

幾何学変位画像による平均化攻撃の抑制および抽出法

藤村誠[†] 黒田英夫[‡] 今村幸祐^{††}長崎大学[†] FPT 大学 (ベトナム)[‡] 金沢大学^{††}

1 序論

近年のコンピュータおよびネットワーク環境の発展により、画像コンテンツの配信などが一般的になってきており、同時に不正コピーの問題も増加している。画像などの電子データによるコンテンツについては、電子透かしなどによる不正コピー対策が研究開発されている。これに対して、不正ユーザは入手した画像コンテンツに埋め込まれている電子透かし情報を破壊あるいは除去するために、種々の攻撃手段を試している。近年、特に問題となっているのは複数の不正ユーザによる結託攻撃である。特に、結託攻撃の一つである平均化攻撃は、電子透かし情報の除去を効率的に行えるため脅威である。

これに対し、平均化攻撃に耐性を持つ電子透かし方式が研究されている。文献[1][2]では、Stirmark 中の攻撃をベースに幾何学変位を付加する方式を提案しているが、変位の多様性などに問題がある。そこで、我々は Seam Carving [3]を用いた幾何学変換付加方式を提案した[4]。提案した幾何学変換付加方式は平均化攻撃の結果、画像品質の劣化を生じさせることで、平均化攻撃への積極的な抑制を実現している。

本稿では原画像に付加した幾何学変換を抽出する方法について検討した。付加した幾何学変換を抽出できれば、配布画像に加えた幾何学変換を特定できるためである。また、平均化攻撃を実行された場合に生じさせる画像品質劣化についても確認した。

2 幾何学変位付加方式

2.1 Seam Carving による幾何学変位の付加

図 1 に、平均化攻撃抑制のための幾何学変位付加方式の原理を示す。まず、画像中の重要な領域を Region of Interest (ROI) として設定する。次に、ROI の左側の領域について、それぞれ N_L 本の Seam ラインを削除し、 M_L 本の Seam ラインを追加する。次いで、ROI の右側の領域について N_R 本の Seam ラインを削除し、 M_R 本の Seam ラインを追加する。このとき、ROI 領域の

画像中の水平方向の移動量 $\Delta h = N_L - M_L$ は、式(1)のように移動を表す。横方向についても、同様に ROI 領域の上下領域において、同様の処理を行う。以上の処理の結果、ROI 領域を上下左右に移動することができる。

$$\begin{cases} \Delta h < 0; \text{右に移動} \\ \Delta h = 0; \text{移動せず} \\ \Delta h > 0; \text{左に移動} \end{cases} \quad (1)$$

ただし、 $N_L + N_R = M_L + M_R$

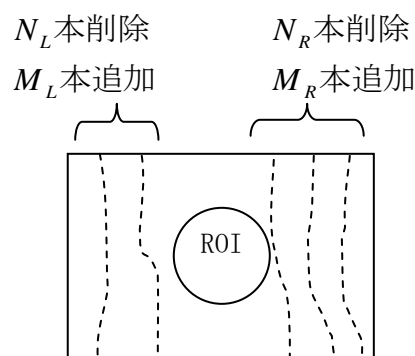


図 1 幾何学変位付加の原理

2.2 平均化攻撃の抑制

平均化攻撃は複数の画像コンテンツを用いて画像間平均をを求める処理である。電子透かしは、埋め込み対象画像を $f(i, j)$ 、 k 番目の配布対象画像に埋め込む電子透かしを $wm_k(i, j)$ 、平均化攻撃によって得られる画像 $g(i, j)$ とすると、 N 枚の電子透かし画像による平均化攻撃は次式で示される。

$$g(i, j) = \frac{1}{N} \sum_k \{f(i, j) + wm_k(i, j)\} \quad (2)$$

電子透かし $wm_k(i, j)$ は、 k について加算すると減少するため、 $g(i, j) \approx f(i, j)$ となる。

幾何学変位を加えた画像の場合の平均化攻撃を次式で示す。ここで、 Δi_k および Δj_k は k 番目

Geometrically Transformed Image Resistance to Average Value Attack and Extraction Method

[†]Makoto Fujimura, Nagasaki University

[‡]Hideo Kuroda, FPT University(Vietnam)

^{††}Keisuke Imamura, Kanazawa University

の画像における幾何学変位量であり，平均化攻撃結果 $g'(i, j)$ は，ローパスフィルタと近似した効果を受けることになる．特に，ROI 領域についてはその効果が顕著となる．

$$g'(i, j) = \frac{1}{N} \sum_k^N \{f(i + \Delta i_k, j + \Delta j_k)\} \quad (3)$$

2.3 幾何学変位の検出法

画像に加えた幾何学変位を検出できれば，配布した画像の特定が可能となる．幾何学変位の抽出法については，画像が分割された領域単位の並行移動を想定すればよいので，原画像と幾何学変位を加えられた画像とで，動きベクトルを求め，その分布より変位の抽出を行う方法を検討する．

動きベクトルは，原画像をブロックに分割し，ブロックごとに Sum of Absolute Distance (SAD) により求める．動きベクトルの分布状態より，画像に加えた幾何学変位を特定できると考えられる．

3 実験

幾何学変位付加画像について，変位抽出についての可能性を検証した．テスト画像は Lenna であり，縦方向および横方向に 8 ラインずつ削除と追加を行った．削除および追加するランは Seam Carving アルゴリズムによって求め，顔領域に ROI を設定した．図 1(a)は原画像であり，図 1(b)は 48 パターンの幾何学変位付加画像を用いた平均化攻撃の結果である．図 1(b)では，顔領域の画像品質が劣化していることがわかる．図 3(a)は ROI に対して，左側 4 本削除，5 本追加，右側 4 本削除，3 本追加，上側 4 本削除，3 本追加，下側 4 本削除，5 本追加した画像である．図 3(b)は，動きベクトル探索のためのブロックサイズが 2×2 ，ベクトル探索範囲が 6×6 の場合の結果である．



(a) 原画像 (b) 平均化攻撃結果 (48 枚)
図 2 原画像と平均化攻撃結果



(a) 幾何学変位付加 (b) 2×2 ブロック
図 3 幾何学変位付加画像と動きベクトル分布

なお，黄色は上方，オレンジは右上，赤色は右，紫色は右下，青色は下方，水色は左下，緑色は左，灰色は左上の各方向にベクトルを表している．なお，黒色は移動無しである図 3(b)より原画像に付加された幾何学変換の状態がある程度判断できることがわかる．

4 まとめ

本稿では，我々が提案していた Seam Carving を用いた幾何学変換付加による平均化攻撃抑制方式について，その幾何学変化の抽出の可能性を確認できた．

謝辞

長崎大学大学院博士前期課程 2 年生の一ノ瀬裕加さんには実験などに貢献していただきました．心より感謝いたします．本研究は JSPS 科研費 24560466 の助成を受けたものです．

参考文献

- [1] 久世慎吾, 岩村恵市: “電子透かしに平均値攻撃耐性を持たせるための一手法”, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-CSEC-51 No.2.
- [2] 久世慎吾, 岩村恵市, 越前功: “電子透かしに平均値攻撃耐性を持たせる手法と電子透かしの組み合わせに関する一考察”, SCIS2012
- [3] S.Avidan and A.Shamir, “Seam carving for contentaware image resizing”, ACM Transactions on Graphics-Proc. of ACM SIGGRAPH2007, Vol.26, No.3, 2007.
- [4] 一ノ瀬裕加, 藤村誠, 今村幸祐, 黒田 英夫: “平均化攻撃のための ROI を考慮した Seam Carving による画像変位方式”, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 13-4-1-13-4-2, 2013.