

学 位 論 文 題 名

A Study on Image Watermarking Technique
Using Fresnel Transform

(フレネル変換を用いた電子透かし法に関する研究)

学位論文内容の要旨

近年デジタル技術の発展により、容易にマルチメディアコンテンツを作成することができるようになって来た。さらに、インターネットの普及により、これらマルチメディア情報にアクセスしてこれを取り込み、多岐にわたる利用が可能になって来た。一方、デジタル化された情報に対する不法な攻撃や使用が社会的問題となりつつあり、電子透かしはその解決策の技法として研究と開発が急速に展開して来ている。端的に言うと、電子透かしとは、画像や音声などのマルチメディアコンテンツに対し、著作権者に関わる情報を第三者には分からないように埋め込む技術である。電子透かし法における埋め込み技法の原理は、秘密通信のため使われているステガノグラフィから由来している。

従来、様々な方式の電子透かし技術が開発されており、その基本方式は大きく分けると、直接画像の輝度に関して透かし情報を加える方法 (Spatial Domain Watermarking) と周波数領域で特定の周波数成分に透かし情報を埋め込む方法 (Frequency Domain Watermarking) に分類できる。本論文で研究を行った電子透かし法は、この二つの中間の方式とも言えるものである。つまり、本研究で提案している電子透かし法では、波動の回折を記述するフレネル変換を用いており、フレネル変換を定める距離パラメータの値により、画像面からそのスペクトル面までの広範囲な面を対象にした埋込みが可能となる。つまり、透かし情報として画像データを選び、距離パラメータで変わるフレネル変換パターンを埋め込む方法を提案しており、その際2つの電子透かしアルゴリズムを提案し、それらの有効性をシミュレーション実験により確かめている。

本論文では、まず本研究が行われるようになった背景と目的を述べた後、従来の電子透かし法について説明を加えている。次に、本研究で使われたフレネル変換の性質や特性を述べ、電子透かし法への適用方法を検討している。具体的には、フレネル変換において、距離パラメータにより多様なパターンが求められることと、そのパターンの特徴について述べ、電子透かし法に応用するための2つのアルゴリズムを提案している。2つの手法の相違は、フレネル変換のパターンを埋め込む際、実数データと虚数データの利用の仕方にある。一方の方法では、実数データだけを埋め込んで、虚数データは透かし情報を取り出すための逆フレネル変換を施す時に使う。この手法では、虚数データの変化がないため、正確に透かし情報を復元することが

できる。もう一方の方法は、実数と虚数データを同時に埋め込んで、そのデータに基づいて透かし情報を取り出す手法であり、前者に比べて攻撃を受けた際に虚数データの変化が起きるため、復元された透かしデータの品質が落ちるという欠点がある一方、透かし情報を取り出すために別のデータを必要としない利点がある。

本論文で提案した電子透かし法の特徴として次のようなことが挙げられる。

- 周波数変換を使っているが、原画に対してではなく透かしデータに対し変換を行い、その変換されたパターンを埋め込む。
- フレネル変換の距離パラメータにより、1枚の透かし画像から複数の透かしパターンを得ることができる。
- 透かし情報の生成時に使われた距離パラメータは、透かしを取り出す時キーとして利用できる。
- フレネル変換パターンが元の形を保っている性質により、パターンが攻撃により変形を受けても、逆変換を施した結果が他の変換の場合と比べ、損傷が少ないことから画像圧縮及び幾何学的変換による攻撃に対して耐性を持つ。
- 攻撃側からみて、周波数変換を行い、特定の領域に透かし情報を埋め込む他の手法に比べ、本手法は原画の全画素に透かしデータを入れる手法であるため、透かしを取り除くことが非常に困難である。

本研究では、提案した手法の有効性を示すため、濃淡画像とカラー画像に対して透かしを埋めこみ、各種攻撃後に透かしを取り出す実験を行った。透かしが埋め込まれている画像と復元された透かし情報の品質を明らかにするため、PSNRを用いて評価した。一方、攻撃に対してのロバスト性を確かめる実験においては、電子透かし耐性測定ソフトである StirMark を使用し、JPEG 圧縮、フィルタリング及び幾何学的変換による攻撃後に透かし情報の復元を行い、本手法の攻撃に対する耐性を確かめた。

以上、フレネル変換を用いた電子透かし法について検討し、その有効性を確かめるために行った実験の結果から、本研究で提案した手法が電子透かしとして有効なものであることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 青 木 由 直

副 査 教 授 柄 内 香 次

副 査 教 授 北 島 秀 夫

学 位 論 文 題 名

A Study on Image Watermarking Technique Using Fresnel Transform

(フレネル変換を用いた電子透かし法に関する研究)

近年、画像や音声などのマルチメディアコンテンツが大量に流通し利用されるようになるに従って、著作権者に関わる情報を第三者には分からないように埋め込む技術である電子透かし技法の研究・開発が盛んになって来ており、本研究はその技術に関するものである。

従来、種々の方式の電子透かし技術が開発されており、その基本方式は大きく分けると、直接画像の輝度に関して透かし情報を加える方法(Spatial Domain Watermarking)と周波数領域で特定の周波数成分に透かし情報を埋め込む方法(Frequency Domain Watermarking)に分類できる。本論文で研究を行った電子透かし法は、この二つの中間の方式とも言えるものである。つまり、本研究で提案している電子透かし法では、波動の回折を記述するフレネル変換を用いており、フレネル変換を定める距離パラメータの値により、画像面からそのスペクトル面までの広範囲な面を対象にした埋込みが可能となる新しい方式を開発している。つまり、距離パラメータで変わるフレネル変換パターンを埋め込む方法を提案しており、その際2つの電子透かしアルゴリズムを提案し、それらの有効性をシミュレーション実験により確かめている。

第1章は序論であり、本論文の研究が行われるに至った背景と目的を述べ、全体の概要と構成を明らかにしている。

第2章では、電子透かしの歴史とその一般的な概念と電子透かし法において要求される条件と従来の電子透かし法について説明を加えている。

第3章では、本研究で使われたフレネル変換の性質や特性を述べ、電子透かし法への適用方法を検討している。具体的には、フレネル変換において、距離パラメータにより多様なパターンが埋め込みデータとして利用できる事と、そのパターンの特徴について述べている。

第4章と5章では、第3章で述べたフレネル変換の原理に従い、電子透かし法に応用するための2つのアルゴリズムを各々提案し、それらの技法による透かしデータの埋め込みや取り出し実験、および各種攻撃に対する耐性実験の結果を述べている。ここで検討した2つの

手法の相違は、フレネル変換パターンを埋め込む際、実数データと虚数データの利用の仕方にある。一方の方法では、実数データだけを埋め込んで、虚数データは透かし情報を取り出すための逆フレネル変換を施す時に使う。この手法では、虚数データの変化がないため、正確に透かし情報を復元することができる。もう一方の方法は、実数と虚数データを同時に埋め込んで、そのデータに基づいて透かし情報を取り出す手法であり、前者に比べて攻撃を受けた際に虚数データの変化が起きるため、復元された透かしデータの品質が落ちるという欠点がある一方、透かし情報を取り出すために別のデータを必要としない利点がある。

本論文で提案している電子透かし法の特徴を以下のようにまとめる事ができる。

(1) 透かしデータに対しフレネル変換を行い、その変換されたパターンを埋め込むので、フレネル変換の距離パラメータにより1枚の透かし画像から多数の埋め込み用透かしパターンを得る事が可能で、埋込み方式の多様化が実現できる。

(2) 透かし情報の生成時に使われた距離パラメータは、透かしを取り出す際の鍵情報として利用でき、その分秘守性が保てる。

(3) 元の画像パターンに近いフレネル変換を利用する事により、パターンが攻撃により変形を受けても、逆変換を施した結果が他の変換の場合と比べ損傷を少なくする事が可能で、データを失う非可逆画像圧縮に対して耐性を持つ。

第6章では、第5章で提案した電子透かしアルゴリズムのカラー画像に対しての応用を試みている。

第7章では、第4章、第5章、第6章で行った実験の結果に対しての評価を行っている。

第8章は結論であり、本研究の総括を行っている。

このように著者は本論文において、フレネル変換を用いた新しい電子透かし技法を提案し、その有効性を確かめるための実験を行い、本研究で提案した手法が電子透かしとして有効である事を明らかにしている。

これを要するに、著者は電子透かしの分野において新知見を得ており、情報メディア工学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。