

# 複数パラメータを用いた複合型調査システムによる ミラーサーバ選択法の提案

奥村 巧<sup>†</sup> 敷田 幹文<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科

<sup>‡</sup> 北陸先端科学技術大学院大学情報科学センター

E-mail: {t-okumu,shikida}@jaist.ac.jp

特定のサーバへのアクセス集中を改善するため、コンテンツを複数のサーバに分散して配置する、サーバのミラー方式が広く利用されている。広域・分散配置されているミラーサーバからコンテンツを取得する際、効率的に、かつネットワークへの負荷を減らして取得することが重要な課題である。本論文では、転送効率の高いミラーサーバを、より少ない調査コストで選択することを目的に、ミラーサーバの過去履歴情報やサンプリングスループット測定など、複数のパラメータを用いたミラーサーバ選択方式を提案する。そして、実ネットワークにおける実験結果を用いて、本提案方式に基づいたシミュレーションを行い、提案方式の有効性を示す。

キーワード：ミラーサーバ選択，複数パラメータ，サンプリングスループット測定，過去履歴情報

## Proposal of Mirror Server Selection Method using Multi Parameter Combined Detecting System

Takumi OKUMURA<sup>†</sup> and Mikifumi SHIKIDA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

<sup>‡</sup> Center for Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

E-mail: {t-okumu,shikida}@jaist.ac.jp

Mirror Server is the method to distribute the same content files to number of servers, which can reduce the access to server. However, to download the content file from many mirror servers more effectively and reduce network traffic is important issue. This paper proposes wide area allocated mirror servers selection method, which client able to download the content from appropriate mirror server, and with the low detecting cost by using multi detecting parameter includes mirror server history record, throughput number and so on. Then, we do the simulation with the real network, which the result shows proposed method is the effective selecting method.

**Keywords:** Mirror Server Selecting , multi parameter , sampling throughput measuring , history record

### 1 はじめに

ネットワークのブロードバンド化により、Linux や動画ファイルなどの、様々な大規模コンテンツを、インターネット経由で取得することが可能になり、コンテンツ配信ビジネスが発展してきている。しかし、人気のあるコンテンツにはユーザア

クセスが集中しやすく、それによりサーバ負荷の増加、ネットワークの輻輳や、ユーザに対する応答時間の低下を招く可能性がある。そういった特定のサーバへのアクセス集中を改善するため、同一のコンテンツを広域に分散配置する、ミラーサーバ方式が広く用いられている。広域・分散配置されたミラーサーバからコンテンツを転送する際、ど

のミラーサーバを選択するかによって、転送効率は大きく左右される。各ミラーサーバのスループットを測定することで、高精度に転送効率の高いミラーサーバを選択できるが、測定トラフィックが膨大になる問題点がある。

本論文では、ミラーサーバの過去履歴情報やサンプリングスループット測定など、複数のパラメータを用いて、転送効率の高いミラーサーバを、より少ない調査コストで選択できる、ミラーサーバ選択法を提案する。過去履歴情報から偏差値ポイントを算出し、その偏差値ポイントに従って、各ミラーサーバのサンプリングスループット測定の測定頻度を下げる。サンプリングスループット測定を行うことにより、転送効率の高いミラーサーバを特定し、測定頻度を下げることにより、調査コストの削減を可能とした。

以下、2章で従来方式の紹介、3章では提案するミラーサーバ選択方式について記述する。4章では実世界のネットワークにおける実験結果を用いて、本提案方式に基づいたシミュレーションを行い、提案方式の有効性について検証する。5章では考察を、6章にてまとめを行う。

## 2 従来のミラーサーバ選択法について

ミラーサーバ選択手法を大きく分けると、サーバ側でアクセスを割り振る方式と、クライアント側でサーバ選択を行う方式とに分けられる。

サーバ側で選択する方式 [1] は、ミラーサーバ群に代表サーバを設置し、定期的に各ミラーサーバの利用状態、オーバヘッドなどの情報を測定し、ユーザに提供する方式で、負荷の少ないミラーサーバを選択することが可能である。

クライアント側でのミラーサーバ選択方式は、用いるパラメータの違いによっていくつかに分類される。ここでクライアント側とは、コンテンツを要求するクライアントそのものだけでなく、クライアントに代わってミラーサーバ選択を行うエージェント等を含めて、広い意味で用いる。

文献 [5, 6] は過去履歴情報を用いた方式である。この方式はコンテンツ転送を行う際、その転送時の曜日と時間に対応する過去のスループット値をパラメータに用いて、ミラーサーバ選択を行う方

式である。これは過去履歴情報を用いることで、各ミラーサーバのスループット順位をある程度把握することが可能である。

文献 [2, 3] は PING を用いた方式である。PING による RTT(Round Trip Time) をパラメータに用いることにより、ネットワークの輻輳を検出可能とする。

文献 [6, 4] で示されている、サンプルコンテンツによるサンプリングスループット測定を用いる方式がある。この方式は、コンテンツのサンプリングスループットを測定し、ミラーサーバ選択を行う方式である。クライアント・ミラーサーバ間のスループットをパラメータに用いるため、高精度に転送効率の高いミラーサーバを特定可能な方式である。

文献 [6] は過去履歴情報とサンプリングスループット測定を組み合わせた方式である。1週間単位の事前調査を行い、コンテンツ転送の要求があると、その転送時の曜日と時間に対応する過去のスループット値をパラメータに用いて、ある一定数の候補ミラーサーバを選択する。選択された候補ミラーサーバに対しサンプリングスループット測定を行い、ミラーサーバ選択を行う方式である。候補ミラーサーバの選択方法や過去履歴情報の用い方に大きな違いはあるが、本論文での提案方式に1番近い方式である。

これらの従来方式は、転送効率の高い最適ミラーサーバを、より少ない調査コストで選択することを目的とした場合、評価指標の妥当性に問題があり高精度に最適ミラーサーバを選択できない、調査コストが膨大になってしまうなどの問題が生じてしまう。

## 3 複数パラメータを用いたミラーサーバ選択方式

本論文で提案するミラーサーバ選択法は、大きく2段階に分けられる。第1段階では過去履歴情報から偏差値ポイントを算出し、各ミラーサーバの測定頻度を決定する。第2段階では、第1段階で決定した測定頻度に従って、サンプリングスループット測定などの動的な調査を行い、最終的に1つの推奨ミラーサーバを特定する。

### 3.1 際1段階における、偏差値ポイントとパラメータ

第1段階では、“過去履歴情報から得るスループット平均（以下、過去履歴スループットと呼ぶ）”、“過去履歴情報から得るRTT平均（以下、過去履歴RTTと呼ぶ）”、“過去履歴情報におけるスループット変動率（以下、変動率と呼ぶ）”これらの、過去履歴情報から偏差値ポイントを算出する。算出方法としては、それぞれのパラメータ毎に、各ミラーサーバの偏差値を求め、その偏差値の値から算出する。

図1~3に示すグラフは、オープンソース・ソフトウェアを集めたウェブサイト“Sourceforge.net”に登録されてある広域・分散配置されたミラーサーバ群に対し行った実験結果を示している。

#### 3.1.1 過去履歴スループット

過去履歴スループットは各ミラーサーバの転送効率の優劣、及びおおよそのスループットを把握するために用いる。

9月10日に対象ミラーサーバ群に対し10分毎にスループット測定し、24時間行った計測データの累積相加平均を図に示している。図中の一点鎖

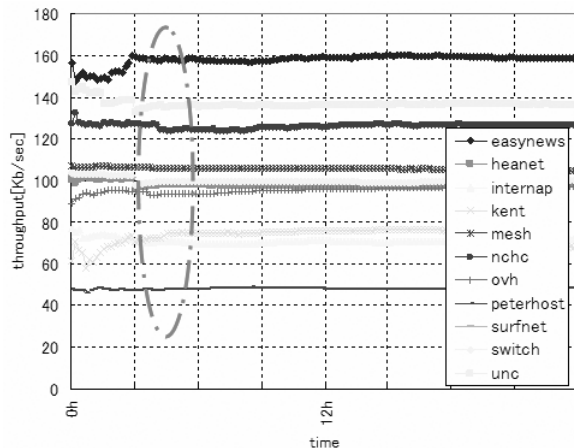


図1: スループットの累積相加平均

線で囲まれた部分は、時間にして4.5時間前後で、測定回数にして30回前後である。囲んだ部分からスループット平均値は安定し、各ミラーサーバの順位も把握できるようになる。このことから、過

去履歴スループットを求めるための、事前調査によるスループット測定調査回数は30回とする。

#### 3.1.2 過去履歴RTT

図2は3.1.1と同様の9月10日に行った実験結果で、10分間隔で、スループットとRTT(round trip time)の測定を24時間行い、測定結果をプロットした散布図である。図2中の一点鎖線より上部に

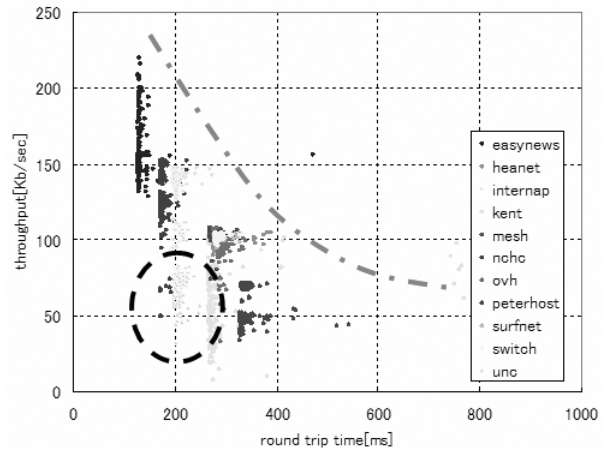


図2: スループットと過去履歴RTTの関係

プロットが集中するミラーサーバが無いことから、RTTの値が大きなミラーサーバは、スループットが低いことを確認できる。しかし、破線で囲まれた部分にプロットの集中するミラーサーバが存在することから、RTTの値が小さくても、スループットが低いミラーサーバも存在する。この結果より、RTTの値が大きいミラーサーバについては、スループットが低いと予測できる。

RTTに関しては値が小さいミラーサーバほど、偏差値が高くなるよう算出する。

#### 3.1.3 過去履歴スループット値より得る変動率

ミラーサーバには、スループットがほとんど変動しない安定したミラーサーバがあれば、変動の激しい不安定なミラーサーバもある。スループットが安定しているミラーサーバは、過去履歴情報の信頼性が高く、おおよそのスループットを予測しやすい。しかし、変動の大きなミラーサーバに関しては過去履歴情報の信頼性が低く、スループッ

トを予測するのは困難である。そのため、変動の大きなミラーサーバで、特に平均的にスループットの高いミラーサーバは、スループット測定を行う必要性が極めて高い。そのため、過去履歴情報から得るスループット平均値とスループットの標準偏差から、変動率  $W$  を求め第1段階の評価に用いる。

$$W = \frac{(\sigma : \text{標準偏差})}{(\bar{T} : \text{スループット平均値})} \quad (1)$$

### 3.1.4 複数パラメータから求める偏差値ポイント

式(2)は上述したパラメータ毎に求まる偏差値から、各ミラーサーバ毎の偏差値ポイントを算出する式である。

$$SP = \frac{aS_{\bar{T}} + bS_{\bar{R}} + cS_W}{a + b + c} \quad (2)$$

$SP$  は偏差値ポイントを表し、 $S_{\bar{T}}$  は過去履歴スループット、 $S_{\bar{R}}$  は過去履歴RTT、 $S_W$  は変動率、それぞれのパラメータから算出する偏差値を示している。 $a, b, c$  は各パラメータの重みである。

## 3.2 第二段階におけるミラーサーバ選択

ここでは、第1段階で決定した測定頻度に従い、サンプリングスループット測定等の調査を行い、推奨する1つのミラーサーバを決定する。

### 3.2.1 障害の調査

サンプリングスループット測定を行う前に、ICMP echo パケットによる調査を全体のミラーサーバに行う。100%の packet loss を検出した場合は、クライアント・サーバ間のネットワークの輻輳か、ミラーサーバに障害が発生しているため、偏差値ポイントの値に関わらず、サンプリングスループット測定を行わない。

この調査は、ネットワークの輻輳や障害の検出と、3.1.2 で用いるための RTT の計測という2つの目的を持つ。今回、障害検出のために行った調査が、次回は、1番新しい過去履歴 RTT として、偏差値ポイントに反映される。

### 3.2.2 サンプリングスループット測定

図3は50[Kbytes]ごとのスループットをスタートからの累積相乗平均をプロットした図である。一点鎖線で囲んだ部分は、約500[Kbytes]を転送し終えたことを示す。文献[4]では、500[Kbytes]を転送し終えた時点での順位と、最終的な順位は同じであると示されている。このことからサンプルコンテンツのサイズは500[Kbytes]を用いる。

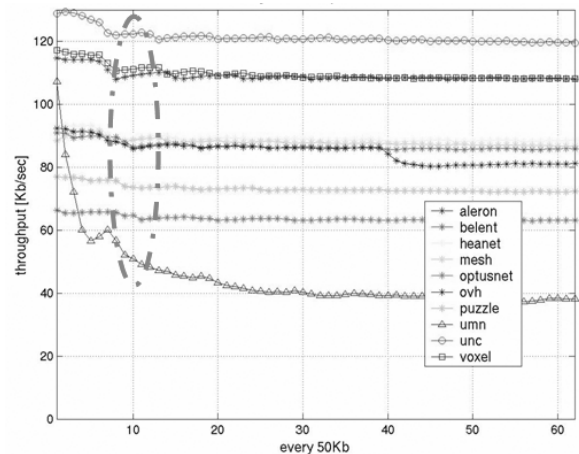


図3: コンテンツサイズに対するスループットの推移 (文献[4]より引用)

サンプリングスループット測定も3.2.1と同様に2つの目的を持つ。一つはスループット測定結果から、転送効率の高い1つのミラーサーバを絞り込む。2つ目は、3.1.1で述べる過去履歴スループットとして、次回調査時の偏差値ポイントに用いる。

## 4 提案手法のシミュレーション

“sourceforge.net”に登録されている10基のミラーサーバを対象に、2005年の9月18日から24日までの一週間、RTTとスループット測定による実験を行った。その際の実験結果を用いて、提案するミラーサーバ選択法に基づいたシミュレーションを行い、従来方式と比較し、本提案方式の有効性を示す。

### 4.1 シミュレーションの詳細

対象とするのは次のミラーサーバ選択法である。

表 1:  $SP$  に基づいた測定頻度

$SP$	測定頻度	$MP$
$SP \geq 50$	毎回測定	0 に初期化
$45 \leq SP < 50$	2 回に 1 回	+1
$40 \leq SP < 45$	1 時間 (6 回) に 1 回	+2
$30 \leq SP < 40$	2 時間 (12 回) に 1 回	+3
$SP < 30$	3 時間 (18 回) に 1 回	+4

表 2:  $MP$  に基づいた測定頻度

$MP$	測定頻度
$MP > 10$	1 時間 (6 回) に 1 回
$MP > 20$	2 時間 (12 回) に 1 回
$MP > 30$	3 時間 (18 回) に 1 回
$MP > 40$	6 時間 (36 回) に 1 回
$MP > 50$	12 時間 (72 回) に 1 回

- 複数パラメータを用いたミラーサーバ選択法  
提案するミラーサーバ選択法

3.1.1 より、調査開始から 30 回までは全ての対象ミラーサーバのスループット測定を行う。31 回目の調査より偏差値ポイントを用いて、サンプリングスループット測定の測定頻度を下げていく。偏差値ポイントの重みは均等にした場合を想定する。つまり、式 (2) の  $a, b, c$  が  $a = 1, b = 1, c = 1$  の時である。今回のシミュレーションにおいては、表 1、表 2 が示す通りに、測定頻度を決定する。 $MP$  とは測定頻度に関するポイントを表す。 $SP$  に基づいてサンプリングスループット測定を行う際、常に  $SP < 50$  のミラーサーバが存在した場合、そのミラーサーバに関しては、時間が経つにつれ、測定頻度を表 1 に示す以上に測定頻度を落とすようにするための機構である。 $MP$  に基づいた測定頻度を表 2 に示す。

- サンプリングスループット測定によるミラーサーバ選択法

全ての対象ミラーサーバに、サンプリングスループット測定を行う方式 [4] である。この方式は常に最適ミラーサーバの特定を可能とする方式である。

実験は、10 分間隔で、500[Kbytes] のサンプルコンテンツを用いてスループット測定を行った。シミュレーションも、同じ条件で行ったとする。

## 4.2 シミュレーション結果

図 4 は、調査毎に費やすトラフィック量の、累積相加平均をプロットした図である。シミュレーション結果から、最適ミラーサーバの選択精度は 100% であった。こ

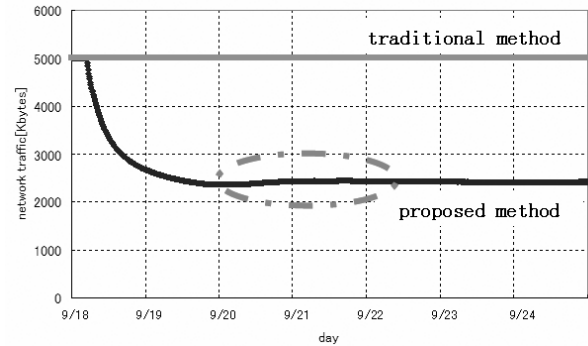


図 4: 時間経過に対する調査コスト

れは、偏差値ポイント  $SP$  により決まる、サンプリングスループット測定対象の中に、最適ミラーサーバが常に含まれていたことを示す。

調査コストの削減率は 56.3% となり、比較に用いた従来方式に対して、大幅な削減を可能とすることを示した。

## 5 考察

### 5.1 偏差値ポイントについて

文献 [5, 6] と本提案方式は、ミラーサーバ選択を行う際、過去履歴情報を用いるが、先行研究と本提案方式では、大きな違いがある。これらの先行研究は、コンテンツ転送を行う際、その転送時の曜日と時間に対応する過去のスループット値をパラメータに用いる。それにより過去履歴情報を蓄積させるため、1 週間単位の大掛かりな事前調査が必要となる。一方、本提案方式では、スループット値をある程度把握できれば良いので、3.1.1 で述べたように、事前調査は数十回で済む。さらには、本提案方式は、サンプリングスループット測定で、最適ミラーサーバ選択と、過去履歴情報のための調査の両方を行っており、コンテンツ転送を数十回行っていれば、過去履歴情報が蓄積するため、実質事前調査は必要無い。もう一つの利点について、文献 [5, 6] は、1 週間単位の大掛かりな事前調査を基にミラーサーバ選択を行う。そのため、新規のミラーサーバが出てきても、そのサーバの過去履歴情報が無ければ、そのミラーサーバは調査対象にできない。しかし、本提案方式を用いることにより、過去履歴を全く持たないミラーサーバが調査対象に含まれても、最初の 30 回、サンプリングスループットを行いながら過去履歴情報を蓄積する。そして、それ以降は過去履歴情報を適用しながら、調査を行うことができる。このように、過去履歴情報の無いミラーサーバにも対応できる等の利点もある。

また、直前までの新鮮な過去履歴情報を用いることが可能となる。

偏差値ポイントには、本論文が示すパラメータ以外にも様々なパラメータを用いることが可能である。例えば、3.1.3 で示す変動率の逆で、安定している度合いを示す“安定度”を偏差値ポイント式 (2) に取り入れることで、ストリーミング配信に適した、スループットが高

く、かつ安定したミラーサーバを優先的に選択するようになる。

各パラメータの重みの最適値については、ネットワーク環境が変われば、変化すると思われる。今後は、対象ミラーサーバを変えて、違うシチュエーションで実験を行い、重みについての検討が必要である。

## 5.2 測定頻度について

本提案方式は、対象ミラーサーバ群の調査コストを削減するために、測定頻度を設けた。サンプリングスループット測定の測定頻度を下げることで、調査コストを削減する。4.2の結果より、選択精度を落とすことなく、大幅な調査コストの削減が可能であることを確認できる。

今回のシミュレーションでは  $MP$  の値を表 2 のように定めた。 $MP$  は 50 より大きくなるとそれ以上、測定頻度を落とさないのである。図 4 で途中から調査コストが一定になったのは、 $MP$  の上限を設けたからである。10 基のミラーサーバの内、6 基の  $MP$  の値が上限に達していた。このことから、 $MP$  の上限を高くし、測定頻度の下げ方を大きくすれば、今回のシミュレーションの結果以上の、調査コストの削減が可能である。また、本提案方式は、LAN 内に評価システムを設置するため、複数クライアントで調査結果を共有でき、各クライアントで調査を行う場合と比べ、さらなるコスト削減が可能となる。

測定頻度の利点は、追跡調査を可能とする点である。評価の低いミラーサーバは、切り捨てるのではなく、測定頻度を下げるので、数回に 1 度、もしくは数十回に 1 度はスループット測定を行う。そのため、評価の低いミラーサーバの、能力の上昇を検知した場合、追跡調査を行うことが可能である。図 4 中の一点鎖線で囲まれた部分は、調査コストが増加している。これは、追跡調査による調査コストの増加である。

今回のシミュレーションにおける測定頻度は表 1,2 に示す。最適ミラーサーバの選択精度を下げることなく、最大限調査コストを下げるには、どのように測定頻度を落としていくのが、今後の課題である。

## 6 むすび

本論文では、転送効率の高いミラーサーバを、より少ない調査コストで選択することを目的に、複数のパラメータを用いたミラーサーバ選択法を提案した。そして実世界における広域・分散配置されたミラーサーバ群を用いて実験を行い、その結果を基に本提案方式のシミュレーションを行った。シミュレーション結果より、最適ミラーサーバを選択しながらも、調査コストの大幅な削減が可能であることを示した。

今後の目標としては、最適ミラーサーバの選択精度を落とすことなく、最大限調査コストを削減するための、パラメータの重みや測定頻度の最適値について検討していく。

## 参考文献

- [1] 下川 俊彦, 吉田 紀彦, 牛島 和夫, “ ネームサーバを用いた柔軟な負荷分散 ”, インターネットコンファレンス '99, pp.107-116, December 1999.
- [2] 横田 裕思, 木村 成伴, 海老原 義彦, “ DNS フィルタ方式によるミラーサーバ選択法の提案と実装 ”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, pp.682-691, March 2003.
- [3] 和泉 勇治, 宇津江 康太ら, “ リンクの輻輳状態を考慮した動的なミラーサーバ選択方式 ”, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, pp.65-73, January 2003.
- [4] 金 一怡, 敷田 幹文, “ コンテンツのサンプリングスループットによるミラーサーバ選択法の提案 ”, 情報処理学会研究報告, 2004-DPS-120, pp.55-60, November 2004.
- [5] 真壁 知, 太田 耕平ら, “ ネットワークの負荷変動を考慮した動的なミラーサーバ選択方式 ”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J84-B, No.3, pp.453-442, March 2001.
- [6] 間瀬 憲一, 津野 昭彦ら, “ Qos 統計データを利用した動的サーバ選択法 ”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J86-B, No.3, pp.499-510, March 2003.
- [7] sourceforge.net <http://www.sourceforge.net/>