

移動計算機のための WWW 情報発信システムの構築 — 高負荷時における複製の利用 —

田頭 茂明 片山 徹郎 最所 圭三 福田 晃
奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒 630-01 奈良県生駒市高山町 8916-5
{shigea-t, kat, sai, fukuda}@is.aist-nara.ac.jp

あらまし

移動計算機の場所やネットワークとの接続状態に関係なく、その上のリソースを発信できれば、いつでもどこでも最新のリソースを提供できるようになる。本稿では著者らが提案している移動計算機からの情報発信システムにおいて、蓄積型リソースの更新方式における問題点について考察し、それを解決する更新方式を提案する。この更新方式は、これまで考慮に入れていなかった瞬間最大通信量の状況により、更新時期を変更する。これを実現するために、古い複製を高負荷時において利用している。

キーワード 移動計算機, WWW, 情報発信, 蓄積型リソース, 瞬間最大通信量

Implementation of Information Announcement System Based on WWW for Mobile Computers — Use of Old Copies in Overload —

Shigeaki Tagashira Tetsuro Katayama Keizo Saisho Akira Fukuda
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara, 630-01, Japan
{shigea-t, kat, sai, fukuda}@is.aist-nara.ac.jp

Abstract

A mobile computer can provide its resources for clients on a network at anytime and from anyplace, if there is an information announcement system which announces resources on the mobile computer independently of whether it is connected to the network or not, and wherever it is connected. In this paper, we discuss problems of the method, which update copies of storage type resources on a mobile computer, used in the previous proposed information announcement system, and propose the new update method to solve them. The proposed method changes update time according to the status of traffic issued from the mobile computer.

key words mobile computers, WWW, information announcement, storage type resources, the maximum instantaneous communication amount

1 はじめに

移動計算機の高性能化に伴い、独立した大量のリソースをその中に保持できるようになってきた。また、同時に小型化が進み、それを携帯する機会が増え、移動先においてこれらのリソースを変更することが一般的となっている。これらのリソースを、移動計算機の場所やネットワークとの接続状態に依存しないで発信できれば、いつでもどこでも最新のリソースを提供できるようになる。また、現在インターネット上でTV会議、電話などのマルチメディア通信を行うアプリケーションが増えている[2]。移動計算機を用いて、移動先からリアルタイムマルチメディアリソースも発信できるようになれば、移動計算機の携帯性の利点を活かす生中継放送、携帯電話などを既存のアプリケーションを変更しないで、個人のレベルで簡単に実現することが可能となる。

我々はWWW(World Wide Web)を基にした移動計算機による情報発信システムの基盤を提案した[1]。そこでは、移動計算機の接続状態、位置、発信するリソースの種類などに着目し、種々の状況において効率良く情報発信できるようにしている。

移動計算機とネットワークへのアクセスポイントとの間の通信帯域は一般に狭いので、この部分がボトルネックになることが多い。サーバに対するアクセスは一定でない。同時に複数のアクセスが入ると、瞬間的に通信量が増大し、ネットワークがボトルネックになることがある。この問題は、通信帯域が狭い環境では深刻な問題になる。我々は移動計算機の通信帯域の狭さに対して、瞬間最大通信量をできるだけ低く抑え、通信の空いている時間をどれだけ有効利用できるか、またできるだけ同じデータを転送しないというアプローチでこの問題に対処する。

今回提案する複製の更新方式は蓄積型リソースに対して有効である。我々のシステムでは、蓄積型リソースの発信においてWWWサーバ上の複製を更新するときにだけ移動計算機は通信路を使用する。新しい更新方式は、これまで考慮に入れていなかった移動計算機における瞬間最大通信量を考慮して複製の更新時期を変更する。そこではWWWにおけるリソースは厳密な一貫性を必要としないことを利用するので[3]、高負荷時には古いバージョンの複製が提供されることもある。

本稿の構成は、文献[1]で提案した情報発信システムとその問題点について2章で述べ、3章で新しい更新方式である遅延更新方式の概要および、WWWサーバにおける複製の更新手順を説明する。4章で実装上の問題点について議論し、最後に5章で今後の予定について述べる。

2 移動計算機からの情報発信システム

2.1 システムの概要

我々が提案している移動計算機のための情報発信システムについて説明する。本システムは情報を発信するための基盤としてWWWを採用し、さらに以下の3つの項目に着目して、種々の状況において効率良く情報を発信するシステムである。

- (1) 移動計算機の分断 従来の情報発信システムにおいては、固定された計算機を中心に設計されているので、移動計算機の分断時には発信はできない。そのため分断時においても、なんらかの形で情報を発信できるようにする。
- (2) 移動計算機の移動 移動計算機は携帯することが可能であるため、位置が変化する。移動計算機がネットワークのどの位置に接続されても情報を発信でき、移動に対してクライアントに透過なアクセス機構を提供できるようにする。
- (3) 発信するリソースの種類 リソースの種類を、再利用可能な蓄積型とそうでない非蓄積型に分類し、それぞれにおいて移動計算機環境で効率的な情報発信機構を提供できるようにする。

本システムの概要を説明する(図1)。所属WWWサーバは、(1)、(2)を実現するために移動計算機の接続の状態、位置などの管理情報および移動計算機上のリソースの複製を保持している。所属WWWサーバに管理情報を保持させることにより、クライアントは移動計算機の現在の場所や発信形態の変更を意識することなく、移動計算機上のリソースを取得できる。このため既存のブラウザソフトの変更を必要としない。

所属 WWW サーバはクライアントから送られた URL を解析し、管理情報から移動計算機の接続状態を得る。蓄積型リソースの場合においては、分断しているなら、所属 WWW サーバは自身もつ移動計算機のリソースの複製をクライアントに返信する。接続しているなら、移動計算機の位置情報により移動計算機と接続し、自身が持つ複製と移動計算機上のリソースが一致するかを検査する。一致する場合は複製を返信し、それ以外は移動計算機からリソースを送ってもらい、複製を作ったあと返信する。所属 WWW サーバが複製を保持する理由は、この複製を分断時に提供することで分断時にも情報を発信できるからである。また接続時においても、この複製を利用することで移動計算機との通信量を削減できる。

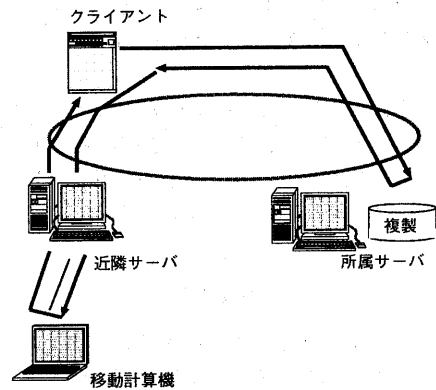


図 2: 非蓄積型情報発信形態の概要

2.2 複製の更新方式

移動計算機のリソースが更新された場合は、WWW サーバの複製も更新しなければならない。この更新方式には 2 つの方法が考えられる。WWW サーバ主導方式と移動計算機主導方式である。以下、それぞれについて説明する。

WWW サーバ主導方式 クライアントから要求と同期して更新する。クライアントからの要求が入ると WWW サーバでは、移動計算機に対してオリジナルのリソースが更新されているかを確認する。更新されているなら移動計算機からリソースを WWW サーバに転送し複製を更新する。利点としては、アクセスされないリソースに対する無駄な転送を削減できることである。また、移動計算機上でリソースのバージョンを管理しなくてよい。逆にクライアントからの要求毎に更新確認するためのオーバーヘッドがある。

移動計算機主導方式 移動計算機は、リソースが更新されると同時に、WWW サーバ上の複製を更新する。この方式は WWW サーバ主導方式における要求毎の更新確認のオーバーヘッドがない。しかしアクセスされないリソースを転送する無駄が存在する。また分断時におけるリソースのバージョン管理を移動計算機上で行う必要がある。

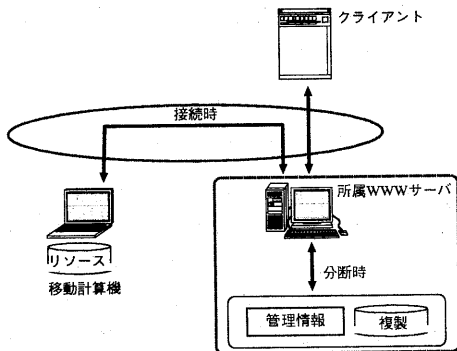


図 1: 蓄積型情報発信形態の概要

また非蓄積型リソースであれば、蓄積型においては必ず通る WWW サーバを中継する発信形態をやめ、移動計算機から近隣 WWW サーバを通した発信形態に変更する（図 2）。移動計算機と直接通信しないで同一の非蓄積型リソースに対する要求を近隣 WWW サーバで集約することで、移動計算機と近隣 WWW サーバとの通信量を削減できる。

本システムにおいては、蓄積型リソースの発信において WWW サーバ上の複製を更新するときだけに移動計算機は通信路を使用することにより、移動計算機とアクセスポイントとの間の通信量を削減する。

この2つの方式は機能的には同等であるが、リソースのアクセス頻度と更新頻度によって、性能が異なる。

これを確かめるために実際の WWW サーバのログから、それぞれの方式で、移動計算機と WWW サーバとの間でのリソースの総通信量を計算した(図3)。この図における A/U は、

$$A/U = \frac{\text{アクセス頻度}}{\text{更新頻度}}$$

である。アクセス頻度が更新頻度と比較して多い場合は移動計算機主導方式が有効で、逆の場合は WWW サーバ主導方式が有効である。

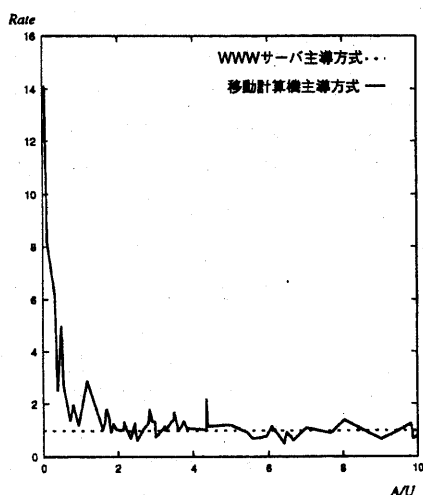


図3: 更新方式の比較

これらの方式で A/U を指標にして更新方式を変更することにより総通信量を削減することが可能である。移動計算機とアクセスポイントとの通信が蓄積型リソースだけなら、これらの更新方式だけで十分である。しかし、非蓄積型リソースを通信している可能性がある。非蓄積型リソースにはリアルタイムリソースのような通信において時間的制約が存在するものがある。蓄積型と非蓄積型の通信を同等に扱うと、蓄積型の通信が非蓄積型の通信を妨げその時間的制約を守れなくすることがある。これから非蓄積型の優先する必要がある。

そこで本稿ではこれら問題を解決するために、新しい更新方式である遅延更新方式を提案する。

3 遅延更新方式

3.1 基本概念

文献[1]で提案した方式では、WWWサーバでの複製の更新の際に更新時間を考慮にいていない。クライアントからの複数の要求が同時に入ると、移動計算機の通信量が非常に大きくなり、応答が遅くなる。そこで現在使用されている通信帯域を考慮し、ある時間における負荷の集中を避けるような更新方式(遅延更新方式)を提案する。

遅延更新方式においては、

- 複製の更新は移動計算機方式と同様に移動計算機が管理し、WWWサーバに通知する。
- 複製は他の通信がない時に更新される。
- 複製の更新に優先度を付け、この優先度に従って更新される。
- WWWサーバは最新のものでなくても複製をクライアントに提供する。

具体的には、移動計算機上のオリジナルであるリソースを更新した場合、移動計算機はその更新をWWWサーバに通知する。移動計算機主導方式では、すぐに対応する複製を更新していたが、遅延更新方式においては、現在の移動計算機の通信が混雑しているなら、すぐには複製を更新しないで更新キューにためる。そして通信量が少なくなってからキューにたまった複製を更新する。キューにためる更新要求は到着した順ではなく、ある優先度に従って並び変える。

この優先度について次節で議論する。

3.2 リソースの更新優先度

前節で述べたように、WWWサーバの複製の更新の順番はリソースに応じた優先度に従って決められる。本節では、この優先度について述べる。

蓄積型リソースの更新が非蓄積型リソースの発信を妨げないように蓄積型より非蓄積型の優先度を高くする(図4)。

蓄積型リソースにおいてはさらに細分する。非蓄積型リソースの間で優先度を設けるのは容易でない

ので、今のところ優先度を設けない。ここで蓄積型リソースの優先度は更新の優先度をさす。

リソースの更新の順序によりクライアントが最新のリソースを取得できる可能性が変化する。

クライアントに対して、できる限り最新のリソースを提供できるように優先度を決めなければならない。そのため、 A/U の値を基にして優先度を決める。 A/U の値が大きいリソースは、更新あたりのアクセス数が多いので更新が遅れると、その分クライアントが最新のリソースを取得できない可能性が上がる。逆に A/U の値が小さいリソースは更新あたりのアクセス数が少ないので、更新が遅れてもクライアントが最新のリソースを取得できない可能性はそれほど増加しない。したがって遅延更新方式においては、 A/U の大きいリソースに対しては、できるだけ早く更新するように優先度を高く設定する。全体の通信量は移動計算機主導方式と変わらないが、瞬間最大通信量が抑えることができ有効であると考えられる。

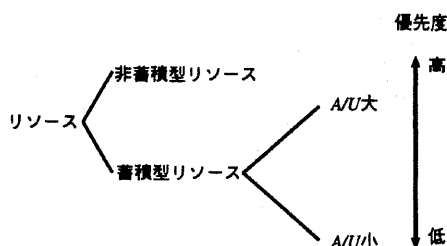


図 4: リソースの優先度

3.3 遅延更新の手順

遅延更新方式を実現するための更新手順を述べる。WWWサーバには、各リソースに対してその更新回数、アクセス回数、複製が最新であることを示すリソース管理情報を持つ。

- (1) 移動計算機はリソースの更新を WWW サーバに通知する。
- (2) WWWサーバは通知の受けたリソースの A/U を計算し返答する。
- (3) WWWサーバは対応するリソース管理情報 ($U = U + 1$, Valid $\rightarrow$ Invalid) を更新する。

- (4) 移動計算機は返答された A/U の優先度に従いリソースをキューにためる。
- (5) 移動計算機は通信の状態を観察し、余裕があれば WWW サーバにリソースを送信する。
- (6) WWWサーバはリソースを完全に受信し複製を更新したあと、そのリソースの複製情報を Invalid $\rightarrow$ Valid に変更する。

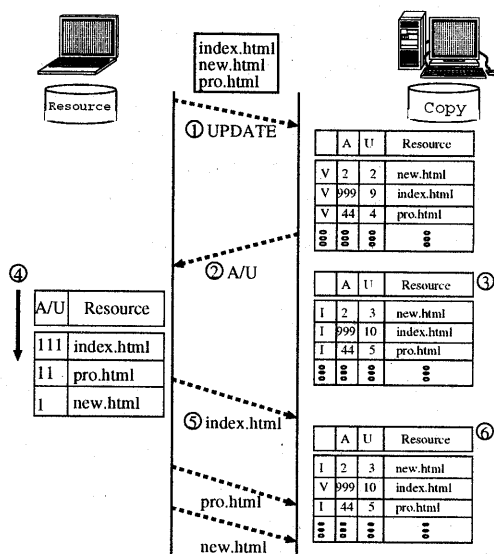


図 5: 更新方式の動作

図5に上記で述べた手順の流れを示す。クライアントからの蓄積型リソースの要求に対して、WWWサーバは自信が持つ管理情報から要求されているリソース複製の属性が Valid か Invalid かを調べる。Valid ならその複製は最新のものであるので、WWWサーバはそのまま複製をクライアントに提供する。Invalid なら WWWサーバはそのリソースが更新されていることを認識し、古い複製をクライアントに提供するが、同時になんらかの形でクライアントに提供したリソースが最新のリソースでないことを提示する。

WWWサーバではなく移動計算機が更新のキューを持つのは、WWWサーバにおいて移動計算機の通信路の状態などを検知することが困難であるからである。例えば、移動計算機が非蓄積型のリソース

を発信していることは、蓄積型リソースを管理する所属 WWW サーバではわからない。このことから移動計算機が更新キューを管理し、通信路の状態を検知して更新するようにしている。

移動計算機は通信路に余裕があるときにリソースの更新を開始するのだが、ある程度大きなリソースを更新する場合は長い時間を費やす。この更新中に非蓄積型リソースの要求などが到着した場合、更新動作する前とは通信路の状態が変わり通信の負荷が重たくなる。非蓄積型リソースがリアルタイムリソースの場合、時間的制約を守れないことが生じる。このため更新の動作を一時止める。通信路に余裕が出たなら先ほど止めた地点から更新動作を継続する。このように更新中の通信量の変化に対して動的に更新動作を制御する機構を提供することで、さらに瞬間最大通信量を抑えることができ、通信路を有効に使用することが可能である。

4 実装上の問題点

遅延更新方式を実装するためには、通信路の負荷の状況をどのようにして検知するかが問題になる。今のところ、情報発信システム以外のアプリケーションを考慮しないで、単純に簡単に移動計算機上の情報発信システムに張られるコネクションの数を利用することを考えている。将来的には移動計算機上のすべてのアプリケーションが使用する通信量を考慮して、様々な帯域幅を持つネットワークインターフェースに対し、移動計算機の現在の通信路の最大容量を自動的に検知し、その通信路を最大限使用することを試みる。

5 おわりに

移動計算機からの情報発信システムにおいて蓄積型リソースの複製の更新方式について考察し、その問題点およびそれを解決する新しい更新方式を提案した。この更新方式はこれまで考慮に入れていなかった通信の状況により更新時期を変更する。これは瞬間最大通信量を抑え通信の空いている時間を有効に利用することで、全体としての通信量は変わらないが、移動計算機にかかる集中した負荷を抑えるものである。現在、この機能の実装を行なってい

る。今後は、この更新方式の評価を行なっていく予定である。評価としては、瞬間最大通信量の側面からと、実際の WWW サーバのログからバージョンの古いリソースを提供する頻度などを調べる予定である。また現在非蓄積型リソースに関しては優先度を設けていないが、それらのリソースにも CGI のように実時間性を有していないものもある。そのため非蓄積型リソースに関しても優先度を導入する予定である。

さらに非蓄積型リソースの発信に重点をおき、このシステムの拡張を行なっていく予定である。本システムでは移動先で接続したネットワークからしか情報を発信できる機構しか提供しておらず、非蓄積型リソースの移動しながらの発信などの機構も提供する。

参考文献

- [1] 田頭, 片山, 最初, 福田: “移動計算機のための情報発信システムの構築,” 情報処理学会コンピュータシステムシンポジウム, pp.17-24, 1997 年 11 月.
- [2] RealNetworks, The Home of RealAudio, RealVideo, RealFlash, (<http://www.real.com>).
- [3] A.Dingle and T.Partl: “Web Cache Coherence,” Proc. of the Fifth International World Wide Web Conference, (<http://www5conf.inria.fr/fich.html/papers/P2/Overview.html>).