



Majeure IMI — Partie 3 — 5ETI

Compression et techniques avancées en image

Tatouage d'images

Eric Van Reeth CPE/CREATIS

Bureau B126A eric.van-reeth@cpe.fr



Diffusion de l'information numérique

- Contrôler la diffusion des images (reproduction, altération)
- Protection des droits liés à ces images (propriété)

Principe du tatouage

Ajout d'une **information inséparable du contenu** de l'image

Objectif du tatouage

Identification du propriétaire, du copyright

Authentification de l'image

Contrôle de la diffusion (collecte de royalties)

Identifier clairement l'appartenance

En général superposé au contenu de l'image



Tiré de [1]. En haut : le tatouage inséré. Bas gauche : l'image tatouée avec $\alpha = 0.3$.
Bas droite : différence entre l'image originale et l'image tatouée

Principe d'insertion

$$I_T = (1 - \alpha)I + \alpha T$$

avec T le tatouage inséré dans I pour produire l'image tatouée I_T
 α contrôle la visibilité relative du tatouage ($0 < \alpha \leq 1$ en général)

Note : sans T ni α , on ne peut pas retrouver I

Pas d'altération visible du contenu de l'image

Deux familles à distinguer

Tatouage **fragile** : détruit lors de la moindre modification apportée à l'image → utile pour l'authentification

Tatouage **robuste** : persiste malgré des "attaques" visant à retirer le tatouage → utile pour encoder la propriété

Utilisation des bits de poids faibles

Soit I une image codée sur 8 bits

Soit T un tatouage codé sur 8 bits

Hypothèse : les 2 bits de poids faible n'ont pas d'impact sur notre perception de l'image



On peut donc les utiliser pour encoder le tatouage via la formule suivante :

$$I_T = 4 \left\lfloor \frac{I}{4} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{T}{64} \right\rfloor$$



Détails de l'insertion du tatouage

La division puis la multiplication par 4 de I permet de sous-quantifier l'image d'un facteur 4

Seuls 6 bits sont nécessaires pour l'encodage

→ Mise à 0 des 2 bits de poids les plus faibles :

0 0 0 0 0 0 0 0	→ 0	0 0 0 0 0 1 0 1	→ 5
0 0 0 0 0 0 0 1	→ 1	0 0 0 0 0 1 1 0	→ 6
0 0 0 0 0 0 1 0	→ 2	0 0 0 0 0 1 1 1	→ 7
0 0 0 0 0 0 1 1	→ 3	0 0 0 0 1 0 0 0	→ 8
0 0 0 0 0 1 0 0	→ 4	0 0 0 0 1 0 0 1	→ 9

Détails de l'insertion du tatouage

La division par 64 de T permet de sous-quantifier le tatouage d'un facteur 64

Seuls 4 niveaux de gris sont disponibles pour quantifier le tatouage

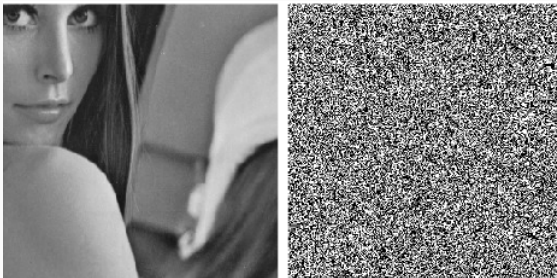
→ Utilisation exclusive des 2 bits de poids les plus faibles

Exemple de résultat



Tiré de [1]. Gauche : Image tatouée. Droite : tatouage obtenu en annulant les 6 bits de poids les plus forts de l'image de gauche

Illustration de la fragilité



Tiré de [1]. Gauche : Image tatouée compressée puis décompressée (JPEG). Droite : tatouage obtenu en annulant les 6 bits de poids les plus forts de l'image de gauche

Objectif

Préserver l'intégrité du tatouage après altération de l'image (attaque)

Types d'attaques (volontaires ou non) :

- Ajout de bruit ou d'un autre tatouage
- Impression puis scan
- Compression, rotation, recadrage, filtrage, interpolation

Principe d'insertion

L'insertion d'un tatouage robuste se fait dans le domaine spatial ou dans un autre domaine (Fourier, ondelettes, DCT)

Prenons l'exemple de l'insertion d'un tatouage sur les coefficients de la DCT

Insertion dans le domaine de la DCT

1. Calcul de la DCT 2D de l'image à tatouer

Insertion dans le domaine de la DCT

1. Calcul de la DCT 2D de l'image à tatouer
2. Tri des K coefficients de plus forte amplitude : c_1, c_2, \dots, c_K

Insertion dans le domaine de la DCT

1. Calcul de la DCT 2D de l'image à tatouer
2. Tri des K coefficients de plus forte amplitude : c_1, c_2, \dots, c_K
3. Génération du tatouage en créant un vecteur aléatoire de K valeurs : t_1, t_2, \dots, t_K

Insertion dans le domaine de la DCT

1. Calcul de la DCT 2D de l'image à tatouer
2. Tri des K coefficients de plus forte amplitude : c_1, c_2, \dots, c_K
3. Génération du tatouage en créant un vecteur aléatoire de K valeurs : t_1, t_2, \dots, t_K
4. Insertion du tatouage dans les K coefficients de plus forte amplitude pour créer un nouveau vecteur de coefficients c' tel que : $c'_i = c_i \cdot (1 + \alpha t_i)$ avec $\alpha > 0$ et $i = 1, \dots, K$

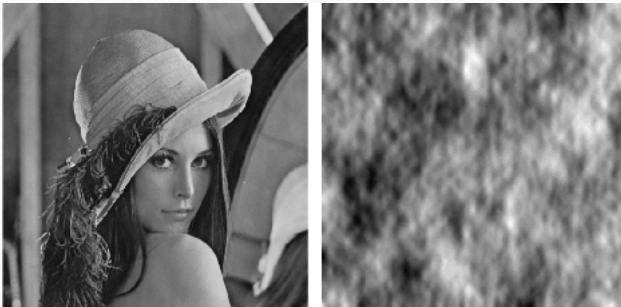
Insertion dans le domaine de la DCT

1. Calcul de la DCT 2D de l'image à tatouer
2. Tri des K coefficients de plus forte amplitude : c_1, c_2, \dots, c_K
3. Génération du tatouage en créant un vecteur aléatoire de K valeurs : t_1, t_2, \dots, t_K
4. Insertion du tatouage dans les K coefficients de plus forte amplitude pour créer un nouveau vecteur de coefficients c' tel que : $c'_i = c_i \cdot (1 + \alpha t_i)$ avec $\alpha > 0$ et $i = 1, \dots, K$
5. Calcul de la DCT inverse à partir des coefficients c'_i (avec $c'_i = c_i$ pour $i > K$) pour obtenir l'image tatouée



Tatouage invisible robuste

Exemple



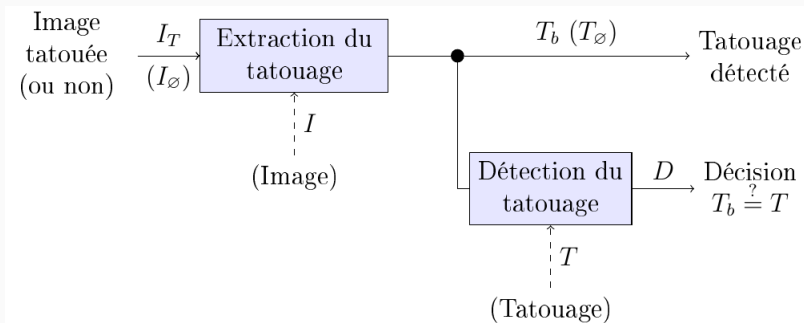
Tiré de [1]. Gauche : Image tatouée. Insertion du tatouage dans les ($K = 1000$) coefficients de plus forte amplitude de la DCT ($\alpha = 0.1$). Droite : Différence entre l'image tatouée et l'originale (projetée sur l'intervalle d'intensité $[0, 255]$).

Bon niveau de sécurité du tatouage inséré

- ✓ la génération du tatouage à partir de valeurs aléatoires permet d'obtenir un tatouage peu structuré
- ✓ le tatouage se répartit spatialement dans toute l'image
- ✓ le tatouage étant inséré dans les coefficients DCT de plus forte amplitude, une attaque contre le tatouage affectera forcément le contenu principal de l'image (et ne permettra donc pas sa réutilisation).

Extraction et détection du tatouage

Principe



Les pointillés indiquent qu'il n'est pas toujours nécessaire de fournir I et/ou T pour extraire T (système privé vs. public)

Principe de la détection

Le décodeur doit être capable de détecter la présence de T , à partir d'images pouvant contenir T , un autre tatouage, ou aucun tatouage (I_\emptyset)

Le tatouage extrait (T_b) est corrélé à T afin de déterminer leur niveau de ressemblance

Au delà d'un seuil de similarité fixé, la décision finale permet de conclure quant à la présence ou non de T dans l'image

Calcul de corrélation

La mesure de similarité entre 2 tatouages peut se faire via le calcul du coefficient de corrélation :

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^K (\hat{t}_i - \bar{\hat{t}})(t_i - \bar{t})}{\sqrt{\sum_{i=1}^K (\hat{t}_i - \bar{\hat{t}})^2 \cdot \sum_{i=1}^K (t_i - \bar{t})^2}} \quad \text{pour } 1 \leq i \leq K$$

où t désigne le tatouage inséré connu, \hat{t} le tatouage extrait, et \bar{t} et $\bar{\hat{t}}$ leurs valeurs moyennes respectives

Exemples d'attaque



Tiré de [1]. Coefficients de corrélation calculés sur des images ayant subi différentes attaques. Haut gauche: compression/décompression JPEG avec perte (facteur 7). Haut centre : compression/décompression JPEG avec perte (facteur 10). Haut droite : lissage spatial. Bas gauche : Ajout de bruit gaussien. Bas centre : égalisation d'histogramme. Bas droite : rotation.



R. C. Gonzalez and R. E. Woods.

Digital Image Processing.

Pearson/Prentice Hall, NY, 4th edition, 2018.