

氏名	Wannida Sae-Tang
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	シス博 第57号
学位授与の日付	平成26年9月30日
課程・論文の別	学位規則第4条第1項該当
学位論文題名	A Study on Copyright and Privacy Protection for Image Trading Systems（英文） （画像流通システムのための著作権とプライバシー保護に関する研究）
論文審査委員	主査 教授 貴家 仁志 委員 教授 田川 憲男 委員 准教授 西川 清史 委員 准教授 藤吉 正明 委員 准教授 村松 正吾(新潟大学)

【論文の内容の要旨】

近年、カメラの普及や情報通信技術の発展に伴い、多くの分野において画像の流通が不可欠なものとなっている。画像は複製や編集が容易であるため、画像流通システムにおいては、画像の著作権保護が重要な技術課題の一つとなっている。さらに画像流通システムでは、画像提供者と画像購入者のプライバシーを保護することが一般に求められる。またこれらの保護技術は、流通過程において必須な画像圧縮処理の影響を考慮する必要がある。本論文は、画像の視覚的暗号化法の考察を通して、画像流通システムにおける著作権の保護とプライバシー保護との同時実現を目的としている。

画像の著作権保護に関する従来研究では、電子透かし技術を用いて、画像提供者及び購入者情報を画像に重畳することにより不正流通経路を追跡可能とする方法が研究されてきた。その際、画像提供者と画像購入者の間に、第三者機関が介在し、画像中への情報の重畳及びそれらデータの管理を行うモデルが広く使われている。しかしこのモデルは、第三者機関が画像に加え個人情報を持ち得る、すなわち、著作権保護に加えプライバシー保護も担うため、第三者機関の信頼性を仮定せざるをえず、プライバシー保護の観点から課題が指摘されている。このような背景から、本論文では、第三者機関の信頼性を仮定せずに、著作権の保護とプライバシーの保護とを実現する方法を考察する。

第三者機関の信頼性を仮定しない画像流通システムの先行研究に、視認性を制御する視覚的暗号化が施された画像を用いるモデルがある。しかしこれらは、プライバシー保護能

力を向上させるが、視覚的暗号化処理が電子透かしと画像圧縮の性能を劣化させている。したがって、電子透かしと画像圧縮の性能を維持することを可能とする、新しい視覚的暗号化法及び画像流通システムの検討が期待されている。本論文では、画像の位相成分と視認性の関係に着目して、画像の位相制御に基づく視覚的暗号化法を提案して、画像流通システムにおけるその有効性を評価する。

代表的な画像の視覚的暗号化法に、離散フーリエ変換 (DFT) あるいは離散コサイン変換 (DCT) に基づき定義される振幅限定画像の利用がある。しかし、この暗号化法を画像流通システムに応用した場合、振幅限定画像が持つ広いダイナミックレンジが、電子透かし及び画像圧縮の適用において悪影響を与えることが指摘されている。本論文の第一の課題は、ダイナミックレンジの広がりを抑えた振幅限定画像の生成法を提案し、その画像流通システムへの適用法を考察することである。本論文の第二の課題は、使用される画像圧縮法を限定し、その条件のもとで高い性能を有する画像流通システムを提案することである。画像圧縮の国際標準規格の一つである JPEG 2000 の使用を想定し、離散ウェーブレット変換係数の符号をランダムに制御する方法を提案して、視覚的暗号化と同時に、効率的な圧縮特性を維持してかつ高い電子透かし性能を有する画像流通システムを構築する基礎を与える。

本論文は全五章から構成される。第一章では、本研究の背景及び目的について述べ、本研究の位置づけを示す。第二章では、本論文で想定される画像流通システムについて説明し、その要素技術である電子透かし、画像の視覚的暗号化及び画像圧縮についてそれぞれ述べる。また、画像圧縮方式の一つである JPEG 2000 について解説し、三章以降の準備とする。

第三章では、画像の視覚的暗号化の新しい方法を提案し、さらに、それを用いた著作権とプライバシーの同時保護を可能とする画像流通システムを考察する。まず、振幅限定画像のダイナミックレンジの広がりについて理論的に考察して、その広がりを抑えた新しい振幅限定画像の生成法を二つ提案する。一つは、画像の位相項のランダム化に基づいていることに、他の一つは、二次元画像に対して一次元変換法を適用することに提案法の基礎がある。従来法も含め実験的に評価を行い、それらの有効性及び特徴が示される。

第四章では、画像圧縮方式として JPEG 2000 を想定して、それに特化した画像流通システムを提案する。JPEG 2000 の要素技術の一つである離散ウェーブレット変換に対する考察を通して、位相をランダムに制御する方式を提案して、また、それに基づく画像流通システムを検討する。透かし情報の抽出率や復元される画質の観点から提案法を評価し、画像圧縮方式を特定しない第三章の方式に比べ、さらに高い性能を有することを確認する。

第五章は結論であり、本研究で得られた成果を総括して述べると共に、残された研究課題を明らかにする。

【学位論文審査の要旨】

カメラやインターネットの普及によって、画像の利用が急速に拡大している。一方、画像は複製や編集が容易であるため、画像の著作権保護が重要な課題となっている。また画像流通システムでは、画像提供者、画像購入者、双方のプライバシーを保護することが一般に求められる。さらにこれらの保護技術の開発においては、流通過程において必須な画像圧縮処理の影響を考慮する必要がある。このような背景から、本論文は、画像の視覚的暗号化法の考察を通して、画像流通システムにおける著作権の保護とプライバシー保護との同時実現を目的としている。

画像の著作権保護に関する従来研究では、電子透かし技術を用いて、画像提供者と画像購入者との間に、第三者機関が介在し、画像への情報重畳及びそれらデータの管理を行なうモデルが広く使われている。しかしこのモデルは、第三者機関の信頼性を仮定しており、プライバシー保護の観点から課題が指摘されている。また第三者機関の信頼性を仮定しない方式として、視認性を制御する視覚的暗号化が施された画像を用いる画像流通システムが提案されている。しかしこの方法は、プライバシー保護能力を向上させる一方で、使用された視覚的暗号化処理が電子透かしと画像圧縮の性能を劣化させている。このような背景から、本論文では、第三者機関の信頼性を仮定しない画像流通システムのための、新しい視覚的暗号化法を考察している。特に、画像の位相成分と視認性との関係に着目して、画像の位相制御に基づく視覚的暗号化法を提案し、画像流通システムにおけるその有効性を評価している。

本論文で得られた成果を以下に示す。

- (1) 画像の視覚的暗号化の新しい方法を提案し、さらに、それを用いた著作権とプライバシーの同時保護を可能とする画像流通システムを考察した。フーリエ変換に基づき定義される振幅限定画像のダイナミックレンジの広がりについて理論的に考察して、その広がりを抑えた新しい振幅限定画像の生成法を二つ提案した。一つは、画像の位相項のランダム化に基づくことに、他の一つは、二次元画像に対して一次元変換法を適用することに、提案法の基礎がある。従来法も含め実験的に評価を行ない、提案法の有効性を評価した。
- (2) 画像圧縮方式として国際標準である JPEG 2000 を想定して、それに特化した画像流通システムを提案した。JPEG 2000 の要素技術の一つである離散ウェーブレット変換に対する考察を通して、位相をランダムに制御する方式を提案し、また、それに基づく画像流通システムを検討した。透かし情報の抽出率や復元される画質の観点から提案法の有効性を評価し、画像圧縮方式を特定しない方式に比べ、さらに高い性能を有することを確認した。

以上のように、本論文は、画像の権利保護とプライバシー保護のための効果的な視覚

的暗号化法を提案し、画像流通システムにおいてその工学的有効性の評価を行なったものである。提案された新しい視覚的暗号化法とその展開は、画像処理、画像圧縮及び情報セキュリティ分野を繋ぐ新しい視点を与えることから、今後のこれらの分野の発展へ大いに寄与することが期待され、工学的に重要な意義があると考えられる。よって博士（工学）の学位を授与するに十分な価値を有すると認められる。

（最終試験又は試験の結果）

本学の学位規則に従い、最終試験を行なった。公開の席上で論文発表を行ない、学内外から多数の出席者を得て多角的な討論を行なった。また、論文審査委員により本論文および関連分野に関する試問を行なった。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。