

分散型 e-Learning システムにおけるエージェントの スワッピング機能について

Swapping Mechanism of Agents in Distributed e-Learning System

岸田 純弥[†] 余田 剛志^{††} 本村 真一^{††} 川村 尚生^{††} 菅原 一孔^{††}

Junya Kishida[†] Takeshi Yoda^{††} Shinichi Motomura[†] Takao Kawamura^{††} Kazunori Sugahara^{††}

[†] 鳥取大学大学院 工学研究科 ^{††} 鳥取大学 工学部

1 はじめに

クライアントサーバ型のようなシステムは一般に頑健性と拡張性に乏しい．そこで我々は，P2P モデルに基づく分散型 e-Learning システム [1] を開発している．本システムでは，モバイルエージェントを採用し，サービスをシステム上のノードに分散させる．また，本システムのエージェントは，我々が開発しているモバイルエージェントフレームワーク Maglog[2] によって提供される．Maglog のエージェントとエージェント動作環境は Java で実装されている．

本システムの学習コンテンツは問題や採点機能を持つエージェントとして構成され，エクササイズエージェント (以下 EA) と呼ばれる．EA は「数学/微分と積分」のようにカテゴリ単位で分類され，カテゴリ毎にカテゴリエージェント (以下 CA) によって管理される．

本システムの初期起動は 1 つのノード上で行われ，ほとんどの CA と EA が生成される．新たなノードがシステムに参加すると初期ノードからいくつかのカテゴリを受け取り管理する．次に参加するノードは既存の 2 つのノードのいずれかから，いくつかのカテゴリを受け取り管理する．このように新たに参加するノードは既存のノードからいくつかのカテゴリを受け取り管理する．逆にシステムから離脱時には所持するカテゴリを他のノードへと受け渡す．カテゴリの授受には，そのカテゴリに属する CA と EA の授受も含まれる．

エージェントは生成されると，主記憶上に確保されたエージェント動作環境の Java ヒープ (以下ヒープ) 上で動作する．システムの起動時に生成した EA を全て初期起動を行うノードのヒープ上で動作させると，システム全体の EA の数がシステムを起動するノードのヒープ容量に限られてしまう．また，1 つのエージェントに対して，1 つのスレッドが割り当てられる．OS のスワッピング機能によって，ヒープ容量を越える数の EA が同時実行可能であるが，その数は各 OS に定められている最大スレッド数までである．

そこで，二次記憶上に EA を中断して保存し，必要に応じて中断した時点の状態から EA を再開させヒープ上で動作させる EA のスワッピングを実現することで，この問題の解決を図る．

本稿では EA のスワッピングを実現した分散型 e-Learning システムについて述べる．

2 EA のスワッピングを用いたシステム設計

EA のスワッピングを用いた分散型 e-Learning システムの主な動作 3 つにおける CA と EA の動きを示す．

2.1 システムの初期起動

システムの初期起動は単一のノードで行われる．起動が始まると，各カテゴリの CA が生成され，CA が自身のカテゴリに属する EA を生成していく．

EA は生成された後，初期化して，自ら自身の実行を中断する．EA は中断後に中断ファイルとして二次記憶へスワップアウトする．

本システムが動作している間，CA はヒープ上で動作し，多数存在する EA は二次記憶上で中断ファイルとして保存される．

2.2 参加・離脱による他ノードへの移動

参加・離脱の際，CA は管理している EA を全て他のノードへ移動させる．EA は中断ファイルとして存在しているため，CA はファイル転送機能を用いて，EA の中断ファイルを移動させる．EA は移動先のノードの二次記憶上に保存される．CA は EA を移動させた後，エージェントの移動機能で自身で移動する．

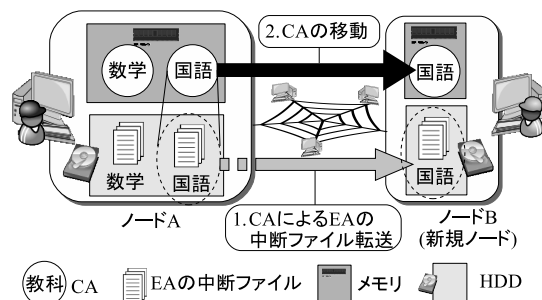


図 1: 参加・離脱による CA と EA の移動

2.3 学習コンテンツの提供

ユーザが学習コンテンツの要求を行うと，そのコンテンツのカテゴリの CA を持つノードが検索される．ノードがユーザの要求を受けると，該当する CA へその要求が伝えられる．CA は要求を受けると，管理する EA の中から 1 つ選び，選んだ EA の中断ファイルを用いて EA を再開してスワップインさせる．その後，CA は EA にユーザの要求を伝える．

EA は要求を受けると，自身のコピー (以下コピー EA) を作成し，要求しているユーザのノードへコピー EA を派遣する．コピーを作成した EA (以下オリジナ

ル EA) はコピー EA を派遣した後、自身で中断を行い、中断ファイルとなる。コピー EA は移動した後、問題・解答・解説の提供や採点のサービスを行う。動作を図 2 に示す。

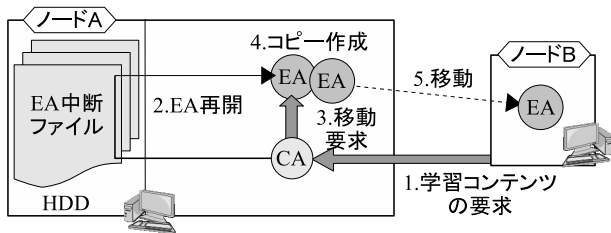


図 2: 学習コンテンツの提供

また、コピー EA は処理完了後、自身を管理する CA の元へ帰還する。コピー EA は帰還後、自身のオリジナル EA の中断ファイルを用いてオリジナル EA を再開させ、オリジナル EA にユーザから得た学習記録を渡す。その後、コピー EA は自身で消滅し、オリジナル EA は自身で中断し、中断ファイルとなる。

3 実装

EA のスワッピングを用いた分散型 e-Learning システムを実現するために、エージェントのスワッピング機能とエージェントの中断ファイル転送機能を Maglog に実装した。

3.1 エージェントのスワッピング

エージェントのスワッピングを実現するためのエージェントの中断機能・再開機能 [3] を次に述べる。エージェントの中断機能

主記憶上で動作中のエージェントを中断して中断ファイルとして二次記憶にスワップアウトする機能である。

エージェントは生成されたノードとは異なったノードへ移動し仕事を行うので、Maglog のエージェントは自身のクラス記述の入ったダイナミッククラスローダ (以下 DCL) を持っている。

エージェントの中断を行うエージェントシリアライザを実装した。エージェントシリアライザはエージェントのスレッドを停止させ、エージェントオブジェクトと DCL オブジェクトを直列化し、それらをファイル出力することでエージェントの中断を行う。

エージェントの再開

二次記憶に保存されている中断ファイルを用いてエージェントを中断した時点と全く同じ状態で、ヒープ上にスワップインする機能である。

エージェントの再開を行うエージェントデシリアライザを実装した。エージェントデシリアライザは中断ファイルを読み込み、直列化復元を行ってエージェントオブジェクトと DCL オブジェクトを復元する。そして、エージェントオブジェクトに DCL オブジェクトを持たせ、スレッドを割り当てることでエージェントの再開を行う。

3.2 エージェントの中断ファイル転送機能

Maglog に HTTP クライアント機能と HTTP サーバ機能を設け、HTTP を用いた中断ファイル転送機能

を実装した。ファイル転送されたエージェントは移動先のノードの二次記憶に保存される。

4 実験

CPU は Intel Pentium4 3.0GHz, 主記憶容量 1GB, OS は GNU/Turbo Linux(kernel version 2.6.0), Java バージョン 1.5.0, ヒープ容量 500MB で実験を行った。

まず、EA のスワッピングを用いない場合と用いた場合で EA を十万個生成する実験を行った。EA の中断ファイルサイズは 332KB である。前者では各 EA のオブジェクトやスレッドのスタックなどがヒープ上に割り当てられ、生成可能な EA は 504 個までだった。後者では、各 EA は二次記憶へ保存される。この場合、ヒープ上に割り当てられる EA の情報は、エージェント動作環境のリストで管理されるエージェント ID だけである。この ID の記憶容量は各 32 バイト程度である。実験の結果、EA は十万個生成することができた。

次に 100 個の EA を他のノードへ移動させ、最初の EA の移動開始から最後の EA の移動完了までの経過時間を調べた。各エージェントが持つ XML-RPC で実装された移動機能を用いて他のノードへ移動させた場合は約 175 秒、EA の中断を行ってエージェントの中断ファイル転送機能によって転送し転送後に EA を再開させた場合は約 59 秒となり、後者は前者と比べて約 1/3 倍の時間で EA を移動することができた。

5 おわりに

本稿では、EA のスワッピングを実現した分散型 e-Learning システムについて述べた。EA を中断し、中断ファイルとしてスワップアウトし、ユーザの要求に応じて、CA が EA をスワップインさせ仕事をさせる。これにより、システムの起動時に生成できる EA の数は起動するノードの主記憶容量に限られない。また、EA を他のノードから渡されても、ノードの主記憶容量に関係なく、多数の EA を管理することができる。

今後、本学科の演習室で利用されている分散型 e-Learning システムにエージェントのスワッピング機能を組み込む予定である。

参考文献

- [1] Motomura, S., Nakatani, R., Kawamura, T. and Sugahara, K.: Distributed e-Learning System Using P2P Technology, *Proc. of IEEE WEBIST*, pp. 250–255 (2006). Setubal, Portugal.
- [2] Motomura, S., Kawamura, T. and Sugahara, K.: Logic-Based Mobile Agent Framework with a Concept of “Field”, *IPSJ Journal*, Vol. 47, No. 4, pp. 1230–1238 (2006).
- [3] Motomura, S., Kishida, J., Kawamura, T. and Sugahara, K.: Realization of Persistency in a Multi-Agent Framework, *Proc. of IEEE KIMAS*, pp. 28–33 (2007). Waltham, USA.