

論文の内容の要旨

論文題目 コンテンツフィンガープリンティング方式ならびに
 それを用いた二次流通管理に関する研究

氏 名 高橋 由泰

1. はじめに

インターネットの発展や、デジタルカメラ、DVD (Digital Versatile Disc) などの情報・映像機器の普及により、静止画、動画、音声といったデジタルコンテンツの利用が急速に拡大している。そしてこの利用は、ただ単に制作者が作ったものを購入して楽しむという一次流通だけではなく、素材集のようにデジタルコンテンツを素材として自分のコンテンツに利用するという二次利用の形態に広がってきている。この結果、誰もが安価にデジタルコンテンツを作れるような環境が整いつつあり、それがまたデジタルコンテンツのさらなる流通を促すというような好循環のデジタルコンテンツ流通時代が今まさに到来しつつある。

しかしデジタルコンテンツ流通の本格的な成立のためには、著作権保護技術がまだ未整備のままである。情報のデジタル化により、原本とまったく同じデジタルコピーが安価に作成できるようになった現在、不正な二次流通を防ぐことは、クリエイタが安心してコンテンツを作成し、ユーザが安心してコンテンツを利用するためには不可欠なものとなっている。

近年、このような著作権保護技術として電子透かしに代表されるような、コンテンツにフィンガープリントを付ける技術が利用されるようになってきた。しかし、既存の技術では大人数に対応できないなどの問題があり、デジタルコンテンツ流通の本格的な成立のためには新しいフィンガープリント付与技術が必要とされている。

本論文では、大人数に対応できるなど、既存技術の欠点を克服した新しいフィンガープリント付与技術として CoFIP(Content FIngerPrinting)方式を提案する。本方式は、原理的には静止画像、動画像、音響、テキスト、プログラム等さまざまなメディアに対応可能なフィンガープリンティング技術である。本方式の特長は、特にマルチキャストネットワーク等の放送型メディアや、CD、DVD といった蓄積型メディアによるコンテンツ配信と両立できるという点にあり、これは従来の電子透かしでは不可能であった特徴となっている。

2. CoFIP 方式の提案

2. 1 CoFIP 方式の概要

現在フィンガープリンティング方式に要求されている条件は、

- コンテンツをひとつひとつ別の個体として認識できること
- 実用時間内に情報を埋め込めること
- ユーザが悪意を持たずに行う攻撃に対し、十分な耐性を持っていること
- ユーザが悪意を持って行う攻撃に対し、十分な耐性を持っていること
- コンテンツの品質は十分に保てること
- 実用時間内にコンテンツのフィンガープリントをチェックし、その購入者を特定できること
- 大人数への配信に対応できること
- 現在のネットワークで実現可能であること

である。既存方式では、この全ての要求条件をクリアしている既存方式は存在しないが、提案方式である CoFIP 方式は、この条件を全て満足しているという大きな特長がある。

2. 2 コンテンツの流通モデル

CoFIP 方式で対象とするコンテンツ流通は以下のように行われる。

1. まず、クリエイタがコンテンツを創造する。この時、CoFIP 方式を考慮して創造する方式と、CoFIP 方式を考慮せずに創造する方式がある。
2. 次に、クリエイタはコンテンツをサーバに送る。サーバはコンテンツを CoFIP 個体化方式で個体化可能形式に変換する。この形式では、コンテンツは暗号鍵の束で暗号化されており、復号鍵の束が存在しないとコンテンツを視聴することは不可能である。
3. サーバは個体化可能形式のコンテンツをユーザに送信する。この時の送信方法は、ユニキャスト通信、マルチキャスト通信、蓄積型メディア、放送などを採用できる。このような放送型送信方式を採れるため、大人数に対応可能である。
4. コンテンツは個体化可能形式になっており暗号化されているため、配布物だけを入手しても視聴できない。このため送信路は安全でない通信路を利用することができ、また蓄積型メディアを用いた場合も、無料で広く配布してもコンテンツの無料流出にはならない。
5. コンテンツ視聴希望者は、サーバに対しコンテンツ視聴希望を連絡する。必要ならばここで課金が行われる。サーバはコンテンツ視聴希望者に対し、復号鍵の束を送信する。これらの通信は、ユーザとサーバ間で1対1で行われ、安全な通信である必要がある。

6. コンテンツ視聴希望者は、送られた復号鍵の束を用いてコンテンツを個体化可能形式から個体化形式に変換して視聴する。変換されたコンテンツは個体化されており、各視聴者毎に人間には気づかない程度に異なっている。

2. 3 CoFIP 方式におけるフィンガープリントの原理

CoFIP 方式における個体化の原理は以下の通りである。

1. デジタルコンテンツをオブジェクトに分割する。
2. 各オブジェクト毎に複数の異片を用意する。
3. 各異片を、それぞれ別の透かしを入れるなどの方法で特徴を付ける。
4. 各異片をそれぞれ別の暗号鍵で暗号化する。
5. 個体化可能形式のコンテンツをユーザにマルチキャストや、蓄積型メディアといった形態で送付する。
6. 視聴希望のユーザは、センターに復号鍵を要求する。
7. センターは、各オブジェクトの複数の異片のうち、ただ一つの異片しか復号化できないよう、復号鍵をユーザに送付する。
8. ユーザは、受け取った復号鍵で復号できた異片をあつめ、再構成してコンテンツを視聴する。
9. このとき、再構成されたコンテンツは復号鍵で制御できる。よって再構成されたコンテンツのオブジェクト部分の特徴のパターンがユーザと一対一対応するようセンターが復号鍵を送付することで、コンテンツにフィンガープリントを入れたことになる。

つまり、CoFIP 方式はコンテンツのフィンガープリントとして、各異片の組み合わせを用いる方式である。

3. CoFIP 方式による静止画像の著作権管理技法

本章では、CoFIP 方式に基づく静止画像用 CoFIP 方式の実装と、これによる静止画像の著作権管理技法について述べる。

静止画像では画像の切り貼りなどの操作が起こりやすい。これが CoFIP オブジェクトの欠落を招かぬよう、オブジェクト分割を周波数領域で行うことで、簡単な切り貼りでは CoFIP オブジェクトが欠落しないようになっている。

オブジェクト分割はウェーブレット変換を用いて画像を周波数領域に展開した後、周波数係数をオブジェクトに分割するという方法で行った。また、このオブジェクトからの異片作成法は、周波数係数に電子透かしを挿入するという方法で行った。

評価は S/N 比による評価や主観評価、それに耐性評価として StirMark ベンチマークによる評価を行った。この結果、静止画像用 CoFIP 方式は、静止画像用フィンガープリント付与技術として十分な品質、耐性を持つことを確認した。

4. CoFIP 方式による動画像の著作権管理技法

本章では、動画像における CoFIP 方式の適用について考察する。動画像では、静止画像とは異なり、時間軸方向にも画像が存在するため、より多くの情報やオブジェクトを設定できる可能性があるが、一方で時間軸を利用して簡単にコンテンツを切り貼りできるため、切り貼りに対する対処が必要となる。CoFIP 方式はオブジェクト毎の異片の組み合わせによってコンテンツに FIP を付与する技術であるため、切り貼りにには原理的に弱く、これへの対処は必須となっている。

本章では、時間軸方向を用いてオブジェクト分割を行った場合に必要となる、対結託攻撃耐性を強化するために必要な冗長性についての見積もりを行った。この結果、必要となる冗長性を要求条件内で実現することは困難であることを示し、時間軸方向を用いたオブジェクト分割が難しいことを示した。よって本章ではこれらを考慮し、動画像用の CoFIP 方式として、静止画分割法を提案し、この評価実験を行った。この結果、本方式が品質、耐性面で優れた方式であることを示した。

5. CoFIP 方式による音響の著作権管理技法

本章では CoFIP 方式を音響に適用する方式を提案する。CoFIP 方式を音響に適用する際に求められる要求条件としては、CoFIP 方式での要求条件に加え、

- MP3 圧縮等で、異片の特徴が欠落しないこと
- CoFIP 方式を意識しないで制作された既存音源にも対応可能なこと

がある。これを実現するために、本章では DCT を用いた周波数領域でのオブジェクト分割、異片作成法を提案した。そして本章は、情報量増加を元データの 1.35 倍にとどめながら、品質、耐性を持った CoFIP 方式を実現できることを示した。

6. 結論

本論文では、メディアに依存せず使える新しいフィンガープリント付与技術として CoFIP 方式を提案した。本方式は放送型ネットワークや蓄積型メディアとともに使うことができるという大きな特長を持っている。本論文ではこの方式に基づき、静止画像用、動画像用、音響用の各 CoFIP 方式の実装を行い、それぞれ品質、耐性が優れていることを示した。この結果、従来不可能であった、100 万人への放送の画面を全て各視聴者毎に少しずつ異なった画像にするなどのアプリケーションが可能となった。このため CoFIP 方式は、デジタルコンテンツの不正二次流通の問題を解決する手段として有望であることを示した。