

画像特性を考慮したビデオスクランブル手法

Digital Video Scrambling Method Using Image Feature

豊田 陽介† 高木 幸一† 菅野 勝† 宮地 悟史† 滝嶋 康弘†
Yousuke TOYOTA Koichi TAKAGI Masaru SUGANO Satoshi MIYAJI Yasuhiro TAKISHIMA

1. はじめに

有料の動画配信においては、ユーザの契約状況に応じた視聴権制御が重要であり、これを実現する手法の一つにスクランブルがある。スクランブルは、動画データに対して、画像品質を意図的に劣化させる可逆処理を行う。スクランブル処理されたデータは、スクランブル処理時に生成される鍵情報を用いることで、元の状態へ復元可能である。また、スクランブルされた動画は一般的な復号器で再生可能であるため、鍵情報を持たないユーザに対する部分的視聴が実現できる。

部分的視聴を行う際には、画像の概要が把握可能な程度にスクランブル処理を行うことが重要である。スクランブル処理を画面全体に適用すると、視認性が非常に悪くなり、概要の把握が困難となる。そのため、スクランブル領域に関しては、画像中の任意領域や ROI (Region of Interest) のみを対象としたスクランブル処理を行う必要がある。スクランブル対象となる領域は、入力動画によって異なり、また、同一の動画内でも、シーンの違いによって変化する可能性がある。本稿では、入力動画の画像特性を考慮し、適応的にスクランブル処理対象領域の決定を行うスクランブル手法を提案する。

2. 従来手法

MPEG ビットストリームにおいて、I フレームは独立に符号化され、P、B フレームの参照フレームとして利用される。そのため、I フレームへのスクランブル処理は、自身のフレームに加えてビットストリーム上の他の多くのフレームに影響を及ぼす。そのため、I フレームへのスクランブル処理は非常に重要である。本稿では、I フレームをスクランブル処理対象とした手法を扱う。

I フレームに対してスクランブル処理を行うものには、スライス内やマクロブロック内などの限定された範囲で、マクロブロックやブロックなどの特定要素を入れ替える手法[3,4]と、DCT 係数の DC 成分や AC 成分といった特定係数の値を変化させる手法[1-4]がある。

前述の従来手法の中で、筆者らが提案した手法[1]は、画面内の特定領域に対してスクランブル処理が可能であり、かつ、スクランブル強度の段階的な制御が可能であるという特長を持つ。しかし、当該手法では、画面領域は手動で設定する必要があった。一般的にはスクランブル処理対象とすべき領域の選択には一定の規則があり、これを全て手動で行うことは制作処理の効率を著しく損ねる。そこで、ベースとなるスクランブル処理を自動的に行うことが強く要望される。ただし、処理対象となる入力動画の違いに

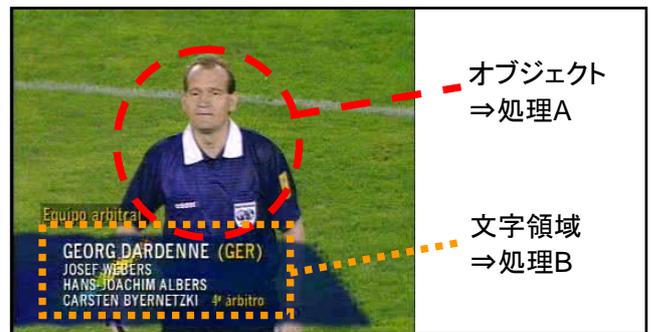


図1 スクランブル概念図

よって、スクランブル処理対象となる領域は異なり、さらには、同一の動画像においてもシーンが変化した場合、スクランブル処理対象領域を変更する必要がある。このため、画像特性を考慮し、自動的にスクランブル領域を決定する手法が必要である。

3. 画像特性を考慮したスクランブル手法

3.1 概要

本稿では、入力動画像の特性に応じて適応的にスクランブル処理領域を決定する手法を提案する。そのために、入力動画像の各 I フレームに対して解析処理を行い、解析処理によって得られた画像特性を基に、スクランブル処理領域の決定を行う。図 1 に本手法の概念図を示す。スクランブル処理対象となるオブジェクトや ROI と判断される領域はテキスト領域であることが多く、一方で、それらに該当しない背景部分などは平坦部である。また、スクランブル処理された動画を部分的視聴のためのコンテンツとして用いる場合、全画面がスクランブル処理された動画像に比べて、ROI や特定オブジェクトのみにスクランブル処理を行った動画像のほうが概要把握が容易となるため、部分的視聴に適している。このため、画面内のテキスト領域にはスクランブル処理を行い、平坦部は処理対象から除外する。

3.2 提案手法における処理

提案手法においては、解析処理およびスクランブル処理を符号化領域上で行う。これにより、高速な処理が実現可能であるため、動画像のリアルタイム伝送へも適用可能となる。

3.2.1 画像特性解析

スクランブル領域を細かい単位で設定可能とするために、スクランブル領域の最小単位は 8×8 ブロックとする。さらに、符号化領域上で各 8×8 ブロックが独立して保持する値であり、テキストの有無に依存する値である DCT

† (株) KDDI 研究所, KDDI R&D Laboratories Inc.
{yo-toyota, ko-takagi, sugano, miyaj, takisima}@kddilabs.jp

係数の AC 成分を画像解析に用いる。複雑な模様や形状を持つ特徴的な部分ほど、多くの AC 係数を持っていると考えられ、可変長符号化された際に符号語長が長くなる。提案手法では、上記の特徴を考慮した処理を行う。具体的には、I ピクチャ内の全ての DCT 係数の AC 成分の符号量の合計を算出し、ピクチャ内の 8×8 ブロックの総数で除算することで、 8×8 ブロック 1 つあたりの AC 成分の符号量の平均値を求める。この平均符号量を基準値として、基準値よりも大きな符号量が割り当てられているブロックは、特徴的な部分と判断しスクランブル処理を適用する。それ以外のブロックは平坦部と判断しスクランブル処理対象から除外する。

3.2.2 スクランブル処理

DCT 係数の AC 成分は、テキストチャの特徴に強く依存した値であるため、テキストチャ領域のスクランブル処理においては、必ず処理対象とする必要がある。そのため、本提案手法では、スクランブル処理として DCT 係数の AC 成分に対する処理を行った。具体的な処理としては、DCT 係数の AC 成分の画面内での入れ替え、AC 成分の符号ビットの反転を行う。当該処理は、ブロック単位で処理を行うため、ブロックを最小単位とした領域に適用可能である。

4. 実験結果と考察

提案手法の有効性を確認するために、MPEG-2 ビデオストリーム (cif, 4:2:0, 1.8Mbps) を用いてシミュレーション実験を行った。テスト画像には MPEG-7 の評価用画像を用いた。複数の評価用画像の中からサッカーの動画像に対してスクランブル処理を適用した。

実験結果として得られたスクランブル画像を図 2 に示す。図 2 (a), (c), (e) はテスト動画像として用いたサッカーの画像である。図 2 (b), (d), (f) は前述の画像に対して提案手法を適用したスクランブル画像である。図 2 (a), (c), (e) はそれぞれシーンが異なった画像であるため、スクランブル処理対象となる領域が異なる。

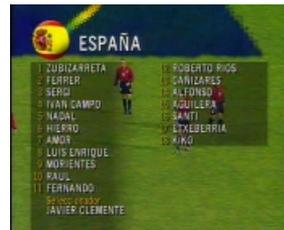
これらの画像に対して従来手法を適用する場合、シーンごとにスクランブル領域を設定する必要があるが、提案手法においては、図 2 (b), (d), (f) に示されるとおり、各シーンでスクランブル処理対象領域が自動的に決定されている。しかし、図 2 (b), (d) の画面端や、図 2 (f) の背景部分など、オブジェクト以外の部分にスクランブルがかかっている。今回、各ブロックの DCT 係数の AC 成分の符号量のみを基準としていることが原因であると考えられる。これについては、スクランブル処理対象領域の面積、形状といった情報を用いて細かな領域の判断を行うことで解決可能であると考えられる。

本稿の実験では、スクランブル処理対象となる領域全てに対して、同じスクランブル強度パラメータを用いたが、領域ごとの特徴量をより詳細に解析し、各領域に対して異なるスクランブル強度パラメータの自動決定手法を導入することで、より柔軟な処理が可能になると考えられる。

5. むすび

本稿では、入力動画像の I ピクチャに対して符号化領域上で解析処理を行い、解析結果を基にスクランブル処理対象領域を自動的に決定する手法を提案した。

実験結果から、提案手法を用いることで、入力動画像やシーンの変化に適応的に対応可能なスクランブル処理対象領域を決定可能であることが示された。提案手法では、画像特性解析に DCT 係数の AC 成分のみを用いたが、DCT 係数の DC 成分など他のデータを合わせて用いることで、さらに詳細な特性解析が実現可能であると考えられる。これにより、スクランブル対象領域の重要度の決定や、重要度に応じた適応的なスクランブル強度パラメータ決定も可能になると考えられ、より高度なスクランブルが実現可能となる。



(a) 元画像 1



(b) スクランブル画像 1



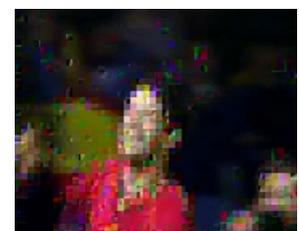
(c) 元画像 2



(d) スクランブル画像 2



(e) 元画像 3



(f) スクランブル画像 3

図 2 スクランブル画像

参考文献

- [1] 豊田, 加藤, 高木, 酒澤, 滝嶋, “MPEG フレーム内予測を利用した局所領域ビデオスクランブル,” 信学技報, vol.106, no.56, pp.37-42, 2006.
- [2] C. Wang, H.-B. Yu, and M. Zheng, “A DCT-based MPEG-2 Transparent Scrambling Algorithm,” IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.49, no.4, pp.1208-1213, 2003.
- [3] W. Zeng, and S. Lei, “Efficient Frequency Domain Selective Scrambling of Digital Video,” IEEE Trans. Multimedia, vol.5, no.1, pp.118-129, 2003
- [4] M. S. Kiaei, S. Ghaemmaghami, and S. Khazaei, “Efficient Fully Format Compliant Selective Scrambling Methods for Compressed Video Streams,” IEEE AICT/ICIW, 2006.