透かし印章を用いた電子文書のテキスト復元

Recovering scheme for Electronic Documents by Watermark to Signature Seal.

岩 切 宗 利[†], 正会員 松井 甲子雄[†]Munetoshi Iwakiri[†] and Kineo Matsui[†]

あらまし デジタル化したテキスト文書の一部が不正に改ざんされても、その内容をオリジナルの状態に復元できる手法を提案する。それは、テキストが埋め込まれた印章画像を電子文書に貼付し、記述内容が不正な改ざんを受けた場合に、透かしデータを抽出して原本を復元するものである。

キーワード：電子透かし、濃度パターン法、テキスト復元、改ざん検出、電子印章

1. ま え が き

情報のデジタル化は、その保存性や可搬性の高さから広い分野への応用が期待されている。特に文書のデジタル化によるオンライン取引は、大幅なコストダウンと情報の速達およびその共有に繋がるものとして、早期の実現が期待されている。しかし、デジタルデータは、一部を不正に改ざんされてもその痕跡が残りにくい特徴を持つため、暗号技術¹⁾によるセキュリティ対策が不可欠であった。暗号化はデータの保全性を高める上で有効かつ強力なものであるが、復号された後のデータの安全性を保証できないうえに、記述内容の自由な閲覧を制限する。また、署名方式によれば文書データから生成されるハッシュ値を用いて改ざん箇所を特定できるが、その復元はできない。そこで、文書データをグリフコード²⁾やバーコード³⁾として余白に貼付し、改ざん箇所の復元に役立てることも考えられる。しかし、コンテンツとして無意味なコードパターンを添付するのは望ましくない。

本研究では、これらの問題解消策のひとつとして電子透かし⁴⁾の応用を検討した。その方法は、テキストデータが埋め込まれた印章画像をデジタル文書に貼付し、記述内容の改ざん検出および改ざん箇所の復元に役立てるものである。これによれば、利用者は透かしの存在を意識することなく電子文書を活用でき、もし改ざんの痕跡が認められたならば、印章部分からテキストを復元できる。

2. 埋込みの原理

2.1 濃度パターン法の原理

濃度パターン法は、人間の視覚的積分効果を巧みに利用し、高階調の多値画像を低階調で擬似的に表現する組織的ディザの一種である⁵⁾。ここで、ディザの各セルの大きさを $d \times d$ とし、各画素が L_p 階調を表現できるとする。このときの擬似階調数 L_s は

$$L_s = (L_p - 1) \cdot d^2 + 1 \quad (1)$$

となる。ここで、 $L_p = 2$ のとき表現解像度が高く視覚的積分効果を得られるならば、その濃度値はセル内の画素数で定まる。例えば $d = 2$ の濃度パターンは図 1 のようになる。 $s_q = 0, 4$ を除く各量子化値には少なくとも 4 種類のパターン選択肢があり、その自由度を利用し、データ t を 2bit まで埋め込むことができる。一般に、 L_o 階調の濃淡画像 S のある 1 画素を s としたとき、その L_s 階調への量子化は

	$d=2$	Selective pattern					
		1	2	3	4	5	6
Quantized level : s_q	4						
	3						
	2						
	1						
	0						

図 1 埋込みの原理
Embedding rule.

2000 年 1 月 24 日受付、2000 年 2 月 16 日採録

[†] 防衛大学校 情報工学科

(〒 239-8686 横須賀市走水 1-10-20, TEL 0468-41-3810)

[†] Department of Computer Science, National Defense Academy
(1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka-shi, Kanagawa 239-8686, Japan)

$$s_q = \lfloor s \cdot \frac{L_s}{L_o} \rfloor \quad (2)$$

で求まる。このとき出力セルに埋め込めるビット長 b_l は、セルサイズ d と量子化値 s_q を用いて

$$b_l = \lfloor \log_2(d^2 C_{s_q}) \rfloor \quad (3)$$

のように定まる。ただし、 $d^2 > s_q$ である。

2.2 濃度パターンの決定法

テキスト T から抽出した b_l ビットのデータ t により、セルの画素配列を一意に定める原理を示す⁹⁾。まず、 $d \times d$ のセル要素を1次元に再排列し $D(j), j = 0, 1, \dots, d^2 - 1$ と表現する。このとき、セルパターンの総数は、 d^2 個のセルから s_q 個を選ぶ組合せ $d^2 C_{s_q}$ に等しい。ここで $D(0)$ に着目してパターンの組合せを展開すると

$$d^2 C_{s_q} = d^{2-1} C_{s_q-1} + d^{2-1} C_{s_q} \quad (4)$$

になる。この右辺第1項は $D(0)$ を“1”，第2項は“0”としたパターンの種類数を示す。そこで、 $t < d^{2-1} C_{s_q-1}$ ならば $D(0) = 1$ として s_q を $s_q - 1$ に置き換える。一方、そうでないならば $D(0) = 0$ として t から $d^{2-1} C_{s_q-1}$ を減ずる。これらの処置を施した上で t と $d^{2-2} C_{s_q-1}$ を比較し $D(1)$ を定める。これを再帰的に繰り返し $D(j)$ を決定する。これは基数変換と同様の原理である。

3. 印章の作成

多値の印章画像 S を準備する。一方、テキスト T およびタイムスタンプ P を暗号化し、その暗号データを X とする。この X から b_l ビットのデータ x を抽出し、濃度パターン画像 S' を作成する。この S' と T を文書整形ソフトで合成し印章付の文書データ Y を作成する。この際、印章画像のセルパターンを圧縮等で損失してはならない。

4. テキストの復元

印章からテキストを復元するには、各画素がビットパターンに対応しなければならない。しかし、印章画像は表示バランスを考慮してサイズを調整した後に貼付される。したがって、データの復元時は、まず印章画像を画素ブロックに分割しビットパターンに置き換える前処理が必要である。たとえば 50×50 ビットの印章を 200dpi の紙面に1インチ角のサイズで貼付すると、各ビット値が 4×4 の画素ブロックで表現されるので、抽出画像は 200×200 画素となる。これをビットパターンへ変換するには、縦横のサイズを $1/4$ に縮小し2値化しなければならない。

まず、復元対象文書 Y' に含まれる印章画像データ S' の画素をセルサイズに縮小する。これを2値化して、1次元に再排列し $D(j), j = 0, 1, \dots, d^2 - 1$ とする。また、量子化値を

表 1 印章への埋込み容量
Embedable capacity to seals.

Name	Capacity(bits)	Size(pixel)
INKAN	26,026	50 × 50
SEAL	55,484	100 × 50

表 2 テキストデータ量
Amount of text data for experiment.

Name	Amount of data (bits)
JTEXT	5,944
ETEXT	5,832

$$s_q = \sum_{j=0}^{d^2-1} D(j) \quad (5)$$

により算出する。このとき b_l ビットの埋込みデータは、重み係数

$$w(j) = d^{2-j-1} C_{s_q-1} - \sum_{i=0}^j D(i) \quad (6)$$

と $D(j)$ の論理否定 $\bar{D}(j)$ を用いて

$$x' = \sum_{j=0}^{d^2-1} \bar{D}(j) \cdot w(j) \quad (7)$$

により算出できる。ただし、 $s_q - 1 \geq \sum_{i=0}^j D(i)$ とする。この処理を全画素ブロックに適用して得られた暗号化データ X を復号すれば、テキスト T とタイムスタンプ P を確認できる。ここで T と Y' を比較し不整合箇所を修正すれば、オリジナルの配布文書 Y が復元できる。また、印章から得られた暗号データを復号できなければ、文書が不正に処理されたと見なせる。

5. 実験結果

実験に用いた印章画像をあらかじめ0~15の16階調に量子化し、文字の形状をレベル15(白色)、背景色レベル5(黒色)に変換した。この背景色レベルは量子化濃度値 $s_q = 10$ に相当する。この印章に埋込み可能なビット容量を表1に示した。一方、実験用テキストのデータ量は表2である。表1と表2の関係から、テキストデータを複数回反復して印章画像に埋め込めることがわかる。

まず、JTEXTとETEXTの一部にタイムスタンプとして処理時刻を添付し暗号化した。これらのテキストデータをセルサイズ 4×4 として、INKANおよびSEALへ埋め込み、各印章にはテキスト抽出を容易にするための黒枠を付加した。この印章の解像度を200dpiとしてポストスクリプト言語による文書整形を施した配布文書は図2のようになる。図2から印章画像を抽出しテキストを再現すると図3が得られた。この結果と図2を比較することで、この文書は改ざんされていないと判断できる。

6. むすび

本研究では、電子文書の改ざんや偽造を防止する一手

ITU-T 勧告 H.263 は 64Kbps 以下の低レート符号化に適し、テレビ電話にも利用可能なレベルの動画像を対象とする符号化手順である。本報告では、この H.263 システムにおいて可変表示できる電子透かしを埋め込む方法を提案する。まず、カラー画像の入力フレームを YCbCr 成分に分解し、その Y 成分に著作権を表すロゴマークを埋め込む。提案する手法はこのロゴマークを数フレーム間では可視状態で表示し、他の数フレーム間では不可視状態として周期的に繰返し表示する方法である。この方法によれば、著作権の所在を積極的に明示できる利点がある。一方、可視表示されたロゴマークはユーザの要請によりいつでも不可視化することが可能である。この不可視化ロゴマークは既存の多くの見えない透かしと同じように作用するため、著作権管理上のトラブル解消に寄与することができる。

(a)JTEXT with INKAN.

ITU-T Recommendation H.263 system functions as 64 Kbit/s or less video encoder and is available for low bitrate communication such as video telephone. In this paper, we propose how to embed a variable-displaying watermark into H.263 system. We transform input frames of color image in YCbCr format and embed a binary logomark into luminance Y for copyright protection. In our scheme the logomark is displayed repeatedly in visible state on several frames and in invisible state on others. By using this method, the author can show his copyright positively onto the video sequence and may change the displayed mark to invisible one without losing the watermark subject to the request of authorized users.

(b)ETEXT with SEAL.

図 2 テキストと印章の合成文書
Seals and built-in documents.

ITU-T 勧告 H.263 は 64Kbps 以下の低レート符号化に適し、テレビ電話にも利用可能なレベルの動画像を対象とする符号化手順である。本報告では、この H.263 システムにおいて可変表示できる電子透かしを埋め込む方法を提案する。まず、カラー画像の入力フレームを YCbCr 成分に分解し、その Y 成分に著作権を表すロゴマークを埋め込む。提案する手法はこのロゴマークを数フレーム間では可視状態で表示し、他の数フレーム間では不可視状態として周期的に繰返し表示する方法である。この方法によれば、著作権の所在を積極的に明示できる利点がある。一方、可視表示されたロゴマークはユーザの要請によりいつでも不可視化することが可能である。この不可視化ロゴマークは既存の多くの見えない透かしと同じように作用するため、著作権管理上のトラブル解消に寄与することができる。 Sat Jan 1 00:00:00 JST 2000

(a)Japanese text.

ITU-T Recommendation H.263 system functions as 64 Kbit/s or less video encoder and is available for low bitrate communication such as video telephone. In this paper, we propose how to embed a variable-displaying watermark into H.263 system. We transform input frames of color image in YCbCr format and embed a binary logomark into luminance Y for copyright protection. In our scheme the logomark is displayed repeatedly in visible state on several frames and in invisible state on others. By using this method, the author can show his copyright positively onto the video sequence and may change the displayed mark to invisible one without losing the watermark subject to the request of authorized users. Sat Jan 1 00:00:00 JST 2000

(b)English text.

図 3 復号テキスト
Decoded texts.

法を提案した。それは濃度パターン法を用いて、電子印章自体にテキストデータの改ざん検出および復元機能を持たせるものである。本手法によれば、電子文書の記述内容が不正に改ざんされても印章からテキストを復元できる。さらに図 2 の出力文書をコピー機で複製すると印章部分の微細な画素が崩れるので、原本かコピーかの判定も可能となる利点がある。この研究では、本手法の有用性を実験的に確認した。実用化に際しては、暗号化の手法やテキスト復号時の誤り訂正に関してさらなる検討が必要であろう。

【文 献】

- 1) D.R.Stinson: "CRYPTOGRAPHY", CRC(1995) (櫻井幸一監訳: "暗号理論の基礎", 共立出版 (1996))
- 2) D.L.Hecht: "Embedded Data Glyph Technology for Hardcopy Digitaldocuments", Proc. SPIE. 2171, Color Hardcopy and Graphic Arts III, pp.341-352(1994)
- 3) 小塚洋司: "バーコードの秘密", 装華房 (1996)
- 4) 松井甲子雄: "電子透かしの基礎", 森北出版 (1998)
- 5) 藤村是明: "ドット式表示装置による濃淡図形表示の方法", 情報処理, 15, 7, pp.503-509(1974)
- 6) 中村康弘, 松井甲子雄: "濃度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", 信学論, 70-B, 12, pp.1475-1481(1987)

いわきり むねとし
岩切 宗利 1993 年, 防衛大学校情報工学科卒業。1998 年, 同大学校理工学研究科情報数理専攻修了。1999 年, 防衛大学校情報工学科助手。マルチメディア符号化, 情報セキュリティ, 電子透かしに関する研究に従事。

まつい きつお
松井甲子雄 1961 年, 防衛大学校電気工学科卒業。1965 年, 九州大学大学院工学研究科電子専攻修了。1981 年, 防衛大学校電気工学科教授。1989 年, 同大学校情報工学科教授。暗号学, 情報セキュリティ, 電子透かし, 音声・画像データの符号化に関する研究に従事。工学博士。正会員。