

分散型 e-Learning システムにおける耐障害性の向上について

木下俊吾(鳥取大学 大学院)
 本村真一(鳥取大学 大学院)
 川村尚生・菅原一孔(鳥取大学 工学部)

概要

我々の開発している分散型 e-Learning システムは、全ての学習コンテンツと採点機能をモバイルエージェントにより実現し、P2P ネットワークによりシステムに参加するコンピュータ(以下ノード)に分散している。本システムにおいて、ノードの障害発生がシステム全体の停止をもたらすことはなくサービスは持続可能であるが、障害の発生したノードの学習コンテンツは失われ、そのコンテンツの学習ができなくなる。この問題を解決するために、エージェントのバックアップをノードへ分散させる。障害ノードを検知したコンピュータはエージェントのバックアップを用いてサービスを継続する。開発したアルゴリズムの有効性は実験により示す。

1. はじめに

我々は、集中型 e-Learning システムの問題点である拡張性や頑健性の乏しさを解決するため、分散化、拡張性、耐障害性などに優れた P2P モデルに基づく分散型 e-Learning システムの開発を行っている。[1]

本システムは、学習コンテンツをサーバなどに一括管理するのではなく、システムに参加するコンピュータ(以下ノード)に学習コンテンツを分散させる。システム参加時に既存のノードから学習コンテンツの一部を受け取り他のノードからの要求に応じて学習コンテンツを提供する。ここで述べる学習コンテンツは、単なるデータではなく、人間の指示を必要とせず採点・正解や解説の提示などの機能をもつエージェントである。

本システムにおいて、ノードの障害発生がシステム全体の停止をもたらすことは無く、サービスは持続可能である。しかし、障害の発生したノードの管理する学習コンテンツは失われ、そのコンテンツを学習することができなくなる。この問題に対処するために、本研究では分散バックアップによる障害復帰について述べる。

2. 分散型 e-Learning システム

本システムでは、分散ハッシュテーブルに基づく P2P ネットワークにより学習コンテンツを分散させる。カテゴリ単位で管理されている学習コンテンツは、ハッシュ関数によりカテゴリ名を key として分散ハッシュテーブル(以下テーブル)の2次元直交座標空間に配置される。

各ノードは、この座標空間の一部を自身の領域として割り当てられ管理(領域の分割・統合)を行う。システム参加時は既存のノードより領域の一部を分け与えられ、離脱時は既存のノードに領域を受け渡す。このとき、領域の授受に連動し領域に含まれるカテゴリの授受も行われる。本システムではこの様にして学習コンテンツの動的な分散が行われている。

図 1 にその例を示す。ここでは、NodeA が“Math”，NodeB が“Grammar”，NodeC が“History”と、それぞれの管理領域に配置されるカテゴリを管理する。

3. 障害復帰機能

3.1 分散バックアップ

本システムにおけるバックアップは、各ノードの管理する複数のカテゴリ(以下カテゴリ集合)単位で行われる。また、参加している全てのノードがバックアップを管理するノード(以下バックアップノード)の候補となる。各ノードは、管理領域の領域切片が接しているノード(以下隣接ノード)の一つをバックアップノードの候補とする。この際、バックアップの分散時にも負荷分散が行われるように、管理カテゴリと学習コンテンツの総数が最小の隣接ノードをバックアップノードとして決定する。バックアップノードの選択は、システム参加時のバックアップ作成と領域更新時におけるバックアップ更新の際に行う。また、不要になったバックアップは削除する。図 1 において、NodeA のバックアップノードの候補は NodeB、NodeC であり、上記の条件により NodeB が選ばれた場合 NodeB がバックアップの管理を行う。

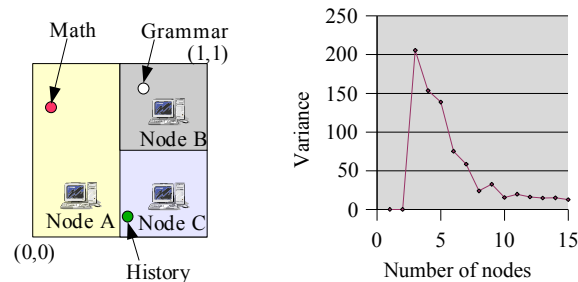


図 1 : カテゴリの配置とノードの管理領域の関係

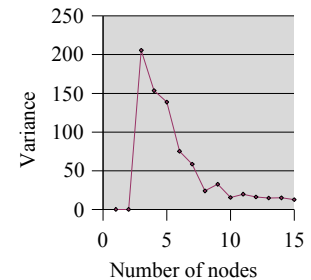


図 2 : 参加ノード数とエージェント数の分散の関係

3.2 障害復帰

バックアップノードは、バックアップのオリジナルを管理するノード(以下オリジナルノード)の生存確認を定期的に行う。障害を検知すると、バックアップを利用しオリジナルノードの復元をバックアップノード上で仮想的に行う。そして復元された仮想ノードは通常と同様の離脱を行う。これにより、システムは障害ノードの学習コンテンツを失うことの無い障害復帰を可能とする。

ただし、ここで述べる障害復帰は、“オリジナルノードとバックアップノードの障害が同時に発生しない”という条件下でのみ機能することに注意する。よって、少なくとも1台のノードの障害復帰が可能であり、上記の条件を満たせば複数のノードの障害復帰も可能となる。

4. 実験

まず分散バックアップによるシステムの障害復帰の動作確認を行い、次にシステムにノードが順次参加して行く過程で負荷の分散が行われているかをノード数と各ノードのエージェント数の分散により検証する。このとき、登録カテゴリ数を50、各カテゴリが管理する学習コンテンツ数を3とした際の結果を図 2 に示す。

ノード数が増加がエージェント数のばらつきが減少させていることは、各ノードの負荷均一化という面で、本システムの分散バックアップの有効性を示している。また、復元されたコンテンツは正常に利用できた。

5. おわりに

本システムにおいて、分散バックアップを用いた障害復帰を行った。これにより、障害時もサービスを継続できた。また、各ノードのバックアップを含めたエージェントのばらつきを抑えることで負荷分散を実現した。

参考文献

- [1] Motomura, S. et al.: Distributed e-Learning System Using P2P Technology, In Proc. of the 2nd Intel. Conf. on Web Information Systems and Technologies, pp. 250-255 (2006). Setubal, Portugal.

【来場者へのメッセージ】

世界中にこのシステムに参加しているユーザがいることを想定すれば、大規模なサーバを必要とせずに膨大な学習コンテンツを持つシステムを構築することができます。企業や教育機関など学習コンテンツが比較的小規模な場合においても、それに見合った台数のノードが参加すればシステムを構築することができます。どちらもサーバを必要としないため特定のノードへの問題要求集中などによるシステムの応答遅延を軽減できます。