

スマートフォンで印刷物から電子透かしを検出する一方式の検討 Study on a Method for Detecting Digital Watermarks in Print using Smart Phone

山田 隆亮†
Takaaki Yamada

紙谷 元喜‡
Motoki Kamitani

1. まえがき

通信の高帯域化, 端末の高性能化が進み, スマートフォンの端末, アプリ, サービス市場が活発化している[1]. サービスシステムのひとつとして, 特殊なマークを含む雑誌紙面等をスマートフォンで撮影したときに, 撮影画像から特殊マークを読み取って, 関連するサービスへユーザを誘導するシステムがある. 例えば, 雑誌等の広告紙面に興味を持ったユーザに対して, ネットワークを介して即座に商品購入機会を提供することによって, 広告による直接的な販売促進が期待できる. マークには AR(Augmented Reality) マークや電子透かしなどが利用できる[2].

電子透かしは, 情報を人の目に知覚されにくいようにコンテンツに埋め込み, 検出する要素技術である[3]. 電子透かしアルゴリズムには多種多様な方式が提案されており, 印刷コンテンツ向け電子透かしも多数提案されている[2-6]. 計算リソースが少ない携帯機器での電子透かし検出技術[5]においては, 省メモリで演算量の少ないことが重要な要件であった. 高性能なスマートフォンであっても, 効率的な検出処理はユーザの使い勝手の点で重要な要件である.

本稿では, スマートフォンで印刷物から電子透かしを検出する用途において, 電子透かしが無い場所を探す電子透かし方式を実装, 評価した内容を報告する.

2. サービスイメージ

図 1 に示すような広告サービスへの適用を想定する.

広告主は広告媒体提供者に, 広告の原画像と, 対応するサービスサイトのアドレスを預ける. 広告媒体提供者では, サービスサイトと一意に対応付けた ID を生成し, あらかじめ管理サーバに登録しておく. さらに, 電子透かしとしてこの ID を埋め込んだ広告画像を, 雑誌等の印刷物として作成, 配布する. 印刷物を入手したユーザは, スマートフォンのサービス用アプリを起動し, 興味ある広告の紙面をスマートフォンで撮影する. このとき, 撮影画像から電子透かしが検出されると, 検出した ID に対応するサービスサイトのアドレスを管理サーバに照会し, サービスサイトへとユーザ画面を誘導する.

3 研究アプローチ

撮影後のカメラ画像には印刷物が幾何的に投影されて写るため, 撮影画像をどうやって幾何的に補正するかは重要な問題である.

カメラ付携帯電話向け電子透かしの研究の先例では, 撮影画像の幾何的な補正のために可視マークを入れる方式[5]と, 入れない方式がある. 可視マークを入れると, 可視

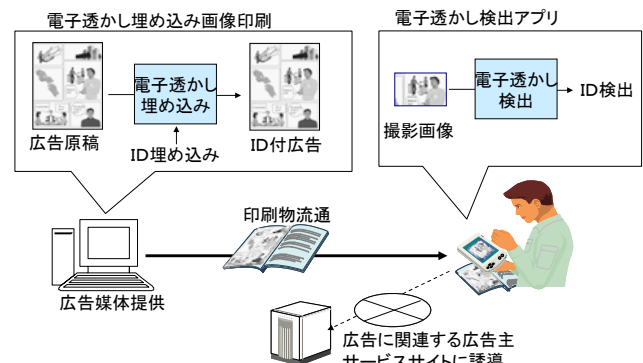


図 1 サービス利用イメージ

マークに生じた幾何変形内容を先に読み取ることによって補正処理が容易となるものの, 印刷物に読者にとって本来不要な情報が加わる. 可視マークを入れないと, 撮影画像を画像認識するなどして電子透かし埋め込み画像に生じた変形内容を推測して, 幾何的な補正をしなければならない.

幾何変形補正の問題は, 実用上生じうる変形可能性について撮影画像を補正しながら電子透かし検出を繰り返す全件探索によっても解決しうる. 例えば, 独立した2つの色成分が同じ幾何変形を受けることに着目した幾何変形耐性確保方法が提案されている[7]. 携帯機器にとってこのような探索処理は演算負荷が高いため, 演算量の低減が重要な実用化課題である.

本研究では, 電子透かしが埋め込まれていない場所を最初に探索して, その近隣にある電子透かしを効率的に検出するという研究アプローチを採る. 埋め込み情報を3値表現{-1,0,+1}する電子透かし方式[8]と異なり, 電子透かし検出処理には, 電子透かし有無の判定処理と, 無しと判定した場合にその近隣から埋め込み情報{0,1}を読み出す処理がある. 本方式は画像の一部に電子透かしの埋め込まないことを特徴とし, 探索の効率化と埋め込み画像の画質維持の両立を狙う.

4. プロトタイプ実装

電子透かし埋め込み処理を PC 上のプログラムとして, 電子透かし検出処理を普及モデルのスマートフォン上のアプリとしてそれぞれ実装した. 端末仕様を表 1 に示す. ユーザ操作によって検出アプリが起動されると, 動画撮影(すなわち, カメラ撮影を連続的に行いながら撮影画像を端末画面に表示)する. ユーザがカメラを印刷物上にかざす動きの中で, 電子透かし検出処理を1秒間に10回行う(動画換算 10 fps) .

検出処理では, 幾何的な補正のために, 回転, 拡大縮小, 切り取りの組合せ幾何変形の可能性について探索する. ユーザ操作として, カメラの水平回転角±3度, 紙面上約

† (株) 日立製作所 横浜研究所, Hitachi, Ltd.

‡ (株) 日立ソリューションズ, Hitachi Solutions, Ltd.

10cm±1cm 程度に相当する。検出アプリは、電子透かし検出結果に基づき、関係情報を取得するトリガーを出す。

表 1 端末仕様

Memory	RAM 512MB, ROM 1GB
CPU	1GHz
Camera	Backside illumination, CMOS sensor, 8 M-Pixels
Display	4.2 inch, 854×480 Pixels

5 評価実験

(1) 印刷画質

静止画像（640x480）に電子透かしを埋め込み、普及モデルの 600 dpi オフィスプリンタを用いて、デバイスドライバ提供の写真印刷標準設定の下で A4 普通紙に 10×7.5 cm 領域となるようカラー印刷する。原画も同条件で印刷する。オフィス環境の安定的な光源の元で原画像と電子透かし入り画像の 2 枚の印刷物を比較し、主観的に 5 点満点で印刷画質を採点する。評価語には、5「劣化が全く認められない」、4「劣化が認められるが気にならない」、3「劣化がわずかに邪魔になる」、2「劣化が邪魔になる」、1「劣化が非常に邪魔になる」を用いる。

6 人の評価者に対して実験を行った結果、評価値の平均値は、埋め込み強度 1 で 5.0、強度 2 で 4.5、強度 3 で 3.5 であった。本実験の範囲では、電子透かし入り画像の印刷物が実用的に利用可能となるような画質範囲で強度調整できる。

(2) 使い勝手

スマートフォンを印刷物上にかざす自然な動きの中で、電子透かし検出アプリは電子透かし検出後、検出結果を管理サーバに送信し、関連情報(URL 等)を受信する。印刷画質評価に用いた強度 2 の印刷物を用いて実験したところ、このシステム動作として、1 秒前後で関連情報への画面遷移に成功する。本実験の範囲では、カメラ操作を特別に習熟せずとも、初めて操作する被験者であっても数秒程度で検出成功した。カメラを印刷物に正対させる条件の元で、ある程度実用的に使える。

(3) システム安全性

電子透かし技術では、埋め込み情報を消去したり、埋め込み情報を改ざんしたりした偽の印刷物を作成、配布される脅威がよく知られている。もし偽の印刷物でユーザが偽のサイトに誘導されると、そこで詐欺を受けた後に金品等の実害が生じうる（フィッシング詐欺の一種）。しかし、正規の検出アプリを使っている限り、仮に偽の印刷物が偽の検出結果を誘発させても、未登録の偽サイトにユーザを誘導できない。可視バーコードを利用する既存商業サービスでも、可能性としての脅威は同等以上にあるものの、安定的に商業利用されている。

6. おわりに

電子透かし入りの印刷物をカメラ撮影した時に、電子透かしを検出して印刷物に関係する情報をユーザに提示するサービスを想定し、撮影画像に生じる幾何変形補正の問題を取り上げた。電子透かしが埋め込まれていない場所を先に探して情報の埋め込み位置を特定するアプローチを採り、

スマートフォンで印刷物から電子透かしを検出する一方式を開発した。

電子透かし埋め込み画像をオフィスプリンタで印刷し、撮影、通信する実証実験を行った。カラー印刷した普通紙を用いて、良好な撮影条件の元で、撮影画像からの電子透かし検出、システム動作に成功した。提案方式はある程度実用的に使える。

今後の課題は、実運用環境を想定した改良、評価である。例えば、現状ではユーザは印刷物に対してカメラを正対させる必要がある。投影変換に起因する変形可能性を効率よく探索して、使い勝手を向上していく必要がある。

開発成果の一部は製品採用されている。

参考文献

- [1] A. Charland and B. Leroux: "Mobile application development: web vs. native", Communications of the ACM, Vol. 54 No. 5, pp. 49-53 (2011)
- [2] 上條浩一, 張綱, 上條昇, 南正輝, 森川博之: "不可視バーコードにおける印刷支援システム" 情報処理学会論文誌, Vol. 50 No. 11, pp. 2607-2617 (2009)
- [3] V. M. Potdar, S. Han, E. Chang: "A Survey of Digital Image Watermarking Techniques", in Proc. of IEEE Int'l Conf. on Industrial Informatics (INDIN05), pp. 709-716 (2005)
- [4] Y. Goto, O. Uchida: "Digital Watermarking Method for Printed Materials Embedding in Hue Component", in Proc. of Int'l Conf. on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP09). pp. 148 - 152 (2009)
- [5] 中村高雄, 片山淳, 山室雅司, 曾根原登: "カメラ付携帯電話機を用いたアナログ画像からの高速電子透かし検出方式", 信学論 DII, Vol.J87-D2, No.12 pp. 2145-2155 (2004)
- [6] 棟安実治: 情報伝達のための電子透かし技術—印刷画像への情報埋込, 信学会, Fundamentals Review, Vol.2, No.2, pp.53-62 (2008)
- [7] Y. Atomori, I. Echizen, M. Dainaka, S. Nakayama, H. Yoshiura: "Robust Video Watermarking based on Dual-plane Correlation for Immunity to Rotation, Scale, Translation, and Random Distortion", Journal of Digital Information Management, Vol. 6, No. 2, pp. 161-167 (2008)
- [8] G. Louizis, A. Tefas, and I. Pitas: "Copyright protection of 3d images using watermarks of specific spatial structure," in Proc. of IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo (ICME2002), 557-560 (2002)