

また、異なる入力によって選ばれた節でも、その後のルールの実行パターンが同じであれば、同一の分岐であるとして処理する。この処理により、その分岐以下の探索を行う必要がなくなり、探索の効率が良くなると考えられる。

実際の動作は図4のルールの例では以下のようになる。

- (1) 推論エンジンが呼ばれ、ルールを実行、1、2を登録しマッチするルールがなくなり、制御を返す、このとき、ルール2のWM状態を保存しこれを未処理リストに入れる。
- (2) 探索制御部がリストからWM2をとりだし、これに入力値を加えたものをWM状態として推論エンジンに渡す。
- (3) 推論エンジン部でルール3にマッチし、それに続くルールを実行し3、4を登録、4のWM状態を保存しリストに入れ、制御を探索制御部に返す。
- (4) さらに探索制御部はWM2の状態に戻しそれに対する入力続ける。

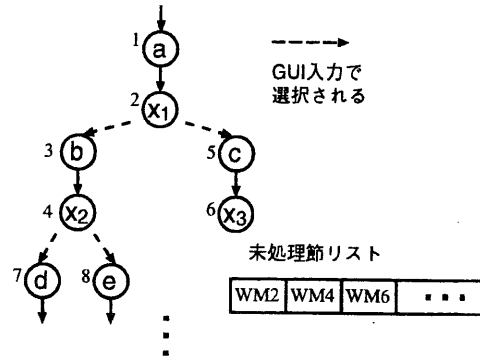


図4 探索の例

- (5) 推論エンジン部でルール5にマッチし、それに続くルールを実行し5、6を登録、6のWM状態をリストに入れる。
- (6) 探索制御部はWM2に対する全ての入力を終了しルール2を処理済みとする。以下縦型探索、横型探索いずれかの戦略に基づいてリストから未処理の節を取り出し、同様の探索を続ける。

2.2 ルール探索グラフ作成システムの性能評価

探索方法の違いによる探索効率を検討する。

(1) 実験方法

使用する知識ベースとして「戦国時代問題システム」[2]を用いる。これは実験用に作成した静止画像を含む知識ベースで、戦国時代の人物や事件に関する問題の出題や解説の表示などを行い、問題の分野を選択し問題に答えるというように階層的に実行していく構造である。

この知識ベースをルール探索グラフで表したときの節数は3237個、これは、同じルールでもルール探索グラフ上で異なる位置にあれば別の節として扱っている。

この知識ベースの問題数や分野を限定して知識ベースの規模を変更して使用し、横型探索と縦型探索の比較を行い、知識ベースの規模と探索法による探索の効率の違いを調べる。

(2) 実験結果

結果を表1にまとめる。

これは探索方法と知識ベースの規模（ルール探索グラフの節数）、探索時間 [分]、探索過程で保存される未処理節の最大数を表している。

この結果から、縦型、横型による探索時間には大きな違いはないが、横型は知識ベースの規模が増大すると探索過程で保存する節数が大幅に増加

探索法	ルール探索 グラフ節数	時間 [分]	最大 未処理節数
横型	112	1.75	22
	768	11.55	59
	1543	27.65	158
	3237	80.23	653
縦型	112	1.77	9
	768	11.45	34
	1543	26.32	35
	3237	76.79	35

表 1 探索法の違いによる探索効率

する。これは知識ベースの構造によって異なるが、ルール探索グラフの幅と深さに極端な差のない一般的な構造であれば、探索時の使用メモリ量を考慮し縦型を使う方が良いと言える。

また、節数 3237 のルール探索グラフを得るのに約 80 分かかるが、手動での作業と比較すると明らかに有効であると言える。

3 source 生成システム

source 生成システムは、ルール探索グラフの情報から、ルールをグループ化し、source を作成する。さらに source の遷移を表す source 探索グラフも作成する。このルールのグループ化の方法を述べ、その違いによる VEEC での応答時間の違いを検討する。また、source をさらにグループ化して応答性を良くする方法を提案する。

3.1 ルールのグループ化法

ルールの実行過程で分岐が起こる箇所はインタフェースを伴うルールであり、一般に、分岐の起こらない一連のルールは特定の処理を行うための依存関係の深いルールである。よって、インタフェースルールを基準にまとめたものが転送の単位として考えられる。このとき、無駄のない転送のためには、ルールを分岐直後から次の分岐までまとめる方法が考えられる。(図 5(1)、これを group1 とする。)

しかし、実際には知識ベースの性質上、簡単な木構造ではなく、分岐先が前のルールに戻ることもあり、その場合 group1 では同じルールが複数の source に含まれる(図 5(1)の x1)。この時、図 5(2)のように分岐の直前までまとめておく方法(group2)を使うとルールの重複なしで source が状態遷移できる。

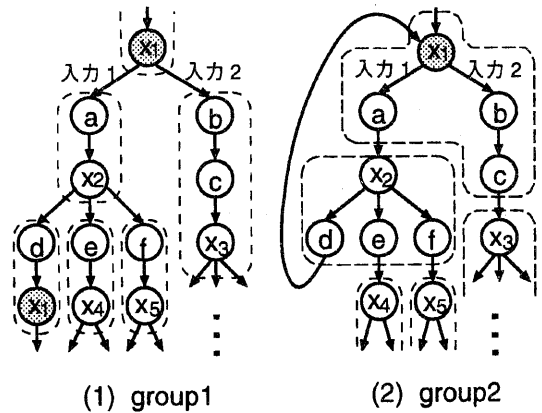


図 5 ルールのグループ化法

3.2 利用状況に応じた source のグループ化

前述の方法がグループ化の最少の単位である。しかし、実際に知識ベースを利用する際、ユーザの思考時間や source の利用率などの利用状況によってこの source をまとめるとさらに効率が良くなる可能性がある。また、source はルールや画像データの他にインタフェースなどを含む実行形式であるため、二つの source を転送するより、二つの source をまとめて一つの source にしたほうが転送サイズが小さくなる。このことから source をさらにグループ化することが転送の効率を良くするためには良い方法である。

この思考時間と利用率は VEEC を利用した時に測定し、そのデータを source のグループ化にフィードバックすることで随時 source の構造を変更していき、より応答性が良くなっていくようなシステムを構成している。

以下この考えに基づいた 2 種類の source グループ化方法について説明する。

グループ化した source も構造的に同じ source であるが、ここでは区別するために、最少単位である source を「単位 source」、source をグループ化したものを「グループ source」と呼ぶ。

(1) 思考時間に着目した source のグループ化

VEEC はユーザの思考時間を利用した先取り転送を行うので、思考時間の長い部分ではより多く転送することができる。そのため、思考時間の長い単位 source の次の単位 source 以下をまとめて 1 個のグループ source とすることで、応答性が良くなる。図 6 に例を示す。この図の節は単位 source を表している。この例では、1 が思考時間の長い単位

source で次に選ばれる 2、3 を一段階先までまとめて一つのグループ source とする。こうすることで、2 を実行する時にはそれ以下の 4、5 がすでに転送されていることになる。

実際に単位 source をグループ化する際、その単位 source の次の単位 source 数とグループ source の平均転送時間からグループ source の先取り転送が終了する時間を計算し、思考時間がそれを上回る場合のみグループ化する。

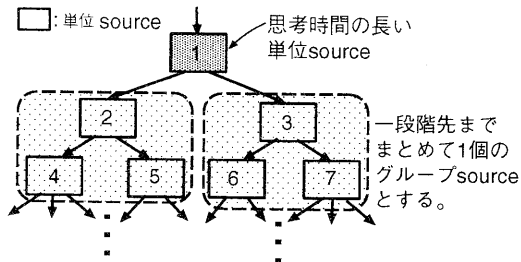


図 6 思考時間に着目した source グループ化

(2) 利用率に着目した source グループ化

利用率の高い単位 source を優先的に転送するという考えのもとで単位 source をグループ化する。

図 7 の例では 2、3 の利用率がそれぞれ 20%、80%、6、7 の利用率がそれぞれ 90%、10% である。この時、まず 1 から見て利用率の高い 3 に着目し、それ以下で利用率の高い 6 を選ぶ。この時 1 から見た 6 の利用率は 72% であり、1 の子節である 2 の利用率より高い。この場合 3 と 6 をグループ化する。これにより 3 から 6 への応答時間が短縮される。

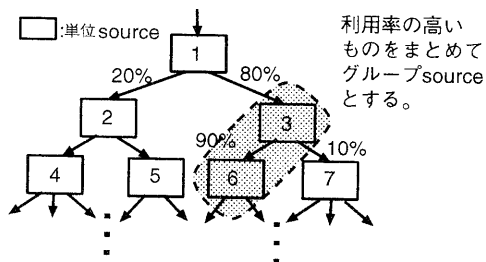


図 7 利用率に着目した source グループ化

3.3 source 生成システムの性能評価

ルールのグループ化法の違いによる、VEEC での応答時間の違いを検討し、さらに、利用状況による source グループ化の有効性を確かめる。

(1) 実験方法

(株)日本サテライトシステムズの通信衛星である JCSAT-1 を介したクライアント・サーバシステムを構成し、VEEC で前述の group1、group2 の 2 種類のルールグループ化法の違いによる応答時間の比較する。思考時間は 60[sec] に固定して行う。

また、思考時間、利用率を考慮した source グループ化について、VEEC の応答時間を調べる。思考時間に着目したグループ化は思考時間の長い部分を 180[sec]、その他を 10[sec]、利用率に着目したグループ化は思考時間を 30[sec] に固定した特徴の現れやすい条件のもとで実験し、それぞれグループ化を行ったものと行わないものを比較する。

知識ベースは「戦国時代問題システム」を用いる。

(2) 実験結果

group1 と group2 の VEEC の応答時間の分布を図 8 に示す。

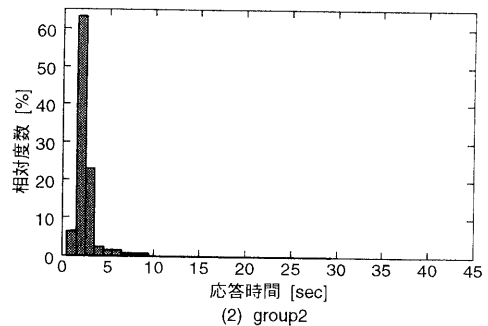
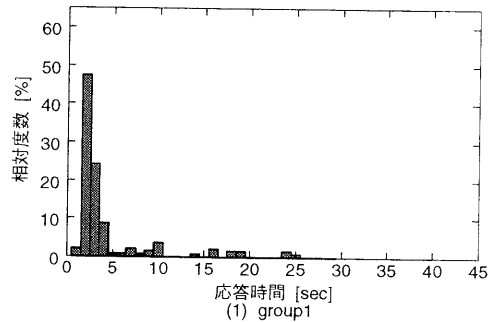


図 8 ルールグループ化の違いによる応答時間

この結果から、group2 の方が平均的に応答が良いことがわかる。group1 の方法では source 数 1297 個に分割され、平均 source サイズは 52855[byte]、group2 は総数 320 個で平均 81225[byte] となっており、group1 は各 source のサイズは小さいがひとつのルールが複数の source に存在することから source の総数が増え、結果的に転送の回数(量)が多く、先取りが間に合わないことが原因である。

次に、思考時間を考慮したグループ化の応答時間の分布を図9(1)(2)に示す。(1)はsourceグループ化を行わないもので(2)がグループ化を行ったものである。(1)で間に合わなかった先取りが(2)では思考時間中に行われているため応答性が良くなっている。

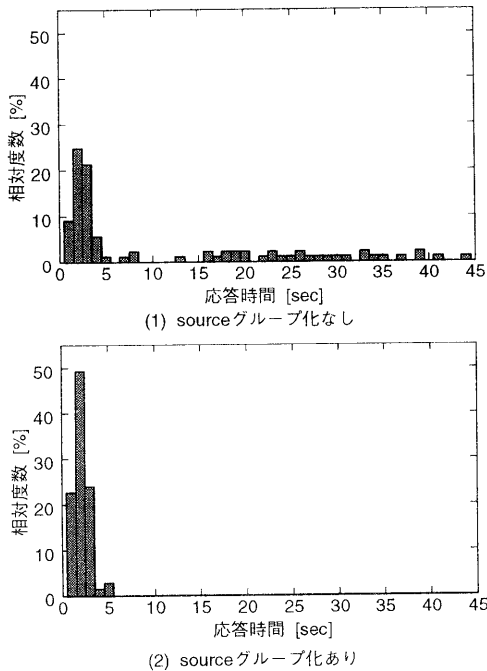


図9 sourceグループ化(思考時間)の応答時間

利用率を考慮したグループ化の応答時間の分布を図10(1)(2)に示す。(2)がsourceをグループ化したものである。どちらも先取りが間に合わない応答性の悪い部分があるが、グループ化したものは利用率の高い部分が優先的に転送されるため先取りのヒット率が高く、先取りの間に合わない3[sec]以上の相対度数が下がっている。この実験の知識ベースは入力による分岐が5個程度であるが、分岐が多く先取りするsource数が多い場合は先取りが間に合わないことが増え、さらに良い結果が期待できる。

4 まとめ

VEECで必要となるルール探索グラフとsourceを自動的に生成するシステムを提案し、探索効率とsourceの構造の違いによる応答性を検討した。また、利用状況によりsourceをさらにグループ化する方法を提案し、その評価を行った。その結果VEECの応答性が良くなり、有効性が確認された。

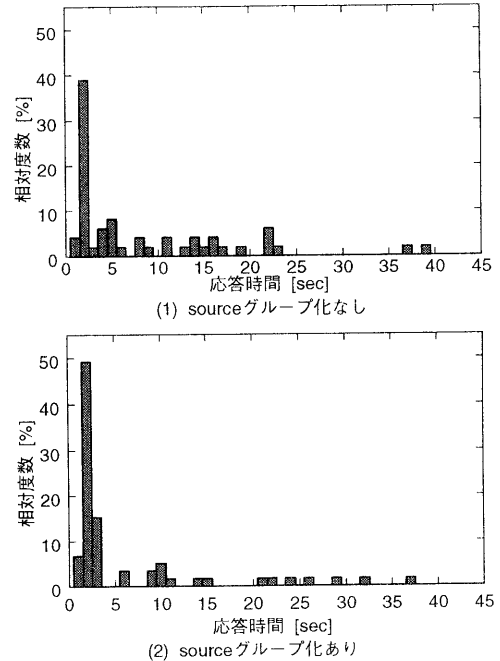


図10 sourceグループ化(利用率)の応答時間

これらは、転送量と思考時間のバランスが重要であり、理想的な転送を行うために、この調節を行う必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり御協力いただいた株式会社日本サテライトシステムズならびにデジタル衛星通信の大学間高度共同利用研究協議会に感謝いたします。

参考文献

- [1] 藤原祥隆 岡田信一郎 青木由直 棚橋真, “知識ベースの遠隔アクセス用仮想実行環境制御方式の性能評価”, 信学技報, SST95-68
- [2] Y. Fujiwara, S. Okada, H. Takadoi, T. Matsunishi, and H. Ohkama, “Performance Evaluation of VEEC: The Virtual Execution Environment Control for a Remote Knowledge Base Access”, IEICE TRANS. COMMUN. VOL.E80-A, NO.1 JANUARY 1997
- [3] チャールズ.L. フォーギー, “ops83 オフィシャルマニュアル”, パーソナルメディア 1990
- [4] 太原育男 “人工知能の基礎知識” 近代科学社 1988