

仮想実行環境制御方式の性能評価

高倉 伸樹 藤原 祥隆 岡田 信一郎 松澤 文太郎

北見工業大学

著者らは、これまで衛星通信やインターネットを利用した遠隔アクセスによる応答性の改善を目的とした仮想実行環境制御方式を提案してきた。本稿では、学習支援システムに不可欠な個人適応化機能を備えた新たな仮想実行環境制御方式を提案するとともに、これにより構築したプロトタイプシステムの衛星通信環境下における応答性能評価、および、コーザルネットワークを用いた個人適応化機能の動作検証を行った結果を報告する。

Performance evaluation of virtual execution environment control system

Nobuki TAKAKURA Yoshitaka FUJIWARA
Shinichiro OKADA Buntaro MATSUZAWA

Kitami Institute of Technology

We have proposed the virtual execution environment control system that improved responsiveness for the remote access with satellite communications. In this report, we proposed new virtual execution environment control system with a user adaptation mechanism which is indispensable to learning assistance system. And we report experimental studies on responsiveness of prototype system in the satellite communications environment and appropriateness of a user adaptation function using causal network.

1 はじめに

著者らは、これまでに衛星通信向け知識ベース遠隔アクセス方式「仮想実行環境制御方式 (Virtual Execution Environment Control system) 以下 VEEEC と略す」の提案を行ってきた。VEEC は衛星通信を計算機間のデータ通信路とした際に伝送遅延によって起こる応答性の劣化を補うために考案された方式である。この方式は、知識ベースを独立動作可能な部分知識ベースに分割し、サーバ計算機からクライアント計算機にこれを順次転送し、クライアント計算機上で連続して実行するものである。また、部分知識ベースの実行と並行して、次に実行される部分知識ベースを予測し、先取り転送することにより、見掛け上の転送時間を 0 に近づけ、応答性の劣化を補っている [1]。

ところで、VEEC の主な応用は教育支援などの対話システムである。教育支援用対話システムにおいては、学習者の理解度に応じてシステムの動作を変更する個人適応化機能が重要である。そこで著者らは、個人適応化機能を仮想実行環境制御方式に取り込むことにより有用性が高まると考えた。VEEC では固定された数の教材をあらかじめ想定された順番に実行する以外の実行制御は困難であったため、JAVA のオブジェクト指向技術を適用し、実行順序の変更を容易にすることで適応化に対応した JVEEC (Java Virtual Execution Environment Control system) を提案した [2]。

本稿では、この知識ベースシステムのプロトタイプを構築し、VEEC と同様の応答性の改善効果があることを実際の衛星通信 (対称・非対称 [3]) を用いた応答性能評価実験により検証するとともに、コーザルネットワークによる適応化 [4] 知識ベースを作成し、適応化動作することを確認した。

2 JVEEC 概要

2.1 知識ベース

VEEC の基本的な考え方や、先取り転送などの利点を継承するため、JVEEC では部分知識ベースを独立動作可能なアクティブノード (ノード) として実現した。アクティブノード内には実行順序に関する記述がなく、それぞれのアクティブノード間には依存関係がない。アクティブノードの実行順序はコンテキストグラフに記述される。JVEEC はアクティブノードとコンテキストグラフを組み合わることにより、実行順序の変更を容易にし適応化機能への対応を行っている。

アクティブノードは実行モジュールである JAVA クラスファイルを中心とし、クラスファイルが使用するデータ (テキスト・画像) ファイル群によって構成される (図 1 参照)。

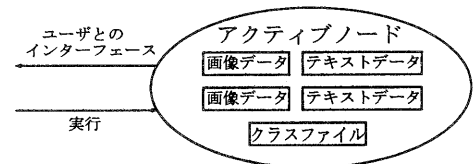


図 1: アクティブノードの構成

アクティブノードの実行順序はコンテキストグラフに記述される。コンテキストグラフは以下の 3 つの内容を持つ

- ・ 実行順序
- ・ 分岐先を決定するためのキー
- ・ 優先度情報

これら 3 つの内容はコンテキストグラフだけに記述されるのでコンテキストグラフを変更することにより、容易にアクティブノードの実行順序を変更することができる。また、コン

テキストグラフは一般にグラフ構造となり、本稿においては特に木構造となるものを利用した。この木構造の例を図2に示す。図2のアクティブノード「A」の実行において「1」のキーが得られたとき、「A」からの分岐先であるアクティブノード「B」「C」のうち、次に実行されるアクティブノードは「B」に決定される。

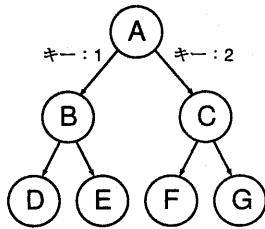


図 2: コンテキストグラフの概念

2.2 JVEEC の構成

2.1 で述べたアクティブノードおよびコンテキストグラフによって構成された知識ベースを実行するための JVEEC システム構成を図3に示す。JVEEC の動作は以下になる。

- 1 まず最初にコントローラが「コンテキストグラフ」から次に実行するアクティブノード (B) を決定したと仮定する。コントローラによって実行されたアクティブノード (B) はユーザへの情報提供 (画像やテキストの表示など) を行う事により、ユーザと対話を行う。
- 2 1 と同時に、コントローラはコンテキストグラフから次に実行されるアクティブノード群を予測し、実行を予測されたアクティブノード群 (D,E) のインスタンスの生成要求を「CacheMemoryController」(CMC) に出す。この時、インスタンス生成に必要なアクティブノード (D,E) がキ

ャッシュディスクに存在しなければ、キャッシュディスクに格納するよう「CacheDiskController」(CDC) に要求を出す。この要求を受けた CDC はサーバ計算機へアクティブノード (D,E) の転送要求をだし、サーバ計算機からアクティブノード (D,E) を受信する (先取り転送)。

- 3 受信終了後,CMC はアクティブノード (D,E) のインスタンスを生成する。
- 4 アクティブノード (B) は実行終了後、ユーザから入力されたキーや実行結果をメモリ領域にある「ワーキングメモリ」(WM) に保存する。
- 5 コントローラは次に実行するアクティブノードを WM 内のキーとコンテキストグラフを参照し決定する。
- 6 コントローラはキーにより決定されたアクティブノード (D) を実行する。

このように、JVEEC ではアクティブノードの実行 (ユーザとの対話) と次に実行されるアクティブノードの先取り転送が同時に行われるため、アクティブノードの実行時間 (ユーザとの対話時間) が先取り転送に要する時間に対して十分に長ければ、見かけ上のアクティブノード転送の時間が 0 となり応答性能の向上につながる。

2.3 適応化

JVEEC における適応化は評価ノードによって行われる。評価ノードはアクティブノードの一種であり、通常のアクティブノードとの違いは、WM に保存されたその他のアクティブノードの実行結果から学習者の理解度を計算し、コンテキストグラフにおける優先度情報を理解度をもとに更新する点にある。コントローラはコ

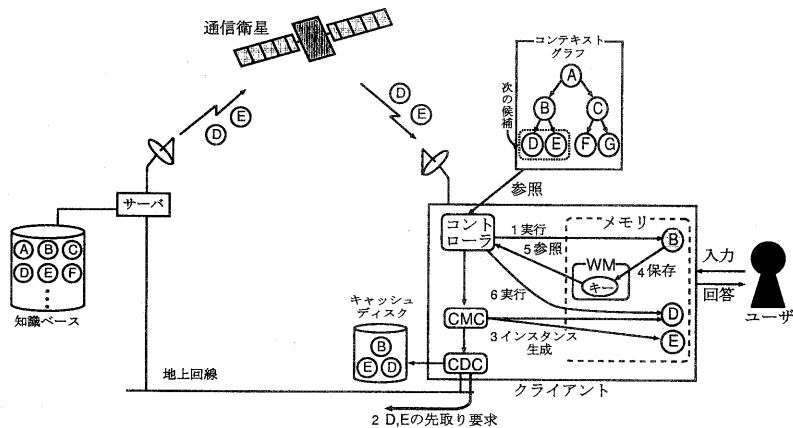


図 3: JVEEC システム構成 (非対称ネットワーク)

ンテキストグラフにある優先度情報を参照し、学習者に対して優先度順に次の選択肢を表示する、または、これ以上の学習が不要と判断された選択肢を非表示にするなどの動作を行う。ユーザは評価ノードによって変更された優先度にしたがって学習を進めることにより、高い学習効果を得ることができる。

2.4 非対称ネットワークの構成

VEECにおいては図4に示す対称ネットワークで通信を行っていた。しかし、対称ネットワークにおいては衛星回線の伝送遅延等が大きく転送速度が低下する [5]。また、サーバからクライアントへデータを送信後、クライアントからサーバに受信確認を送信するため上り回線と下り回線が対となる通信路を必要とし、衛星通信の利点である同報性が利用できない。

そこで本稿においては、転送効率を向上させ、同報性を利用できる非対称ネットワーク (図 5 参照) を利用し、より応答性を高めることを試みた。非対称ネットワークにおいて、上り回線を地上回線、下り回線を衛星回線とし、地上回線の通信プロトコルには TCP/IP、衛星

回線の通信プロトコルには GTP (Geostationary satellite Transmission Protocol) を用いた。GTP は著者らが非対称ネットワークを実現するために復路側の衛星通信向けに開発した簡易なプロトコルである [3]。この GTP の特徴として以下の 2 点があげられる。

- ・ 下り回線のみによるデータ転送を可能とするためコネクションレスになっている
- ・ エラー発生を検出するためのチェックサムを備えている

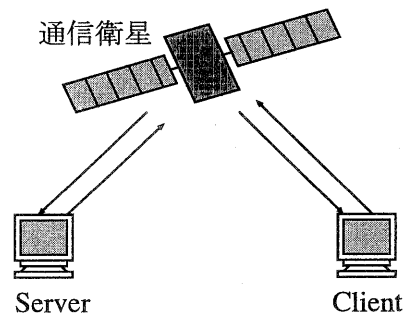


図 4: 対称ネットワークの構成

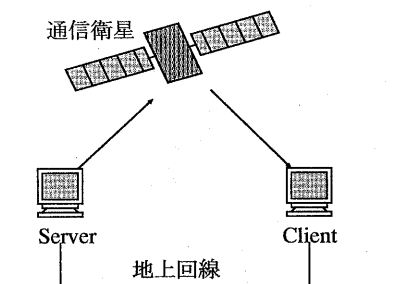


図 5: 非対称ネットワークの構成

3 性能評価

JVEEC の性能評価を行うためにプロトタイプシステムを構築した。またプロトタイプシステム上で動作する評価用の知識ベースとして第一種情報処理技術者試験問題を作成した。この知識ベースは第一種情報処理技術者試験の受験者を対象に、受験対策学習を行う知識ベースであり、学習者が選択した学習分野に対し、解説の提示や問題の提示と正否の判定を行う。この知識ベースにおけるコンテキストグラフの概略を図 6 に示す。スタートを起点とし、「分野の選択」「解説の提示」「問題の提示と正否の判定」と分岐していく木構造となっている。知識ベースは「分野の選択」は 4 ノード、「解説の提示」は 12 ノード、「問題の提示と正否の判定」34 ノードとした。各ノードはテキストデータ・画像データなどで構成されている。

3.1 応答性の評価

実際の衛星回線を使用して JVEEC の応答性評価を行った。評価は応答時間を実測することにより行った。その際、上り回線・下り回線ともに衛星回線を利用する対称ネットワークと、上り回線は地上回線、下り回線は衛星回線を利用する非対称ネットワークを用いた。通信衛星は JSAT 株式会社の JCSAT-1B を使用し

ている。衛星回線の伝送速度は 768kbps とし、その際対称ネットワークにおける転送速度 (実測値) は 57kbps, 非対称ネットワークにおける転送速度 (実測値) は 258kbps であった。なお、ここでは応答時間をユーザからの入力があるから次のアクティブノードの実行開始までの時間と定義した。その他の実験時のパラメータは表 1 のとおりである。

| | |
|--------------|-----------|
| ディスクキャッシュサイズ | ファイル30個 |
| 知識ベース平均サイズ | 130K byte |
| 思考時間 | 40 sec |

表 1: システムのパラメータ

対称ネットワーク (先取り転送あり・なし)・非対称ネットワーク (先取り転送あり・なし) のそれぞれにおける JVEEC の応答時間の累積分布を図 7 に示す。図 7 において、グラフの白い部分が分布の全体の 50% を占め、50% 以上は 10% 毎に濃さによって区切った。図 7 より、対称・非対称ネットワークのいずれも先取り転送を行った方が応答時間の短いところに分布が集中している。さらに、先取り転送ありの対称ネットワークと非対称ネットワークを比較すると、非対称ネットワークは対称ネットワークより応答時間が短いところに集中している。これらのことより応答性の向上が見られる。

3.2 適応化機能の検証

JVEEC に適応化機能を実装した際の動作検証を行った。適応化にはコーザルネットワーク [6] を利用した。コーザルネットワークは「原因」と「結果」を条件付き確率で関連付け、原因から結果、または結果から原因を推論するための手法である。本稿においては章・節の理解度を原因、演習問題の正誤を結果へそれぞれ対応させ、演習問題の正誤から章・節の理解度を

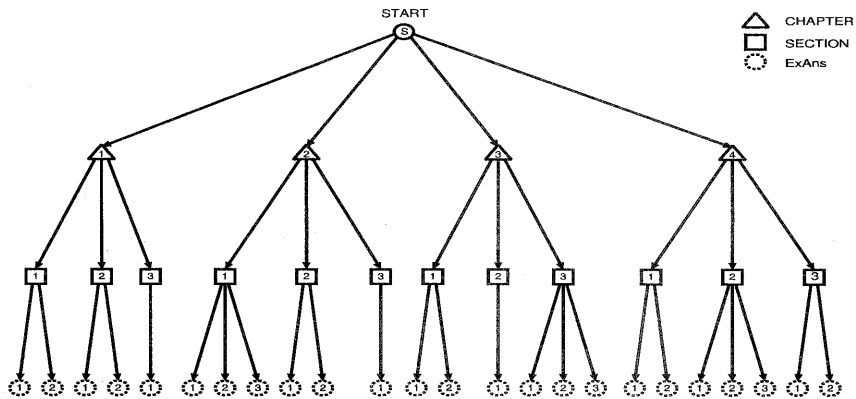


図 6: コンテキストグラフの構造

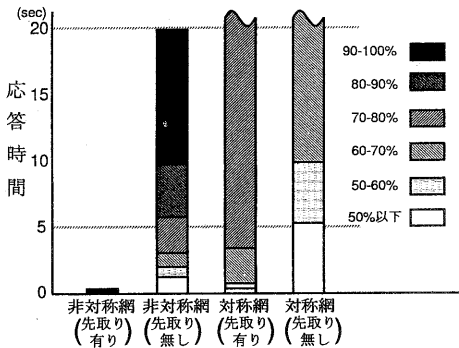


図 7: 応答特性 (思考時間 40 秒)

推論し、理解度の低い章・節を優先的に学習者に提示するシステムを構築し、第一種情報処理技術者試験を題材とした評価用知識ベースへ組み込んだ。

今回の評価用知識ベースでは、画面上に提示された選択肢 (ボタン) を選択することにより、次に実行されるアクティブノードの決定が行われる。評価用知識ベースの適応化機能はこの選択肢をコンテキストグラフに書かれた優先順位の高い順に左から並べて提示することによってユーザに表される。例えば、図 8 上段に示すように初期状態では「コンピュータ基礎

理論」「データ構造」「整列アルゴリズム」と並ぶ選択肢があったとする。その場合に、「データ構造」の分野の問題を間違えると、コーザルネットワークにより「データ構造」の分野が苦手であると判断され、次に同じアクティブノードが実行された際には、システムはこの分野を最も左側に表示し、学習者にこの分野を優先的に学習するよう促す (図 8 下段)。

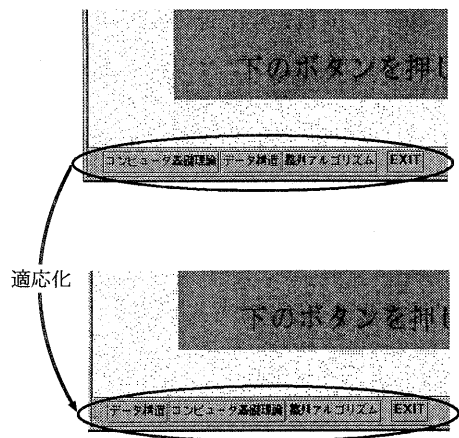


図 8: 適応化による変化

適応化機能の実際の動作を検証するため、第

一種情報処理技術者試験に合格していない学習者にこの知識ベースを使用させ、実際に選択された分野とその理解度(1-優先度)の推移を記録した。その結果の一部抜粋を図9に示す。図9において、折れ線部が理解度の推移を示し、「○」のあるところがその分野が実際に選択されたことを示している。グラフより理解度の低い小分野を優先的に実行し、また、全体的に回数を追う毎に理解度が高くなっているのが読みとれる。従って、ユーザは苦手な分野を重点的にに行い、効率的な学習ができたといえる。

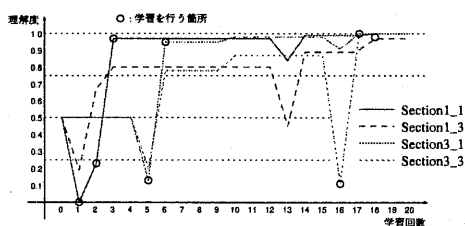


図 9: 適応化による実行順序の変化

4 まとめ

本稿では JAVA のオブジェクト指向技術を適用し、適応化に対応した知識ベース実行環境 JVEEC を提案した。また、この知識ベースシステムのプロトタイプを構築し、実際の衛星通信(対称・非対称)を用いた評価実験により応答性能を検証するとともに、コーザルネットワークによる適応化知識ベースを作成し、適応化動作することを確認した。

なお、本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究 B(2)「手話とライブ CG 技術を用いた非言語通信技術の開発と通信衛星利用異言語間通信実験(課題番号 10450142)」の支援を受けた。

参考文献

- [1] Y.Fujiwara, S.Okada, et.al. :“Performance Evaluation of VEEC:The Virtual Execution Environment Control for a Remote Knowledge Base Access, IEICE Trans.on Comm., vol.E80-B,no.1.pp81-86.1997.
- [2] 高倉 伸樹,藤原 祥隆,岡田 信一郎,“JAVA に基づく仮想実行環境制御方式の衛星通信環境における性能評価” 情報処理北海道シンポジウム,2000
- [3] 武田 一真,藤原 祥隆,岡田 信一郎,“非対称ネットワークを用いた知識ベースの遠隔アクセス方式の評価” 信学技報 SAT99-108,pp.1-7,January 2000.
- [4] 松澤 文太郎,藤原 祥隆,岡田 信一郎,“Causal Network による適応化機能を備えたプロダクションシステムの評価” 電気関係学会北海道支部連合大会,2000
- [5] 後藤 滋樹,村上 健一郎,“ギガビットネットワークの壁” 情報処理,Vol36-No.7,pp.589-595,July 1995.
- [6] Richard.E.Neapolitan, “PROBABILISTIC REASONING IN EXPERT SYSTEMS THEORY AND ALGORITHMS”, 1990