

半開示スクランブル動画に適用可能な電子透かし技法 A Digital Watermarking Technique Having Applicability to the Partial Scrambled Video

若色 宏明[†] 姜 錫[†] 坂本 雄児[†]
Hiroaki Wakairo Seok Kang Yuji Sakamoto

1. まえがき

半開示スクランブル動画とは、動画の内容を一部だけ秘匿させる半開示スクランブル法 [1][2] を適用した動画のことである。この半開示スクランブル動画は有料映像配信サービスにおいて、サンプルとしての役割を持っており、また、鍵を使い元の動画に戻すことにより契約者への限定配信を実現している。しかし、半開示スクランブル法では鍵によりスクランブルが解除された後の不正な再利用に対しては考慮されていない。そこで、半開示スクランブル動画に電子透かしの技術を用いて、利用者情報を透かしデータとして埋め込み、スクランブル解除後の動画に透かしデータを残し、動画の不正な再利用を防止する。本稿では、DCT 係数交換による半開示スクランブル法 [2] に適用可能な電子透かし技法を提案するとともに、スクランブル解除処理によって透かしデータが消えないことを確認し、提案手法の有効性を確認する。

2. 半開示スクランブル法

半開示スクランブル法には、スクランブルを掛ける領域やスクランブルを施す際に変更するパラメータの違いによって様々な種類がある。中でも、大きな分類として動画圧縮の際の VLC 符号化前の係数に対して行うものと、VLC 符号化後のビットストリームに対して行う 2 種類がある。前者はスクランブル強度を定量的に制御でき、後者はファイルサイズが変化しないという長所がある。サンプルとして半開示スクランブル動画を使用する場合、スクランブル強度を調節できたほうがより幅広い使用が可能となるため前者のほうが適している。また、ファイルサイズの抑制は可能な限り行いたいため、DCT 係数交換による半開示スクランブル法を提案手法の対象とする。

3. 電子透かし法

電子透かし法は、デジタルコンテンツを不正利用から保護するために、著作権に関する情報などを動画や画像、音声などのデジタルコンテンツに埋め込む技術である。電子透かし法は画素空間利用型と周波数利用型、可視型と不可視型、原版参照方式と原版非参照方式、可逆型と非可逆型などに分類することができる。提案手法は、周波数利用型、不可視型、原版非参照方式、非可逆型に分類される電子透かし法を利用する。その理由として、スクランブル処理が周波数空間で行われており透かし埋め込み処理の調整が容易、有料動画配信に使用するためスクランブル解除後の動画は元動画と視覚的に区別出来ないほうが良い、透かし取り出し処理が容易、視覚的に区別できないため元の動画に戻す必要が無い、ということが挙げられる。

4. 提案手法

提案手法は動画の DCT 係数の位置を交換させ、特定の位置にある係数の値が 0 か 0 以外かによって埋め込まれたビットの値を判定する。また、MPEG 圧縮された半開示スクラン

ル動画を対象としている。

4.1 透かしデータ埋め込み方法

透かしの埋め込み方法は以下のような流れになる。まず、埋め込みたい透かしデータ (0 or 1) を選択する。次に、擬似乱数を用いて量子化後の DCT 係数から DC 成分以外の係数を 1 つ選択する。透かしデータが 0 の場合、選択した係数の値が 0、透かしデータが 1 の場合、選択した係数が 0 以外の場合何も行わず処理を終了する。それ以外の場合は、その条件を満たすように係数の値を入れ替える。

入れ替え処理の具体的な流れを図 1 に示す。図 1 は埋め込む透かしデータが 0 の場合を示している。STEP1 では擬似乱数を用いて DCT 係数から、透かしデータを埋め込む係数 (Watermarking Point) を 1 つ選択する。STEP2 では選択した係数に最も近い位置 (Nearest Point) にある値が 0 の係数を探索する。STEP3 では Nearest Point の値を Watermarking Point に 1 つ近づいた係数の値と交換する。STEP4 では STEP3 の処理を Watermarking Point に到達するまで繰り返す。

このように透かしデータを埋め込む理由としては埋め込み処理によって値が 0 である係数の個数が変化しないこと、値が 0 以外の係数の順番が変化しないことが挙げられる。DCT 係数交換による半開示スクランブル法 [2] は値が 0 以外の係数の個数と順番のパラメータが変化してしまうと正しくスクランブルが解除されなくなる。そのため、これら 2 つのパラ

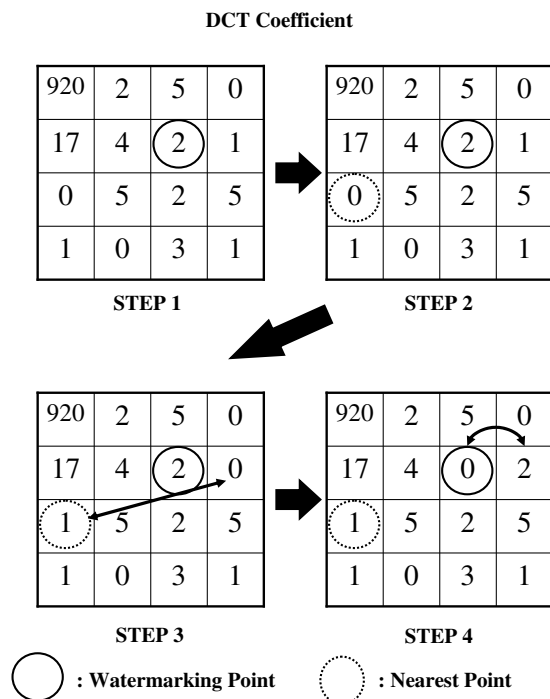


図 1 透かしデータの埋め込み方法

[†] 北海道大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and
Technology, Hokkaido University

メータの値を変化させない提案手法を用いることにより、スクランブル解除に影響を与えず透かしデータを埋め込むことが可能となる。

また、ブロック内のすべての AC 係数が 0 である場合、上記の処理によって透かしデータ 1 を埋め込むことは出来ない。そのため、すべての AC 係数が 0 であるブロックには透かしデータを埋め込まないこととした。反対に、すべての AC 係数が非 0 である場合は透かしデータ 0 を埋め込むことは出来ないが、このような事は非常に稀であり考慮する必要性は薄いためこのようなブロックを除外することはしていない。これは、現在はまだ検討されていないが今後 MPEG 再圧縮への耐性を考慮する際に、すべての AC 係数が非 0 であるブロックを除外してしまうと透かしデータ取出しが正しく行われない問題が発生する可能性があるからである。

4.2 透かしデータ取り出し方法

透かしデータの取り出し方法は以下ようになる。まず、透かしデータを埋め込む際に使用した擬似乱数を用い透かしデータが埋め込まれている係数の位置を特定する。特定した係数の値が 0 であれば透かしデータは 0 と、係数の値が 0 以外であれば透かしデータは 1 と判定する。

また、透かしデータ埋め込み時と同様にすべての AC 係数が 0 であるブロックに対しては透かしデータの取り出しを行わない。

5. 実験結果

提案手法を用いて DCT 係数の交換による半開示スクランブル動画に対して透かしデータを埋め込み、スクランブル解除処理を行う。そして、スクランブルが解除された動画から正しく透かしデータを取り出す実験を行った。実験に使用した動画のパラメータを表 1 に示す。実験では 1 ブロックにつき 1bit の透かしデータを埋め込み、透かしデータの埋め込みは I フレームにのみ行った。透かしデータが正しく取り出せることの確認には埋め込む透かしデータを PN 系列とし、取り出した透かしデータと元の透かしデータとの相関を測定することにより行う。

図 2 は取り出した透かしデータと 1 つずつシフトさせた元の透かしデータとの相関を取ったグラフである。y 軸は 2 つの系列の相関値、x 軸はシフトした量を表している。今回、元の PN 系列を 500 ビットだけシフトしたものを透かしデータとして埋め込んだ。図 2 を見れば分かる通り、500 ビットシフトした場所で相関値が高くなっている。これは、埋め込んだ透かしデータが正しく取り出せていることを示しており、提案手法を用いて埋め込んだ透かしデータがスクランブル解除処理によって消滅しないことが確認できた。

図 3 は提案手法を用いて電子透かしを施した動画の I フレームを取り出した画像である。透かし埋め込みによって一部、画像が劣化していることが確認された。これは、透かし埋め込み処理で交換した係数の値が大きく異なっている場合があるためと考えられる。元動画との PSNR を測定したところ、すべての I フレームの平均で 33 前後の値を取ることが確認された。

6. まとめ

本稿では DCT 係数交換による半開示スクランブル動画に適用可能な電子透かし技法を提案した。提案手法は特定の位置の係数の値を周辺の係数の値との交換によって、0 または非 0 に制御し透かしの埋め込みを行っている。そのため、係数のビットを変換して行う電子透かし法よりも、動画の画質に与える影響が大きくなりやすい特徴がある。電子透かしは動画の画質に影響を与えないことが理想とされるため、透かしデー

表 1 動画の共通パラメータ

Format	MPEG2
Video Name	Mobile
Video Size	720 × 576 [pixels]
Frame per Second	25 [fps]
Number of Frames	260 [frames]
Group of Pictures	M = 0, N = 12

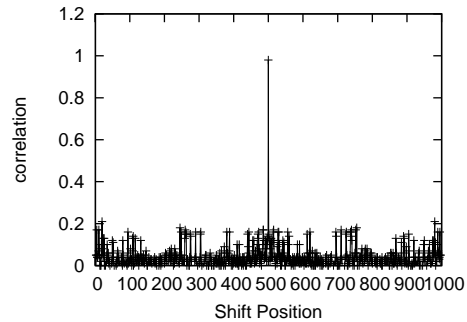


図 2 相関値測定



図 3 元画像 (左) と透かし埋め込み画像 (右) の比較

タを埋め込む際に画質への影響も考慮し、影響が大きい場合には透かしデータの埋め込みを行わないなどの処理をし、画質への影響を抑えていく必要がある。また、DCT 係数の値を増減せず、交換によって透かしデータの埋め込みを行っているためファイルサイズの増加が抑えられる特徴もある。ファイルサイズ増加率を測定したところ、増加量は最大で 1% 程度であることが確認された。今後は攻撃や MPEG 再圧縮に対する耐性の調査を行う必要がある。

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費 (挑戦的萌芽研究 23650036) を用いて行われたものである。

参考文献

- [1] 澤田圭一, 姜錫, 坂本雄児, “視覚特性を考慮した画質制御が可能な MPEG 動画スクランブル方式とその評価に関する一検討”, 信学技報, IE, 108(344), pp. 41-45 (2008).
- [2] 神智博, 姜錫, 坂本雄児, “動画半開示スクランブルにおける視覚特性の補正に関するパラメータの考察”, マルチメディア情報ハイディング研究会 (MIH), 6, pp.25-30 (2011).