

MPEG4を採用した映像配信システム MobileMotion™

MobileMotion™ MPEG4 Video Streaming System

堀内 千尋
HORIUCHI Chihiro

菊池 義浩
KIKUCHI Yoshihiro

ISOで1999年2月に標準化される映像圧縮方式であるMPEG4を用いた映像配信システムMobileMotion™を開発した。MPEG4はエラー耐性やオブジェクト構造の実装などを特長とし、今後のデジタル映像圧縮の主流となる優れた符号化標準である。しかし、インターネットや無線などの低ビットレート送信時には、①ブロック歪(ひずみ)やモスキートノイズなどの画質劣化、②フレームスキップによる動きの滑らかさの損失などの問題が発生する。この論文では、MPEG4特有のノイズを除去するポストフィルタ、圧縮率を向上させるプレフィルタ、GOP構造に基づくフレーム間隔均等化手法を提案している。MobileMotion™では、これらを使用して低ビットレートでの映像品質の向上を図っている。

We have developed a video streaming system called MobileMotion™ which is compliant with MPEG4 (Moving Picture Experts Group 4). MPEG4, an international standard video codec type standardized by the International Organization for Standardization (ISO) in February 1999 for low-bit-rate video applications, is expected to be the next-generation standard video codec.

Video codec poses some quality issues at low bit rates (e.g., the Internet, Intranets), such as macro block noise, mosquito noise, and lack of a constant frame interval. However, the newly proposed pre-filter, post-filter, and rate control algorithm for the frame interval provide high-quality video. This paper describes the features of MPEG4 and provides an overview of MobileMotion™, including details of the effective techniques incorporated in the system.

1 まえがき

近年、インターネットやイントラネットの普及は目覚しい。また、ハードウェアおよびネットワークの性能は急速に向上し、インターネットにおける映像の活用も始まっている。映像は、情報伝達において視覚効果の面から重要な情報源であるが、データ量が膨大であり、高圧縮技術が求められていた。このようなニーズの中、ISO(International Standardization Organization)において低ビットレートを主対象とする映像圧縮の標準として、MPEG4(Moving Picture Experts Group 4)が検討され、99年2月にIS(International Standard)が発行される予定である。

ISOではMPEG4の標準化にあたり、モバイル(移動体通信)環境での映像利用、コンピュータにおける映像利用を対象分野に掲げている。

この対象分野中でMPEG4を利用するアプリケーションは、次の二つに大別される。

- (1) 映像蓄積型のOnDemandサービス
- (2) 映像コミュニケーション型のテレビ(TV)電話やリモート監視

MPEG4は2章で述べるように優れた技術的特長をもっており、今後のデジタル映像圧縮の主流と期待される標準方式である。当社ではこのMPEG4規格に準拠した映像配信システムMobileMotion™を98年7月に世界に先駆けてソフト

ウェア商品化した。しかし、技術的優位性の高いMPEG4規格も、インターネットや無線環境などの非常に低いビットレート環境下で使用する際には、TV並の画質を期待している利用者にとって、満足できる品質が得られない場合がある。この論文では、特に低ビットレート環境下における映像品質の確保の一手法を提案する。

2 MPEG4の技術的特長

MPEG4では前述の対象分野に対応するため、次の三つの技術的特長をもつ。

- (1) 誤り耐性 有線／無線伝送路やインターネットなどを含めたシームレスな映像伝送環境実現を目的とし、無線伝送路で想定される伝送誤りや情報欠落に対する耐性を符号化方式に内在させた新たな誤り耐性圧縮方式⁽²⁾。
- (2) オブジェクト構造 ユーザーの要求に応じて高度な映像ハンドリングを可能とする構造化の実現。このため、自然画像を任意形状のオブジェクト(複数画面あるいは物体)ごとに個別符号化する機能をもつ⁽³⁾。さらに、コンピュータグラフィックス(CG)やテキストなど人工画像のオブジェクトの使用。
- (3) 圧縮率向上 従来の圧縮率を上回るより効率的な符号化手法の実現^{(4), (5)}。

当社ではこれらの項目の中で、誤り耐性圧縮方式と任意形状オブジェクトの圧縮方式に注力し、標準化活動に貢献している。

3 MobileMotion_{TM}の製品構成

MobileMotion_{TM}はMPEG4 Verification Model 6, 7のsimple profileに準拠し、インターネットおよびインターネットなどでの低ビットレートの映像配信を実現した。

3.1 システム構成

MobileMotion_{TM}のシステム構成を図1に示す。

3.1.1 プロデューサ プロデューサはMPEG4ファイルを生成するエンコーダと、MPEG4ファイルを編集する映像編集ツールから構成される⁽⁶⁾。

映像編集ツールはMPEG4ファイルのカット・マージを行う機能であり、映像圧縮時に他のフレームとの予測を使用しないインターネットフレームを編集点とした高速で画質劣化のない編集を実現している。また、カット位置の自動抽出機能を特長としている⁽⁷⁾。

3.1.2 サーバ サーバはOnDemand型と放送型の2種類を準備している。OnDemand型は伝送プロトコルにはHTTP(Hyper Text Transfer Protocol)を使用し、ファイアウォールを超えた映像配信を実現している。放送型では、UDP(User Datagram Protocol)を採用し実時間性を優先する。また、クラスDのIP(Internet Protocol)アドレスに対応したマルチキャスト放送にも対応している。

3.1.3 プレーヤ MPEG4をデコード(伸張)し表示を行う⁽⁸⁾。またシンクロ機能をもち、映像の時間に同期させて他のメディア(HTML(Hyper Text Markup Language)文書やテキスト)を表示させ、付加価値の高いコンテンツを提供する。

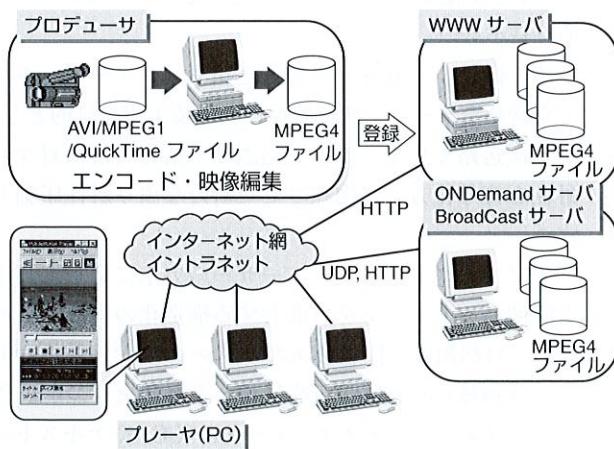


図1. MobileMotion_{TM}のシステム構成 MPEG4を作成するプロデューサ、サーバ、再生を行うプレーヤで構成される。

System configuration of MobileMotion_{TM}

4 低ビットレート映像圧縮の課題

MPEG4規格は4Mbpsまでの広いビットレートを対象としている。しかし、インターネット／インターネットでは20kbps程度の低いビットレートでの映像配信が必要となる。低ビットレート映像圧縮においては、MPEG4の圧縮方式を用いても、映像品質確保の課題が残る。具体的には、次の2点が挙げられる。

- (1) ブロック歪やモスキートノイズなどの画質劣化 使
用可能な符号量が少ないため、圧縮映像に8×8画素の
ブロックの目だちやノイズが現れる。
- (2) 動きの滑らかさの損失 TVなどの映像は1秒間に30フレームの画像を等間隔で再生する。しかし、低
ビットレートの際は、30フレーム作成可能な符号量が
ないためフレーム枚数を減らす。このとき、符号量が
大きいフレームの後は次フレームまでの時間間隔が長
くなり、均等な映像再生が行えず、滑らかさが損なわ
れる。

後述の5章で前記(1)、6章で(2)の各課題に対する解決手
法および結果と考察を述べる。

5 画像フィルタの採用

ブロック歪やモスキートノイズなどの画質劣化の原因と
して、次の二つが考えられる。

- (1) MPEGで使用するDCT(離散コサイン変換)の量子化
誤差によるノイズ
- (2) 1枚のフレームに与える符号量が少ないために発生す
るノイズ

(1)についてはビットレートに依存せず、逆DCT後のフレ
ームにノイズが現れるため、プレーヤ側でデコード後の画
像フィルタを施す(ポストフィルタ)。一方、(2)は符号量を
上げるすなわち圧縮率を高めるために、エンコード前の入
力画像にフィルタを施すこととした(プレフィルタ)。

5.1 ポストフィルタ

MPEGの映像圧縮に使用されるDCTの量子化誤差により
発生するブロック歪や、擬似的な高域成分によるモスキ
ートノイズをもつ映像の画質の確保には、デコード後の画
像中のエッジ(境界線)を保存しノイズだけを除去するこ
とが必要である。

この問題の解決に、フィルタをかける対象の画素とその
一つ手前の画素との重み付け平均をとる巡回型非線形平滑
化フィルタを採用する。このフィルタは従来のものと異
なり、エッジの判定に隣接する画素との差分の変化量を用
じ、判定精度を向上させ、画像依存の少ない汎(はん)用的
なエッジの保存を実現した⁽⁹⁾。

図2にこの手法に基づくポストフィルタを使用して表示



(a) ポストフィルタなし



(b) ポストフィルタあり

図2. ポストフィルタ適用例 人物のエッジ(境界線)を保持したまま、エッジ周辺のモスキートノイズが軽減できる。

Example of output image using post-filter

したMPEG4の再生画像例を示す。人物のエッジを保存したまま、エッジ周辺のモスキートノイズが除去されていることが確認できる。

5.2 プレフィルタ

プレフィルタは、エンコード時の圧縮率向上が目的であるが、圧縮率向上により画質向上だけでなく、フレーム枚数の増加による動きの滑らかさの確保にも効果がある。

プレフィルタには画像の高周波成分を除去するためにはぼかしフィルタを使用する。具体的には、画像全体に均一にぼかしをかけるガウシアンフィルタを採用した。ガウシアンフィルタは対象画素と周囲の画素との重み付け平均をとり、画像中のノイズを除去し画像のSN比を上げ、MPEG圧縮時に用いるDCT後の圧縮率を向上させる。実際のエンコード時には入力画像の画像サイズの違いや、映像品質の差によりフィルタの有効性にバラツキが生ずる。このため、複数のフィルタ形状を準備し、ユーザーが選択的に操作できるようにした。また、このシステムではノイズ除去用にエッジ保存型の平滑化フィルタ(IIRフィルタを使用)も準備した。

図3にフィルタ種別ごとのエンコードファイルサイズを示す(画質パラメータを固定にして測定)。図中フィルタ種別は、右にいくほどぼかし効果の強いものであり、ぼかしの強さと圧縮率がトレードオフになることがわかる。図3に示すようにフィルタによる圧縮率向上の効果は大きい。これは、ノイズ除去により画像1枚ごとのノイズ除去の効果だけでなく、MPEG4で使用するインタフレーム(他のフレームからの動き予測を使用し圧縮を行うフレーム)における、動き予測の適用率が上がるためと推察される。

図4に提案したポストフィルタを使用しエンコードしたMPEG4のインタフレームの画像例を示す。インタフレームにおいても画質が向上し、この手法がMPEG4に有効であることが確認できる。このサンプルはビットレート20kbps、1秒間に5フレームのサンプルである。このようにMobileMotionTMでは非常に低いビットレート環境でも、画質の高い映像を提供することができる。

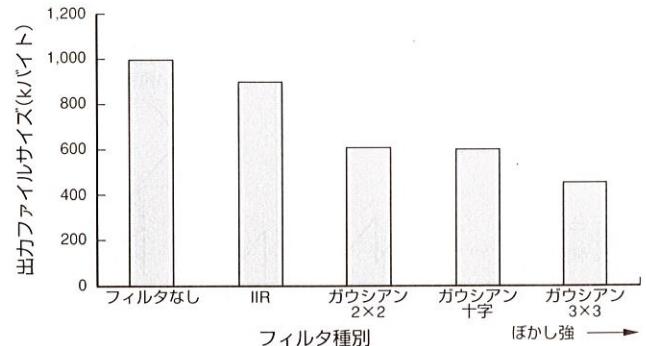


図3. フィルタごとの圧縮ファイルサイズ比較 フィルタ使用によりエンコード時の圧縮率が向上する。
MPEG4 file size using pre-filter



(a) プレフィルタなし



(b) プレフィルタあり

図4. プレフィルタ適用例 プレフィルタの使用により圧縮率を向上させ、画面上のブロック歪みを軽減できる(ビットレート: 20kbps、フレームレート: 5fps、ガウシアン十字フィルタを使用)。
Example of output image using pre-filter

6 フレーム間隔均等化

MobileMotionTMでは、ランダムアクセスや放送に対応するため、映像の各フレームを一定時間ごとに区切ったGOP(Group Of Picture)構造を用いている。各GOPの最初にはイントラフレームを使用し、GOP単位のランダムアクセスを可能としている。しかし、イントラフレームはインタフレームより符号量が多いため、次フレームまでの時間間隔が長くなり、滑らかな再生が損なわれる。

MPEG4などの映像圧縮では、一定ビットレートを守るためにレート制御機能をもつ。低ビットレートに対応したレート制御では、画質の制御(フレームに割り当てる符号量の制御)と、フレームを間引くフレームスキップ制御とを組み合わせて使用している。従来のレート制御をGOP構造に用いるとフレーム間隔が不均一になるようすを図5(a)に示す。イントラフレームの符号量が多いため、次フレームを作成する符号量を確保できず、フレームスキップが発生する。

この問題を解決するため、GOP対応のレート制御を開発した(図5(b))。この手法は、GOPに割り当てる符号量を基にフレームスキップのしきい値を変化させる当社の独

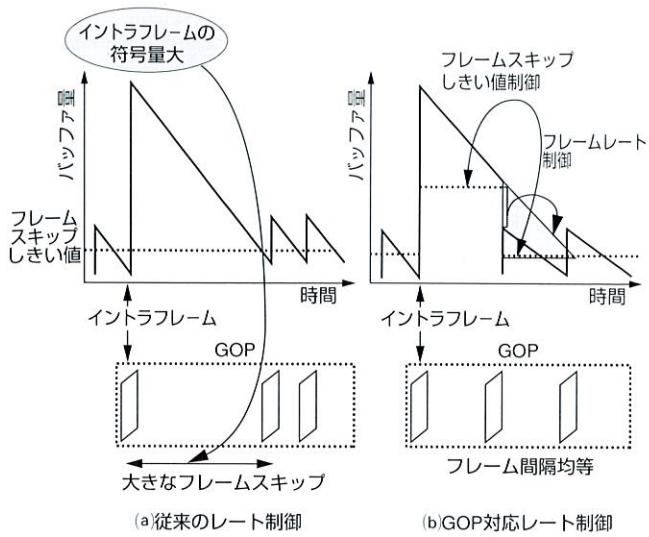


図5. 仮想バッファ量とフレーム間隔 従来のレート制御ではイントラフレーム後の間隔があいていたが、GOP対応のレート制御によりフレーム間隔は平均化される。

Buffer size and frame interval

自方式であり、次の手順で算出する。

- (1) 前のGOPのフレーム枚数よりフレーム間隔を求める。
- (2) イントラフレームを圧縮し、その符号量とフレーム枚数を基に、間隔が一定になるようにイントラフレームのフレームスキップのしきい値を求める。さらに、斜線部分の不足符号量を次フレーム以降吸収するように入タフレームのしきい値を算出する。

この手法によりビットレートを守りながら、フレーム間隔を均等にすることを実現した。

図6に従来のレート制御ITU-T H.263テストモデル)とGOP対応のレート制御によるフレーム間隔を示す。従来の

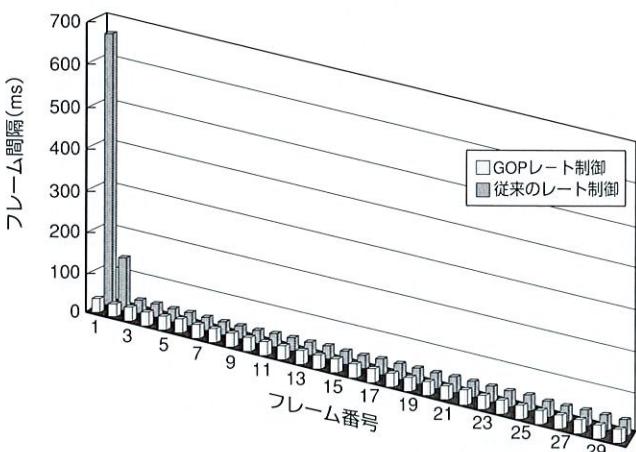


図6. フレーム間隔の比較 レート制御の改善によりフレーム間隔が均等化される。

Example of frame interval using GOP rate control

レート制御では符号量の多いイントラフレームでフレーム間隔が指定フレーム間隔(33ms)を超える数msになっている。これに対しGOP対応のレート制御では、すべてのフレームでフレーム間隔はほぼ均一になっている。

この手法によりフレーム間隔が等間隔になり、滑らかな映像再生を実現できる。

7 あとがき

MPEG 4に準拠した映像配信システム MobileMotion™について紹介した。特に MPEG4 規格を使用しても解決できない低ビットレートにおける映像の品質確保の手法を中心に述べた。

今後、映像配信の分野では、映像だけでなくオブジェクト技術を利用したコンテンツバリエーションの拡張が期待される。この中で MobileMotion™は MPEG4 の特長であるオブジェクト対応を実施していくとともに、さらなる画質向上と性能向上を、また無線環境下での映像配信の対応を行い、低ビットレート映像の特長を活用した開発を実施していく予定である。

文 献

- (1) "MPEG-4 Proposal Package Description (PPD)". ISO/IEC JTC1/SC 29/WG11/N998, Tokyo (1995-07).
- (2) 渡邊敏明, "ビットストリーム構造と誤り耐性", 映像情報メディア学会誌, 51, 1997, p.1989-1991.
- (3) 渡邊敏明, "形状符号化", 映像情報メディア学会誌, 51, 12, 1997, p.1984-1986.
- (4) 如澤裕尚, "動き補償と予測符号化", 映像情報メディア学会誌, 51, 1997, p.1976-1979.
- (5) 堅田裕之, "テクスチャ符号化", 映像情報メディア学会誌, 51, 1997, p.1979-1982.
- (6) 千々谷眞英他, "ソフトウェアによるリアルタイムエンコーダの実現", 情報処理学会第57回全国大会講演論文集3G-02, 1998, p3-451-452
- (7) Toshimitsu Kaneko, Osamu Hori, "Cut Detection Technique from MPEG Compressed Video Using Likelihood Ratio Test", Proceedings of International Conference on Pattern Recognition, 1998, pp.1476-1480,
- (8) 沖宗賢一, 他, "インターネットでの利用を考慮したプレイヤシステムの開発.", 57回全国大会講演論文集3G-03, 1998, p3-453-454
- (9) 井田 孝, 他, "MC-DCT符号化方式におけるノイズ除去フィルタ", 信学春秋期全大D-306, 3, 1990.



堀内 千尋 HORIUCHI Chihiro

東京システムセンター システム開発部主務。
MPEG 4応用システムの開発に従事。
情報処理学会会員。
Tokyo System Center



菊池 義浩 KIKUCHI Yoshihiro

研究開発センター 情報・通信システム研究所研究主務。
MPEG 4画像符号化技術の研究・開発に従事。電子情報
通信学会、映像情報メディア学会会員。
Communication & Information Systems Research Labs.