

Seam Carving による電子透かしのための

ライン除去後の画像再構成法

Image Reconstruction Method for Watermarking Based on Seam Carving

藤村誠† Makoto Fujimura 黒田英夫‡ Hideo Kuroda 今村幸祐†† Kousuke Imamura

1. まえがき

近年、ネットワークの高速化、大容量化に伴い、動画配信、画像公開などが活発になるとともに画像コンテンツの不正コピーなども増加してきており、電子透かしの重要性も増してきている。特に、電透かしに対する攻撃はこれまでの単独攻撃に加えて結託攻撃に対する耐性も求められるようになってきた[1]-[3]。

電子透かしに対する結託攻撃の一つである平均化攻撃では、同一画像に対して異なる電子透かし情報が埋め込まれた複数のコンテンツを用いることで、埋め込まれた透かし情報を除去した画像を生成する。これは透かし情報が埋め込まれた原画像は同一であり、平均化処理を行っても原画像自体は復元可能であることが前提になっている。

また、平均化攻撃では電子透かしの埋め込み位置の特定を目的とする場合もある。同一原画像のほぼ同じ箇所へ異なる透かし情報を埋め込むために、透かし情報を埋め込まれた画像間で差分とられることなどで埋め込み位置の特定が可能になるためである。これに対しては、同一画像に対して埋め込み位置を変化させる方法、ダミーの電子透かし情報を埋め込む方法によって攻撃結果の混乱を招くことを狙いにした対策も可能である。

平均化攻撃が有効であるのは、配信される画像コンテンツとして同一原画像に異なる電子透かしを埋め込んだものを用いるためである。しかし、画像コンテンツの配信において、視覚上検知できなければ必ずしも同一の画像を使用する必要はないものと考えられる。例えば、画像符号化では一般に人間の視覚特性を利用して本質的には画像品質を劣化させて情報量圧縮を行っており、人間が検知できない程度の劣化であれば異なる圧縮率の配信を行うことも可能である。このため、ユーザの視覚特性上違和感のない画像であれば、個々のユーザに配信する画像が同一でなくても問題はないものと考えられる。

我々は、配信する画像コンテンツそのものに Seam Carving を適用した変位を加えることで平均化攻撃を抑制する方式を提案している[4][5]。原画像に対して Seam Carving による Seam ラインの削除および領域の平行移動による変位を加える方法である。この変位は配信する画像ごとに異なるため、変位量を管理できれば電子透かしとしても利用できる。また、従来の電子透かしと合わせて用いることも可能である。本稿では、特に領域の平行移動量を制御することで、平均化攻撃結果の画像を劣化させることについて検討する。

2. 提案方式の概要

Seam Carving は画像中の重要度が低い画素列をみつけて除去する技術である。画像中の Seam ラインを削除し、残りの領域を平行移動して接続することで画像を再構成する[6]。図 1 に Seam Carving による電子透かしの概念図を示す。Seam Carving による変位については、人間の視覚上は原画像との違いがわからないようにする必要があり、加えて画像全体にわたって変位があり、それらの変位の検出が困難であることが必要である。このため、図 1 のように削除する Seam ラインを画像全体で均等になるようにする。このとき、Seam ラインの軌道および削除する Seam ラインを接続するための平行移動量を管理することによって、配信のための画像を複数生成する。

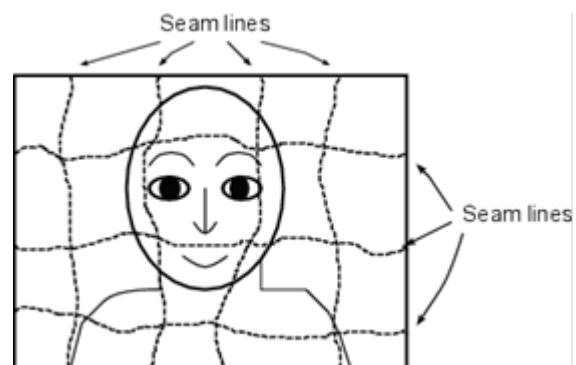


図 1 Seam Carving による電子透かし

3. Seam ライン削除後の画像再構成法

3.1 接続境界

Seam Carving では、Seam ラインを削除した後に残った領域を平行移動して、削除した境界線の部分を接続する。この接続境界は 1 ライン分削除された状態であり、その影響が生じている可能性がある。このため、予備実験として提案方式によって変位を加えた画像に対してエッジフィルタを施して接続境界が目視できるか検証した。

図 2 はテスト画像として Lenna を用いて、提案手法による変位を加え、この変位画像にエッジフィルタをかけた結果を示している。図の(a)は 512×512 画素の原画像であり、(b)は Seam ラインを原画像上に表示したものである。今回は縦方向および横方向にそれぞれ 8 等分して Seam ラインを求めた。図(c)は Seam ラインを削除し、残りの領域を平行移動して接続して再構成した画像である。平行移動量は 1 画素単位であり、画像の大きさは 504×504 画素である。(d)は、(c)に対して Prewitt フィルタを処理したものである。この図からわかるように削除した

† 長崎大学, Nagasaki University

‡ FPT 大学, FPT University

†† 金沢大学, Kanazawa University

Seam ラインによるエッジは生じていないことがわかる。これは Seam Carving では元々画像信号の変位が少ないように Seam ラインを選択するためであると考えられる。特に, Lenna のような比較的平坦部分が多い画像であり, Seam ラインもそれほど多くないことも, その要因となっている。このため, 今回は特にフィルタによる平滑化については検討しないこととする。

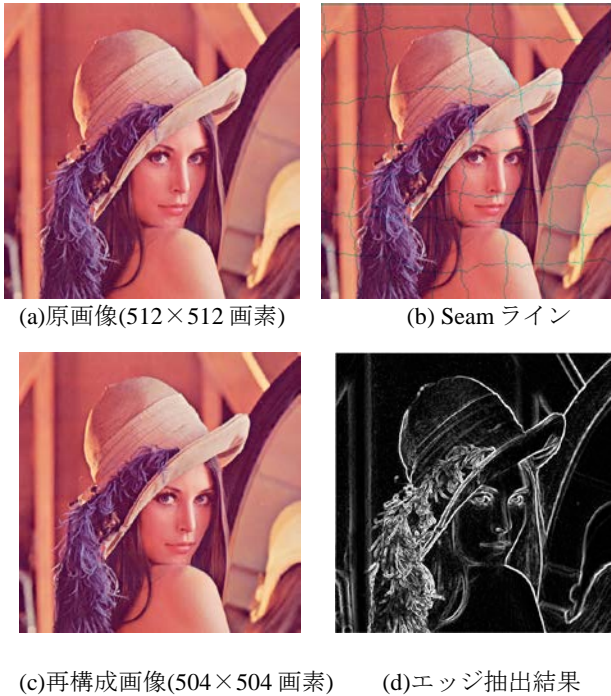


図 2 再構成画像

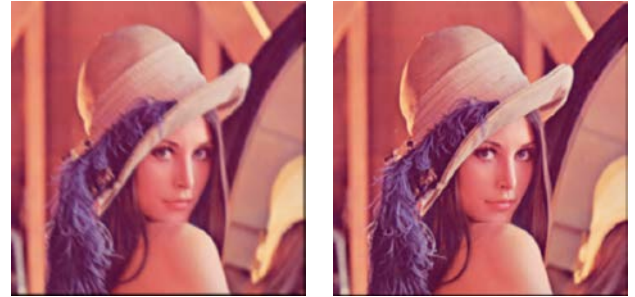
3.2 領域平行移動の制御

Seam ライン削除後の並行移動により画像領域の境界を接続する。この時, 1 画素単位で移動すれば, 攻撃者に移動量を推定されやすくなり, 生成できる配信画像の数が抑えられる。そこで, 移動量をサブピクセル単位で平行移動することとする。これにより, 推定の難易度が増し, 加えて同一の Seam ラインを用いても異なる再構成画像を生成することが可能となるため配信画像の数を増やすことが可能となる。

提案方式による配布画像が複数用意されて平均化攻撃を受ける場合, 平均化フィルタをかけられたような処理結果となる。このため, 平均化攻撃を受けた結果画像が劣化する。また, 電子透かしは一般的に画像のエッジ部分など埋め込まれる位置が画像信号に依存するため, 提案手法により, その埋込み位置も配信画像ごとにずれることになる。

4. 評価実験

提案手法の評価実験を行った。実験環境は Windows7 上の Matlab2010a である。提案手法により生成した複数の配信画像 10 枚に対して平均化攻撃を行い, その処理結果を検証する。原画像は 512×512 画素の Lenna とした。この原画像に対して縦横にそれぞれ 8 本の同一 Seam ラインを求めて削除し, 1 画素以下の平行移動量を組み合わせて再構成を行った。この時に, 平行移動量の組み合わせを変えることで 10 枚の配信画像を生成した。



(a) 平均化攻撃結果 (b) 配信用画像

図 3 平均化攻撃の結果

図 3(a)に平均化攻撃結果を, (b)に配信用画像のうちの 1 枚をそれぞれ示す。図(a)において平均化攻撃により画像がぼけることで劣化が生じており, 平均化攻撃に対する抑制となることが期待できる。しかし, 今回の結果ではそれほど大きな劣化となっておらず改善の余地がある。また, 図(b)についても若干のぼけが生じており, これはサブピクセル単位の平行移動において単純な線形補間を用いたことが原因であると考えられる。

5. むすび

本稿では, 結託攻撃である平均化攻撃の抑制となるよう, Seam Carving 技術を適用した電子透かし方式を提案した。評価実験の結果より, 提案方式の有効性を期待できることが示された。

今後は, Seam ラインの数および軌道の制御について検討し, 生成可能な配信画像の数の向上を図る。また, 平行移動量の制御についても改善が必要である。

謝辞

本研究の一部は, 科学研究費補助金 (基盤研究 (C) 24560466) の補助を受けて行った。

参考文献

- [1] H.Zhao, M.Wu, Z.Wang, and K.J.R.Liu, "Forensic Analysis of Nonlinear Collusion Attacks for Multimedia Fingerprinting", IEEE Trans. Image. Process., Vol.14, No.5, pp.646-661, 2005.
- [2] S.He, M.Wu, "Joint Coding and Embedding Techniques for Multimedia Fingerprinting", IEEE Trans. On Information and Security, Vol.1, No.2, pp.231-247, 2006
- [3] W.Trappe, M.Matsushima, and S.Hirasawa, "Anti-collusion Fingerprinting for Multimedia", IEEE Trans. Signal Process., Vol.5, No.4, pp.1069-1087, 2003.
- [4] 藤村誠, 黒田英夫, 今村幸祐, "結託攻撃に対する画像電子透かし耐性向上についての一検討", I-092, FIT2011 講演論文集 (第 3 分冊), pp.515-516, 2011
- [5] M.Fujimura, H.Kuroda and K.Imamura, "Study on Seam Carving for Image Fingerprint", Proc. of The 6th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems, 2012.
- [6] S.Avidan and A.Shamir, "Seam carving for contentaware image resizing", ACM Transactions on Graphics-Proc. of ACM SIGGRAPH2007, Vol.26, No.3., 2007.