

電子透かしを用いたデジタル動画の著作権保護方式*

6Q-2

小川 宏 中村 高雄 高嶋 洋一†

NTT ヒューマンインタフェース研究所‡

1 はじめに

マルチメディア著作物は不正複製や改竄が容易であることから、情報利用者の正当な二次利用やコンテンツ提供者の情報発信の障害となっており、その著作権保護が訴えられている。画像や音声などのメディアの冗長性を利用し、人間に知覚されないように情報コンテンツ(主情報)に別の情報(副情報)を埋め込む技術に『電子透かし技術』がある。この技術は、多重化した情報の分離が困難なことから、マルチメディア著作物の著作権保護に有効な手段として考えられている。本稿では、対象メディアを動画像として、電子透かし技術を用いた著作権保護システムを紹介し、それに適用する電子透かし方法を提案し、その有効性を述べる。

2 電子透かし技術と情報流通システム

デジタル動画像流通システムにおいて、電子透かし技術を用いた著作権保護システムは、以下の二つに大別できる。

1. 著作権者の情報を埋め込む方法

動画を放送したりDVDなどで配布するサービスを仮定

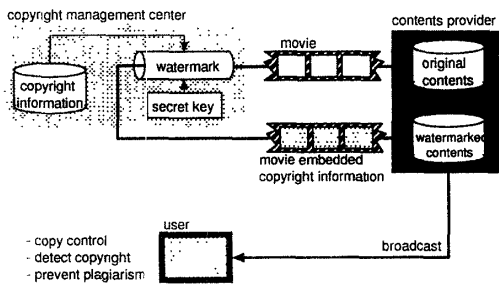


図 1: 著作権保護システム

すると、情報コンテンツに予め著作権情報や利用規制情報を埋め込んでおく方式が考えられる。コンテンツ提供者は、著作権管理センターに依頼し、動画像に電子透かし処理を行なうことで、利用者に対して、受信した動画像の利用を制限したり、著作権の提示を行なうことができる。

2. 利用者情報を埋め込む方法

ビデオ・オン・デマンドのようなサービスを仮定すると、コンテンツ提供者は、サービス利用者の要求を受けた後、画像に利用者の識別子などを埋め込みながら動画を配信することが可能である。仮に海賊版を頒布された場合でも、利用者の識別子が埋め込まれているため、その出所をつきとめることができる。これは、情報コンテンツの不正複製のみを抑

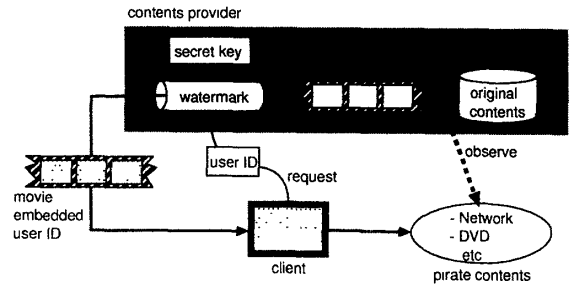


図 2: 不正複製抑制システム

止する効果が期待される。ただし、電子透かし処理は実時間実行可能でなければならない。

上記二つのシステムのうち、前者のシステムは独立運用可能であるが、後者は前者のシステムと組み合わせて運用するほうがより効果的であるため、独立した二つの電子透かし方法により、二つの情報を画像に多重化する必要があると考える。

3 動画像への電子透かし方法

3.1 要求条件

マルチメディア著作物の著作権保護を行なうために、電子透かし技術は以下の条件を満たすことが望ましい。

- 電子透かし処理による情報コンテンツの劣化をできるだけ抑える。
- 情報コンテンツに対するさまざまな編集(非可逆情報圧縮・部分切りだし等)による副情報の劣化・消失を防ぐ。
- 恣意的な副情報の改竄を防ぐ。

3.2 電子透かし方法 1 (著作権情報)

動画像は、各フレームごとの静止画像として利用される可能性があるため、各フレームごとに閉じた電子透かし処理を行なう。具体的処理に関しては参考文献 [1] を参照。

3.3 電子透かし方法 2 (利用者識別子)

利用者の要求後に配信と同時に処理を行なうため、実時間処理可能な方法である必要がある。

3.3.1 副情報埋め込み処理

1. フレーム画像をブロック画像に分解する。各ブロックごとにダウンサンプルし、周波数変換する。この処理により、処理を軽減し、実時間実行可能としている。ただし、MPEG な

*A Method of Copyright Protection for Digital Movies using Invisible Digital Watermark

†Hiroshi Ogawa, Takao Nakamura, Youichi Takashima

‡NTT Human Interface Laboratories

どの動画画符号化方式は、小さなブロック単位で周波数変換および量子化を行ない情報圧縮を行なっているため、その影響をできるだけ小さくするように、ブロックサイズは動画画符号化方式の処理単位より大きなものとし、かつ、電子透かし方法1の処理との影響を抑える程度とする。

2. 情報埋め込み処理は、乱数の初期値と周波数成分の量子化幅を用いて行ない、これらを秘密情報とすることで副情報の恣意的改竄を防止している。乱数の初期値を用いて比較的的低周波領域にある周波数成分を選定し（符号化の影響を小さくするため）、画像の影響が最も少なくなるように、副情報に対応した量子化値に成分値を丸める。
3. 各ブロック画像をアップ・サンプル、逆周波数変換し、画像を再構成することで副情報を埋め込んだ動画画を得る。

3.3.2 副情報抽出処理

1. 埋め込み処理1と同処理を行なう。
2. 情報抽出には、情報埋め込みのときに用いた秘密情報が必要である。同じ乱数の初期値を用いて周波数成分を選定し、その値の最近傍の量子化値のビット情報を抽出情報とする。
3. 抽出された情報に誤り訂正および統計的処理を施し、副情報を再構成する。

4 実験結果

二重に電子透かし処理を行ない、MPEG符号化を用いた情報圧縮に対するそれぞれの副情報の消去耐性についての評価を行なった。条件は以下のとおりである。

- 実験画像：bus, girl, mobile and calender (8 bit 画像)
 - 画像フォーマット：SIF
 - 全フレーム数：148 フレーム
 - GOP サイズ：15 フレーム
 - P ビクチャ間隔：3 フレーム
- 電子透かし処理条件
 - 副情報：0f0f0f0f (16進, 32bit)
 - 処理単位, 周波数成分量子化幅, 情報ビット数：
 - * 方法1：352×240, 32/37204, 2240
 - * 方法2：16×16, 32/1024, 3300
- 誤り率：{元副情報と抽出副情報のハミング距離}を{1フレームあたりの電子透かし情報ビット数}で割算したものの。

情報埋め込み処理に関しては、すべてのフレームに対して行なっているが、情報抽出に関しては、MPEGのIビクチャにあたる画像のみに対して処理を行なっている。これは、Iビクチャの画質がある程度保証されていることを利用している。

表1は、二つの電子透かし方法を用いてひとつの画像にふたつの情報を多重化した画像からの情報抽出結果である。無圧縮画像からの抽出情報誤り率より、お互い多少の影響を受けてはいるが、干渉に対する透かしの劣化は無視できる程度といえる。各ビットレートのMPEG画像から情報抽出が成功しており、情報圧縮の耐性は十分であると考えられる。特に、本稿で提案している電子透かし技術を用いた著作権保護システムの運用においては、著作権情報(方法1による)は常に動画画に埋め込まれており、重要な情報であると考

えられるが、実験結果に見られるその耐久性は評価できる。また、本実験では、原画像に電子透かし処理を行ない、MPEGによる符号化を行なっているが、その他の符号化方法に対しても同様に透かし情報は存続すると思われる。

表 1: 情報抽出結果

誤り率	bus	girl	mbcl
無圧縮 (方法 1)	0.000446	0.004018	0.008036
2500kbps	0.002679	0.003571	0.013393
1250kbps	0.012054	0.011607	0.048661
625kbps	0.075000	0.039286	0.179464
無圧縮 (方法 2)	0.011212	0.007576	0.013333
2500kbps	0.026970	0.033939	0.075152
1250kbps	0.069394	0.073333	0.135758
625kbps	0.203636	0.190909	0.303333

図3は、実験画像とそれぞれを電子透かし処理した画像とのSN比を表したものである。電子透かし処理1および2共にフレーム内に閉じて処理を行なっているため、画像の変更値に個体差が多少あるものの、大きな変動もなく安定しているといえる。主観的な評価として、時間方向を考慮していない電子透かし処理であるため、時間方向のノイズが目立つ結果となった^[2]。また、方法2では、ブロックごとに処理を行なっているため、画像の所々にブロック歪みが見られた。

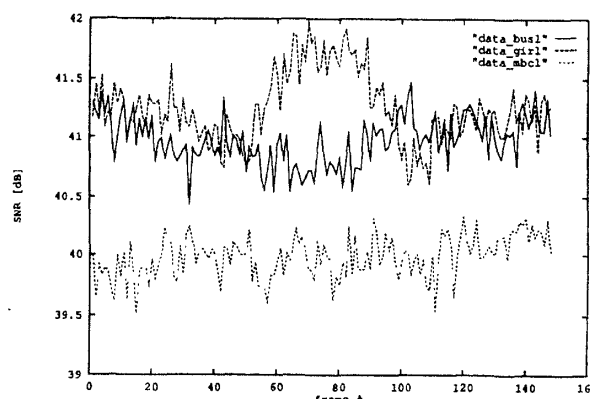


図 3: 透かし処理によるSN比の変化

処理時間に関しては、本実験の方法2では、16×16の画像を8×8の画像にダウン・サンプルして処理を行なっている。処理時間を方法2とダウン・サンプルを用いず16×16の画像単位に処理を行なう場合とで比較したところ1/6程度に軽減しており、方法2は計算量削減に有効であるといえる。

5 まとめ

情報コンテンツに対する著作権提示および不正複製抑制の両方の効果がある著作権保護方式を提案した。実験により、ひとつの情報コンテンツに対して、別々の電子透かし処理を行ない、透かしの多重化が可能であることを確認し、提案方式の有効性を示した。今後の課題として、画質の向上と編集に対する対策があげられる。

参考文献

- [1] 小川, 中村, 高嶋, “DCTを用いたデジタル動画画への著作権情報埋め込み方法”, 1997 信学春全大, D-11-47
- [2] 小川, 中村, 高嶋, “フレーム間を考慮した電子透かし方式の有効性”, 1997 信学秋全大 SA-7