

# 通信回線共有方式を用いた高速 Web アクセスにおける動的ページへの対応機構の実装と評価

荻野 秀岳<sup>†</sup> 藤野 信次<sup>‡</sup> 石原 進<sup>††</sup>

静岡大学大学院工学研究科<sup>†</sup> (株)富士通研究所<sup>‡</sup> 静岡大学創造科学技術大学院<sup>††</sup>

## Implementation and evaluation of a scheme to adapt a fast WWW access method for multiple wireless links shared by mobile computers to dynamic pages

Hidetake Ogino<sup>†</sup> Nobutsugu Fujino<sup>‡</sup> Susumu Ishihara<sup>††</sup>

Graduate school of Engineering, Shizuoka University<sup>†</sup> Fujitsu Laboratories Ltd. <sup>‡</sup>

Graduate school of Science and Technology, Shizuoka University<sup>††</sup>

### 1 はじめに

近年のモバイルコンピュータの普及、急速なモバイル通信技術の進歩より、いつでもどこでもインターネットに接続できる環境が整えられてきた。モバイルコンピュータの中には、無線 LAN などの複数のネットワークインタフェースを搭載したのも珍しくない。また、モバイルコンピュータの普及とともにホットスポットや無線 LAN スポットなどの設置による無線通信環境の整備がなされてきた。しかし、無線 LAN スポットなどの整備はまだ十分と言えるものではなく、現状では外出先でインターネットに接続する場合、低速な携帯電話等の広域無線サービスを利用せざるを得ない状況が考えられる。

そこで筆者らは、複数の移動端末が短距離無線高速リンクで相互接続することでネットワーク(クラスタ)を構築し、各移動端末の外部への低速リンクを同時利用することで、広域無線サービスを利用せざるを得ない状況においても高速な通信を実現する通信回線共有方式 (SHAKE: SHARing multipath procedure for a cluster network Environment) を提案している。また、アプリケーション層での SHAKE の実現例として Web SHAKE[1] を提案している。

Web SHAKE は、クラスタを構成する各移動端末上で動作する HTTP Proxy server (SHP: SHAKE HTTP Proxy server) が、複数経路から要求領域を指定した部分 GET 要求 (Partial GET) を用いて、1 つのファイルを分割受信することで高速な Web アクセスを実現する。しかし、1 つのファイルに複数の要求を用いるため、ファイルの内容が要求毎に変化する動的ページを分割受信してもそれらを結合することができない。本稿では動的コンテンツの判別によるコンテンツ種別要求方法の切り替えにより、Web SHAKE の動的ページへの対応手法を提案し、その実装と評価について述べる。

### 2 通信回線共有方式 SHAKE

現在の無線通信環境において、短距離無線通信の場合は無線 LAN などを用いることで、高速高品質な通信を行うことが可能である。一方、PHS や携帯電話等を用いた長距離無線通信の場合、通信速度が遅く、接続性において信頼性に欠けるといった問題がある。そこで筆者らは、長距離無線通信を行う場合でも高速かつ接続の信頼性が高い通信を行うことができる方法として、通信回線共有方式 SHAKE を提案している。SHAKE による通信例を図 1 に示す。

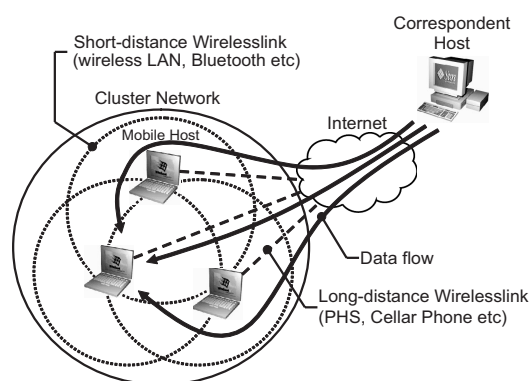


図 1: SHAKE を用いた通信

SHAKE では、複数の近接する移動端末が無線 LAN 等の短距離高速リンクを用いて一時的なネットワークであるクラスタを構築する。クラスタ内の移動端末が外部の端末と通信を行うときは、自身が持つ長距離低速リンク以外にもクラスタ内の他の移動端末が持つ長距離低速リンクを利用することで、単体では低速低品質な長距離低速リンクしか持たない移動端末であっても高速高品質な通信が可能となる。また、SHAKE を利用することによって、クラスタ内のある移動端末の外部へのリンクが利用不可能になってもクラスタ内の他の移動端末の外部へのリンクを利用することで継続的な通信が可能である。さらに、複数の外部へのリンクで同じデータを転送することにより、クラスタ内のある移動端末の外部へのリンクが利用不可能になっても接続の安定性が確保される。

### 3 Web SHAKE

#### 3.1 Web SHAKE の概要

SHAKE において利用するプロトコルを HTTP に限定し、提供するサービスを WWW に特化することで、SHAKE の機能を有しない、インターネット上の任意の通信相手との SHAKE を用いた通信を可能とする手法を Web SHAKE[1] と呼ぶ。Web SHAKE では、クラスタ内の各移動端末で SHAKE の機能を組み込んだ SHAKE HTTP Proxy server(以下 SHP) を動作させることで、複数経路へのトラフィック分散を実現する。

SHP がクラスタ内の複数の SHP を介して、Web コンテンツの部分データを並行してダウンロードするように Partial GET 要求を生成することで、クラスタ側で Web サーバからのデータ受信経路を振り分けることができる。したがって、Web サーバがクラスタ内の移動端末を管理したり、複数経路へのデータの分

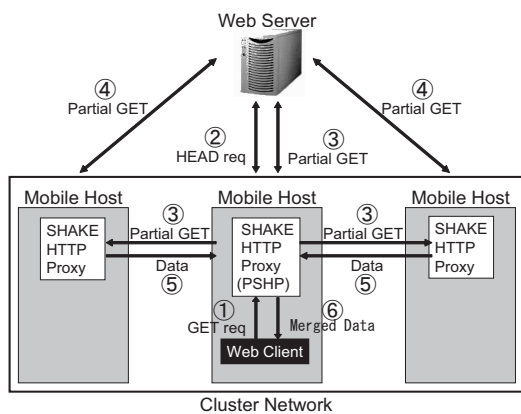


図 2: Web SHAKE における GET 要求の処理手順

配をする必要はなく、一般の Web サーバに対して Web SHAKE による通信が可能である。Web SHAKE における GET 要求の処理手順を図 2 に沿って示す。

1. Web ブラウザは、同一端末上の SHP (PSHP: Primary SHP) に GET 要求を送信する。
2. Web ブラウザから要求を受信した PSHP は、要求されたファイルの全体のサイズを知るために、Web サーバに対して HEAD 要求を送信し、要求されたコンテンツに対するヘッダ情報のみを応答として受信する。
3. PSHP は、受信したヘッダ情報から要求されたファイルの全体のサイズを取得し、クラスタ内端末の SHP に割り当てる部分を決定する。そして Partial GET 要求を用いてクラスタ内端末の SHP に Partial GET 要求を送信する。また PSHP は、自身に割り当てた部分を指定した Partial GET 要求を Web サーバに送信する。
4. ローカルホスト以外からの要求を受信した SHP は、通常の HTTP プロキシサーバとして動作する。よって、PSHP から Partial GET 要求を受信したクラスタ内端末の SHP は、それぞれが持つ長距離低速リンクを用いて、その Partial GET 要求を Web サーバに転送する。
5. クラスタ内端末の SHP は、クラスタの構築に利用している短距離高速リンクを用いて、Partial GET 要求に対する応答である部分データを PSHP へと転送する。
6. クラスタ内端末の SHP、または PSHP 自身の Partial GET 要求に対する応答をすべて受信した PSHP は、それらの部分データを再配列・結合し、HEAD 要求で取得したヘッダ情報を付加し、Web ブラウザへと送信する。

複数の携帯端末を用いて一つの Web ページを閲覧する方式として、前川らによる複数のモバイルユーザによる協調 WWW コンテンツ閲覧システム [2] がある。ただしこの方式は固定網側に支援サーバを必要とすること、トラフィックを一つの端末に集約するのではなく、出力自体を複数の端末に分けるという点で Web SHAKE とは異なる。

### 3.2 Web SHAKE の問題点

Web SHAKE は、1 つのファイルに対して複数の Partial GET 要求を使用することで通信の高速化を図る。しかし、要求がある度にファイルの内容が新しく生成される動的ページに対して Web SHAKE を利用すると、それぞれの Partial GET 要求に対する応答は内容の異なったコンテンツの部分データになってしまう。それぞれの要求に対して内容が新しく生成されたコンテンツの部分データでは、コンテンツ全体のサイズや PSHP で結合する際の接合点がそれぞれの応答によって異なるため、

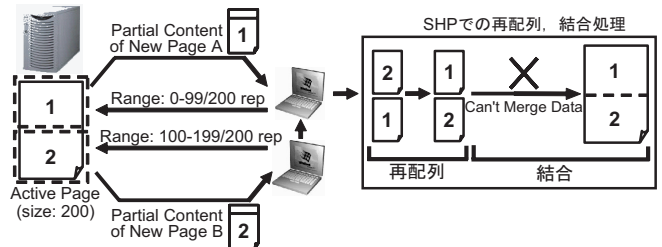


図 3: 動的ページに対する再配列結合

PSHP では Partial GET 要求に対する応答としてすべての部分データを受信しても、それらを結合することができない (図 3)。つまり、Web SHAKE を利用することにより取得できない Web ページが存在することになる。

そこで本稿では、Web ブラウザが要求するコンテンツが動的に生成されるかの判別を行うことで、コンテンツに対する要求方法を切り替え、Web SHAKE の利用を制限する機能の追加を提案する。この方法では、動的ページに対しては、通常の GET 要求を用いてコンテンツを要求し、静的コンテンツに対しては Web SHAKE を利用した通信を行うことですべての Web ページを閲覧可能にし、必要な状況で Web SHAKE を利用した通信を可能とする。

### 3.3 動的ページの判別

Web SHAKE を用いた通信において動的ページの判別に利用できる情報には、Web サーバに要求するファイルの URL、Partial GET 要求に対する応答に含まれるヘッダ情報、クラスタ内での動的判定結果のキャッシュ情報がある。以下に動的ページの判別に利用する 3 つの情報について説明する。

#### 3.3.1 URL による動的ページの判別

要求されたファイルの URL による動的ページの判別では、URL 内に動的であると推測される文字列もしくは静的であると推測される文字列があるかを調べる。静的コンテンツであると推測される文字列としては、.txt, .gif, .jpg, .avi, .mp3 といったテキストファイルや画像、音楽、動画ファイルの拡張子がある。また、動的コンテンツであると推測される文字列には以下のものがある。

- /cgi-bin/  
一般に Web サーバ上で CGI プログラムを置くフォルダとして用いられる。
- ?, =  
CGI において Web サーバに渡すデータを URL に含める場合に、要求するファイル名とデータ部の間に?を含める。また、複数のデータを識別するためにそれぞれのデータの識別子とデータを=でつなげる。
- .cgi, .php, .asp, .pl  
CGI もしくは類似の技術により、動的に生成されるコンテンツの拡張子。
- .shtml  
SSI により新しく生成される HTML ファイルの拡張子。一般には SSI の記述が含まれるファイルにはこの拡張子が与えられる。ただし、SSI を用いても一般の HTML ファイルと同様に.html や.htm といった拡張子が用いられることもある。

#### 3.3.2 ヘッダ情報による動的ページの判別

URL のみからは静的ページと判定されても、実際には動的なページであることがある。そこでヘッダ情報による動的ページの判別では、以下の 4 項目に着目する。

- Cache-Control  
Web サーバによる動的コンテンツのヘッダには、Cache-Control: no-cache というキャッシュ禁止指示が含まれる。

- Expires  
要求したファイルの有効期限．Expires の値を 0 にすることでキャッシュを禁止できる．
- ETag  
ファイルを一意に識別するための識別子．ファイル識別子やサイズ，更新時刻などの情報から計算される．
- Last-Modified  
要求したファイルが最後に生成された時刻．

Cache-Control または Expires によりキャッシュが禁止される場合，または 1 つのコンテンツに対する応答を受信中に ETag，Last-Modified の値が変化した場合，動的コンテンツと判断する．しかし，Web サーバの実装により上記の 4 項目すべてがヘッダ情報に含まれるとは限らない．

### 3.3.3 クラスタ内でのキャッシュ

Web ブラウザの要求を処理した SHP は，要求されたコンテンツが動的であるかの判別結果をキャッシュする．Web ブラウザから GET 要求を受信した SHP は，自身またはクラスタ内端末の SHP に要求されたファイルが動的であるかのキャッシュ情報を問い合わせる．ここで要求されたコンテンツを動的であると判断した場合，通常の GET 要求を用いて Web ページの取得する．

## 3.4 動的ページに対応した Web SHAKE

前節で述べた各機能を追加した Web SHAKE のアーキテクチャを示す．本稿で示す動的ページに対応した Web SHAKE では前述した各機能の追加だけでなく，通常の Web SHAKE に比べて通信の効率化を図るために取得対象であるコンテンツのヘッダ情報の取得には十分小さい領域を指定した Partial GET 要求を用いる．

最初に HEAD 要求ではなく Partial GET 要求を用いるのは，Partial GET 要求のみならず，GET 要求は HEAD 要求の機能を包含しており，メッセージ本体が小さなコンテンツであれば一度の Partial GET 要求でコンテンツ全体を受信することが可能だからである．さらに Web サーバの実装によっては，Partial GET 要求に対して Web サーバが必ずしも要求した範囲の部分データのみを返すとは限らず，コンテンツ全体を返すことがある．そのような場合でも一度の要求でコンテンツ全体を受信できるために，最初に HEAD 要求を用いる場合よりも効率的である．

動的ページに対応した Web SHAKE の処理手順を図 4 に沿って説明する．

1. Web ブラウザは，同一端末上の SHP (Primary SHP: PSHP) に GET 要求を送信する．
2. GET 要求を受信した PSHP は，自身またはクラスタ内端末の SHP に対して，要求されたコンテンツが動的であるかのキャッシュ情報を問い合わせる．このキャッシュ情報から，要求されたコンテンツが動的であると判別された場合，もしくは要求されたコンテンツの URL から動的であると判別された場合は即座に処理手順 5 へと移行する．
3. PSHP は，要求されたコンテンツの全体のサイズを知るために，Web サーバに対して十分小さな領域を指定した Partial GET 要求を送信する．そしてその応答からクラスタ内端末へ割り当てる部分を決定する．応答受信中にはヘッダ情報にキャッシュを禁止する指示が含まれるかを調べ，含まれる場合には即座に処理手順 5 へと移行する．また，PSHP がコンテンツ全体のデータを応答として受信した場合は，通常のプロキシサーバとしてその応答をそのまま Web ブラウザへと転送する．

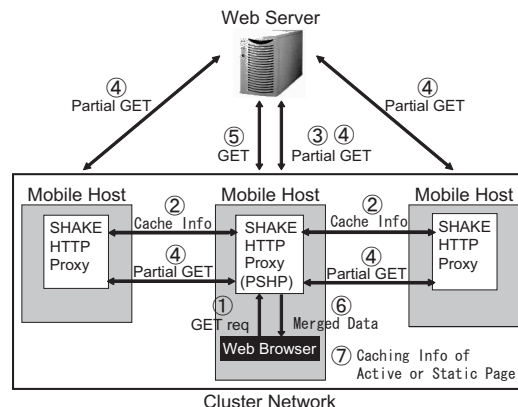


図 4: 動的ページに対応した Web SHAKE の処理手順

4. Web ブラウザ以外からの要求を受信した各移動端末上の SHP は，通常のプロキシサーバとしてその要求を Web サーバに転送し，その応答を PSHP へと転送する．このとき，PSHP も自身に割り当てた部分を Partial GET 要求を用いて Web サーバに要求する．PSHP では，自身の Partial GET 要求に対する応答とクラスタ内端末上の SHP からの応答に含まれるヘッダ情報から複数の Partial GET 間でおきた要求したファイルの内容の変化を監視する．コンテンツの内容が変化した場合，即座に処理手順 5 へ移行する．
5. ここまでの処理で，Web ブラウザから要求されたコンテンツが動的ページであると判別された場合，PSHP は通常のプロキシサーバとして動作し，Web サーバに対して通常の GET 要求を用いて取得対象のファイルを再度要求する．そして，クラスタ内端末上の SHP に割り当てた部分に対する応答を受信した場合は，その部分データを破棄する．
6. Partial GET 要求に対する部分データをすべて受信した PSHP は，それらの部分データを再配列・結合して Web ブラウザへと送信する．
7. 最後に PSHP は，Web ブラウザから要求されたファイルが動的ページであるかの判別結果をキャッシュする．

## 3.5 実装

動的ページに対応した Web SHAKE の動作を確認するために，文献 [1] で実装された UNIX 上で動作する Web SHAKE をもとに，Windows 上で動作するアプリケーションとして動的ページに対応した Web SHAKE を実装した．アプリケーション開発環境としては，Microsoft Visual Studio .NET 2003 を用い，Windows Sockets API を用いて，前述した動的ページ判定方法の URL による動的ページの判定方法とヘッダ情報による動的ページの判定方法部分を実装した．

## 4 動作確認

動的ページに対応した Web SHAKE の動作を確認するため，一般的な動的ページ提供技術を用いた Web ページと商用の Web ページの取得による動作確認を行った．比較対象として通常の Web SHAKE でも同様の Web ページの取得を行った．

動作確認環境として，クラスタを構成する端末数を 2 台 (ノート PC と Windows CE を搭載した携帯端末)，Web ブラウザは Internet Explorer 6.0 を用い，最初の Partial GET 要求の範囲は文献 [1] より 16kbytes とした．

### 4.1 動作確認対象

一般的な動的ページの提供状態による動作確認をするものとして，PHP，JSP，SSI，CGI を用いた動的ページを作成した．Apache HTTP サーバ version 1.3.33 において，PHP4.4.2，JSP ファイルを処理するモジュールとして jakarta-tomcat4.1.31

表 1: 商用ページでの動作確認結果  
 通常...URL 文字列, ヘッダによる動的判定を行わない Web SHAKE  
 最初の PSHP のサーバアクセスでは Partial GET 要求を使用  
 動的対応...URL 文字列, ヘッダによる動的判定を行う Web SHAKE  
 :SHAKE を用いない場合と同様の表示が可能  
 ×:SHAKE を用いない場合と表示が異なる

サイト名	URL	通常	動的対応	理由
Yahoo Japan 検索	http://search.yahoo.co.jp/search?p=%E8%BB%8A&ei=UTF-8&fr=top_v2&x=wrt&meta=vc%3D			文字列: ? =
楽天市場 検索	http://research.rakuten.co.jp/rms/sd/eseach/vc?sv=2&sitem=%BC%D6	×		文字列: ? =
goo 検索	http://search.goo.ne.jp/web.jsp?TAB= & MT=%BC%D6	×		文字列: ? = .jsp
Tower Record TOP	http://www.towerrecords.co.jp/sitemap/CSfHome.jsp			文字列: .jsp
ヤマダ電機 検索	http://www.yamada-denkiweb.com/search/search.php?search_method=freek&KEYWORD=DVD			文字列: ? = .php
Microsoft 検索	http://search.microsoft.com/results.aspx?mkt=ja-JP&setlang=ja-JP&q=e%8bb%8a	×		文字列: ? = .asp
plala TOP	http://www.plala.or.jp/index.shtml			文字列:.shtml
JR おでかけネット 検索	http://mydia.jr-odekake.net/search/mydia.cgi			文字列: .cgi
JR 東日本 検索	http://webseek1.cab.infoweb.ne.jp/cgi-bin/common.cgi			文字列: cgi-bin .cgi
CNET Japan 検索	http://www.japan.cnet.com/search/search.htm?q=%8E%D4			文字列: ? = ヘッダ: Etag,
価格 .Com	http://kakaku.com/	×		ヘッダ: Etag, Last-Modified

を用いた。それぞれのファイルの処理内容は、現在時刻に応じて、対応する文字列を表示させるものである。

また、既存インフラでの汎用性を確認するため、商用 Web ページの中で PHP, JSP, CGI, SSI などの技術を用いて動的に生成されると思われる Web ページを対象に動作確認を行った。

## 4.2 結果と考察

### 4.2.1 一般的な動的ページ提供状態に対する動作結果

PHP, JSP, SSI, CGI を用いた一般的な動的ページ提供状態に対する動作確認では、最初の Partial GET 要求に対する応答として動的に生成されたデータ全体が返された。つまり、通常の Web SHAKE でも PSHP による Web サーバへの最初の要求を HEAD 要求でなく、Partial GET 要求とすることで問題なく Web ページを閲覧できた。

### 4.2.2 商用ページに対する動作結果

代表的な商用 Web ページに対する動作結果を表 1 に示す。

- URL のから動的ページであると判別できる Web ページ

動的対応型の Web SHAKE では、? や = などの文字列を含む URL で指定されたコンテンツは、動的であると判断された。しかしながら、Yahoo などでは、これらのコンテンツに対する Partial GET 要求への応答は部分データではなく、生成されたデータ全体となるので、Partial GET 要求を利用するようのみ変更された通常型の Web SHAKE でも問題なく閲覧可能だった。

一方、楽天市場や goo は最初の PSHP からの要求時に Partial GET を使うように変更を行った通常の Web SHAKE ではうまく閲覧ができなかった。図 5 に示すように、楽天市場での検索結果ページでは (b) の左端のテーブルを定義する部分の HTML タグの整合性がとれていないために、Web ページのレイアウトが変化してしまう。図 5 に楽天市場での検索結果ページの例を示す。そのような動的ページに対して、動的対応型 Web SHAKE を用いることで正しく表示することができた。JSP を用いて生成された動的ページと思われる goo での検索結果ページでも通常の Web SHAKE では正しく表示されなかった。図 6 に goo での検索結果ページでの表示例を示す。通常の Web SHAKE では (b) の上部のバナー広告表示部分と右枠検索結果部



図 5: 動作確認例: 楽天市場

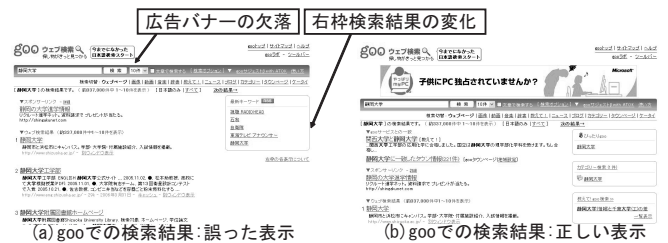


図 6: 動作確認例: goo

分の HTML タグの整合性がとれていないために、バナー広告の欠落、右枠検索結果の変化が起きてしまう。そのような動的ページに対しても、動的対応型 Web SHAKE を用いることで正しく表示することができた。

- URL から動的ページであると判断できない Web ページ

価格.com の TOP ページのように、ページの URL にファイルの拡張子や制御文字列が含まれていないページでは、URL の文字列からは動的ページであると判断できなかった。しかしこれらは実際には動的ページであり、通常の Web SHAKE を用いた場合、SHAKE を用いない場合と異なる出力になってしまった。実装した動的ページ対応型の Web SHAKE を用いると、複数経路から受信する部分データのヘッダ情報に含まれる ETag や Last-Modified の値を比較することで動的ページであると判別でき、Web ページを正しく表示することができた。

## 5 まとめ

複数の移動端末の外部リンクを同時に利用することで高速な通信を実現する通信回線共有方式 SHAKE におけるアプリケーション層での実現である Web SHAKE には、動的ページには利用できないという問題点があった。本稿では、取得する Web ページが動的であるかの判別を行うことで動的ページに対して Web SHAKE を利用せず、Web SHAKE が利用可能な状況においてのみ Web SHAKE を用いた通信を可能にする機能を提案、実装した。各種の動的ページに対して閲覧テストを行い、通常の Web SHAKE で閲覧できないページを、提案した機能の追加により閲覧できることを確認した。

今後の課題として、クラスタを構成する端末の通信状況、通信環境を考慮した要求領域の指定方法の検討、また、動的判定結果のクラスタ内での共有に伴う応答時間へのオーバーヘッドの実測が挙げられる。

## 参考文献

- [1] Y. Konishi, S. Ishihara, T. Mizuno: "A Fast WWW Access Method for Multiple Wireless Links Shared by Mobile Computers," Lecture Notes in Computer Science, 2344, part 2, pp.91-103 (2002).
- [2] T.Maekawa, T.Uemukai, T.Hara, and S.Nishio: "Content Description and Partitioning Methods for Collaborative Browsing by Multiple Mobile Users", Proc. of International Workshop on Mobility in Databases and Distributed Systems (MDDS'05), pp.1068-1072 (Aug. 2005).