

H.264/AVCの適用動向と富士通の取組み

Fujitsu's Approach to H.264/AVC and Trend in Application

あらまし

従来のMPEG-2に比べて2倍以上の圧縮率を実現する動画像符号化方式H.264/AVCが2003年にITU-TとISO/IEC共同で国際標準化された。H.264/AVCは、その性能の高さからモバイルからHDTVまでの幅広い適用分野で採用が進んでいる。一方、その実用化に当たってはMPEG-2の10倍程度の演算量や符号化制御の難しさなど多くの課題がある。富士通では、これらの課題に取り組み、MPEG-2に比べて2倍以上の効率を最大限生かしつつ、富士通独自の低演算量、高画質を実現する符号化方式の開発に成功した。そして、この富士通独自の開発技術を武器に、デバイス技術からネットワーク技術までの強みを生かし幅広い分野のH.264/AVC対応の製品を開発している。

本稿では、H.264/AVCについて、特徴、適用動向、実用化の課題と課題を解決するために富士通が開発した技術、および富士通の製品適用への取組みを説明する。

Abstract

In 2003, the ITU-T and ISO/IEC developed a new video coding standard called H.264/AVC, which provides for more than double the compression performance of existing video coding standards, and has been adopted in many technological fields, such as mobile digital terrestrial broadcasting and the next generation DVD. However, H.264/AVC entails greater complexity and requires sophisticated coding control to obtain stable picture quality. In response to this need, Fujitsu devised a unique coding control algorithm for H.264/AVC to achieve stable video quality. By making the best use of our algorithm, we have developed some of the world's leading products including an H.264/AVC HD Codec LSI and video transmission devices. This paper introduces H.264/AVC, its coding control algorithm, and our approach to the development of H.264/AVC technology.



中川 章(なかがわ あきら)
画像・バイオメトリクス研究センター画像システム研究部 所属
現在、画像符号化方式、およびその
応用デバイスとシステムの開発
に従事。

まえがき

TV電話を主用途とした動画像符号化標準ITU-T H.261が1990年に産声をあげて以来、映像分野のデジタル化は着実に進展し、とくにこの10年間でDVD、放送、映像記録、映像伝送などのほとんどの映像分野でMPEG-2/MPEG-4などを中心としたデジタル技術に置き換わりつつある。そして、近年、HDTV (High Definition Television)・ブロードバンドネットワーク、大容量ディスク・デバイス技術の急速な進展により、放送・家電・通信・情報の各分野が融合したIPTVをはじめとする新サービスへの期待が高まり、従来よりも更に圧縮率の高い符号化方式が求められている。

このような背景のもと、従来方式より大幅な高圧縮率を目指す方式の研究開発が国際標準化機関で進められてきた。とくにITU-Tのビデオ符号化専門家グループ (VCEG) で1998年より開始され、多くの研究者の努力により、従来技術に比べて、はるかに高い圧縮効率を達成し注目を集めたH.26Lプロジェクトは、2001年からITU-TとISO/IECにより共同で設立されたJVT (Joint Video Team) に引き継がれた。そして、JVTが2003年にまとめた勧告書案をベースにITU-T H.264/MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding) (以下、H.264/AVC)

として標準化された^{(1),(2)} このH.264/AVCは、モバイル用途の数十kbpsの低レートの領域から、HDTV映像伝送などの数十Mbpsまでの幅広い適用領域で、従来のMPEG-2/MPEG-4などに比べて2倍以上の符号化効率を達成しており、すでに次世代DVDや携帯端末向け放送 (ワンセグ) への採用が決定するとともに、今後、HDTV放送やIPTVなどの様々な映像分野で急速に普及していくと予想される。

本稿では、H.264/AVCについて、特徴、適用動向、実用化の課題と課題を解決するために富士通が開発した技術、および富士通の製品適用への取組みを説明する。

H.264/AVCの特徴

H.264/AVCにおいては、従来のMPEGシリーズの国際標準方式に対して革新的な技術は採用されておらず、むしろ、符号化のあらゆる信号処理過程を徹底的に見直し、細かな最適化や符号化モードの細分化による小さな効率改善の積重ねにより、MPEG-2の2倍といわれる圧縮効率を実現している⁽³⁾ 本章では、H.264/AVCの高い圧縮性能を実現している技術/ツール類とモバイル用途からHDTVまでの幅広い領域の動画像アプリケーションを網羅的にカバーしたプロファイル定義について説明する (図-1)。

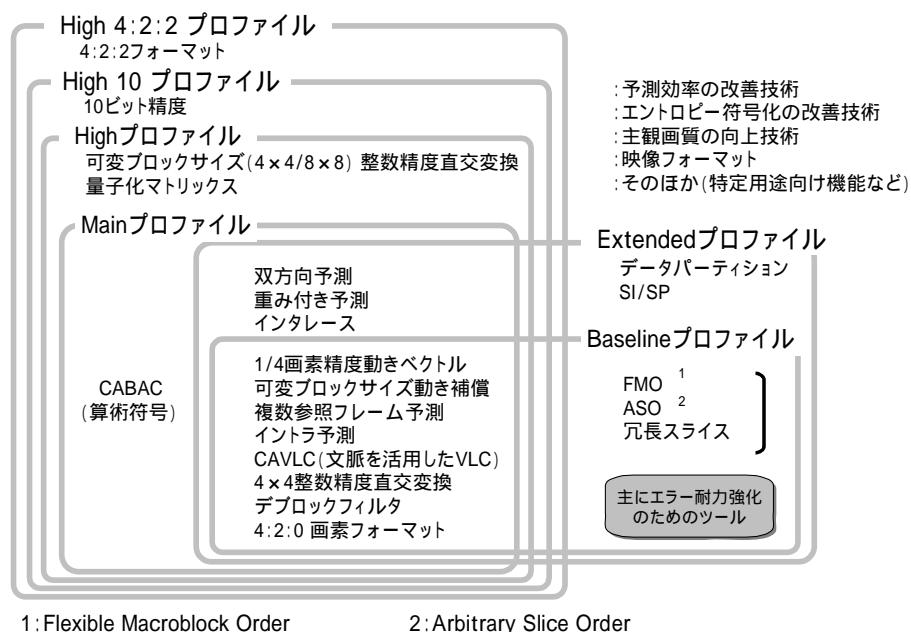


図-1 H.264/AVCのプロファイル定義とツールの分類
Fig.1-Profile definition of H.264/AVC.

H.264/AVCに採用されている主な技術

従来のMPEGシリーズの国際標準化方式に対して大幅な符号化効率の向上を実現するためにH.264/AVCに採用された技術は、予測効率の改善技術(図-1の), エントロピー符号化の改善技術(図-1の), 主観画質を向上させる技術(図-1の)の大きく3種類に分類することができる。以下に、各技術を説明する。

(1) 予測効率の大幅な改善技術

H.264/AVCの一つの特徴は、従来のMPEG-2などに比べて、予測画像の精度を高め、伝送すべき予測誤差信号を徹底的に少なくするための技術が数多く採用されていることである。これらの技術として、動き予測の精度向上を実現する1/4画素精度動きベクトル、物体形状に合わせた予測を実現する可変ブロックサイズ動き補償、背景予測などに効果的な複数参照フレーム予測、画素空間での外挿予測を行うイントラ予測、フェードシーンで効果を発揮する重み付き予測(Weighted Prediction)などが挙げられる。

(2) エントロピー符号化の改善技術

H.264/AVCでは、隣接ブロックの係数の個数により可変長符号を切り替えるCAVLC(Context-based Adaptive Variable Length Coding)に加え、シンボル間の相関を用いて適応的に確率テーブルを選択する算術符号であるCABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)が採用されている。CABACはCAVLCに比べ処理は複雑であるものの、CAVLCに対して最大20~30%程度の効率改善が可能である。

(3) 主観画質を向上させる技術

H.264/AVCでは、符号化効率ばかりでなく、主観画質を向上する技術も採用されている。その一つであるデブロックフィルタは、ブロック間にフィルタをかけ、ブロックノイズの低減を実現する。また、可変ブロックサイズ(4×4/8×8)整数精度直交変換は、モスキートノイズの空間方向の広がりを抑制する。

プロファイル規定

H.264/AVCでは、用途に応じて最適なツールを組み合わせた6種類のプロファイルを規定しており(図-1)、今後、新たに3種類のプロファイルが追加される予定である。以下に各プロファイルについて

説明する。

(1) Baselineプロファイル

主にTV電話などの双方向通信やモバイル向けのアプリケーションを想定し、最低限のツールの組合せで低演算量のコーデックが実現できるような構成となっている。

(2) Mainプロファイル

H.264/AVCのVer.1制定時に、最大の圧縮効率の実現を可能とするツールを組み合わせたプロファイルである。Baselineプロファイルに加えCABAC、双方向予測、インタレースなどのツールが追加されている。

(3) Extendedプロファイル

ストリーミングなどの用途向けにMainプロファイルにSI(Switching I)/SP(Switching P)などのツールを追加したプロファイルである。ただしCABACは使用不可である。

(4) Highプロファイル

2005年12月のH.264/AVC Ver.3制定時に、HDTVや次世代DVDなどの高精細画像を符号化するに適したツールの組合せとして、Mainプロファイルの上位互換として新たに制定されたプロファイルである。Mainプロファイルに加え、MPEG-2で採用されていた8×8直交変換、量子化マトリックスなどが採用されており、様々な種類の映像に対してH.264/AVCの最高性能の映像品質が実現可能である。

(5) High 10/High 4:2:2などの業務用途プロファイル

これらは、素材伝送などの業務用の用途に向け、10ビット以上の画素値精度、4:2:0に加え4:2:2などの映像フォーマットに対応したプロファイルである。今後、さらにHigh 4:4:4プロファイルの改版やHigh 10 Intraプロファイル、High 4:2:2 Intraプロファイルの追加が行われる予定である。

H.264/AVCの適用動向

H.264/AVCは、符号化効率の高さと拡張性の高さから、映像分野で幅広く適用が決まっている。以下にH.264/AVCの適用動向について紹介する。

(1) 次世代DVD

HDTVの急速な普及に伴い、最大1920×1080画素のフルHDの記録・再生に対応した次世代DVDの

ニーズが高まり、近年、Blu-Ray、HD DVDなどの規格が策定された。これらの規格では、従来のDVDで採用されたMPEG-2に加え、H.264/AVCのHighプロファイルが採用されている。

(2) 次世代デジタル放送

現在、放送の分野では、移動体端末向けとHDTV向けの両サービスに向けた放送の規格があり、それぞれでH.264/AVCの採用が進んでいる。

まず移動体向けサービスでは、ワンセグ（日本）、DVB-H（欧州）、T-DMB（韓国）などの規格があり、それぞれでH.264/AVCのBaselineプロファイルを採用している。

また、HDTV放送については、欧州の衛星放送規格であるDVB-S2や北米のデジタル放送規格ATSCなどがH.264/AVCのHighプロファイルを採用しており、日本でもCS放送を皮切りに、社団法人電波産業会（ARIB）でH.264/AVC Highプロファイルを採用した規格が2007年中にも制定される見込みである。

(3) IPTV

近年のブロードバンドIPネットワークとHDTVの普及により、インターネット経由で双方向TVなどの新サービスの実現を目指したIPTVへの取組み

が世界中で活発になっている。その中でITU-Tでは、IPTV関連技術の標準化などを推進するためにIPTV Focus Groupを立ち上げ、2006年6月よりNGN（Next-Generation Network）連携も視野に入れ議論が進められている。また、日本でも総務省が中心となり、キャリア、IPプロバイダ、放送局、家電メーカーなどが参加するIPTVフォーラムが発足し、同様の議論が開始された。一方、H.264/AVCで符号化したHD映像をIP経由で配信するサービスも立ち上がりつつあり、今後は、IPTVの分野においても、H.264/AVCの採用が確実に広がるものと考ええる。

実用化の課題と富士通の開発技術

これまで紹介したとおり、H.264/AVCの高い符号化効率と幅広い適用領域から、その期待は日々高まっている。しかし、その実用化においては、いくつかの大きな課題がある。本章では、H.264/AVC実用化における課題と、それらの課題を解決するための富士通の取組みについて紹介する（図-2）。

実用化の課題

H.264/AVCを実用化する際の課題について以下に説明する。

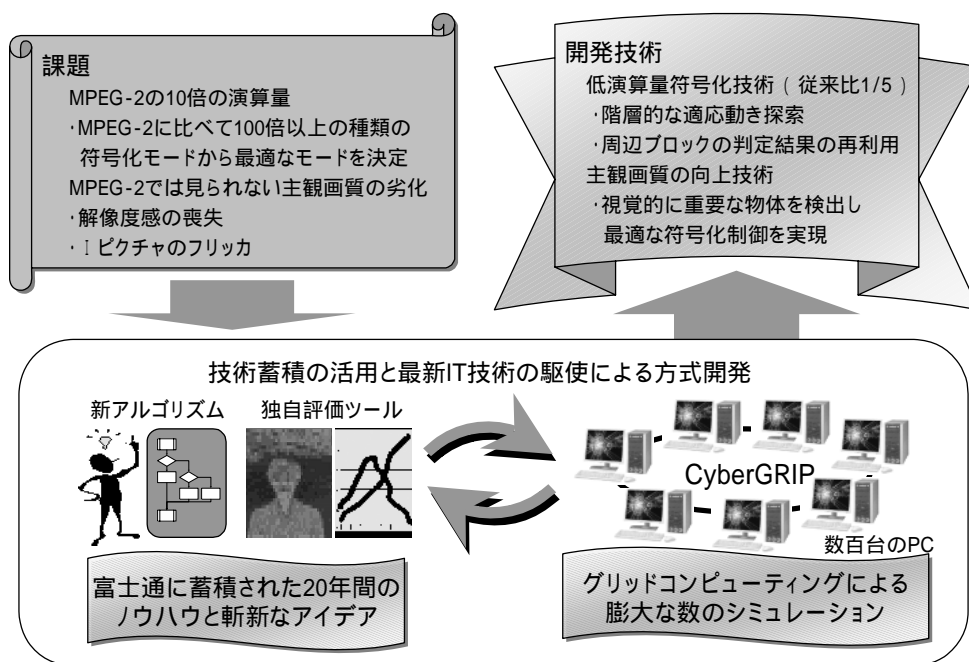


図-2 H.264/AVC実用化の課題と開発技術
Fig.2-Problems and solutions of H.264/AVC.

(1) 演算処理量の削減

H.264/AVCでは、MPEG-2に比べて100倍以上の符号化モードの選択肢を用意し、その中から最適モードを選択することで、MPEG-2に比べて2倍以上の高い圧縮率を実現している。そのため、JVTが配布しているH.264/AVCの参照ソフトウェア(JM: Joint Model)を用いるとエンコーダ処理は従来のMPEG-2に対して約10倍以上の演算量が必要である。また、処理に必要なメモリバンド幅も演算量に比例して増大する。実用化に際しては、符号化性能を保ったまま、演算量を大幅に削減する技術が不可欠である。

(2) 主観画質の向上

H.264/AVCを、符号化効率の向上に合わせてMPEG-2に比べて約1/2の情報量で符号化した場合、従来のMPEG-2と同等な符号化制御のままだと、テクスチャの極端な解像度感の喪失、他画面に依存せず単独にデコードするだけで生成されるIピクチャごとのフリッカなど、MPEG-2の場合には見られなかったような劣化が見られることが分かっている。あらゆるシーンで安定した主観画質を実現するためには、MPEG-2に比べてはるかに精度の高い符号化制御が必要である。

富士通の開発技術

富士通では、過去20年間に蓄積した動画像符号化の独自のノウハウや評価技術に基づき、前述の課題を解決するための独自技術の開発に成功した。開発に際しては、数多くの種類のアルゴリズムやパラメタの最適化を行うために、膨大な数のシミュレーションを行う必要があった。これに対し、数百台規模のPCで並列計算処理を実現するグリッドコンピューティング環境CyberGRIP[®]を活用し、開発期間を大幅に短縮した。以下に開発技術の概要を説明する。

(1) 演算量削減技術

エンコーダにおいて最も処理負荷が大きく、かつ、画質に影響を与える動き予測とブロック分割モード判定処理に関し、画質劣化を最小限に抑えつつ低演算量での実現方式として以下の方式を開発した。

- ・H.264/AVCの各予測効率改善技術の特徴を考慮した、複数階層的の動き探索による適応的な動き予測方式。
- ・符号化済みの周辺ブロックでの判定結果を再利用

した最適符号化モードの高速判定方式。

これらの技術により、予測効率を損なうことなく、参照ソフトウェアに比較し、動き予測・ブロック分割モード判定処理の負荷を約1/5に低減した。

(2) 主観画質の向上技術

テクスチャの極端な解像度感の喪失、IピクチャごとのフリッカなどのH.264/AVC特有の主観画質劣化に対し、視覚的に重要な部分を検出し、その結果に基づいて最適な符号化制御(メリハリ制御)を行うことで、あらゆるシーンで安定した主観画質を低演算量で実現する制御アルゴリズムを開発した。上記技術を適用した独自のエンコーダソフトウェアによる処理画像と前述の参照ソフトウェアによる処理画像の比較例を図-3に示す。開発方式での符号化に必要な演算量は、参照ソフトウェアに比較して約1/5(MPEG-2の2倍程度)となっているが、逆に符号化画像では大幅な改善を実現していることが分かる。

富士通のH.264/AVCの製品適用への取組み

富士通では、前述の低演算量/高画質の独自技術を核に、90/65 nm プロセスやSiP(System in Package)技術などの世界トップクラスの半導体技術と、QoS技術・サーバ技術などの業界No.1実績のIPネットワーク技術とを組み合わせ、幅広いH.264/AVC対応製品を開発している(図-4)。

まず、半導体の分野では、独自開発のH.264/AVCの低演算量・高画質化技術を応用し、CPUによる



(a) 参照ソフトウェアによる処理画像 (b) 開発技術による処理画像
映像情報メディア学会テストチャート使用

図-3 JVT参照ソフトウェアと開発技術による処理画像の比較(720×480サイズ映像を2 Mbpsで符号化)
Fig.3-Comparison of coding performance between JVT reference software and developed scheme (720 by 480 pixel image encoded at 2 Mbps).

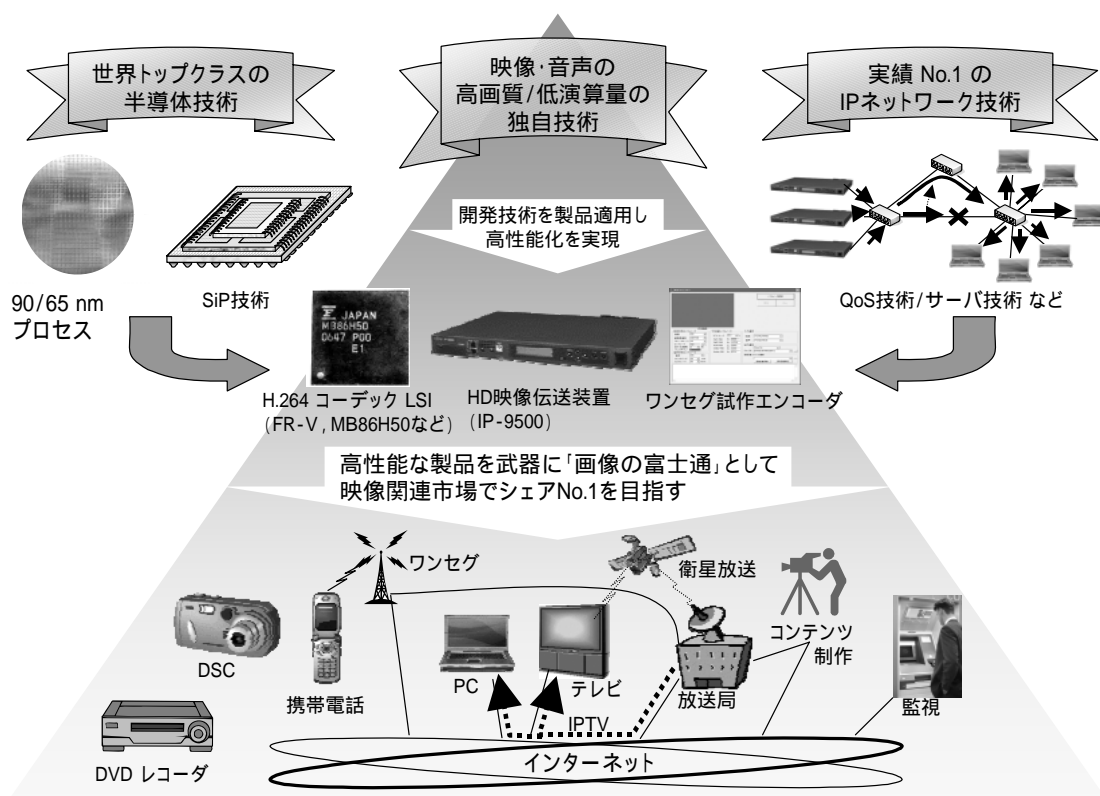


図-4 H.264/AVC技術を核とした映像関連市場への展開
 Fig.4-Expansion of H.264/AVC products to video related market.

ソフトウェア処理とハードアシストを適切に組み合わせ、高画質化・マルチコーデック・マルチ処理を実現したH.264/AVC対応マルチコーデックプロセッサ・FR-Vシリーズ⁽⁵⁾ および世界で初めてH.264/AVCのHighプロファイルに準拠したLSI製品MB86H50⁽⁶⁾の開発を完了している。

つぎに映像伝送の分野では、FTTH (Fiber To The Home) のような安価なベストエフォート回線でもHDTV映像の品質を損なうことなく収集・配信するシステムを構築することが可能なエンコーダ/デコーダ装置IP-9500を開発した⁽⁷⁾ また、富士通で開発したHE-AACオーディオコーデック規格対応超低ビットレート方式⁽⁸⁾とH.264/AVCの高画質化技術を適用した携帯端末向け地上デジタル放送(ワンセグ)向け試作エンコーダ⁽⁹⁾の開発にも成功した。

今後は、これらの世界トップクラスの製品を武器に、図-4で示した各種の映像関連のコンシューマ家電向けデバイス市場から、放送、コンテンツ制作、監視などの業務用市場までのあらゆる映像関連市場で「画像の富士通」としてシェアNo.1を目指していく。

む す び

近年、HDTVとブロードバンドが一般家庭に急速に普及し、放送・家電・通信・情報の各分野が融合したIPTVをはじめとする新サービスがまさに離陸しつつある。このような状況の中、携帯端末向けの超低レートから、高い臨場感を表現するHDTVまでの幅広い適用分野で、従来のMPEG-2に比べて2倍以上の圧縮率を実現するH.264/AVCは時代のニーズにマッチしており、その実用化技術と関連製品は映像分野の新しい世界を切り開く強力なエンジンとなると考える。

富士通では、多くの課題に正面から取り組み、MPEG-2に比べて2倍以上の効率を最大限生かしつつ、富士通独自の低演算量、高画質を実現する符号化方式の開発に成功した。そして、この富士通独自の開発技術を武器に、デバイスからネットワークまでの強みを生かし幅広い分野のH.264/AVC対応の製品を開発している。

今後は、独自技術に更に磨きをかけ、H.264/AVC技術を武器に映像関連市場での世界シェアNo.1を

目指す。

参考文献

- (1) ITU-T Recommendation H.264 : Advanced Video Coding for generic audiovisual service . 2003 .
- (2) ISO/IEC 14496-10 : Coding of audiovisual objects Part 10: Advanced Video Coding . 2003 .
- (3) G. J. Sullivan, et al. : Video Compression-From Concepts to the H.264/AVC Standard . Proc of the IEEE proc. , Vol.93 , No.1 , p.18-31 (2005) .
- (4) 安里彰ほか：計算機リソースを有効活用するグリッドミドルウェア：CyberGRIP . *FUJITSU* , Vol.55 , No.2 , p.146-151 (2004) .
- (5) 久保田智規ほか：組込みプロセッサ向けH.264/AVCコーデックミドルウェア技術 . *FUJITSU* , Vol.58 , No.2 , p.143-148 (2007) .
- (6) 中山寛ほか：H.264/AVC準拠HDTV対応ビデオコーデックLSI . *FUJITSU* , Vol.58 , No.2 , p.149-155 (2007) .
- (7) 宮坂秀樹ほか：IPネットワーク対応H.264/AVCコーデックシステム . *FUJITSU* , Vol.58 , No.2 , p.156-161 (2007) .
- (8) 鈴木政直ほか：ワンセグ放送向けオーディオ符号化技術 . *FUJITSU* , Vol.58 , No.2 , p.162-167 (2007) .
- (9) 酒井潔：最新動画像符号化方式H.264/AVCへの取組み . *FUJITSU* , Vol.56 , No.4 , p.340-345 (2005) .

