

高速ネットワークを介した 高精細静止画像分割配信システムの評価実験

大塚 丈司[†] 曾根 直人^{††} 鷹野 友英^{†††} 戸倉 信之^{†††} 太田 能[†]
森井 昌克[†]

[†] 徳島大学工学部知能情報工学科

〒 770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1

^{††} 鳴門教育大学

〒 772-8502 徳島県鳴門市鳴門町高島字中島 748

^{†††} 株式会社オプトウェーブ研究所

〒 239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 3-1

E-mail: †{otsuka,ohta,morii}@is.tokushima-u.ac.jp, ††naosone@naruto-u.ac.jp,

†††{t-takano,tokura}@owl.co.jp

あらまし 高速なネットワークの利用を前提としたアプリケーションに、高精細静止画像分割配信システムがある。本システムは、画像取り込みシステム、画像配信システムから構成され、遠隔講義システムにおける板書画像配送などに応用できる。これまで我々は、マルチプラットフォームでの利用を考慮して、画像配信システムクライアントの Java アプレットによる実装を進めてきた [2], [3]。徳島大学では、今回新たに、過去の画像を閲覧できる画像履歴表示機能を実装した。また、オプトウェーブ研究所では講演者位置検出機能、音像定位による音声配信機能を実装した。本稿では、画像履歴表示機能を中心とした追加実装の内容と本システムの運用実験の結果について報告する。

キーワード 高速ネットワーク、高精細デジタル静止画像、分割配信、Java アプレット、履歴機能

Evaluation Experiment of High Resolution Partial Images Distribution System via High Speed Networks

Takeshi OTSUKA[†], Naoto SONE^{††}, Tomohide TAKANO^{†††}, Nobuyuki TOKURA^{†††}, Chikara OHTA[†], and Masakatu MORII^{††}

[†] Department of Information Science and Intelligent Systems,

Faculty of Engineering, Tokushima University

2-1 Minamijosanjima-cho, Tokushima-shi, Tokushima 770-8506 Japan

^{††} Naruto University of Education,

748, Nakajima, Takashima, Naruto-cho, Naruto-shi, Tokushima 772-8502 Japan

^{†††} OPTOWAVE LABORATORY Inc,

3-1 Hikari-no-oka, Yokosuka-shi, Kanagawa 239-0847 Japan

E-mail: †{otsuka,ohta,morii}@is.tokushima-u.ac.jp, ††naosone@naruto-u.ac.jp,

†††{t-takano,tokura}@owl.co.jp

Abstract A high-resolution partial image distribution system (HPIDS) is one of network-applications through high-speed networks. It can be utilized for tele-education systems. The HPIDS consists of an image capture sub-system and an image distribution sub-system. From multi-platform point of view, we have developed clients of image distribution sub-system using Java applet. From the previous work [2], [3], we newly implement the history function for users to take a look of received pictures in mainly the University of Tokushima. In addition to this, the functions of detection of a lecture's position and voice distribution are also implemented by Optwave Laboratory. In this paper, we explain the functions newly implemented and experimental results.

Key words high speed networks, high resolution digital still image, partial distribution, Java applet, history function

dak DC280J Zoom から Nikon COOLPIX990 へ使用カメラを変更した。Kodak DC280J Zoom では撮影間隔が約 20 秒、最大解像度が 200 万画素であったのに対し、Nikon COOLPIX990 では撮影間隔が約 6 秒と短縮され、解像度も 334 万画素と向上した。Kodak DC280J Zoom と同様、Nikon COOLPIX990 は PC と USB (Universal Serial Bus) 接続でき、撮影画像の高速な転送が可能である。また開発環境である SDK (Software Development Kit) も用意されている。カメラの変更に伴い、クライアントでの更新チェック間隔は 2 秒に短縮された。

2.2 人物検出及び履歴機能の実現

配信画像に人物（遠隔講義における講演者に相当）が含まれる場合、その背景を閲覧できるようにするため（すなわち人物を含まない画像を表示できるように）、人物検出機能の実現を目指した。また、過去に閲覧した画像の一覧表示できる履歴機能の実現を目指した。このため、Web サーバ上での撮影画像のファイル名が変更された。また、これに伴い、クライアントから画像ファイルへのアクセス方法も変更された。

人物検出には画像ファイルサイズの変化をしきい値と比較することで行った。人物の移動により画像内に人物の有無が生じるとファイルサイズに大きな変化がおくと予想される。そこで、ファイルサイズの変化が予め決めておいたしきい値を越えた場合、その分割画像への講演者の出入りがあったと判断する。また、この講義者検出情報を利用してクライアントへの画像転送トラフィック量を低減できる。ファイルサイズがあるしきい値以上変化した画像ファイルのみを転送することにより、無変化画像の転送を抑制する。

2.3 講義者の位置検出及び音声配信の実現

音声配信機能の追加を目指した。音声は講義者に付けられたワイヤレスマイクから集音され、カメラ制御サーバに取り込まれる。音声データは、Web サーバよりマルチキャスト配信される。クライアントでは、講義者位置検出機能を利用して、配信された音声を音像定位により再生することができる。

2.4 つなぎめのないパノラマ画像の実現

つなぎめのないパノラマ画像の実現を目指した。プロトタイプ 1 では、デジタルカメラの設置位置を調整することでパノラマ画像を生成した。プロトタイプ 2 では、対応する 3 点を指定し射影変換をおこなうことでパノラマ画像の実現を目指した。こ

れにより、デジタルカメラの設置位置への制約がなくなった。

3. システム概要

図 1 に示したように、本システムは、撮影システム、配信システム、サービス利用システムの 3 つのサブシステムからなる。撮影システムでは、デジタルカメラで撮影された画像をカメラ制御サーバに取り込む。カメラ制御サーバは、取り込んだ画像を配信システムの Web サーバに FTP 転送する。FTP 転送された画像は、Web サーバから HTTP によりサービス利用システムに配信される。サービス利用システムでは配信画像を合成・表示する。

3.1 使用機材

- 撮影システム
 - PC(CPU:PentiumIII 866MHz, メモリ:256M, OS:Windows2000 Professional)
 - デジタルカメラ (Nikon COOLPIX990)
- 配信システム
 - PC(CPU:PentiumIII 866MHz, メモリ:256M, OS:Windows2000 Server)
- サービス利用システム
 - PC(CPU:PentiumIII 866MHz, メモリ:256M, OS:Windows2000 Professional)

3.2 撮影システム

カメラ制御サーバは、デジタルカメラの制御、変化画像の検出、音声の集音をおこなう。2.1 で述べたようにデジタルカメラは Nikon COOLPIX990 (解像度 334 万画素、撮影間隔約 6 秒) である。カメラ制御サーバは、横一列に配置された 3 台の Nikon COOLPIX990 (解像度は合計で約 1,000 万画素) を USB で接続し、制御する。カメラ制御サーバは、撮影画像のファイルサイズをデジタルカメラに問い合わせ、更新されたと判断した画像のみを取り込み、Web サーバに転送する。これにより無更新画像の転送を防ぎ、無駄なトラフィックを削減する。カメラ制御サーバはまた、マイクにより音声を集音し、音声データを Web サーバに転送する。

3.3 配信システム

配信システムでは、Web サーバにより画像・音声をクライアントに配信する。サーバには Windows2000 の IIS (Internet Information Server) 5.0 を用いた。音声配信には、Windows2000 Server に付属の Windows Media エンコーダを用いた。

3.4 サービス利用システム

サービス利用システムでは、Web ブラウザから

呼び出された Java アプレットにより、画像の自動更新、合成、拡大の処理を行う。画像合成には、射影変換を用いたパノラマ画像合成を行った。図2に、この際の配信サーバとクライアント間の処理シーケンスを示す。まず、アプレットが起動すると、最新画像を取得し、それらを合成して全体画像を表示する。そして、定期的に画像が更新されているかをチェックする。もし更新されていれば、新しい画像を取得して表示する。更新されていなければ、画像は転送されない。これは、無駄なトラフィックを削減するためである。

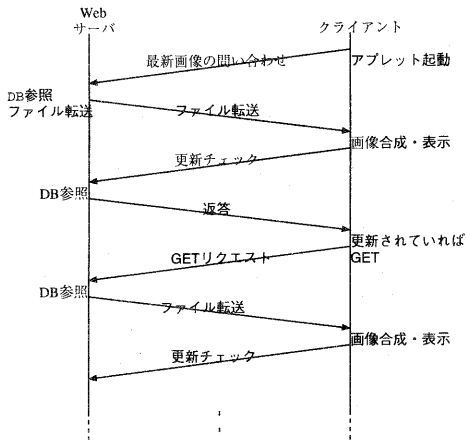


図2 クライアント・サーバ間のシーケンス図

図3は、サービス利用システムのインタフェースを示している。クライアントが受信する画像データの解像度は約1,000万画素と高解像度であるため、例えば解像度1,024×768のディスプレイでは全体を表示することはできない。そこで、全体が見渡せるように解像度を落した縮小画像を表示する。ユーザが見たい箇所を画面中央にある四角い枠でマウスにより選択すると、その箇所を拡大した高精細画像が表示され、ユーザは撮影対象を詳細に閲覧できる。

音声は、ブラウザのJavaScriptからWindows Media Playerを呼び出すことにより再生している。

4. 配信システムの実装概要

プロトタイプ1では、履歴機能を実現していなかったため、画像データのファイル名に、3つの異なる名前を繰り返し使用していた。これに対し、プロトタイプ2では、人物検出機能、履歴機能を実現するため、画像データファイル名のフォーマットを以下のように変更した。

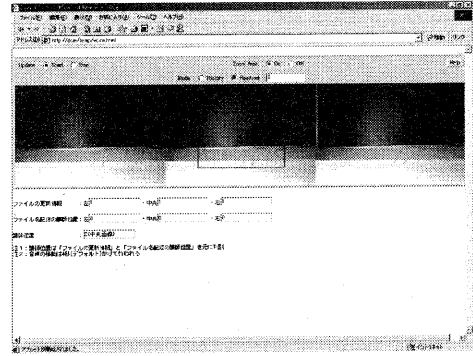


図3 インタフェース

pict_location_flag_timestamp.jpg

- *location*:ファイルの分割画像の位置を示す。0なら左、1なら中央、2なら右の分割画像を表す。
- *flag*:動体検出情報を表す。その分割画像に講義者が存在しないなら0存在するなら1である。
- *timestamp*:その分割画像が撮影されたときのタイムスタンプを表す。これを利用することによりファイル名の重複を避けている。ここでタイムスタンプは1970年1月1日からの経過秒である。

この変更に伴い、クライアントからの画像取得方法を変更する必要が生じた。プロトタイプ1では、決められたファイル名が繰り返し用いられていたため、クライアントがファイル名を予測し、Webサーバから画像データを取得することが可能であった。これに対し、画像データ名フォーマットを上記のように変更すると、クライアントが画像ファイル名を予想することが困難となる。そこで、プロトタイプ2では、Webサーバ上におかれた画像ファイル名のデータベースを構築する常駐プログラムとクライアントからの要求に対して最新画像ファイルを転送する画像転送CGIをWebサーバ上に構築することで解決した。また、このデータベースを利用することで履歴機能も実現した。

4.1 画像取得方法

```
0 pict0_0_0.jpg pict1_0_0.jpg pict2_0_0.jpg
1 pict0_1_1.jpg pict1_0_0.jpg pict2_0_0.jpg
2 pict0_1_1.jpg pict1_1_2.jpg pict2_0_0.jpg
3 pict0_1_1.jpg pict1_1_3.jpg pict2_0_0.jpg
4 pict0_1_1.jpg pict1_1_4.jpg pict2_1_4.jpg
5 pict0_1_1.jpg pict1_1_4.jpg pict2_1_5.jpg
6 pict0_1_1.jpg pict1_1_4.jpg pict2_1_6.jpg
7 pict0_1_1.jpg pict1_1_4.jpg pict2_1_7.jpg
8 pict0_1_1.jpg pict1_1_4.jpg pict2_1_8.jpg
9 pict0_0_9.jpg pict1_0_9.jpg pict2_1_9.jpg
```

図4 データベースの内容例

図4は、Webサーバ上に作成されるデータベースの内容の例である。このファイルには、一定時間毎に通し番号とその時点での各分割画像の最新ファイル名が記録される。クライアントのJavaアプレットが画像を取得するときはまず画像転送CGIを呼び出す。画像転送CGIは、最新の画像ファイル名をデータベースから読み込み、対応するファイルを転送する。ここで、画像転送CGIは、データベースに記された最後から2番目の画像データを最新ファイルとして送信する。これは以下の理由による。カメラ制御サーバがWebサーバにFTP転送中にデータベースが更新されると、まだFTP転送が完了していない画像ファイルの名前がデータベースに登録される。この不完全な画像ファイルをクライアントのJavaアプレットが取得すると、処理できずに動作が停止する。この問題を回避するために、画像転送CGIは、データベースに記された最後から2番目の画像データを最新ファイルと判断する。

CGIは、例えば次のような形でアプレットのgetImageメソッドの引数として呼び出される。

```
/check.cgi?new=2&num=0
```

この例では、データベースの最終行から2番目の左側の分割画像を要求している。つまり、CGIのGETメソッドを利用してパラメータを渡している(詳細は後述する)。画像転送CGIのパラメータを以下に挙げる。最新画像転送時は、CGIがデータベースを参照し、人物検出のフラグが立っているファイル名が以前と異なっていればそのファイルを転送する。履歴機能時は、データベースの指定した位置から順番に転送するようにパラメータを指定する。

- 最新画像ファイルを転送時。
 - 第一パラメータ: new= m 。
 - 第二パラメータ: num= n 。
 - 出力: パラメータで指定された画像ファイル。
 - 機能: 最新画像ファイルのバイナリ転送。

ここで、 m にはデータベースの最終行から何行上のファイルを読み込むかを指定し、 n には分割画像の位置を数字で指定する。

- 指定したファイル名のファイルを転送時。
 - 第一パラメータ: read= n 。
 - 第二パラメータ: name= 0 。
 - 出力: $name$ の画像ファイル。
 - 機能: 指定ファイルのバイナリ転送。

ここで、 n は未使用であり、 $name$ には転送した

いファイル名を指定する。

- 最新画像ファイルのフラグ情報を取得時。
 - 第一パラメータ: position= n 。
 - 第二パラメータ: name1= 0 。
 - 第三パラメータ: name2= 0 。
 - 第四パラメータ: name3= 0 。
 - 出力: フラグ情報テキスト。

ここで、 n にはデータベースの最終行から何行上のファイルを読み込むかを指定し、name1には現在表示されている分割画像のファイル名を指定し、name2には現在表示されている分割画像のファイル名を指定し、name3には現在表示されている分割画像のファイル名を指定する。出力フォーマット Refresh FileRefresh FileNameの3行のテキストである。Refreshには現在表示されているファイルとデータベースの最新のファイル名とが同じ場合は0が、異なる場合1が、FileRefreshにはデータベース内の最新ファイル名に記載されている更新情報が、FileNameにはデータベース内の最新ファイル名が格納される。

- 指定通し番号対応ファイルを転送時。
 - 第一パラメータ: get= m 。
 - 第二パラメータ: num= n 。
 - 出力: 指定画像ファイル。
 - 機能: 指定ファイルのバイナリ転送。

ここで、 m は未使用であり、 n には分割画像の位置を数字で指定する。

5. 運用実験

運用実験は、遠隔講義での利用を想定し、講義者位置検出の精度の測定、トラフィック低減量の計測、パラメータの調整を目的として行った。

5.1 予備実験

運用実験の予備実験として、デジタルカメラの解像度及びクオリティ毎の撮影間隔、人物が写っているときと写っていないときのファイルサイズの変化量及び黒板に文字を書いたときのファイルサイズの変化量を調べた。撮影間隔の実験の結果、334万画素のNORMALクオリティ(JPEG 1/16圧縮)が最適であると判断した。そのときの撮影間隔は約6.6秒であった。

また、ファイルサイズの変化量の実験では、10人に半身及び全身が写った画像を撮影し、写っていない画像と比較した。JPEGでは、画像中に写る位置によってもファイルサイズが異なるため値は一定とはならないが、334万画素のNORMALクオリ

ティのとき、半身が写った場合では約 2%、全身が写った場合では約 10%ファイルサイズが変化した。黒板に文字が書かれた場合の変化は 3% 以下であった。そこで、画像変化のしきい値として 3%を候補とすることにした。

5.2 実験環境

運用実験は、実際に徳島大学で行なわれている講義を利用して実施した。対象講義は、黒板中央の前に下げられたスクリーン上に講義スライドを投射し、左右の黒板に板書をおこなう形式であり、講義時間は 90 分間である。

カメラ制御サーバ、WWW サーバ、クライアントの各 PC は Fast Ethernet により接続した。デジタルカメラ 3 台を用いて、それぞれ左側のカメラが黒板の左側を、中央のカメラがプロジェクタのスクリーンを、右側のカメラが黒板の右側を撮影するように設置した。解像度は 2048×1536 ピクセルの 334 万画素でクオリティは NORMAL である。

5.3 実験方法

講義中に撮影された画像のファイルサイズ、転送された画像の全容量、講義者の位置検出情報をログとして記録する。また、講義の様子をビデオカメラで撮影し、講義終了後、位置検出の精度を検証した。

実験は、音声無しの場合と音声有りの場合の 2 回行った。1 回目の実験では人物検出の閾値を 3% と固定し、音声無しで行った。1 回目の実験では、人物検出の精度を計測するために、30 分ごとに閾値を 3% から 5% まで、1% づつ変化させた。

5.4 実験結果

表 1 1 回目のトラヒック低減量

	左画像	中央画像	右画像	全画像
全撮影画像	310.7	154.6	328.7	794.0
転送画像	140.8	128.5	166.7	436.0
削減量	169.9	26.1	162.0	358.0

表 2 2 回目のトラヒック低減量

	左画像	中央画像	右画像	全画像
全撮影画像	220.9	196.5	271.8	689.2
転送画像	77.0	140.3	66.4	283.7
削減量	143.9	56.2	205.4	405.5

表 1, 2 は、講義中 (90 分間) の撮影画像、FTP 転送された画像、FTP 転送されずに削減されたデータ量を MByte 単位で表したものである。1 回目の実験では画像全体で 358 MByte、すなわち約 45% のトラヒック削減が、2 回目の実験では画像全体で 405.5 MByte、つまり約 59% のトラヒック削減が可能であった。

運用実験から、無変化画像の転送を抑えることで、転送トラヒック量が削減できることが確認できた。分割画像の中央の画像の削減量が少ないのは、プロジェクタ中心の講義であったので、講義者がほとんど中央にいたためである。

トラヒック量を削減するためにしきい値を大きく設定すると講義者の位置検出精度は低下する。ビデオカメラでの講義の様子と比較したところ、閾値が 5% の場合、正確な位置検出ができない場合が多かった。原因は、半身しか写らない場合のファイルサイズの変化量が小さく^(注1)、このような場合の検出に失敗するためである。つまり、分割画像の境目に講義者がいた場合、あまりファイルサイズが変化しないため、講演者の位置検出方法として、ファイルサイズの変化量のみに着目する方法では、十分な情報が得られないためである。今後の課題として、しきい値を約 2% に設定した実験を予定している。

6. むすび

本稿では、我々が開発した高精細静止画像分割配信システムのシステム構成、実装概要、機能、運用実験について述べた。今後の課題として、人物検出の精度の向上が挙げられる。また、JGN プロジェクト JGN-P12520 では、プッシュ型システムの開発を進める予定である。

謝 辞

パノラマ画像合成について有益な御助言を頂いた群馬大学工学部 助教授 太田直哉 博士に感謝いたします。

文 献

- [1] Japan Gigabit Network, "http://www.jgn.tao.go.jp/"
- [2] 楠葉勝美, 太田 能, 鷹野友英, 戸倉信之, 森井昌克, "高速ネットワークを介した高精細静止画像分割配信システム構成の検討," 電子情報通信学会 2000 年春季総合大会.
- [3] 楠葉勝美, 太田 能, 鷹野友英, 戸倉信之, 森井昌克, 島田禎督, "高速ネットワークを介した高精細静止画像分割配信システムの構築," 電子情報通信学会技術研究報告, OFS2000-12, 2000 年 5 月.
- [4] 公募利用プロジェクトリスト, "http://www.jgn.tao.go.jp/jgnuser/list-koubo.htm"
- [5] 遠藤俊明, "カラー静止画像の国際標準符号化方式," CQ 出版社 インターフェース 1991/12 号 雑誌 01619-12, pp.160-182, 1991.
- [6] 小熊堅司, "期待される PC 用汎用バス USB の概要," CQ 出版社 インターフェース 1997/1 号 雑誌 01619-1, pp.117-126, 1997.
- [7] Java2 Plug-in, Java(TM) Plug-in Product, "http://java.sun.com/products/plugin/"

(注1): 予備実験では約 2%しか変化しなかった。