

# 分散型ビデオサーバにおける動的負荷分散制御

3K-10

深澤 勝彦

高田 智規

佐々木 主税

NTTヒューマンインタフェース研究所

## 1 まえがき

複数のサーバを高速ネットワークで接続して相互にコンテンツの流通を可能とした分散型ビデオサーバでは、ある特定のコンテンツあるいはサーバにアクセスが集中すると、システム全体の性能が劣化するという問題が生じる。これを解決するには、サーバ間で負荷を分散することが必要である。

本稿では、アクセス負荷の予測値に基づき、アクセス先サーバの切替えとコンテンツのコピーにより負荷分散を実現する方式を提案し、シミュレーションによりその有効性を評価する。

## 2 分散型ビデオサーバの負荷分散方式

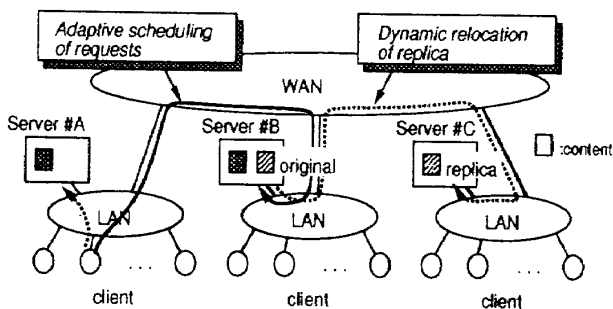


図 1: 動的負荷分散制御の概要

分散型ビデオサーバでは、システム設計時にアクセス特性を想定し、コンテンツのコピーを予め複数のサーバに分散配置しても、実際にはアクセス特性が時々刻々変動するため、アクセス集中による性能劣化を避けるには、サービス運用中の動的な制御が必要となってくる。

動的負荷分散制御としては、(1) アクセス制御：コンテンツの新規要求時にオリジナルあるいはコピーコンテンツを格納している複数のサーバから、適切なサーバを選択して接続する、(2) 動的コピー：アクセスが集中しているサーバ内のコンテンツを他サーバにコピーする があり、両手法を併せて実行することで、効果的な負荷分散が可能となる [1]。また、(2) については、コピー処理を起動する契機、コピー対象とするコンテンツの選択、コピーコンテンツの配置先サーバの選択等のアルゴリズムが、負荷分散の効果に大きく影響を与えられ重要となる。

Dynamic Load Balancing for Distributed Video Servers,  
Katsuhiko Fukazawa, Tomonori Takada, and Chikara  
Sasaki,

NTT Human Interface Laboratories

従来の動的コピー方式では「サーバ負荷の観測値（サーバへのアクセス数）がある閾値を越えた場合」にコピー処理を起動していた [2]。コピーは完了するまでに時間を要するため、サーバが処理限界に達する前にコピーを完了するよう、コピー起動の閾値を設定する必要がある。閾値を高く設定した場合、負荷が急激に増大する時には対処できず、逆に、閾値を低く設定した場合、負荷が滑らかに増大する時には不要なコピー処理を行う可能性が高くなる。このように、アクセス特性が動的に変化するような場合には適切な閾値の設定は困難である。そこで、十分な時間（コピーに要する時間以上）先のアクセス数を予測し、その値に基づいてコピー処理起動の可否を決定することを考える。

## 3 アクセス予測に基づいた負荷分散方式

コンテンツ  $C_i$  の同時アクセス数の予測値を  $N_{C_i}$ 、(オリジナルを含めた) コピー数を  $R_{C_i}$  とすると、サーバ  $S_k$  のアクセス数の予測値  $N_{S_k}$  は、

$$N_{S_k} = \sum_i \frac{N_{C_i}}{R_{C_i}} x_{ki}$$

$x_{ki} = 1$  : サーバ  $S_k$  にコンテンツ  $C_i$  がある,  $0$  : ない

[コピー起動契機] 各サーバにおいてアクセス予測値  $N_{S_k}$  が閾値を越えた場合

[コピー対象コンテンツ] 該当サーバが格納するコンテンツの中で、コピー処理によるアクセス数の減少が最大のコンテンツを選択 ( $(\frac{1}{R_{C_i}} - \frac{1}{R_{C_i+1}})N_{C_i}$  が最大となるコンテンツ  $C_i$ )

[コピー先サーバ] コピー対象コンテンツが存在しない、あるいはコピー対象コンテンツをコピー作成中でないサーバの中から、アクセス数の予測値  $N_{S_k}$  が最小であるサーバを選択

## 4 シミュレーションによる性能評価

シミュレーションで用いた数値例を表 1 に示す。

表 1: 数値例

サーバ数	20
最大多重数/サーバ	50
コンテンツ数 (オリジナル)	50
格納最大コンテンツ数/サーバ	5
コンテンツ再生時間の平均 (時間)	2.0
コピー起動の閾値 (アクセス数)	45

ここでは、コンテンツの発生間隔や分布が動的に変化するような文献[3]のコンテンツ要求発生モデルを用いている。

コンテンツコピー処理ではコピー元サーバおよびコピー先サーバで各々多重度を1消費し、コピーに要する時間はコンテンツ再生時間に等しいものとする。また、サーバ間を接続するネットワークの帯域は十分に余裕があり、ボトルネックにはならないものとする。

(1) 従来方式との比較

従来方式(観測値に基づく動的コピー)と提案方式(予測値に基づく動的コピー)について性能評価を行った。ここで、従来方式のアルゴリズムとして、(i)コピー起動契機:各サーバでアクセス数が閾値を越えた場合、(ii)コピー対象コンテンツ:サーバ内でアクセス数最大のコンテンツ、(iii)コピー先サーバ:アクセス数最小のサーバを適用した[2]。また、両方式ともに、新規のコンテンツ要求は、要求コンテンツを格納するサーバの中から、アクセス数最小のサーバに接続している。本シミュレーションで用いたコンテンツ要求発生モデルでは任意の時点でのコンテンツの要求発生間隔の平均とコンテンツ毎の参照確率が与えられるので、それを基にアクセス数を予測した。

図2と図3は、従来方式および提案方式(4時間先の予測)を適用した場合のコンテンツ要求発生数およびリジェクト数の時間変化を示している。提案方式では、コピーコンテンツの動的配置の効果により、最繁忙においてもリジェクトの発生がほとんどないことがわかる。図4は、両方式について、コンテンツの要求発生間隔の偏りの度合(パラメータが0に近づくほどコンテンツの要求が最繁忙時間帯に集中して発生する)を変化させたときのリジェクト率の関係を示している。結果より、偏りの度合に関わらず、提案手法によりリジェクト率が改善されていることが示されている。

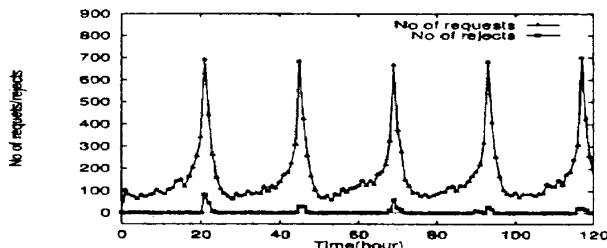


図 2: リジェクト数の時間変化(従来方式)

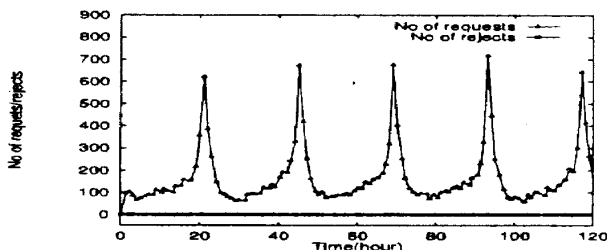


図 3: リジェクト数の時間変化(提案方式)

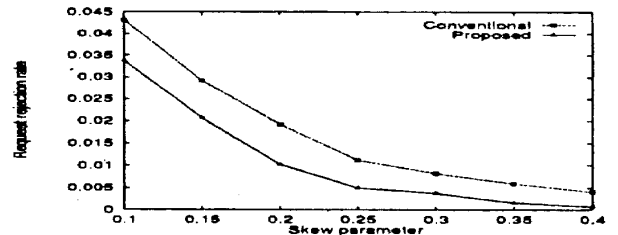


図 4: リジェクト率の比較

(2) 予測時間とリジェクト率の関係

1~5時間先のアクセス数予測を行った場合の予測時間とリジェクト率の関係を図5に示す。同図は、予測精度を変化させた場合(誤差がない場合、10%、20%の誤差がある場合)についてのリジェクト率を示している。この結果から、予測時間が長いほどリジェクト率が向上していることがわかる。これは、長時間先の予測により、サーバの負荷に余裕がある間にコピー処理を完了することができたためと考えられる。長時間先のアクセス予測については、ニューラルネットワークを用いて誤差10%程度で5時間先の予測が可能であり[4]、本手法と組み合わせることにより、リジェクト率の大幅な改善が期待できる。

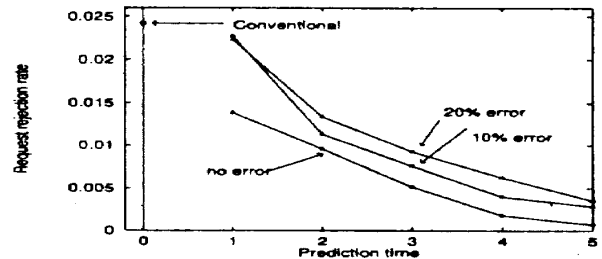


図 5: リジェクト率と予測時間の関係

5 むすび

アクセス負荷の予測値に基づいて、アクセス先サーバの切替えとコンテンツのコピーを行うことにより負荷分散を実現する方式を提案し、シミュレーションを用いて従来方式と比較して、リジェクト率が向上できることを確認した。今後は試作により実機検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 五十川, 中島, 堀米, 村上: サーバ集中トラヒックを処理する自律トラヒック分散方式の提案 -DyMS (Dynamic Multi-Servers network service)-, 信学技報 (SSE96-132,CQ96-42),pp.19-24,1996.
- [2] 潮田: 分散処理構成のビデオ・サーバ, 負荷分散でストリーム単価軽減, 日経エレクトロニクス, no.637, pp.115-122,1995.
- [3] J.L.Wolf, P.S.Yu, H.Shachnai: Disk load balancing for video-on-demand systems, Multimedia Systems, vol.5, pp.358-370,1997.
- [4] 高田, 深澤, 佐々木: 分散型ビデオサーバのアクセス予測方式, 信学'98 ソサイエティ大会,1998.