

分散協調型帰納推論エージェントによるサーバ負荷分散処理

目黒雄峰 米沢 隆利 阿部倫之 服部 進実

金沢工業大学工学部情報工学科
〒 921 石川県金沢南局区内野々市町扇が丘 7-1
E-mail: hattori@infor.kanazawa-it.ac.jp

現在、数 Gbps から数十 Gbps 以上の通信能力を提供する ATM ネットワークが登場しており、我々はこの高速ネットワークを利用した新しい分散処理モデルとしてマルチサーバクライアントモデルを検討している。これは、クライアントの要求とネットワークの状況などによって各メディアサーバが自律的に協調を行ない結合関係を動的に再構成してゆくマルチメディア指向の自律分散協調システムである。

本稿では、このようなモデルを提供するための分散協調型帰納推論エージェントプラットフォームを提案する。

また、シミュレーションモデルによってマルチサーバクライアントシステムを実装し、これに対して分散協調型帰納推論エージェントを用いたサーバ負荷分散方式について述べる。

Autonomous Load Processing on Servers by Distributed and Cooperative Induction Agents

Yuuhou MEGURO Takatoshi YONEZAWA Noriyuki ABE Shimmi HATTORI

Department of Information and Computer Engineering
Kanazawa Institute of Technology
7-1, Ougigaoka, Nonoichi-chou, Kanazawa-south area, Ishikawa, 921, Japan
E-mail: hattori@infor.kanazawa-it.ac.jp

We are now developing multi-server/client model as new distributed processing model on gigabit network like ATM network.

In this model, multi-media oriented autonomous distributed system is proposed, considering dynamic reconfiguration of connection and relation among multi-servers according to client requirements and network environmental situations.

The platform of distributed and cooperative induction agent to which multi-server/client system based on simulation model is connected have been implemented, processing traffic load on multi-server by it.

1 まえがき

ネットワークを前提とした分散コンピューティング環境のためのソフトウェアアーキテクチャとしては、クライアントサーバモデルを用いることが一般的である。これは、高性能なサーバマシンを複数のクライアントマシンで共有するモデルであり、コストパフォーマンスが高い反面、サーバへの負荷集中による性能の低下が問題となっている。特に、HDTVなどの動画像や音声を中心とした分散マルチメディア環境では、高いリアルタイム性と大容量通信能力、および負荷変動に柔軟に対応するためのサーバ間協調能力が必要と考える。

現在、数 Gbps から数十 Gbps 以上の通信能力を提供する ATM ギガビットネットワークが登場しており、我々はこの高速ネットワークを利用した新しい分散処理モデルとしてマルチサーバクライアントモデルを検討している。これは、クライアントの要求とネットワークの状況などによって各メディアサーバが自律的に協調を行ない結合関係を動的に再構成してゆくマルチメディア指向の自律分散協調システムである。

本稿では、このような分散協調環境を提供するための分散協調型帰納推論エージェントプラットフォームを提案し、さらにマルチサーバクライアントモデルをシミュレーションによってモデル化し、エージェントプラットフォームと接続することによる評価システムについて述べる。

2 分散協調型帰納推論エージェント

2.1 分散協調エージェントモデル

本論文では、自律分散エージェントモデルの考え方をベースとしている。このシステムは分散配置された知的で自律したエージェントがある問題を協力して解決する分散協調問題解決の手法を用いることにより、エージェント間及び環境との相互作用を通じて秩序を形成し、大局的目標を実現すると同時に、環境の変化に対して適応しうる能力を持つ。

この際、状況に応じた問題解決を行なうために、各分散エージェントの問題における位置関係や、コンセプトの学習を可能とする分散協調型帰納推論システムが必要である。そこで、かような帰納学習を行なう方式として、PI(Process of Induction)[6]の考え方を分散協調環境に拡張した自律分散帰納推論エージェントのプラットフォームを提案する。

2.2 分散協調帰納推論エージェントの構成

図1に、分散協調環境で各エージェントが通信を行いながら概念生成や概念間のルール生成を行うための汎用的機能をもつ分散協調プラットフォームの構成を示す。本シス

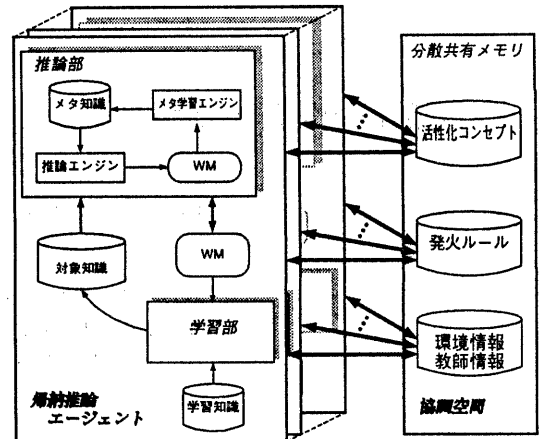


図 1: 分散協調型帰納推論プラットフォームの構成

テムは自律的推論によって問題解決を行なう帰納推論エージェントとその間のインターフェースを取るための仮想的分散共有メモリからなる。ギガビットネットワーク上での仮想分散メモリの構成については[7]で提案した。

コンセプトを用いた推論

本システムではさまざまな宣言的情報とルール群の双方を組織化するために、コンセプトというデータ構造を用いており、図2に示すごとく、コンセプトをノード、ルールをアークとするハイパーリンク型の知識ベースを持つ。あるルール、およびコンセプトがエージェント固有のものであっても、協調空間を通して他のエージェントと共有しているとみなすことができ、ネットワークを意識しない協調的分散問題解決が可能である。

PI推論では、コンセプトを中心に

1. コンセプトを活性化
2. 活性化コンセプトに付随するルールを活性化
3. 活性化ルールとワーキングメモリとのマッチング → 発火
4. 発火ルール間のエージェント間競合解消
5. 発火ルールの実行
6. 1.へ

なる処理サイクルをゴールに達するまで繰り返す。

メタ推論による対象推論制御

前項で述べた推論手法において、

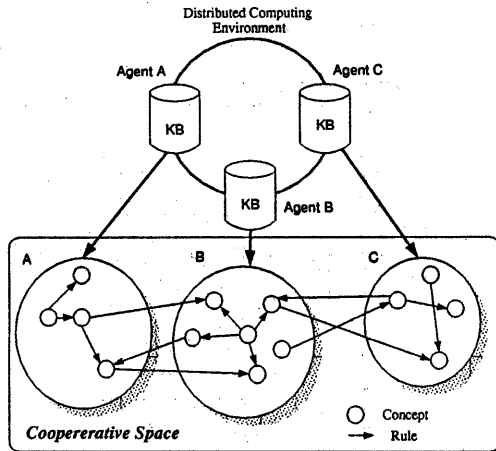


図 2: ネットワーク指向ハイパー型知識ベース

- 活性化すべきコンセプト/ルール
- 協調動作の頻度/対象エージェント

について、推論および協調をどの程度深く行なうかを制御することにより状況に応じてさらなる最適化が可能であると考えられる。ここで、前者はあるエージェント内における動作の最適化であり、後者はエージェント間の動作の最適化を意味する。

ここで、メタ推論の手法を用いて推論、および協調動作を制御することにより、推論および協調にかかるコストを軽減することが可能となる。メタ推論による対象推論制御を行なう場合の推論の流れを図3に示す。すなわち、各推論フェーズにおいて、以下のようにふるまう。

コンセプトの活性化フェーズ コンセプトが活性化状態となる活性化レベルを制御することにより、環境情報(ワーキングメモリ)に関連するコンセプト数を変化させる。

ルールの活性化フェーズ 活性化したコンセプトに付随するルールを活性化する際に、対象領域によっては全く必要のないルールがあると考えられる。そのようなルールが活性化しないように制御することにより、検索ルートを絞込む。

分散ルールの取り込み(協調)フェーズ 自己エージェント内で発火したルールを実行することによって競合や矛盾が生ずる可能性のある行為部¹をもつルール場合、自己エージェントを問わず他の発火ルールとの競合が起こ

¹PIでは相互排他的カテゴリに属するメッセージを知識としてあらかじめ登録しておくことにより競合の起きるルールを同定する

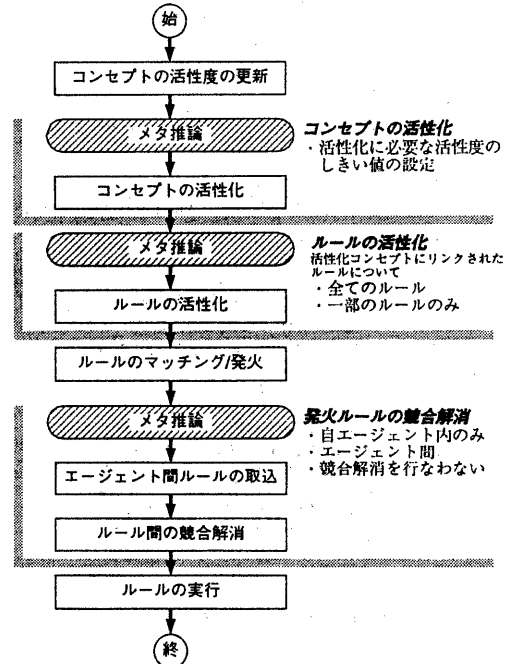


図 3: メタ推論を用いた対象推論の流れ

る可能性がある。よって、通常これらの発火ルールを分散共有化メモリを通じて送受信し合うことにより、エージェント間での競合解消を行なう。

ただし、通信負荷を伴う競合解消をアルゴリズム的に行なうとすると、問題解決に要するコストを増大させることとなる。ここでは各エージェントが判断に必要な非局所情報を認識し、必要な場面においてのみ通信を行なうべきである。[3, 4] 本システムでは、ネゴシエーションが進むにつれて、メタ推論/メタ学習により競合解消を行なうべき場合を同定するよう自己の状態を更新することにより、コストの軽減をはかる。

2.3 バケツリレーアルゴリズム

学習手法としてバケツリレーアルゴリズム [6] を使用している。バケツリレーアルゴリズムでは、あるルールがシステムにとってどの程度有効であったかに基づき、そのルールの強度を上げる(あるいは下げる)。すなわち、ある結論を導いたルール群に対して結論から逆順に推論の流れをトレースし、各ルールの強度を調節する(図 4)。

推論部では、複数の競合する可能性のあるルールが発火

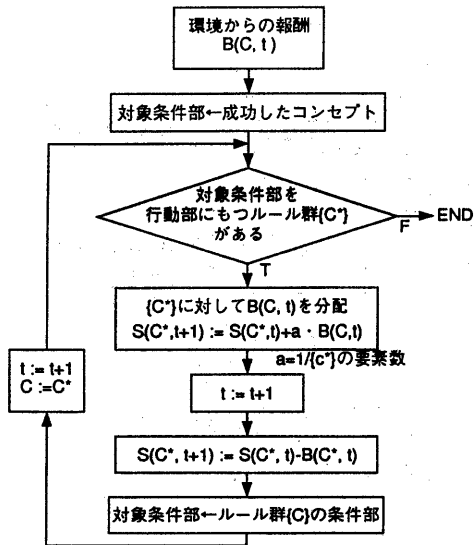


図 4: パケットリレーアルゴリズム

した際に競合解消を行なうためにルール強度、支持度、特殊性から算出される付け値が用いられる。すなわち、推論結果によってパケットリレーアルゴリズムによる強化学習が引き起こされると、推論の成功、失敗の状況によってルール強度が変更され、結果、実行されるルールの系列を変更し、別の結論を導くことができる。

3 マルチサーバクライアントモデル

現在、数 Gbps から数十 Gbps 以上の通信能力を提供する ATM ネットワークが登場しており、我々はこの高速ネットワークを利用した新しい分散処理モデルとしてマルチサーバクライアントモデルを検討している。これは、クライアントの要求とネットワークの状況などによって各メディアサーバが自律的に協調を行ない結合関係を動的に再構成してゆくマルチメディア指向の自律分散協調システムである。

各サーバおよびクライアントには前述の自律分散型帰納推論エージェントが配置され、クライアントの要求を受理するための最適なサーバを、エージェント間の協調動作により選択する。各エージェントは、ネットワークやサーバの秩序を維持するように振舞うため、高いインタオペラビリティ(相互接続運用性)とスケーラビリティ(規模拡張性)を有する分散マルチメディア環境の構築が期待できる。

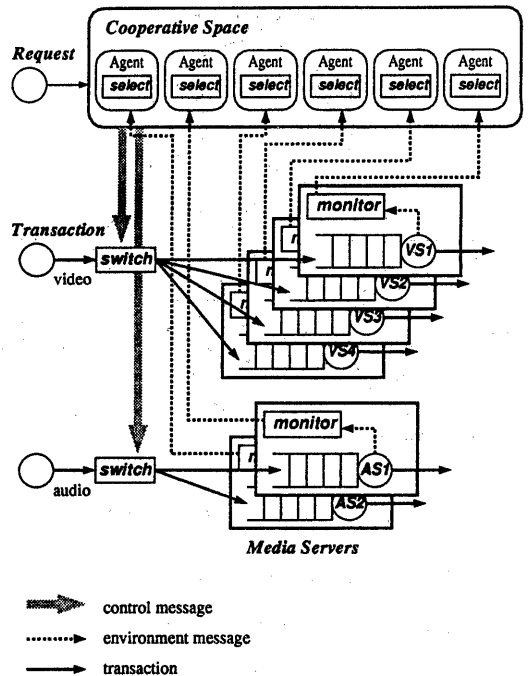


図 5: シミュレーションモデル

3.1 マルチサーバによるマルチメディア負荷処理系

マルチサーバクライアントモデルに基づくマルチメディア負荷処理系を考える。ここでは、音声および動画データに対するサービスを提供するサーバが複数存在する環境において、クライアントからの要求に応じてデバイス-サーバ間のリンクを行ない、かつ、処理中の負荷状態に応じて動的に再配置を行なう。ただし、ここでのサービスとは動画像の編集のようなマルチメディア情報の加工、再構成などを想定している。

このような環境を汎用シミュレーション言語である SLAM II を用いてモデル化を行なった。そのシステムモデルを図 5 に示す。

本モデルは、以下のような要素からなる。

- リクエスト

クライアントは、動画メディアおよび音声メディアのいずれか、もしくは両方を使用し、処理負荷の異なるサービスを要求する。リクエストのパラメータとして、サービスの種類、要求時間、品質基準を持つ。

- トランザクション

クライアントからの要求を処理するためにデバイス、サーバ間で送られる音声/動画データの流れを抽象化した単位をトランザクションと定義する。リクエストによって使用するデバイスおよびサーバ間のリンクができると、各デバイスにおいてトランザクションが発生し、割り当てられたサーバごとに待ち行列を形成し、先着順に処理される。要求時間が終了し、デバイス-サーバ間のリンクが切断されると(あるリクエストに対する)トランザクションの発生も終了する。

シミュレーションに用いたパラメータを表 1 に示す。

平均到着間隔 (ポアソン到着)	リクエスト トランザクション		7.5 秒 1/60 秒
リクエスト 発生率	再生	音声	0.49
		動画	0.07
		音声/動画	0.14
	加工 /再生	音声	0.21
		動画	0.03
		音声/動画	0.06
要求時間			60 秒
要求品質 (トランザクション損失率)			0.0、0.2、0.4
サーバ数	音声サーバ		2
	動画サーバ		4
各サーバの最大待ち行列長			50
トラン ザクション 処理負荷	再生	音声	600/秒
		動画	120/秒
	加工 /再生	音声	300/秒
		動画	60/秒

表 1: シミュレーション条件

3.2 分散協調エージェントによる制御

デバイス-サーバ間の動的割当は分散協調エージェントにより、以下のように行なわれる。

- 各サーバマシンごとにエージェントが常駐し、負荷状態の監視を行なう。
- サーバからエージェントにフィードバックされる環境情報として、各サーバの待ち行列長、トランザクションの損失率を与える。エージェントは、そのエージェントが監視しているサーバの局所的な負荷状態しか得られない。

- 各エージェントは、クライアントからのリクエストを受けると、分散問題解決機能により、接続サーバを決定する。

- サーバエージェントの基本戦略は、「処理負荷を均等に分配する」ことであるとする。すなわち、両サーバのバッファ使用率に偏りが無いことが理想である。

- あるひとつのリクエストによるトランザクションの処理中に、サーバの処理負荷(待ち行列長、損失率)に著しく偏りがあれば、クライアント、もしくはサーバエージェントの要求により、サーバを切替えることができる。

- エージェントの協調動作により、音声/動画デバイスおよびサーバ間の接続が行なわれる。はじめは「待ち行列長が小さいサーバを選ぶ」という程度の単純な知識によりサーバの選択を行なうが、協調動作および強化学習法による学習機能により、エージェント全体にとって適切な結論を得よう自己組織化される。

3.3 評価例

評価例として、サーバ間の待ち行列長の分散の推移を図 6 に示す。なお、この例はエージェントによる分散割当による結果ではなく、リクエスト到着時にランダムにサーバを選択した後、各サーバの待ち行列長が許容量の 6 割を越えたとき、以下の 3 種類の処理を行なったものである²。

- サーバをランダムに再配置する
- 処理トランザクションを要求品質の範囲で間引きする
- 再配置なし

(b)の間引きについては、イーサネットを用いた動画像の転送においてフレーム単位での間引き等、現行の技術による手法について盛んに研究がなされているが、これによってもある程度の負荷分散効果が認められる。しかし、(a)のサーバ動的再配置によっていっそうの効果があることが理解できる。ランダムな再配置という条件上、この結果は大群化効果によるものと考えられるが、[2]において、自律分散エージェントによる適応型分散資源割当 [5] 機能により、大群化効果以上の負荷分散効果が得られることが確認されているので、本モデルについても同様の効果が期待できると考える。

²シミュレーションは実行時間 300 秒を 1 サイクルとし、これを 9 サイクル繰り返して得た分散値の平均をとった。

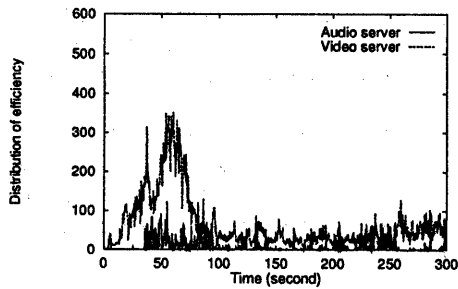
4 むすび

本論文では、局所的な情報により自律的に問題解決を行ないつつ、協調的通信を通して全体としての秩序を維持する分散協調型帰納推論エージェントプラットフォームの提案を行なった。このとき、多大な通信負荷をとまう協調的通信を抑制すべく、メタ推論による対象推論制御の手法について述べた。

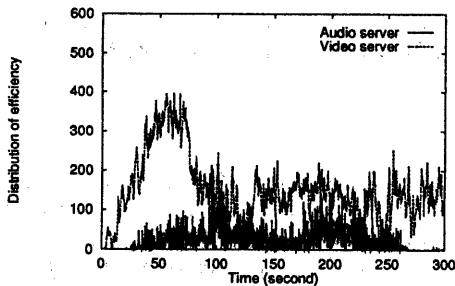
また、近い将来に來るべき高速ネットワークを想定し、マルチメディア情報に対するサービスを提供するマルチサーバ負荷処理系をシミュレーションモデルとして実装した。今後はクライアントからの要求を処理するサーバを動的に再配置する機能について、上述のエージェントプラットフォームを用いて実現し評価を行なう予定である。

参考文献

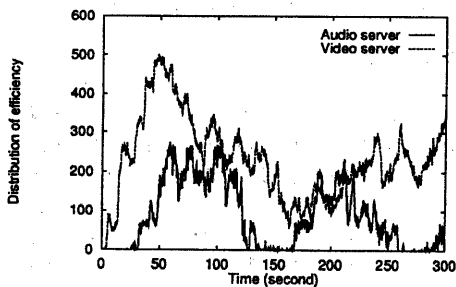
- [1] 米沢隆利、服部進実: “分散協調型帰納推論エージェントによるネットワーク負荷制御方式” 信学技法, IN94-38 (1994)
- [2] 米沢隆利、中沢実、服部進実: “自律エージェントシステムによる通信網のプロセスマイグレーション” 信学技法, CS93-21 (1993)
- [3] 菅原俊治: “分散プランニングのためのモデル獲得ルールの学習について” 信学技法, AI94-33 (1994)
- [4] 菅原俊治、Victor Lesser: “協調のためのルールの学習について” マルチエージェントと協調計算 III、日本ソフトウェア科学会 MACC '93 (1994)
- [5] 石田亨: “マルチエージェントモデルに基づく分散資源制当—ATM網における帯域制当—” 情処学会, DPS62-4 (1993)
- [6] J. H. Holland, et al: “Induction: Process of Inference, Learning, and Discovery”, the MIT press (1986)
- [7] “広域的仮想共有メモリによるギガビットネットワークコンピューティング” 情処学会、マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, vol 94 No 1 (1994)



(a) サーバ再配置



(b) 処理トランザクションの間引き



(c) 再配置なし

図 6: サーバ間の待ち行列長の分散