

N-19

## CoFIP を用いた著作権保護の検討 Copyright Protection with CoFIP Scheme

高橋 由泰†      青木 輝勝†      安田 浩†  
Yoshiyasu Takahashi      Terumasa Aoki      Hiroshi Yasuda

### 1. まえがき

現在のビデオのネットワーク配信はユニキャスト通信で行われているが、ニュースの配信や映画放送など多数の視聴者が期待されるようなコンテンツでは、サーバへの負荷が高すぎ、またネットワークの帯域幅も効率的に利用できないという問題がある。このため、近い将来マルチキャスト通信によるビデオ配信が有望視されている。

ユニキャスト通信でビデオ配信するときには、購入者毎に配信時に購入者名をコンテンツに記録することで、コンテンツが不正に二次流通されても、その不正二次流通の源を突き止めることができる。また、このようにしておくことが、購入者による不正二次流通への心理的な防止策となりうる。

しかし、マルチキャスト通信では、同じコンテンツが全購入者に配信されてしまうため、購入者毎に購入者名をコンテンツに記録することが難しい。我々は、このような問題を解決する CoFIP を既に提案している。今回我々はこの CoFIP の方法に基づいた静止画の CoFIP の試験実装を行ったので報告する。

### 2. CoFIP の概要

CoFIP は、配布されるコンテンツを一つ一つ別の個体として認識できるように指紋(fingerprint)を入れる技術である [1][2][3][4]。その個体化は、

1. 画像をいくつかのオブジェクトに分割し、
2. それらオブジェクトについて、それぞれ複数のコピーを用意し、
3. コピーに電子透かしを入れる等の方法で個体化し、
4. オブジェクトを再構成したものをユーザに提供するという方法で行われる。

個々のコンテンツの指紋は、コピーの組み合わせで決まる。ある一つのオブジェクトについて、複数のコピーが存在しており、ユーザはいずれか一つのコピーを用いて画像を再構成し視聴する。このコピーの選択がオブジェクトごとに行われるので、コンテンツ全体としての指紋は、どのコピーを使っているかということをおブジェクト毎に見た組み合わせになる。この結果、大量の視聴者に対しそれぞれユニークなコンテンツを送信することが可能である。

ユーザに、ある特定のコピーを使うことを強制するために、個々のコピーはそれぞれ異なる鍵で暗号化される。そしてユーザがコンテンツを購入する際に、センタは鍵の組み合わせを決定し、オブジェクトの個数分の鍵をユーザに送付する。

CoFIP でコンテンツに埋め込まれている情報には、購入

者情報は直接には入っていない。そのため CoFIP を著作権保護に用いるためには、コンテンツの指紋と購入者との対応を記録したデータベースが必要となる。コンテンツの不正流通があった場合、コンテンツの指紋を元にデータベースに問い合わせ、購入者情報を得る。そしてその購入者が不正流通を行った可能性が高い人物として法的な手段を講ずることになる。

### 3. CoFIP の試験実装

#### 3.1 オブジェクト分割と個体化

オブジェクト分割はウェーブレット変換を応用した。これはコンテンツの圧縮伝送に親和性が高く、また後段で用いる個体化とも親和性が高いからである。画像をウェーブレット変換によりウェーブレット係数で表現し、第  $n$  階のウェーブレット係数  $LL_n, HL_n, LH_n, HH_n$  のうち、 $LL_n$  を除いた多重解像度表現部をそれぞれオブジェクトとした。よって  $HL_n, LH_n, HH_n$  をオブジェクトとして用いる。 $n$  は一つである必要はないので、例えば  $HL_2, LH_2, HH_2, HL_3, LH_3, HH_3$  の 6 つのオブジェクトを使うことができる。

個体化は、ウェーブレット係数部に透かしを挿入することで行う。用いる透かしは次のようなものである。基本的にはウェーブレット係数のパリティに埋め込むが、画像品質を保つために、ウェーブレット係数が 0 の場合は変化させない。ウェーブレット係数が値を持っている場所のみ、そのウェーブレット係数のパリティの偶奇に透かしの 0/1 を対応させることで透かしを挿入する。

#### 3.2 実装環境

CoFIP の試験実装は、以下の環境で行った。

OS: Microsoft Windows 2000 Professional

言語: Borland Delphi 3 Professional

### 4. 考察

#### 4.1 オブジェクトとして選ぶ多重解像度表現部

CoFIP でオブジェクトとして用いる多重解像度表現部の階層は、浅すぎても深すぎても好ましくない。たとえば第 1 階のウェーブレット係数の  $LH_1$  を変化させることを考える。 $LH_1$  は画像の高周波成分であるため、この部分を変化させても画像に影響は少なく、画像劣化は最小限に押さえることができる。しかしながら第 1 階のウェーブレット係数ではあまりにも高周波であるため、この部分が全て欠落しても画像として十分な品質を持ってしまふ。図 1 左上は原画像をウェーブレット変換し、その  $LH_1$  をすべて 0 にしてから逆ウェーブレット変換をした図である。元の絵と比較すれば品質はかなり落ちるものの、十分な品質を持っている。このことは、CoFIP のオブジェクトとしては  $LH_1$  は

† 東京大学先端科学技術研究センター  
RCAST, the Univ. of Tokyo

不適切であることを意味している。CoFIP のオブジェクトは、それぞれがコンテンツ全体の指紋を受け持っているため、それぞれのオブジェクトが削除可能であってはならないからである。

一方 LH<sub>2</sub> よりも高階の多重解像度表現を落とした画像は、品質が一目でわかるような品質の劣化を招いている。しかしあまりにも高階に透かしを入れると今度は透かしによる画像の品質の劣化が大きくなるので好ましくない。

以上の考察より、第 2 階と第 3 階の多重解像度表現をオブジェクトとして使うのが適当であるとの結論を得た。このとき、使えるオブジェクトは、HL<sub>2</sub>, LH<sub>2</sub>, HH<sub>2</sub>, HL<sub>3</sub>, LH<sub>3</sub>, HH<sub>3</sub> の 6 個になる。



図 1. 多重解像度表現を欠落させた画像

#### 4.2 透かし埋め込みビットと画像の品質劣化

透かしの埋め込みビットを変化させたときの画像の変化を図 2 に示す。

図 2 の 4 枚の図はそれぞれ、左上がビット 0 に埋め込んだとき、左下がビット 1、右上がビット 2、右下がビット 3 に埋め込んだときである。埋め込みビットの上限は、画像の品質上ビット 2 までということがわかる。

このことは、埋め込み画像の S/N 比 (図 3) からわかる。LH<sub>2</sub> の場合ビット 3 までは S/N 比が 40 以上を達成している。一方で LH<sub>3</sub> の場合ビット 2 までは S/N 比 40 以上を達成しているが、ビット 3 では 40 以下に劣化している。LH<sub>3</sub> の場合、低周波成分であるので LH<sub>2</sub> に比べ画像劣化が大きい。

品質の劣化が少ないのは低位のビットに透かしを入れたときであるが、それでは電子透かしの耐性という面から問題がある。このことから、ビット 1 もしくはビット 2 に埋め込むのが適切であるとの結論を得た。

#### 4.3 個体化可能数と通信量

一つのオブジェクトに埋め込めるビット数は、元画像が 256×256 画素の場合最大で 1024 ビットである。よってコピー数を制限するパラメータは埋め込みビット数ではなく、通信量になる。今、コピー数を 12 取ると、 $6^{12} > 2$  億の個体数に対応できるが、この時、必要な通信量は 3.58 倍となる。



図 2. 透かしの埋め込みビットを変化させたときの画像の変化

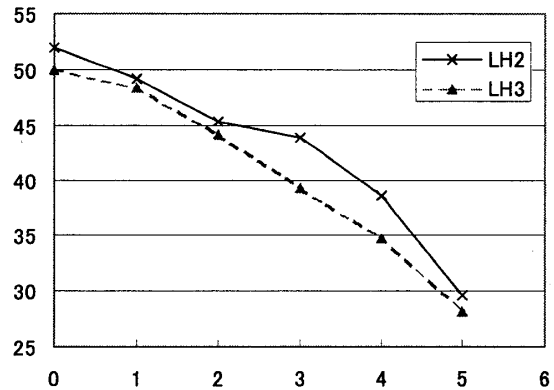


図 3. 透かし埋め込みビットと画像の S/N 比

### 5. まとめと今後の課題

CoFIP 静止画について、ウェーブレット係数を用いて CoFIP 化を行うソフトウェアを開発し、透かしの埋め込むべき解像度やビットの考察を行った。今後は透かしの耐性の強化を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1] 高橋由泰, 青木輝勝, 安田浩, “階層型コンテンツ超流通システム,” 情報処理学会電子化知的財産・社会基盤研究会研究報告 No.13-4, 2001.
- [2] 高橋由泰, 青木輝勝, 安田浩, “切り取り耐性を強化した LCS D 個性化方式,” 情報処理学会電子化知的財産・社会基盤研究会研究報告 No.15, 2002.
- [3] 高橋由泰, 青木輝勝, 安田浩, “階層化コンテンツ超流通システムにおける個性化方式,” 情報処理学会第 63 回全国大会 2X-03, 2001.
- [4] 高橋由泰, 青木輝勝, 安田浩, “階層化コンテンツ超流通システム LCS D における切り取り耐性を強化した個性化方式,” 情報処理学会第 64 回全国大会 5T-02, 2002.
- [5] 松井甲子雄, 電子透かしの基礎, 森北出版, 1998.