

TATOUAGE D'IMAGES PAR TECHNIQUES MULTIDIRECTIONNELLES ET MULTIRESOLUTION

Fadoua DRIRA , Florence DENIS , Atila BASKURT

LIRIS, Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information
FRE 2672 CNRS, INSA Lyon, UCB Lyon 1, EC Lyon, Univ. Lyon 2

{fdrira, fdenis, atilla.baskurt} @liris.cnrs.fr

Résumé

La protection de la propriété intellectuelle est devenue récemment un besoin pressant surtout avec l'évolution rapide des techniques de transmission numérique. Dans cet article, nous proposons une méthode de tatouage « non-aveugle » basée sur le contenu des images. Plus précisément, la marque est insérée sur les contours et dans toutes les zones texturées de l'image. Notre approche est basée sur une décomposition de l'image par une pyramide de filtres orientables. Le tatouage s'effectue à des niveaux et selon des directions choisies. Des expériences réalisées sur des images réelles ont permis d'évaluer les performances de cette méthode et d'apprécier sa robustesse face à la compression JPEG, à l'ajout de bruit et au filtrage médian.

Mots clefs

Tatouage basé sur le contenu, pyramide de filtres orientables, contours.

1. Introduction

L'important développement des réseaux numériques pose le problème de la protection de la propriété intellectuelle des documents et a motivé de nombreuses recherches sur le tatouage numérique. Cette technique consiste à insérer, à l'intérieur d'un document numérique, une marque invisible, contenant un code, robuste face à toute attaque susceptible de modifier la donnée tatouée. De nombreux algorithmes de tatouage [1] ont été proposés cherchant à optimiser un compromis robustesse-invisibilité, cependant, aucun d'eux ne satisfait un cahier des charges idéal. Actuellement, aucun modèle fonctionnel universel de tatouage n'a été défini. Le travail présenté dans ce document propose une nouvelle méthode de tatouage basée sur le contenu des images et utilisant des techniques multidirectionnelles et multirésolution. Le principe est d'extraire les contours sur les diverses bandes obtenues par application de filtres orientables et de répartir convenablement la marque sur ces points de contour. En effet, ces zones peuvent être

fortement modifiées sans qu'aucune dégradation visuelle ne soit perceptible.

2. Principe de la méthode proposée

La méthode proposée est basée sur un schéma additif et s'appuie sur une décomposition de l'image par une pyramide de filtres orientables. L'ajout de la séquence de la marque s'effectue sur des structures particulières de l'image : les contours. Elle s'effectue à des niveaux et selon des directions choisies de la pyramide. La marque insérée

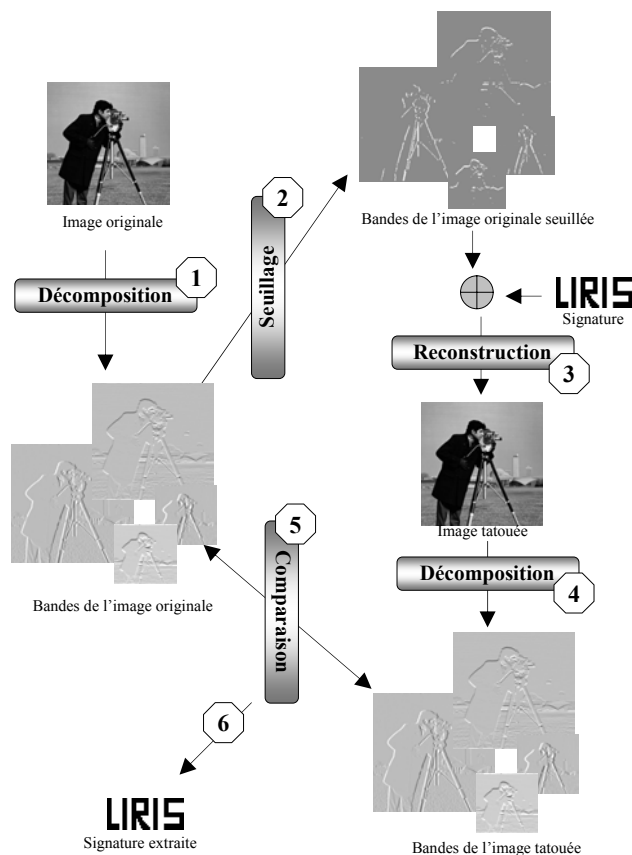


Figure 1 – Schéma complet de la méthode de tatouage développée, (échelles, directions)=(2,2)

peut être répétée si cette dernière a une longueur inférieure au nombre total de points de contour extraits. On obtient ainsi une redondance de l'information sur la bande mais aussi sur d'autres bandes et d'autres niveaux. La figure 1 illustre le schéma complet de la méthode proposée.

2.1 Principe de la pyramide orientable

La pyramide de filtres orientables a été définie par Freeman et Simoncelli [2]. C'est une transformation récursive multi-échelle, souple au niveau de l'analyse directionnelle. La figure 2 illustre le principe de cette décomposition. On distingue essentiellement trois types de filtres : passe-Haut (H_0), passe-bande directionnels ($B_0 \dots B_K$) et passe-bas (L_0). La partie passe-bas, après sous-échantillonnage, subit une nouvelle décomposition d'où la structure récursive de l'algorithme qui se répète jusqu'à atteindre l'échelle voulue. Les filtres utilisés sont ceux proposés par Castleman et col.[3].

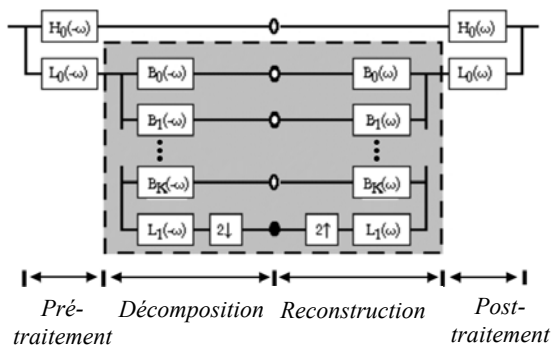


Figure 2 – Schéma bloc de la pyramide à filtres orientables

Les pyramides orientables ont été utilisées pour diverses applications telles que le rehaussement [4], la détection de contour [2], l'analyse des orientations, l'élimination du bruit, l'analyse de texture.

2.2 Procédure d'insertion de la signature

La première étape du tatouage consiste à décomposer l'image suivant un nombre d'échelles et de directions défini par l'utilisateur. Les points de contours pour les différentes bandes sont extraits par seuillage. La signature est alors insérée sur des blocs 3x3 disjoints, centrés sur les différents points de contours extraits. Chaque pixel du bloc est modifié de la manière suivante :

$$X_{w,k} = X_k + \alpha W_k$$

avec $X_{w,k}$ le pixel tatoué, X_k le pixel initial, α la force de la marque, W_k le bit d'indice k associé à une marque donnée. Chaque bloc porte donc une information associée à

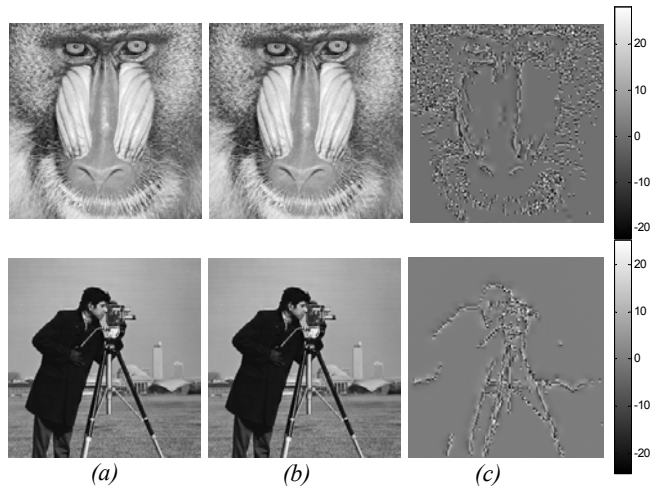
un bit de la marque. L'image marquée est ensuite reconstruite à partir des bandes tatouées.

2.3 Procédure de détection de la signature

Cette opération a recours à l'image d'origine en plus de l'image tatouée. L'image d'origine est utilisée pour localiser les blocs sur lesquels la marque a été insérée ainsi que pour extraire la valeur du bit tatoué. Pour la localisation des blocs, le principe décrit pour l'insertion est aussi valable pour la détection. En revanche, la détection de la signature est réalisée à partir d'une comparaison entre les blocs situés sur les bandes de l'image d'origine et ceux qui leur correspondent dans les bandes de l'image tatouée. La démarche adoptée pour cette étape de détection aboutit à une extraction proprement dite de la marque insérée. Le recours à l'image d'origine lors de cette phase classeifie cette méthode dans la catégorie des algorithmes de tatouage « non-aveugles ».

3. Evaluation de la méthode proposée

L'insertion de la signature dans les zones haute-fréquence de l'image (contours et textures) lui confère une bonne invisibilité. La figure 3 montre un exemple d'application de cette méthode qui n'entraîne aucune dégradation perceptible sur l'image tatouée dans le cas d'une signature de 119 bits. L'image de différence (figure3-c) montre que les modifications sont apportées sur les contours significatifs de l'image.



(a) Image originale 256X256
(b) Image tatouée
(c) Image de différence recadrée

Figure 3 – Application de la méthode proposée sur les images "Cameraman" et "Baboons", (échelles, directions)=(3,2)

3.1 Choix des paramètres de la pyramide

La méthode mise en œuvre nécessite la définition de certains paramètres tels que le nombre d'échelles et de directions de la décomposition, le seuil appliqué aux contours, la force de la signature. Afin d'optimiser ce choix, divers paramètres de décomposition ont été testés sur l'image Lena dans différentes conditions d'attaques. A partir des Figures 4 et 5, on peut affirmer que le couple (nombre échelles, nombre de directions) égal à (3,2) garantit approximativement les meilleurs résultats et c'est sur ces valeurs que seront basés nos prochains tests comparatifs.

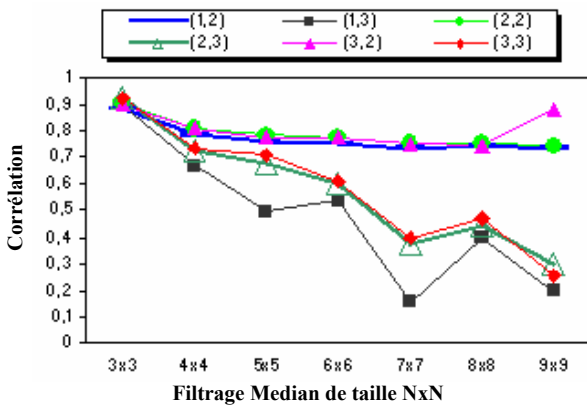


Figure 4 – Etude de la robustesse face au filtrage median pour divers paramètres

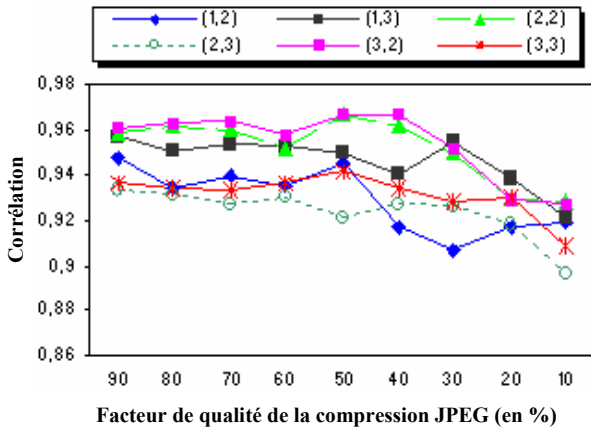


Figure 5 – Etude de la robustesse face à la compression JPEG pour divers paramètres

3.2 Etude comparative

Pour évaluer la méthode, nous avons effectué des comparaisons avec des méthodes de référence « non-aveugles ». Les méthodes testées sont des méthodes additives consistant à ajouter principalement un bruit à l'image. L'incrustation de la signature ainsi générée est

faite dans le domaine transformé de l'image : sur les coefficients DCT perceptuellement significatives de l'image pour Cox et col.[5], sur les coefficients DWT supérieurs à un certain seuil pour Wang et col.[6] et Kim et col.[7] et sur tous les coefficients DWT de la sous-bande LL pour Corvi et col.[8]. Les tests de robustesse ont été élaborés essentiellement pour cinq attaques simples : filtrage médian, égalisation d'histogramme, ajout d'un bruit poivre et sel, ajout d'un bruit gaussien de 35 dB, compression JPEG et pour l'attaque de coupe à 60% de l'image originale (figure 6-a). Les résultats expérimentaux ainsi présentés ont été obtenus pour l'image de test Lena 256x256 (figure 6-b) et pour un message inséré de 119 bits. La qualité des méthodes est évaluée par la similarité entre

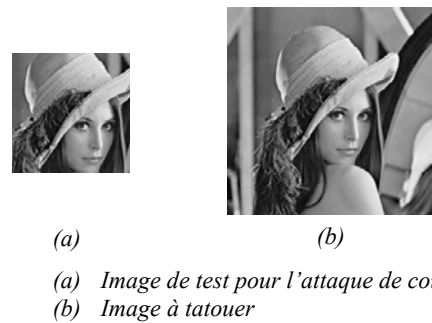


Figure 6 – Image de test

la marque originale et la marque extraite définie comme suit :

$$corr(X, X') = \frac{X \cdot X'}{\sqrt{X' \cdot X}}$$

où X est la marque originale et X' la marque extraite.

Le tableau 1 précise le PSNR (Peak signal to Noise ratio) choisi pour chaque méthode. Pour ces valeurs, aucune dégradation visuelle après tatouage n'a été constatée.

| | Cox's method | Kim's method | Corvi's method | Wang's method | Proposed method |
|------|--------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|
| PSNR | 40 | 47 | 41 | 35 | 38 |

Tableau 1 – PSNR pour les différentes méthodes testées

Les figures 7, 8 et 9 présentent les variations du coefficient de corrélation entre la signature extraite et la signature originale pour les différentes méthodes testées et dans différentes conditions d'attaques. Les résultats ainsi obtenus mettent en évidence la robustesse de notre approche et fournissent des résultats encourageants par rapport aux autres méthodes testées. Toutefois, le choix arbitraire du PSNR influe sur ces résultats. Une comparaison des méthodes en fonction du PSNR est illustrée dans la figure 10 pour le cas de la compression JPEG de facteur de qualité 50%.

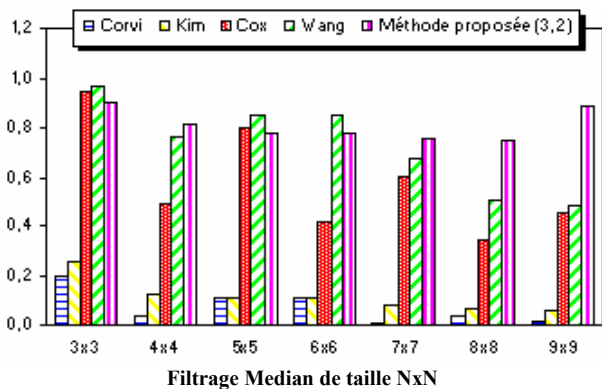


Figure 7 – Etude de la robustesse face au filtrage median pour divers algorithmes

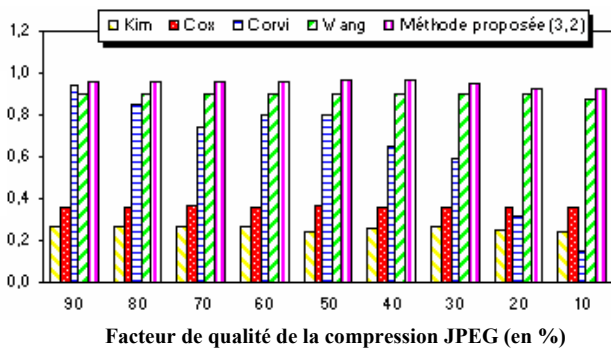


Figure 8 – Etude de la robustesse face à la compression JPEG pour divers algorithmes

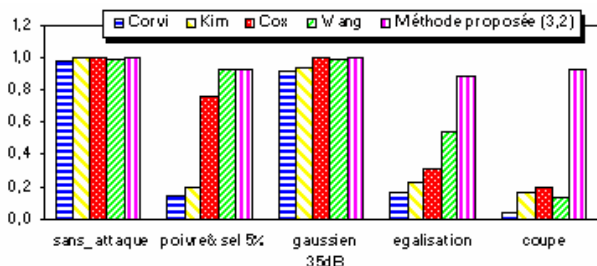


Figure 9 – Etude de la robustesse face à différentes attaques pour divers algorithmes

4. Conclusion

Cet article présente une méthode de tatouage innovante basée sur la technique de pyramides de filtres orientables. De nombreux tests ont permis de mettre en évidence les avantages de cette méthode, en particulier sa robustesse face à des attaques simples (non malveillantes). Il s'agit d'un travail préliminaire et des améliorations sont en cours d'étude, par exemple, pour automatiser le choix des différents paramètres (puissance de la marque, nombre de

directions, nombre d'échelles,...), choisir les bandes les mieux adaptées pour l'insertion de la marque signature et évoluer vers une méthode aveugle.

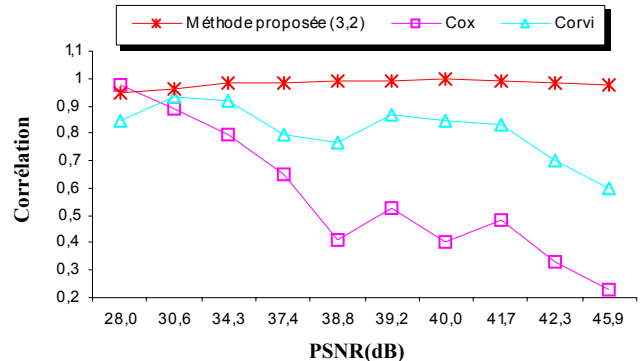


Figure 10 – Etude de la robustesse face à la compression JPEG 50% en fonction du PSNR

Références

- [1] Ross J. Anderson and Fabien A. P. Petitcolas, Information hiding an annotated bibliography, 1999.
- [2] W. T. Freeman, E. H. Adelson, The design and use of steerable filters, IEEE vol. 13, no. 9, pp. 891-906, September, 1991.
- [3] K. R. Castleman, M. Schulze, Q. Wu, Simplified design of steerable pyramid filters, ISCAS'98, Monterey, California, May 31-June 3, 1998.
- [4] Q. Wu, M. A. Schulze, K. R. Castleman, Steerable Pyramid Filters for Selective Image Enhancement Applications, ISCAS '98, 1998.
- [5] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. G. Shamoan, Scure spread spectrum watermarking for multimedia; In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, ICIP'96, pages 243-246, Lausanne, Switzerland, September 1996, IEEE Press
- [6] H. Wang, P.C. Su, C. C. J. Kuo Wavelet-based digital image watermarking Optics Express, 3(12):497, Décembre 1998
- [7] Y. S. Kim, O. H. Park, wavelet based watermarking method for digital images using the human visual system, Electronic Letters, 35(6):466-467, Juin 1999
- [8] M. Corvi, G. Nicchiotti, Wavelet-based image watermarking for copyright protection. In Scandinavian Conference on Image Analysis, SCIA'97, Lappeenranta, Finland, Juin 1997.