

コンテンツフィンガープリンティング方式の考察

高橋 由泰 青木 輝勝 安田 浩

東京大学 先端科学技術研究センター

{takahasi, aoki, yasuda}@mpeg.rcast.u-tokyo.ac.jp

デジタルコンテンツの不正流通を防止するための方策として電子透かしを用いる方法がよく使われているが、電子透かしはマルチキャストネットワークでは使用しにくいという大きな問題がある。それはマルチキャストネットワークでは同一の透かしが入ったコンテンツが全ユーザに配信されるため、購入者の特定ができないからである。このような問題を解決する新しい著作権管理方式として我々は既に CoFIP: コンテンツフィンガープリンティング方式を提案している。この方式は、静止画像、動画像、音響、プログラム、テキストといった様々なデジタルコンテンツに適用可能な原理に基づくコンテンツの個体化方式であり、電子透かしの代替として用いることができ、しかもマルチキャストなどの放送型アプリケーションで利用可能となっている。本稿では、この CoFIP 方式を音響に適用する際の要求条件についてまとめ、この要求条件に合うような音響用 CoFIP 方式の設計を行う。

キーワード: CoFIP フィンガープリント 電子透かし

A Study on CoFIP: Content Fingerprinting

Yoshiyasu Takahashi Terumasa Aoki Hiroshi Yasuda

Research Center for Advanced Science and Technology, the University of Tokyo

In recent years, an illegal distribution of digital content is becoming a serious problem. In order to prevent such illegal distribution, digital watermark is often used. However, it cannot be used in multicast networks, because the same content is delivered to many users. Many users watching the same content, it is impossible to discover to whom the content has delivered by the embedded watermark.

To solve this problem, we have already proposed CoFIP: Content Fingerprinting scheme. It is the method to fingerprint various media such as still image, movie, audio, program, text and so on, while suited to the multicast networks.

In this paper we consider the requirements for applying the CoFIP scheme to audio. Then we design the CoFIP for Audio method meeting such requirements.

Keywords: CoFIP fingerprint digital watermark

1 はじめに

近年デジタル・ネットワーク社会の基盤整備が進んでいる。インターネットは既に家庭まで広く普及しており、ビデオリサーチネットコム社の2002年4月の調査結果 [1] によると、2002年4月現在のインターネットの全国の世帯普及率は50.1%と半数を超え、推定ホームユースインターネット人口は4,621万人まで増加した。これは同調査の2001年4月の4,062万人から1年で3割増加したことになる。また、同社発表の「Broadband Market Report」によれば、2002年4～5月調査で、家庭内PCインターネットユーザの31.1%がADSLやCATV、光回線など、ダイヤルアップ以外の接続形態をとっている。

また、計算機の高速度化や圧縮技術の発展もめざましい。音楽ソースではMP3(MPEG 1 Audio Layer 3)に代表されるような圧縮技術によって、人間の聴覚上は原本とほぼ同じ品質を保ちながら、128kbps、あるいはそれ以下といった低ビットレートでの符号化ができるようになった。また、P2P(Peer to Peer)の普及は、個人が匿名のまま不特定多数の第三者にデジタルコンテンツを安価に大量に配布することが可能となった。これらの技術の進歩により、デジタルコンテンツは安価に大量に、しかも高速で配布できるようになった。既に、音楽における著作権の侵害は非常に大きな問題となっており、被害も深刻なものになっている。

音楽における著作権侵害例としては、Napsterの著作権侵害が有名である。Napsterは1999年の5月にインターネット上にソフトを公開した後、約1年の間に1500万件弱ダウンロードされ、最盛期の2000年1月には一ヶ月に約30億件の音楽ファイルが交換された。これらの音楽ファイルのほとんど全ては音楽CDから著作権者に無断でデジタルコピーされ、圧縮されたものであった。RIAAによる訴訟の末、現在はこのサービスは停止されている。

また日本では、2002年4月に日本エム・エム・オー社が運営する「ファイルログ」に東京地裁がMP3ファイルの交換停止の仮処分決定を行っている。ファイルログは不特定多数のユーザが、ユーザ間でファイルを交換できるP2P型サービスであるが、このサービスで違法に複製及び送信可能化されているMP3ファイルの数は、JASRACによれば常時数万から十数万件に及んでいた。

これらは、音楽をはじめとするデジタルコンテン

ツの著作権侵害に対し、訴訟による解決ができた例であるが、交換サービスを停止できただけで、不正な二次流通を行った人物を特定し訴えることができたわけではない。このため一つの交換サービスを停止させても別の交換サービスが生まれるというたちごっこになってしまう。加えて、センターを全く必要としないタイプのP2P型ファイル交換ソフトも普及しており、この場合はサービスの運営を止めさせることは事実上不可能となっている。

このような事態を解消し、不正二次流通を防止するためには、コンテンツ自体に購入者の情報を入れておくという方法がある。このようにしておけば、不正二次流通があった場合そのコンテンツから購入者を割り出すことができ、その購入者を不正な二次流通をはじめた人物として摘発することが可能となる。また、このようにしておくことで不正二次流通に対する心理的な障害となることが期待できる。

このような方法をとるための要素技術として電子透かし技術がある。電子透かし技術はコンテンツに、人間には気づかれないように情報を埋め込む技術である [2]。例えば音楽ソフトのオンライン販売で購入者情報をコンテンツに入れておくことで、その音楽ソフトが不正に二次流通した場合でも購入者を割り出すことができ、このような使い方の時、埋め込んだ電子透かしを特にコンテンツのフィンガープリントと呼ぶ。

しかし、このためには購入者毎に一对一の通信が必要となり、100万人へのストリーミング配信などの場合、ネットワークの帯域やサーバの負担が大きな問題となる。大規模なコンテンツ配信ではマルチキャストによる一対多通信が必要となり、今後インターネットがますます普及しオンラインサービスが活発になるに従って増加していくと考えられる。

よって、将来実現されると期待される大規模なコンテンツ配信サービスでは電子透かし以外の方法で著作権保護を考える必要がある。我々は既にCoFIP(Content Fingerprinting)という方式を提案している [3] [4] [5] [6] [7]。このCoFIP方式は原理的に静止画像、動画像、音響、テキスト等のデジタルコンテンツに適用でき、マルチキャストに対応したコンテンツ個体化技術であり、現在静止画像についての研究が進んでいる。本稿ではこのCoFIP方式に基づき音響用CoFIPを設計する際の要求条件についてまとめ、この要求条件に合うような音響用CoFIP方式の設計を行う。

2 音響コンテンツに情報を埋め込む 既存技術

2.1 心理音響モデルに基づいたオーディオ信号の電子透かし

電子透かしとは、著作権情報などを人間には知覚できないような形でコンテンツそのものに埋め込む手法である。音響用の電子透かしとしては中山らが提案している心理音響モデルに基づいたオーディオ信号の電子透かし [8] がある。以下に処理の概要を説明する。

1. オーディオ信号に対して、512 点の窓をかけて周波数分析を行い、パワースペクトルを計算する。パワースペクトルの最大値を 96dB として正規化する。
2. パワースペクトルから心理音響モデルを用いて周波数軸上で近い音によるマスキングレベルを計算する。
3. さらに時間軸上直前の音によるマスキングである継時マスキングを計算し、マスキングレベルに反映させる。
4. マスキングレベルをそのまま近似するようなフィルタを作成する。
5. フィルタと疑似乱数列を畳み込み、マスキングレベル以下の疑似乱数系列を作成する。
6. この疑似乱数系列にローパスフィルタを適用し、12kHz 以下になるよう帯域を制限する。
7. 12kHz 以下の疑似乱数系列に透かし情報を挿入し、元の音楽信号に加え合わせて透かしを埋め込んだ音楽を得る。

この方法は MPEG 心理音響モデルを用いることで聴覚的に聞こえないという利点を持つ透かし方法である。また、MPEG 符号化による透かし消失を避けるため、ローパスフィルタを用いて透かしが 12kHz を越える成分には入らないようにしている。

この方法では、MPEG 圧縮に対する耐性があるという主張がなされている。特に MP3 の 64kbps での圧縮に耐えるために 12kHz 以下に全情報が埋め込まれるようになっている。しかしながら中山らの文献からはどのような MPEG 圧縮に対する耐性であるのか、明確で

はない。特に、MPEG 圧縮で MPEG 心理音響モデルを考慮した場合、そもそも MPEG 心理音響モデルでの非可聴域に情報を埋め込んでいる本方式では、電子透かしの欠落が懸念される。

また、前述したように一般に通常の電子透かし法はマルチキャスト等には適用できない。

2.2 マルチキャストに利用できる電子透かし

一般の電子透かしの問題点としては、マルチキャストなど、放送型の配信で使えないという点が挙げられる。これを解決する方法としてよくコンテンツの再生の時点などでユーザ側で電子透かしを埋め込む方法が取られている。この方法は、マルチキャストネットワークでコンテンツを配信する場合にも用いることができる。それはユーザ側で電子透かしを埋め込むので、同じファイルをマルチキャストで配信しても、各ユーザに別の電子透かしを割り当て、各ユーザが別のコンテンツを視聴するように操作することが可能だからである。

しかしながらこの方法にもソフトウェアの安全性に関する問題がある。まず、ユーザ側で電子透かしを埋め込む際、透かしの入っていないコンテンツがメモリ上に展開されてしまう。そのためメモリ上の透かしの入っていないコンテンツを抜き出されてしまう危険がある。

また、電子透かしを埋め込むソフトウェアをユーザの計算機で実行させるため、そのソフトウェアがユーザに解析されてしまう危険性がある。この時間問題となるのは、この方法では電子透かしが入っていないコンテンツにユーザ側で電子透かしを埋め込むため、ソフトウェアを解析され、電子透かしが入っていないコンテンツを取り出し、電子透かしは挿入しないように改造されてしまう危険があることである。

第一の危険を回避するために阿部ら [9] は静止画像用の電子透かしで電子透かし挿入を暗号解読の前に行えるような方式を提案している。この方式では暗号解読時に既に透かしが入っており、メモリ上に透かしが生成されることはない。しかしながら第二のプログラム解析の危険性は残っている。

2.3 Parviainen の電子透かし方式

この方法は Parviainen によって提案された、マルチキャストで用いることのできる電子透かし法である [10]。また、電子透かしを埋め込むソフトウェアをユーザのコンピュータで実行させるということではなく、ソフトウェアがユーザに解析されてしまう危険性は除かれている。

電子透かしの埋め込みは以下のような順序で行われる。

1. コンテンツを各パケット毎に 2 つ用意する。
2. 2 つのパケットに別の電子透かしを挿入する。
3. 各パケットを別の暗号で暗号化する。
4. 全ての暗号化パケットをマルチキャストで送信する。
5. 受信者はあらかじめ送信された複合鍵を用いて、各パケット毎に透かしの違う 2 つのパケットのうち、一方のみを複合化でき、鑑賞できる。
6. 各受信者の持つ複合鍵のパターンを全て唯一になるようにしておくことで、各受信者が鑑賞するコンテンツを唯一なコンテンツになるようにすることができる。

この方式は我々の提案している CoFIP 方式によく似ており、優れた方式であるといえる。しかしながら、パケット毎の選択であるため、オブジェクトの切れ目が非常にわかりやすく、正当な購入者が何人か集まって結託して攻撃を行うような場合、十分な強度を持たせることが難しいという欠点がある。

3 音響用 CoFIP 方式の提案

3.1 CoFIP 方式の原理

CoFIP 方式は、音響に限らず、静止画像、動画像、テキスト等に適用可能な、マルチキャスト等の一対多配布に適したコンテンツの個体化技術である [3] [4] [5] [6] [7]。ここでコンテンツの個体化とは、ユーザが視聴するコンテンツに、各々異なるフィンガープリントが入っており、各視聴コンテンツがそれ自体個体として認識できることを指す。

CoFIP 方式の原理は以下の通りであり、静止画像の場合の原理図を図 1 に示す。

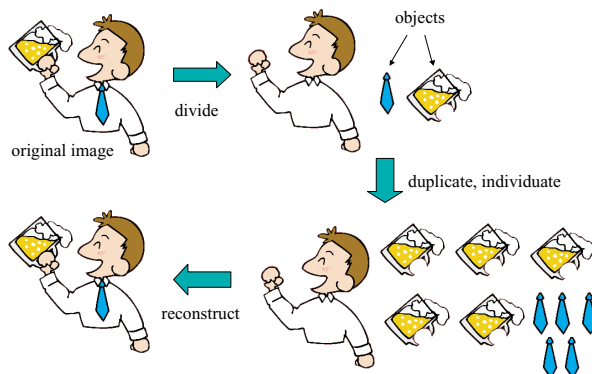


図 1: LCSD 個体化方式の概要

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コピーを用意する。
3. 各コピー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. 各コピーをそれぞれ別の暗号鍵で暗号化する。
5. 全オブジェクトの全コピー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コピーのうち、ただ一つのコピー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コピーをあつめ、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。

この方式が優れている点は、マルチキャストに用いることができるという点である。よって例えば 100 万人に対する同報通信の場合、ユニキャスト通信では 100 万回の通信が必要となり実現が非常に難しいが、マルチキャスト通信では実現可能である。

また、ユーザ側で透かしを入れる電子透かしとは異なり、ユーザ側に渡すプログラムを解読されても、復

号鍵が別に存在しており、その復号鍵が漏洩しない限りコンテンツが流出する恐れがないという利点もある。

3.2 音響用 CoFIP 方式への要求条件

CoFIP 方式を音響に適用する際に求められる要求条件は、以下に挙げる通りである。

- オブジェクトの切れ目を、ユーザが容易には判別できないこと
- MP3 圧縮等で、コピーの特徴が欠落しないこと
- オブジェクトが欠落したとき、コンテンツの品質が著しく劣化すること
- オブジェクト数 n 、コピー数 m としたとき、最低でも $m^n > 10^6$ 程度に設定可能であること。

まず、オブジェクトの切れ目を、ユーザが容易には判別できないことが必要である。これは、オブジェクトの切れ目がユーザにわかってしまうと、そのオブジェクトを欠落させたり、複数人の正規ユーザが集まり、結託してそれぞれのオブジェクトを切り張りして別のコンテンツを作成するなどの攻撃が容易に行われてしまうからである。そういう意味から、オブジェクトの切れ目は、例えば単純なバイナリ比較等の作業では判別できないような形式になっていると望ましい。

また、MP3 圧縮等で、コピーの特徴が欠落しないことも要求される。これは、CoFIP 方式ではコンテンツのフィンガープリントがコンテンツでどのコピーを選択しているかという組み合わせによっているため、全く冗長性がない状況下では、任意のコピーの特徴が一つ欠落しただけで、コンテンツのフィンガープリントが読めなくなるからである。

オブジェクトが欠落したとき、コンテンツの品質が著しく劣化することも要求される。ユーザがあるオブジェクトを何らかの方法で削除したような場合、それでもコンテンツの品質がそれほど劣化せずに鑑賞に堪えてしまうと、その欠落した状態での不正二次流通が起きてしまう可能性があり、しかもその場合、コンテンツのフィンガープリントが分からない危険性がある。

最後に、オブジェクト数 n 、コピー数 m としたとき、最低でも $m^n > 10^6$ (100 万) 程度に設定可能であることが必要である。CoFIP の枠組みではコンテンツのフィンガープリントは、最大 m^n 個作成できるので、コン

テンツの購入者数を考えると最低でも 10^6 程度、また、より多くの購入者に対応し、かつ十分な耐久性を持たせるためには 10^{10} (100 億) 程度の値を達成できるとより望ましい。

3.3 音響用 CoFIP 方式で用いる個体化方式の検討

音響ソースに対し CoFIP 方式を適用するには、音響ソースを何らかの方法でオブジェクトに分割し、それらオブジェクトから、オブジェクトに似ていながら少しずつ違うコピーを作る必要がある。

まずオブジェクト分割法を考察するが、音響ソースのオブジェクト分割の方法としては、以下のような方法が考えられる。

- オーケストラのヴァイオリンや合唱団の合唱団員等、一つ一つの音響ソースをオブジェクトとして用いる方法。
- 録音マイクが複数ある場合、それらのマイクから録音された音をそのままオブジェクトとして用いる方法。
- 録音ソースのチャンネルをそれぞれオブジェクトとして用いる方法。
- 音響ソースをデジタル化した後のデジタルソースの、個々の音響を表すデータをビット毎に分解し、オブジェクトとして用いる方法。
- DCT によって周波数毎に分解し、周波数毎に別のオブジェクトとして用いる方法。
- Wavelet 分解によって周波数毎に分解し、周波数毎に別のオブジェクトとして用いる方法。
- 音楽の時間軸方向のパート毎に分割し、別のオブジェクトとして用いる方法
- 音響ソースを時間軸方向に等分割し、ある単位時間毎に別のオブジェクトとして用いる方法。

これら各オブジェクト化方法について、品質に与える影響や耐久性に関する考察を表にまとめたものが、表 1 である。

これら音響 CoFIP で利用可能なオブジェクト分割法の中で、本稿では CoFIP を考慮せずに作られた既存の

方法	導入の容易さ	オブジェクト数	分割位置の分かりにくさ
オーケストラのヴァイオリンや合唱団の合唱団員等、一つ一つの音響ソースをオブジェクトとして用いる方法	× 各ヴァイオリンや合唱団員に対し、一つのマイクを割り当てておく必要がある	× マイクの数と同数であり、一般にオブジェクト数は大きく取れない	× オブジェクトの分割位置は比較的分かりやすい。
録音マイクが複数ある場合、それらのマイクから録音された音をそのままオブジェクトとして用いる方法。	特別な録音方式は必要なく、従来用いていた方式を使える。	× マイクの数と同数であり、一般にオブジェクト数は大きく取れない	× オブジェクトの分割位置はかなり分かりやすい
録音ソースのチャンネルをそれぞれオブジェクトとして用いる方法。	CoFIP を考慮しないで作成されたソースにも適用可能。	× 通常ステレオ 2 チャンネルのみであり、オブジェクト数は 2 に限られる	× オブジェクトの分割位置は非常に分かりやすい
音響ソースをデジタル化した後のデジタルソースの、個々の音響を表すデータをビット毎に分解し、オブジェクトとして用いる方法。	CoFIP を考慮しないで作成されたソースにも適用可能。	最大で 16 チャンネルまで	× オブジェクトの分割位置は非常に分かりやすい
DCT によって周波数毎に分解し、周波数毎に別のオブジェクトとして用いる方法。	CoFIP を考慮しないで作成されたソースにも適用可能。	オブジェクト数は大きく取ることができる	オブジェクトの分割位置は分かりにくい
Wavelet 分解によって周波数毎に分解し、周波数毎に別のオブジェクトとして用いる方法。	CoFIP を考慮しないで作成されたソースにも適用可能。	オブジェクト数は大きく取ることができる	オブジェクトの分割位置は分かりにくい
音楽の時間軸方向のパート毎に分割し、別のオブジェクトとして用いる方法	CoFIP を考慮しないで作成されたソースにも適用可能。	× パート毎であるので、数個程度まで	× オブジェクトの分割位置は非常に分かりやすい
音響ソースを時間軸方向に等分割し、ある単位時間毎に別のオブジェクトとして用いる方法。	CoFIP を考慮しないで作成されたソースにも適用可能。	単位時間を小さく取れば、オブジェクト数を大きく取ることが可能	× オブジェクトの分割位置はかなり分かりやすい

表 1: 音響 CoFIP のオブジェクト分割に関する考察

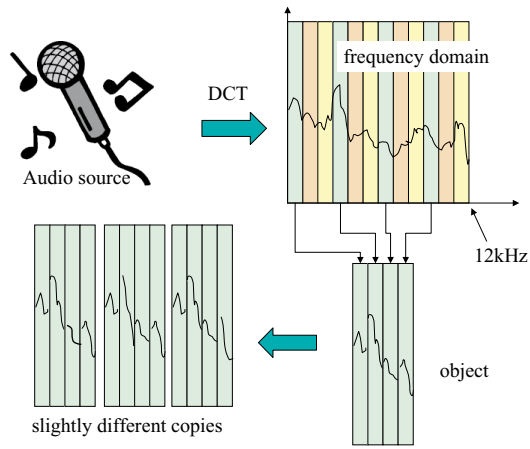


図 2: DCT 法音響 CoFIP の原理

音響ソースに適用でき、高耐性が期待できる DCT 法を考察の対象とする。DCT 法による音響 CoFIP の原理図を図 2 に示す。

4 DCT 法音響 CoFIP 方式の検討

DCT 法を音響 CoFIP 方式に適用するためには、音響 CoFIP で要求されている条件を満たすよう、設計する必要がある。

なお、中山ら [8] による電子透かしは透かしの耐性に優れており、本稿ではオブジェクトコピーの特徴付けに中山らの電子透かしを基に CoFIP 方式に合うように改良した電子透かしを用いる。

4.1 オブジェクト分割点

まず、オブジェクトの切れ目を、ユーザが容易には判別できないようにすることであるが、これは周波数分割を用いていることから、そのままでもバイナリ比較等ではオブジェクトの切れ目を判断することは難しい。さらにオブジェクトの切れ目を分かりにくくするためには、1kHz ~ 2kHz, 2kHz ~ 3kHz といったように固定周波数帯毎に切るような切り方をせず、疑似乱数によって各オブジェクトに属する周波数を決めるという方法が考えられる。

4.2 圧縮に対する耐性

中山ら [8] による電子透かし同様 MP3 64kbps の圧縮でも消えない透かしとするために、DCT 型音響 CoFIP でも電子透かしの埋め込み対象帯域は 12kHz とするのが適当である。

また、MPEG のマスキングに対する耐性も必要になる。MPEG Audio における圧縮では、心理音響モデルを用い聴覚的に聞こえないという部分をカットすることが行われる場合がある。中山らの方法は電子透かしの品質を高めるため、この部分に電子透かしの埋め込んでいるが、この結果 MPEG の心理音響モデルを用いて符号化した場合の耐性が不明である。DCT 型音響 CoFIP では、MPEG 心理モデルで非可聴とされている部分以外に特徴を持たせた方が透かしの耐性を高く期待できるため、こちらを採用する。

品質を高めるためには、オブジェクトに含まれる周波数の中で、情報を埋め込む位置を疑似乱数で変化させ、周波数拡散を行うという方法が一般の透かしで行われており、DCT 型音響 CoFIP にも適用可能である。

4.3 オブジェクトの聴覚上の重要性の確保

オブジェクトが欠落したときにコンテンツとして鑑賞に堪えないようにしておくためには、オブジェクトに含まれる周波数を多く、低周波から高周波までまんべんなく含ませることが考えられる。

このようにしておくこと、どのオブジェクトが欠落しても、かならず低周波から高周波まで間引きされたように欠落する。特に低周波が欠落するのは聴覚上の品質の大きな劣化となることが期待できる。

4.4 フィンガープリントの個数の確保

あまりに低周波を使うと、フィンガープリントを入れるための単位時間が長くなるという欠点がある。15ms を単位時間として考えると、最長の波長が 15ms であることから 66Hz が最低周波数となる。よって前節の議論を合わせ、66Hz から 12kHz の間にフィンガープリントを挿入することが適当となる。

中山らの電子透かしでは、66Hz から 12kHz の間には 250 点のサンプリング点が存在する。これらのサンプリング点のうち周波数マスキングされず残るサンプリング点の個数は、用いる心理音響モデルにより異なっ

ているため予測することが難しい．このため周波数マスキングされず残るサンプリング点の個数については、一概には言えず、今後の検討課題として残っている．

しかしながら、人間の聴覚が聞き取れる周波数点が5点を下回ることは考えづらい．5点あれば5オブジェクトが設定できる．

このような条件でコンテンツの最大個体数を 10^{10} までとすると、必要なコピー数は15であり、このとき $5^{15} = 30,517,578.125$ となって 10^{10} を達成できる．このとき各オブジェクトが持つべき情報量は僅か4ビットであるので、単位時間に1ビットづついれるというもっとも単純な場合でも、60msの音響部分を変更すれば実現可能である．このときのデータ増加量は、音響コンテンツ $(15 - 1) \times 60ms = 900ms$ 分のデータ量である．よって十分な耐性を持たせるため、10個重複して情報を埋め込んだとしても増加量は元のコンテンツの9秒分のデータ量の増加にとどまる．

5 結論と今後の予定

本稿では、音響用 CoFIP 方式の実現のための要求条件を明確化し、その要求条件に合うような個体化方式を考察し、設計した．設計の結果、音響用 CoFIP 方式は 10^{10} 個体数を達成でき、そのために必要なデータ増加量は元の音響コンテンツ 900ms 分のデータ量であり、実現可能といえる．また、冗長性を持たせる余裕も十分残っている．

MPEG 圧縮に耐えるよう、帯域制限と周波数マスキングを考察に加えた．しかし周波数マスキングの詳細な議論は今後の検討課題として残っており、現在のところ周波数マスキングの部分はかなりの冗長性が残った議論となっている．この部分をもう少し詳しくすることで、必要なデータ増加量を大幅に削減できることが期待できる．この点については今後研究を進めていく予定である．

参考文献

- [1] ビデオリサーチネットコム，“インターネット普及状況調査結果(2002年4月調査)”，ビデオリサーチネットコム社報道発表資料，<http://www.vrnetcom.co.jp/press/pressdata/20020626.html>，Jun. 2002.
- [2] 松井甲子雄，“電子透かしの基礎”，森北出版，1998．

- [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．
- [5] 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体化方式”，情報処理学会第64回全国大会 5T-02，2002．
- [6] 高橋由泰，青木輝勝，安田浩，“マルチキャストで利用できる電子透かし CoFIP の耐性評価”，電子情報通信学会通信ソサイエティ大会，2002．
- [7] 高橋由泰，青木輝勝，安田浩，“CoFIP を用いた著作権保護の検討”，FIT2002 第1回情報科学技術フォーラム，2002．
- [8] 中山彰，陸金林，中村哲，鹿野清宏，“心理音響モデルに基づいたオーディオ信号の電子透かし”，信学論，Vol. J83-D-II，No.11，pp.2255-2263，Nov. 2000．
- [9] 阿部剛仁，藤井 寛，串間和彦，櫻井紀彦，“個別情報埋め込みにより管理機能を強化した画像流通方式”，信学論，Vol. J82-A，no.9，pp.1474-1482，Sep. 1999.
- [10] R. Parviainen, P. Parnes, “Large Scale Distributed Watermarking of Multicast Media through Encryption,” International Federation for Information Processing Communications and Multimedia Security Joint working conference IFIP TC6 and TC11, May 2001.