

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560479

研究課題名(和文) 携帯端末を考慮した印刷画像へのデータ埋め込みと検出法の開発

研究課題名(英文) Development of data embedding and extracting for printed images considering mobile devices

研究代表者

棟安 実治 (Muneyasu, Mitsuji)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：30229942

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：印刷画像のデータ埋め込みとその検出手法として、撮影画像の歪み補正を検討し処理時間を大幅に短縮することができた。また、同時に複数枚の画像を撮影し、条件のよい画像のみを処理する手法を開発した。その上で撮影インタフェースの検討およびCプログラムへの書き直しを行い、手で保持して運用可能なタブレットPCに実装し評価を行った。PSNR40dBで112ビットのデータ埋め込みに対して、平均して約95%の検出率を得ることができ、条件の良い場合には97%を超える結果が得られている。埋め込み量については、埋め込み手法の改良により192ビット(英文字48文字に相当)を埋め込み可能とした。

研究成果の概要(英文)：In this study, we develop a data embedding method to a printed image and a data extraction method by using a camera in mobile devices. We investigate the correcting method for geometrical and lens distortion and can drastically reduce the processing time. Additionally, we improve the detection rates of embedding data by developing a method which selects only the image in a good condition from several captured images. Through the implementation to a tablet PC, the interface for capturing the images is studied and all programs are rewritten by C language. From the experiments by using this tablet, we obtained the detection rate of 95% for the image which has 40dB of PSNR and 112 bits of the embedding data. Especially, the detection rate of over 97% is obtained under the good condition. The improvement of the embedding method can also achieve to embed the 192 bits of the embedding data which correspond to 48 characters of alphabets and numbers.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：データ埋め込み 印刷画像 携帯端末 データ抽出 周波数領域 レンズ歪み補正 不可視マーカ 電子透かし技術

1. 研究開始当初の背景

デジタルメディアの著作権保護の一助として、人間の知覚に感知されないような電子データを埋め込む、いわゆる電子透かしと呼ばれる手法が提案され、様々な手法が研究、開発、実用化されてきた。一方、著作権保護以外の目的に、この技術に応用することが検討されている。例えば、広告には必ず含まれる画像を携帯電話などに付属するデジタルカメラなどで撮影し、埋め込まれている情報（例えば、URL や電話番号のような情報）を抽出し、利用可能とすることなどが挙げられる。

富士通、NTT などの各メーカーがこのような課題に取り組んでいるのは、周知の事実である。富士通の方式は、人間の目に付きにくい黄色に情報を入れることで、このような方式を実現している。しかし、この技術が使われると考えられる環境において、真に利用可能な技術が開発されているとは言いがたい。

それに対して、我々は印刷画像の周波数領域にデータを埋め込む方法を開発し、改良を行ってきた。その結果を、逐次発表し一定の評価を得てきた。また、大学のオープンキャンパスなどでのデモを通じて、一般の人たちにも評価してもらい、実用性への感触も得ている。しかし、埋め込み可能情報量や検出時の制約などの点から、完成した方式であるとは残念ながらまだ言えない。

2. 研究の目的

ここでは、A4 からはがき大程度の印刷物に埋め込まれたデータを、携帯電話に付属するカメラを用いて取り出す技術の開発を行う。このとき、画質として PSNR40dB 以上を、データの検出率として、95%以上を目指すものとする。具体的には、

- 1) 画像の大きさ・種類に応じたデータ埋め込み技術の開発
- 2) 携帯電話などのモバイル端末に付属するカメラを利用したデータの抽出技術の開発
- 3) 画像の時間変化を考慮したデータ抽出技術の開発
- 4) 開発した手法のロバスト性に関する理論的・定量的評価
- 5) 仮想現実感などへの新たな応用の開発などを目的とする。

3. 研究の方法

まずカメラ付携帯電話を用いたはがき大画像からの情報取得手法の開発と携帯端末への実現手法の開発に取り組む。具体的には、モバイル端末を用いたデータ抽出アルゴリズムの開発および携帯デバイスへの実装を開始する。実装の進展とともに埋め込み・抽出アルゴリズムの改良を行い、さらに実装にも反映させ、手法の完成度を高める。最終的に、携帯デバイス上で実現可能な高速処理の実装にも取り組む。

さらに画像間の動的な連携も視野に入れ

た、よりロバストな手法への拡張を検討する。具体的には、画像の時間的変化を考慮したデータ埋め込み・抽出アルゴリズムの開発を行う。また、アルゴリズムのロバスト性に関する理論的・定量的評価に関する評価を行い、手法の完成度について確認する。

最後に、仮想現実感への応用の検討を行うことで、手法の実用性に関する検討と評価を行う。

4. 研究成果

本研究課題では、下記のような研究成果を得た。

1) 画像の大きさ・種類に応じたデータ埋め込み技術の開発

異なる画像の大きさや種類に応じた処理を行うために、画像の解像度やブロック分割数の変更に対応することを目的として、離散フーリエ変換を用いて周波数領域にマーカを埋め込む手法について検討した。円周上にマーカを配置することで、不可視のマーカを用いて解像度などの情報をデータ抽出ソフトウェアに伝達することができる。このマーカの読み取りに関しては現在の画像補正アルゴリズムと組み合わせることで、ほぼ100%の検出率が得られており、各種の解像度の異なる画像に対応したデータ抽出が可能になった。

また、画像の任意の場所にデータを埋め込むことが可能な全く別の手法についても検討した。この手法も周波数領域に不可視のマーカを埋め込む手法であり、画像補正のための枠線も必要としない。現状では、フラットベッドスキャナを用いて実験している段階であるが、高い検出率を得ることができている。

2) モバイル端末に付属するカメラを利用したデータの抽出技術の開発

モバイル端末を用いたデータ埋込・抽出アルゴリズムの開発として、まず抽出アルゴリズム中で大きな計算量をしめるレンズ歪み補正と幾何学的歪み補正の計算時間の評価とその高速化手法を検討した。その中で、処理画素数を軽減することが直接的に処理時間の削減に寄与することが明らかになったため、原画像の解像度を参考にしながら、処理ステップごとの最適な解像度について検出率を尺度として検討を行った。また、歪み補正を行う前に大まかな画像の切り出しを行うこととした。補正に用いる画素補間法についても計算量が少ない最近傍補間の採用を検討し、それに関連する問題を解決した。これらの改良によって、処理時間をこれまでの23分の1にまで短縮することができ、検出時間を約4秒とすることができた。

検出率の向上については、レンズ歪み補正のための歪み係数の推定手法について実験的な検討を行い、画像に付加する枠線から得られる4つの歪み係数のうち、大きい3つの係数の平均値を歪み係数とすることで検出

率を改善できることがわかった。実験結果から目標であった 95%を超える検出率を達成することができた。

埋込アルゴリズムについては、埋め込み可能なデータ量の増加について検討を行った。画像データに離散コサイン変換を行い、その係数を変更することで埋め込みを行っているが、ここでは低周波側と高周波側で埋め込む符号と埋め込み方法を変えることで、144 ビット(英文字 36 文字に相当、ただし一文字を 4 ビットとしている)埋め込み可能で検出率が 90%を超える手法と、離散コサイン変換後の係数を埋め込む符号で置き換えてしまうことにより、192 ビット(英文字 48 文字に相当)埋め込み可能で検出率が 80 から 94%程度となる方法を開発した。

これらのことから、携帯端末に実装を行うアルゴリズムをほぼ確立できた。

3) 画像の時間変化を考慮したデータ抽出技術の開発

ここでは、連写機能や動画機能を用いて、1 枚の埋め込み画像を複数回撮影できると仮定し、高検出率が期待できる画像のみから情報の検出を行うことで、歪みの影響を抑止する方法を検討した。この方法では、枠線検出処理から得られた画像の情報を基に、あらかじめ設定した条件を満たす画像を「各種の補正を正確に行うことができ、高検出率が期待できる画像」として以降の情報の検出処理を行う。一方、条件を満たさない画像を「補正や抑止のできない歪みが生じており、高検出率が期待できない画像」として以降の処理を行わず、検出対象から除外する。このように、複数枚の静止画像を用いて、埋め込み情報の検出を行う画像を選別することで、97%程度まで全体的な検出率を向上できた。

4) 開発した手法のロバスト性に関する理論的・定量的評価

画像を撮影する際に適切なユーザインタフェースによって、取り込む画像の質をできるだけ一定になるように調整しているが、必ずしもうまくいくとは限らない。特に撮影画像の中心に埋込み画像の中心が一致するように撮影できない場合がある。これは検出処理において、レンズ歪み補正時に使用されるアルゴリズムを正しく適用できないという問題点につながる。そこでこの点について、撮影画像の中心と埋め込み画像の中心点との距離をパラメータとして、理論的な検討と実験を行った。その結果として、撮影画像と埋め込み画像の中心点を一致させなくても補正可能な手法が開発でき、さらに実用的なレベルに近づけることができた。

5) 仮想現実感などへの新たな応用の開発

仮想現実感への応用を視野に入れ、画像の向きを確認する手法について検討した。このとき、1) で述べた周波数領域に挿入した不可視マーカを転用することができる。この方法では、100%マーカを検出できており、実際の応用に関する検討は今後の課題である

が、有望な方法が得られていると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 12 件)

1. A. Hiyama and M. Muneyasu : Fast Information Retrieval Method from Printed Images Considering Mobile Devices, IEICE Trans. Fundamentals, 査読有, E96-A, 2194-2197, 2013
DOI: 10.1587/transfun.E96.A.2194
2. A. Sako and M. Muneyasu : Improvement of Data Embedding Method in Information Retrieval from Printed Images Considering Mobile Devices, Proc. 2013 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 214-219, 2013
3. M. Muneyasu, H. Kudo, T. Shono and Y. Hanada : A Method of Data Embedding and Extracting for Information Retrieval Considering Mobile Devices, IEICE Trans. Fundamentals, 査読有, vol. E96-A, no.6, pp. 1214-1221, June 2012
DOI: 10.1587/transfun.E96.A.1214
4. H. Harada, Y. Izumi, M. Muneyasu, A. Asano, K. Uchida and A. Taguchi : An Improved Detection Method for Carotid Artery Calcification in Dental Panoramic Radiographs Considering Intensity Gradients around Calcification, Proc. 2012 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 24-28, 2012
5. A. Hiyama, M. Muneyasu and Y. Hanada : Fast Information Retrieval Method from Printed Images Considering Mobile Devices, Proc. 2012 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 11-15, 2012
6. 日山 文, 玉置公寿, 棟安実治, 花田良子 : 携帯端末を考慮した印刷画像からの情報検出手法の高速化, 第 25 回回路とシステムワークショップ論文集, 査読有, 巻無し, 115-120, 2012
7. K. Tamaki, M. Muneyasu and Y. Hanada : Data Embedding and Extraction Method for Printing Images by Log Polar Mapping, Proc. 5th International Technical Conference on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services(IIMSS 2012), 査読有, 巻無し, 173-181, 2012
8. H. Kudo, M. Muneyasu, K. Tamaki and Y. Hanada : Improvement of Data Embedding and Extracting for Information Retrieval Based on Mobile Devices,

- Proc. 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 21-26, 2011
9. M. Kamiya, Y. Hanada and M. Muneyasu : An Unsupervised Design Method for Vector Median Filters using Genetic Algorithm, Proc. 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 27-32, 2011
 10. T. Suzuki, Y. Hanada and M. Muneyasu : Unsupervised Design of Stack Filters by N-Ary Tree Structure Optimization, Proc. 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 33-38, 2011
 11. K. Shinjo, Y. Izumi, M. Muneyasu, A. Asano, K. Uchida and A. Taguchi : New Automatic Detection of Carotid Artery Calcification in Digital Dental Panoramic Radiographs Considering Intensity Gradients, Proc. 2011 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 査読有, 巻無し, 162-166, 2011
 12. 工藤天志, 棟安実治, 玉置公寿, 花田良子 : 携帯端末による情報検出のためのデータ埋め込み・検出法の改良, 第24回回路とシステムワークショップ論文集, 査読有, 巻無し, 122-127, 2011

〔学会発表〕(計17件)

1. 玉置公寿, 棟安実治 : 印刷画像からデータ検出における埋め込みデータ量の増加手法, 電子情報通信学会2014年総合大会, 2014年03月21日, 新潟大学
2. 玉置公寿, 棟安実治 : データを埋め込んだ印刷画像からの画像補正用マーカを用いたデータ検出, 電子情報通信学会技術報告, スマートインフォメディアシステム研究会, 2013年12月12日, とりぎん文化会館
3. 玉置公寿, 棟安実治 : 埋め込み型マーカを利用した印刷画像へのデータ埋め込みと検出手法の改良, 第28回信号処理シンポジウム講演論文集, 2013年11月21日, 海峡メッセ下関
4. M. Muneyasu : Information Retrieval by Data-Embedding Technique to Printed Images Considering Mobile Devices [Tutorial Lecture], Proc. 2013 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, 2013年9月30日, 愛知県産業労働センター ウィンクあいち
5. 日山 文, 棟安実治 : 携帯端末による印刷画像からの情報検出における歪み補正法の改良, 電子情報通信学会2013年基礎・境界ソサイエティ大会, 2013年9月19日, 福岡工業大学
6. 佐古 新, 棟安実治 : 携帯電話を考慮

- した印刷画像からの情報検出における符号グループ化法の改良に関する検討, 電子情報通信学会技術報告, スマートインフォメディアシステム研究会, 2013年3月7日, クリエート浜松
7. 棟安実治 : 携帯端末の利用を前提とした印刷画像へのデータ埋め込みとその検出, 電子情報通信学会技術報告, スマートインフォメディアシステム研究会, 2012年12月14日, 日本大学津田沼キャンパス
 8. 佐古 新, 棟安実治 : 携帯電話を考慮した印刷画像からの情報検出における符号グループ化法の改良に関する検討, 平成24年電気関係学会関西支部連合大会, 2012年12月9日, 関西大学
 9. 日山 文, 棟安実治, 花田良子 : 携帯端末を考慮した印刷画像からの情報検出の高速化手法, 第27回信号処理シンポジウム講演, 2012年11月30日, ANA インターコンチネンタル石垣リゾート
 10. 玉置公寿, 棟安実治 : 振幅スペクトルに埋め込んだマーカによる補正を用いた印刷画像へのデータ埋め込みと検出, 電子情報通信学会技術報告, スマートインフォメディアシステム研究会, 2012年9月20日, 鳥取県関西西本部交流室
 11. 玉置公寿, 光安一輝, 棟安実治, 花田良子 : 印刷画像からの情報検出におけるマーカ埋め込みによる幾何学的歪み補正法の改良, 電子情報通信学会技術報告, スマートインフォメディアシステム研究会, 2012年06月14日, とかちプラザ
 12. M. Muneyasu : Data Embedding and Extraction for Information Retrieval by Mobile Devices [Invited Speech], JCSSE2012, 2012年5月31日, UTCC
 13. 棟安実治, 工藤天志, 玉置公寿, 花田良子 : 携帯端末の利用を考慮した印刷画像へのデータ埋め込みと検出の一手法, 第26回信号処理シンポジウム, 2011年11月17日, 札幌コンベンションセンター
 14. 玉置公寿, 棟安実治, 花田良子 : 対数極座標変換を用いた印刷画像へのデータ埋め込みと検出, 第26回信号処理シンポジウム, 2011年11月17日, 札幌コンベンションセンター
 15. 工藤天志, 棟安実治, 玉置公寿, 花田良子 : 埋め込み情報量の増加を考慮した携帯端末による情報検出のための印刷物へのデータ埋め込みとその検出手法, スマートインフォメディアシステム研究会, 2011年9月22日, 秋田大学
 16. 工藤天志, 棟安実治, 玉置公寿, 花田良子 : 携帯端末による印刷画像からの情報検出のための情報量増加手法, 電子情報通信学会2011年基礎・境界ソサイエティ大会, 2011年9月14日, 北海道大学
 17. H. Kudo and M. Muneyasu : Improvement of Correction for Lens Distortion in

Information Retrieving from Printed Images Considering Cameras in Cellular Phones, International Symposium on Multimedia and Communication Technology, 2011年9月2日, 北海道大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

棟安 実治 (MUNEYASU, MITSUJI)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号: 30229942

(2) 研究分担者

花田 良子 (HANADA, YOSHIKO)

関西大学・システム理工学部・助教

研究者番号: 30511711

(3) 連携研究者

なし