

遊休計算機を含む分散型 e-Learning システムの 開発者向け可視化機能の開発に向けて

堤 祥輔*, 東野 正幸, 高橋 健一, 川村 尚生 (鳥取大学)

Toward Visualization for Developers of a Distributed e-Learning System including Idle Computers

Shosuke Tsutsumi, Masayuki Higashino, Kenichi Takahashi, and Takao Kawamura (Tottori University)

1 はじめに

遠隔授業の推進により, e-Learning システムが多くの教育機関で導入されている. しかし, 既存の e-Learning システムは専用サーバの導入や運用に要する費用が高額になりやすい. そこで我々は, 計算資源を余らせている複数の一般的な既存計算機 (以後, 遊休計算機) を組み合わせることで, 安価に導入・運用可能な分散型 e-Learning システム (以後, 本システム) を開発している [1].

本来の利用者によって参加・離脱する遊休計算機をノードとして本システムに組み込む場合, それらの計算資源を効率的に利用するには, それぞれの性能や振る舞いの違いを考慮したシステムの性能向上や機能追加のための改修が必要となる.

システムを改修する際にシステムの動作状況を確認する必要があるが, 各ノードに分散したログを手動で確認しようとすると, 開発者に時間的負担をかけることになる. そこで, 本システムの動作状況を確認するための時間的負担を軽減する可視化機能を開発する.

2 遊休計算機を含む分散型 e-Learning システム

本システムの遊休計算機を利用した負荷分散の仕組みを図 1 に示す. 本システムは複数のノードで構成される. 常駐ノードとはシステム専用の計算機を使用しているノードであり, 安定して計算資源として扱える. 遊休ノードは遊休計算機を使用したノードであるため不安定である. たとえば, ノード A が持つファイルにユーザからのアクセスが集中した場合, そのファイルの複製が遊休計算機に作られ, ユーザからのアクセスを請け負い負荷を分散する.

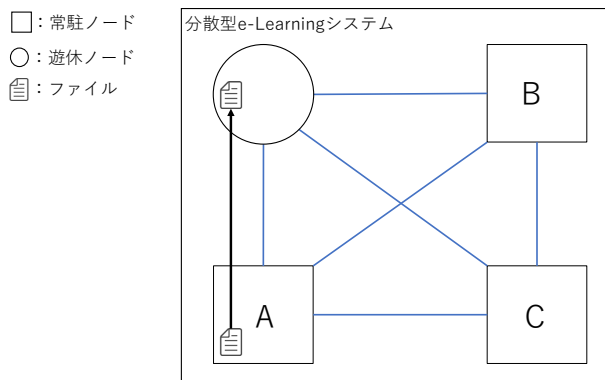


図 1 遊休計算機を含む分散型 e-Learning システムの構成例

3 開発時における課題と可視化による解決

3.1 各ノードの参加・離脱状況の確認

開発中の本システムにおいて, 新しく実装するアルゴリズムの動作確認や動作実験を行う場合, 遊休ノードと常駐ノードがそれぞれ何台で構成されているかといったシステムのノード構成を確認する必要がある. 本システムは分散データベースとして Apache Cassandra^{*1}を使用しており, 参加中のノードの情報は分散データベースに登録している. しかし, ノードが本システムへ新たに参加する前と後のノード構成を比較したい場合や, 過去のノード構成を比較したい場合, ログとして参加・離脱状況を記録し, 必要に応じて確認できる必要がある. そこで, 各ノードの参加・離脱に関するログを集約して, 1 画面で確認可能とする.

3.2 組み込んだ遊休計算機のシステムへの影響の確認

本システムは遊休計算機を組み込むことにより, 負荷を分散させることや, システムの性能を拡張できる. 遊休計算機を考慮したアルゴリズムの動作確認や動作実験において, 組み込んだ遊休計算機がシステムへ及ぼす影響を確認する必要がある. しかし, 組み込んだ遊休計算機のシステムへの影響を確認するには, 各ノードに分散したログからクライアントからのリクエストの応答時間や単位時間当たりの処理数, 及び計算資源に関する情報を分析する必要がある. そこで, 各ノードに分散したログを集約し, 1 画面で確認可能とする.

3.3 アルゴリズム設計・実装時の動作の確認

新たにアルゴリズムを開発した場合, 開発者の設計通りに動作するかどうかを確認するにはシステムの大まかな動作の確認が必要である. また, 本システムでは各ノードの処理能力に応じてユーザからのリクエストの処理の割り当て量を変更するアルゴリズム (以後, 応分割当アルゴリズム) を実装予定だが, どの処理能力を指標に応分割当をするか検討中である. 応分割当アルゴリズムの動作を確認するには, 各ノードでの個々のリクエストの処理に要した時間 (以後, 応答時間), 各ノードに割り当てられたユーザからのリクエスト数, 及び計算資源の情報を確認する必要がある. しかし, それらのログは各ノードに分散している. そこで, 各ノードに分散したログを集約し, 1 画面で確認可能とする.

*1 Apache Cassandra: <https://cassandra.apache.org/>

4 可視化機能の設計

4.1 各ノードの参加・離脱状況の可視化

各ノードの参加・離脱状況を確認するには、各ノードのログからそれぞれデータを得る必要があるため時間を要する。本システムを構成するノード数が増えるほど、その時間的負担は大きくなる。そこで、各ノードの参加・離脱状況をネットワーク図と表形式で可視化することで開発者の時間的負担を軽減する。

4.2 各ノードの保有計算資源情報の可視化

各ノードが保有する計算資源の確認も同様の理由で時間的負担が大きくなる。そこで、各ノードが保有する計算資源を表形式で可視化することで開発者の時間的負担を軽減する。可視化する計算資源は CPU の製品名・使用率、メモリの全容量・使用可能量・使用率、及びストレージの全容量・使用可能量・使用率とする。

4.3 各ノードのリクエストの処理実績の可視化

本研究では本システムの性能を示す指標として各ノードがクライアントから受けるリクエストの平均応答時間や単位時間当たりの処理数を用いる。このような各ノードでのリクエストの処理実績の確認も同様の理由で時間的負担が大きくなる。さらに、そこから平均応答時間や単位時間当たりの処理数を計算する必要がある。そこで、各ノードでのリクエストの応答時間と単位時間当たりの処理数のログを集約して表形式で可視化する。

5 可視化機能の実装

5.1 各ノードの参加・離脱状況の収集

ノードが本システムに参加すると Cassandra のテーブルに参加したノードの情報が登録される。また、離脱すると削除される。このテーブルからノード群の参加と離脱の状況を定期的に取得し、変化があればその差分を JSON 形式のデータに変換にして、可視化機能を持つシステム（以後、ビジュアライザ）に送信する。

5.2 各ノードの保有計算資源情報の収集

本システムでは計算資源に関する情報の取得に OSHI^{*2}を使用する。各ノードは OSHI を用いて自身の保有計算資源の情報を取得し、Cassandra のテーブルに登録する。ビジュアライザへのデータ送信を担当するノードは、テーブルから定期的にノード群の計算資源情報を取得し、JSON 形式のデータに変換してビジュアライザに送信する。

5.3 各ノードのリクエストの処理実績の収集

本システムでは各ノードの Web サーバ機能として Eclipse Jetty^{*3}を使用している。Jetty はクライアントからのリクエストの記録をログファイルとして出力する機能を持つ。このログファイルから各リクエストの応答時間や処理数を取得する。取得したデータは IP アドレス、時刻、単位時間当たりのリクエストの処理数、単位時間当たりの平均応答時間から構成されるデータ列に加工して、それぞれのノードからビジュアライザに送信する。

^{*2} OSHI: <https://www.oshi.ooo/>

^{*3} Eclipse Jetty: <https://www.eclipse.org/jetty/>

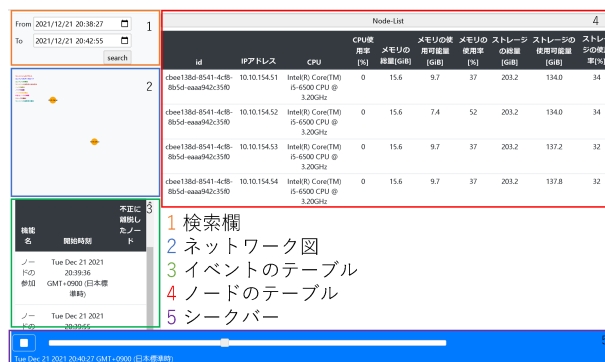


図 2 実装した可視化機能 (ビジュアライザ)

5.4 収集したデータの可視化

提案する可視化機能は開発者向けの機能であるため、現在のシステム状況だけでなく、過去の期間のシステム状況も確認できるように実装する。そのため、本システムから集められたログはビジュアライザのローカルデータベースに記録しておき、必要に応じた期間を指定してログデータを抽出し、過去のログを再生できるように実装する。

ビジュアライザではローカルデータベースとして MariaDB^{*4}を使用する。また、データの視覚化ライブラリとして D3.js^{*5}を使用する。本システムから送信されたログデータは MariaDB で保存され、指定された期間の各ノードの参加・離脱状況と各ノードの保有計算資源情報をネットワーク図と表形式でそれぞれ可視化する (図 2)。

ノードの参加・離脱状況や保有計算資源を確認する場合、図中 2 のネットワーク図と 4 のノードの表で確認できる。各ノードでのリクエストの処理実績の可視化についてはログの収集までは行えたものの、ビジュアライザのユーザーインターフェースへの表示については今後実装予定である。

6 おわりに

本稿では、遊休計算機を含む分散型 e-Learning システムの開発者向け可視化機能を提案し、その設計と実装について述べた。本システムのノード群の構成や各ノードの参加・離脱状況が 1 画面で確認可能になったことで、開発者の時間的負担が軽減可能となる。今後、各ノードでのリクエストの処理実績の可視化機能を開発する。また、本可視化機能の有用性の評価を行う予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 19K03081 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Toshiya Kawato, Masayuki Higashino, Kenichi Takahashi, and Takao Kawamura. Proposal of distributed e-learning system using idle resources. In *Proceedings of The 5th International Conference on Computer and Communication Systems*, pp. 557–561, 2020.

^{*4} MariaDB: <https://mariadb.org/>

^{*5} D3.js: <https://d3js.org/>