

スケーラブルでリアルタイム動作可能なレスポンスアナライザの開発

Development of Response Analyzer Systems Improving Scalability and Real-time Processing

水谷 晃三

Kozo MIZUTANI

帝京大学理工学部ヒューマン情報システム学科

*1 Faculty of Science and Engineering, Teikyo University

Email: mizutani@uccl.teikyo-u.ac.jp

あらまし: 本研究ではスマートフォンやタブレット型端末などの情報端末を用いたレスポンスアナライザの開発を行っている。本研究のシステムは学校規模での同時利用を想定したスケーラビリティとリアルタイム動作可能なシステムアーキテクチャを有している点が特徴である。本論文では試作システムの概要と性能評価の結果を報告する。

キーワード: レスポンスアナライザ, クラスレスポンスシステム, スマートデバイス, WebSocket, SignalR

1. はじめに

講義中に受講者の理解状況を教員が把握するための手段としてレスポンスアナライザまたはクラスレスポンスシステム（以下 RA と記す）を活用する方法がある。教育分野において RA を活用した研究は 1970 年ごろから行われており^[1], その後も IT の発展とともに様々なシステムが提案, 利用されてきた。

RA の有効性は示されてきたものの, 今日の学校教育の場において RA の活用が一般的になっているとは言い難い。その主な理由として, 筆者は①システムの利用準備・管理に関わる問題, ②インタラクションのリアルタイム性, ③インタラクションの双方向性の欠如, に注目しており, これらの問題を解決するための新しい RA の開発を進めている。

本論文では試作中の RA の概要を説明する。また, 前述の 3 つの課題のうち①および②に関わるシステム性能の評価結果を示して試作システムのアーキテクチャについて考察する。

2. RA の問題点と新システムのシステム要件

2.1 システム利用準備と管理に関わる問題

RA は教授者と受講者のインタラクションを支援するシステムである。受講者が一人ずつ端末をもつ形になるため端末管理の容易性は RA 活用において重要である。今後, スマートフォンやタブレット型端末などスマートデバイスの教育利用が進んでいくことを想定すると, スマートデバイス上でのソフトウェア管理の容易性も重要である。

現状, 入手できる RA 製品は, 大別すると a) 専用の応答端末により構成されたもの, b) PC やスマートデバイスなど情報端末を活用したものがある。

今後スマートデバイスの教育利用が進んでいくことを想定すると専用の応答端末とスマートデバイスを同時に管理していくのは非効率である。b) による方式により RA を実現する方がシステムの利用準備と管理が容易になる。

教授者側の端末やサーバ等のシステム管理の容易性も重要である。RA の活用を促進するうえで導入初期から運用中のコストを教授者の負担にならない形で低減していくことが求められる。

2.2 インタラクションのリアルタイム性と双方向性

RA を利用することによって講義の進行が妨げられたり受講者の応答状況の把握に時間が掛かったりしては, 教授者と受講者のインタラクションを支援するという本来の目的に対して本末転倒である。したがって, RA はリアルタイム動作可能であることが望ましい。特定の受講者に対してメッセージや教材コンテンツを送信したり, 逆に受講者からメッセージを受け取るなどの双方向なインタラクションがリアルタイムに行えることなども望まれる。

2.3 新システムの機能要件

現状, 2.1 及び 2.2 で述べた問題点を同時に解決している RA やその活用事例は稀有である。本研究ではこれらの問題点を解決するために, 以下のシステム要件を満たす RA を試作することにした。

- A) スマートデバイスの利用
- B) Web ブラウザ上で動作し, 新たなソフトウェアインストールを原則不要にする。
- C) WebSocket によりリアルタイム性を実現する。
- D) 学校内全ての講義で利用できるよう高いスケーラビリティを有する。
- E) パブリッククラウドへ対応し, サーバ等の管理を原則不要にする。

3. 試作システムのアーキテクチャと機能概要

2.3 で述べたシステム要件を満たすため, 試作システムは .NET Framework 4.5 による Web アプリケーションとして開発した。Web サーバ側は ASP .Net MVC 4 により, クライアント側は JavaScript をベースに RA 機能を実装した。 .NET Framework 4.5 には WebSocket を用いたサーバークライアント間の

Remote Procedure Calls ライブラリ “SignalR” が含まれる^[2]。SignalR は他の WebSocket API と比べ、

- i. ブラウザが WebSocket に対応していない場合でも Ajax の Long Polling により WebSocket と同様の機能を提供する。
- ii. クラウドサービスに対応している。
- iii. スケールアウトのための機構が含まれている。
- iv. Web ブラウザだけでなく PC アプリケーション向けライブラリも提供される。

などの特徴があり、2.3 で述べた要件を満たすうえで最適であると判断した。

図 1 には試作システムの画面例を示す。教授者端末画面にて質問コンテンツや質問形式などを設定して「コンテンツ配信」ボタンを押すと受講者端末に配信される。さらに「回答スタート」ボタンを押すと受講者端末上で一斉にカウントダウンが開始される。受講者は時間内に画面上に表示された回答ボタンを押して回答する。回答結果は教授者端末の画面にリアルタイムに表示される。

4. 試作システムの性能評価

試作システムは SignalR によりリアルタイムな動作を実現しているが、端末数の増加など様々な要因により性能が低下する可能性がある。そこで受講者側端末の数とサーバ数を変化させて、ア) 端末接続処理、イ) コンテンツ送信処理、それぞれについて処理時間を計測した。計測は各条件ごとに 3 回ずつ実施しその平均値をまとめた。

計測はクラウドサービス上で行った。サーバ側は 1.6GHz 2Core CPU, 3.5GB RAM の Web サーバ、受講者端末側は 1.6GHz 4Core CPU, 7GB RAM の仮想マシン上で受講者端末を模したプログラム(スレッド)を同時実行して計測した。(1000 端末時は仮想マシンを 2 台に増やし 500 端末分をそれぞれ割り当てた。)

図 2 はア) について受講者端末ごとの平均時間をまとめたものである。例えば 2 サーバ/200 端末の平均時間は 984.4 ミリ秒であった。図 3 はイ) について、教授者画面からコンテンツ配信を開始したのち全ての受講者端末から受信完了メッセージを受け取るまでの時間である。例えば 2 サーバ/200 端末の平均時間は 1244.0 ミリ秒であった。

5. 考察

ある調査では、要求を出してから Web ページの表示までの応答時間が 2 秒を超えると半数程度のユーザが“遅い”と感じるとしている^[3]。本研究の性能評価では、ア) イ) とともに 2 サーバ以上/200 端末時の応答時間が 2000 ミリ秒未満となっており、小中高の公立学校の学級編制基準である 40 名クラスを想定すると、5 クラス分の処理要求が同時に発生しても体感上の性能低下は限定的であると考えられる。

一方、400 端末以上では 3000 ミリ秒以上の時間を要する場合があり、サーバ数を増やしてもスケールアップの効果が得られていない結果となってい

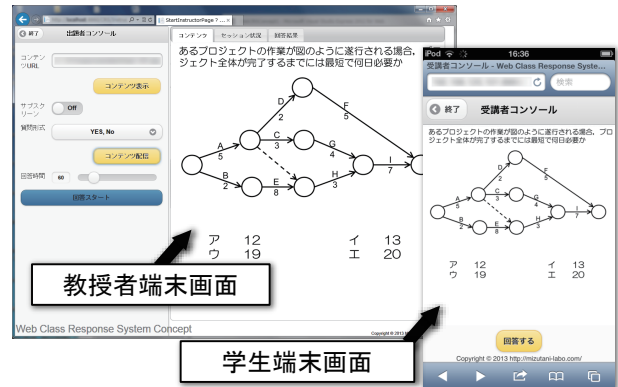


図 1 試作システムの画面例

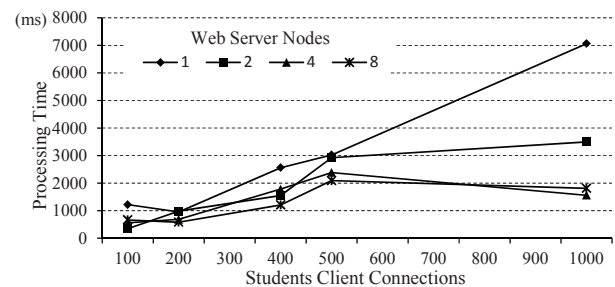


図 2 端末接続処理時間の計測結果

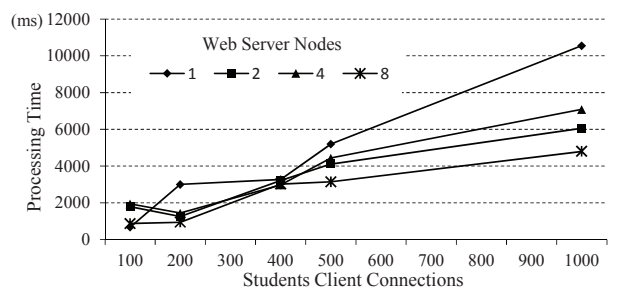


図 3 コンテンツ配信処理時間の計測結果

る。学校内全ての講義で利用する場合を想定するとリアルタイム性能が不十分になる可能性が高い。性能低下の原因調査と解決方法の検討が必要である。

6. おわりに

本研究では学校規模での同時利用を想定したスケーラビリティとリアルタイム動作が可能な、スマートデバイスを活用したレスポンスアナライザの開発を行っている。本論文では試作システムの概要と性能評価の結果を報告し、一定条件下では実用に耐える性能を有していることを示した。

謝辞 本研究は独立行政法人日本学術振興会平成 24 年度科学研究費助成事業（若手（B）24700911）の助成を受けて実施した成果の一部である。

参考文献

- (1) 藤田広一, 平田啓一, 佐藤隆博, “集団学習反応測定装置に関する論理的考察”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.52-C, No.12, pp.820-826 (1969)
- (2) SignalR, <http://www.asp.net/signalr>
- (3) Akamai Reveals 2 Seconds as the New Threshold of Acceptability for eCommerce Web Page Response Times (2009), http://www.akamai.com/html/about/press/releases/2009/press_091409.html