

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

金 一怡[†], 敷田 幹文[‡]

概 要

本論文では、エンドユーザが大規模コンテンツの転送やライブストリーミングの再生を要求する時にだけ、ミラーサーバ群よりコンテンツのサンプリングスループットを計り、初期最適ミラーサーバを特定する手法を提案する。また、初期最適ミラーサーバを決定した後も上位候補ミラーサーバに対して追跡調査を行い、サーバ間の転送効率の逆転が検出された場合、切替制御を行うことによってコンテンツ取得におけるトータルの転送効率を向上させる。そして、実ネットワークにおける広域、分散配置されているミラーサーバ群を用いて提案方式の有効性を検証する。本研究はエンドユーザ側アプリケーションのみによるサーバ選択を行うことを提唱し、ミラーサーバ群の転送性能の過去履歴や、エンドユーザが利用する端末以外の調査システムに依存することなく、オンデマンド性とユビキタス性に優れたミラーサーバ選択法を実現する。

Dynamic Mirror Server Selection Method using the Throughput of Sampling Content

Ichii KIN[†], Mikifumi SHIKIDA[‡]

Abstract

This paper brings forward a solution of how to choose the best mirror server by measuring the transmit rate of a sampling content when a client user wants a file transmitted or a live streaming played. In the meanwhile other servers are under observation and when any server with higher transmit efficiency is detected, a switch will be made to shorten the whole transmit time of that file. This method is proved to be effective by concrete experiments on existent mirror server groups. It is proposed that the software is only run at the client-side, so there is no requirement of history record of transmit rate in the server groups or any other system detecting other than from the client user, which makes it an ideal on-demand and ubiquitous solution of choosing mirror server.

1 まえがき

インターネット経由し、ウェブコンテンツを効率的に取得するために、負荷分散技術として、コンテンツを複数のサーバに分散配置するサーバのミラー方式は広く利用されている。エンドユーザごとに各

サーバへの経路は異なり、ネットワークやサーバの利用状態は常に変化していることから、これらを考慮し常に最適なミラーサーバを選択できる手法が必要となる。ファイル転送における最適ミラーサーバの選択手法に関しては、すでに数多くの先行研究が行われているものの、近年のインターネットの利用形態が急速に変化していることから、それに追従する新たなミラーサーバ選択手法についての議論が必要である。

さて、近年のインターネットの利用形態の主な変

[†]北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

[‡]北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センター
Center for Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

化要因を以下の3つに示す。

1) コンテンツの大規模化

周知の通り、今日のインターネット環境の大きな特徴として一般ユーザが高速かつ極めて安価な常時接続サービスを利用できるようになった点があげられる。それに伴い、大規模コンテンツをネット経由で取得するユーザが確実に増えている。とりわけ、Linux や Eclipse のようなオープンソース開発環境を取得する際に、雑誌のCD-ROM よりも、まず、インターネット経由でダウンロードしてみると考えるユーザが増えている。しかし、それらのコンテンツは配布されているサイズが数十メガバイトないし数百メガバイトにも及ぶ大規模なものが多く、インターネット経由で配布する際、サーバやネットワーク負荷の集中を防ぎ、ユーザがいかに効率的にコンテンツを取得できるかが、利便性を高める上で重要な課題である。

2) ライブストリーミングサービスの増加

日本のブロードバンド加入者数は2004年7月時点で1,600万人を突破し[1]、個人向けサービス環境はますます充実し、ユーザは、その恩恵を多に享受している。ブロードバンドの普及に伴い、インタラクティブな遠隔会議、株主総会のライブストリーミング中継、映画やドラマのクリッピングといったインターネット上で配信するストリーミングサービスが急激に増加している。ストリーミング方式のデータ転送はサーバや回線への負担が大きく、長時間にわたる利用が一般的であるため、ユーザがより断続の少ないストリーミングサーバを選択する手法についての議論は有意義である。

3) ユビキタス社会の到来

ネットワークインフラ設備の充実により、日本のインターネット環境は e-Japan から u-Japan に移り変わろうとしている[2]。「いつでも、どこでも、誰でも」ネットにつながるユビキタス社会におけるインターネット利用環境の大きな特徴の一つとして、エンドユーザが利用するアクセスポイントが特定できない点である。いままで会社のブースでしか行わない作業を外出先で仕上げるビジネスマンやホットスポットを渡り歩きながらライブコンテンツを観る一般ユーザが増えている。このようなエンドユーザのアクセスポイントが時刻によって変化する場合における大規模コンテンツの転送は、その時点での最適ミラーサーバをいかにオンデマンド的に特定するか、ダウンロードする途中に各ミラーサーバ間に転

送効率の逆転が生じる場合にどのように切替制御を行うかといった問題点を考慮しなければならない。

これらの利用形態の変化に追随し、本論文ではエンドユーザがコンテンツの転送を要求する時にだけ、候補ミラーサーバよりコンテンツのサンプリングスループットを計り、初期最適ミラーサーバを特定する手法を提案する。ミラーサーバの転送効率を表す指標として、エンドユーザからサーバまでのRTTを用いた選択手法や、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、オーバーヘッドなどの情報を測定し、利用者に提供する手法などが提案されている。しかし、これらの手法の共通の問題点として転送効率の評価指標の妥当性に問題があることは文献[3]で指摘されている。本研究では、ミラーサーバの転送性能を表す指標として転送スループットを用いる。その妥当性に関しては文献[4]で示されているため、ここでは特に議論しない。また、初期最適ミラーサーバ決定した後も上位候補ミラーサーバに対して追跡調査を行い、サーバ間の転送効率の逆転が検出された場合、切替制御を行うことによってコンテンツ取得におけるトータルの転送効率を向上させる。

以下、2章では従来のミラーサーバ選択手法およびそれらの問題点について述べ、オンデマンド的なミラーサーバ選択手法の必要性を説明する。3章では本提案手法のアウトラインアルゴリズムについて記述し、4章では実ネットワークにおける実験を行い、本提案方式の実行可能性及びそのより詳細なアルゴリズムについて検討する。5章ではまとめと今後の課題について述べる。

2 従来のミラーサーバ選択手法及び本提案手法に関する議論

本章では、既存のミラーサーバ選択における代表的な手法を紹介し、それらの問題点を示すとともに、ユーザがコンテンツ転送を要求するときだけに、オンデマンド的に各ミラーサーバの転送効率を調査するシステムの必要性及びその有効性を示す。

2.1 既存のミラーサーバ選択手法及びその問題点

既存のサーバ選択手法を大きく分けると、情報を配信する側でアクセスを複数のサーバに割り振る手

法と、利用者が属するネットワーク組織のプロキシサーバに依存する手法がある。

情報を配信する側での処理手法としては、基本的なものとしてDNS[5] ラウンドロビンを用いて複数のサーバにアクセスを割り振る手法が知られている。しかし、このような手法はサーバ側の情報のみを利用しているため、ユーザ・サーバ間のネットワークの混雑状況を反映した負荷分散が行われない問題点がある。また、TENBIN[6]は負荷分散DNSシステムとして広く知られている。しかし、TENBINシステムはミラーサーバ群を定期的に調査するシステムに依存するため、負荷分散の対象ミラーサーバ群は限定されてしまい、汎用性が極めて低いと言える。

一方、利用者が属するローカルプロキシサーバを利用する手法として、文献[3, 7, 8]で提案された手法がある。

これらの提案手法は調査対象となるミラーサーバ群の転送効率の過去履歴情報に依存するため、ユーザは即座にサーバ選択を行うことができない、利用者のローカルプロキシサーバに依存するため、組織外における利用は不可能、全コンテンツに対する事前調査ができないため、汎用性が低いといった問題点がある。

図1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'[9]に登録している広域分散配置されたミラーサーバ群に対するスループットの調査結果を示している。縦軸が平均スループットで、横軸は時刻を表している。実験期間は2004年8月1日～2004年8月7日の1週間である。図からわかるように、スループットは24時間の周期性を持つとは限らず、過去履歴情報によるミラーサーバ選択は困難であることが示されている。

2.2 オンデマンド的な選択方式の必要性

また、図1に示すように、8月5日の12:00頃の転送スループットはサーバAは、おおよそ70[Kbps]に対し、サーバBは35[Kbps]しかなかったことが記録されている。サーバA,BよりCD-ROM一枚分(650MB)のコンテンツをダウンロードすると想定し、データ転送の所要時間を計算したところ、サーバAは約2.6時間、サーバBは約5.2時間であったことから、大規模コンテンツを取得する際に、ミラーサーバ群に対するスループット測定はダウンロードの時間短縮につながるという。

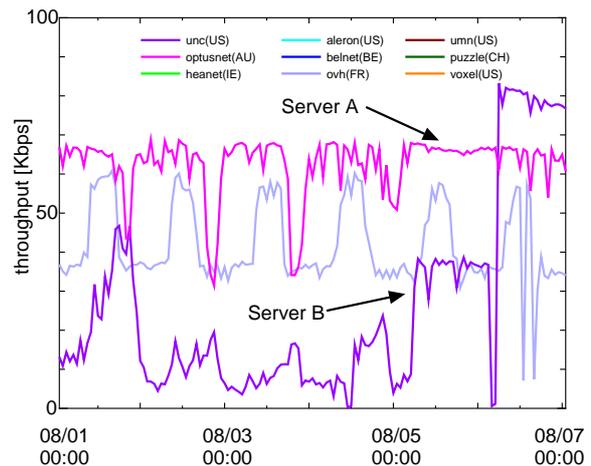


図 1: Time jitter of throughput to servers.

3 エンドユーザ単体に置けるサーバ選択手法の提案

本章では、先行研究の問題点を総合的に考慮し、本提案手法のアウトラインアルゴリズムについて述べる。

本提案手法は情報を受信する側、つまり、クライアントアプリケーションのみでサーバ選択を実現することを提唱し、利用者がコンテンツ転送を要求するときだけ、候補ミラーサーバにサンプルコンテンツのスループットを測定し、最適ミラーサーバの選択を行う(図2)。

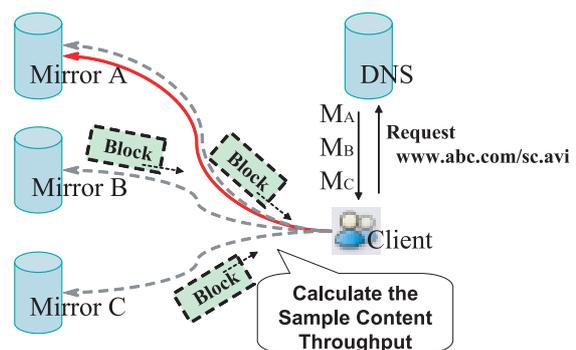


図 2: Proposed method.

提案手法は基本的には、コンテンツのサンプリングスループットの測定によって得られた離散的なデータを用いて、統計分析を行い、サーバ選択を図る手法である。初期最適ミラーサーバの決定はスタートから計測期間までのスループットの平均値に従って、選択を行う。しかし、平均値の違いが顕著

ではない場合は、その計測したデータの標準偏差を考慮し、より安定度の高いミラーサーバを選択する。

また、初期計測で得たミラーサーバ群のスループット情報に基づき、上位候補ミラーサーバに対し、サンプリングスループットの追跡測定を行い、スループットの逆転に対応する自動切り替え機能を付け加え、動的なミラーサーバ選択の実現を可能にする。

4 提案するミラーサーバ選択法の詳細及びその評価

本章では今後の実装の下準備として、実世界のミラーサーバ群を用いて実験を行い、提案アルゴリズムの具体化およびその実行可能性について議論する。

今回の実験対象となるミラーサーバ群は'sourceforge.net'[9]に登録されている広域分散配置された10ヶ所のミラーサーバ群である。ソースフォージはコンテンツのダウンロードが要求される際、ミラーサーバの提示順位はランダムになっているのが現状である。

4.1 実験目的と方式

本研究で提案するアルゴリズムの実行可能性を分析することとアルゴリズムの具体化を図ることを実験目的とする。また、実験方式はtime, wgetといった既存ツールを用いた方式である。

wgetにより、50KB毎のスループットをデータログとして記録することができ、それを用いたデータ分析を行う。

4.2 スループットおよびその標準偏差

測定時間間隔5分、7月17日0時より24時間計測したフランスに配置されているミラーサーバのスループットを図3に示す。

図からわかるように、スループットが急激に変化することがある。

また、8時まで及び17時以降のスループットの平均値は非常に近いものの、データのばらつきを表す標準偏差値を計算したところ、おおよそ5倍の差があることがわかった。

よって、サーバの状態変化は非連続の場合がある

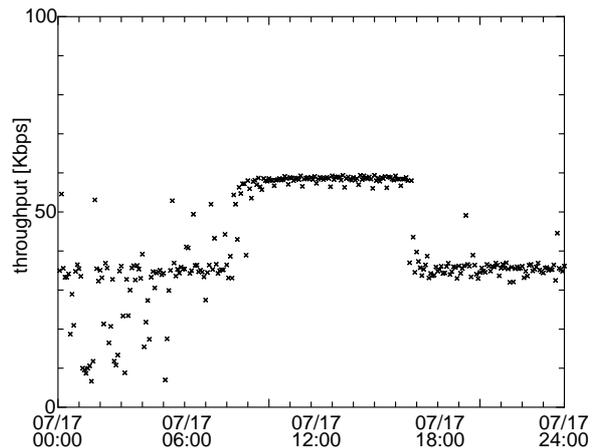


図3: Time jitter of throughput to server OVH(France).

ことや、標準偏差値はサーバの状態を表す重要な指標であることがわかった。

4.3 初期最適ミラーサーバの決定

初期最適ミラーサーバを決定するタイミングについての議論を述べる。

実験対象ミラーサーバ群に対し、8月29日0:00より、1時間おき、9回実験を行い、コンテンツサイズは3.2[MB]で、50[KB]ごとのスループットをスタートからの累積相乗平均を計算し、ミラーサーバ間の転送効率における優劣を決定するタイミングについて検討する。そのうちの1回を図4に示す。

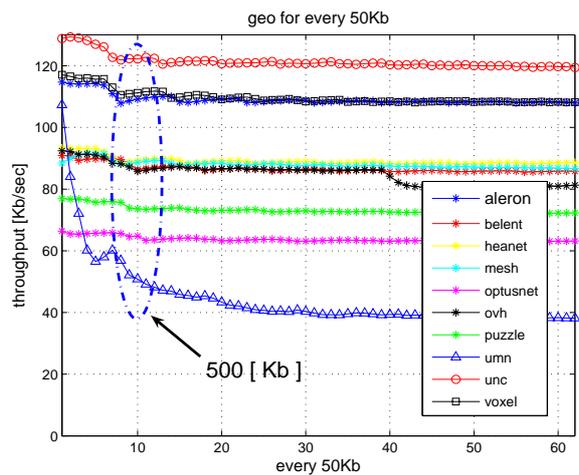


図4: Time jitter of throughput's Geometric Accumulation Mean to servers.

500[KB] 転送済およびコンテンツ全体をダウン

ロードした時点でのサーバ間の順位付けを行い、その変化率を比較してみたところ、順位変化の予測制度は許容範囲が1以内の場合は94.4%、2以内の場合は100%との結果を得た。さらに、スループットの標準偏差に対し、同じように順位比較を行った結果、順位変化の予測制度は許容範囲が1以内の場合は77.8%、2以内の場合は91.1%との分析結果を得た。

これらの分析結果によって、初期最適ミラーサーバは比較的短時間で選択を行うことが可能であることがわかった。

実験結果より、初期最適ミラーサーバを選択するのに予測に必要な時間の最適値が存在することが予想される。この最適値に関する解析は今後の更なる詳細な実験によって求めることが可能である。

4.4 切替え制御

8月19日に実験を行い、5分毎に各ミラーサーバのスループットを測定し、24時間行った計測データを各時間毎の平均値図を5に示している。

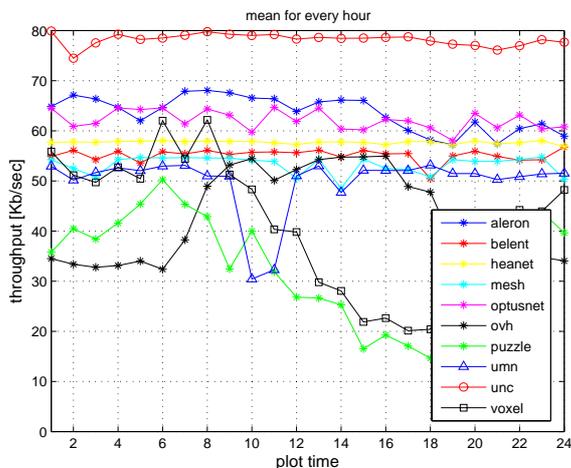


図 5: Time jitter of throughput's Arithmetic Mean to servers.

三角付きの折れ線が表しているミラーサーバは9時から12時の間に転送速度の劣化が記録されている。そこで、時間毎のスループットの平均値を用いたスタートからの累積の相加平均および累積の相乗平均を計算し、図(6,7)に示した。それぞれの図における黒い一点鎖線に囲まれた部分を比較すると、相乗平均を用いたほうがサーバの劣化による影響をより鮮明的に表していることが確認できた。よっ

て、経験則および実験結果により本提案アルゴリズムは相乗平均を用いることにした。

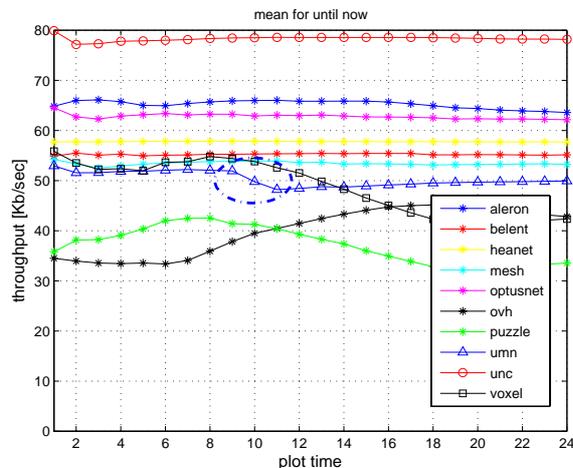


図 6: Time jitter of throughput's Arithmetic Accumulation Mean to servers.

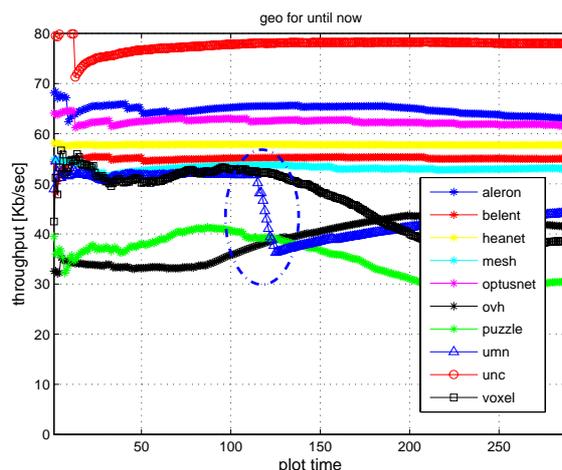


図 7: Time jitter of throughput's Geometric Accumulation Mean to servers.

4.5 考察

ミラーサーバ間の転送効率を比較する際、スループットの相乗平均(幾何平均)を用いることにした。これは3章で述べた設計方針のアウトラインに従うものである。より安定度の高いミラーサーバを優先的に選ぶ設計方針を産み出したのは日常のコンテンツダウンロードにおける経験則である。

大規模コンテンツの取得やストリーミング再生を行う際、もっとも理想的なケースは初期最適ミラーサーバが決定されたら、そのサーバがコンテンツ転

送終了まで、転送効率の順位を1位のまま保つことであろう。しかし、転送効率が1位から2位に落ちたからといって、ミラーサーバを迅速に切替えるのは必ずしもトータルの転送時間の節約に繋がるとは限らない。なぜなら、切替えによるペナルティが存在するからである。切替えのペナルティとトータルの転送効率との関係をどの程度として評価するかについては今後の課題にしたい。

ここで、主張したいのは一般ユーザはそのような高精度のサービスを求めていることである。ストリーミング再生の全過程において、常に最も高い転送効率を示すミラーサーバによる受信は保証されるが、切替える度にメディアプレイヤーのバッファリングを待たなければならないよりも、ある程度の転送効率があって、コンテンツ再生に途切れることがなければ、ミラーサーバの転送効率の順位はいつでも良いと考える一般ユーザが多いであろう。また、コンテンツ取得の場合も同様、利用しているミラーサーバは何らかの原因によってサービスが停止された場合や転送効率が急激にさがった場合以外は”敏感”に切替え制御を行う必要はない。

累積相乗平均はスループットの急激な劣化に対する評価は厳しく、シンプルな計算アルゴリズムであることから本提案方式はこれを用いることにした。

5 むすび

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、ミラーサーバ選択を行なう際に、履歴情報による選択手法には問題点があることを示し、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を提案した。また、スループット及びその標準偏差をもちいて、サーバの短時間による順位付けを行うことが可能であることを検証し、相乗平均はスループットの累積変化を表す指標としての有効性を示した。

実験を通して、これからのインプリメントにおけるアルゴリズムの更なる詳細化に必要な参考データを得ることができた。有用性の高いクライアントアプリケーションを実装することを今後の目標とする。

本方式を利用したエンドユーザの環境が改善されても、インターネット全体が有効利用されとは限らないことや、不適切な利用が起らないことを示すことは残された課題である。

参考文献

- [1] 総務省, ”インターネット接続サービスの利用者数等の推移”, at http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040730_4.html
- [2] 総務省, ”平成 16 年情報通信白書 (第一章)”, July 2004.
- [3] 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.435-442, March 2001.
- [4] 住本 順一, ルンキーランティクン スワンら, ”モニタデータを用いた TCP/IP 通信の実行スループット分析法の提案”, 電子情報通信学会論文誌 B-1, Vol.J80-B-1, No.6, pp.447-456, June 1997.
- [5] T.Brisco, ”DNS Support for Load Balancing”, RFC 1794, April 1995.
- [6] 下川 俊彦, 木場 雄一ら, ”広域分散環境における DNS と経路情報を利用したサーバ選択機構”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J86-B:8, pp.1454-1462, August 2003.
- [7] 横田 裕思, 木村 成伴, 海老原 議彦, ”DNS フィルタ方式によるミラーサーバ選択方の提案と実装”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3, pp.682-691, March 2003.
- [8] 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, Jan 2004.
- [9] <http://www.sourceforge.net/>
- [10] Junichi FUNASAKA, ”A Parallel Downloading Method to Utilize Variable Bandwidth”, IEICE TRANS. COMMUN., Vol.E86-B, No.10, pp.2874-2881, October 2003.
- [11] Pablo Rodriguez and Ernst W.Biersack, ”Dynamic Parallel Access To Replicated Content in the Internet”, IEEE/ACM TRANS ON NETWORKING, Vol.10, No.4, pp.455-465, August 2002.