

## ユビキタス環境における負荷分散方式の提案

籾内 勉、中山 丈二、谷口 展郎、金丸 直義(NTT)

ユビキタス環境におけるセンサデータ収集のためのグループごとの負荷分散方式を開発しシミュレーション評価した。提案手法ではデータ送信クライアントはグループを構成し、1つのグループは1台の蓄積サーバに割り当てられる。サーバ間通信を行わないことで、スケーラビリティが向上する。シミュレーション実験を行い、提案手法はランダム探索よりも速く負荷を平準化できることを示した。

## Load-balancing on Ubiquitous Environment

YABUUCHI Tsutomu, NAKAYAMA Jyouji, TANIGUCHI Noburou,

KANAMARU Naoyoshi(NTT)

**Abstract** – We developed and evaluated group-based load-balancing for ubiquitous environment. In this method, clients consist groups and one group is attached to one server. It improves scalability to avoid communication between servers. We simulate the method and show better result than random search.

### 1. はじめに

情報処理デバイスの小型化・低廉化が進む中、家庭・店舗・オフィスなどの屋内空間に加え、駅や街頭などのパブリック空間に至るまで、カメラや温度計といった様々な情報を収集・発信できるデバイスが設置され、利用されつつある。

筆者らは、センサ・情報家電・ロボット等、様々な情報源から取得される多種多様な情報をセンシング情報として統一的に扱い構造化するために、XMLをベースとしたフィールド情報流通フォーマットFDML (Field Data Markup Language) [4] を提案し、FDMLを用いたフィールド情報流通プラットフォームFDC (Field Data Center) [5] を開発してきた。

FDMLを用いることにより、様々な機器において生成される情報の差異を吸収して、タイムスタンプをつけて管理することが可能となる。FDCでは、このような複数のセンサ情報を連動させ、複数のアプリケーションでデータを共有できる。

FDCは製造業分野において機械を対象として様々な挙動をモニタしたり記録したりする用途で利用されている他、生活支援サービスへの適用を試みている [6], [7]。

今後のセンサ数の増大やユビキタスネットワーク

の普及を考えると、センサ情報受信能力の増大が必要である。サーバ側では、クライアントから送信される大量の情報を欠落することなく収集し、複数のクライアントから送信された情報を組み合わせて判定、処理するために高いスケーラビリティが必要となる。本稿ではスケーラビリティ向上のために、データ収集における負荷分散の基礎検討を行ったので報告する。

### 2. 関連研究

防災にインターネットを活用する方法の先行研究事例がある[1]。防災では自治体などの組織が階層的に情報を扱う[2]。ラウンドロビンを用いた負荷分散が提案されているが[3]、複数の情報を用いて演算を行う場合の負荷分散方式は十分に議論されていない。

### 3. グループ化に基づく負荷分散モデル

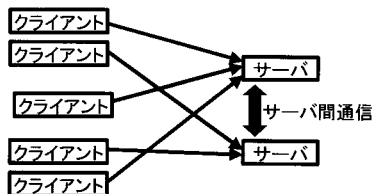


図 1:従来型の負荷分散

図 1は従来のロードバランサにおける負荷分散である。複数のクライアントが送信する情報を、複数のサーバ装置に割り当てる方式を示している。矢印はクライアントとサーバ装置の対応関係を表す。

従来型の負荷分散では、サーバ群全体で情報を保持するが、複数の情報を用いた演算を行う際に、必要な情報が必ずしも同一のサーバに存在するとは限らないためサーバ間で通信を行う必要があり、これがスケーラビリティ確保のための課題となる。

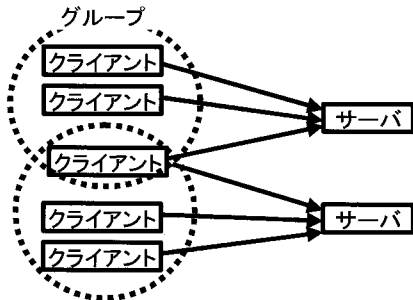


図 2:提案方式の負荷分散

図 2は提案方式の負荷分散である。

破線はクライアントのグループを表す。複数の情報を用いた演算を行う時に、演算に必要な情報を発したクライアントの集合をグループと呼ぶ。例えば、複数のクライアントから送信されたデータの平均値をサーバが計算する場合は、各クライアントは同一のグループに所属する。1つのクライアントが複数のグループに所属することもあり得る。

提案方式では、同一のグループに属するクライアントは、必ず同一のサーバに割り当てることで、サーバ間通信を無くすことができ、スケーラビリティが向上する。

## 4. グループ割り当てアルゴリズム

本章ではサーバにグループを割り当てて各サーバの負荷(データ受信量)を平準化する割り当てアルゴリズムを検討する。負荷に応じてグループのサーバへの割り当てを変更するアルゴリズムを提案する。

### 4.1 負荷のモデル

シミュレーションでは、各クライアントは負荷として時間変化に関係なく同一のデータ量を送信するものとした。複数のグループに所属するクライアントが同一のサーバに割り当てられた時は、受信負荷は集約して1台分として計算する。

またサーバの受信能力は同一であるとした。

### 4.2 割り当てアルゴリズム

以下の手順でグループ割り当てを行うことで、負荷最大となっているサーバの負荷を下げ平準化する。

- 1) 負荷が最大となっているサーバに割り当てられているグループを1つ選択する
- 2) 負荷を集約するために選択したグループに含まれているクライアントをランダムに1つ選択する
- 3) 最大負荷が小さくなる時、選択したグループを、選択したクライアントが既に割り当てられているサーバに割り当てを変更する

### 4.3 ランダムな探索

比較のため、ランダムな探索を行う。ランダムな探索の手順は以下のとおりである。

- 1) ランダムにサーバを選択する
- 2) 選択したサーバに割り当てられているグループをランダムに1つ選択する
- 3) 最大負荷が小さくなる時、選択したグループをランダムに選択したサーバに割り当て変更する

## 5. 実験結果

負荷に応じてサーバの割り当てを変更するアルゴリズムを、提案手法とランダムな探索の2種類でシミュレーションした。

各グループをラウンドロビンでサーバに割り当て、初期配置とする。

### 5.1 計算時間

クライアント数が増えた時の提案手法の計算時間を確認するために、シミュレーションによる実験を

行った。実験の条件は表 1 の通りである。防災情報システムにおいて、文献[2]に示されているように、階層構造になっている自治体ごとに情報をまとめて表示することを想定し、クライアント数の大きなグループは少なく、小さなグループは多くなるように設定した。

1000 世代のシミュレーションを行い、計算時間を測定した。

表 1:実験条件

サーバ数	20	20	20	20	20
クライアント数	1000	2000	4000	8000	16000
10クライアントのグループ数	100	200	400	800	1600
100クライアントのグループ数	10	20	40	80	160
1000クライアントのグループ数	0	2	4	8	16
10000クライアントのグループ数	0	0	0	0	1

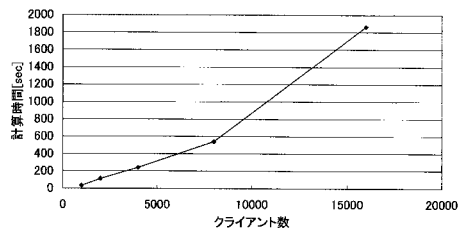


図 3:計算時間

図 3は 1000 世代のシミュレーションにかかった計算時間である。横軸は最大負荷、縦軸は計算時間(秒)である。

## 5.2 収束の様子

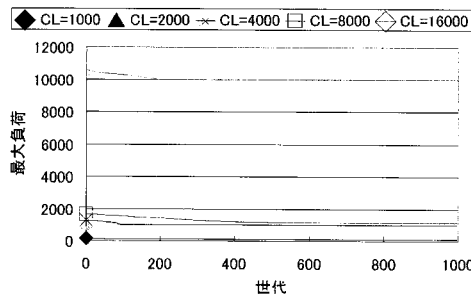


図 4:収束の様子

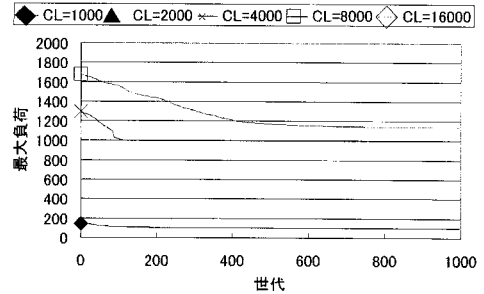


図 5:収束の様子(拡大)

図 4は収束の様子である。横軸はシミュレーションの世代、縦軸は最大負荷である。

図 5は図 4の縦軸を拡大したものである。

## 5.3 ランダム探索との比較

提案手法の収束の速さを確認するために、クライアント数が 1000 の時に、提案手法とランダムな探索それぞれで、初期配置を変更して 10 回のシミュレーションを行い、収束の様子を比較した。

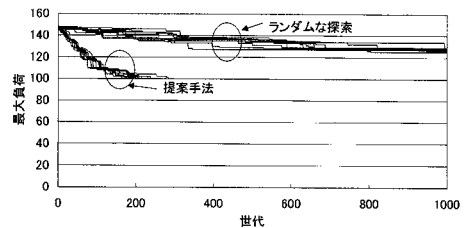


図 6:ランダム探索との比較

図 6は提案手法による探索と、ランダムな探索の比較である。横軸はシミュレーションの世代、縦軸は最大負荷である。

## 6. 考察

### 6.1 計算時間

計算時間は、クライアント数  $n$  に対して  $O(n)$  と  $O(n^2)$  のあいだであり、大きな  $n$  に対しても実用的な時間でクライアントの割り当てを決定できると考えられる。アルゴリズム中、クライアント数に応じて計算時間が増える部分は、最大負荷を計算する部分な

ので、これを改善すればさらに計算時間を短縮できると考えられる。

## 6.2 収束の様子

提案手法では100～500世代程度で収束することが分かる。クライアント数が1000, 2000, 4000, 16000の時は最適解(最大グループのクライアント数と同じ)に収束している。

クライアント数が8000のときは総負荷24000を20台のサーバで分散するので、1台あたりの平均負荷は1200になる。実験結果は1200よりやや小さい値に収束しているため、負荷の集約が実現できている。

## 6.3 ランダム探索との比較

提案手法では、シミュレーション開始後急速に負荷が低下し、200～300世代程度で最適解に収束している。対してランダムな探索では、1000世代でも収束しておらず、提案手法の有効性が示された。

## 7. おわりに

防災情報システムやユビキタス環境を実現するために、多数のクライアントから来る情報を受信できる負荷分散方式を提案した。関連した情報を扱うクライアント群をグループと定義して、グループごとにサーバに割り当てる方式を示した。提案手法とランダムな探索の比較をシミュレーション実験で行い、提案手法の方が負荷平準化を速く達成できることを示した。

負荷が動的に変動する場合の負荷分散は今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 越後博之, 柴田義孝, 湯瀬裕昭, 沢野伸浩, 干川剛史, 高畑一夫: “大規模分散環境における災害情報ネットワークシステムの構築と評価”, 情報処理学会研究報告 DPS-130, p.411-416
- [2] 渡辺賢聖, 市川照久: “地震災害時における要擁護者のための情報伝達システムの考察”, 情報処理学会研究報告 IS-97, p. 25-29

[3] 宮西洋太郎, 高橋修: “道路上の移動ノードを利用する災害時通信方式の提案”, 情報処理学会研究報告 DPS-123, p. 87-91

[4] 手塚博久, 今枝尚史, 山本哲也, 中山丈二, 藪内勉, 浦野将人, 下倉健一朗: “ネットワークを活用したものづくり支援サービス(第2報)～FDMLを活用した製造情報の構造化と情報流通”, 精密工学会大会学術講演会講演論文集, VOL.2004, 春季, p. A02

[5] 手塚博久, 中山丈二, 片淵典史, 今枝尚史, 山本哲也, 藪内勉, 浦野将人, 下倉健一朗: “FDMLを用いた情報流通プラットフォームと行動認識への適用”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, VOL.2004, p. 2P1-H-9

[6] 片淵典史, 松村成宗, 藪内勉, 金丸直義, 下倉健一朗, 山本哲也: “ロジカルセンサを用いた見守り支援システムの構築”, 日本ロボット学会学術講演会予稿集, VOL.23rd, p. 3023

[7] 下倉健一朗: “生活環境のロボット化と見守りサービスの構築について”, 電子情報通信学会大会講演論文集, VOL.2006, p. SS.7

[8] 山本真也, 村田 佳洋, 安本 慶一, 伊藤 実: “マルチユーザネットワークゲームにおける負荷分散および遅延時間を考慮したイベント配送機構の提案”, 情報処理学会研究報告 DPS-122, p.99-104