

11-18-1999

NOV 15 1999

Atty. Docket No.: 2091-0201P
Page 1 of 1

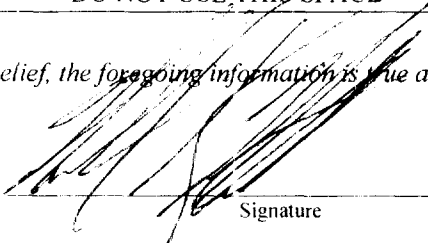
MRD 11/15/99



101203107

RECORDATION FORM COVER SHEET

To the Honorable Commissioner of Patents and Trademarks:
Please record the attached original documents or copy thereof.

1. Name of conveying party(ies): Akira YODA Additional name(s) of conveying party(ies) attached? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No		2. Name and address of receiving party(ies) Name: Fuji Photo Film Co., Ltd. Internal Address: Street Address: 210 Nakanuma, Minamiashigara-shi, Kanagawa-ken City: State: ZIP: Country: JAPAN Postal Code: Additional name(s) & address(es) attached? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No	
3. Nature of conveyance: <input checked="" type="checkbox"/> Assignment <input type="checkbox"/> Merger <input type="checkbox"/> Security Agreement <input type="checkbox"/> Change of Name <input type="checkbox"/> Other: Execution Date: August 30, 1999			
4. Application number(s) or patent number(s): If this document is being filed together with a new application, the execution date of the application is: A. Patent Application No(s). 09/384,555 B. Patent No.(s). Additional numbers attached? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No			
5. Name and address of party to whom correspondence concerning document should be mailed: Name: BIRCH, STEWART, KOLASCH & BIRCH, LLP Street Address: P.O. BOX 747 City: FALLS CHURCH State: VA ZIP: 22040-0747 Country: USA		6. Total No. of applications/patents involved: One (1) 7. Total fee (37 C.F.R. § 3.41): \$40.00 <input checked="" type="checkbox"/> Enclosed <input checked="" type="checkbox"/> Authorized to be charged to deposit account, if no fee attached. 8. Deposit account number: 02-2448 (Attach triplicate copy of this page if paying by deposit account)	
DO NOT USE THIS SPACE			
9. Statement and signature. <i>To the best of my knowledge and belief, the foregoing information is true and correct and any attached copy is a true copy of the original document.</i> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <u>Michael K. Mutter, #29,680</u> Name of Person Signing/Reg. No. </div> <div style="text-align: center;">  Signature </div> <div> <u>November 15, 1999</u> Date </div> </div>			
Total number of pages including cover sheet, attachments, and document: Three (3)			

Mail documents to be recorded with required cover sheet information to:
Commissioner of Patents & Trademarks, Box Assignments
Washington, DC 20231

MKM/DEB/slp

11/17/1999 DNGUYEN 000002% 09384555

01 FC:581

40.00 OP

PATENT
REEL: 010381 FRAME: 0001

ATTORNEY DOCKET NO.

2091-0201P

ASSIGNMENT

Application No. 09/384,555

Filed August 27,
1999

Insert Name(s)
of Inventor(s)

WHEREAS, Akira Yoda

Insert Title
of Invention

(hereinafter designated as the undersigned) has (have) invented certain new and useful improvements in _____

"PRINTING METHOD AND APPARATUS"

for which an application for Letters Patent of the United States of America has been executed by the undersigned

Insert Date
of Signing of
Application

on August 30, 1999; and

Insert Name
of Assignee

WHEREAS, Fuji Photo Film Co., Ltd.

Insert Address
of Assignee

of 210 Nakanuma, Minamiashigara-shi, Kanagawa-ken, Japan

CHECK BOX
IF APPROPRIATE

its heirs, successors, legal representatives and assigns (hereinafter designated as the Assignee) is desirous of acquiring the entire right, title and interest in and to said invention and in and to any Letters Patent(s) that may be granted therefor in the United States of America and

☒ in any and all foreign countries.

NOW, THEREFORE, in consideration of the sum of Ten Dollars (\$10.00) to the undersigned in hand paid, the receipt of which is hereby acknowledged, and other good and valuable consideration, the undersigned has (have) sold, assigned and transferred, and by these presents does sell, assign and transfer unto said Assignee the full and exclusive right to the said invention in the United States of America, its territories, dependencies and possessions and the entire right, title and interest in and to any and all Letters Patent(s) which may be granted therefor in the United States of America, its territories, dependencies and possessions, and if the box above is designated, in any and all foreign countries;

and to any and all divisions, reissues, continuations and extensions thereof for the full term or terms for which the same may be granted.

The undersigned agree(s) to execute all papers necessary in connection with this application and any continuing, divisional or reissue applications thereof and also to execute separate assignments in connection with such applications as the Assignee may deem necessary or expedient.

The undersigned agree(s) to execute all papers necessary in connection with any interference which may be declared concerning this application or continuation, division or reissue thereof or Letter Patent(s) or reissue patent issued thereon and to cooperate with the Assignee in every way possible in obtaining and producing evidence and proceeding with such interference.

The undersigned agree(s) to execute all papers and documents and to perform any act which may be necessary in connection with claims or provisions of the International Convention for the Protection of Industrial Property or similar agreements.

The undersigned agree(s) to perform all affirmative acts which may be necessary to obtain a grant of a valid United States of America patent(s) or a grant of a valid United States of America and any foreign patent(s) to the Assignee and to vest all rights therein hereby conveyed to said Assignee as fully and entirely as the same would have been held by the undersigned if this Assignment and sale had not been made.

The undersigned hereby authorize(s) and request(s) the Patent and Trademark Office Officials in the United States of America and in any foreign countries to issue any and all Letters Patents resulting from said application or any continuing, divisional or reissue applications thereof to the said Assignee, as Assignee of the entire interest, and hereby covenants that he has (they have) the full right to convey the entire interest herein assigned, and that he has (they have) not executed, and will not execute, any agreement in conflict herewith.

The undersigned hereby grant(s) the law firm of Birch, Stewart, Kolasch & Birch, LLP the power to insert on this Assignment any further identification which may be necessary or desirable in order to comply with the rules of the U.S. Patent and Trademark Office for recordation of this document.

The undersigned hereby covenant(s) that no assignment, sale, agreement or encumbrance has been or will be made or entered into which would conflict with this assignment.

In witness whereof, executed by the undersigned on the date(s) opposite the undersigned name(s).

Date <u>August 30,</u> <u>1999</u>	Name of Inventor <u><i>Michael Kolasch</i></u> (signature)
Date _____	Name of Inventor _____ (signature)
Date _____	Name of Inventor _____ (signature)
Date _____	Name of Inventor _____ (signature)
Date _____	Name of Inventor _____ (signature)
Date _____	Name of Inventor _____ (signature)

1943年生まれ、65年3月、北海道大学・理学部、化学科卒業、68年～70年、大阪大学・基礎工学部・生物工学科（国内留学）、70年3月、北海道大学大学院理学研究科化学専攻・博士課程終了・理学博士、70年4月～74年9月、米国・ペンシルベニア大学・医学部・博士研究員、74年10月、大阪大学産業科学研究所助手（放射線分子部門）、77年4月、北海道大学・電子科学研究所・助教授（生体物理部門）、87年12月、北海道大学・応用電気研究所・教授（生体物理部門）、91年4月、北海道大学・電子科学研究所・教授（分子光分析）。

現在、NEDOプロジェクト「光断層イメージングシステムの開発」開発委員長および学術振興会基盤研究推進事業「光CTおよび断層図を用いた高次脳機能の研究」プロジェクトリーダー。O plus Eでは連続「光」を使った生体計測—光CTへの道（87年5月号～88年4月号）、続（90年5月号～91年9月号）で、古くからの読者にはおなじみと思う。今年の10月から、数々といひかたちで連載がスタートする予定。

と、途端にこれは測れなくなり、これは100年来の大問題です。こんな簡単なことが解けないのです。濃度の定量が出来なかったのです。不均一散乱系での吸光度の絶対定量というのは、今もって不可能なのです。

これがビコ秒のバルス光を使えば吸光度の絶対値が出せるところまで来ました。逆に言う、これができるからCTの研究ができるのです。CTというのは吸光度の絶対値の場所による比較をしなればなりませんからね。やっとそこまで来たということなのです。

こういうことを考えると、ビコ秒領域のレーザーがあれば、普通の分析で通っている資料をもつてきた時に、絶対定量ができるわけで、これは画期的なのです。やり方と原理は分かっていますし、検出系はできています。あとは使いやすいレーザーだけです。

現在ではこういうところまで来たのです。裾野は非常に広がってきています。最初に言いましたが、64チャンネルの光CTのプロトタイプもできていて、10年前には誰も予想しなかったものが現実になってきました。

まだ人間には直接応用しておりません。ビコ秒のバルス光を人の頭に当てるといふのは、世界ではじめてのことですから、安全性の問題があります。委員会等できちんと認可されてからやらないと大変なことになりますからね。

今までは安全性の問題とかは、外国で全部やっているから日本で心配をすることはなかったの

です。しかし私達の光CTは最初ですからね。今まで日本は真似してきましたから、こういう基本的なことを全部飛ばして、装置を改良して、あとからおもしろいところだけをいただくということをやってきましたけど。

今僕らの読者モニターをモデファイしたものをあちこちで研究しています。極端に言いますと、ハードとしていいものさを作つてしまえば勝ちという考えが、日本にはあります。独創性というものに対しての評価がおろそかにされていて、いちばん安いものを作つてしまえば勝ちというところがありますからね。それはまずいことです。本当は、頭の中を光が通る。そしてヘモグロビンで酸素が測れる。ということを示すのが一番大切なことなんです。僕らのアルゴリズムとか、原理的なものは全部論文に書いてありますし、特許を取っているわけではありませんから、誰でも使えます。ただ大事なことは、外国の人はみんな基本となる式とかは、僕なら僕の学問というかライロソフアイです。それらはちゃんと評価し理解してくれませんか。

日本の場合、特にメーカーサイドはそういう式とかは大事とは思わないのです。だからハードを作ったほうが勝ちということになります。日本の良くないところですね。基本的な研究を地道にやっつていく必要があると思います。

0から1を作るのと、1から10を作るのでは、本質的にはまったく違うのだということです。

（文責 M.）

O plus E・1997年8月

いばいばろろろろろ

特集 ■ ほんもの確認技術

電子すかし

防衛大学校 情報工學教室・
松井 甲子雄

1. まえがき

近年、マルチメディアのためのデジタル機器の普及により、精細な良質のコピーを容易に作成できる環境を迎えた。このため、著者に所与なくデジタルプロダクトを複製・盗用する機会も増えている。この著作権侵害を抑制もしくは阻止する問題について多くの研究がなされているが、いまだ決定的な方法は提案されていないように思われる。

そのような状況のなかでも、特に最近注目を集めている方法の1つに「電子すかし」がある¹⁾。これは、マルチメディアのコンテンツのなかに密かに著作権情報を埋め込み、データの流通や利用権の有無などを検査するためのツールとなるものである。同時に、違法コピー者に見えないマークが入っているという無言の心理的圧力をかける手段にしようという目的もある。

この技術について、いまだ関連学会において用語の定義がなされていないため、各研究者の勝手気ままな術語が横行している。例えば、欧米では、digital watermarking⁴⁾や data hiding⁵⁾が多く、日本ではコンソールドイメージ⁶⁾、電子すかし⁷⁾、デジタルすかし⁸⁾などが用いられている。また、subliminal channel⁹⁾や covert channel¹⁰⁾、画像深層暗号¹¹⁾などはほぼ同じ目的に利用できるが、従来の暗号学（cryptography）を補完するステガノグラフィー（steganography）¹²⁾の一分野

・239 神奈川県横浜市青木1-10-20 0464-41-3610

No. 213・O plus E

であり、主として秘密通信手段として利用されてきた¹³⁾。

電子すかしに求められる条件として、一般に以下の項目がある¹⁴⁾。

- (1) コンテンツの要素に直接操作を施し、著作権情報を埋め込むこと。
- (2) 埋込みによるメディアの品質劣化をできるだけ防ぎ、利用者に検知されないこと。
- (3) コンテンツの編集、圧縮、伝送、変換処理などに対し消去されないこと。
- (4) 埋込み情報の有無判別や改ざん、または偽情報の書き込みなどをしにくい構造であること。
- (5) 情報の埋込みや抽出・照合に必要な処理はできるだけ簡単であること。

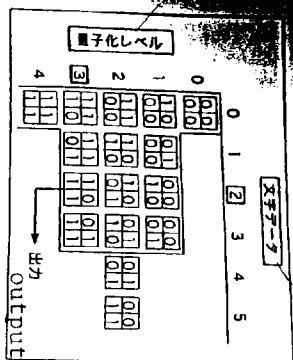
2. 2値画像への電子すかし

画像データのなかでも2値画像には特に冗長度が少ないので、この画像空間上で直接にすかし情報を埋め込むことは難しい。そこで、多値レベルで表わされた画像を2値化する際に得られる自由度に注目する。例えば、濃度パターン法で図1に示すように1画素が4値の濃度で表現されているときそれを2×2の密度表現に変換される。このとき、変換の自由度を利用して同値パターンを準備する。そのなかからすかし情報にしたがって出力パターンを決定すれば、そのビット情報を2値画像に埋め込むことができる^{15)~17)}。一方、組織的

10.4.20
を村

特集：ほんもの確認技術

character data

図1 画素領域への埋込み¹⁹⁾

Embedding in a density pattern
デイズ法にはこのような変換の自由度がない。頻りになるのはデイズ行列のしきい値情報だけである。この情報を手がかりにすかし情報を埋め込む方法も提案されている^{19),19)}。

3. 濃淡画像への電子すかし

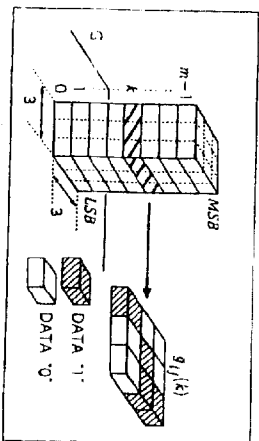
多値画像データには十分な冗長度が存在するので、これまでに多くの方法が提案されている。その代表的な考え方を以下に述べる。

3.1 画素置換型

誰でも気付く初歩のアイデアとして、画素のビット情報を密かにすかしのビット情報で置き換えてしまうことが考えられる²⁰⁾。このとき、どの画素位置のどのビット情報を置き換えるかを鍵で指定することが多い。隠蔽の構造が単純なだけ、鍵に頼らざるを得ない方式である。

3.2 画素空間利用型

1ビット単位の画素情報の置き換えでは、埋込みデータ量が少なく、ロジックなどのすかし情報

図2 画素空間への埋込み²¹⁾

Embedding in a pixel space

報を隠匿するのは難しい。そこで、対象画素の近傍3x3画素の平面を図2のごとく輪切りにして取り出し、この周囲8ビットに署名印などを埋め込む。この方法では原画の3分の1サイズのすかし画を256階調で秘匿できるところに特長がある²¹⁾。

3.3 量子化誤差利用型

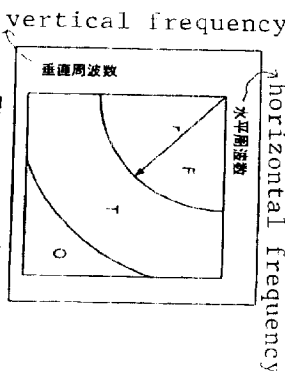
画像データの蓄積や伝送に当たり、データ圧縮が必須である。そこで、圧縮過程で発生する量子化誤差に注目し、著作権情報のビット系列の0.1で量子化出力を偶数と奇数に制御すれば見かけ上、量子化ノイズとしてすかし情報を画像データに埋込みできる²²⁾。このタイズの埋込み方法は各種の画像符号化手順についてすでに数多く報告されている¹¹⁾。

3.4 周波数領域利用型

画像領域上で、直接画素に著作権情報を埋め込むのは容易であるが、その反面、画像の変換、圧縮、拡大、回転、鏡分、平滑化、切断などの各種の画像処理に対して脆弱である。とくに画像データを蓄積し、伝送する際に画像圧縮をすること、埋込みデータが散逸して完全に復号できないことが多い。この弱点を避けるには、周波数領域で埋め込むことが必須となる。

(a)離散フーリエ変換 (FFT) 法

画像信号は一般に周辺との変化が比較的少なく、相関性が強いので、スペクトルは低周波領域に集中し、高周波領域にはあまり分布していない。このFFTの周波数領域における冗長部分にすかし情報を埋め込むことが可能となる。図3にFFT

図3 フーリエ変換領域²³⁾
Fourier Transform Region
O plus E・1997年8月

による出力周波数領域の一部を示す。このF領域には画像のエキス、T領域には埋込みテキストをビット成分としてランダムに配置する。0領域は通常データ圧縮のためカットする。このときFを鍵として用いる。このように工作した画像を逆FFTすると、すかし情報を画像の高周波成分に秘匿することができ²³⁾。

(b)離散コサイン変換 (DCT) 法

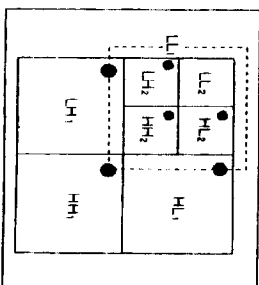
FFTで画像圧縮を実行する場合、位相成分としての虚数空間をつねに考慮する必要があるが、DCTを用いると、実数空間だけで同様の議論を展開できる。そこで、画像圧縮にはJPEGやMPEGなどでDCTを用いることが多い。この場合にも、図3と同じく画像の高周波成分を圧縮のために捨て、低周波成分にはすかし情報を埋め込むことが可能である²⁴⁾。

(c)ウェーブレット変換 (WLT) 法

直交WLT法は、図4に示す方法で、時間周波数領域を階層的に表現できる便利さがある。第1階層における LL_1 は直流成分、 LH_1 は横方向の差分、 HL_1 は縦方向の差分、 HH_1 は斜め方向の差分情報とそれぞれ表現している。さらに、第2階層では、 LL_1 成分を図4のように再分割し、第3、第4階層へとこの操作を繰返すことができる。ここで図4の黒点部分の相互関係を利用して埋め込むもの²⁵⁾、黒点部に多値情報を分割して埋め込むもの²⁷⁾などが提案されている。

(d)スベクトラム拡散 (SS) 法

画像データをFFTやDCTなどを用いて直交変換

図4 ウェーブレット変換領域²⁶⁾
Wavelet Transform Region
No.213・O plus E

特集：ほんもの確認技術

換すると周波数スペクトラムは2次元に広がる。そこで、すかし情報をこの周波数領域の上に分散配置する。その方法として、位置のスペクトラム y_i に次式によってすかし、

$$y_i' = y_i(1 + \alpha x_i) \quad i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

を挿入する。ただし α はスケールパラメータである。 $y_i \neq 0$ ならば可逆関数となるので、 (y_i, y_i') の組が与えられたとき、 x_i を逆算することが可能となる。この原理にもとづいて、周波数領域の低周波成分上の指定した位置 i の値 $|y_i|$ を $|y_i'|$ の系列で置き換えて、逆FFTまたはDCT変換する。この逆変換により、 $|x_i|$ は実画像上へ拡散されてしまい、ほとんど人間の目には認識できなくなる。これは、スベクトラム拡散のアナロジーであり、攻撃に強い手法として注目に値する²⁸⁾。しかし、この方法では y_i' から x_i を導くために原画像のスベクトラム y_i を必要とする。

この弱点を補う方法として、直交スベクトラム拡散 (DSS) 法 の概念を導入した方法もある。まず図5にDSS法の原理を示す。送信側の1次変調波を $a(t)$ 、PN系列を $c(t)$ 、送信波形を $x(t)$ とすると、 $x(t) = a(t) \cdot c(t)$ であるが、受信側において同一のPN系列で復号すると

$$y(t) = x(t) \cdot c(t) = a(t) \cdot c^2(t) = a(t) \quad (2)$$

となり原信号を得ることができ。このとき、図6に示すように、伝送路上で干渉波 $j(t)$ が作用す

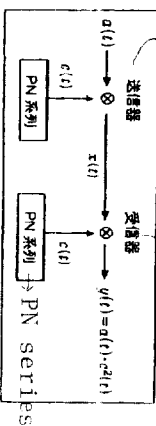
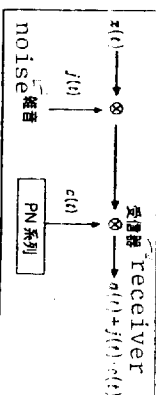


図5 スベクトラム拡散-Spread Spectrum

図6 スベクトラム拡散による埋込み²⁹⁾
Embedding by spread spectrum

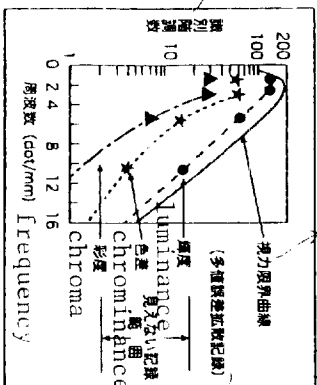
特集：ほんもの確認技術

ると、 $a(i)+j(i)\cdot c(i)$ が出力される。この現象を電子すかしに利用する。すなわちを画像の位置座標とし、 $a(i)$ を画像信号とする。これをPN系列 $c(i)$ により拡散するとスベクトラム $s(i)$ を得る。ここにすかし情報を加え、同じPN系列 $c(i)$ で再拡散すると画像信号 $a(i)$ のなかに $j(i)\cdot c(i)$ なる秘密データが逆に拡散された結果を得ることができる²⁹⁾。この方法は画像の各種変形操作に対しても埋込みデータを保持する割合が高く、有用な手段となる。しかも、その秘匿強度はDSS方式と同レベルにあり、PN系列の生成のみに依存する。

3.5 統計量利用型

濃淡画像Pから無作為に任意の2点を選び、その濃度値を a_i, b_i とする。ここで、 $S_i=a_i-b_i$ とおく。Pから無数に (a_i, b_i) の組を抽出し、その期待値 (ES) を求める。0になる。そこですかし情報を埋め込むには、既知の乱数生成器に鍵を与えて、ランダムに (a_i, b_i) $i=1, 2, \dots, n$ を作り、 $a_i \leftarrow a_i + d, b_i \leftarrow b_i - d$ と工作し、Pに戻す。繰返し数 n や偏り d の設定を適当に選ぶと耐性のある方法となる。この方法をバッチワークとよんでいる³⁾。

vision limit curve

図7 識別閾特性³⁰⁾

Characteristics of discernible tones

74

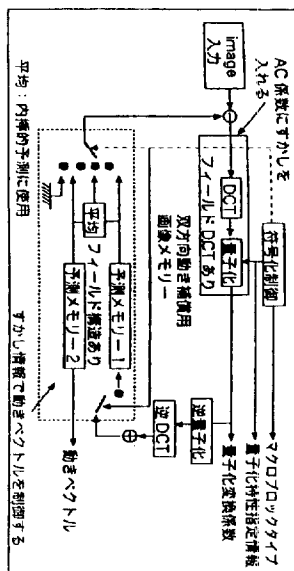


図8 MPEG2符号化器

4. カラー画像への電子すかし

4.1 クロミナンス成分利用型

人間の視覚特性では、色差や彩度情報は一般に輝度情報より階調識別能力が低下する。図7は青と黄との色差方向と彩度での周波数に対する識別階調数を求めたものである。色差や彩度情報に比べてオーバーサンプリングであり、この輝度との差の部分に見えない記録が可能となる領域が存在する。この盲点を巧みに利用すると、高周波色差情報を埋め込むことができる³⁰⁾。

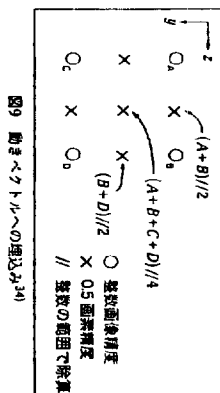
4.2 ルミナンス成分利用型

カラー画像データをルミナンス成分(Y)とクロミナンス成分(Cr, Cb)に分離したのうち、JPEGのアルゴリズムにしたがって2次元離散コサイン変換を実行する。この時、Y成分に対して変換出力をJPEG指定により量子化すると、量子化誤差が発生するので、容易に著作権情報を埋め込むことができる。この場合適応型の符号化方式を利用するならば、埋込みデータが出力再生画像にほとんど影響を与えない特長がある³¹⁾。

multi-valued error diffusion recording

5. 動画像への電子すかし

MPEGでもほとんど適用できることに注意する。しかし、MPEGでは膨大なデータ量を強力圧縮するので、それに合わせたすかし情報の埋込み方法

図9 動きベクトルへの埋込み³⁴⁾

が考察されている。

MPEG2の符号化器を図8に示す。図から分かるように、MPEG2では、DCTと動きベクトルの技術を採用している。DCT部分については、すでに述べた方法を利用できるが、動きベクトルを利用する部分は次の方法ですかし情報を埋め込むことができる。MPEG2では動きベクトルを図9に示すように画素A,B,C,D間を直線補間した仮想的な0.5画素の精度を用いて動き補償予測方式で推定している。

そこで、同図の○印と×印の画素をすかしビットの0と1に対応づけておく。もし、すかしビットが0ならば○印の画素のなかで最近傍のものをベクトルの予測方向に採用し、すかしビットが1ならば×印の画素のなかで最近傍のものを採用することに規定すればよい。この原理にもとづいてすかし情報を埋め込むことができる³²⁾。

6. むすび

すかし情報がコンピューター処理によって消失したり、あるいは第3者の偽造、上書き、削除などの攻撃に対して抗耐性を保持するためには、スキャングラフィーとは一部異なる要請を満たすことも必要である。特に、上記の攻撃に対しては、本質的に原本の保管が必須であり、原本との照合によって最終的に著作権侵害の事実を立証できるようなシステムを構成することにならざるを得ないのである³³⁾。

参考文献

1) 半田正夫：「複製にさしかかった著作権制度J」一位社、No. 213・O plus E

特集：ほんもの確認技術

東京(1994)

- 中山信弘：『デジタルメディアと著作権』、岩波書店、東京(1996)
- 高橋史忠：「電子透かしがデジタルメディア時代をどう日経エレクトロニクス、No. 663 (2月24日号)、pp. 99-124 (1997)
- F. M. Boland, J. J. K. O'Huainich, C. Dautenberg: "Water marking digital images for copyright protection", IEE International Conference on Image Processing, pp. 326-331 (1995)
- W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto: "Techniques for data hiding", Proceedings of SPIE, Vol. 2020, pp. 2420-2440 (1995)
- 横口、知沢、山田、小池、富永：「コンプレックスイメージを用いた画像情報の隠蔽方法」、暗号と情報セキュリティシンポジウム、SCIS, 88, B-2 (1998)
- 前田、渡辺、高：「暗号技術に強い電子透かし法」、SCIS, 97-31B (1997)
- 渋谷、横、高：「暗号技術と著作権のデジタル透かしとして用いる技法」、SCIS, 97-36E (1997)
- 村山茂子：「デジタルデータ通信環境における盗用・伝意の監視について」、SCIS, 97-5D (1997)
- 古坂、今井：「セキュリティミナル(コンパクト)キヤンダの構成とその対策」、SCIS, 97-5E (1997)
- 松井和郎：「画像復元技術」、東北出版、東京(1993)
- B. Schneier: "Applied Cryptography", Chap. 1, pp. 9-10, John Wiley & Sons, Inc. (1995)
- D. カーン (著、関野、訳)：「暗号数学」、早川書房(1966) (原著 D. Kahn: "The Codebreakers", Macmillan, 1967)
- 森本、清水、沼尾：「デジタルメディアへのデータインテグリティ」、情報処理学会53全大(平8後期)、Vol. 2, pp. 259-260, IN-12 (1996)
- 中村、松井：「複製パターン法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B, Vol. J 70-B, No. 12, pp. 1475-1481 (1987)
- 関、中村、松井：「濃度パターン法を用いたヘビースピード画像への署名の埋め込み」、電子情報D-II, Vol. J 79-D-II, No. 9, pp. 1624-1626 (1996)
- 知藤、長谷川、寺嶋：「可変長フロー化による画像復元暗号の改良」、画像学誌、Vol. 25, No. 4, pp. 375-381 (1996)
- 田中、中村、松井：「複製的デジタル画像への署名情報の埋め込み」、電子情報D-II, Vol. J 72-D-II, No. 6, pp. 880-886 (1989)
- 関、松井：「複製的デジタル法によるヘビースピード画像への署名の埋め込み」、電子情報D-II, Vol. J 80-D-II, No. 3, pp. 820-823 (1997)
- 小池、松本、今井：「デジタル画像の著作権保護方式、暗号と情報セキュリティシンポジウム、SCIS, 95-13C (1995)
- 関、松井：「埋込み関数を用いた濃淡画像への署名法」、電子情報D-II, Vol. J 80-D-II, No. 5, pp. 1186-1191 (1993)

特集：ほんもの確認技術

- (1997)
- 22) 小松、富永：「文書画像通信におけるデジタル透かしの特徴と署名への応用」，信学論 B-1, Vol. J72-B-1, No. 3, pp. 208-218 (1999)
- 23) 中村、松井：「無散乱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」，信学論 D-II, Vol. 72-D-II, No. 3, pp. 363-368 (1998)
- 24) 中村、小川、高橋：「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」，SCIS 97-264 (1997)
- 25) 松井、大西、中村：「ウェーブレット変換における画像への署名データの埋込み」，信学論 D-II, Vol. J79-D-II, No. 6, pp. 1017-1024 (1996)
- 26) J. Ohnishi, K. Matsui: "Embedding a seal into a picture under orthogonal wavelet transform", 1996 IEEE Proceedings of Multimedia, 96, pp. 514-521 (1996)
- 27) 大西、松井：「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」，情報論, Vol. 38, No. 3, pp. 534-539 (1997)
- 28) J. J. Cox, J. Killian, T. Leighton, T. Shmonoon: "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", NEC Research Institute, TR 95-10 (1995)
- 29) 大西、岡、松井：「FPM 系列による画像への透かし署名法」，SCIS 97-268 (1997)
- 30) 関沢、川上、山本：「カラー画像の濃度情報記録」，1995 年延岡大学電子学会大会予稿集, pp. 47-48 (1995)
- 31) 片岡、田中、中村、松井：「適応型画像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」，信学論 B-1, Vol. J72-B-1, No. 12, pp. 1210-1216 (1989)
- 32) 中沢、小原、モリツ、富永：「MPEG2 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」，SCIS 97-31D (1997)

- エレクトロニクスショー'97
- キャッチフレーズ：ひとりとひとりに、ホッ ト・マルチメディア
- 日時：1997年10月8日(木)～10日(金) 10:00～17:00
- 場所：幕張メッセ (日本コンベンションセンター)
- 主催：(社) 日本電子機械工業会 (EIAJ)
- 入場料：一般 1,000円、学生 500円 (前売りは一般 600円、学生 300円)、学生 20名以上の団体は無料、小学生以下は無料
- 出品品目：産業を支えるエレクトロニクス
- WWW: <http://www.jesa.or.jp/jes97/>

部門には、光デバイス、液晶デバイス、電子デバイスがが含まれる。「暮らしを広げるエレクトロニクス」部門にはAV、マルチメディア関連が含まれる。

- 特別展示：マルチメディアCATVプラザ
- その他：マルチメディアアワード'97 10月7日(火)～9日(木)、国際会議場2F コンベンションホール。

●問合せ先：日本エレクトロニクスショー協会、〒105 東京都港区芝大門1-12-16 住友芝大門ビル2号館5F、☎03-5402-7601、E-mail: info@jesa.or.jp

特集：ほんもの確認技術

コピー防止技術 ——マイクロ印刷からホログラムへ——

1. はじめに

紙の上の印刷物が権利や価値を生む、紙幣、有価証券や証券類は、財産としての権利や金銭取引の機能を備え、社会的にも重要な役割を担っている。そのため、製造には万全の偽造対策を施す必要があり、偽造品が出回することは社会的影響が大きい。

しかしながら、現在の社会情勢はカラーコピー機に代表されるハイテク機器の普及や犯罪の国際化により偽造による被害は増える一方である。これら偽造品は、次の2種類の方法で製造されている。

第1の方法は、有価証券の実物、もしくはカメラで撮影した写真をカラーコピー機により印刷の4原色(黄、赤、藍、墨)に色分解し、これを原紙としてオフセットの刷版を作り、実際に印刷機にかけるものである。この方式は、設備(スキヤナー、製版設備、印刷機等)と技術が必要とされるため、印刷技術者を含む偽造グループによるものと言える。日本国内で発見されるこれらの印刷機による偽造券のほとんどが、アジア諸国の大がかりな偽造グループによるものと言われている。

第2の方法は、近年急速に普及してきたデジタルカラーコピー機およびパソコンのスキヤナーとカラープリンターによるものである。この場合、専用設備や技術は必要なく、誰でも簡単に

凸版印刷株式会社 証券システム研究所
牛関 智、星野 和久

複製できるため、大きな問題となっている(表1)。実際には、カラーコピー機やパソコンのプリンターで偽造したものは、紙質の違いや印刷の画質の点であるため本物と比べれば見分けがつくのだが、コピー品だけを見れば真偽判定が難しいものが多く、近頃発見されている偽造券の大半がこの方式である。最近有名百貨店の商品券で大量に偽造券が発見されて話題になったが、現実には株券等の高額有価証券や、パスの定期券や回数券等の偽造品も報告されており、コピー防止技術の必要性が高まっている。

本稿では、カラーコピー機および一般のオフセット印刷機による偽造に対応した証書、有価証券

表1 コピー機による年度別公表事件数と被害金額

年度	被害以外の有価証券	
	公表事件数	被害金額**
89	1件	10,000 万円
90	2件	4,500,150 万円
91	5件	2,348 万円
92	7件	1,019 万円
93	6件	4,003 万円
94	13件	13,106,509 万円
95	10件	395,212 万円
96	9件	10,001,090 万円
97(5月)	3件	10,346 万円

**被害金額は所轄署に公表されたもののみ集計。97年度は5月まで有価証券の場合、借用や2次の犯罪に要する可能性を鑑みて、事件を公表しない場合が多く、この情報は「氷山の一角」であると考えられる。

1. INTRODUCTION

Recently, following remarkable spread of digital equipment for multimedia data, an environment enabling generation of high definition, good quality copies has been established. Therefore, chances of copying and misusing digital products without permission of authors have been growing. Various studies have been carried out in order to suppress or prevent copyright violation. However, there has been no absolute method.

In such a situation, one of the methods attracting attention especially in recent years is digital watermarking. Digital watermarks are a tool for inspecting data distribution or rights to use the data by secretly embedding copyright information in the contents of multimedia data. It is also intended to work as a silent psychological pressure against violators by using invisible marks.

Since terminology regarding this technique has not been established in academic societies concerned, technical terms coined by researchers are in use. For example, in the United States and Europe, terms "digital watermarking" and "data hiding" are frequently used. In Japan, terms such as "concealed images", "electronic watermarks", and "digital watermarks" are in use. Terms such as "a subliminal channel" "a covert channel" or "deep layer image encryption" can also be used for expressing almost the same idea. These have been one filed of

steganography complementing cryptography, and used mainly as means for secret communications.

As criteria required for digital watermarking, the following is generally listed:

5 (1) An operation is directly carried out on an element of the contents in order to embed copyright information therein.

(2) Quality degradation of media data due to embedding is prevented as much as possible and the fact of embedding is not easy to detect for users.

10 (3) Digital watermarks are not easy to delete upon edit, compression, transmission and transform processing of the contents.

(4) Digital watermarks should have a structure such that judgment of presence or absence of embedded information, alteration of embedded information, and overwriting false information are not easy.

15 (5) The processing necessary for embedding, extraction, and comparison of information is as easy as possible.

2. Digital Watermarks for Binary Images

20 Among image data, binary images have especially small redundancy. Therefore, it is difficult to embed watermark information directly in the pixel space thereof. Therefore, attention is paid to a degree of freedom upon binary conversion of pixels represented by multi-valued levels. For example, As shown in Figure 1, when one pixel is expressed by 4-valued density in the density pattern method, the pixel is converted

25

into 2×2 density expression. At this time, by using the freedom of conversion, equivalent patterns are prepared. If an output pattern is determined among the patterns according to watermark information, bit information of the watermark can be embedded in the binary image. Meanwhile, the systematic dithering method does not have such freedom of conversion. Only threshold value information of a dither matrix is available. Methods of embedding watermark information by using this information have also been proposed.

3. Digital Watermarks in Variable-Density Images

Since multi-valued image data have enough redundancy, many methods have been proposed. Some representative methods will be explained below.

3.1 Pixel Replacing Method

As an elementary idea anyone can come up with, a method of secretly replacing bit information of pixels by bit information of a watermark is possible. At this time, a key often specifies which bit information of which pixels is replaced. Since the structure of hiding information is simple, this method inevitably depends on a key.

3.2 Pixel-Space Utilizing Method

Bit-by-bit replacement of pixel information results in small amount of information embedded, and it is difficult to hide watermark information such as a logo. Therefore, by taking out a plane of 3×3 pixels neighboring a target pixel as shown in Figure 2, information representing a signature and the like

is embedded in the 8 pixels surrounding the target pixel. In this method, it is characteristic that a watermark image having the size of 1/3 of the original image size can be hidden in 256 tones.

3.3 Quantization Error Utilizing Method

Data compression is necessary upon storing and transferring image data. Therefore, by paying attention to quantization errors occurring in a compression process, watermark information can be embedded into image data as apparent quantization noise by controlling quantization output into even and odd numbers according to a '0' or '1' of a bit series of copyright information. A large number of embedding methods of this type have been reported in various image coding procedures.

3.4 Frequency Domain Utilizing Method

It is easy to embed copyright information directly in pixels in an image region. On the contrary, this method is vulnerable to image processing such as transformation, compression, scaling, rotation, differentiation, smoothing, and cropping. Especially, when image data are compressed at the time of storing or transferring the data, the embedded information is scattered and not decoded completely. In order to avoid this drawback, it is necessary to embed information in a frequency domain.

(a) Fast Fourier Transform (FFT) Method

An image signal generally has comparatively small changes

and strong correlations with its neighbors. Therefore, spectral distribution is concentrated in low frequency regions and sparse in high frequency regions. Watermark information can be embedded in this redundancy in the high frequency region of FFT. Figure 3 shows a portion of an output frequency region according to the FFT. In regions F and T, an essence of the image and text to be embedded are placed randomly as bit components. The region O is usually cut for data compression. At this time, r is used as a key. If an image having this kind of manipulation is subjected to inverse FFT, watermark information can be secretly hidden in the high frequency component of the image.

(b) Discrete Cosine Transform (DCT) Method

When image compression is carried out by the FFT, it is necessary to constantly consider an imaginary-number space as a phase component. When DCT is used, the same argument can be developed by using a real-number space. Therefore, DCT is often used for image compression based on JPEG or MPEG. In this case, a high frequency component of an image is discarded for compression, as shown in Figure 3, and watermark information can be embedded in a low frequency component.

(c) Wavelet Transform (WLT) Method

The orthogonal WLT method, which is shown in Figure 4, is advantageous in hierarchical representation of time frequency domain. LL1, LH1, HL1, and HH1 at the first hierarchical level represent a direct current component,

difference information in the horizontal direction, difference information in the vertical direction, and difference information in the diagonal direction, respectively. At the second hierarchical level, the component LL1 is further divided as shown in Figure 4, and this operation is repeated at the third level, at the fourth level, and so on. Methods of data hiding by using relations between the black dots in Figure 4, by using difference information between the dots, and by embedding multi-valued information in the dots have been proposed, for example.

(d) Spread Spectrum (SS) Method

When image data are subjected to an orthogonal transformation by using FFT, DCT, or the like, the frequency spectrum thereof spreads 2-dimensionally. Therefore, watermark information can be spread in this frequency region. As a method for this, a watermark is inserted into a position spectrum ν_i according to the following equation:

$$\nu_i' \leftarrow \nu_i(1+ax_i) \quad i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Here, "a" is a scale parameter. If $\nu_i \neq 0$, the above equation shows an invertible function. Therefore, when a pair (ν_i, ν_i') is given, x_i can be found. According to this principle, the value $\{\nu_i\}$ at a specified position in a low frequency component of the frequency domain is replaced by a series of $\{\nu_i'\}$, and an inverse FFT or DCT is carried out thereafter. By this inverse transform, $\{x_i\}$ is spread into the real image and becomes almost imperceptible by human vision. This is an analogy of spread

spectrum communications and deserves attention as a method which is robust against attacks. However, since x_i is found by using ν_i' , the spectrum ν_i of the original image is necessary.

In order to complement this drawback, a method introducing a concept of direct spread spectrum (DSS) has also been proposed. Figure 5 shows a principle of the DSS method. Let $a(t)$, $c(t)$ and $x(t)$ be a primary modulated wave, a PN series, and a transmitted waveform, respectively. Here $x(t) = a(t) \cdot c(t)$. When this transmitted wave is decoded by using the same PN series,

$$y(t) = x(t) \cdot c(t)$$

$$= a(t) \cdot c^2(t) = a(t) \quad (2)$$

and the original signal can be obtained. At this time, as shown in Figure 6, when an interference wave $j(t)$ operates on the transmission path, $a(t) + j(t) \cdot c(t)$ is output. This phenomenon is used for digital watermarking. In other words, when t is a pixel position coordinate and $a(t)$ is an image signal, a spectrum $x(t)$ is obtained by spreading the image signal by using the PN series $c(t)$. Watermark information is then added to the spectrum, and re-spreading according to the same PN series $c(t)$ is carried out thereon. In this manner, the image signal $a(t)$ has the inversely-spread secret data $j(t) \cdot c(t)$. This method is highly likely to retain the embedded data after various transformation operations are applied to the image, making this method be useful. Furthermore, this method has the robustness as the DSS method, and depends solely on the generation of the PN series.

3.5 Statistics Utilizing Method

Let a_i and b_i be luminance of 2 points selected randomly from a variable-density image P . Let $S_i = a_i - b_i$. If indefinite number of pairs (a_i, b_i) are chosen from P and an expected value ($\sum S_i$) is calculated, the value becomes 0. In order to embed watermark information, a key is given to a known random-number generator to randomly obtain (a_i, b_i) for $i = 1, 2, \dots, n$, and operations $a_i \leftarrow a_i + \Delta$ and $b_i \leftarrow b_i + \Delta$ are carried out to insert them into P . By appropriately choosing the number of repetition n and the bias Δ , this method becomes invulnerable. This method is called "Patchwork".

4. Digital Watermarks in Color Images

4.1 Chrominance Component Utilizing Method

According to human vision characteristics, the ability of discerning tones is generally lower regarding chrominance and chroma than regarding luminance. Figure 7 shows the number of discernable tones against frequencies of chrominance direction and chroma of blue and yellow. This figure shows that there exists a range where invisible recording is possible in the range where luminance is discerned but chrominance and chroma are not. According to this fact, watermark information can be embedded into an image without degrading image quality, by using high frequency chrominance information.

4.2 Luminance Component Utilizing Method

After color image data are decomposed into a luminance component (Y) and chrominance components (Cr, Cb), 2-

dimansional discrete cosine transform is carried out according to a JPEG algorithm. At this time, when transformation output of Y component is quantized according to the JPEG specification, quantization errors occur. Therefore, watermark information can be embedded easily. In this case, if an adaptive coding method is used, the reproduced image is hardly affected by the embedded information.