

電子透かし技術とその評価基準について

松井 甲子雄

防衛大学校情報工学科

239-8686 横須賀市走水1-10-20

あらまし

電子透かしとは、電子スタイルの文書や画像、音楽メディアなどの創作品の中に著作権者の固有の識別符号を密かに埋込み、知的財産権の所在を主張しようと企図したものである。すでに多くの方法が提案されているが、それらが果してどの程度の強さをもっているか、あるいはどのメディアにどの方法が適切であるかなどこれまでにあまり明確な判断基準が示されていない。そこで、この報告ではすでに公表されている電子透かし技術を概観し、その特性から二、三の分類を試みる。さらに、それらの分類に従い透かし技術を相互に比較する際に考慮すべき評価項目を述べる。

Digital Watermarking Techniques and their Comparative Indexes

Kineo MATSUI

Department of Computer Science,
National Defense Academy,
Yokosuka, 239-8686, Japan
matsui @ cc. nda. ac. jp

Summary

A digital watermark is secretly embedded into creative multimedia works such as document, video and audio data, and it becomes a robust proof for copyright protection issues when the works would be copied illegally. In this paper, first, we survey the techniques proposed upto now and classify them according to each media and property. Comparing them for practical use, we try to list several characteristic indexes that enable us to evaluate whether a watermark is robust or not against some attack.

1. 電子透かしの要件¹⁾²⁾

電子透かしの思想はあくまでも受身の立場であり、暗号化技術とは異なりコンテンツの流通を制限するものでもなければ取り締まるという性格のものでもない。重要なことは、そのコンテンツの著作権が誰れにあるかを明示するために埋め込まれた透かし情報が欠落しないまま永久に保存されることである。そのためには、マルチメディアの取扱いに不可欠なフィルタリングや再標本化、切り取り、データ圧縮などの処理によって、透かし情報が変質もしくは消失しないことが大切になる。

一方、電子透かしではコンテンツを構成している基本要素、たとえば画素(pixel)単位に透かし情報を埋め込む工作を施すため、どうしてもマルチメディアの品質を劣化させてしまう。この劣化の度合いが、画像や音声、文書などにおいて利用者にどれだけ受容されるかが問題であり、その利用形態や要求品質に大きく左右されることになる。

これまでに述べた電子透かしに対する要請から、この技術に求められる条件が浮かび上ってくる³⁾。

(1) 電子透かしはコンテンツ自身に埋め込むこと。

(2) 透かし情報は編集、圧縮、伝送などの各種の処理に対して変質もしくは消失しないこと。

(3) 電子透かしの改ざんや消去などの悪意ある攻撃に対して強いこと。

(4) 透かし情報の埋め込みとその復元に必要な手続きは簡単で、その処理時間は少ない方がよい。

(5) 電子透かしでは、消去、改ざんなどの結託攻撃を排除できること。

(6) 透かし情報の長さはコンテンツを識別できる程度のビット数を必要とする。

(7) コンテンツの仕様にあまり制約を受けることなく、できるだけ多くのメディアに共通して、多様なフォーマットにも適合する方法が望ましい。

(8) これらの要請を満たした上で、なおかつ利用者の厳しい鑑識眼や鋭い聴音能力にも耐えうる劣化の範囲内にコンテンツの品質を保持しなければならない。

2. 電子透かしの用途

マルチメディアに密かに埋め込む電子透かしにも、その利用目的により多様な用途を想定できる。誰が何んのために、どこに埋め込むかによってつぎのようなアイデアが提案されている²⁾。

(1) 著作者情報

マルチメディア・コンテンツの製作者や著作権者が、そのコンテンツの著作権を所有していることを透かし情報に記録しておく。

(2) 購入者情報

コンテンツの表示部の主要部分にロゴマークまたはトレードマークを直接表示し、一連番号を付して配布する積極的な考え方である。しかも一連番号が透かし情報としてそのコピーを再配布した人と、無許可コピーと知りながらそれを利用している人とともに特定することができる。

(3) 利用者情報

ユーザの識別符号を透かし情報として記録する方法である。受け渡しのたびにコンテンツの授受簿が作成される。

(4) 利用制限情報

コンテンツにコピー制御信号を透かし情報として埋込む。再生表示する際に透かし情報を抽出し、そのメディアが許可済か否かを判定し、コンテンツの内容表示を決定する。コピーそのものの行為を禁止³⁾するパラメータを透かし情報に埋め込む。

(5) 極秘情報

通信秘匿(steganography)と称して⁶⁾、通信そのものの存在を秘匿することを目標としてすでに多くのステガノグラフィックなツールが提案されている⁷⁾。

3. 電子透かしの分類

いまだすべてのメディアに共通使用可能な強度のある方法は提案されていない。ここに各メディアに対してすでに発表されている方法をまとめて表1に示す。

2値画像には冗長性がほとんどなく、透かし情報を埋め込む余地がないため、かなり高度の工夫が必要になる。これは、同じ2値情報である文字メ

表 1. 埋込みメディアによる分類

Table 1. A list of watermarking techniques for each media

メディア	データ形式		透かしの方法
画 像	静止 画	2値	濃度パターン法 ⁸⁾ , 組織ディザ法 ⁹⁾ , 誤差拡散法 ¹⁰⁾ , ラソソグス法 ²⁵⁾
		多値	ビットプレーン法 ¹²⁾ , 局所構造利用法 ¹³⁾ , 画素空間法 ²³⁾ , 群構造法 ⁴⁰⁾ , パッチワーク法 ²²⁾ , 列生成法 ⁴¹⁾ , 量子化誤差法 ¹⁴⁾ , FFT法 ¹⁷⁾ , スペクトル拡散 ^{19) 20)}
		カラー	DCT法 ¹⁶⁾ , wavelet法 ¹⁸⁾ , ADCT法 ¹⁵⁾ , 色差利用法 ²⁴⁾ , 色覚モデル法 ³⁹⁾
	動画	DCT法 ²⁷⁾ , wavelet法 ²⁰⁾ , 動きベクトル ²⁷⁾	
	FAX	ラソソグス法 ²⁵⁾ , 差分利用法 ²⁸⁾	
音 声	非 圧 縮	音声	時間マスク法 ²²⁾ , 周波数マスク法 ²⁸⁾ , ディザ信号法 ²⁸⁾ , 適応PCM法 ²⁹⁾
		音響	エコー法 ³¹⁾ , スペクトラム拡散法 ³⁵⁾ , 変形DCT法 ³⁰⁾
	圧 縮	ベクトル量子化法 ³³⁾ , 極性符号法 ³²⁾ , 音源パルス法 ³⁴⁾ , パリディット法 ²⁹⁾	
文 字	文 書	和文	文字回転法 ³⁸⁾ , 文字幅伸縮法 ³⁸⁾
		英文	ライツツ法 ³⁷⁾ , ワードツツ法 ³⁶⁾
	ソ フ ト ウ ェ ア	ソースコード	変数名利用法 ⁴²⁾ , 命令文利用法 ⁴⁴⁾
		オブジェクトコード	ダミーコード利用法 ⁴³⁾

メディアにも共通する難問であり、ほとんど未解決な分野といっても過言ではない。さらに、ソフトウェアへの透かし法についても、最近、いくつかの試案が発表されているが、決定的な方策を得るに至っていない。

マルチメディアを蓄積、伝送する際にデータ圧縮は不可欠の要素である。その際に、メディアの冗長な部分を削除して、概形を残す圧縮法とメディアの本質的な部分を短縮コードに置きかえて圧縮する方法とがある。前者の圧縮法に対して有効な電子透かし法は、復号しても透かし情報の一部分が生き残っている。ところが、後者の場合圧縮されたコード情報は、メディアとは全く別のものであり、単にコード辞書の索引情報を示しているに過ぎない。したがって、このタイプのデータ圧縮法を採用しているとき、電子透かしがどこまで有効かその形態に留意する必要がある。とくに、このような形式のもとの提案は極秘情報を伝送する目的のデータハイディング(data hiding)を企図したものと理解すべきであろう⁶⁾。

4. 透かし情報の表現方法

透かし情報として文字や数字を用いることが多いが、これらのデータ形式は冗長性に欠けるため、各種の処理やノイズ攻撃に対してどうしても弱い弱にならざるを得ない。そこで、ビットプレーンや局所領域を対象としたマスク処理を用いて透かし情報を表現しようとする試みに発展する。また、画素値分布の統計量を作為的に変更して透かし情報とする提案もなされている。

一般にロバスト性を高めようと工夫をこらすと、透かし情報を入れにくくなり、逆に大量の透かし情報を包含できるタイプのものはセキュリティに欠けることが多いように思われる。

とくにDAVIC(Digital Audio-Visual Council)⁴⁶⁾やIFPI(International Federation for the Phonographic Industry)⁴⁵⁾などで要請している透かしデータ量を表2にまとめておくが、これらの条件を満たしてかつ各種の攻撃にも耐えられる全メディア共通な方法を開発することは大変に難しい問題である²⁾。

しかしながら、すべてのメディアに共通した仕様の方法を求めるのではなく、メディアの特性に

表 2. 電子透かしに対する要請

Table 2. Requests for digital watermarking

(a) DAVICの著作権契約条項(案)⁴⁶⁾

著作権識別子	32ビット
著作権番号	64ビット
70パイ識別子	32ビット
購入番号	128ビット
その他	72ビット
合計	328ビット

(b) IFIPの音声透かし技術提案基準⁴⁷⁾

透かし機構	音声品質を劣化させないこと
抗耐性	透かし情報はフィルタ処理, 画像処理, AD/DA変換, 拡大縮小(10%), MPEG, 非線形変換, ノイズ加算, 上書き, 周波数歪み(15dB)などで消去されないこと.
代替手段	音質の劣化なしに透かし情報を除去又は変更する他の代替手段がありえないこと.
SN比	20dB 以上
透かし情報量	20ビット/秒 以上

表 3. 透かし情報の表現方法

Table 3. How to express digital watermark

カテゴリ	手段	アルゴリズムの概要
幅	ビット	画像や音声データの量子化の際に発生する誤差を利用するタイプが多い. 圧縮などに弱い. ²⁹⁾
	ラン	黒画素や白画素の連続する長さを透かしビットで制御するタイプ. FAX ²⁵⁾ や文書 ³⁶⁾ で利用されている.
	プレーン	多値画像やカラー画像のビットプレーンを抽出して, そこに透かしのプレーンを挿入するタイプやビットプレーンの一部分をランダムに利用するタイプなど多くの方法がある. ²³⁾ 簡便だがセキュリティに難い. ¹²⁾
	フレーム	画素値をランダムに微小変化させて, フレームの平均値や分散などの特性値を変更し, 透かし情報とするタイプ. ²²⁾ 透かしデータの量があまり多くない欠点がある.
	マスク	メディアの特定位置に $n \times n$ のサイズのマスクを設定し振幅データを透かし情報で置きかえるか, 変調するタイプ. ⁴⁾ マスクの位置が鍵となっている. 音声の場合, 強い音の前後にマスク機能があり, 多く利用されている. ^{22) 28)}
周波数	低周波成分	直交変換で得られる周波数領域の低周波成分を透かし情報で置きかえるか, 変調するか, 再量子化するタイプが多い. とくにDCT ¹⁶⁾ , wavelet ¹⁸⁾ , FFT ¹⁷⁾ などで多用. 極めて簡便である上に, 秘匿性や信頼性も得られている.
	ノイズ拡散	スペクトル拡散法を透かしの埋込みに利用するタイプである. ¹⁹⁾ 透かしデータをノイズの形で高帯域に拡散するため, 秘密性もよく, 高品質を維持できる. ²⁰⁾
	階層性	wavelet変換において階層性 ¹⁸⁾ と同階層の拡散性を利用するタイプ. ²⁰⁾ 信頼性の向上に寄与する効果がある.
位相	エコー	音声データにわずかに遅れてエコー信号を流すと人間の耳には区別がつかなくなる. そこで, エコー信号に時間差をつけて透かし信号とするタイプである. ³¹⁾
	差分値	ファクシミリやMR符号化などデータ圧縮に差分情報が使われている. この差分データを透かし情報で変調するタイプである. ²⁶⁾
	色差	カラー画像の(Y, C _r , C _b)特性において人間の目にとらえられない領域を利用するタイプ. ²⁴⁾
相	位相差	FFTの出力として実数部と虚数部が得られる. この虚数成分を一部変更し逆変換すると位相がずれる. その位相差をパターンとして透かし情報に利用するタイプ. ⁴⁹⁾
	ベクトル	JPEG, MPEGの動きベクトルを利用するタイプ. ²⁷⁾ ベクトル量子化におけるコードブックを利用するタイプ. ³³⁾

合った方法を個別選択し、透かし情報も固有の形式で良いならば前途は有望となる。それぞれ各メディアにふさわしい透かし情報の表現方法があるので、その概要を表3にまとめてみた。

5. 電子透かしへの攻撃

Petitcolas⁴⁷⁾は二、三の透かし方式に対して攻撃を実行した結果を報告している。まず、彼らはどんな種類の攻撃が透かしに有効か、透かしを完全に除去したり、あるいは正しく読めないように透かしを変更するには何が必要か、またその攻撃法を用いると対象メディアの品質にどのような影響をおよぼすかなどを基本的な透かし構造に対して検討した。その上で、彼らは「StirMark」という汎用の透かし強度判定ソフトウェアを開発した⁴⁸⁾。そこでこのソフトをダウンロードして実験を行ってみたので、その結果の一部を図1に紹介する。攻撃する電子透かし法としてはPhotoshop 4.0JのDigimarcを用いる。画像(a) girlに対して署名後、StirMarkソフトに設定された各パラメータのデフォルト値で攻撃すると画像(b)を得ることができた。このとき画像の歪み具合を観察しやすいように下段に格子を付けて(a'), (b')に同じものを示した。この結果(a')と(b')にはほとんど差異は認

められない。この攻撃済み画像(b)をDigimarcの検証復号過程に入力すると署名を正しく再現してくれた。すなわち、この場合にはStirMarkの攻撃が失敗であったことが判る。

つぎに、パラメータ値を増大して再度(a)に対し攻撃を試みた。その結果を(c) (d)に示す。格子をつけて表示した(c') (d')に示すように明らかに歪みが発生している。この程度の歪みを許容するならばStirMarkの透かし消去攻撃は成功し、Digimarcは透かし情報を再現することができなかった。ただし(d)に示すような極端な攻撃は電子透かしの攻撃法として考慮する必要がないものと考えている。

6. 電子透かしの評価項目

A. 構造上の評価項目

(1) 情報容量：透かしデータ量をフレーム当たりのビット数で計算するか、あるいは証拠資料の個数で計算するかにより大差である。

(2) メディア品質：一般にメディアとニーズによって許容レベルには大差がある。

カラー画像や動画像では圧縮処理が必要になるのでデータ圧縮との関係から十分に実用品質のレベルを検討しなければならない。

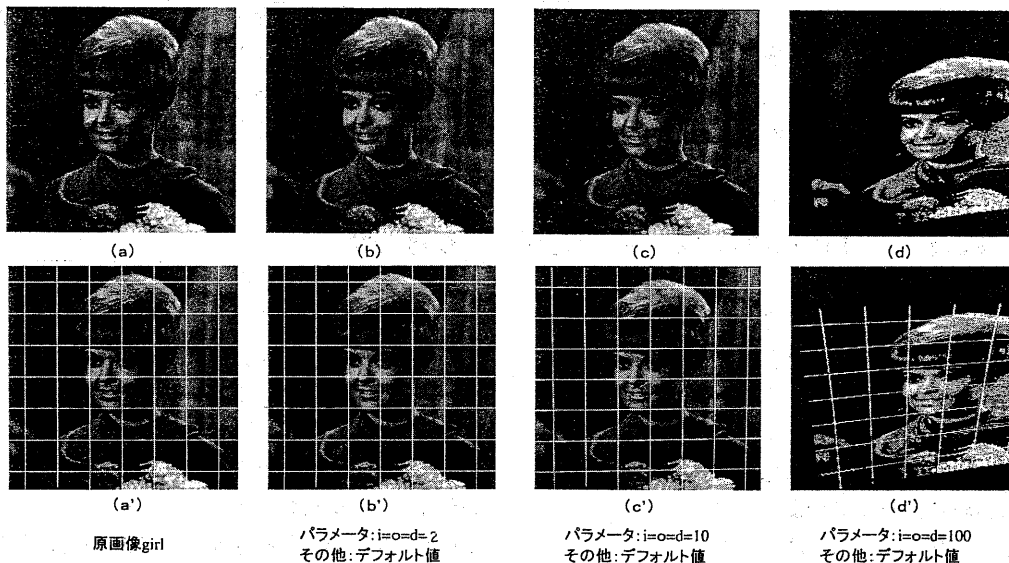


図1 StirMarkによるDigimarcへの攻撃例

Fig. 1 Examples of attack on Digimarc by StirMark

(3) 計算量：画素領域に埋込む方法が最も軽便であるが、直交変換系のアルゴリズムではやや処理が重くなる傾向が強い。とくに擬似モデルを利用した透かしのタイプでは過重な処理時間が必要となることに注意する。

(4) 汎用性：単一メディアにおいてさえも直接に埋込むか、データ圧縮後の符号系列に埋込むかにより、その取扱い方法は全く異なる。したがって、すべてのメディアに共通した汎用性のある透かし技術を求めるには無理がある。

(5) 柔軟性：マルチメディアの多様化とコンテンツの供給形態の変更に伴いデータの記録や表示の形式が年々変化する。そのとき、従来方式との互換性が必要となるので、透かし技術も容易にバージョンアップできることが望ましい。

B. 運用上の評価項目

(1) アフィン変換：一般に画素領域に埋込む手法はこの変換操作に弱い。一方、周波数領域に透かしの工作をした手法は比較的この操作に強く、とくに位相情報を利用した透かしの場合には影響が少ない傾向が見られる。

(2) 加工処理：ウェーブレット変換のような大域情報を一括して処理する透かし技法は、部分的な加工処理に敏感であり、せい弱である。これに対して画素領域に埋込まれた透かし情報はそのまま残留するので、この処理には耐性がある。

(3) フィルタ処理：周波数領域を利用する手法は強い影響を受け、多くの場合透かし情報は失われてしまう。

(4) データ圧縮：画像データの画素領域に透かし情報を埋込み、その後高圧縮すると多くの透かし情報が失われてしまう。周波数領域に透かし情報を埋込むときも、高周波成分がデータ圧縮されるため低周波成分を利用することとなる。

(5) DA-AD変換：デジタル表現された画像データを写真として出力(DA変換)し、再びスキャナから読取る操作(AD変換)を繰り返すと透かし情報が失われてしまう。

C. 保全上の評価項目

(1) クローズドレベル：電子透かしの埋込み機

構が完全に秘匿され、透かしの事実も明かさない環境を仮定する。このような環境条件のもとではネットワーク上や市場に流通しているコンテンツに電子透かしが埋込まれているか否かを知るのは困難である。透かし機構が未知ならば、その攻撃も失敗に帰す可能性が大きい。

(2) ブラックボックスレベル：透かし機構がブラックボックスの型式でユーザーに提供されると仮定する。

このような環境のもとでは、攻撃者は指定の入出力形式で自由に透かしを作成することができることになる。したがって、まず上書き攻撃が可能である。とくにブラックボックスがロードモジュールの形式で提供される場合にはリバースエンジニアリングの対象となる可能性がある。

(3) オープンレベル：電子透かしの埋込みアルゴリズムが公開されているが、復号アルゴリズムは未公開であり容易に推察できない環境と仮定する。攻撃者にはこの場合多様な攻撃法が考えられる。第一に上書き攻撃がある。第二に埋込みアルゴリズムから復号アルゴリズムを推定する攻撃がある。

7. むすび

この報告では電子透かしの基本的な要求条件とそれに対する多くの提案を概観した。とくに現在も日進月歩の分野であり、世界共通の基準を求めて研究開発途上にあるため、今後の動向が注目される。

参考文献

- 1) 苗村憲司, 小宮山弘之: マルチメディア社会の著作権, Keio-up選書 (1997)
- 2) 松井甲子雄: 電子透かしの基礎—マルチメディアのニュープロテクト技術, 森北出版 (1998)
- 3) 高橋史忠: “電子透かしがマルチメディア時代を守る” 日経エレクトロニクス, no.683, (2月24日号), pp.99-124 (1997)
- 4) 松井甲子雄, 阪口康弘: “FSR 系列による画像へのデジタル透かしとマスク” 1996年映像メ

- ィア処理シンポジウム, IMPS96, 1-6.16, pp.35-36. (1996)
- 5) 上園, 他: “電子情報通信学会倫理綱領試案—その解説と策定の経過—” 電子情報通信学会技術研究報告, FACE97-5, pp.25-44 (1997)
- 6) R. Anderson: Information Hiding, Lecture Notes in Computer Science, vol.1174, Springer-Verlag (1996)
- 7) 松井甲子雄: 絵に秘める暗号の科学, 新コロナシリーズ24, コロナ社 (1994)
- 8) 岡一博, 中村康弘, 松井甲子雄: “濃度パターン法を用いたハードコピー画像への署名の埋込み” 電子情報通信学会論文誌, vol.J79-D-II, no.9, pp.1624-1626 (1996)
- 9) 岡一博, 松井甲子雄: “組織的ディザ法によるハードコピー画像への署名情報の埋め込み” 電子情報通信学会論文誌, vol.J80-D-II, no.3, pp.820-823 (1997)
- 10) 小出晋也, 萩原剛志, 金田悠紀夫: “誤差拡散法および平均濃度近似法を用いた画像深層暗号方式の提案” テレビジョン学会技術報告, vol.20, no.5, pp.7-14, MIP96-11 (1996)
- 11) 清水周一, 沼尾雅之, 森本典繁: “ピクセルブロックによる静止画像データハイデング” 情報処理学会第53回全国大会 (平8後期), vol.2, pp.257-258, IN-11 (1996)
- 12) 小松尚久, 富永英義: “文書画像通信におけるデジタル透かしの提案と署名への応用” 電子情報通信学会論文誌, vol.J72-B-I, no.3, pp.208-218 (1989)
- 13) 岡一博, 松井甲子雄: “埋込み関数を用いた濃淡画像への署名法” 電子情報通信学会論文誌, vol.J80-D-II, no.5, pp.1186-1191 (1997)
- 14) 片岡利幸, 田中清, 中村康弘, 松井甲子雄: “階層型予測符号化における多値画像への属性情報の埋め込み” 電子情報通信学会論文誌, vol.J73-BI, no.3, pp.229-235 (1990)
- 15) 片岡利幸, 田中清, 中村康弘, 松井甲子雄: “適応型離散コサイン変換符号化におけるカラー画像への記述情報の埋込み” 電子情報通信学会論文誌, vol.J72-B-I, no.12, pp.1210-1216 (1989)
- 16) 中村高雄, 小川宏, 高嶋洋一: “デジタル画像の著作権保護のための周波数領域における電子透かし方式” 暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS '97-26A (1997)
- 17) 中村康弘, 松井甲子雄: “離散的直交変換を用いた濃淡画像とテキストデータの合成符号化法” 電子情報通信学会論文誌, vol.J72-D-II, no.3, pp.363-368 (1989)
- 18) 大西淳児, 松井甲子雄: “ウェーブレットを利用した著作権保護のための画像符号化” 情報処理学会論文誌, vol.33, no.3, pp.534-539 (1997)
- 19) I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shamoon: “Secure spread spectrum watermarking for multimedia” NEC Technical Report 95-10, NEC Research Institute (1995)
- 20) 大西淳児, 松井甲子雄: “多重解像度解析とPN系列を利用した電子透かし法” 電子情報通信学会論文誌, vol.J80-D-II, no.11, pp.3020-3028 (1997)
- 21) I. J. K. O'Ruanaidh, W. J. Dowling, F. M. Boland: “Phase watermarking of digital images” Proceeding of 1996 Int. Conf. on Image Processing, vol.III, pp.239-242 (1996)
- 22) W. Bender, D. Gruhl, 森本典繁, A. Lu: “電子透かしを支えるデータ・ハイデング技術 (上)” 日経エレクトロニクス, no.683 (2月24日号), pp.149-162 (1997)
- 23) 新見道治, 野田秀樹, 河口英二: “複雑さによる領域分割を利用した画像深層暗号化法” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.97, no.70, IE 97-17, pp.39-44 (1997)
- 24) 関沢秀和, 川上晴子, 山本直史: “カラー画像の深層情報記録” 画像電子学会年次大会予稿集, session 7, 20, pp.47-48 (1995)
- 25) 田中清, 中村康弘, 松井甲子雄: “MHファクシミリ通信における情報の多重化” 画像電子学会誌, vol.18, no.1, pp.2-8 (1989)
- 26) 田中清, 中村康弘, 松井甲子雄: “情報の2重化伝送可能なMRファクシミリ符号化方式” 電

- 子情報通信学会論文誌, vol.J72-B-I, no.4, pp.368-376 (1989)
- 27) 中沢英徳, 小館亮之, シェフモリソン, 富永英義: “MPEG 2 におけるデジタル透かしの利用による著作権保護の一検討” 暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS '97-31D (1997)
- 28) 松井甲子雄, 中村康弘, ナタウット・サムバイブーン: “音声通信への文字情報の埋込み” 第18回情報理論とその応用シンポジウム, SITA '95, C-4-3, pp.389-392 (1995)
- 29) 岩切宗利, 松井甲子雄: “適応 PCM 量子化による音声符号へのテキスト情報の埋込み” 電子情報通信学会技術報告, vol.97, no.208, IT 97-34, pp.61-66 (1997)
- 30) L. Boney, A. H. Tewfik, K. N. Hamdy: “Digital watermarks for audio signals” IEEE Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, Session 17, pp.473-480 (1996)
- 31) W. Bender, D. Gruhl, 森本典繁, A. Lu: “電子透かしを支えるデータ・ハイデング技術(下)” 日経エレクトロニクス, no.684 (3月10日号), pp.153-168 (1997)
- 32) 岩切宗利, 松井甲子雄: “適応差分 PCM 符号化における音声符号へのテキスト情報の埋込み” 情報処理学会論文誌, vol.38, no.10, pp.2053-2061 (1997)
- 33) 岩切宗利, 松井甲子雄: “音声符号への電子透かしに関する一検討” 電子情報通信学会1997年基礎境界ソサイエティ大会, SA-7-5, pp.250-251 (1997)
- 34) 岩切宗利, 松井甲子雄: “ITU G.729 による音声符号への電子透かし” 情報処理学会第55回全国大会, vol.4, pp.428-429 (1997)
- 35) 岩切宗利, 松井甲子雄: “音楽ソフトへの電子透かしの一方式” 1998年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS '98-8.2.C (1998)
- 36) 中村康弘, 松井甲子雄: “著作権保護のための電子文書のハードコピーへの署名の埋め込み” 情報処理学会論文誌, vol.36, no.8, pp.2057-2062 (1995)
- 37) J. T. Brassil, S. Low, N. F. Maxemchuk, L. OGorman: “Electronic marking and identification techniques to discourage document copying” Proceedings of IEEE INFOCOM '94, vol.3, pp.1278-1287 (1994)
- 38) 中村康弘, 松井甲子雄: “著作権保護のための和文書へのシール画像の埋込み” 情報処理学会論文誌, vol.38, no.11, pp.2356-2361 (1997)
- 39) 谷垣芳博, 田中清, 杉村立夫, 近藤昭治: “視覚特性を考慮した色彩透かしの一手法” 1997年映像メディア処理シンポジウム, I-3.14, pp.45-46 (1997)
- 40) 向川公宏, 田辺英彦, 阪口文則, 梅田博之: “データハイデングによる濃淡画像へのデジタル署名” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.97, no.254, IT97-42, pp.7-12 (1997)
- 41) 沼尾雅之, 清水周一, 森本典繁: “データハイデングによるデジタル署名” 情報処理学会第53回全国大会, 1M-13 (1996)
- 42) 広瀬直人, 岡本栄司, 満保雅浩: “ソフトウェア保護に関する一提案” SCIS '98-9.2.C (1998)
- 43) 門田暁人, 他: “プログラムに電子透かしを挿入する一手法” SCIS '98-9.2.A (1998)
- 44) 北川隆, 他: “JAVAで記述されたプログラムに対する電子透かし法” SCIS '98-9.2.D (1998)
- 45) 喜多村政賛, 小松尚久, 小鮎忠彦, 布施徹朗: 著作権処理システムの研究, 情報処理振興事業協会, 平成9年度調査研究報告, no.9, 技-180 (1998)
- 46) DAVIC: Copyright information, DAVIC 1.4 specification, Baseline document, no.84, revision 4.0 (1998)
- 47) F. A. P. Petitcolas, R. J. Anderson, M. Kuhn: “Attacks on copyright marking system”, 2nd International Information Hiding Workshop, Portland, USA (1998)
- 48) M. G. Kuhn: “StirMark”, <http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/image_watermarking/stirmark/> (1997)
- 49) 福岡義秀, 松井甲子雄: “多重上書き攻撃を識別可能な電子透かしの一方式”, 画像電子学会誌, vol.27, no.5 (1998)