

LM-014

高精細全方位動画配信システムのためのサーバの設計 Designing Server for High-Resolution Hyper Omni Vision Delivery System

上谷 巧†
Takumi Uetani

岩井 儀雄†
Yoshio Iwai

長原 一†
Hajime Nagahara

谷内田 正彦†
Masahiko Yachida

概要

動画のストリーミング配信技術が向上するにつれて、クライアントが高解像度の映像を自由な視点で見られる動画への需要が高まってきている。本論文では360度の情報を一度に獲得できる全方位視覚センサ [1] を用いて高品質な動画を生成し、視点情報に基づいて動画を配信するシステムについて述べる。本研究では既存のプロトコルを改良し、高精細全方位動画をクライアントが望む視点に応じて分割配信するサーバの設計を目指す。また、配信の際に分割画像の大きさを可変にすることによって、パフォーマンスが向上することを実験によって評価する。

1. はじめに

近年、ブロードバンドの普及やパーソナルコンピュータの性能向上に伴いリアルタイムの動画配信が可能となってきた。インターネット環境もADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)からFTTH(Fiber To The Home)へと移行しつつあり、より大容量のデータをより高速に転送できるようになってきた。これにより、高解像度の動画配信だけでなく、インターネットのインタラクティブ性(双方向性)を活かした動画配信システムのニーズが高まってきている。

我々は、複合センサカメラシステム [2, 3] により高解像度低フレームレートと低解像度高フレームレートの二つの全方位動画を取得し、この二つの動画から高解像度高フレームレートの動画を生成する方法を提案している [4, 5]。生成された高解像度高フレームレートの全方位動画は既存のプロトコルで配信するにはデータ量が大きすぎるので、クライアントが指定した部分のみを分割して複数の伝送路により多チャンネルで配信し、表示するシステムを提案する。本研究ではこのシステムにおいて、クライアントが見たい部分に対応する部分画像のみを配信し、視点変更に伴って対応する新たな部分画像を配信するようなサーバの構築を目的とする。

2. 想定システム

2.1 全方位高精細動画配信システム

本研究で目標とするシステムの概略図を図1に示す。全方位視覚センサによって撮像された高解像度低フレームレートの動画と低解像度高フレームレートの動画の二つの動画から、高解像度高フレームレートの動画を生成する。生成された高解像度高フレームレートの動画はサーバに保存されクライアントに配信される。ここでクライアントに配信する際において、クライアントが見たい領域のみを分割して多チャンネルで配信する。クライアント側では、多チャンネルで配信された複数の

部分画像を合成して一つの高解像度高フレームレートの全方位画像を作成し、それを幾何変換によって透視投影画像に変換してクライアントが望む領域を出力する。クライアントが別の視点を見たい場合は、視点変更情報をサーバ側に伝え、サーバはそれに対応した部分画像を再び多チャンネルで配信することによってクライアントが見たい部分を見られるようなインタラクティブな動画配信システムを構築する。

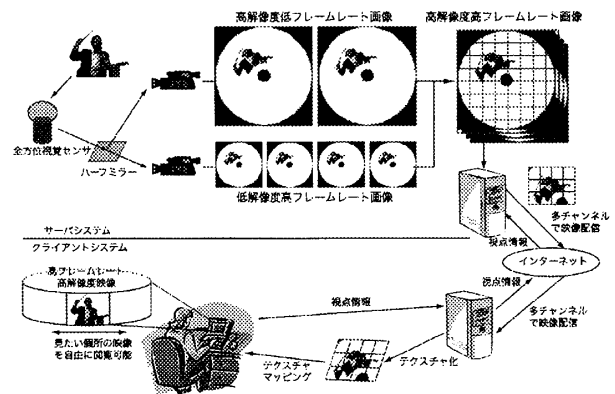


図1: システム概略図

2.2 インタラクティブ配信

本節では、全方位動画のインタラクティブ配信の有用性について述べる。図2に従来の配信システムと提案システムの比較を示す。低解像度の全方位動画配信は、従来の配信システム [6] で困難なく実現できるが、解像度とフレームレートが高くなると、必要な通信帯域が増大する。インターネットの通信帯域は有限であるため、クライアントがサーバに視点情報を渡すことによって、ユーザの現在見ている方向の高解像度動画だけを部分配信する。このサーバ・クライアント間のインタラクティブ配信によって、通信帯域を節約することができる。

2.3 多チャンネル化

2.2節で述べたように、サーバからはユーザの見たい方向の高解像度動画が部分配信される。本研究で想定する全方位高精細動画の解像度は4096×4096画素である。しかし、既存の通信プロトコルでは1チャンネルあたりに配信できる情報量に限界がある。例えば、現在インターネット配信などに多く利用されているMPEG-4でも、メインプロファイルのレベル4での最大解像度はHDTV(1920×1088画素)に規定されている [7, 8]。1チャンネルではそれ以上の高解像度な部分画像を配信できない。

提案する多チャンネル動画配信システムの通信の概略を図3に示す。全方位高精細動画を複数の低解像度動

†大阪大学大学院基礎工学研究科

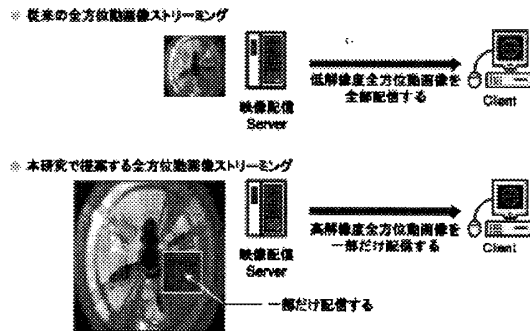


図 2: 従来のストリーミングサーバとの比較

画像に細かく分割して、配信サーバの動画画像データベースに蓄積する。サーバはクライアントに要求された視点情報に対応する低解像度動画画像を選択して、その複数の動画画像を多チャンネルで同時にクライアントに転送する。本研究では、サーバから配信される全方位動画画像を多チャンネルで受信するために、通信プロトコル (RTSP) を拡張し、クライアントの通信モジュールを構築する。

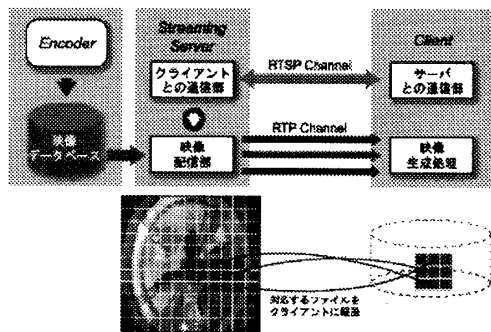


図 3: サーバ・クライアント間通信概略図

2.4 マルチレイヤ

全方位画像は透視投影画像を環状に変形しているため、画像中に歪みがあり情報量が一定ではない。中心部に行くほど円周が短くなるので円周方向、すなわち透視投影画像で水平方向の情報の密度が高くなる。よって同じ面積の部分画像を切り出しても、全方位画像の周辺部に比べて中心部の情報量は多くなる。よって、同じ視野角に対する部分画像を配信しようとしても、中心部に比べて周辺部は配信するファイル数が多くなり、パフォーマンスの低下が想定される。この問題を解消するために本研究ではマルチレイヤという概念を導入する。図4のように周辺部ほど大きな画像に分割し、画像間の情報量の差を小さくすることによって、配信するファイル数を一定に近づけることができる。

3. サーバプロトコルの設計

この章では想定システムで実際に動画画像を配信する為に、具体的なプロトコルの改良とクライアント側のプレイヤの開発について述べる。

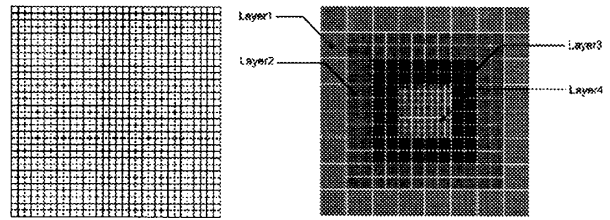


図 4: マルチレイヤ

3.1 プロトコルの拡張

多チャンネルインタラクティブ配信 [9] を実現するために RTSP を拡張する。RTSP (Real Time Streaming Protocol) は、Real Networks 社、Netscape Communications 社、Columbia 大学が共同で策定した。IETF により RFC2326 として勧告されている [10]。本研究において拡張した RTSP の流れを図5に示す。図5の点線部分が変更点で、以下に概略を述べる。

• OPTION

一般的なストリーミングサーバは、クライアントが受信したいファイルを指定して OPTION 請求することにより、サーバの対応する RTSP Method をクライアントに応答するが、提案する拡張プロトコルではクライアントは受信したい全方位動画画像の分割画像が格納されたディレクトリを指定する。

• DESCRIBE (全体的な記述情報)

一般的なストリーミングサーバは、クライアントの DESCRIBE 請求により、クライアントが受信したい単一のメディアファイル記述情報をクライアントに応答する。提案する拡張プロトコルでは、まず全体的な記述情報をサーバから得る。記述情報の中には、全方位センサのパラメータ、全方位動画画像を構成する分割された全ての低解像度動画画像のファイルリスト、各低解像度動画画像の位置とサイズ情報が記述されている。

• SET.PARAMETER

提案する拡張プロトコルでは、クライアントは全方位動画画像の見たい部分の視点情報を、SET.PARAMETER を介してサーバに送る。サーバはその視点情報をもとに対応するファイルを選択する。クライアントはそのファイルリストをサーバから得る。

3.2 視点変更に対する時間同期

視点方向が変更されると、クライアントからサーバに SET.PARAMETER が発行される。これにより視点情報がサーバに送られ、現在受信している部分画像のうち不要なものが破棄 (TEARDOWN) され、視点変更に伴う新たに必要な部分画像が DESCRIBE, SETUP, PLAY される。このとき、新しく再生するファイルは今まで再生していたファイルと時間的同期をとる必要がある。こ

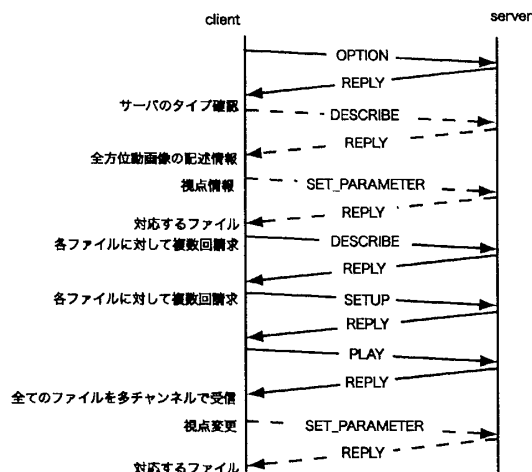


図 5: 提案システムの RTSP の流れ

これはサーバ側で現在送信しているパケットの番号を記憶しておき、新たなファイルを送信する時はそのパケット番号に合わせて途中のパケットから送信するようにする。また、クライアント側においては、提案システムではサーバから多チャンネルで同時に RTP パケットを受信するので、同じパケット番号の RTP パケットをクライアント側で受信できる。サンプル時間が同じであれば、各ストリームのパケットが同時にクライアントに転送されるのでクライアント側では同時刻の動画を復元することができ同期が保証される。

4. 評価実験

この章では、2.4 節で述べたマルチレイヤの有用性を検討する。視点変更が発生するとそれに伴って TEARDOWN, DESCRIBE, SETUP, PLAY が請求され、処理時間が発生する。4.1 節ではこの処理時間を計測し、遅延なく再生できるであろうファイルの変更数の限界を調べる。また、4.2 節では、マルチレイヤを実装したときとしないときで、視点変更に対するファイル数の変化を調べ、マルチレイヤの有用性を評価する。最後に 4.3 節で実験全体に関する考察を行う。

4.1 処理時間の計測

実際にクライアントがサーバに接続し、複数の部分画像をストリーミング配信したときの各処理にかかる時間を計測した。計測方法は各処理の前後で時間をミリ秒単位で計測し、3回の平均を計測値とした。実験結果を表2に示す。

視点変更に伴って破棄されるファイル数と新たに受信されるファイル数は同一ではないが、ここでは簡単のため一つのファイルを破棄して新たに一つファイルを受信する時間を評価基準とし、その時間を表2から求めると、

$$0.90 + 0.23 + 0.60 + 0.02 = 1.75[ms]$$

となる。動画を 30fps で再生するためには 1 フレームを 33ms 以内に処理しなければならないので

$$33/1.75 \approx 19$$

より、19 個までなら新たなファイルを受信しても遅延なく再生できる。すなわち、視点変更に伴って新たに受信するファイル数は 19 個までが望ましい。

表 1: 実験環境

サーバ	ProLiant DL560
CPU	Intel R Xeon MP 3.0GHz
搭載 CPU 数	2CPU
キャッシュ	4MB L3 キャッシュ
メモリ	1024MB 200MHz DDR SDRAM

表 2: 処理時間

DESCRIBE	0.90ms
SETUP	0.23ms
PLAY	0.60ms
TEARDOWN	0.02ms

4.2 視点変更に対するファイル数の変化

4.1 節と同じように、実際にクライアントがサーバに接続し、サーバから得られるファイルリストから、再生に必要なファイル数を調べる。その際サーバに送信する初期視点方向を変化させ、視点変更に対するファイル数の変化を調べる。仰角を-30度から30度まで10度ずつ変化させた時と、視野角を10度から30度まで5度ずつ変化させた時のファイル数の変化を以下に示す。なお、視野角はx軸方向、y軸方向別々に設定できるが、ここではそれぞれ同一の値とした。

表3や図6より、視点の仰角が増加するに従って、必要なファイル数が増加していることが分かる。ここで非マルチレイヤとは、図4の左のように、レイヤの大きさが一定な分割方式である。このことから、視点変更に伴う DESCRIBE, SETUP, PLAY, TEARDOWN の回数も増え、パフォーマンスが低下する可能性がある。しかし、マルチレイヤを用いなかったとき、必要ファイル数が2次関数的に増加するのに対し、マルチレイヤを適用した時は、その増加が抑えられている。このことから、PLAY 等の各請求の回数が減少し、パフォーマンスの向上が期待できる。表4や図7からも同様に、マルチレイヤを用いない場合、視野が広がるにつれて必要なファイル数が増加しているが、マルチレイヤを用いるとその増加が抑えられる。

表 3: 仰角に対するファイル数の変化

仰角	-30	-20	-10	0	10	20	30
マルチレイヤ	10	12	16	22	28	44	63
非マルチレイヤ	8	6	8	8	12	14	15

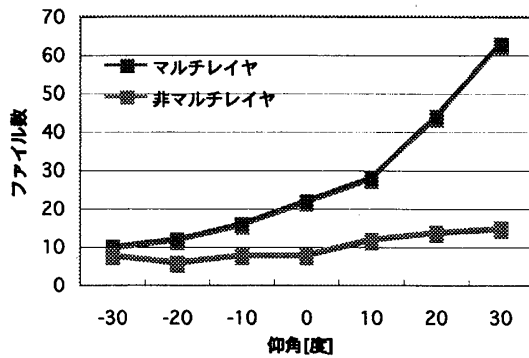


図 6: 仰角を変えた時のファイル数

表 4: 視野角に対するファイル数の変化 (仰角 30 度)

視野角	10	15	20	25	30
マルチレイヤ	12	18	30	42	63
非マルチレイヤ	6	6	8	10	15

4.3 実験全体に対する考察

4.1 節において処理時間を計測することによって、視点変更に伴うファイルの変更が発生したとき、遅延なく再生できる変更ファイル数の上限が 19 個までであると導いた。全方位画像は画像周辺部ほど情報が疎という性質により、視点変更に伴う変更ファイル数は視点の仰角が増加するにつれて増加する。仰角が 0 度で変更ファイル数は 19 個を超え遅延の可能性があることが 4.2 節より分かった。しかし、マルチレイヤを適用することにより、その増加が抑えられ、パフォーマンスの向上が期待できる。

5. おわりに

本論文では、高精細全方位画像を用いてユーザが任意の視点を見ることが出来るストリーミング配信システムについて述べ、それを実現するための拡張プロトコルを提案した。また、配信パフォーマンス向上のためにマルチレイヤという概念を提案し、パフォーマンスを評価す

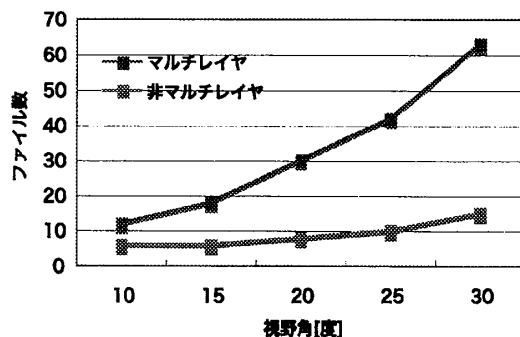


図 7: 視野角を変えた時のファイル数 (仰角 30 度)

るための実験を行った。評価実験からマルチレイヤの有用性が示され、また、遅延なく再生するためには配信するファイル数に 19 個までという制約があることが分かった。今後は 3.2 節で述べた視点変更に対する複数ファイル間の時間同期を実現するように、プロトコルを変更することを目標とする。

謝辞

本研究は、独立行政法人情報通信機構「民間基盤技術研究促進制度」および、科学研究費補助金基盤研究 (A) 「3 次元高精細全方位動画画像の獲得と提示」(課題番号 18200012) の援助を受けた。

参考文献

- [1] 山澤, 八木, 谷内田: “移動ロボットのナビゲーションのための全方位視覚センサ hyperomni vision の提案”, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J79D-II, No. 5, pp. 698-707 (1996.5).
- [2] 重本, 星川, 長原, 岩井, 谷内田, 田中: “時間的・空間的分解能の異なる複合センサカメラシステム”, CVIM-147, pp. 88-90 (2005).
- [3] 松延, 星川, 重本, 渡邊, 長原, 岩井, 谷内田, 田中: “複合センサカメラを用いた高解像度動画画像の撮像・提示システム”, 画像の認識・理解シンポジウム 2005, Vol. 2005, No. 7, pp. 1602-1603 (2005).
- [4] 渡邊, 岩井, 長原, 谷内田: “時空間周波数の異なる画像列からの高解像度動画画像の合成”, 情報科学技術レターズ (FIT2004), Vol. 3, No. L1-004, pp. 169-172 (2004).
- [5] 松延, 長原, 岩井, 谷内田, 田中: “モーフィングによる高解像度高フレームレート動画画像の生成”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. PRMU-2004, No.178, pp. 85-90 (2005).
- [6] 山澤 一誠, 石川 智也, 中村 豊, 藤川 和利, 横矢 直和, 砂原 秀樹: “Web ブラウザと全方位動画画像を用いたテレプレゼンスシステム”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J88-D-II, No. 8, pp. 1750-1753 (2005).
- [7] 藤原洋, 安田浩: 標準ブロードバンド+モバイル MPEG 教科書, アスキー (2003).
- [8] F. Pereira and Touradj Ebrahimi: THE MPEG BOOK, Prentice Hall (2002).
- [9] 楊浩然: 多チャンネル配信による全方位高精細動画画像配信システムの構築, 修士学位論文, 大阪大学大学院基礎工学研究科 (2006).
- [10] H. Schulzrinne, A. Rao and R. Lanphier, “Real Time Streaming Protocol (RTSP)”, RFC 2326, Internet Engineering Task Force (1998).