

ブロードバンドにおけるマルチメディアストリーミング技術その4 ～高品質画像符号化技術MPEG4 - ASPの開発～

呉 志雄

近年、xDSLをはじめ、FTTH、高速無線LANなどブロードバンドネットワークの普及が急速に進んできた。また、ブロードバンドネットワークへの加入者数も急速に増加して来ている。いよいよ本格的なブロードバンド時代の到来を予感させる。ブロードバンド時代におけるキラアプリケーションおよびキラコンテンツの存在が不可欠だと言われているが、マルチメディアとりわけ高品質動画画像への期待が大変大きい。

そのような期待に応えるべく、我々はいち早くブロードバンド向けのビデオストリーミングサーバOKI MediaServer*1)、およびそれを支えるMPEG4 CODECの開発に着手し、今年度の上期にMPEG4-ASP(後述)CODECを搭載したOKI MediaServer V5を製品化した。本稿では、まず、動画画像符号化の国際標準であるMPEGの概要を紹介し、続いて、当社の高品質MPEG4-ASP CODECを中心にその技術概要および特長について紹介する。

MPEGの概要

MPEGはISO(International Standard Organization)の傘下にある動画画像専門家グループ(Moving Picture Expert Group)の略称で、そこで数々の動画画像符号化に関する国際標準が策定されてきた。これらの国際標準はそのグループの略称に数字をつけて呼ばれることが多い。例えば、VCD、カラオケなどで良く使われているMPEG1、DVDやデジタル放送で採用されているMPEG2、インターネット音楽配信で一躍有名になったMP3などがある。

MPEG4はMPEGグループが策定した最新の動画画像符号化に関する国際標準である。MPEG4は1994年から始動したが、策定の初期段階では、超低ビットレートあるいは超高圧縮率をターゲットにしていた。その代表的なアプリケーションは、IMT2000などのモバイル通信である。しかし、1998年以降、ブロードバンドが台頭し、高品質および多機能な動画画像へのニーズが日増しに高まってきた。これらのさまざまな市場ニーズに応えるために、MPEG4は、図1に示すように多数のプロファイル(技術

*1) OKI MediaServerは沖電気工業(株)の汎用映像配信システムの登録商標。

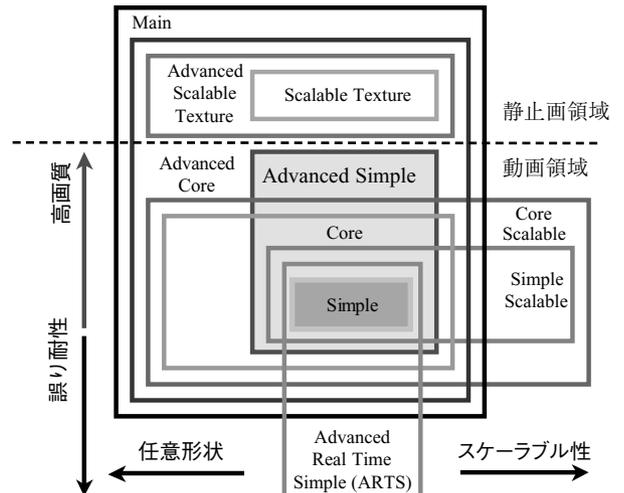


図1 MPEG4規格の構造図

の集合体)を規定するようになった¹⁾。その中で、ブロードバンドネットワークでの高品質動画画像伝送をターゲットとしたプロファイルとしてAdvanced Simple Profile(略称ASP)を規定している²⁾。ASPは業界の支持を得始めており、Internet Streaming Media Alliance(ISMA)は標準としていち早く採用している。

次世代携帯端末やナローバンドインターネットなどで使われている初期のバージョンのMPEG4-SP(Simple Profile)に比べ、MPEG4-ASPは、多くの符号化効率向上に寄与するツールが追加され(表1参照)、また、デジタル放送やDVDなどで使われているMPEG2に比べても、いくつかの符号化効率向上の工夫がなされている(表2参

表1 MPEG4-ASPの特長(vs.MPEG4-SP)

ツール名	機能
MPEG Q	MPEG量子化方式
Q-pel	1/4画素精度の動き補償
B-VOP	双方向予測
Interlace	インターレース入力画像対応
GMC	全画像領域動き補償

表2 MPEG4-ASPの特長 (vs.MPEG2)

ツール名	機能
4MV	1MBに4本のMVによる予測
UMV	画像領域外でのMV探索可
Q-pel	1/4画素精度の動き補償
D-mode	双方向予測におけるMVの有効利用
AC Pred.	AC成分の予測
3D VLC	3次元可変長符号化
GMC	全画像領域動き補償
Error Resilience	パケット分割、データ分割、リバーシブル可変長符号化

照)。これらの新しいツールによって、MPEG4-ASPの符号化効率が大幅に向上し、MPEG専門家グループ内外の評価でも、MPEG4-SPおよびMPEG2に比べて1.5~2倍の性能向上が認められている³⁾。以下、MPEG4-ASPについて、その技術的特長および当社のMPEG4-ASP CODECの特長について述べる。

MPEG4-ASPの技術的特長

MPEG4-ASPエンコーダは、図2に示すような構造を持っている^{1) 2)}。

図2において、画像が入力されると、まず該画像とすでに符号化復号された参照画像との間の動きについて調べられ(動き検出)、その動き分を補償した(動き補償)差分画像が求められる。そして、その差分画像が離散コサイン変換(DCT)され、量子化され、さらにその他のサイド情報と一緒に可変長符号化され、ビットストリーム(圧縮情報)として出力される。それと同時に、量子化された差分画像が逆量子化され、離散コサイン逆変換され、さらに動き補償された参照画像により補完され、次の参照画像としてメモリに蓄えられる。動き補償付きフレーム間差分を取ることによって、画像間の情報の冗長が取

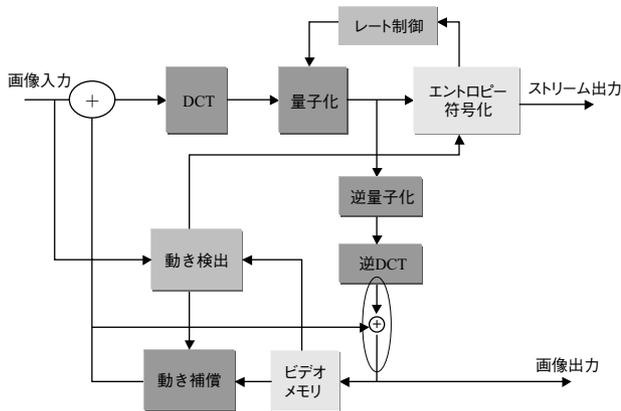


図2 MPEG4-ASPの構成図

*2) Pentium, mmXはIntel社の登録商標または商標。

り除かれ、情報量が圧縮される。また、差分画像に対してDCTを行うことによって、画像フレーム内の情報の冗長(相関)が取り除かれ、量子化によって情報が圧縮され、さらに可変長符号化によって、これらの情報がさらに圧縮されていく。このように一連のフレーム間およびフレーム内の情報量圧縮手段を経て、高い圧縮率が実現されている。MPEG4-ASPは、特に以下に述べる高圧縮および高品質の特長がある。まず、多彩な動き補償手段を持っており、その中でも1/4画素精度の動き補償手段は、高精彩画像の動き探索および動き補償の精度向上については符号化効率の向上に大きく貢献している。次に、双方向予測におけるダイレクトモードや、インターレース画像に対応したフレーム/フィールド適応予測、フレーム/フィールド適応DCTなどが符号化効率向上および画像品質向上に大きく寄与している。さらに、人間の視覚特性を考慮したMPEG量子化の採用および3次元可変長符号化(3D VLC)の採用により、同一圧縮比における画像品質の向上が可能となっている。

沖MPEG4-ASPのCODECの特長

当社はMPEG4策定の当初から標準化活動に参画し、積極的に当社方式の提案および採択への働きかけをしながら技術の蓄積および製品への応用を進めてきた。MPEG4 CODECの商品化においては、以下の目標を掲げながら開発を進めてきた。

(1) 高速化の追求

開発当初のPCの性能では、まだ動画像のリアルタイム符号化が困難であった。そんな中で、ソフトウェアによるリアルタイム符号化の実現を目標に、コンピュータアーキテクチャの側面、符号化アルゴリズムの側面、および、実装技術の側面から、高速化の可能性を追求した。コンピュータアーキテクチャの側面では、キャッシュの効果的利用やパイプライン化、並列化、mmX^{*2)}、SSEの活用など数々の工夫を凝らした。また、符号化アルゴリズムの側面では、高速アルゴリズムの開発、特に動き探索における高速アルゴリズムの開発、mmX、SSEが最大限に有効活用できるような並列化アルゴリズムの開発に注力した。また、実装技術の側面では、メモリコピーや演算回数を極力減らしたり、掛け算や割り算などの時間の要する演算を他の高速演算で代用したり、条件分岐によるパイプラインの破壊を極力抑えたりして、実装において細心の注意を払った。これらの数々の工夫により、いち早くリアルタイム符号化を実現することができ、また、高速という優位性を維持してきた。現在では、TV品質相当



図3 MPEG4-ASP による配信例 (QHD=960×540×30fps@4Mbps)

(VGA@30fps) の画像のリアルタイム符号化およびQHD (ハイビジョンの1/4サイズ、960×540ピクセル) 画像のリアルタイムデコード再生が可能である。図3は、平均4Mbps@30fpsのQHD画像の1シーンである。画像品質の高さを見て取れると思う。

(2) 高品質の追求

高速化への追求と同時に、高品質への追求にも拘った。高速と高品質とはかく両立しにくいものであり、最近まで業界のほとんどが画像品質を犠牲にした高速化の達成を目指していた。しかし、我々は高品質にも拘り、品質の低下を代償とする高速化は一切行わず、あくまでも画質を維持した上での高速化アルゴリズムの開発にチャレンジした。また、画像品質を安定的に高めるため、独自のフィードフォワードおよびフィードバック併用型レート制御アルゴリズムを開発し、リアルタイムでかつ符号化遅延をできるだけ抑えた上で、画像の品質を高めた。また、DCT/IDCTの演算精度にもこだわり、非常に高速でかつIEEEの基準を大きく上回る精度を実現している。それにより、高品質画像におけるIDCTミスマッチによる画

*3) Windows Media, Windows, Windows CEはMicrosoft社の登録商標または商標。

質劣化を非常に低く抑えることができた。さらに、低ビットレートにおける画像品質の安定確保のために、輪郭保存型のプレフィルタも開発した。このようなこだわりが実を結び、現在でもその画質の高さが高く評価されている。

(3) 低遅延への追求

双方向のコミュニケーションを考えた場合には、高速と高品質だけではまだ不十分であり、低遅延が不可欠である。我々は低遅延にも拘った。バッファリングを極力減らし、制御技術によって、画質の安定と低遅延のバランスを図った。現在LAN環境において、画像入力から、エンコード/サーバへの送信、サーバから受信者への配信、受信/デコード/表示までの総遅延は200msec以下を実現している。インターネットのストリーミングで使われているWindows Media^{*3)} やReal Media^{*4)} などでは、画像が再生するまでに長いバッファリング時間が必要で、片方向のコミュニケーションにしか利用できないのに対して、当社の低遅延システムはリアルタイム性を要する双方向のコミュニケーション分野などでかなりの競争優位性を持っている。

*4) Real Mediaは、Real Networks社の商標。

(4) 拡張の容易さの追求

MPEG4は、図1を見ても分かるように、大変多くの機能を含み、多くのアプリケーションにとって魅力的な符号化方式である。従って、機能拡張へのニーズが多い。また、時代の流れが速く、技術の世代交代も早い。これらの機能拡張および時代の変化に素早く対応するためには、ソフトウェアの柔軟性が大変重要である。我々が開発したMPEG4 CODECでは、設計の段階から階層化、モジュール化に細心の注意を払い、階層間およびモジュール間の独立性および隠蔽性を極力高めることによって、ソフトウェアの柔軟性および拡張・改修の容易性を高めた。この高い隠蔽性のお陰で、従来のソースコードに殆ど影響を与えることなく機能を拡張することができ、開発期間の短縮、信頼性の向上に大きく寄与している。

(5) マルチプラットフォームへの対応

MPEG4-ASP CODECは開発の第三世代に当たるが、第二世代からオブジェクト指向を取り入れるとともに、各種CPUに対して常に最高のパフォーマンスを出し、各種OSに対しても容易に移植ができるように、マルチプラットフォームへの対応に注意を払ってきた。CPUに関しては、Non-mmXから、Pentium2, 3, 4*2) までの各々に対して動的に常に最大のパフォーマンスが出るように設計されている。オブジェクト指向の設計により、Windows CE*3)、Windows*3)、Linux*5) などのOSも容易にサポートでき、PDA、セットトップボックス、専用端末などのnon-PCへの展開も容易になっている。

まとめ

MPEG4-ASPは、急速に発展するブロードバンドネットワーク上での映像ストリーミングサービスをターゲットとした高品質動画符号化国際標準であり、これからますます注目されるようになると予測される。当社が開発したMPEG4-ASP CODECは、規格として本来持ち合わせている高品質以上の画像品質を実現し、併せて高速化と低遅延化を実現している。その拡張の容易さとマルチプラットフォーム対応などの特長を生かして、幅広い製品への展開を行っていききたい。最後に、持続的に優位性を維持していくために、次世代符号化への取り組みも強化していく予定である。 ◆◆

参考文献

- 1) ISO/IEC JTC1/SC 29/WG11 N3904, Coding of audio-visual objects Part 2: visual, FDAM 4: Streaming video profile, Jan. 2001
- 2) ISO/IEC 14496-2:1999/Amd. 1:2000 (E), Coding of audio-visual objects Part 2: visual, AMD 1: Visual extensions, Jan. 2001
- 3) ISO/IEC JTC1/SC 29/WG11 M4698, Report of the ad-hoc group on MPEG-4 video verification tests, Jul. 1999

筆者紹介

呉志雄：Zhixiong Wu.ブロードバンドメディアカンパニー 技術開発部

TiPo

【基本用語解説】

mmX

mmXは、Intel社のPentium CPUに内蔵されているマルチメディア処理用のプロセッサであり、そのプロセッサを使用することによって、種々の高速・並列演算が可能であるが、専用言語によるプログラミングが必要である。

SSE

SSEは、mmXの拡張版で、より多くの高速・並列処理をサポートしている。

VGA

PCなどの画面表示サイズ（あるいは解像度）を表すもので、640（横）×480（縦）の画素サイズを持つ。

QHD

高解像度（High Definition 例：ハイビジョン画像＝1920×1080）の1/4サイズの画像サイズを表す。

*5) Linuxは、Linus Torvalds氏の米国およびその他の国における登録商標あるいは商標。