

モバイルプロキシサーバシステムの試作

辻 順一郎、小津 浩直、三浦 敦史、滝沢 直樹
三菱電機(株) 情報技術総合研究所

水野 忠則
静岡大学

我々は、PHS、携帯電話等のモバイル環境において、マルチメディア応用システムを快適に利用するための基盤システムに関する研究・開発を行なっている。本論文は、試作システムの概要とその評価、そして今後の課題について述べたものである。近年の移動体通信の発達、インターネットの普及に伴い、携帯端末を用いたモバイル環境での WWW アクセスが盛んになってきているが、ホームページの多くは、静止画等多量のマルチメディア情報を用いており、通常の低速な移動体通信路を介しては快適な WWW アクセスが行なえないという問題が発生している。我々は、プロキシサーバにおける動的なメディア変換によるイメージデータ伝送の高速化を実現するモバイルプロキシサーバを開発しているので、ここに報告する。

Prototyping of Mobile Proxy Server System

Junichiro Tsuji, Hironao Ozu, Atsushi Miura, Naoki, Takizawa
Information Technology R&D Center, Mitsuubishi Electric Corporation
Tadanori Mizuno
Shizuoka University

We are now investigating the mobile computing environment on which a user can use multimedia applications efficiently and comfortably. This paper describes our first prototype system, Mobile Proxy Server system, which support mobile WEB access. Recent diffusion of the telecommunication devices like PDC or PHS makes it possible to access the WEB pages in mobile environment. But, such devices can support the slow communication, and most WEB pages have a large volume of image data. So, people can not access those WEB pages comfortably. We solved this problem by reducing the data volume of images using dynamic media conversion on the proxy server.

1 背景と目的

近年、携帯電話や PHS の普及と携帯型コンピュータの発展により、無線による移動体通信を介したモバイル応用システムの開発が盛んに行なわれている。一方、インターネットにおける WWW アクセスが急激に普及しており、静止画や動画を多用したホームページの作成が盛んに行なわれ、マルチメディア社会の実現が現実的なものとなってきている。

ところが、実際には、WWW におけるホームペー

ジの多くは、高速の有線 LAN による接続を前提として作られているものがほとんどであり、各ページのデータ量は膨大なものになっていることが多い。従って、それぞれのページの取得に時間がかかり、また、複数のページを渡りあるいて目的の情報を探すためにさらに時間がかかってしまい、移動体通信路を介して快適なホームページアクセスを行なうことには無理があるといえる。

このような状況に対応するため、移動体通信路を

介して WWW アクセスを行なう場合には、テキストのアクセスのみに制限するという手法がとられることが多いが、この手法では、インターネットにおける情報の流通の利点を活かしているとは言い難い。

我々は、モバイル環境を利用してマルチメディア応用を実現するための研究開発を行なっており、今回、WWW アクセスを対象として快適なマルチメディアアクセスを実現するためのモバイルプロキシサーバの概念を提案し、その試作システムについて報告する。

2 設計方針

WWW アクセスをモバイル環境で快適に行なうためには、モバイル通信路の低速性に関して、次の2点を考慮していく必要がある。

- 各ページのマルチメディアデータの転送に要する時間の短縮
- ハイパーリンクを辿って目的の情報に達するまでの時間の短縮

そこで、我々は本システムを開発するために次のような設計方針を採用した。

● 既存ブラウザ／サーバの流用

WWW アクセスに使用するブラウザはユーザーがそれぞれ好みの既存ブラウザを使用しており、新たなモバイル用ブラウザを導入することは望ましくない。また、WWW サーバあるいはプロキシサーバに関しても、各企業やプロバイダは既存のサーバを利用しており、それらを入れ替えることも現実的には無理がある。そこで、我々は、ブラウザやサーバは既存のシステムをそのまま流用し、モバイル通信路にあたる部分に、モバイル専用のモバイルプロキシサーバを導入することとした。

● イメージ情報転送量の削減の実現

現状のインターネット上のホームページを見ると、イメージとして GIF フォーマットを使用している所が多い。しかし、GIF フォーマットは多量のデータ量を必要とし、低速の移動体通信路を介して通信する対象としては適当ではない。そこで、オリジナルの GIF イメージをプロキシサーバにおいて認識し、JPEG フォーマットへ変換し、さらにユーザーの指定によってその品質を低下させることにより、大幅なデー

タ量の削減を図ることとした。ホームページで使われる静止画像の多くは、ある程度低い品質でも十分に判別可能なものであり、品質の低下による弊害は少ないと予想される。

● 経路履歴情報の保存と活用

現状のブラウザの多くは、過去のアクセス履歴を保存し、その保存された情報から特定のページへ直接移動する機能を備えている。しかし、その多くは、ブラウザを起動している間の情報のみが対象であり、また、一度アクセス経路の途中まで戻って別の経路へ移動すると前の経路の情報が失われてしまうことが多い。この問題を解決するために、モバイルプロキシサーバにおいて、各ユーザーがアクセスしたページに関する情報をユーザー毎に保存し、その情報を用いて過去にアクセスしたページに直接移動することが容易に実現できるようにすることとした。

● ユーザ管理の実現

ユーザー毎のアクセス履歴の管理、イメージ情報の変換に用いる各種パラメータのユーザー毎の管理を行なうために、モバイルプロキシサーバにおいてユーザー管理を実現することとした。

プロキシ上で、イメージ情報等のメディア変換を利用して転送データ量を削減し、低速通信路を介した快適な WWW アクセスを実現するための研究としては、カリフォルニア大バークレイ校における GloMop システム [1] があるが、GloMop システムは、インターネットにおけるクライアントや通信路の多様性に対応するためのシステムであり、クライアントの性能や動的に変化する伝送路の状態等を監視して、詳細な調整を行なうことにより伝送にともなう遅延をある一定時間内に収めることを目的としている。このために、GloMop システムを用いるクライアントは、基本的に GloMop システムが提供するライブラリを用いて作成することが要求される。既存のクライアントアプリケーションは、クライアント側エージェントを利用することで対応可能ではあるが、その場合には、GloMop の機能の多くを利用できなくなる。これに対して、我々のシステムでは、ブラウザやサーバには既存のアプリケーションを用いることを前提としており、全ての機能をプロキシに閉じた形で提供しているため、ユーザーが慣れ親しんだブラウザをそのまま利用することが可能である。

3 試作システムの機能

前章で述べた設計方針に従い、モバイルプロキシサーバシステムの試作を行なった。本システムを持つ機能は以下の通りである。

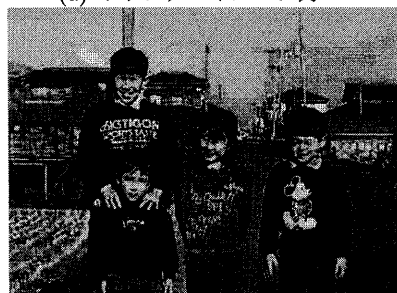
メディア変換機能：WWW上の各ホームページにはイメージが多用されており、そのイメージデータの転送量が多量となっていることがモバイル通信路のような低速通信路を介したWWWアクセスの遅さの主因となっている。このために、本システムでは、各ホームページに含まれるイメージ情報の情報量の削減を行なう。具体的には、ある一定以上の大きさを持つ GIF や JPEG のイメージに対して、品質を落した JPEG イメージへの変換を行ない、データ量の削減を実現する。このメディア変換機能によりブラウザに表示されるイメージの品質はある程度低下するが、一般にホームページ上で用いられるイメージは写真等が多く、また携帯端末の持つ小さなディスプレイに表示した場合、品質を低下させても十分に判別可能である。図1にオリジナルのイメージと当システムのメディア変換機構を用いて品質を大幅に低下させた場合のイメージ例を示す。このイメージは、オリジナルが約150KバイトのGIFファイルであり、それをJPEGに変換し、最大限の品質の低下を行ない、約8Kバイトへのサイズの削減が実現される。

なお、本システムでは、メディア変換を実施したイメージに対してユーザが高品質のイメージデータを必要とする場合に対応するために、各ホームページの先頭にオリジナルのページを取得するためのアンカーを自動的に挿入するようにしてある。

経路情報管理機能：モバイルプロキシサーバを介して交換されるHTTPメッセージ[2]のヘッダ情報を用いて、各ユーザがアクセスしたページに関する情報をユーザ毎に保管し、ユーザの指示によりブラウザに表示するための機能を実現する。各データの保存は、要求URL、タイトル、アクセス日時の情報とともにどのページからどのページにアクセスが行なわれたかの情報も保存するようにしている。また、経路履歴情報の表示に関しては、時系列的な履歴を表示する形式と、リンク関係を木構造で表す形式を用



(a) オリジナルイメージ例



(b) メディア変換後イメージ例

図1: メディア変換例

意し、ユーザが必要に応じて選択できるようにしている。

ユーザ認証機能：ユーザ毎の、メディア変換にともなうパラメータ設定、経路情報の管理を行なうためには、それぞれのアクセスに対するユーザを認識することが必要であり、本システムにおいてユーザ管理のための認証機構を導入している。通常、HTTPメッセージにおける認証には、メッセージ中にユーザ名とパスワード情報を収容するフィールドを設けることにより実現されている。しかし、この機構は、ホームページへのアクセスを特定のユーザに制限するために用いられており、モバイルプロキシサーバの認証用にこのフィールドを用いることはできない。したがって、我々は、モバイルプロキシサーバに対する初期アクセスに関してはHTTPメッセージの認証用フィールドを用いてユーザ名とパスワードの受渡しを行ないユーザ認証を実施し、その時点で乱数を用いて動的に生成する内部IDを用いて各HTTP要求に対する認証を実現する仕組みを考案した。

4 試作システムの構成

図2に、試作したモバイルプロキシサーバの構成図を示す。本システムにおいては、携帯端末上のブラウザと外部 WWW サーバの中間に位置するモバイル通信路の両側に、携帯端末側にはモバイルプロキシクライアント (MPC) が、プロキシサーバ側にモバイルプロキシサーバ (MPS) を配置する。以下、各モジュールについて簡単に説明する。

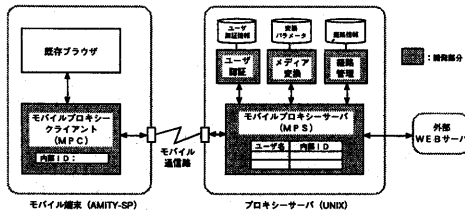


図2: モバイルプロキシサーバ構成図

4.1 モバイルプロキシクライアント (MPC)

本モジュールは、携帯端末側に位置するモジュールであり、ブラウザ/MPS間のHTTPメッセージの中継機能、ユーザ管理機能を提供する。MPCは、MPC起動後にユーザが始めてブラウザを用いたWWWアクセスを行なう際に、MPSに対するユーザ認証用のユーザ名、パスワードの入力をブラウザを介して要求し、それらの情報を通常のHTTPの認証データの受渡し機能を用いてMPSに通知することによりユーザ認証を行なう。

4.2 モバイルプロキシサーバ (MPS)

本モジュールはモバイルプロキシサーバシステムの中核となるモジュールである。MPCとWWWサーバ間のHTTPメッセージの中継を行なう。交換されるHTTPメッセージのヘッダ情報を用いて各ホームページのアクセス履歴の保管を行なうとともに、サーバからの応答を監視し、イメージ情報 (GIFデータ、JPEGデータ) を検出すると、メディア変換モジュールを用いてイメージ情報の変換を行なう。この際に、ユーザからのオリジナルイメージの取得要求を受け付けるために、メディア変換を実施した

各ページの先頭に自動的に「Original is here.」というアンカーを挿入し、オリジナルのイメージを取得できるようにしている。

4.3 ユーザ認証モジュール

本モジュールは、MPSからの要求に基づいて、ユーザからの各HTTP要求メッセージに対する認証を行なう。MPCを起動後、最初のブラウザからの要求に対しては、MPC自身がユーザ認証用データ (ユーザ名とパスワード) を要求し、それに対するブラウザからの応答としてのユーザ認証情報を含んだHTTPメッセージがMPSに対して送付され、MPSからユーザ認証モジュールが起動される。ユーザ認証モジュールでは、ユーザ名とパスワード情報を記憶しているユーザデータと比較して認証を行ない、認証が成功すると、乱数を用いてそのユーザ用の内部IDを発生させる。この内部IDは、ユーザ認証モジュールでメモリ中に記憶されると同時に、MPCに対するメッセージとして送付する。MPCでは送られた内部IDをメモリ中に記憶してそれ以後のブラウザからの要求メッセージ中に特殊なフィールドとして添付してMPSに送付する。

この内部IDによる簡易認証方式により各要求に対する迅速な認証が可能となり、HTTPのユーザ認証機能によって実現される各ホームページのユーザ認証と共存することが可能となる。また、この内部IDは、MPCとMPSの間でのみ交換されるものであり、その値はMPCが起動されている間のみ有効となるものである。したがって、不正なユーザがこの内部IDを用いてMPSにアクセスすることは困難であり、また、万が一不正利用された場合も、本来のユーザが再度MPCを起動してアクセスした時にあらためて内部的に生成されるので、セキュリティ上、十分なものであるといえる。

4.4 メディア変換モジュール

本モジュールは、MPSからの要求に基づいてメディア変換を行なうためのモジュールである。サーバからのHTTP応答メッセージを監視し、そのContent-typeフィールドの値がimage/GIFあるいはimage/JPEGになっている場合に、ユーザがあらかじめ指定した変換パラメータにしたがって、メディア変換を行ない移動体通信路を介したイメージデータの転送データ量の削減を行なう。イメージ変換を実施した場合には、応答のHTML記述の最初

に、「Original is here.」という記述を自動的に挿入し、オリジナルのイメージ表示へのアンカーとする。メディア変換は、サーバからの応答にしたがって、動的に実施されるが、その変換に要する時間は、データ量削減に伴う伝送遅延の削減に比べてはるかに小さく、高速なイメージの転送を実現できる。

ユーザがあらかじめ指定する変換パラメータとしては、メディア変換を実施するか否かのフラグ、メディア変換を行なう対象イメージの最小サイズ、JPEG における品質の割合等が含まれる。また、近年ホームページ記述で多用され始めているアニメーション GIF に関しては、代表画像としての最初のイメージのみの JPEG への変換、および、アニメーション GIF のままの画面数の削減を選択することも可能としている。

4.5 経路情報管理モジュール

本モジュールは、ユーザがアクセスした各ページの履歴情報の保存と、経路履歴情報の HTML 記述の生成を行なうためのモジュールである。ユーザが各ページをアクセスする度に、アクセス日時、URL、タイトル、Referer に関する情報を取得し、ユーザ毎に用意された履歴ファイルに保存する。履歴情報の増加をある程度の容量内に収めるために、ユーザからの指示により一定の日付より前の情報を削除することも可能である。保存した経路履歴情報は、ユーザからの指示により本モジュールで HTML 記述に変換することで表示可能であるが、その際には 2 種類の表示（時系列表示とツリー表示）を可能としている。

時系列表示は、アクセスした日時に基づいたリストとして各履歴情報を表示するものであり、最新のアクセスが先頭に来るような形で、日付毎に順番に並べて表示するものである。この表示により、ユーザが過去にアクセスしたページに再度アクセスしたい場合には、いつ頃アクセスしたかの記憶に基づいて簡単に目的のページを探すことができる。

ツリー表示は、各ページのリンク関係をもとに表示を行なうものであり、Open やブックマーク等を用いて直接アクセスしたページを先頭として、そこからリンクを辿ってアクセスした各ページをインデントーションを用いてツリー状に表示するものである。企業のホームページ等では、リンクのレベルが深くなることも多く、時系列表示で目的のページを探しにくい時などにも、企業のホームページ等

をもとに、目的のページが探しやすくなる。なお、WWW におけるハイパーリンクは、純粋な木構造ではなく、ループを形成したり、同じページが複数の異なるページからアクセスされたりといった、いわゆるネットワーク構造となっている。そこで、われわれは、このネットワーク構造の経路履歴情報をツリー構造で表すために、リンクのレベルを導入した。直接アクセスされたページをレベル 0 とし、そのページからリンクされた各ページをリンクを辿る度にレベルが 1 ずつ増加するようにしている。複数の経路で同じページがアクセスされた場合、上位のレベルにあるものを本来の位置として、下位のレベルのものは、それより上位に位置する本来のページのダミーとして、そこからのリンクするページを表示しないようにした。

図 3 に、ツリー表示の画面例を示す。

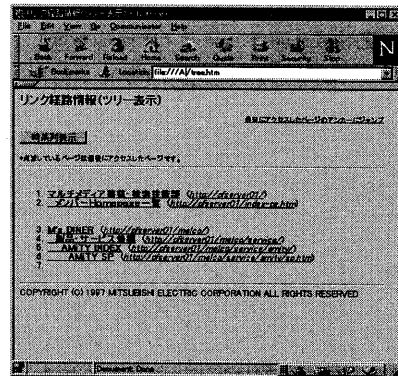


図 3: 経路履歴情報のツリー表示例

5 試作システムの評価

本章では、本システムを試作したシステムに対する評価について述べる。試作システムにおいては、MPS を実装するモバイルプロキシサーバとして UNIX ワークステーション (Sun SS-20) を使い、MPC 及びブラウザを実装する携帯端末として Windows-95 搭載のモバイルコンピュータ MIT-SUBISHI AMiTY-SP を使い、両者の間の通信路として PIAFS 対応の PHS データ通信 (32Kbps) とモデムを介した有線のアナログ電話を移動体通信路として使い、評価を行なった。

表 5 に、いくつかの Web ページに対して、本シス

6 今後の課題

本開発の今後の課題としては以下のような項目があげられる。

● MPC の処理の高速化

現在の MPC においては、ブラウザから並列に発せられる同一ページ内の複数のイメージデータに対する要求を、逐次的に処理しており、これらの処理を並列に処理することによりさらなる高速化が可能と思われる。

● オリジナルイメージの表示の問題

現在のシステムでは、オリジナルの高精細イメージの取得はページ単位で行なっているが、実際にユーザが要求するのはひとつのイメージ、あるいは、イメージの一部のみであることが多い。このようなイメージ単位、あるいは、部分イメージのオリジナル表示の取得機能をブラウザを変更することなく、サポートできるようなプロキシサーバとしての機能が必要である。

● イメージ以外のメディアに関するメディア変換

現在のシステムでは、メディア変換による転送データ量の削減は、イメージのみを対象としているが、動画像、音声等他のメディアに対する変換も実現していく必要がある。また、WWW アクセスによるファイルのダウンロード等に対しても、MPS での圧縮と MPC による伸張によってモバイル通信路を流れるデータ量の削減を図っていきたい。

表 1: Web ページアクセス時間の比較 (秒)

ページ	メディア変換表示	オリジナル表示
ページ 1	14	117
ページ 2	9	47
ページ 3	33	79

表 2: メディア変換によるサイズの比較 (バイト)

イメージ	オリジナル容量	変換後サイズ
イメージ 1	148205	8115
イメージ 2	40571	3047
イメージ 3	59281	9136
イメージ 4	6030	1131

テムを使用した場合のメディア変換を施したアクセス時間と、オリジナル表示のアクセス時間の比較を示す (5 回計測の平均値)。ページ 1 は、約 150KB の容量を持つ GIF ファイルからなるページであり、ページ 2 は約 40KB の画像を含むページ、ページ 3 は当社のホームページである。ページ 3 に関しては、メディア変換の対象としない 2KB 未満の画像を複数含んでいる。それぞれの数値は、これらのページへのリンクを表すアンカーをクリックしてから、ページの表示が完了するまでの時間を表している。それぞれ、イメージに対しては、GIF から JPEG へのフォーマット変換と JPEG における品質の低下を行なっている。

また、表 5 は、それぞれのページに含まれるイメージファイルの容量とメディア変換後のデータサイズの比較を示す。

それぞれのイメージに対しては、メディア変換により、約 1/5 から 1/20 のサイズの縮小が実施されており、ページ全体の表示までの時間は約 1/3 から 1/5 の短縮が実現されている。イメージデータ量の削減に対して、表示までの時間の削減が少ない理由としては、各ページの記述内にはメディア変換の対象とならない文字情報矢小さな画像などが含まれること、モバイルプロキシサーバからインターネットを介してそれぞれのページのデータをダウンロードするまでの時間は短縮されていないこと、メディア変換に多少の処理時間がかかっていること等があげられる。

参考文献

- [1] Armondo Fox, Steven D. Gribble, Eric A. Brewer, and Elan Amir : "Adapting to Network and Client Variability via On-Demand Dynamic Distillation", Proceedings of ASPLOS-VII, Boston, October 1996.
- [2] T. Berners-Lee, R. Fielding, and H. Frystyk: "Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.0", RFC1945, May, 1996.