

大規模分散型ストリーミングサーバ選択方式の一考察

後藤 幸功[†], 村山 優子[†]

[†] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

ストリーミングサービスはサーバとクライアント間で長時間にわたり一定の帯域が占有されるため、従来のインターネットサービスによる通信帯域の挙動とは異なる。本研究では複数のストリーミング用サーバを用意し、クライアントが適切なサーバへコンテンツを提供するための分散配置方法について提案する。そして、クライアントからの要求に従いサーバのアクセス数を基準としたサーバ選択アルゴリズムを用いたとき、サーバが適切なクライアントへ提供しているかどうかのシミュレーションを行う。シミュレーションの結果から Web サーバや ftp サーバで使用されている従来のサーバの選択方法がストリーミングサービスに適切でないことを示した。

A study of servers selection method for large-scale distributed system of streaming service

YukinoriGOTO[†] YukoMURAYAMA[†]

[†] Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

Streaming Services occupy bandwidth for contents translations for long time. A moving of bandwidth of Streaming Service and the existing moving of bandwidth for the internet communications are different. This paper proposes a server distribution model and server selection algorithm for streaming service those are coupling existing server selection methods and distribution models, and estimates proposal algorithm by simulation. For this solution, it is resolved that algorithm which are coupling old algorithms doesn't fit streaming services.

1 はじめに

回線の広帯域化によりインターネット上で映像を用いたストリーミングサービスが実現している^{1, 2)}。ストリーミングサービスはサーバとクライアント間で長時間にわたり一定の広い帯域幅が占有されるため、従来の ftp によるダウンロードサービスや Web サービスによる通信帯域の特徴とは異なる。このため、従来の分散環境におけるクライアントのサーバ選択方式がストリーミングサーバの選択方式に適当であるか否かの調査が必要である。

本研究では複数のストリーミング用サーバを用意し、クライアントが適切なサーバへコンテンツを提供するための分散配置方法について提案する。そして、クライアントからの要求に従いサーバのアクセス数を基準としたサーバ選択アルゴリズムを用いたとき、サーバが適切なクライアントへ提供し

ているかどうかのシミュレーションを行った。このシミュレーションから、クライアントが長時間視聴を行ったときクライアントが適切なサーバへ接続せず、サーバにアクセスしている最適なクライアントの接続数と最適でないクライアントの接続数の挙動が安定しないことを示す。シミュレーションによる接続数の結果により Web サーバや ftp サーバで使用されているサーバの選択方法がストリーミングサービスに適切な解を与えないことを示す。

2 従来のサーバ選択方式

本節では、従来の ftp によるダウンロードサービスや Web サービスで使用されるサーバ分散モデルとサーバ選択方式について述べる。

2.1 サーバ分散モデル

Web サービスや ftp によるダウンロードサービスではサーバ分散モデルに 2 種類ある。1 つは同一

LAN上に複数のサーバを用意し、LANに接続する入り口となるルータもしくはポータルサーバによりクライアントからの要求をサーバへ振り分けるモデルである。このモデルを図1に示す。もう1つはサービスを行うサーバが広域に配置され、クライアントはポータルサーバもしくはDNS(Domain Name Server)などにより適切なサーバを通知され、その通知に従ってサーバに接続するモデル³⁾である。このモデル図2に示す。これらのモデルはサービス内容によって異なるがこの2種類の分散モデルを複合したモデルもある⁴⁾。

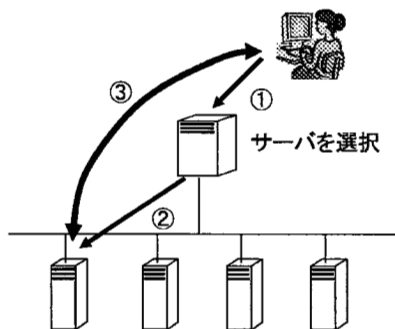


Fig. 1 同一LAN上のサーバ分散モデル

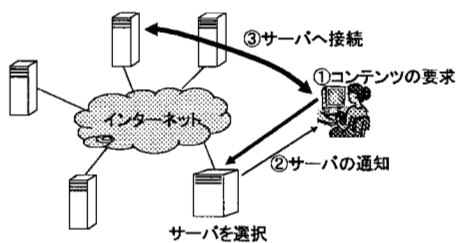


Fig. 2 インターネット上に分散されたサーバ分散モデル

本研究では、2種類のモデルを複合したモデルを使用する。

2.2 サーバ選択方法

2.1節で述べたサーバ分散モデルで使用するサーバの選択アルゴリズムについて述べる。

サーバを選択するための条件として様々な提案がある。代表的な選択条件は、サーバの負荷状況も

しくは接続数を監視して負荷の少ないサーバを選択する方法である。この方法はサーバの負荷によりクライアントの接続数が変化するため、全てのサーバが平均的に使用される。しかし、クライアントの位置条件を考慮していないため、クライアントからサーバまでのネットワーク距離が遠くなる場合がある。ftpやWebサービスなどの帯域幅や遅延時間の品質を求めない通信の場合はサービス上問題ないが、クライアントから見ると表示されるまでの待ち時間や通信終了までの待ち時間が長くなり、クライアントからみて適切なサーバが選択されていない。

クライアントの要求を考慮したサーバ選択方法として、クライアントからサーバまでのネットワーク距離を計測しクライアントから一番近いサーバを選択する方法がある。計測する方法としては経路情報を用いてサーバとクライアント間のホップ数を計算する方法やサーバからクライアントへICMPエコーによりパケットの往復時間を計算して近いサーバを発見する方法⁵⁾がある。ネットワーク距離によってサーバを選択する方法はサーバとクライアントの距離が短いため遅延時間だけではなく帯域も確保できる可能性があり、通信品質が保証されやすい。この方法は通信品質の保証を必要とするストリーミングサービスに適しており実際のサービスにおいて実証実験が行われている^{5), 6)}。しかし、一箇所で多数のクライアントが発生した場合、最近のサーバへ極集中するため他のサーバの負荷が低いにもかかわらず、サーバからサービスを受けられなくなるクライアントが発生する場合がある。このため、先に挙げたサーバの負荷状況を判断する方法と組み合わせて使用する必要がある。サーバの選択方法については様々な研究が行われている^{7), 8)}。

3 提案するサービス環境

本節では、ストリーミングサービスのための分散環境モデルとサーバ選択アルゴリズムを提案する。

3.1 提案するモデル

ストリーミングサービスは、動画を送信するためにサーバからクライアントまでのネットワーク上で一定の高い帯域を使用する。そのためネットワーク距離が短ければ帯域も保証することが容易である。また、サービスを広域に行うためにはサー

サーバを分散して配置する必要がある。従って、1) 複数のサーバが必要、2) サーバクライアント間のネットワーク距離を短くする、3) サーバは分散配置するの3つの条件を満たすために、同一LANもしくは近いネットワーク内に複数のサーバを設置し、複数のサーバを1つのグループとして、このグループを複数に分散配置するモデルを提案する。また、近いグループ同士を理論上リング状に接続し1つのリングを形成したモデルを提案する。

複数のグループを配置したときこのモデルを図3に示す。

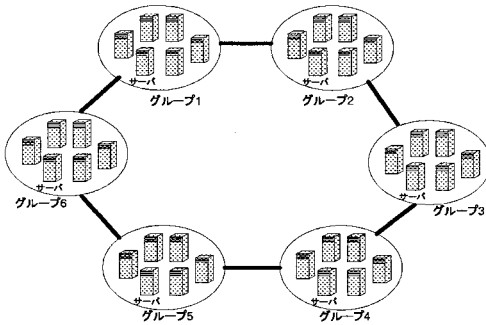


Fig. 3 提案するサーバの配置モデル

複数のグループを理論上リング状に接続する理由については次の選択アルゴリズムで述べる。

3.2 提案するサーバ選択アルゴリズム

ストリーミングサービスのためにサーバとクライアント間で動画の品質を保証するために十分な帯域を取る必要があるため、選択サーバを用いてサーバの状況を把握しクライアントに適切なサーバを指示する方式を採用する。サーバを選択するための条件であるサーバの状態として次の2つを考慮する。

- クライアントの接続数
- クライアントが動画通信に使用している帯域幅

この2つの情報を用いてサーバを選択する。動画を配信するサーバはシステムに依存するがクライアントの接続数や使用帯域幅に制限がある場合が多いため、この2つの情報を考慮する。また、

帯域幅についてはサーバの回線状況に依存するため必ず上限が存在する。

適切なサーバを選択するときの条件について述べる。まずクライアントはネットワーク距離が近いグループを選択する。次に選択されたグループの中のサーバを選択する。もし、グループ内の全てのサーバがサービスを提供できないときは、リング状に接続した隣のグループのサーバを選択する。隣のグループにある全てのサーバもサービスを提供できない場合は、また隣のグループのサーバを選択する。全てのグループにあるサーバが提供できない場合は、クライアントへサービスが提供不可能なことを通知する。グループを選択するときの条件として2段階準備する。まず、グループのクライアント接続数の状況が全クライアント接続可能数の70%未満の場合は、そのグループからサーバを選択する。クライアント接続数の状況が全クライアント接続可能数の70%以上の場合は、隣のグループのサーバから選択するものとする。70%を基準とした理由は、クライアントの接続可能数の100%を占めるまでクライアントを受容するとサーバが不安定になることが予想されるためである。全てのグループの接続数が70%を超えたときは、再度グループを一巡する。

グループ内のサーバを選択するときも同様に70%を基準として2段階にサーバの選択を行う。サーバの選択時はまず1台目のサーバのクライアントの接続数を確認する。このとき接続数が70%を超えない場合は、そのサーバの使用されている帯域幅を確認する。帯域幅が70%を超えていない場合は、そのサーバを選択する。もし、70%を超えていた場合は、次のサーバのクライアント接続数を確認する。これを繰り返し行い、全ての接続数および仕様帯域幅が70%を超えた場合は、別のグループのサーバを選択する。全てのグループの使用帯域幅が70%を超えたで一巡したときは、70%の基準をはずして再度サーバの選択を行う。

このサーバ選択アルゴリズムを用いてシミュレーションを行い、サーバに接続しているクライアントが一番近い位置にあるクライアントの接続数とそれ以外からのクライアントの接続数について調査する。

4 シミュレーションによる実験

提案したアルゴリズムを用いてシミュレーションによる評価を行う。

4.1 シミュレーションの設定

サーバの台数やグループ数などの環境を次のように設定してシミュレーションを行う。

- グループ数: 10
- 1グループ内のサーバ数: 10
- 最大クライアント接続数: 100
- サーバの使用可能帯域幅: 100Mbps
- コンテンツの使用する帯域幅: 1Mbps

この実験では、コンテンツの使用する帯域幅は固定帯域でありどのコンテンツを選択しても同じ帯域幅とする。上記の環境を想定し、毎秒発生するクライアント数を乱数によってシミュレーションを行い結果を求める。また、クライアントが発生したときに一番近いグループも乱数によって決定する。このとき、次の条件を変更することでサーバに接続する一番近い場所からのアクセス数とそれ以外からのアクセス数を求め、アクセス数の挙動を調査する。

- クライアントの最大発生数..... 条件 1
- 1つのコンテンツの放送時間.... 条件 2
- クライアントの最短視聴時間... 条件 3

ただし、個々のクライアントの視聴時間は最短視聴時間以上でコンテンツ放送時間以内の範囲で乱数により1秒単位で決定する。

4.2 変数の考察

クライアントの毎秒発生数と最短視聴時間を変更することにより、同時にこのサービス環境におけるクライアント接続台数が変化する。まず、グループ数と1グループ内のサーバ数および最大接続数およびサーバの使用可能帯域数から接続可能なクライアント数が決定する。今回の環境設定ではコンテンツの使用する帯域幅は固定のため、クライアント最大接続数は(グループ数)×(1グループ内のサーバ数)× \min ((最大クライアント接続数),(サーバの使用可能帯域幅)/(コンテンツの使用する帯域数))

で求まる。この式を用いて、クライアント最大接続数は $10 \times 10 \times \min(100, 100/1) = 10,000$ 台となる。

次に、条件 1, 2, 3 と単位時間当たりの平均的なクライアントの接続数を求める。今、条件 1 を n 台、条件 2 を a 秒、条件 3 を b 秒とする。このとき、クライアントの発生数は毎秒 0 台から n 台であるので、平均発生数 h_n は $h_n = n^2 / (2n + 2)$ となる。また平均視聴時間 h_t は条件 2 と条件 3 から $h_t = (a + b) / 2$ となる。これらから、平均的な単位時間当たりのクライアント接続数 X は $X = h_n * h_t$ となる。この X の値がこのサービスネットワークのクライアント最大接続数を超える場合は、クライアントにサーバが選択できなかった通知が送られる可能性が高くなる。今回のシミュレーションでは X の値が 10,000 台を超える場合と、超えない場合に分けて条件 1 から条件 3 を変更する。

4.3 シミュレーション結果

サービスネットワークのクライアント最大接続数を超える場合と超えない場合、境界となる 10,000 台付近の場合について計算する。コンテンツの放送時間を一般のテレビ放送で多い 30 分 (= 1,800 秒) とする。そして最短視聴時間を 10 分 (= 600 秒)、20 分 (= 1,200 秒) とする。10 分のときはクライアントの最大発生数 n を 10, 14, 15, 20 でシミュレーションを行う。また、20 分のときは n を 10, 17, 18, 25 とする。このときの単位時間当たりの平均クライアント接続数を表 1 に示す。

Table 1 クライアント発生数と視聴時間による平均クライアント接続数

クライアント発生数 (n)	視聴時間 10~30 分 最大接続数 (h_t)	クライアント発生数 (n)	視聴時間 20~30 分 最大接続数 (h_t)
10	5454.54	10	6818.18
16	9035.29	13	9053.57
18	10231.57	15	10546.88
25	14423.08	20	14285.71

この値を用いた計算結果から、グループ 1 の接続したクライアント数の挙動について図 4 から図 11 に示す。示したグラフは開始から 3 時間分を示し

ている。同じ変数を使用した結果については他のグループの結果も同様の挙動であるためここでは表示しない。

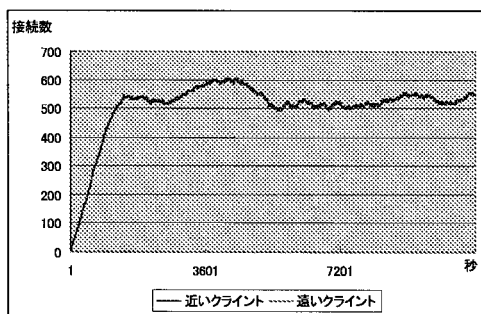


Fig. 4 視聴時間:10~30分, $n = 10$

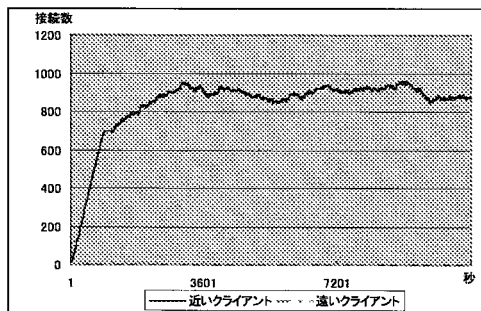


Fig. 5 視聴時間:10~30分, $n = 16$

5 考察

図4, 図5, 図8, 図9の結果から, クライアントがサービスネットワークのクライアント最大接続数を超えないときは, 遠くのクライアントがサーバへ接続しないため問題はない。図6と図10の結果から, 遠くのクライアントからのアクセスが発生していることが分かる。しかし, 近いクライアントからのアクセス数が遠いクライアントのアクセス数より多いため, 近いクライアントを優先してサービスを提供しているといえる。最後の図7と図11はクライアントの接続数がサービスネットワークの提供するクライアント最大接続数を超えているときの接続数の挙動である。このグラフからは, ある状況からは近いクライアントの接続数と遠いクライアント

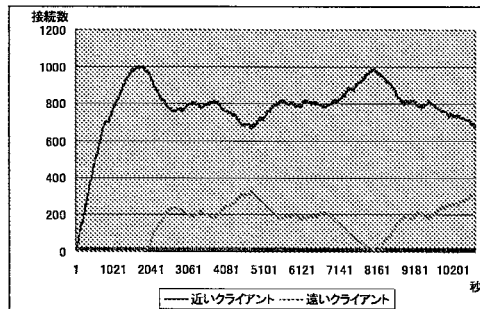


Fig. 6 視聴時間:10~30分, $n = 18$

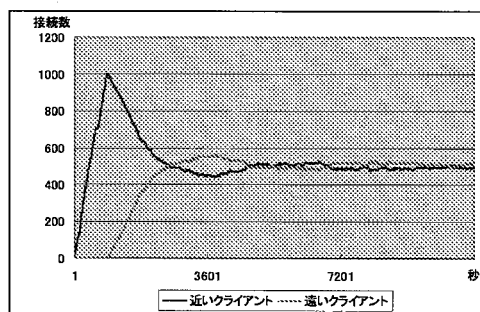


Fig. 7 視聴時間:10~30分, $n = 25$

の接続数が逆転する。もしくは, 近いクライアントの接続数と遠いクライアントの接続数が入れ違いに発生し, 半数以上のクライアントが近くのサーバへ誘導されない状況であることがわかる。

6 まとめと今後の課題

本稿では, 従来の Web サービスや ftp を用いたダウンロードサービスで使用されている分散管理されたサーバへのサーバ選択手法について, サーバの負荷を考慮した手法とサーバからクライアントまでのネットワーク距離を考慮した手法を挙げた。そしてこれらの手法を複合したサーバの分散モデルを提案した。またこのモデルにおいてネットワーク距離とサーバの負荷を考慮したサーバ選択アルゴリズムを提示した。このアルゴリズムは接続時間の短い従来の Web サービスや帯域保証を必要としないダウンロードサービスでは有効なものであるが, ストリーミングサービスへの応用性について

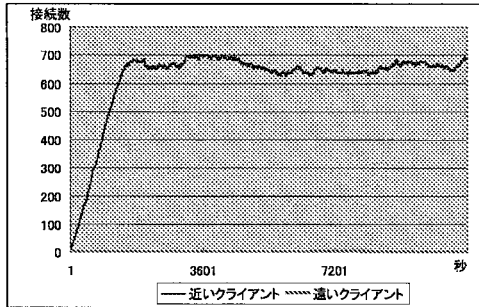


Fig. 8 視聴時間:20~30分, n = 10

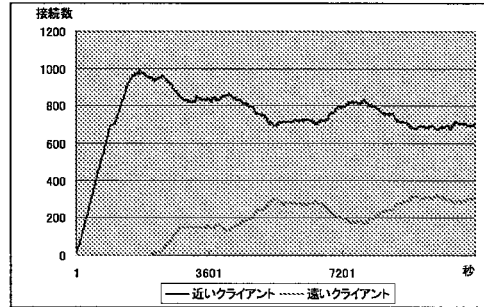


Fig. 10 視聴時間:20~30分, n = 15

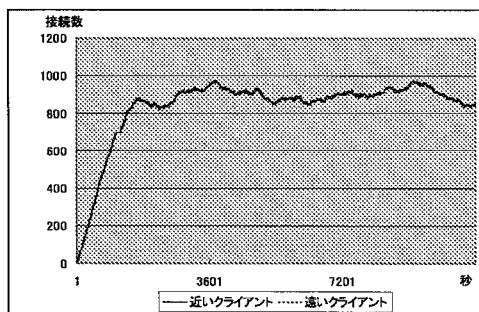


Fig. 9 視聴時間:20~30分, n = 13

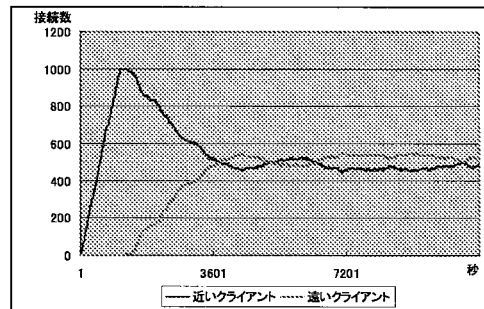


Fig. 11 視聴時間:20~30分, n = 20

てシミュレーションを用いて評価した。その結果、サービスが提供可能なクライアント最大接続数を超えてクライアントが発生した場合、クライアントは1/2の確率で最適な暫いサーバに接続することがないことを示した。この実験結果から、従来のサービス用に開発されたサーバ選択手法では問題があることがいえた。今後の課題として、ストリーミングサービスにおいてもクライアントができる限り近いサーバを選択する手法について考案する必要がある。

参考文献

- 1) Gyao: <http://www.gyao.jp/>
- 2) YAHOO! JAPAN 動画: <http://streaming.yahoo.co.jp/>
- 3) Ring Server Project: <http://openlab.jp/ringserver/>

- 4) 佐々木崇光, 後藤幸功, 荒木啓二郎: 動画配信に適した CDN に関する研究, 火の国シンポジウム 2004 論文集, CDROM (2004)
- 5) 下川俊彦, 木場雄一, 中川郁夫, 山本文治, 吉田紀彦: 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. B, 通信 J86-B(8), pp.1454-1462 (2003)
- 6) LIVE! ECLIPSE: <http://www.live-eclipse.org/>
- 7) 神原正義, 木下和彦, 村上孝三: コンテンツ配信サービスのための動的サービス選択方法, 電子情報通信学会 信学技報 NS2002-212, OCS2002-102, pp.7-10 (2003)
- 8) 高倉健: アクセス負荷の予想を用いた動的コンテンツ再配置方式, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.1285-1293 (1999)