

H.264/AVC の適応誤り耐性アルゴリズムに関する一検討 A Study on Adaptive Error Concealment Algorithm for H.264/AVC

出原 優一
Yuichi Idehara

関口 俊一
Shun-ichi Sekiguchi

山田 悦久
Yoshihisa Yamada

1. はじめに

H.264/AVC はワンセグ、デジタルラジオなどの移動体端末向け放送サービスにおける映像符号化方式として既に採用されており、また 3GPP にて、次世代のモバイル映像通信のための符号化方式として採用されるに至っている。そのため、モバイル伝送条件下における H.264/AVC の誤り耐性技術の必要性が高まっている。上記の背景に基づき、できるだけ少ない処理量で、伝送誤りに起因する AVC/H.264 の再生画質の劣化を低減するエラーコンシールメントアルゴリズムに関する検討を行った。

2. 従来技術とその課題

H.264/AVC を含む MPEG 等の映像符号化による圧縮データは、可変長符号で表現される部分が大半である。よって移動体伝送路上で輻輳や電波干渉などで混入するビット誤りにより、誤りを生じたビット位置の符号化データだけでなく、それ以降の符号化データも正常復号できなくなるのが通例である[1]。その結果著しい画質劣化が発生する場合もあるが、その劣化を修復する技術として、類似した正常な画像信号がフレームメモリに格納されている点に着目した誤り修復技術として[2]が知られている。その技術は、誤りが発生した画像ブロックに対する動きベクトル（以降 mv と記す）の候補をその周辺の正常復号データに基づいて複数個推定し、その推定された mv のそれぞれにつきフレームメモリの対応箇所から修復画像の候補を取り出す方式である。図 1 はその一例であり、中心の灰色ブロックが修復対象ブロック、その上下左右は正常復号ブロックであり、(v_{up} , v_{right} , v_{left} , v_{down}) の 4 つの mv を損失ブロックの mv の候補として用い、それぞれを中心ブロックの mv と推定し、4 種類の修復画像の候補を得る。それら修復画像候補のうち、上下左右の正常復号済みの隣接ブロックとの間で空間的な信号の連続性が最も高い修復画像候補を、最終的な修復画像として採用する。この技術は時間方向の相関が高い映像信号に対し良好な誤り修復性能を有することが知られており、H.264/AVC 参照ソフトウェアにも推奨方式として採用されているが、複数の候補それぞれについてフレームメモリから画像を取り出し評価演算を行う必要があり、誤り修復に必要なメモリバンド幅や演算量が大きくなる課題がある。移動体端末の長時間駆動のためには、特にメモリバンド幅を抑えた誤り修復技術が望ましい。

本稿では、修復対象ブロックに隣接する正常復号ブロックの符号化情報を活用し、メモリバンド幅を抑えつつ[2]相当の性能を確保できる誤り耐性アルゴリズムを検討した。以下、本提案アルゴリズムの詳細、及び、[2]の手法を参照

方式とした誤り修復性能の性能評価比較結果に関して述べる。

3. 提案アルゴリズム

提案するアルゴリズムは、近い過去に正常復号された画像を用いる手法である。図 2 に処理フローを示す。

まず、画像修復エリアを決定する。復号画像の誤り分布を参照し、誤りを包含する外接四角形領域を画像修復エリアとする。

次に、画像修復エリア内で修復マクロブロック（以降 MB と記す）位置を定める。画像修復エリア内をエリアの端に位置する MB から順に走査し、「未修復」の MB を順次修復処理する。この走査順は、文献[3]と同様であり、その様子を図 3 に示す。端から徐々に修復しエリア中心方向へ進む順序である。エリア端には正常復号された MB が多く、未修復の MB が局所的に集中している場合は、利用可能なコンテキスト情報が多く得られやすいという利点を持つ。

続けて、修復 MB の動きベクトル推定を行う。修復 MB の上下左右に隣接する MB に関する誤り分布を参照し、それぞれの MB に対しコンテキスト情報が利用可能かどうかを判定する。判定対象 MB が「未修復」もしくは「画面外」の場合は、その MB は利用不可とし、それ以外は利用可能と判定する。利用可能な MB に関するコンテキスト情報を利用し、修復に用いる mv を推定する。例えば上下左右に隣接する MB 全てが利用可能と判定される図 4(b) のような場合、各隣接 MB の 8×8 画素ブロックが利用可能であり、そのコンテキスト数を N とすると $N=8$ となる。 mv のコンテキスト情報を $ctx_mv[k]$ ($0 \leq k < N$)、予測誤差量コン

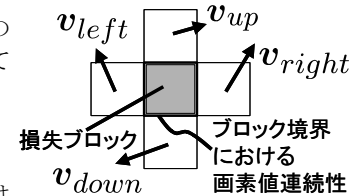


図1 従来技術

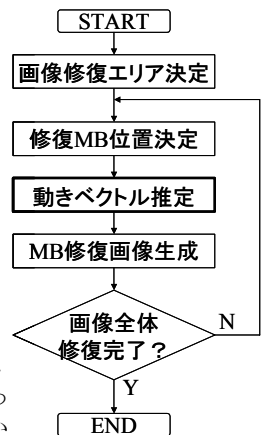


図2 処理フロー

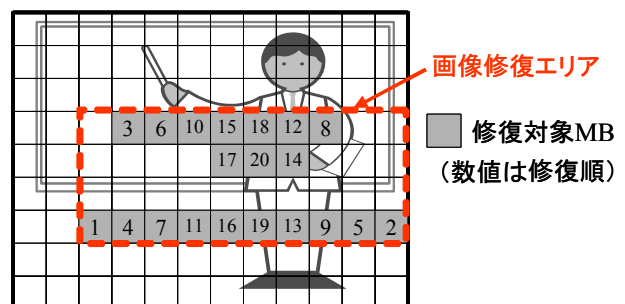


図3 画像修復エリアおよびMB修復処理順

† 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

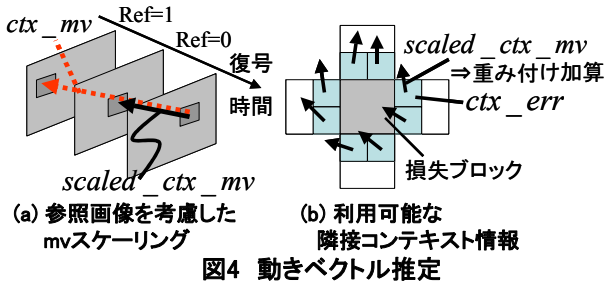


図4 動きベクトル推定

テキスト情報を $ctx_err[k]$ とする。H.264/AVC は複数参照フレームを使用しているため、各 $ctx_mv[k]$ に対し mv が線形であることを仮定し、図 4(a) のように直前のフレームに対する mv に相当する $scaled_ctx_mv[k]$ にスケーリングすることで参照画像をすべて直前フレームに統一することができ、動きベクトル emv を式 1 により推定する。

式 1 は、利用可能な全ての $scaled_ctx_mv[k]$ について、

$$emv = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{scaled_ctx_mv[k]}{|ctx_err[k]|}}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{|ctx_err[k]|}} \quad (式1)$$

それぞれに対応する予測誤差量 $ctx_err[k]$ の逆数で重みを付加し、重み付平均している。つまり、予測誤差量が小さいほど mv の信頼性が高いと推定し、より大きな重みとなる。本推定アルゴリズムは、我々が提案した映像フレーム補間技術[4] で用いた mv 推定方法に基づき設計したものであり、符号化情報を利用しロバストに mv を推定する手段として有用と考える。また、推定された emv の値を、該 MB のコンテキスト情報として保持し、誤り修復状態を「未修復」から「修復済」に変更する。これらを以降のエラー修復処理に利用する。

最後に、MB 修復画像生成を行う。推定された emv に基づきフレームメモリ中の直前のフレームから画像を取得し、代替画像として修復を行う。修復エリア内すべての MB に関する修復が終了するまで、処理を繰り返す。

提案方式では、修復 MB 周辺のコンテキスト情報に基づき、最も確からしい mv を推定し修復用の代替画像を得るため、[2] に対して、処理過程でのメモリバンド幅を大きく削減することが可能となる利点がある。

4. 性能評価

提案方式の性能評価として、平均 PSNR による客観評価及び直接視による主観評価を行った。評価のための比較対象として、従来技術の[2]を参照方式とした。試験用ストリームとして、人物像がアップで撮影された映像(Car)とテニスの試合中継の映像(Stefan)の 2 種類を用いた。いずれも QVGA, 15fps, 10 秒間, IDR 周期 2 秒で、ビット誤りは、ギルバートモデルに基づき、エラーレート 10^{-3} 、平均バースト長 10ms のバーストエラーを付与した。客観評価結果を表 1 に示す。表 1 に示す PSNR は 10 秒間つまり 150 フレームの平均値である。シーケンス中バーストエラーが発生するのは 1,2 箇所であり、2 秒周期の IDR ピクチャによってエラー伝播がリセットされるため、実際に映像が崩れる箇所はかなり局所化されるが、PSNR の平均値は、エラー発生箇所及びその後のエラー伝播後の映像再現性を示す評価値として、十分有用である。

主観評価の例を図 5 に示す。この例では、提案方式が参照方式とほぼ等価な修復性能が得られる例を挙げている。このような動きのある画像の場合、(b) のように mv ゼロで画像修復を行うと、動きを適切に捉えることができず背景領域を誤って修復処理に使用してしまう。参照方式(c)は周辺の mv 情報を使い複数の予測画像候補を生成し、周辺の正常復号された絵柄と連続性を保つような画像修復を行うため、(b) に比べれば安定した品質が得られ易い。提案方式(d)は、周辺の mv からより確からしい mv を安定して推定できるので、(c) とは異なり事前に複数の修復候補画像を生成する必要がなく、メモリバンド幅を抑えられる。

表 1 客観評価結果一覧表

PSNR	bit-rate	エラー無	参照方式	提案方式
Car	128kbps	33.389	33.199	33.294
	256kbps	35.186	34.873	34.918
	384kbps	38.080	38.002	38.002
Stefan	192kbps	26.184	26.031	26.081
	384kbps	30.003	29.917	29.917
	512kbps	31.568	31.119	31.128

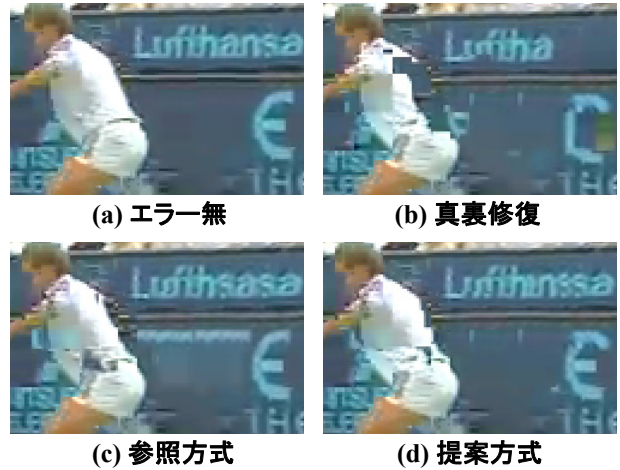


図5 主観評価結果例(Stefan)

以上より、提案方式は、客観品質も主観品質もほぼ同等か少し上の修復品質を、メモリバンド幅を抑えたままの状態、実現できている。

5. まとめと今後の課題

ワンセグやデジタルラジオなどの消費電力条件の厳しい移動体端末への適用を想定し、処理負荷やメモリバンド幅を抑えた誤り修復アルゴリズムを検討し、良好な画像修復性能が得られることを確認した。今後は、更に多くの映像に対し性能評価を実施し、方式改善を行う。

【参考文献】

- [1] 関口, 山田, 浅井, “AVC/H.264 符号化における誤り耐性の評価”, PCSJ2004, P-5.14, 2004 年 11 月。
- [2] W.-M. Lam, etc, “Recovery of lost or erroneously received motion vectors,” in Proc. ICASSP, vol. 5, 1993, pp. 417-420.
- [3] Keng-Pang Lim, etc, “Text Description of Joint Model Reference Encoding Methods and Decoding Concealment Methods”, JVT-O79, April, 2005.
- [4] 出原他, “符号化情報を利用した低レートビデオの時間解像度改善”, 2005 年信総大, D-11-4, 2005 年 3 月。