

アクセス負荷の予測を用いた動的コンテンツ再配置方式

高 倉 健†

分散メディアサーバ環境でシステムの性能を十分に発揮させるには、メディアサーバ間でアクセス負荷を分散する必要がある。ミラーサーバによるアクセス分散方法もあるが、映像情報のような大容量コンテンツを扱う場合はコンテンツの複製や移動などの再配置による方法が効果的である。そこで本論文では、メディアサーバの過負荷による呼損を防ぐため、アクセス負荷をリアルタイムに評価して実行契機を判断する動的コンテンツ再配置方式について検討した。これは、メディアサーバの提供ストリーム量に閾値を設けて再配置起動のタイミングを得る方法であるが、呼損を生じないように閾値を安全側に設定すると無駄な再配置が起動されてしまう。この問題を解決するために、現時刻のアクセス負荷に加え一定時間後の予測値を実行契機の判断に用いる予測型動的コンテンツ再配置方式を提案する。実際のVODシステムで得られたログを基にアクセスモデルを構築し、予測方法ならびに予測値からの判断方法についてシミュレーションを用いて評価したところ、サービス時間分布から得られるサービス継続率を用いた予測方法が呼損や無駄な再配置の削減に有効なことが確認された。本方式の予測機構を分散メディアサーバシステムに組み込むことで、アクセス負荷の効果的な分散と、システム全体としての性能向上が期待される。

Dynamic Contents Relocation Based on Access Load Prediction

TAKESHI TAKAKURA†

To realize a high performance distributed multi-media server system, it is necessary to divide the access loads among the media servers. One solution is the use of mirror servers. But contents relocation which replicates or moves some contents is better for the servers providing large contents like video-data. In this paper, dynamic contents relocation, which judges the server loads in real-time to avoid lost calls, is examined. Comparing the stream of each media-server against a threshold, it sets the timing of contents relocation. Actually using a conservative threshold causes wasteful relocation. Accordingly, a new relocation scheme is proposed that uses prediction. In addition to the current value, the predicted access load is taken into account to decide whether to start the relocation process. This paper discusses constructing a client access model on the log data of an actual video-on-demand server system, and how to predict and use the predicted value. Simulation results make it clear that the proposed prediction method minimizes lost calls and useless relocation. Applying the dynamic contents relocation method will yield effective load balancing and increase total system performance.

1. はじめに

近年ネットワークを通してマルチメディア情報を提供するサービスが多数現われてきた。このようなサービスを実現するシステムに対するクライアントの要求の1つに、快適なアクセスの維持、すなわちレスポンス性能の保証があげられる。必然的に高性能のメディアサーバシステムが必要とされるわけだが、サーバのクラスタリング技術の開発に加え、システムの価格性能比や耐障害性の観点などから、分散メディアサーバ

システムによる構成が主流となっている。

分散メディアサーバ環境でシステムの性能を十分に発揮させるには、メディアサーバ間でアクセス負荷を分散する必要がある。アクセス負荷の分散方法としてはミラーサーバが一般的である。この方法はWWW (World Wide Web) サーバシステムで広く採用されており、適当なミラーサーバをクライアントに選択してもらうだけでなく、システム側でアクセスを自動的に振り分ける機能が多数開発され^{1),2)}、効果的な負荷分散を実現している。しかしVOD (Video On Demand) システムに対しては、扱うマルチメディア情報 (以下、コンテンツと呼ぶ) が大容量であること、アクセスが特定の人気の高いコンテンツに偏りがちな

† NTT 情報通信研究所
NTT Information and Communication Systems Laboratories

こと^{3),4)}から、単純にミラーサーバを設置するだけではハードウェアリソースを無駄に費す危険性が高い。そこでVODシステムに対し、複製・移動・削除といったコンテンツ再配置によりメディアサーバ間で負荷の平準化を図る方式について検討を進めてきた⁵⁾。

VODシステムのコンテンツ配置に関する研究には、アクセス要求元分布に基づいて通信コストや蓄積コストを評価し、コスト最小となるコンテンツ配置を求めるもの^{6)~8)}と、メディアサーバの性能維持を目的としたもの^{3),9),10)}とがある。クライアントアクセス負荷の分散を図るために後者に注目したが、これらの研究では、再配置実行のタイミングとして、呼損が発生した時点⁹⁾や、特定コンテンツへのアクセスに対するストリーム量(単位時間あたりのデータ転送量)が一定値を超えた時点³⁾が選ばれているため、呼損の防止には直接結びついていない。そこでメディアサーバ単位のアクセス負荷をリアルタイムに評価し、これを実行契機の判断に用いる動的コンテンツ再配置方式を提案する。

動的コンテンツ再配置方式では実行契機の判断が重要である。再配置を実行すると、その間メディアサーバの性能は劣化するし、複製が行われれば使用可能なディスク容量が減少する。しかもタイミングが遅れると呼損の可能性が高くなるし、不必要に起動すると無駄なコンテンツ再配置処理を行うことになる。したがって、必要となしに必要な分だけの再配置を起動する工夫が求められる。そこで、VODサービスのアクセスモデルを用いて負荷の変動を予測し、再配置実行契機の判断に用いる予測型動的コンテンツ再配置方式を考案した。本論文で提案するアクセス負荷の予測方法では、VODサービス独特のサービス時間分布の形状に着目し、アクセス中のクライアントが引き続きサービスを受ける確率(サービス継続率)を利用して、一定時間後のアクセス負荷の増減を予測している。

本論文の構成は、2章で動的コンテンツ再配置方式とその課題について説明し、アクセス負荷の変動を予測するための基本方式を提案する。3章ではVOD実験システムで得たアクセスログを解析し、VODアクセスモデルの構築を行う。得られたモデルを用いたシミュレーションを4章で行い、各種予測方法を評価用アクセスログに適用し、その効果について考察する。

2. 動的コンテンツ再配置方式

2.1 ねらい

コンテンツ再配置を動的に起動する従来の方式では、コンテンツ単位のストリーム量に閾値を設け、閾値を超えたコンテンツの複製を作成していた³⁾。しかし、

これではメディアサーバの性能維持は保証されない。そこでメディアサーバ単位のストリーム量をアクセス負荷の評価量として位置付け、これを閾値として利用する方式を提案する。以下に動的コンテンツ再配置方式の処理内容について説明する。

(1) アクセス負荷の評価

一般にVODシステムではメディアサーバが提供可能なストリーム量に上限があり、それを越えたアクセスが生じると呼損となる。動的コンテンツ再配置方式では、リアルタイムに変化する提供中のストリーム量をクライアントアクセス情報から求め、各時刻のアクセス負荷を評価する(接続処理に起因する瞬間的な負荷もあるが、本論文では検討の対象から省く)。すなわち、時刻 t におけるメディアサーバの負荷評価量 $L_a(t)$ を、次式のように接続中のクライアント i に提供しているストリーム量 l_i の総和で表す。

$$L_a(t) = \sum_i l_i(t)$$

(2) 実行契機の判断

アクセス負荷評価量 $L_a(t)$ が一定値を超えた場合、近い将来に負荷が限界値を超えると判断し、再配置を起動する。この値を再配置閾値とよぶ。閾値の決め方は重要である。コンテンツの不必要な複製(再配置)は、システムの性能面、運用面の双方の観点から見て好ましくない。しかし呼損防止のため閾値を安全側に設定すると、バースト的なクライアントアクセスを原因とした無駄な再配置が起動されてしまう。つまり現アクセス負荷で判断する動的コンテンツ再配置方式には、呼損と無駄な再配置との間にトレードオフが存在する。

この問題を解決するために、クライアントアクセス情報から将来のアクセス負荷を予測し実行契機の判断に用いる、予測型動的コンテンツ再配置方式を考案した。2.2節で述べるアクセス負荷の予測方法とその効果が本論文の主題となる。

再配置はアクセス負荷減少時も起動される。これは、再配置で複製が作成されたコンテンツに対するアクセスが減少し、複製を持つ意味を失った場合に実行される。本論文におけるアクセス負荷減少時の再配置は、アクセス負荷評価量 $L_a(t)$ がある値を下回った時点で起動するものとし、予測による実行契機の判断は行わない。

(3) 再配置内容の決定

負荷の原因となっているコンテンツを特定し、再配置後にメディアサーバ間で負荷が平準化されるようにコンテンツ再配置内容を決定する。具体的には、当該

サーバの中でアクセスが集中するコンテンツに対し、負荷の低いサーバへの複製作成や移動、そして負荷の低いサーバのコンテンツとの交換などが考えられる。

実際に行うべき再配置内容については、コンテンツ配置に関する研究^{3),5),8)~10)}で各種の検討がなされている。どの方法を選ぶかは、個々のメディアサーバの性能や空き容量、そして負荷原因のコンテンツに対するアクセス要求分布から判断しなければならないが、本論文では適当な何らかのコンテンツ配置の変更がなされると仮定し、再配置内容の有効性については議論しない。

2.2 アクセス負荷の予測方法

アクセス負荷の増減を、待ち行列理論でいう到着間隔分布とサービス時間分布の統計情報を用いて予測する。到着間隔分布は新規アクセスがシステムに発生する時間間隔の分布であり、サービス時間分布はシステムに接続しているクライアントがサービスを受け続けシステム内にとどまる時間の分布である。

到着間隔分布 $A(t)$ とサービス時間分布 $B(t)$ という統計情報から、時刻 t における Δt 後のアクセス負荷予測値の定式化を試みる。まずサービス継続率 $S(\tau, t)$ を導入する。これはサービス開始から τ 経過したクライアントが、その t 後においてもサービスを受け続けている確率である。サービス時間分布の密度関数を $b(t)$ とすると $S(\tau, t)$ は次式で表される。

$$S(\tau, t) = \frac{1 - \int_0^{\tau+t} b(x) dx}{1 - \int_0^{\tau} b(x) dx} = \frac{S_0(\tau+t)}{S_0(\tau)}$$

ここで $S_0(t) = S(0, t)$ であり、 $S_0(t) = 1 - B(t)$ の関係がある。

時刻 $t + \Delta t$ におけるストリーム量の予測値は、時刻 t にアクセス中のクライアントが時刻 $t + \Delta t$ においても引き続きサービスを受けることによるストリーム量継続分と、時刻 t から $t + \Delta t$ までに発生した新規アクセスによるストリーム量増加分との和で表される。ストリーム量継続分 $L_{cont}(t, \Delta t)$ を予測する式は、時刻 t においてアクセス中のクライアント i が、サービスを開始してから τ_i 経過した時点にあったとすると、次式で表される。

$$L_{cont}(t, \Delta t) = \sum_i l_i(t + \Delta t) S(\tau_i, \tau_i + \Delta t)$$

また Δt までに発生する新規アクセスは1クライアントのみだと仮定すると、そのストリーム量増加分 $L_{new}(t, \Delta t)$ を予測する式は、到着間隔分布の密度関数 $a(t)$ に基づいてアクセスが発生し、継続率 $S_0(t)$ に従ってサービスを受けるとして、次式で表される。

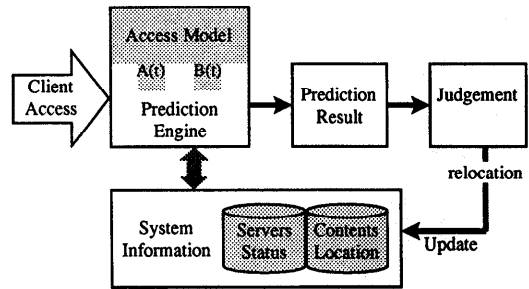


図1 アクセス負荷予測機構の処理の流れ
Fig. 1 Access load prediction flow.

$$L_{new}(t, \Delta t) = l(t + \Delta t) \int_0^{\Delta t} a(x) S_0(\Delta t - x) dx$$

ここで $l(t)$ は、発生した新規アクセスに提供されるストリーム量であり、アクセス対象となったコンテンツに依存した値をとる。これらの和をとり、 Δt 後のアクセス負荷の予測値は

$$L_p(t, \Delta t) = L_{cont}(t, \Delta t) + L_{new}(t, \Delta t)$$

と表される。

予測型動的コンテンツ再配置方式では、得られた値を予測値用の再配置閾値と比較して契機判断する。時刻 t に動的コンテンツ再配置方式の実行契機を判断するうえで、 $L_a(t)$ が閾値を超えているかではなく $L_p(t, \Delta t)$ の値を利用することで、アクセス負荷の増減傾向に関するよりの確な判断が期待される。

アクセス負荷予測機構における処理の流れを図1に示す。分布 $A(t)$, $B(t)$ で定義されるアクセスモデルが、予測エンジンのパラメータの役割を果たす。クライアントアクセス情報が得られると、予測エンジンはメディアサーバ状態情報とコンテンツ配置情報（これらシステム情報は、通常、クライアントのアクセス先サーバの選択に用いられる）を参照し、メディアサーバ単位にアクセス負荷の予測を行う。算出された予測結果からコンテンツ再配置の必要性を判断し、再配置が行われる場合は、その操作内容に従ってシステム情報を更新する。このサイクルの繰返しにより、アクセス負荷の予測と再配置実行契機の判断が動的に行われる。

3. VOD アクセスモデル

3.1 使用したログについて

VOD サービスに対しアクセス負荷の予測を実現するには、予測エンジンにパラメータとして組み込まれる到着間隔とサービス時間の分布モデルが重要である。そこで、ある VOD システムのフィールド運用実験で得られたアクセスログの解析を行い、VOD サービス

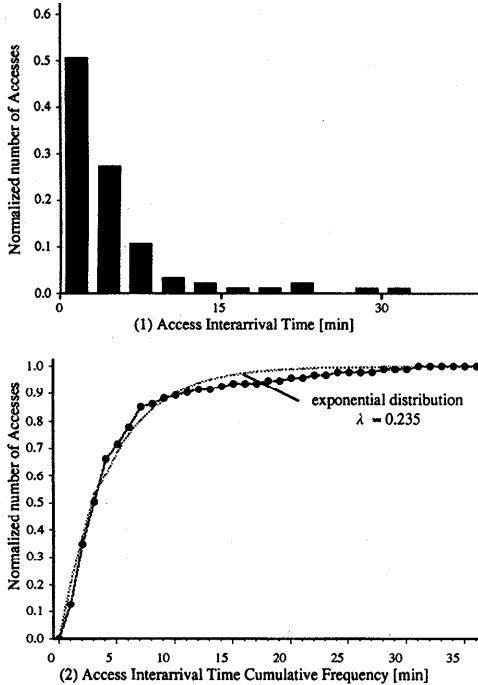


図2 到着間隔分布

Fig. 2 Access interarrival time.

のアクセスモデルを構築する。

このVOD実験システムでは、数百人のクライアントが約200時間の映像コンテンツにアクセスしていた。システムはアクセス集中時にも呼損が発生しないよう Worst Case を想定して設計されていたが、得られるアクセスログはクライアントのVODサービス利用動向を知るうえで有意義である。種々のサービスが提供された中で、ここでは映画のVODサービスのアクセスログだけを抽出した。アクセスログは、VODサービスについて知見を得るための解析用のログ（評価対象月以前の月別集計3カ月分およびアクセス数最大の1日分）と、予測方式を適用するための評価用のログ（評価対象月のアクセス数上位3日分）とに分けて用意した。

映画は数十本の中の数個が月初めに更新され、その再生時間は約75分から135分のものが提供されていた。アクセス特性は映画個々の人気度によって異なるが、映画のVODサービスに対するアクセスモデルを構築するために、アクセスログから得られるサービス時間を当該コンテンツの再生時間で規格化し、一律100分の映像として扱うことでコンテンツ依存性を吸収している。

3.2 アクセスログの解析

WWWサーバシステムのトラフィック分析に関す

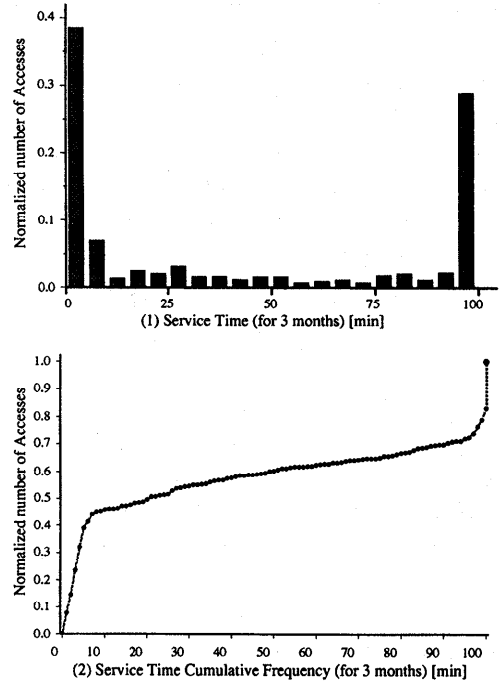


図3 サービス時間分布

Fig. 3 Service time.

る研究^{11),12)}では、到着間隔分布は指数分布で、サービス時間分布は対数正規分布で近似できるとの例が報告されている。クライアントアクセスがランダムに発生すること、サービス時間がコンテンツサイズに依存することが、その原因と考えられている。一方VODシステムのトラフィック分析に関するものはあまり見受けられない。そこで3.1節で述べた解析用のアクセスログから、VODサービスのトラフィックモデルを構築する。

● 到着間隔分布

まずアクセス数最大の日のログについて、特にアクセスが集中しがちな19:00から深夜1:00にかけてに着目し、到着間隔分布を調べた。度数分布を図2(1)に、累積度数分布を図2(2)に示している。点線は累積分布を指数分布関数 $A(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ で近似した曲線である。パラメータ λ は、得られた平均到着間隔の逆数として計算した。これらを見ても分かるように、多少の誤差はあるものの、到着間隔分布についてはWWWサービス同様に指数分布で近似するのが妥当と思われる。これはVODサービスにおけるアクセス発生がランダムであることを意味する。なお、いずれの図でも度数はアクセス総数で規格化している。

● サービス時間分布

次に月ごとに集計した3カ月分のログを用い、サービ

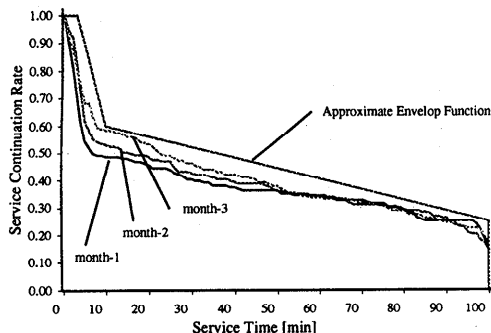


図4 月ごとのサービス継続率と包絡線モデル

Fig. 4 Monthly service continuity rate and envelop function.

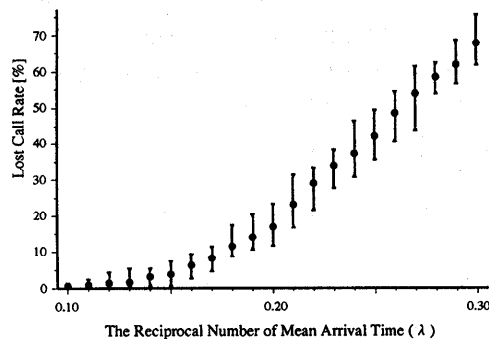


図5 平均到着間隔と呼損発生確率

Fig. 5 Mean arrival time vs. lost call rate.

ス時間分布を調べた。度数分布を図3(1)に、累積度数分布を図3(2)に示している。WWWサービスで得られた対数正規分布とは異なり、サービス時間分布は独特の形状を示している。定性的に見ると、サービス開始から数分で中止してしまうクライアントの集団がある一方で、ストーリーによって視聴しはじめたクライアントたちの多くは、ほぼ最後まで視聴を続けるといった様子が表れている。この分布の形状は、VODアプリケーションにおけるクライアントアクセスの特徴といえよう。

3.3 アクセスモデルの構築

解析用アクセスログから月ごとのサービス継続率を求め図4に示す。点線は月ごとのサービス継続率を包絡線で安全側に近似する関数である。サービス継続率の算出に用いるサービス時間分布として、3カ月分を合計して得られる図3の分布(実ログモデル)を採用する。包絡線で示されるサービス継続率に対応するサービス時間分布(包絡線モデル)は、4.3節で実ログモデルの効果を測る際に用いている。

到着間隔分布は指数分布で近似する。指数分布パラメータとして、適当なサービス時間分布に従ったアクセスに対し、一定値以上の確率で呼損状態が発生する値を定めた。具体的には、実ログモデルのサービス時間分布に従ったアクセスを発生させ、平均到着間隔の逆数であるλを変化させながら再配置を行わない場合の呼損発生率を調べた。図5に示される実験結果から、“60分以内に呼損が発生する確率が20%以上”となる値を調べ、得られた値λ = 0.202を指数分布パラメータに採用した。

構築したアクセスモデルを用いたアクセス負荷の予測方法を表1にまとめておく。予測を行わず現アクセス負荷評価量 $L_a(t)$ のみで契機判断する方法を単純閾値法とよぶ。これに対し、ストリーム量継続分

表1 アクセスモデルと予測方法

Table 1 Access models and prediction methods.

	到着間隔分布	サービス時間分布
単純閾値法	なし	なし
実ログ継続予測法	なし	実ログモデル
包絡線継続予測法	なし	包絡線モデル
実ログ総合予測法	指数分布モデル	実ログモデル
包絡線総合予測法	指数分布モデル	包絡線モデル

$L_{cont}(t, \Delta t)$ の予測値を用いて契機判断する方法を継続予測法と名付ける。継続予測法は、サービス時間分布の与え方によって実ログ継続予測法と包絡線継続予測法とに分けられる。さらに、ストリーム量増加分 $L_{new}(t, \Delta t)$ の予測値を加えた $L_p(t, \Delta t)$ の値を用いる方法を総合予測法と名付け、継続予測法と同様に実ログ総合予測法、包絡線総合予測法とよぶ。

4. シミュレーション

4.1 システムモデル

まず初めにシミュレーションでのシステムの動作を定義しておく。VODシステムは、全クライアントがアクセスしてもストリーム提供が可能なだけのサーバ数で構築されているものとする。初期状態でコンテンツはすべて1台のメディアサーバ(Server1)に格納されている。アクセス負荷が増大した場合の再配置処理は複製のみを考え、アクセス負荷が減少した場合は作成した複製を削除する。すなわち再配置が起動されるとアクセスを頻繁に受けているコンテンツの複製が別のメディアサーバ(Server2)に作成され、Server1で処理しきれないアクセスが生じるとServer2で処理される。再配置処理開始から複製完了までの所要時間は5分とし、この間にServer1で処理できないアクセスの発生回数と呼損数としてカウントする。呼損となったアクセスは1分後にリトライされる。Server2

の複製コンテンツは負荷の評価値が再配置閾値の8割になった時点で削除される。Server2に複製を作成した後、Server1で処理が許容できる状態が継続し、アクセスがServer2に振り分けられることのないまま削除が行われる場合があるが、これを無駄な再配置と呼び、その回数を無効再配置数と定義する。

VODシステムのサービス品質は、1台のメディアサーバが提供可能なストリーム量を40Mbps、1タイトルあたり4.256MbpsのCBR (Constant Bit Rate) ストリームと仮定する。CBRでは時刻にかかわらず一定のストリーム量で映像伝送されるので、アクセス負荷評価量は同時接続数に置き換えて考えることができる。以下、アクセス負荷ならびにアクセス負荷予測値は、同時接続数ならびに予測同時接続数と同等の意味で考える。40Mbpsに対応する最大同時接続数は9人であり、10人目のアクセスが発生すると当該メディアサーバでは処理不能となる。

4.2 予測時刻について

再配置実行契機の判断に何分後の予測値を用いるかを定めるために、VODアクセスモデルに従って発生させたアクセスを分析した。最初に、単純閾値法による動的コンテンツ再配置方式で再配置が起動されるような100個のアクセスパターンを擬似発生させ、作成される複製が有効な場合と無効な場合とに分類した。各アクセスパターンに対し実ログ継続予測法と実ログ総合予測法による負荷の予測を行い、再配置が有効に機能する場合と無駄になる場合とに分けて一定時間 Δt 後の予測値の傾向を分析した。実ログ継続予測法による予測結果を図6に、実ログ総合予測法による予測結果を図8に示す。総合予測法の方が、新規アクセスの到着を予測に組み入れている分大きい予測値が得られているが、再配置が有効に機能する場合と無駄になる場合とで、両予測方法ともアクセス負荷の増減傾向が予測値に反映されていることが分かる。

一定時間後の予測値の分布を図7、図9に示す。どの時点でも有効な場合と無効な場合とで分布に偏りが見られるが、より詳細な分析を進めるために、以下では、5分後の予測値を用いて各予測方法の効果を議論する。

4.3 実験

4.2節で使用したアクセスパターンを用いて、継続予測法と総合予測法の効果を調べた。単純閾値法における呼損数と無効再配置数に対する、各予測方法における呼損数と無効再配置数の割合を、閾値を変化させながら計算した。結果を図10に示す。各予測方法で採用する閾値は、呼損数と無効再配置数のどちらの削

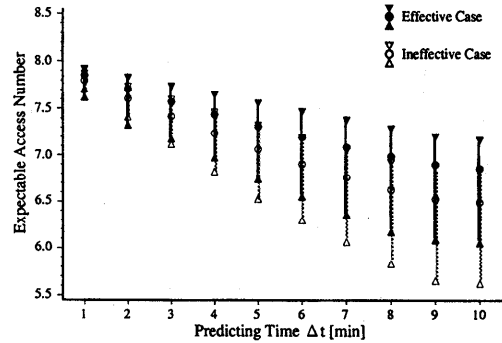


図6 再配置有効時、無効時の予測値 (継続予測法)

Fig. 6 Values in effective/ineffective cases (prediction by $B(t)$).

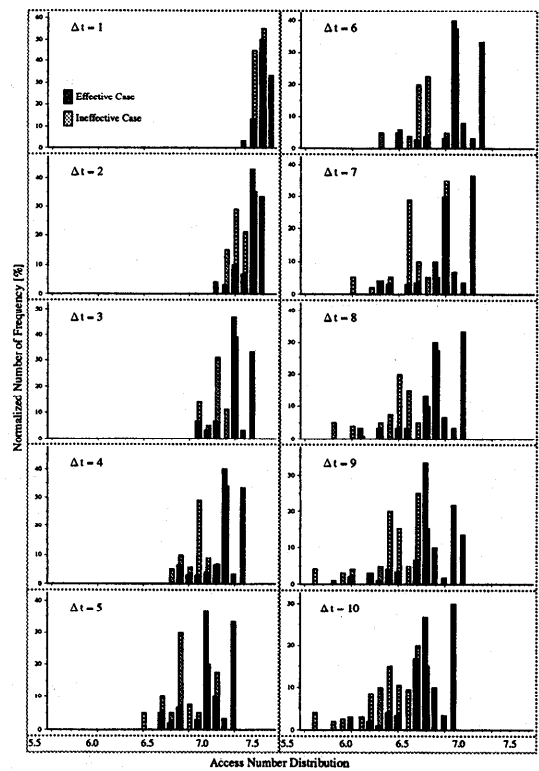


図7 再配置有効時、無効時の予測値の分布 (継続予測法)

Fig. 7 Distribution in effective/ineffective cases (prediction by $B(t)$).

減を重視するかを目的関数にして、適当な値を設定すればよい。

表1の5つの方法について、動的コンテンツ再配置方式を評価用の3日分のアクセスログに適用し、本研究の目的である呼損数と無効再配置数の削減に関する各予測方法の効果を調べた。評価用ログに適用して得られた呼損数と無効再配置数を表2に示す。

実ログモデルのサービス時間分布は実際にサービス

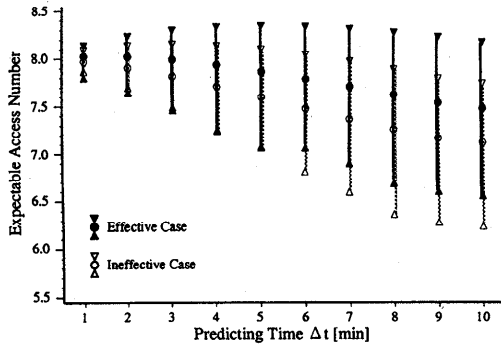


図8 再配置有効時、無効時の予測値(総合予測法)
Fig. 8 Values in effective/ineffective cases (prediction by $A(t)$, $B(t)$).

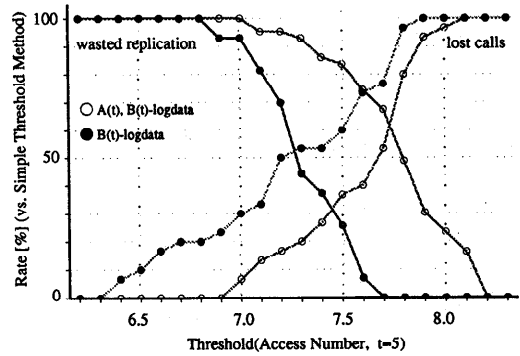


図10 呼損率と無効再配置数比
Fig. 10 The rate of lost calls and wasted replication.

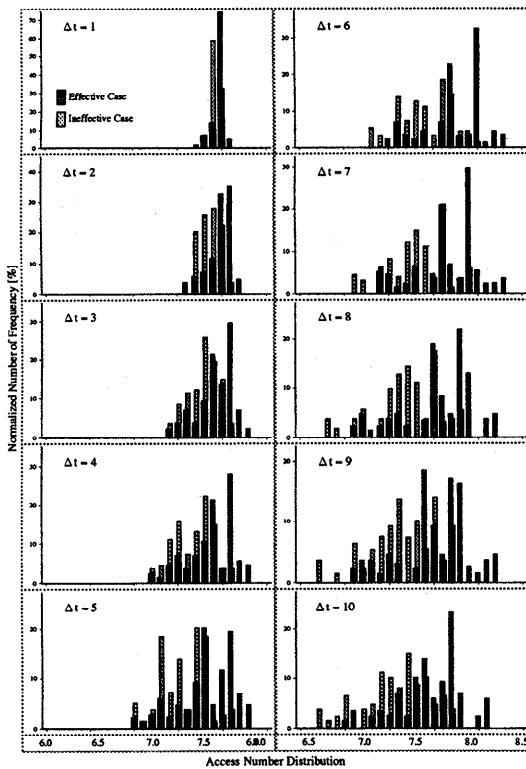


図9 再配置有効時、無効時の予測値の分布(総合予測法)
Fig. 9 Distribution in effective/ineffective cases (prediction by $A(t)$, $B(t)$).

を提供しないと求められない。そこでサービスの特徴を定性的にとらえ、サービス時間分布を適当に定めた場合の本方式の効果を調べるために、包絡線モデルを用いた場合についても実験を行った。結果は表2に併記している。

効果をより詳細に分析するため、呼損率と無効再配置数に加え再配置有効時間率を導入して各方式を評価する。これは、「再配置で作成された複製が Server2 に

表2 予測方法と呼損率、無効再配置数

Table 2 The number of lost calls and wasted relocation by each prediction method.

単純閾値法	呼損率		無効再配置数 (起動総数)	
	包絡線	実ログ	包絡線	実ログ
	5		6 (14)	
接続予測法				
閾値	呼損率		無効再配置数 (起動総数)	
	包絡線	実ログ	包絡線	実ログ
7.0	5	5	5 (13)	5 (13)
7.1	10	5	5 (13)	5 (13)
7.2	10	6	5 (13)	4 (12)
7.3	11	6	5 (13)	3 (11)
7.4	11	10	3 (11)	3 (11)
7.5	13	10	3 (11)	2 (10)
7.6	15	11	3 (11)	2 (10)
7.7	16	11	2 (10)	2 (10)
7.8	19	12	2 (10)	2 (10)
7.9	21	12	2 (10)	2 (10)
8.0	21	12	2 (10)	2 (10)
総合予測法				
閾値	呼損率		無効再配置数 (起動総数)	
	包絡線	実ログ	包絡線	実ログ
7.0	5	5	5 (13)	5 (13)
7.1	5	5	5 (13)	5 (13)
7.2	5	5	5 (13)	5 (13)
7.3	5	5	5 (13)	5 (13)
7.4	5	5	5 (13)	5 (13)
7.5	6	5	5 (13)	5 (13)
7.6	6	5	5 (13)	5 (13)
7.7	6	6	5 (13)	5 (13)
7.8	12	7	5 (13)	3 (11)
7.9	14	7	4 (12)	3 (11)
8.0	14	11	4 (12)	3 (11)

存在する時間”に対する“複製がクライアントアクセスで利用された時間”の割合である。閾値を変化させたときの再配置有効時間率を図11に示す。全般的に実ログモデルの方が優るが、その差はわずかである。

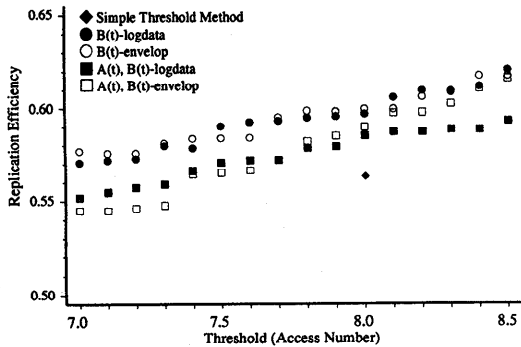


図 11 再配置有効時間率

Fig. 11 Replication working time rate.

4.4 考 察

シミュレーションで発生させた擬似アクセスパターンと評価用の実ログによるアクセスパターンとに対し、各予測方法を用いた予測型動的コンテンツ再配置方式を適用し、その効果を調べた。アクセスパターンの中には呼損数を削減できない場合もあるが、これは、本予測方式において、呼数の急激な増加が想定されていないことが原因と考えられる。統計的には適当な閾値を設けることで呼損数と無効再配置数を同時に削減できており、単純閾値法に対し総じて有効な方法といえる。

継続予測法と総合予測法とを比較してみると、適切な再配置閾値を選ぶことにより、ほぼ同等の効果を達成することができる。これは、アクセス負荷の予測に、サービス時間分布の寄与が大きいことを示している。また包絡線モデルのサービス時間分布を適用した結果からは、実ログモデルのサービス時間分布が得られない場合に、サービス特性を定性的に分析しそれなりの精度を持ったサービス分布を定められれば、包絡線モデルでも予測エンジンのパラメータとして十分機能することが分かる。

以上の結果から、必ずしも総合予測法を用いなくても接続予測法で十分な予測効果があるといえよう。また、精度の良いサービス時間分布が得られれば、実ログモデルが得られなくても予測効果が出ることが分かった。

5. ま と め

分散メディアサーバシステムの性能向上のために、アクセス負荷をリアルタイムに評価する動的コンテンツ再配置方式について検討した。VOD 実験システムのアクセスログを解析したところ、サービスの特徴がサービス時間分布に顕著に表れていた。そこでサービ

ス時間分布から得られるサービス継続率を利用して将来のアクセス負荷を予測し、これを実行契機の判断に用いる予測型動的コンテンツ再配置方式を考案した。本方式を様々なアクセスパターンに対し適用したところ、呼損および無駄な再配置の防止に役立つことが分かった。本予測機構をシステムに組み込めば、アクセス負荷の分散を目的としたコンテンツ再配置の適切な実行契機を判断できる。

今後の課題としては、たとえば、アクセス数の急増を想定した複数呼到着の考慮や、コンテンツ単位のサービス継続率の導入など、予測方式のさらなる改善があげられる。また本論文では VOD サービスのみを対象に議論を進めたが、その他のサービスについても検討し、本方式の適用にふさわしいサービス分野について判断したい。

参 考 文 献

- 1) Egevang, K. and Francis, P.: The IP Network Address Translator (NAT), RFC1631 (1994).
- 2) 井上博之, 山口 英: NAT による WWW サーバの負荷分散機能の実装, 情報処理学会研究報告, 96-DPS-78-4, pp.19-24 (1996).
- 3) Chen, M.-S., Hsiao, H.-I., Li, C.-S. and Yu, P.S.: Using rotational mirrored declustering for replica placement in a disk-array-based video server, *Multimedia Systems*, Vol.5, pp.371-379 (1997).
- 4) 鈴木偉元, 西村一敏, 阪本秀樹: 階層化蓄積ビデオサーバの性能解析, 信学論, Vol.J80-D-1, No.3, pp.300-308 (1997).
- 5) 高倉 健, 寺元 仁, 石川 篤: 分散コンテンツ管理基盤におけるコンテンツ配置の検討, 第 55 回情報処理学会全国大会論文集, U2-1, pp.3-264-265 (1997).
- 6) Bisdikian, C.C. and Patal, B.V.: Issues on Movie Allocation in Distributed Video-on-Demand Systems, *ICC IEEE*, pp.250-255 (1995).
- 7) Bisdikian, C.C. and Patal, B.V.: Cost-Based Program Allocation for Distributed Multimedia-on-Demand Systems, *IEEE Multi-Media*, Fall, pp.62-72 (1996).
- 8) 吉田万貴子, 西尾 真, 中井正一郎: 分散ビデオサーバにおけるビデオプログラムの最適配置法, 信学技報, IN95-7, pp.39-46 (1995).
- 9) 五十川裕, 中島伊佐美, 堀米英明, 村上英世: サーバ集中トラフィックを処理する自立トラフィ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).
- 10) Dan, A. and Sitaram, D.: An Online Video

Placement Policy based on Bandwidth to Space Ratio (BSR), *Proc. ACM SIGMOD*, pp.376-385 (1995).

- 11) 名部正彦, 馬場健一, 村田正幸, 宮原秀夫: World-Wide-Web におけるユーザトラフィックの分析, *信学技報*, IN96-74, pp.91-96 (1996).
- 12) 名部正彦, 馬場健一, 村田正幸, 宮原秀夫: インターネットアクセスネットワークにおける WWW トラフィックの分析とモデル化, *信学会全大*, SB-11-3 (1997).

(平成 10 年 9 月 2 日受付)

(平成 10 年 11 月 9 日採録)



高倉 健 (正会員)

昭和 42 年生. 平成 4 年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻修士課程修了. 同年日本電信電話(株)入社. 以降, 映像情報サーバの研究ならびにビデオオンデマンドシステムの開発に携わり, 現在, 情報通信研究所データベース研究部にてマルチメディアコンテンツ管理方式に関する研究に従事. 平成 9 年第 55 回情報処理学会全国大会奨励賞受賞.