

難視性を用いた印刷物への情報付加に関する検討

金田 北洋 平野 謙二 岩村 恵市 半谷 精一郎

東京理科大学

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-14-1

あらまし

一般に、電子透かし技術は静止画像や動画像・音声などといったコンテンツの特徴を用いてそのコンテンツの中に他の情報を付加する技術である。印刷物に対しても、従来印刷される画像や文字などのコンテンツの特徴を用いた電子透かし手法が提案されている。本研究では従来の電子透かしとは異なるアプローチをとり、印刷されるコンテンツではなく紙メディア自体をコンテンツと考え、紙メディアの繊維パターン等の特徴を用いた難視性パターンを検討し、それを利用した情報付加を研究する。本報告ではその第一ステップとして、文書品質、幾何変換、情報量などのうち文書品質に対するその有効性について検証を行った。

キーワード 情報付加、紙メディア、難視性パターン、周波数変換

Digital Watermark Using the Paper Like Pattern for Printed Document

Kitahiro KANEDA, Kenji HIRANO, Keiichi IWAMURA, Seiichiro HANGAI

Tokyo University of Science

1-14-1 Kudan-Kita, Chiyoda-Ku, Tokyo 102-0073, Japan

Outline

Digital watermark provides the capability to add an extra information on various media, such like a still and movie image and voice, by utilizing the features of its contents. Several methods for the printed document have been already proposed by using the feature of text or image. In this paper we treat the paper media as a contents, then propose the new digital watermark methodology which is embedded in background of document by utilizing the paper pattern. Proposed idea is expected to improve the document quality, geometrics sensitivity, information capacity. In this report we show what is the paper like pattern and its advantages in terms of the document quality as a first step.

Keyword Digital watermark, Paper media, Paper like pattern, Image transform

1. 背景

近年印字解像度の向上 (1200dpi、2400dpi 等) によ

り、一般的に普及しているプリンターで高印刷品質の文字を形成することが可能となっている。一方、光学技術、撮像素子の革新で光学解像度 5000dpi クラスの

プロフェッショナルスキャナも登場している。それらハードの進化に画像編集アプリケーションの高機能化も加わり、印刷物に対する不正コピーや改竄がより手軽に、巧妙に、実現できる環境になってきており、その抑止技術として印刷物への情報埋込み・抽出技術の重要性が増している。

現状の印刷物への情報埋込み・抽出技術は大別するとRFID、バーコード(可視型)、電子透かし(不可視型)の3つに分類される。これらはそれぞれ長所、短所があり、情報量、処理速度、精度、コストのすべての要求を満たす方式は今のところ存在しない。例えば、バーコード方式の1つとして文献[2][3]に示すように、印刷物の背景にドットパターンを埋込む手法がある。しかし、これらの手法は明らかにドットが識別できるため埋込み後の文書品質が大きく劣化する。それに対して、電子透かし方式は文書品質の劣化は小さいが、埋込み容量や幾何変換になどに弱い。

本研究においては特に印刷文書の背景にパターンを埋込む方法と紙メディア自体をコンテンツと考えた電子透かしの方法を融合させることにより、従来方式の課題を克服する新しい情報埋込み手法を研究してゆくことを目的とする。

本報告では、その最初のステップとして紙メディアの高解像度スキャナによる特徴解析結果から人間の視認が困難なパターンを難視性パターンとして生成し、それを背景パターンとして用いる情報埋込み、抽出方法の可能性を報告する。

2. 従来技術

印刷文書に対するパターン付加方式は、前景に直接埋込む手法、前景のレイアウトに埋込む手法、背景に埋込む手法に大別される。前景に埋込む手法は、前景の劣化による文書品質の低下、埋込み情報量が前景により左右される、等の短所がある。一方本研究がターゲットとしている背景に埋込む手法は、前景に左右されないため、情報量、直接的な文書品質という観点では

有利だが、背景画像の劣化による間接的な文書品質の劣化、前景と背景が重なった部分における情報埋込みが困難という課題がある。

文献[2][3]では、ドット配置の違いにより1と0を表す単位網掛けパターンをタイル上に並べることによる埋込み・抽出手法が提案されている。この手法では、ドットが大きく、機械的な配置のため文書品質的に不利、回転に弱い、前景と重なった部分には情報を入れることができない、等の課題があった。

3. 提案手法概要

3.1 難視性パターン

本研究では、背景に情報を埋込む手法において前記従来の課題を克服するため、

- (1) パターンのドット配置を目立たないものとする
- (2) 前景が重なっても埋込み・抽出を可能にする
- (3) 各種幾何変換に対する耐性を有する

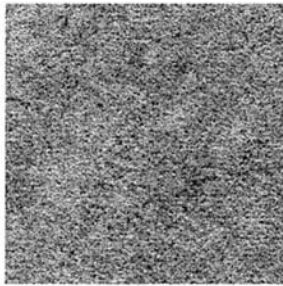
の3つの要件を満たすため新たに“難視性パターン”を定義する。

ブランク紙は一見何も見えない。しかし、ミクロ的に解析すると、紙の繊維が形成する凹凸パターンとその周波数分布を観察することができる。

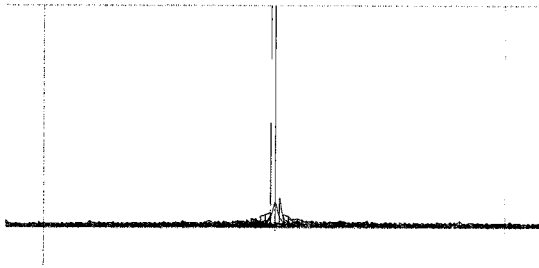
図1(a)に民生用スキャナを使用し300dpiで白紙をスキャンした画像、(b)にその周波数分布、図2(a)に業務用高解像度スキャナを使用し2400dpiでスキャンした画像、(b)にその周波数分布を示す。紙メディアは、ビジネスカットペーパー(大学生協製)で、入力画像はフォトショップにて自動レベル補正を施している。

これを観察すると、紙メディア自体はそれほど高い空間周波数は含まれておらず、せいぜいMAX100dpi程度である。ただし、300dpiのスキャナで取得されたデータは、畳み込み成分が少ないため、パワースペクトラムが粗いことが分かる。一方高解像度スキャナで取得されたデータでは、より詳細なパワースペクトラムを観察することができる。

今回定義する難視性パターンは、この紙の繊維が形成する凹凸パターンに着目したもので、具体的には高解像度スキャ

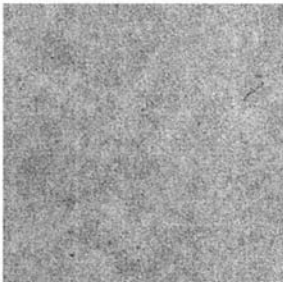


(a)

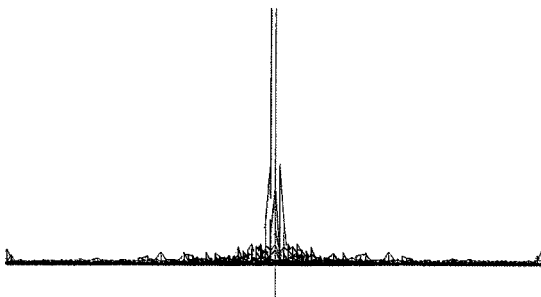


(b) xz 平面、横軸両端は 100dpi

図 1 紙繊維パターン、周波数分布(300dpi)



(a)



(b) xz 平面、横軸両端は 100dpi

図 2 紙繊維パターン、周波数分布(2400dpi)

ンから得られた詳細パワースペクトラムの高周波成分を元に戻し(2次元フーリエ変換)、その信号を圧縮したものである。

このように定義された難視性パターンは、元来持っている紙メディアの高周波成分であるので、それとオリジナル画像信号を重畳することにより、ランダムなパターンに比べて、その輝度値が低くても周波数領域での検出が容易となることが推測される。

難視性パターンを利用した情報埋込みは、低周波成分の除去量に応じて、“0”難視パターン、“1”難視パターンを作成することにより実行される。

3. 2 難視性パターンの生成手順

- (1) ブランク紙メディアをスキャンし画像化する
- (2) 前処理として画像を Photoshop の自動レベル補正機能を施し、繊維パターンを強調し、周波数解析を容易にさせる

以降 MATLAB にて処理

- (3) 二次元フーリエ変換を行う
- (4) パワースペクトラムを確認し、条件に応じた周波成分を除去
- (5) (4)で作成した新たな周波数分布を2次元逆フーリエ変換し画像を再現
- (6) (5)で作成した新たな画像の輝度信号を所定の圧縮係数に従い圧縮(難視性パターン)

3. 3 難視性パターンの埋込み、抽出手順

- (1) 上記(6)で生成した難視性パターンを上記(1)で取得したオリジナル画像に重ね合わせる(埋込み)
- (2) 印刷、スキャン (今回は無し)
- (3) 上記で生成した画像の二次元フーリエ変換を行う
- (4) パワースペクトラム上の所定の高周波成分

分が強調されていることを確認

- (5) 予め定められた低周波数成分の除去度合いにより情報を抽出する

なお、実際に適用する場合は、小領域毎に情報の異なる難視性パターンを埋め込むことになる。理論的には、200dpi の空間周波数で十分なので、それ以上の解像度で印刷すれば、例えば、2400dpi のスキャナであれば、約 2 ミリ四方毎に情報埋込が可能になる。

3. 4 想定される効果

- (1) 文書品質劣化の抑制

前述のように紙メディアに元来含まれる繊維パターンをベースとしているため従来の配列パターンに比べて違和感が少ない。

- (2) レジストレーション不要

予め定められた埋込領域全体の周波数特性から情報抽出を行うので、領域の大まかな位置が分かれば抽出可能、また繊維パターンは回転不変性を持っているため、回転に関しての位置補正が不要。

- (3) 前景に対するロバスト性、情報量不変性

繊維パターンの周波数分布は 100dpi 以下に集中しているため、一般的な文書における前景である、文字、図形等の高周波成分寄りの分布とは重ならず、抽出に際しその影響が少ない。またそれゆえに埋込み可能情報量も埋込領域の面積以外の影響を受けない。

- (4) 各種幾何変換に対するロバスト性

方向性を持たない繊維パターンの周波数分布を利用しているので空間領域における紙メディアの変形に対して不感性を有する。

4. 実験

4. 1 使用機材

- (1) スキャナ

・キヤノン社製 MP960 (最大光学解像度 600dpi)

・Kodak 社製 IQSmart2 (最大光学解像度 4300dpi)

- (2) 読取り条件

・8bit グレー、紙/写真モードデフォルト設定、PhotoShop にて自動レベル補正

・8bit グレー、デフォルト設定、PhotoShop にて自動レベル補正

- (3) 紙メディア

・ビジネスカットペーパー (大学生協製)

- (4) 使用コンピュータ、及びソフト

・PC : lenovo AMD Athlon 64x2 Dual Core Processor 3800+ 2.01GHz, 512MB

・ソフト : MATLAB Ver7.5.0(R2007b)、Photoshop cs2 Ver9.0

4. 2 条件

今回の実験ではまず 3.1 節で述べた 3 つの要求仕様のうち、

- (1) パターンのドット配置を目立たないものとする、に対する検証を行うことを目的とした。

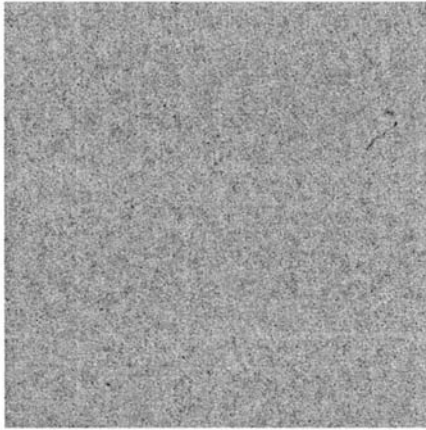
詳細パワースペクトラムを簡便に取得するために高解像度スキャナを使用し (低解像度スキャナでも理論的には使用可能)、読み取りエリアは 0.5 インチ四方、1200×1200 ピクセルとした。

難視性パターン 1 は、低周波領域を半径 10dpi の空間周波数でカット、難視性パターン 2 は、低周波領域を半径 2dpi の空間周波数でカット、したものである。

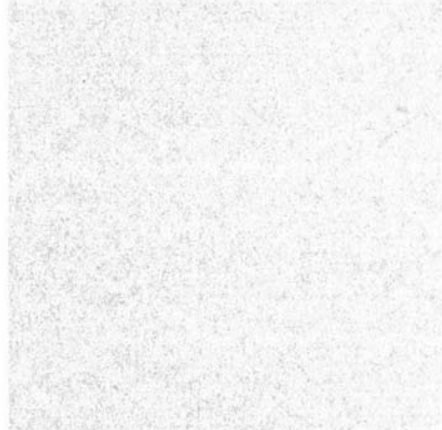
また 3.2 節で述べた難視パターンの輝度レベルを調節する圧縮係数は 0.5 とした。

5. 結果

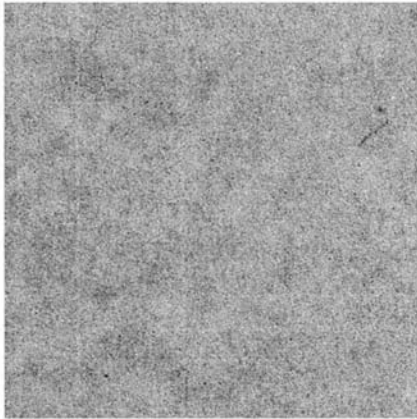
図 3 (a) は、3.2 節のフローに従って、4.2 節の条件で生成した難視性パターン 1 (b) は難視性パターン 2 (圧縮前) (c) は原画 (参考) である。



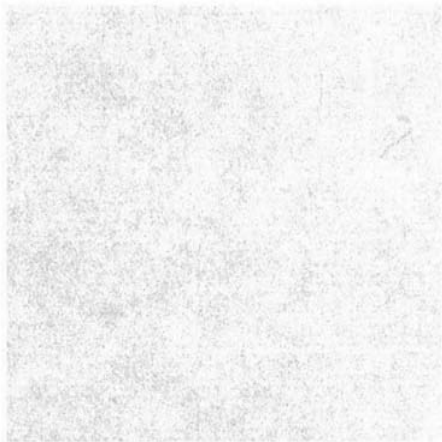
(a) 難視性パターン 1



(a) 難視性パターン 1 埋込み画像

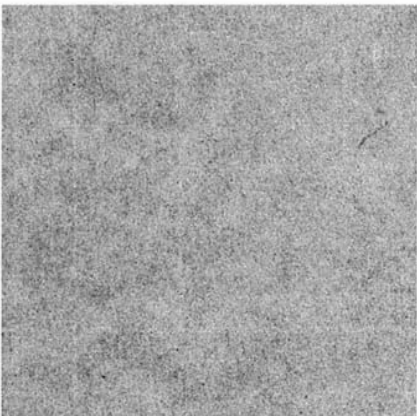


(b) 難視性パターン 2



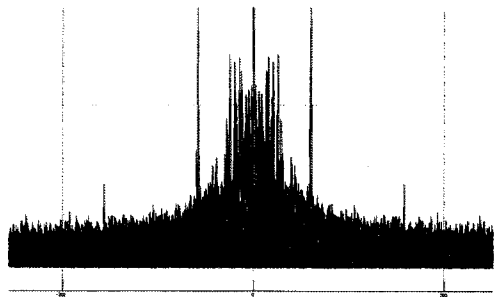
(b) 難視性パターン 2 埋込み画像

図 4 難視性パターン埋込み画像

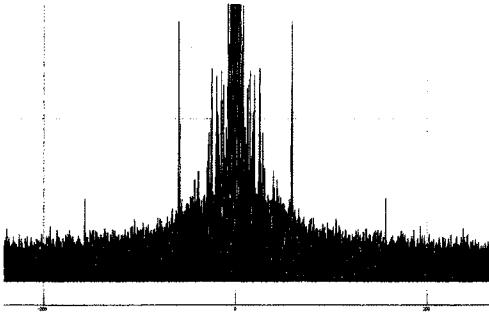


(c) 原画

図 3 難視性パターン



(a) 難視性パターン 1 埋込み画像周波数分布



(b) 難視性パターン2 埋込み画像周波数分布
図5 難視性パターン埋込み画像周波数分布

図4 (a)は、難視性パターン1 を埋込んだ画像、(b)は難視性パターン2 を埋込んだ画像、図5 (a), (b)は、各々それぞれのフーリエ変換結果である。

6. 考察

図4から、異なる難視性パターンを埋込んだ紙メディアの視覚上の違いは見られないが、パワースペクトラム上ではその差が明瞭である。

また難視性パターンを生成する際の圧縮係数が視覚上の変化とパワースペクトラム上での変化のバランスに影響することがわかる。

従来(参考文献[2][3])は例えば、100%の濃度値でそのドットパターンの配置を変化させることで情報を埋め込んでいたが、本例では、低濃度パターンでも周波数領域上での変化が顕著に見られることから、まずは本提案の特徴である紙メディア由来の難視性パターンの有効性が、確認されたといっても良い。

7. まとめ

本報告では、印刷文書に対する情報付加方式

のうち背景に情報を埋込む手法と電子透かし手法の課題、文書品質、幾何変換、情報量を克服するために紙メディアの繊維パターンをベースとした難視性パターンを提案し、その第一ステップとして、文書品質に対するその有効性について検証を行った。結果として、その難視性と情報埋込みの可能性を確認することができた。

8. 今後の課題

今後実用化を目指すためには、3. 4に示す想定する効果の確認を含め、以下の検証が必要と考えている。

- (1) 低周波数領域カットパターン、圧縮係数の詳細検討
- (2) 難視性の定量評価手法
- (3) 実際の印刷物を介した検討
- (4) 紙メディアの種類と難視性パターンの相関関係
- (5) 幾何変形に対するロバスト性
- (6) 文字等の前景構造物の影響
- (7) マクロ的電子透かしへの拡大、大量データの埋込み、抽出

9. 参考文献

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992
- [2] 須崎昌彦, 須藤正之, “印刷文書への透かし埋込み及び検出方法,” 信学論 (A), vol. J87-A, no. 6, pp. 778-786, June 2004
- [3] 前野蔵人, 須藤正之, “情報漏えい対策に向く印刷文書用電子透かし方式,” 信学論 (D), vol. J90-D, no. 1, pp. 30-39, ??? 2007