

改良エッジパターン法による文章画像への電子透かし

三浦, 周平 / MIURA, shuhei

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010502>

改良エッジパターン法による文章画像への電子透かし

Digital Watermarking for Bi-level Image with Modified Edge Pattern Method

三浦周平

shuhei MIURA

指導教員 彌富仁

法政大学大学院工学研究科情報電子工学専攻修士課程

In this study, we proposed a new watermarking method for documents saved as bi-level images based on the edge-pattern method. The edge-pattern method is capable of putting hidden information in the document as bi-level images with little perceivable deterioration of the images. This method, however, has a limitation in the amount of embedded information and vulnerability for geometrical differences during the scanning the document. Our method improved the capable information around 3 times larger than the original and addressed the issues such as the shift and tilt during the scan with the (16, 8) error correcting code.

Key Words : Bi-level Image, Text Image, Digital Water Marking, Edge Pattern

1. まえがき

電子透かしとは文章や画像に、人の目には認識できないような微小な変化を施すことで情報を埋め込む技術であり、主に著作権保護などセキュリティ面で使用される。本研究は2値文章画像に対する独自の電子透かしを開発し、紙とデジタルの透過性の向上を目的とする。文章と同じ内容を画像に埋め込むことができれば高精度 OCR の実現が期待でき、web の URL や著作権情報を印刷した文章に埋め込むことで、それぞれ印刷した紙から web にアクセスし、関連データの取得や著作権の主張といった応用が期待できる。本研究では文章画像に対する電子透かしの手法として、エッジパターン法 [1] を使用する。この手法は文字のエッジ部分を微小に変化することで情報を埋め込む技術で、文章画像に対する従来の手法の中でも画像の劣化を抑えたままに情報量を多く埋め込むことができる。しかし、目的の情報量には不十分であることやスキャン時の紙の傾きや位置ずれによって正しい情報の読み取りができない欠点がある。そこで本研究では、エッジパターン法を改良した新たな手法を提案する。

2. エッジパターン法

エッジパターン法は、文章を2値画像とみなし情報埋め込み時に3×3のウィンドウを画像中に重なりなくスキャンしていく。文字のエッジから検出したウィンドウパターンが予め定義された12個の内のパターンと一致した場合それをあるルールに従って変更することで情報を埋め込んでいく。Fig.1に既定のパターンを示す。文章画像中をスキャンした際にこれらに該当するパターンを bit1 や bit0 に該当するパターンに変化させることで情報を埋め込む。

3. 改良エッジパターン法

エッジパターン法は、文字のエッジを微小に変更し情報を埋め込むため画像劣化を抑えながら、従来の方法 [2][3] より多くの情報を埋め込める。しかし画像をスキャンする際の位置ずれや傾き、拡大縮小、歪みに対してとても弱い。そこ

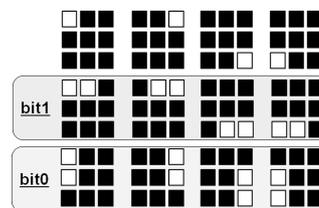


Fig 1 既定のパターン

で本研究では、(1) 秘匿性を保ったままに埋め込める情報量を増加させる。また (2) 誤り訂正符号を用いた位置ずれ補正とハフ変換を用いた傾き検出によってスキャン時の拡大縮小、回転による位置ずれの解決を試みた。

(1) パターンの増加による埋め込み情報量の増加

埋め込める情報量を増やすために、定めるウィンドウパターンを新たに44種を追加し、情報量に重点を置いた「情報量重視パターン(56種)」を定義した。この中から画像の劣化と埋め込み情報量のバランスを考慮した「推奨パターン(28種)」の定義も行った。A4サイズの英字論文を200dpiでスキャンし2値化した画像の一部を拡大したものをFig.2(a)とし、以下(b)既存パターン(c)推奨パターン(d)情報量重視パターンの結果を示す。(d)は、見た目の劣化がある程度感知できるが、(c)では劣化が気にならないレベルである。全9ページの英字論文を200dpiでスキャンして画像化し、情報の埋め込み試験を行った埋め込み可能情報量の結果はTable.1のようになった。推奨パターンを埋め込んだ場合、既存手法比平均で約2.8倍、情報量重視パターンを埋め込んだ場合、既存パターンに対し平均で約12倍となり、他の原稿を対象にした場合でも同様の傾向が見られた。

Table 1 埋め込み可能な情報量の比較 (bit)

	既存	推奨	情報量重視
9ページ合計	13,070	36,223	156,939
合計既存比	—	約2.8倍	約12.0倍

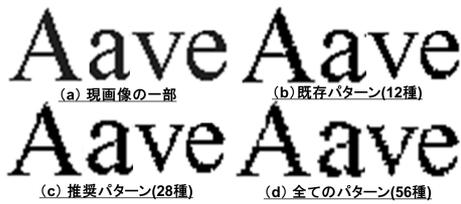


Fig 2 パターン別画像劣化比較

Table 2 画像 (100 枚) を回転させハフ変換を用いて傾きを検出したときの平均誤差, 標準偏差, 最大誤差, 誤り傾き数の内訳

傾き	平均誤差	標準偏差	最大誤差	誤り傾き数
0.1	0.236	0.377	0.903	83
0.5	0.508	0.179	1.005	3
1.0	0.028	0.109	0.505	0
1.5	0.044	0.140	0.506	4
2.0	0.027	0.098	0.495	3
5.0	0.077	0.164	0.513	1

4. 誤り訂正符号を用いた位置ずれ補正

エッジパターン法は, 3×3 のウィンドウパターンを元に情報の読み書きを行うためノイズや位置ずれに極めて弱いことから, 正確な位置が読み込めない恐れがある。そこで, より冗長さの高い誤り訂正符号である (16,8) 符号を用い, 情報の耐ノイズ性を高めると共に, 位置ずれの検出にも利用した。(16,8) 符号は, 8 ビットの情報に 8 ビットの訂正符号を付加する符号で, ちょうど英字 1 文字の情報毎に訂正符号を付加することを意味し, 文字情報の埋め込みとの親和性も高い。この符号は, 16bit 中の 2bit までのランダム誤りおよび 3bit のバースト誤りの訂正ができる。読み取り開始の位置推定には, 読み取り開始位置候補の画素の近傍 3×3 の各画素を始点として復調を試み, 誤りビット数の一番少ない位置を正確な読み取り開始位置として推定した。

5. ハフ変換を用いた文章の傾き検出

エッジパターン法は, その特徴から画像の傾きも大きな影響を受けるため, 適切に文章の傾きを検出し, 修正をしなければならない。一般的な A4 サイズの書類を 200dpi でスキャンした場合, 画像サイズは 1654×2239 ピクセルとなる。エッジパターン法は, 厳密には 1 ピクセルでもずれると読み取りができなくなるため, 許容できる回転角度の誤差は, $\tan^{-1}(1/1654) = 0.035^\circ$ となる。このため少なくともこれ以上の精度で傾きを検出する必要がある。さらに, できるだけ情報量の埋め込みの秘匿性を保持しなければいけない見地から, 文章のみから角度を検出するために外部にマーカーなどの導入は望ましくない。そこで本研究ではハフ変換を用いた傾き検出手法を試みて文章の傾き検出手法を試みた。文章画像 100 枚を指定の角度に回転させた回転画像 (100 枚) から傾きを検出した時の平均誤差, 標準偏差, 最大誤差, ならびに誤り傾き数を Table.2 に示す。傾き 0.1 では誤りが 83 個と誤差が多いが他の傾きでは良い結果が得られた。

Table 3 エッジパターン別誤認識表 (bit)

	[1]	[0]	white	corner	[-]
[1]	2403	0	17	1	526
[0]	0	2947	27	16	181
white	0	0	299879	0	0
corner	0	0	0	149	4
[-]	490	247	1486	26	36337
確率	0.8	0.9	0.9	0.7	0.9

6. 情報読み取り

前述の手法により得られた傾きから, bi-linear 法を用いて補正を行う事で, 情報埋め込み時の状態に近づける。しかし bi-linear 法を使用すると傾きを補正した後の画像が現画像と一致せず, (16,8) 符号を使用しても正しい情報を読み取れなくなる。補正前に埋め込まれていた情報が補正により失われることや出現することで 16bit の情報の順番が変わってしまうためである。Table.3 に縦を入力側, 横を出力側とした補間後の埋め込み情報の対応表を示す。入力側で bit 1 であったところが出力側で bit 0 に変化することや bit 0 が 1 に変化することはないが, bit 1 や 0 が情報を持たないエッジパターンに変わっている。これは, 埋め込まれた誤り符号付き情報 16bit の情報の一部が失われることになり 16bit の並びが変わってしまう。次に情報を持たないエッジパターンが bit 1,0 を表すエッジパターンに変わると 16bit 中に存在しなかったデータが出てきてしまうため正しく情報よ読み取れなくなってしまうことがわかった。

7. まとめと今後の課題

本研究では, 従来のエッジパターン法に比べて (1) 埋め込み情報量の増加, (2) 誤り訂正符号を用いたスキャン位置の特定ならびに, ロバスト性の向上, (3) ハフ変換を用いた傾き検出による画像回転への対応の考慮を行った。画像補間によるエッジ箇所の劣化により正常に情報の読み取りが難航している。今後エッジの劣化規則を数値化することで, 情報の読み取りを行えば正しい情報を読み取れると考えられる。今後, 文書の拡大, 縮小, 回転についてより深い検討を行うとともに, 正確な情報の読み取りアルゴリズムを考案する必要がある。

参考文献

- 阿部 悌, 井上 浩一: “2 値画像下の電子透かし”, Ricoh technical report, (2000)
- Brassil, J., Low, S., Maxemchuk, N., and O’Gorman, L., Electronic marking and identification techniques to discourage document copying, IEEE J. Select. Areas Commun., 13, 1495, 1995.
- 須崎 昌彦, 須藤 正之, 「印刷文書への透かし埋込および検出方法」, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J87-A, No.6, pp.778-786, 2004.