

## 放送型ネットワークにおける通信エラー対処方式の提案

辻 順一郎† 水野 忠則†† 佐藤 文明††

我々は、通信と放送を融合したネットワークにおけるモバイルマルチメディアシステムの構築技術に関する研究を行っている。地上波テレビ放送、衛星放送等のデジタル化に伴い、これまでのテレビ放送とコンピュータの融合が進展することが予想される。そのような状況のもとでは放送ネットワークにおける通信エラーはこれまで以上に大きな問題となっていく。現在の放送ネットワークにおける通信エラーへの対処としては同じデータを繰り返し放送する手法が主流であるが、今後の放送データの増加に伴い新たな通信エラーへの対処方式の開発が必要である。本稿では、基本的に一方方向の通信である放送ネットワークとは別個に双方向通信路を設け、通信エラーを検出したクライアント端末が能動的に通信エラーを起こしたデータを獲得に行くような通信エラー対処方式について提案する。

### Proposal for Transfer Error Recovering on Broadcasting Network

JUNICHIRO TSUJI,† TADANORI MIZUNO†† and FUMIAKI SATOH††

We are now investigating the technology for constructing mobile multimedia system on the integrated communication/broadcasting network. Recently, with the progress of Digital Broadcasting Network, integration of broadcasting network and computer network will become more popular. In such environment, transfer error recovering will become more important. In this report, we will propose new method for transfer error recovering on broadcasting network, in which terminal of broadcasting network will recognize the transfer error, and it will require the correct data to server through computer network.

#### 1. はじめに

近年、衛星デジタル放送や地上波テレビ放送における垂直帰線期間 (VBI) を用いたデータ放送など、テレビ放送のデジタル化が進み、地上波デジタル放送の近い将来の実現が確実視されてきている。このようにテレビ放送のデジタル化が進むと、いわゆるマルチメディアデータの他にコンピュータで扱える各種のデータが放送データとして配布されることが予想される。また、放送ネットワークとインターネット等のいわゆるコンピュータネットワークとの融合が進むことが予想される。たとえば、現在の地上波テレビ放送におけるデータ放送においては、番組に連動したデータが HTML の形式で配布され、パソコンに専用の受信ボードを備えることにより、それらの番組に連動した HTML データをパソコン上のブラウザにおいてテレビ画面と同時に見る事ができる。またその HTML データからのリ

ンクをたどることにより、一般の WEB データをネットワークを介してアクセスすることも可能となってきた。このように放送によるデータ配信といわゆるインターネットを介した双方向通信の融合が進んできている。通信・放送機構の新川崎リサーチセンターは、郵政省の「通信・放送融合ネットワーク技術研究開発プロジェクト」を推進するために設立されたりリサーチセンターであり、放送メディアと通信メディアを融合した新しいネットワーク技術の構築を目指している。

本稿では、通信・放送融合ネットワーク技術のうち、モバイルマルチメディア構築技術に関して、放送ネットワークに併設した双方向通信路を用いて、放送ネットワークにおける通信エラーに対処するためのシステムを提案する。

#### 2. 研究の背景

一般に、放送型ネットワークは次のような特徴を持つ。

- 不特定多数のクライアントに対して、同時にデータを配信する。
- 基本的に一方方向のデータ配信である。
- データ転送速度は比較的速い。(例えば、VBI を

† 通信・放送機構 新川崎リサーチセンター  
Telecommunications Advancement Organization of  
Japan Shin-Kawasaki Research Center

†† 静岡大学情報学部  
Faculty of Information, Shizuoka University

利用した現在の地上波テレビ放送では、垂直帰線期間の4本の走査線だけを使って40KBpsを実現している)

一方、インターネットに代表される、通信ネットワークは次のような特徴を持っている。

- 基本的に一対一の通信である。
- 双方向のインタラクティブな通信である。
- 無線を利用した移動体通信においては、データ転送速度は比較的遅い。

このように、放送ネットワークと通信ネットワークでは大きく異なる特徴を持っている。

デジタル衛星放送がすでに開始され、また、地上波デジタル放送に向けての開発も盛んに行われている現状を考えると、将来的にはいわゆる放送メディアは近い将来完全にデジタル化されることが予想される。その際には、テレビ受像機はコンピュータと融合して情報家電の中心になるものと思われ、放送ネットワークと通信ネットワークの融合が進展すると思われる。

現在のテレビ放送においては、ビデオ/音声といった連続ストリームデータが中心であり、放送ネットワークにおいて通信エラーが発生した場合にも多少画像が乱れたり、音声に雑音が混じる程度であり、それほど大きな問題にはならない。しかし、将来的に放送データの中にデジタルデータが含まれるようになると放送ネットワークにおける通信エラーへの対処が大きな問題となることが容易に予測される。例えば、現在のVBIを利用した地上波データ放送においては、HTML形式のデータが配布されているが、通信エラーへの対処は行われておらず、通信エラーが発生した際には、該当するデータを閲覧することができなくなる。画像データのように末端のデータが通信エラーを起こした場合には、その画像が見られない程度の障害ですが、HTMLの先頭ページのデータにおいて通信エラーが発生した場合にはそのページから派生するすべてのページに対するアクセス手段が奪われて、実際には正しく受信したデータも閲覧できないと言う事態が発生することとなる。現在の放送内容は、リアルタイムに生成されるデータはほとんど無く、同じデータを定期的に流しているためそれほど大きな問題とはなっていないが、リアルタイムのデータが随時放送されるようになると通信エラーへの対処は必須となる。

現在、放送ネットワークにおける通信エラーへの対処方式としては、同じデータを周期的に繰り返し放送するという方法が一般にとられているが<sup>1),2)</sup>、この方法では、放送ネットワークにおけるデータ転送速度は各データを繰り返し放送する回数に反比例して低

下し、また、放送データの量が増加するにつれ通信エラー発生時の次のデータ放送周期までの遅延も大きくなる。さらに、気象状況等の要因により電波状況が悪くなった場合には、数回の繰り返しでは正しくデータを獲得できないクライアントが発生することも予想される。従って、このような通信エラー対処方式は、株価情報や気象情報、交通情報等の限られた用途に対しては有効ではあるが、一般のデータ放送には向いていないとは言えない。

そこで、我々は放送ネットワークにおける通信エラーへの対処として、放送サーバが通信エラーの発生を予測して繰り返しの放送により通信エラーによるデータの配信の確実性を高めるのではなく、放送ネットワークとは別個に設けた双方向通信路を利用して通信エラーを検出したクライアントが能動的に双方向通信路を介して正しいデータを獲得する方法をここに提案するものである。

現在の通信ネットワーク、特に移動体通信においては、まず接続を確立してから双方向通信を行い、接続時間に関して課金される方式が主流であるが、今後はパケット通信を利用した従量制の課金方式が主流となると思われ、データ通信の必要性が生じた際に速やかに通信が行える環境が整備されることが予想され、そのような環境において双方向通信路を放送ネットワークにおける通信エラーへの対処に利用することは可能であると思われる。

### 3. 基本概念

本稿の提案では、基本的に一方の通信となる放送ネットワークにおける通信エラーへの対処方式として、従来の同じデータを繰り返し放送するという方式とは異なり、放送ネットワークとは別個に設けた双方向通信路を介してクライアント端末と放送サーバが対話することにより通信エラーによりクライアント端末が正しく受信できなかったデータを獲得するという手法を取る。放送ネットワークとは別個に設けた双方向通信路を利用して通信エラーに対処する方式としては、双方向通信路を介してクライアント端末が通信エラーが発生したデータの識別子を双方向通信路を介して放送サーバに送り、放送サーバは同時に通信エラーの報告が多数通知されたデータを優先的に再放送するという手法がある<sup>4)</sup>。しかし、この方法では、一部のクライアントのみに対して通信エラーが発生したデータに関しては再放送されず、また一定数の通信エラー報告が放送サーバに通知されてから放送サーバが放送スケジュールを調整して再放送を行うために再放送までの

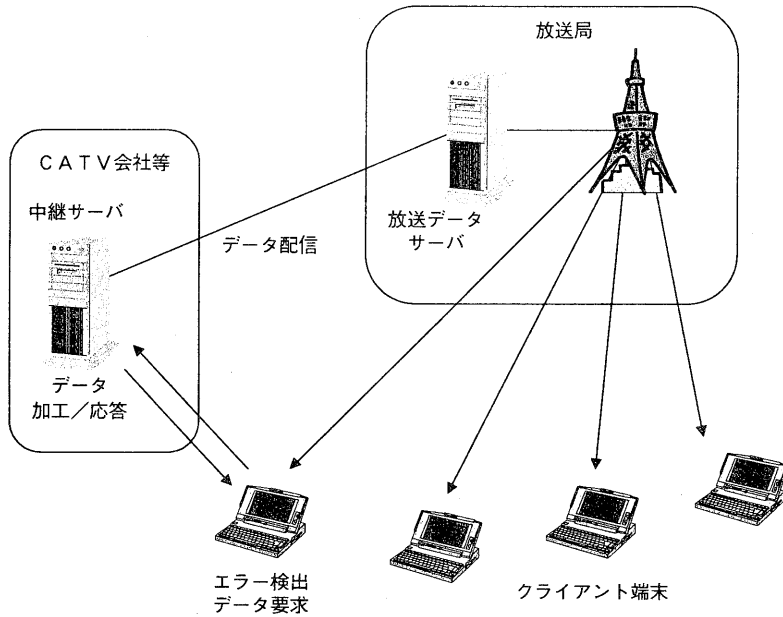


図1 概念図  
Fig. 1 System Image

遅延が大きくなるという問題があった。

そこで、我々はインターネットにおけるWEBアクセスに注目し、クライアント端末が希望のデータをサーバに要求し、サーバ側がその要求に応じてデータを返送するという機構に着目した。WEBアクセスにおいては、多数のクライアントがURLで指定するサーバに対してデータを要求し、サーバがその応答としてデータを配送する。さらに、データ転送を高速化するために、プロキシと呼ばれる中継サーバを設け、そのプロキシにキャッシュされているデータに関してはプロキシが応答を返す。また、データ転送速度が遅い移動体端末を用いるモバイル環境に対しては、プロキシにおいてデータの圧縮・メディア変換を行うことによりデータ量を削減し、見かけ上の通信路のデータ転送速度を向上させる試みも各所でなされている<sup>3),5)</sup>。放送ネットワークにおける通信エラーへの対処としても、通信エラーが発生したデータの識別子をサーバ側に要求することによって、クライアント端末が当該データを能動的に獲得に行くことにより、少数のクライアントにおいて通信エラーを起こした場合に

も、放送ネットワークの負荷を増加させることなく当該データを獲得することが可能となる。また、放送ネットワークにおいてはクライアント数が非常に多くなることに関しては、ある一定のクライアント毎にWEBアクセスにおけるプロキシに相当する中継サーバを地域毎等に配置することにより解決することが可能となる。

#### 4. システム構成

図1に、本システムの構成概念図を示す。中央の放送局には放送するデータを蓄積した放送サーバが設置され、その内容が順次放送ネットワークを介して多数のクライアント端末に配布される。また、放送サーバに蓄積されたデータは、一定のクライアント毎に設置された中継サーバに送付され蓄積される。この中継サーバは、例えば、地域毎に設置されているCATV会社等に設置されるものであり、その地域の各クライアントと双方向通信路を介して接続される。各クライアント端末は、放送サーバと放送ネットワークを介して接続されるとともに、放送ネットワークとは別個に

設けられた双方向通信路を介して、中継サーバ経由で放送サーバと接続される形態を取る。この双方向通信路は、家庭等の固定されたクライアント環境においては一般の公衆電話回線やCATV会社のケーブルネットワーク等を用い、モバイル環境においては、PHSや携帯電話等の移動体通信を用いる。クライアント端末との双方向通信路が移動体通信のように、データ転送速度の遅い回線である場合は、クライアント端末と中継サーバの間のデータの転送を高速化するために、放送データを圧縮処理あるいは、メディア変換を行って、データ量を削減した形で蓄積する。この圧縮及びメディア変換に関しては、WEBアクセスにおいて、モバイル環境におけるマルチメディアアクセスを高速化するための手法として昨今盛んに研究されている方式<sup>3),5)</sup>を利用する。

通常の放送時は、放送サーバが放送ネットワークを通じてデータを配布している。各クライアント端末は、データが正しく受信されたか否かをチェックするとともに、受信したデータを順次、表示していく。何らかの外的要因により、放送ネットワークにおいて通信エラーが発生すると、クライアント端末はその通信エラーを検知して、放送ネットワークとは別個に設けられた双方向通信路を介して中継サーバに該当するデータの獲得要求を発行する。中継サーバにおいては、各クライアント端末からのデータ獲得要求を受信すると、あらかじめ蓄積されている該当データを双方向通信路を介して、クライアント端末に応答として転送する。

## 5. 放送データ制御

放送ネットワークにおける通信エラーへの対処として、放送ネットワークとは別個に設けた双方向通信路を介してクライアント端末が能動的に該当するデータを要求し獲得する方式においては、気象条件等による電波状況の悪化によって、同時に多数のクライアントにおいて通信エラーが発生した場合に、サーバ側にデータ要求が集中し、サーバ側の負荷が増大して応答が遅れるということが問題となると予想される。地域毎にCATV会社等に中継サーバを配置することにより、このサーバへのデータ要求の集中をある程度軽減することが可能である。しかし、将来のデジタルテレビ放送等を考慮すると、中継サーバを設けた場合にも中継サーバへのデータ要求の集中が予想され、更なる対処が必要となることが予想される。我々は、この問題に対して放送データに対してそのデータの種別・重要度に応じてクライアント端末における処理方法の制御を行うことにより中継サーバへのデータ獲得要求の

集中を防ぐ方式を考案した。

### 5.1 データ種別によるデータ要求制限

放送ネットワークにおけるデータ種別を考えると、テキスト情報や数値情報等のデータから、静止画像/動画像/音声等のマルチメディアデータまでいろいろなデータがある。このうち、動画像や音声等のデータは連続したストリームデータであり、テキスト情報や静止画像データに比べて、そのデータ量は飛躍的に大きくなる。一方、これらのストリームデータはユーザが視聴する上で、そのデータに多少のエラーが生じて、画像の乱れや雑音として認識されるだけであり、そのままクライアント端末において処理を行ってもそれほど問題とならない場合が多い。

そこで、放送ネットワークを通じて各データを配送する際にデータ毎にそのデータがどのような種別のデータかを示すタグを付加し、クライアント端末が通信エラーを検知した際に、そのデータのタグに基づいて表示処理が可能かどうかを判断し、表示処理ができない場合にのみ中継サーバに当該データを要求するようにする。この操作により、クライアント端末が中継サーバにデータ要求を行う頻度が削減され、中継サーバに対するデータ要求の集中を防ぐことが可能となる。

例えば、図2に放送データの例を示す。図2において、放送データは左から右へと時間経過とともに放送ネットワークを通じて配送されるものとする。あるクライアント端末で図中のA、B、C、Dの各時点において、通信エラーが発生したものと仮定する。この時、Aは動画像データ中であり、Cは音声データ中である。従って、それぞれのエラーはそのまま処理しても多少の画像の乱れ及び雑音としてユーザが認識するだけであり、そのまま処理することが可能となる。しかし、Bはテキストデータ中であり、そのまま処理をするとデータを表示することができなくなるので、このクライアントはBとDの通信エラーに対してのみ、双方向通信路を介して中継サーバにデータの獲得を要求し、応答として配信されたデータを使ってテキスト情報及び静止画像情報の

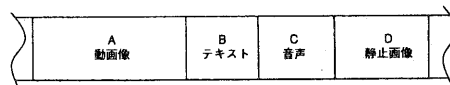


図2 データ種別タグを付加した放送データ  
Fig. 2 Broadcasting Data with Data Category Tag

このように、各放送データにそのデータがどんな種類のデータであるかを示すタグを付加することにより、放送データを受信するクライアント端末で、通信エラーを検出した場合に動画像や音声等のストリームデータに関しては双方向通信路を介してデータの獲得を行わないような制御が可能となり、中継サーバに対するデータ要求の集中を軽減することが可能となる。

## 5.2 データ優先度による応答制御

現在の地上波テレビにおけるデータ放送は、HTML形式のデータを放送ネットワークを介して、アナログデータとして送られるビデオ情報（動画像）や音声と連動させてHTML形式の情報を閲覧する形式をとっている。将来のデジタル放送においても動画像や音声以外のデータはHTML形式が主流となると予想され、また、HTML形式ではなくとも各マルチメディア情報がある構造のもとに構成されて提供されることと思われる。このように構造化された情報の場合、他の情報にリンクする、あるいは他の情報を内包するような情報は、末端に位置する情報よりも重要であると考えられる。また、放送内容によっても各情報の優先度は異なってくるのが予想される。

このように各データの重要度に差異がある場合に、その重要度に応じて、クライアントが双方向通信路を介して中継サーバにデータの獲得を行うか否かを制御することにより、中継サーバへのデータ要求の集中を軽減することが可能となる。

例えば、図3に構造化された複数の情報の構造を示すツリー図を示す。図3において、各情報を結ぶ実線は内包を表し、破線は他の情報へのリンクを表す。従って、情報Aはテキスト情報であり、静止画情報BとCを内包するとともに、他のテキスト情報DとEへのリンク情報を持つ。また、情報Dは静止画情報FとGを内包し、情報Eはテキスト情報Hへのリンクを持つ。ここで、優先度として、他の情報を内包もせず、リンクも持たない情報には最低の優先度1を付加し、他の情報を内包はするがリンクは持たない情報には最高の優先度3を与える。あるクライアント端末において、ユーザが3以上の優先度を持つ情報のみを、通信エラー検出時に中継サーバへデータ獲得要求を出すように設定していれば、図3の各情報において通信エラーが発生した場合には情報A、E、Hの3つの情報に対してのみ中継サーバへのデータ獲得要求が自動的に発行されるようになる。このように重要度の低いデータに関して自動的なデータ獲得が行われない場合にも、ユーザが自分の意思で表示できなかったデー

タに関して個々に中継サーバへの獲得要求の発行を指示できるようにする必要がある。このように各情報に優先度を付加して放送することにより、クライアント側で重要な情報のみに対して自動的な中継サーバへのデータ獲得要求の発行を行うことができ、多数のクライアントからのデータ獲得要求の中継サーバへの集中を防ぐことが可能であり、データ獲得要求の集中による中継サーバの応答の遅延を少なく維持することが可能となる。

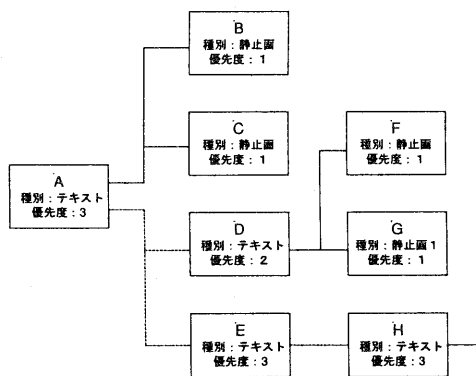


図3 データ毎の優先度を付加した放送データ  
Fig. 3 Data Structure with Priority

また、中継サーバにおいて各クライアントからのデータ要求に対して応答する際に、各データの優先度に基づき応答の順序を制御することにより、たとえクライアントからのデータ要求が集中した場合にも重要度の高いデータを優先して応答することが可能となる。このような制御により、中継サーバにデータ要求が集中した場合にも、各クライアントは重要なデータの獲得までの遅延を少なくしユーザに対して重要な情報を速やかに表示することが可能となる。

さらに、図3における情報D、E、Hのように、他の情報からリンクによって接続される情報に対しては、通信エラーにより正しいデータが受信できなかった場合にも、ユーザがそのリンクを辿る操作をした時点で初めて中継サーバへのデータ獲得要求を発行するような制御をクライアント端末において行うことも可能であり、この結果、各クライアント端末からのデータ獲得要求が中継サーバに集中せず分散させることとなる。

## 6. 応用事例

本稿で提案する放送ネットワークにおける通信エ

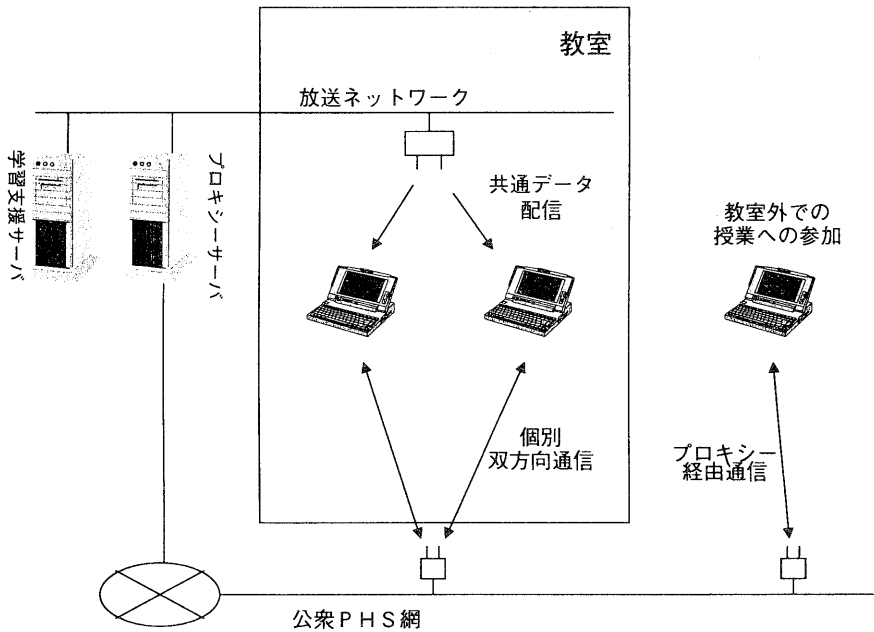


図4 オンライン授業支援システムの構成  
Fig. 4 Example for Online Education System

ラー対処方式の応用としては、デジタルテレビ放送への利用の他にいくつかの事例が考えられる。その中で、大学等におけるオンライン授業への応用を紹介する。我々は、この事例を実際に実装し、本方式の有効性を確認する予定である。

図4に、オンライン授業システムの構成を示す。大学等においては、パソコンを数十台並べた電子教室において各種の授業を行う試みがなされている。そのような授業においては、教師が自端末においてオンラインテキストの操作を行い、その操作を各学生端末上で連動させることにより、授業を行う。このような場合には、すべての学生端末に対して同じオンラインテキスト情報を配布することが必要となる。現状ではこのような電子教室には有線LANで接続されるデスクトップパソコンが常備されている場合が多いが、今後は各学生が各自のノートブックパソコンを教室に持ちこみ無線によってネットワークに接続する形態が主流になると予想される。このような状況ですべての学生端末に同時にオンラインテキスト等の情報を配布するには、放送ネットワークによる同報通信が有効であると考えられる。

図4に示すように、放送ネットワークとは別個にPHS等の移動体通信を用いて、各学生と授業サーバ

を双方向通信路で接続し、放送ネットワークにおける通信エラーへの対処や質問等の各学生からの応答を処理する形態を取る。

このような形態を取ることで、オンラインテキスト情報等を放送ネットワークによる同報通信の際の通信エラーに効率よく対処できるとともに、放送ネットワークの届かないような教室外から、中継サーバを介した双方向通信路のみを用いてリモートに授業に参加できるようにすることも考えられる。

## 7. おわりに

以上、本稿では放送ネットワークにおける通信エラーの問題に対して、放送ネットワークとは別個に設けた双方向通信路を介して、通信エラーを検出したクライアント端末が能動的にデータを獲得に行く方式の提案を行った。今後は、本稿で提案した中継サーバを実装して、本提案方式の評価を行うとともに、応用事例で述べた授業支援システムを試作する予定である。

また、本稿で提案した中継サーバに、クライアントからのデータのアップロードの処理機能を持たせることにより、デジタル放送における視聴者参加番組において、各地域毎に設置した中継サーバにおいて、視聴者からのアップロードデータを集計し、その結果を放

送サーバにアップロードするような仕組みについても検討していきたいと考えている。

#### 参 考 文 献

- 1) Acharya, S., Alonso, R., Franklin, M. and Zdonik, S.: *Broadcast Disks: Data Management for Asymmetric Communication environments*, Kluwer Academic Publishers, chapter 12, pp. 331-362 (1996).
- 2) Imielinski, T. and Viswanathan, S.: *Wireless Publishing: Issues and Solutions*, Kluwer Academic Publishers, chapter 11, pp. 299-330 (1996).
- 3) 辻順一郎, 小津浩直, 三浦敦史, 滝沢直樹, 水野忠則: モバイルプロキシサーバシステムの試作, 情報処理学会研究報告 (モバイルコンピューティング研究会), Vol. 97, No. 72, pp. 67-72 (1997).
- 4) 河村真一, 久野琢磨: 情報伝送方式及びシステムと, 該システムに用いるホスト装置及び端末装置 (1998). 公開特許公報 (特開平 10-243372) .
- 5) 伊東直子, 立川恆央, 中川好久, 水越康博: 携帯端末向けの WWW ページ変換 - SmartProxy (1997). (<http://pochi.nwsl.mesh.ad.jp/nwsl/papers/09732/>).