

組合せ最適化問題に基づくオンラインゲームデータ再配置の評価

小花 聖輝[†] 岡本 秀輔[†] 池上 敦子[†]

成蹊大学理工学研究科理工学専攻[†]

1. はじめに

Web アプリケーションは、Web ブラウザとインターネット接続環境があれば利用できるアプリケーションの1つである。これは OS やアーキテクチャに依存せず、またデータがインターネット上に保持されているため、ユーザは様々な場所や端末から同一のデータにアクセスすることができる。しかしながら、Web サーバへのアクセス集中と、それに伴うデータベースアクセス衝突が問題となる。

著者らは、複数台の Web サーバを用いたシステムによるアクセス集中の回避と、時々刻々と変化するユーザからのリクエストに対応するための動的なデータ再配置方法を提案してきた。この方法では、各 web サーバへのデータの配置は組合せ最適化問題として解かれ、ユーザの要求に応じた最適なデータの配置を達成する。本発表では、この方法とサーバ台数の関係の調査について報告する。

2. システム概要

著者らは、頻繁に Web サーバへのリクエストが発生し、またユーザの要求が頻繁に変化するアプリケーションである Web ベースの多人数オンラインゲーム(MMOG)に着目し、評価を行ってきた。本研究で扱う MMOG システムは、複数台の Web サーバを用いる。クライアントである Web ブラウザは、いずれか1台のサーバに接続し、データの取得を行う。全ての Web サーバは、データ共有のために相互に接続する。

仮想ゲーム世界全体は、ブロックと呼ばれる小さな領域に分割され、各ブロックの管理権限は、いずれか1台の Web サーバに割り当てられる。あるブロックの管理権限を持つサーバを、そのブロックのホームと呼ぶ。ブラウザは可視領域に含まれるゲーム世界のみを描画する。そのため、可視領域内のブロックのみをサーバから取得する。このとき、可視領域内に含まれるブロックのホームとブラウザの接続しているサーバが異なるならば、そのサーバはブロックのホームであるサーバへリクエストを送信し、必要なデータを取得する。このサーバ間通信をリモートアクセスと呼ぶ。

3. ホームの移動

複数台のサーバを用いることで、1つの Web サーバに対するアクセス集中は回避することができる。しかし、リモートアクセスが発生することで、Web ブラ

ウザがリクエストを送信してから結果を受信するまでのレイテンシは長くなる。このリモートアクセスの頻度が上がることで、レイテンシは長くなり、ユーザのストレスに繋がる。この問題を解決するために、ブロックのホームを動的に変更する手法を提案する。例として、2台の Web サーバと1人のユーザがいる状況を考える。ユーザは片方の Web サーバに接続し、リクエストを送信する。このとき、ユーザの可視領域に含まれるブロックのホームがもう1台の Web サーバであるならば、リモートアクセスが発生する。しかし、これらのブロックを要求しているユーザが他に存在しない場合、これらのブロックのホームは、ユーザが接続しているサーバであることが望ましい。そこで、これらのブロックのホームを移動する。結果として、ホーム移動後はリモートアクセスの必要が無くなる。

4. モデリング

著者らはこれまで、前節で例示した方法を用いてホームの移動を達成してきた[1]。この方法を用いることにより、単一サーバでは200人であったユーザ上限を320人に増やすことに成功した。しかしながら、各サーバ毎のレイテンシのばらつきが大きいという問題があった。このレイテンシのばらつきは、ゲームにおいて不公平な状況を引き起こす。

レイテンシのばらつきは、各サーバの持つ負荷のばらつきと考えることができる。そこで、著者らはサーバ負荷をバランス化するようなブロック割当の達成を目指す。主なサーバ負荷はリモートアクセスである。リモートアクセスの頻度が高くなることにより、サーバの負荷が高くなり、レイテンシのばらつきに繋がると考えている。そこで、リモートアクセスの回数を最小化するようなブロック割当を目指す。著者らは、このブロック割当問題を組合せ最適化問題として定式化した[2]。

この定式化で、著者らはサーバの負荷を、サーバが送信するリモートアクセスリクエストの回数とサーバが受け取るリモートアクセスリクエストの回数の和とした。また、サーバが許容できる負荷量をしきい値として設定した。このしきい値を越えた負荷量を無視できないサーバ負荷とし、各サーバにおけるこの負荷量の二乗和を最小化することを目的関数とした。

この定式化を厳密解法によって解くことで、最適なブロック割当が得られる。しかし、厳密解法は計算に時間がかかり、また計算時間は問題サイズに依存する。そこで、この定式化を高速に解くためにヒューリスティック解法を用いる。

Evaluation for Online Game Data Reallocation based on Combinational Optimization Problem

[†] Graduate School of Science and Technology, Seikei University

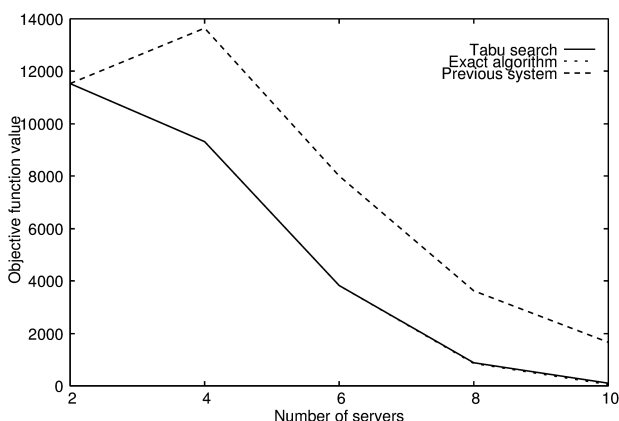


図1: サーバ台数毎の平均目的関数値

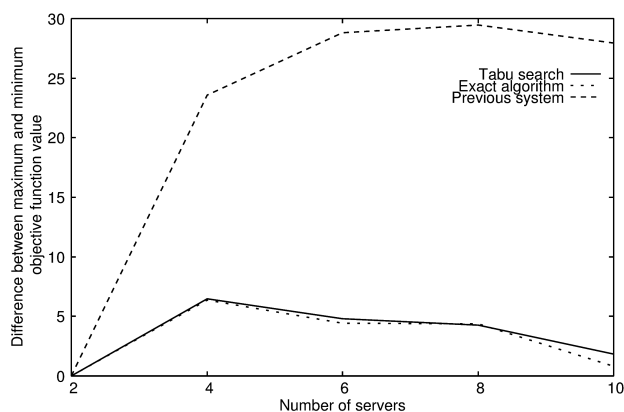


図2: 最大と最小のサーバ負荷の差

5. 評価実験

4節で述べた目的関数の値とサーバ台数の関係を調査するために、著者らはシミュレーションベースの実験を行った。この実験では、15×15ブロックのゲーム世界を構築し、そこに50人のプレイヤーが存在すると仮定する。各プレイヤーの可視範囲は3×3ブロックとした。各プレイヤーはゲーム世界内をランダムに移動する。この設定の上で、ゲームシミュレーションを1000ステップ進行させる。本実験では、サーバ台数が2, 4, 6, 8, 10台のときのシミュレーションを行い、各シミュレーションステップ毎に定式化した問題を解く。厳密解法で解くために、汎用ソルバーであるIBM ILOG CPLEX12を使い、ヒューリスティック解法で解くためにはタブサーチを用いた。この2つの解法を用いて得られた解と、従来方式でホーム移動を行った場合の解を比較する。

図1は各サーバ台数のときの目的関数の1000シミュレーションステップの平均である。x軸はサーバ台数を表し、y軸は平均目的関数値を表す。サーバ台数が2台のときは、各解法で同じ目的関数値が得られたが、それ以降は従来方式がもっとも高い値を示した。これは、従来方式を用いた場合がもっともサーバ負荷が高いことを意味する。厳密解法で得られた値は、平均して約51%従来方式よりも低い値が得られた。これにより、大幅なサーバ負荷の削減ができたことがわかる。また、ヒューリスティック解法で得られた値は、平均で約50%従来方式よりも低かった。このことから、厳密解法で得られた最適解に近い解が得られたことがわかる。

図2は、各サーバの負荷のうち、最も高い負荷をもつものと最も低い負荷を持つものの差を表したグラフである。この差が大きいほど公平性が失われる。このグラフにおいても、サーバ台数2台のときには全ての解法で同一の値が得られたが、それ以降は従来方式が最も高い値を示した。厳密解法で得られた値は、平均で約68%従来方式よりも低かった。このことから、高い公平性が達成されたことがわかる。また、ヒューリスティック解法で得られた値は、平均で約67%従来方式よりも低かった。これは、厳密解法とほぼ同等の公平性が得られたことを意味する。

最後に計算時間について述べる。厳密解法、ヒューリスティック解法共に2サーバのときは1ステップあたり約0.002秒で解が得られたが、10サーバのときは厳密解法は約5.885秒かかった。これに対し、ヒューリスティック解法は約0.112秒であった。このことから、サーバ台数が増えた場合においてもヒューリスティック解法を用いることで、最適な解に近い結果を高速に得られることがわかる。

6. 結論

本研究では、Webベースオンラインゲームにおけるブロック配置問題について述べた。複数サーバを用いたシステムにおいて、サーバ間通信が主な問題となる。しかし、このサーバ間通信の頻度はデータの配置に依存する。著者らは、このデータ配置問題を組合せ最適化問題として解き、サーバ間通信が少なく、また各サーバ毎の通信回数がバランス化するようなデータ配置を求めた。厳密解法、ヒューリスティック解法の両方で、従来方式よりもサーバ負荷を減少させることに成功し、また公平性の向上も達成できた。しかしながら、サーバ台数が増加するにつれて、厳密解法で解を得るための計算時間が長くなる問題があった。それに対し、ヒューリスティック解法では最適解に近い解を高速に得ることができた。このことから、ヒューリスティック解法を用いたホーム移動を実システムに実装することで、時々刻々と変化するユーザの要求に即座に対応し、低いサーバ負荷と高い公平性を達成できるのではないかと考える。

参考文献

1. M.Kohana, S.Okamoto, T.Yonekura, M.Kamada, "Dynamic Reallocation Rules on Multi-Server Web-based MORPG System," International Journal of Grid and Utility Computing(IJGUC), Vol.3, No.2/3.
2. M.Kohana, S.Okamoto, A.Ikegami, "Optimal Data Allocation for Keeping Fairness of Online Game," 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp.1209-1214, (2012,3).