

通信システム向け高品質映像伝送ボード

中田浩志* 松田幸成**
山本好彦* 川畑幸保**
猪股英樹*

High-quality Video Transmission Board for Video Communication System

Hiroshi Nakata, Yoshihiko Yamamoto, Hideki Inomata, Yukinari Matsuda, Yukiyasu Kawahata

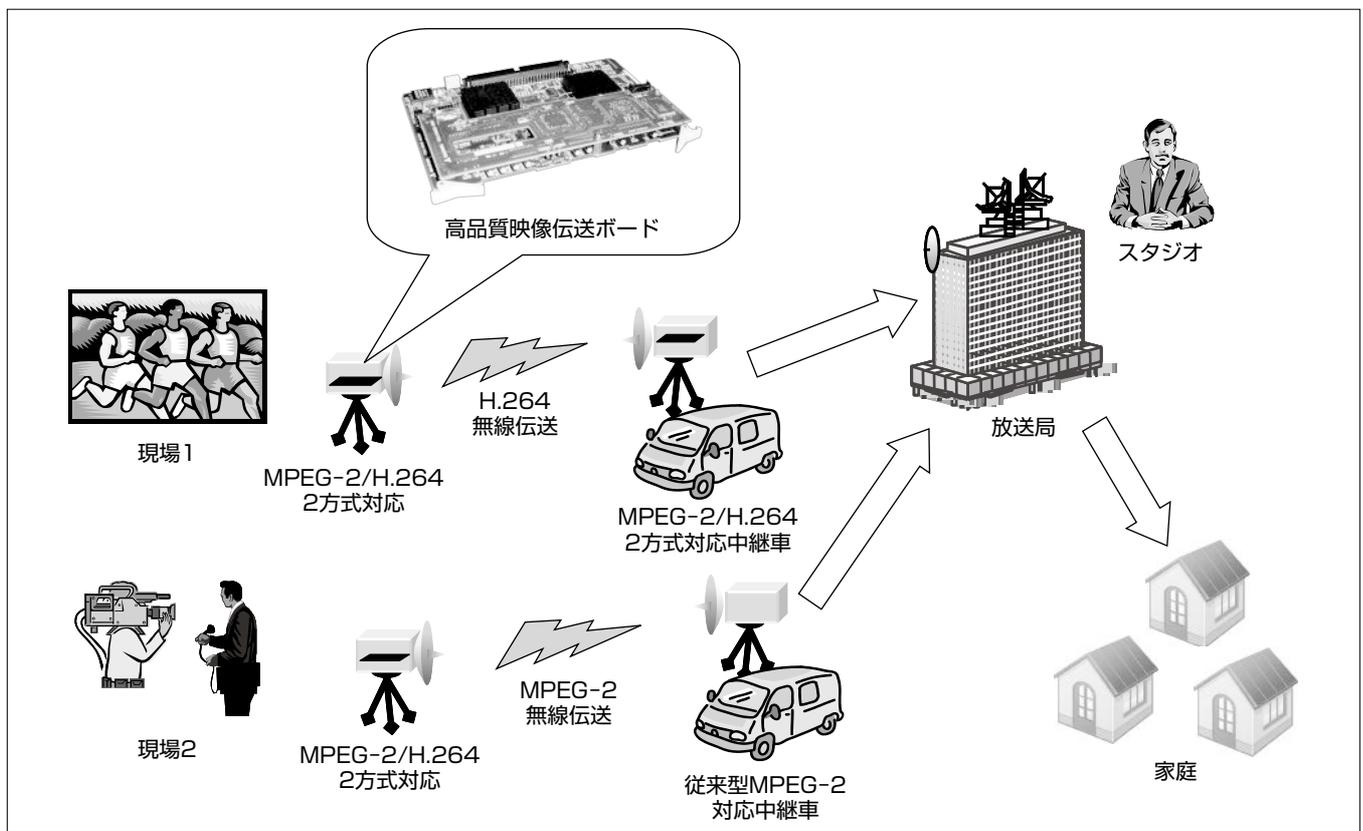
要旨

テレビ放送や映像通信の分野で、デジタル化、HDTV (High Definition TeleVision)化と大きな変革を迎えている。映像符号化方式はMPEG(Moving Picture Experts Group)-2方式からMPEG-4 AVC(Advanced Video Coding)/H.264方式へ発展し、従来のMPEG-2方式に対してMPEG-4 AVC/H.264方式は2倍の符号化効率を達成している。更なる映像伝送品質の向上が要求される一方で、現場からのライブ中継などでは、撮影機材の取り回しの良さや新旧機器が混在した環境での運用が求められている。

三菱電機ではこのような要求を満たし、機器の小型化、相互接続性を両立させるために、映像符号化方式に従来のMPEG-2方式に加え新たにMPEG-4 AVC/H.264方式へ対

応した高品質映像伝送ボードを開発した。ライブ中継などの通信システムを始め、様々な映像伝送に適用できるように、即時性を高める映像符号化・復号処理遅延10msの超低遅延処理、伝送レートが極めて低い状況でも映像品質を確保する超低レート符号化処理、伝送誤りによる映像の乱れを修復して映像の途切れを抑制する映像復元機能、運用中の障害への対処を迅速にするストリーム蓄積・再生機能等を実現した。

今回開発した映像伝送ボードによって、様々な運用環境であっても伝送品質に応じて最適な映像伝送が実現できるようになる。



ライブ中継の運用イメージ

マラソン中継や取材現場からの中継では、屋内スタジオからの放送のような常設設備ではなく、可搬機材を運搬設置してライブ中継環境を構築して放送することとなる。複数のカメラを用いて中継する際には、サポートする方式が異なる機器が混在して運用される場合もあり、現場での効率的な運用には機動性や相互接続性が高く、伝送エラーに強いシステムが望まれる。

1. ま え が き

通信技術と映像符号化技術の向上によって、情報量が膨大な映像をリアルタイムかつ高品質に伝送できるようになり、更なる進歩が続いている。ニュースやスポーツ、災害現場等の臨場感のある映像が現場からライブ中継されることも多くなっている。

当社では映像符号化技術に長きにわたって取り組んでおり、映像符号化の黎明(れいめい)期から映像符号化方式の標準化活動に参画し、その成果を応用した製品を継続して開発している。

映像符号化方式も従来のMPEG-2方式の2倍の符号化効率を達成するMPEG-4 AVC/H.264方式(以下“AVC/H.264”という。)へと発展し、限られた伝送帯域を有効に活用し高画質な映像を伝送可能な映像符号化・伝送装置の開発を行っている⁽¹⁾。

本稿では、現場からのライブ中継などの中継機器に適用可能な映像伝送ボードと適用しているコーデック技術について述べる。

2. 映像伝送ボードの開発

ライブ中継を主なターゲットとしたボード型コーデック(エンコーダ, デコーダ)を開発した。長年培ってきた映像符号化技術を基に専用LSIを開発することで小型化と高性能化を両立させ、伝送帯域の有効活用やサービス向上、システムの機動性向上を実現している。

2.1 ボード型コーデック

このボードは、従来機種の特長であった高画質を踏襲し、さらに、現場での運用効率の向上やライブ中継以外への用途に展開を可能とする次の機能の拡充を図っている。

- (1) MPEG-2, AVC/H.264の映像符号化方式への対応
- (2) 超低遅延符号化・復号伝送
- (3) 超低レート符号化伝送
- (4) 伝送誤りに対するエラーコンシールメント機能
- (5) 伝送ストリームの蓄積・再生機能

映像伝送ボードを図1, 主な諸元を表1に示す。

このボードでは既存MPEG-2方式の機器との接続を考慮し、AVC/H.264方式のみならずMPEG-2方式も実装している。これによって、新旧の方式が混在した運用では既存機器が受信可能な方式を選択することで相互接続性を確保でき、現場での運用の幅が増えることになる。また、現場からの中継では伝送状態が不安定であったり、十分な伝送帯域が確保できない状況もある。そのような状況であっても可能な限り滑らかな映像伝送を確保する工夫を行っている。

2.2 H.264エンコーダLSI

AVC/H.264方式は、MPEG-2方式の10倍とも言われる演算量を必要とするため、その実現は容易ではなかった。

そこで、AVC/H.264方式が必要とする演算量を達成するため、H.264エンコーダLSI(図2)を開発した⁽²⁾。主な諸元を表2に示す。

装置の小型化を図るため1チップで実現することを目標

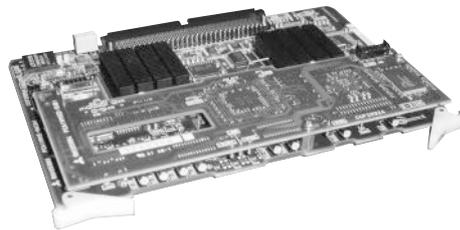


図1. ボード型エンコーダ

表1. 映像伝送ボードの主な諸元

項目	内容
映像符号化方式	MPEG-4 AVC/H.264 High422P@L4.1 MPEG-2 422P@HL, MP@HL, MP@ML
映像フォーマット	1920/1440×1080i 29.27/25Hz 1280×720p 59.94/50Hz 720×480i 29.97Hz 720×576i 25Hz
クロマフォーマット	MPEG-4 AVC/H.264 4:2:0/4:2:2 MPEG-2 4:2:0/4:2:2 ^(注1)
音声符号化方式	MPEG-2 AAC MPEG-1 Audio Layer II PCM(SMPTE 302M)
補助データ	SMPTE 272M, ARIB TR-B22/B23 LTC/VITC
メディア多重	MPEG-2 TS, 最大 160Mbps
遅延時間 ^(注2)	通常遅延: 600ms~ 低遅延(P-only): 100ms~ 超低遅延(P-only): 10ms~
伝送形式	DVB-ASI, 188/204バイト切替
ボードサイズ	180×120(mm)

(注1) エンコーダは4:2:0

(注2) 当社製エンコーダ/デコーダ直結時の処理時間

AAC : Advanced Audio Coding
PCM : Pulse Code Modulation
SMPTE : Society of Motion Picture and Television Engineers
ARIB : (社)電波産業会
TS : Transport Stream
LTC : Longitudinal Time Code
P-only : Predictive Coded Picture only
DVB-ASI : Digital Video Broadcasting via Asynchronous Serial Interface
VITC : Vertical Interval Time Code



図2. H.264エンコーダLSI

表2. H.264エンコーダLSIの主な諸元

項目	内容
最大クロックレート	324MHz
プロセス	90nm 7層メタル
チップサイズ	9×9(mm)
パッケージ	35×35(mm), 769ピンPBGA
外部メモリ	DDR2 256M×32ビット

PBGA: Plastic Ball Grid Array

DDR2: Double Data Rate 2

に映像符号化処理の最適化による演算量の削減だけでなく、実装レベルでのゲート数を削減するアーキテクチャなどの高度なASIC(Application Specific Integrated Circuit)設計技術を駆使している。直交変換や量子化、動き探索といった各種符号化ツールごとにプロセッサ処理やハードウェア処理から最適な手法を組み合わせたアーキテクチャ構成によって処理効率を高める工夫を行っている。

3. コーデック技術

映像伝送における実際の運用では様々な状況があり、理想的な映像伝送品質が確保できるとは限らない。どのような状況であっても可能な限り映像品質を保つことでサービスの向上が期待できる。この章では映像伝送を多様な用途へ展開するために新たに開発したコーデック技術を述べる⁽³⁾。

3.1 超低遅延符号化技術

現場のレポーターの映像が伝送されてスタジオに届くまでの時間が長いと、それだけライブ中継における掛け合いなどで違和感が生じることになる。そのためコーデック遅延を短縮するため、映像符号化・復号処理をピクチャー単位よりも細分化し、装置内部でのデータ転送処理を効率化して、映像の符号化・復号にかかる処理遅延を短縮する技術を開発した(図3)。

映像符号化では映像の特徴に応じて情報量を配分し、映像の類似箇所を探索して差分を伝送するなどの手法で少ない情報量に圧縮している。しかし、ピクチャーを細分化して符号化・復号処理を短時間にする場合、映像の一部だけで映像符号化制御を判定し、細分化した個々の領域の符号化レートが変動しないように一定の範囲内の符号化レートで出力することが課題となる。このボードでは安定した画質を確保するため、高度な符号化レート制御や緻密な処理のスケジューリングを実施することで約10msの超低遅延コーデックを実現した。

3.2 超低レート符号化技術

AVC/H.264方式になって映像圧縮効率が向上したが、HDTV映像を5Mbps以下で伝送することは難しく、防災向け衛星通信などで用いられる1~2Mbpsのような極めて低いレートになると映像の内容によっては映像の動きが

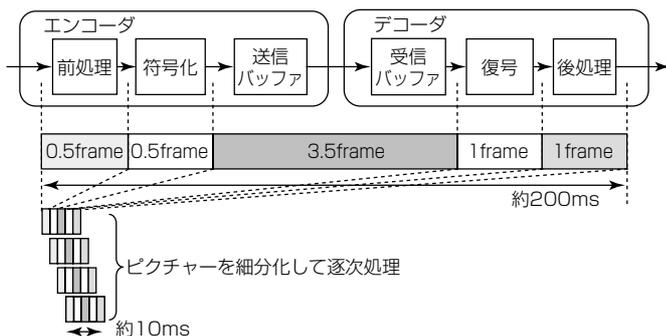


図3. 超低遅延の概念

止まる、ブロック状のノイズが現れる等、符号化処理が破綻する問題が生じてしまう。そこで映像内の動き情報や符号化難易度によって伝送帯域に応じた最適な映像解像度や映像フレームレートを動的に決定し、これらの問題に対処する技術を開発した(図4)。

映像にはその内容によって図5に示すような情報の偏りがあるため、エンコーダ側ではその特徴を利用して映像符号化を制御する。例えば、カメラのパン・チルト等の操作のため動き量が特定の大きさに偏っている場合(図5(a))には、映像解像度を落として符号量を節約し、その代わりに映像フレームレートを維持して滑らかな動きを保持する。また、静止画や高ノイズ映像等で動き量がゼロに集中している場合や偏りが見られない場合(図5(b))には、映像フレームレートを落として符号量を節約することで符号化効率を高めている。また、デコーダ側では超解像技術によって映像の精細感を高めて低レートでの映像劣化を改善している。

3.3 エラーコンシール技術

映像符号化の弊害として、伝送路上のエラーによるビット誤りが復号結果に多大な影響を与え、視覚的にも悪い印象となることが挙げられる。従来は復号エラーによる映像の乱れを回避するためピクチャー単位にフリーズして正常に復号された映像だけを繰り返し出力するようにして対処しており、映像の動きが途切れることになっていた。このボードでは復号エラーがあっても映像の特徴に応じて適切に補正するエラーコンシールと呼ばれる元の映像を再現する技術を実装している。これによって映像の動きを維持して伝送エラーの影響を軽減する効果を実現している(図6)。

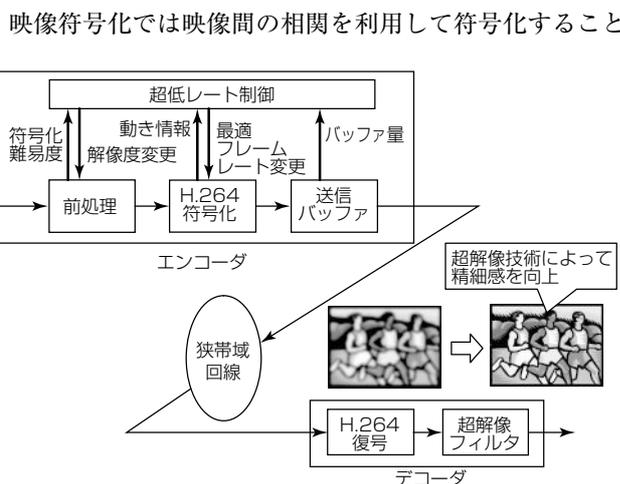


図4. 超低レート符号化の概念

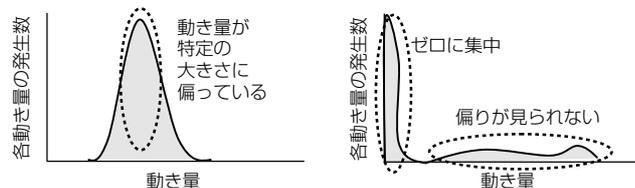


図5. 映像内の動き量の偏り

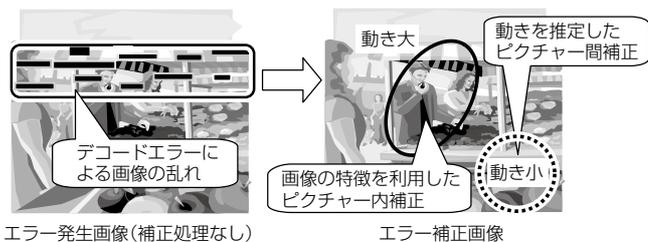


図6. エラーコンシールの概念

で情報量を圧縮しており、単独で符号化したピクチャーをIピクチャー、過去のピクチャーを参照して差分を符号化したピクチャーをPピクチャー、過去と未来の両方のピクチャーを参照して差分を符号化したピクチャーをBピクチャーと呼ぶ。複数ピクチャーからの差分を利用するため、図7のように差分の元になるピクチャーに復号エラーが発生して正しい映像が得られなかった場合、そのピクチャーを参照するピクチャーもまた正しい映像とならず、復号エラーが伝播(でんぱ)してしまう。例えば、映像の符号化構造によってIピクチャーが0.5秒周期であった場合、最大0.5秒間にわたってエラーが伝播することになるため、従来はそのエラー伝播期間中には映像をフリーズ表示していた。

このボードでは映像の動きを維持するため、復号エラーによる映像乱れを修復し、復号エラーの伝播を抑制するように復号処理を制御する機能を実装している。

例えば、映像の動き量が小さい領域に対しては隣接するピクチャーとの違いが少ないことを利用して隣接ピクチャーの類似部分を用いて修復し、映像の動き量が多い領域に対しては同一ピクチャー内の近接部分の映像を用いて修復する。このような制御を複数のマクロブロック単位で適応的に実施し映像補正の精度を高めている。

また、復号エラーの伝播抑制についても、動き量に応じて隣接ピクチャーを用いるか自ピクチャーを用いるかを適応的に切り換えている。隣接ピクチャーを用いた修復は、対象がPピクチャーの場合には自ピクチャーの動き情報を基に直前のI/Pピクチャーから修復を行う。修復対象がBピクチャーの場合には直後のPピクチャーの動き情報を基に前後のPピクチャーから修復を行ってエラーの伝播を抑制している。

3.4 ストリーム蓄積・再生技術

テレビ放送中に映像途絶などの障害が発生した場合には放送事故として重大な問題として取り扱われる。そのため、障害を発生させないことが前提となるが、障害発生の際には原因究明や対策に向けたすみやかな対応が必要となる。障害原因を特定する手段の一つとして受信ストリームの解析が有効であり、デコーダ側では受信ストリームの蓄積・再生機能を実装している。重大な障害が発生した箇所限定して受信ストリームを取り込むことで、解析作業を容易にするとともに、実装面(コスト、サイズ)でも有効である。

デコーダ側では映像伝送を妨げずに記録するため、図8

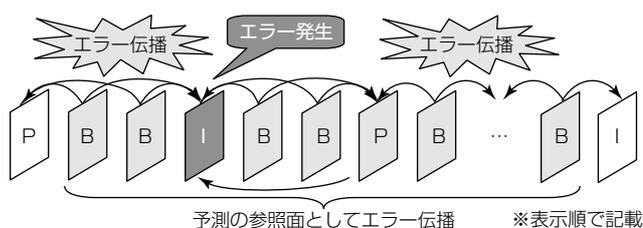


図7. 復号エラーの伝播

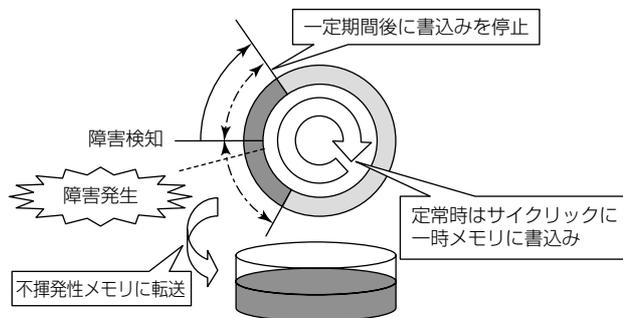


図8. エラー時のストリーム記録

のような処理フローによって自動的に障害を含む受信ストリームを蓄積できるように制御している。

- (1) ストリーム受信とともに一時メモリにサイクリックに保存を継続
- (2) 障害検知時には障害箇所前後のストリームを保存するように保存タイミングを制御
- (3) 電源再投入や再起動後もストリームの解析ができるようにストリームを不揮発性メモリへ書き込み処理
- (4) デコーダ内部で簡易な解析ができる自律的な復号・表示制御
- (5) 詳細な解析時には保存ストリームを取り出し

これらによって発生頻度の少ない障害の分析が容易になり、原因究明に要する時間の大幅な短縮が可能となる。

4. むすび

現場からのライブ中継を担う通信システムで、運用効率や機動力の向上を可能とする高品質映像伝送ボードを開発した。引き続き、これまでに培った映像符号化・伝送技術を更に発展させて、放送業務や映像監視等の映像伝送サービスへ貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 猪股英樹, ほか: H.264HDTVコーデック技術, 三菱電機技報, **82**, No.12, 747~750 (2008)
- (2) 本山信明, ほか: H.264/AVC High422P@L4.1対応1チップHDTVエンコーダLSIの開発, 映像情報メディア, **63**, No.12, 1860~1867 (2009)
- (3) 本山信明, ほか: H.264/MPEG-2ビデオデコーダの開発(1)~(4), 電子情報通信学会総合大会, D-11-55~D-11-58 (2012)