

デコーダでの seam 位置推定を利用した画面アスペクトスケラブル符号化

Display Aspect Ratio Scalable Coding by Decoder-side Seam Position Estimation

平野 那由他[†] 八島 由幸[†] 早瀬 和也[‡] 藤井 寛[‡] 如澤 裕尚[‡]

Nayuta HIRANO Yoshiyuki YASHIMA Kazuya HAYASE Hiroshi FUJII Hirohisa JOZAWA

1. はじめに

映像通信環境の多様化により、様々な通信速度や画面サイズに対応できるスケラブル符号化が重要になっており、H.264/AVCにおけるSVC(Scalable Video Coding)をはじめ種々の方式が検討されてきている。一方、ディスプレイの多様化がさらに進み、様々な画面アスペクト比を持つ表示環境に柔軟に対応できる画像伝送・表示技術が重要となっている。本研究では、画像の非線形リサイズに利用される Seam carving を利用して、画面アスペクトをスケラブルに再現できる画像圧縮・表示手法を検討する。今回、seam carving によってリサイズされた非線形縮小画像をベースレイヤ、削除された seam 画素値情報をエンハンスメントレイヤとして符号化し、seam 位置情報は符号化せずにデコード側で推定する新しい手法を提案し、シミュレーションによりその効果を検証した。

2. Seam carving を利用したスケラブル符号化

図1に seam carving[1]を利用した画面アスペクトスケラブル符号化のエンコード側およびデコード側の基本構成を示す。原画像に対して seam carving を行うことで得られる、最終的な非線形縮小画像、削除された seam の位置情報、削除された seam の画素値情報の3つの情報をスケラブル符号化に用いる。非線形縮小画像をベースレイヤとし、削除 seam の位置情報および画素値情報を拡張レイヤとする。デコード側では、ベースレイヤである非線形縮小画像はすべてを復号するが、削除 seam 情報は、所望の画面アスペクトが得られるのに必要十分な seam のみを復号する。Seam 復号はエンコード側で削除された順序とは逆順で必要なだけ復号されることに注意する。Seam carving を利用したスケラブル符号化については、大きく分けて以下の3つの先行研究がある。

(方式1)非線形縮小画像をベースレイヤとし、拡張レイヤとして削除 seam 位置情報と削除 seam 画素値情報の両方を符号化伝送する[2]。

(方式2)非線形縮小画像をベースレイヤとし、削除 seam 位置情報も削除 seam 画素値情報も伝送しない。この手法は元来は画像の非線形拡大を実現する手法として提案されている[1]が、デコード側のみの処理によるスケラビリティ実現の一手法としてとらえることができる。

(方式3)非線形縮小画像をベースレイヤとし、拡張レイヤとして削除 seam 位置情報のみを伝送する[3]。この手法では、seam の画素値情報は復号済みの近傍画素(ベースレイヤおよび拡張レイヤ)から補間することによりデコード側で生成する。

このうち、方式2および方式3においては、多くの seam が削除されると補間すべき領域が大きなものになり、不自然に画素値が伸長されて線状のノイズが検知される

ことが指摘されている。一方、方式1においては適当な量子化を用いれば良好な画質が得られるが、seam の位置情報も画素値情報も符号化されるので符号量が大きくなるという問題点がある。そこで本論文では以下の新しい手法を提案する。

(方式4:提案手法)非線形縮小画像をベースレイヤとし、拡張レイヤとして削除 seam 画素値情報のみを伝送する。

提案方式の処理の流れを図2に示す。提案方式では、削除 seam の位置情報は符号化伝送されないので、デコード側で挿入位置をどのように推定するかがポイントとなる。

3. デコード側での seam 位置推定

図3に seam 位置推定に基づくスケラブル拡大の方法を示す(垂直 seam の場合の例)。伝送されてくる画素値情報は1本の seam の画素値を単に1次元的に並べたものであり画素の位置はわからないが、8連結しているという拘束条件を使うことができる。8連結で生成できるすべての seam パターンのうちどこにはめ込めば最も自然であるかを以下の3つのステップで求める。ここで、 $G(j)$ は伝送されてきた seam 上の画素値($j=0,1,2,\dots,N-1$)、 $F(i,j)$ は $G(j)$ をこれから挿入しようとする合成済み画像で、添字 c は符号化コンポーネント Y,U,V を示す。

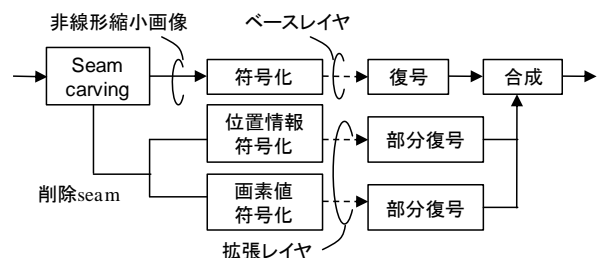


図1. 画面アスペクトスケラブル符号化の構成

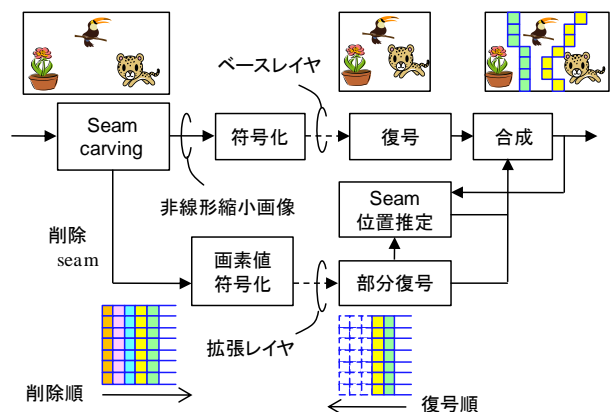


図2. 提案方式のブロック図

[†] 千葉工業大学大学院情報科学研究科

[‡] 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所

[Step-1] 挿入すべき seam 画素値 $G(j)$ を $F(i,j)$ の各列の間に入れたときのコストを以下で定義し, コスト画像 $H(i,j)$ を求める. $H(i,j)$ は seam 上の画素をその位置に入れた場合に左右の画素と滑らかにつながる指標とみなすことができる.

$$H(i,j) = \sum_{c \in Y,U,V} (|G_c(j) - F_c(i,j)| + |G_c(j) - F_c(i-1,j)|)$$

[Step-2] $H(i,j)$ を画像とみなし, dynamic programming を利用してコスト最小 8 連結パスを求める.

[Step-3] 求められたコスト最小パスに相当する位置に $G(j)$ を挿入することで水平方向 1 画素の拡大を実行. 所望の画面アスペクトになったら終了, そうでなければ拡大された画像を新たに $F(i,j)$ とし [Step-1]へ.

4. 実験と考察

提案方式の効果を確認するためシミュレーション実験を行った. Seam carving における画素重要度規範は, 輝度勾配[1]と顕著性マップ[4]との重み付き和を使用した. 符号化は, ベースレイヤは JPEG, 拡張レイヤの画素値情報は seam に沿った DPCM としデッドゾーン d , 量子化ステップ q で量子化した. 予備実験より, 方式 2 および方式 3 では前述したように画質上問題があることが確認されたため, 方式 1 と方式 4(提案方式)に絞って比較を行った. 図 4 に処理画像の一例を示す. 本例は, 原画像 [5]のサイズは 1024×512 で, 水平方向のみの非線形縮小を対象とし, 画面アスペクトスケラブル範囲を $1024 \times 512 \sim 640 \times 512$ としている. また, JPEG 量子化はデフォルトの量子化マトリクスとし, seam 量子化パラメータ $(d,q)=(2,8)$ を適用した場合の例である.

原画像サイズまでスケラブル拡大された画像を比較すると, 方式 1 (図 4(c))および方式 4 (図 4(d))では大差のない画質が得られていることがわかる. 提案方式で推定された seam 位置の正しい位置からのずれの平均は ± 1 程度におさまっている. ベースレイヤの JPEG 量子化ステップおよび拡張レイヤ量子化パラメータ (d,q) の値を大きくすると推定 seam 位置のずれは ± 2 程度になり, スケラブル拡大画像を注意深く見ると直線性の保持に若干不自然性が認められる場合があるものの, 視覚的に大きな劣化が検知されることはなかった.

発生符号量の測定結果を図 5 に示す. 方式 1 における seam 位置情報は seam 方向を示す 1,0,-1 の算術符号化を用いた. 図 5 より, 提案方式は方式 1 に比べ位置情報を符号化しない分, 符号量を 20~25%程度削減することができる. また, $(d,q)=(4,12)$ 程度を用いれば, 3 段階以上の画面アスペクトをサイマルキャスト符号化するよりも有利であることが確認できる.

5. まとめ

本稿では, seam carving を行った非線形縮小画像をベースレイヤ, 削除された画素値情報を拡張レイヤとし, seam 位置情報をデコーダ側で推定するスケラブル符号化を提案した. 実験の結果より, 提案方式は画質を維持しつつ符号量を大きく削減できることが明らかとなった. 今回, seam 画素値符号化には単純な DPCM を用いたが, より効率的な圧縮手法を取り入れることで全体の符号量をさらに削減できると考えられる.

参考文献

[1]S.Avian, A.Shamir, "Seam Carving for Content-Aware Image Resizing," ACM Transactions on Graphics, Vol.26, No3, Article 10, Jul., 2007.

[2]Nguyen Thi Nhat Anh, Wenxian Yang, Jianfei Cai, "Seam Carving Extention: a Compression Perspective," Proceedings of the seventeen ACM international conference on Multimedia(ACM-MM'09), pp.825-828, Beijing, China, Oct., 2009.
 [3]寺田, 稲積, 堀田, "Seam carving に基づく空間スケラブル符号化の検討," PCSJ/IMPS 2009, P-2-02, 2009.
 [4]L.Itti, C.Koch, E.Niebur, "A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis," IEEE Trans. on PAMI, Vol.20, No.11, pp.1254-1259, Nov., 1998.
 [5] <http://www.flickr.com/photos/dgmckelvey/3765720832>

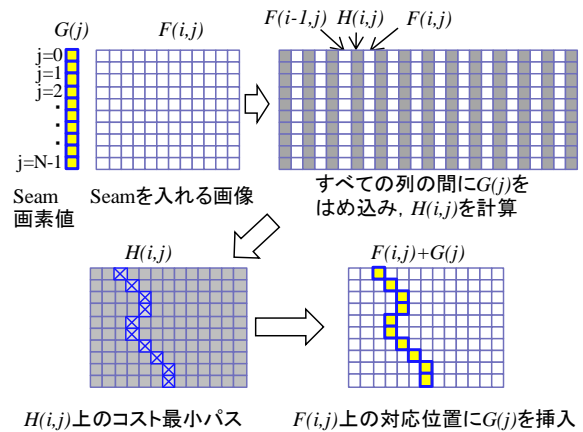


図 3. デコーダでの seam 位置推定方法

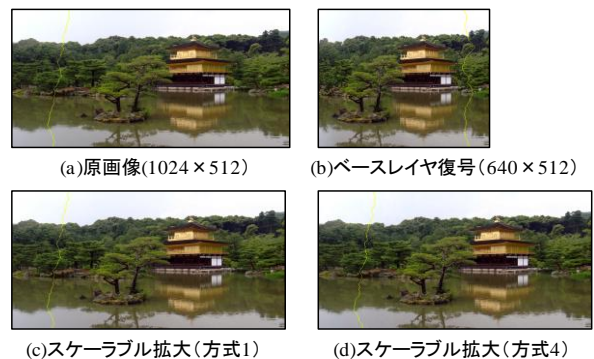


図 4. 処理画像の比較

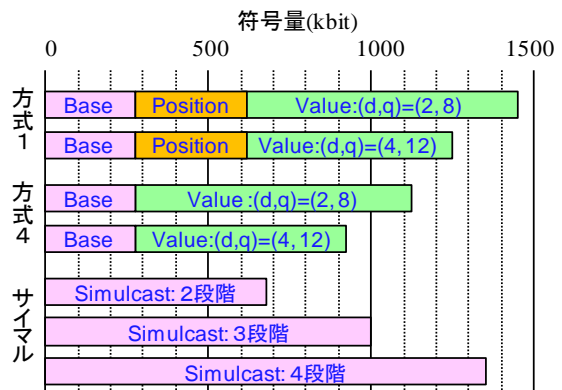


図 5. 符号量の比較 (Base:ベース JPEG, Position:seam 位置, Value:seam 画素値)