HAL
open science

TATOUAGE ROBUSTE ET AVEUGLE DANS LE DOMAINE DES VALEURS SINGULIERES

Henri Bruno Rhb Razafindradina, Paul Auguste Rpa Randriamitantsoa

To cite this version:

Henri Bruno Rhb Razafindradina, Paul Auguste Rpa Randriamitantsoa. TATOUAGE ROBUSTE ET AVEUGLE DANS LE DOMAINE DES VALEURS SINGULIERES. JMAITS : Journal Marocain de l'Automatique, de l'Informatique et du Traitement de Signal, 2008, pp.1-15. 10.1978/2808 . hal-00448914

HAL Id: hal-00448914

https://hal.science/hal-00448914v1

Submitted on 21 Jan 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

TATOUAGE ROBUSTE ET AVEUGLE DANS LE DOMAINE DES VALEURS SINGULIERES
ROBUST AND BLIND WATERMARKING IN THE SINGULAR VALUES DOMAIN

H. B. RAZAFINDRADINA - P. A. RANDRIAMITANTSOA

Laboratoire LASM

B.P. : 1500, (101) Antananarivo Madagascar

{hbrazafindradina@gmail.com, rpa@freenet.mg}

Résumé

Le tatouage d'images consiste a introduire une marque, le nom ou le logo de l'auteur, dans une image dans le but de la protéger contre les copies. La lourdeur de la procédure d'extraction de la marque avec les anciennes méthodes de tatouage nous a poussé a chercher un nouvel algorithme dans le domaine des valeurs singulieres qui serait aveugle : elle ne nécessite pas l'image originale pour extraire la marque. Nous proposons une nouvelle méthode robuste qui consiste a insérer les bits de la marque dans la matrice des valeurs singulieres de l'image. Contrairement a la plupart des algorithmes de tatouage, elle est aveugle et les résultats montrent que notre méthode est robuste contre la compression JPEG, la réduction de couleurs (GIF) ainsi que l'étalement d'histogramme. Ainsi, nous avons pu obtenir un $PSNR\ de\ 49,63\ dB$.

Mots-clés : tatouage, images, valeurs singulieres, stéganographie,

droits d'auteur.

Abstract

Digital watermarking consists on inserting a mark into an image to protect it against copies. The heaviness of the extraction procedure with the old methods urged us to look for a new algorithm in the singular values domain which would be blind : it does not require the original image to extract the mark. We propose a new robust method which consists on inserting the bits of the mark into the singular values matrix. Contrary to most of the watermarking algorithms, it is blind and the results show that our method is robust against the JPEG compression, the reduction of colors (GIF) and the histogram spreading. So, we were able to obtain $PSNR = 49,63\ dB$.

Keywords : watermarking, images, singular values, steganography, copyright.

1 Introduction

Les images constituent la grande partie de l'ensemble des documents numériques manipulés et échangés dans le monde de l'Internet. Il est devenu extrmement simple de reproduire parfaitement n'importe quel médium. Dans le cas des média numériques (son, image et vidéo), les recherches s'orientent vers une résolution technique en insérant une marque dans le médium afin d'identifier l'ayant droit légitime. Ce mécanisme d'insertion de marque devrait respecter au moins deux conditions : la marque doit tre imperceptible (l'œil humain ne doit pas pouvoir faire la différence entre une image marquée et la mme non marquée) et robuste (le tatouage doit résister a toutes modifications volontaires ou involontaires). L'extraction devrait tre aussi aveugle, c'est-a-dire que

pour extraire la marque, on n'a pas besoin de l'image originale.

De nombreux algorithmes de tatouage ont été proposés cherchant a optimiser un compromis imperceptibilité/robustesse. On peut citer notamment le tatouage dans le domaine DCT, ondelettes et CDMA. Beaucoup de techniques récentes de tatouage d'image sont inspirées des méthodes usuelles de codage et de compression. La décomposition en valeurs singulieres (SVD) en est un exemple. Cette technique a déja fait ses preuves dans le domaine de la compression [Roue] en offrant une qualité et un taux de compression proche du JPEG. En ce qui concerne le tatouage SVD, seul un petit nombre de publications existe. Parmi les solutions trouvées : la méthode de C. Bergman and J. Davidson [Bergman] applique la marque dans la matrice U, Ruizhen Liu and Tieniu Tan [Liu] ont proposé d'ajouter la marque aux valeurs singulieres S de la matrice en utilisant un poids d'insertion variable, A. Sverdlov, S. Dexter et A. M. Eskiciglu [Sverdlov][Ganic] ont proposé un schéma de tatouage DCT-SVD hybride pour améliorer la robustesse. Une approche plus sophistiquée proposée par R. Agarwal and M. Santhanam [Agarwal] insere la marque dans la matrice V en ajoutant a la matrice V de l'image hte, la matrice V de la marque. Ces différents algorithmes sont de type non aveugles.

Dans cet article, nous présentons un nouvel algorithme aveugle qui consiste a insérer la marque dans la matrice S des valeurs singulieres. Les principes fondamentaux de la décomposition SVD sont tout d'abord rappelés, la méthode développée est ensuite détaillée et les résultats expérimentaux obtenus discutés.

2 Méthodes utilisées

2.1 Principe

Toute matrice I de taille $m \times n$ de rang k peut tre décomposée en somme pondérée de matrices unitaires $m \times n$ par SVD.

En effet, la décomposition en valeurs singulieres repose sur le fait qu'il existe [Press] une matrice carrée U unitaire de taille m et une matrice V unitaire de taille n telles que :

$$U^{'} \times I \times V = S \tag{1}$$

O S est une matrice dont les r premiers termes diagonaux sont positifs, tous les autres étant nuls.

Les k termes non nuls sont appelés valeurs singulieres de I. Comme U et V sont unitaires, on a les relations suivantes :

$$U \times U^{'} = Id(m) \tag{2}$$

$$V \times V^{'} = Id(n) \tag{3}$$

Ainsi :

$$I = U \times S \times V^{'} \tag{4}$$

On note σ_i les valeurs singulieres de I :

$$S = \begin{pmatrix} \sigma_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma_n \end{pmatrix} \tag{5}$$

O $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \ldots \geq \sigma_k$ et $\sigma_{k+1} = \sigma_{k+2} = \ldots = \sigma_n = 0$

Les colonnes de la matrice unitaire U sont en fait les vecteurs propres de la matrice symétrique $I \times I^{'}$ (les valeurs propres de $I \times I^{'}$ étant les carrés des valeurs singulieres de I). De mme, les colonnes de V sont les vecteurs propres de la matrice symétrique $I^{'} \times I$ (les valeurs propres de $I^{'} \times I$ sont les mmes que celles de $I \times I^{'}$).

2.2 Caractéristiques

Les principales propriétés de la SVD d'une image sont :

- Les valeurs singulieres d'une image ont une tres bonne stabilité [Liu], c'est-a-dire, quand une petite perturbation (par exemple une marque) est ajoutée a une image, les valeurs singulieres ne change pas significativement ;

- Les valeurs singulieres représentent l'énergie [Roue] de l'image c'est-a-dire que la SVD range le maximum d'énergie de l'image dans un minimum de valeurs singulieres.

2.3 Schéma de tatouage SVD

On utilise la matrice S des valeurs singulieres de l'image hte pour insérer les bits de la marque.

- I représente l'image originale

- W représente la marque

- I_w représente l'image tatouée

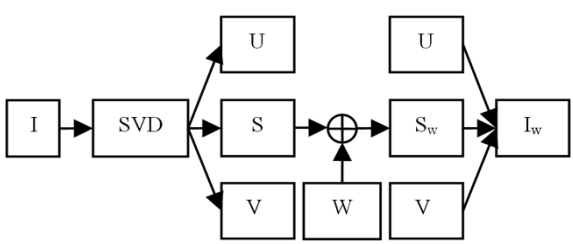

FIGURE 1 – Schéma de tatouage SVD

2.4 Insertion de la marque dans le domaine de la SVD

Comme dans le cas de la Transformée en Cosinus Discrete (DCT), la plus grande partie de l'énergie est concentrée dans les basses fréquences [Sverdlov] qui sont exprimées par les coefficients les plus proches du coin supérieur gauche

de la matrice. C'est cette propriété qu'on exploite en tatouage : on insere la marque dans les basses ou moyennes fréquences selon un compromis robustesse / imperceptibilité. C'est pourquoi nous avons choisi le coefficient σ_3 pour insérer la marque. L'algorithme d'insertion de la marque est décrit comme suit :

1. Partitionnement de l'image en blocs carrés de 8×8 ;
2. On choisit un nombre b de blocs en fonction d'une clé qui détermine la position de chaque bloc ;
3. Calcul de la SVD sur chacun des blocs choisis ;
4. Insertion des bits de la marque dans la matrice S selon les regles suivantes :
   - On calcule pour chaque bloc :
   $$moy = \frac{\sigma_2 + \sigma_4}{2} \tag{6}$$
   - Pour marquer un « 1 », choisir σ_3 telle que : $moy < \sigma_3 < \sigma_4$.
   - Pour marquer un « 0 », choisir σ_3 telle que : $\sigma_2 < \sigma_3 < moy$.
   - On note S_w la nouvelle matrice S tatouée.
5. Reconstruction de l'image en calculant :
$$I_w = U \times S_w \times V^{'} \tag{7}$$

2.5 Extraction de la marque

Il suffit de décomposer chaque bloc en ses valeurs singulieres, puis calculer la moyenne moy.

Si ($\sigma_3 > moy$) alors

    Bit de la marque = « 1 »

Sinon

Bit de la marque = « 0 »

Fin si

3 Résultats et discussion

Tous les tests ont été effectués sur les images « lena » et « mandrill » de dimension 512×512 *bits*. La marque est une image binare de taille $N = 64$ *bits*.

3.1 Imperceptibilité : évaluation de la distorsion

En image, on utilise traditionnellement le PSNR [Tamtaoui][Raynal] pour exprimer la distorsion ou l'impact de l'insertion de la marque sur l'image. Soit I l'image originale et I_w l'image marquée. Les deux images sont de mme taille : $m \times n$.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{Max\left(I\left(i,j\right)\right)^2}{EQM} \right) \tag{8}$$

L'EQM est l'erreur quadratique moyenne :

$$EQM = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(I\left(i,j\right) - I_w\left(i,j\right)\right)^2 \tag{9}$$

Les figures 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 suivantes représentent la marque insérée, les versions originales et tatouées des deux images lena.tif et mandrill.tif ainsi que les différences entre les images non marquées et marquées.

La distorsion est évaluée a $PSNR = 49.63\ dB$, ce qui correspond a une « force 10 »[Raynal].

FIGURE 2 – Marque insérée 8x8 bits

FIGURE 3 – Image lena originale

FIGURE 4 – Image lena marquée

3.2 Robustesse : Evaluation de la résistance aux attaques

3.2.1 Objectif

Idéalement, étant donné une image tatouée, une entité non autorisée ne doit pas tre capable de détruire la marque, c'est-a-dire que la marque doit résister au traitement de signal commun et des attaques intentionnelles. La robustesse de la méthode est évaluée par la similarité [Tamtaoui] entre la marque originale W et la marque extraite W' en calculant :

Figure 5 – Différence entre les 2 images lena

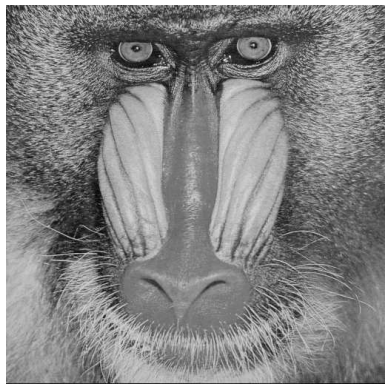

Figure 6 – Image mandrill originale

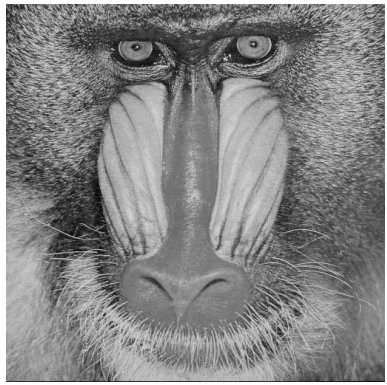

Figure 7 – Image mandrill marquée

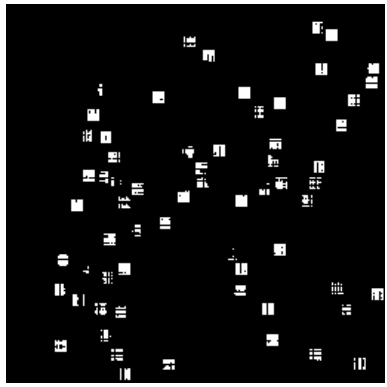

FIGURE 8 – Différence entre les 2 images mandrill

$$corr(W, W') = \frac{\sum_{i=1}^{n}(W_i - \overline{W})(W'_i - \overline{W'})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(W_i - \overline{W})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(W'_i - \overline{W'})^2}} \tag{10}$$

o (W_i) et (W'_i) sont les composantes respectives de la marque (W) et de la marque extraite (W').

3.2.2 Condition de robustesse de la méthode

Comme notre méthode insére la marque dans les moyennes de coefficients de la SVD, pour assurer sa robustesse, il faut choisir les coefficients σ_3 tels que les écarts entre les coefficients soient supérieurs a E :

$$\sigma_2 - \sigma_3 \geq E \; et \; \sigma_3 - \sigma_4 \geq E \tag{11}$$

E : Ecart entre les coefficients, $E_{min} = 64$.

Nous avons choisi pour tous les tests $E = 64$. En effet, en choisissant $E < 64$, la méthode n'est pas robuste face aux attaques classiques de tatouage (coefficient de corrélation tres faible).

En augmentant E, on peut améliorer la robustesse de l'algorithme.

3.2.3 Tests

Nous avons testé notre technique vis-a-vis des attaques de traitement d'images [Petitcolas] :

- Compression JPEG ;
- Etalement d'histogramme ;
- Réduction de couleurs (GIF) ;
- Filtrage médian ;
- Ajout de bruits (poivre et sel, gaussien).

Le tableau suivant présente les coefficients de corrélation apres détection de la marque pour chaque type d'attaques :

Jpeg 60 %	Filtre médian	Egalisation	GIF	Ajout de bruits 1 %		Rotation
				Gauss	Salt & Pepper	
0.9687	0.5451	0.9697	1	0.7565	0.6841	0.8769

Table 1 – Coefficient de corrélation pour chaque type d'attaques

La figure suivante montre que la méthode est robuste jusqu'a une compression correspondant a un facteur de qualité de 60 %. Au-dela de cette valeur, le coefficient de corrélation diminue mais ce taux est encore acceptable pour identifier la marque jusqu'a un facteur de qualité de 40 %.

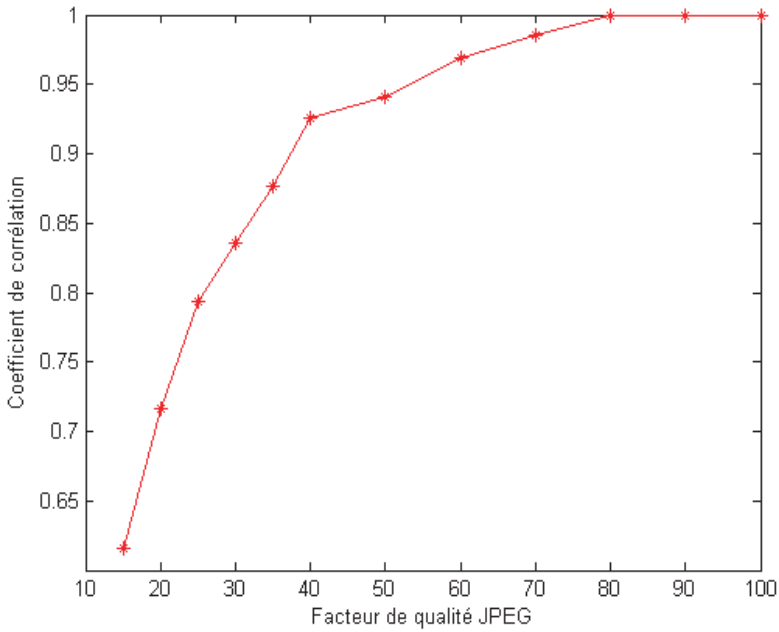

FIGURE 9 – Test de robustesse face a la compression JPEG

Ces différents résultats montrent que la méthode est imperceptible et robuste face a 4 types d'attaques (compression, étalement d'histogramme, réduction de couleur, ajout de bruits).

Néanmoins, la méthode présente quelques inconvénients tels que :

- La méthode n'est pas robuste contre le filtrage médian ;
- La génération de clés est conditionnée par l'ecart E, c'est-a-dire on ne prend que les coefficients qui respectent la condition de l'équation 11, ce qui entraine la lenteur de l'algorithme de génération de clés ;
- L'algorithme de décomposition en valeurs singulieres nécessite un temps de calcul tres important, ce qui pénalise la vitesse de la méthode.

4 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons proposé une méthode de tatouage « robuste et aveugle »qui ajoute les marques dans les matrices des valeurs singulieres. En insérant les marques dans les moyennes des valeurs singulieres, nous avons pu avoir une technique de tatouage aveugle et robuste contre la compression JPEG, la réduction de couleurs, l'ajout de bruits et l'étalement d'histogramme. Notre méthode n'est pas robuste face au filtrage. En variant l'écart E, on peut contrler la robustesse de la méthode.

Nos perspectives se tournent vers la conception d'une méthodes SVD qui serait tres robuste contre les attaques géometriques en combinant notre méthode avec celle qui utilise un détecteur de points d'intérts [Bas]. Des améliorations pour augmenter la capacité du tatouage sont aussi en cours d'études.

5 Remerciements

Nous tenons a remercier le Professeur Driss ABOUTAJDINE de la Faculté des Sciences de Rabat-Maroc pour ses précieux conseils et suggestions.

Références

[Roue] B. ROUE, P. BAS, N. LE BIHAN, « Décomposition et codage hypercomplexes des images couleur », Mémoire de DEA de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, France, 2003.

[Bergman] C. BERGMAN, J. DAVIDSON, « Unitary Embedding for Data Hiding with the SVD », *Security, Steganography, and Watermarking of Multimedia Contents*, Vol. 5681, San Jose, CA, Janvier 2005.

[Liu] R. LIU, T. TAN, « A svd-based watermarking scheme for protecting rightful ownership », *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 4, #1, p. 121-128.

[Sverdlov] A. SVERDLOV, S. DEXTER, A. M. ESKICIOGLU, « Robust DCT-SVD domain image watermarking for copyright protection : embedding data in all frequencies », *13th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2005)*, Antalya, Turkey, Septembre 2005, p. 4-8.

[Ganic] E. GANIC, A. M. ESKICIOGLU, « Secure DWT-SVD Domain Image Watermarking : Embedding Data in All Frequencies », *ACM Multimedia and Security Workshop 2004*, Magdeburg, Germany, Septembre 2004, p. 20-21.

[Agarwal] R. AGARWAL, M. SANTHANAM, « Digital watermarking in the singular vector domain », *arXiv :cs/0603130v1*, 2006.

[Press] W. PRESS, S. TEUKOLSKY, W. VETTERLING, B. FLANNERY, « Numerical recipes : the art of scientific computing », Cambridge University Press, 1992, p. 59-70.

[Tamtaoui] A. TAMTAOUI, D. ABOUTAJDINE, « Mesure de la qualité visuelle des images compressées », *Traitement du Signal*, Vol. 20, #1, 2003, p. 43-53.

[Raynal] F. RAYNAL, F. PETITCOLAS, C. FONTAINE, « évaluation automatique des méthodes de tatouage », *Traitement du Signal*, Vol. 18, #4, 2001, p. 271-282.

[Petitcolas] F. PETITCOLAS, « Watermarking schemes evaluation », *IEEE Signal. Processing*, Vol. 17, #5, 2000, p. 58-64.

[Bas] P. BAS, J. M. CHASSERY, B. MACQ, « Méthode de tatouage fondée sur le contenu », *Traitement du Signal*, Vol. 19, #1, 2002, p. 11-17.