

Table des matières

Préface de Gildas Avoine	1
Gildas AVOINE	
Préface de Cédric Richard	3
Cédric RICHARD	
Avant-propos	5
William PUECH	
Chapitre 1. Comment reconstruire l’histoire d’une image digitale, et de ses altérations ?	9
Quentin BAMMEY, Miguel COLOM, Thibaud EHRET, Marina GARDELLA, Rafael GROMPONE, Jean-Michel MOREL, Tina NIKOUKHAH et Denis PERRAUD	
1.1. Introduction	10
1.1.1. Contexte général	10
1.1.2. Contexte criminel	11
1.1.3. Enjeux pour les forces de l’ordre	12
1.1.4. Les méthodes et outils actuels des forces de l’ordre	13
1.1.5. Plan de ce chapitre	13
1.2. Description de la chaîne de traitement d’une image	15
1.2.1. Acquisition d’images brutes	15
1.2.2. Démosaïquage	15
1.2.3. Balance des blancs	17
1.2.4. Correction gamma	17
1.2.5. Compression JPEG	18
1.3. Les traces laissées sur le bruit par les manipulations d’image	20
1.3.1. Estimation non paramétrique du bruit présent dans une image	20
1.3.2. Les avatars du bruit dans la chaîne de traitement	20

1.3.3. Détection de falsification par l'analyse du bruit	25
1.4. Le démosaïquage et ses traces	29
1.4.1. Comment détecter des falsifications avec le démosaïquage ?	29
1.4.2. Détection de la position de la matrice de Bayer	31
1.4.3. Limites de la détection du démosaïquage	33
1.5. La compression JPEG, ses traces, la détection de ses altérations	34
1.5.1. L'algorithme de compression JPEG	34
1.5.2. Détection de la grille	35
1.5.3. Détection de la matrice de quantification	38
1.5.4. Au-delà des révéléteurs, prendre des décisions avec un modèle statistique	40
1.6. Le cas d'une trop grande similarité : les manipulations internes	42
1.7. La détection directe de manipulations d'images	44
1.8. Conclusion	46
1.9. Bibliographie	46

Chapitre 2. Attaques et défenses de réseaux de neurones profonds : le cas de la classification d'images

51

Hanwei ZHANG, Teddy FURON, Laurent AMSALEG et Yannis AVRITHIS

2.1. Introduction	51
2.1.1. Un peu d'histoire et de vocabulaire	52
2.1.2. L'apprentissage automatique	54
2.1.3. La classification d'images par réseaux de neurones profonds	56
2.1.4. <i>Deep Dreams</i>	58
2.2. Images adverses : définition	59
2.3. Les attaques : fabriquer des images adverses	61
2.3.1. En boîte blanche	62
2.3.2. En boîte noire ou grise	72
2.4. Les défenses	74
2.4.1. Défenses réactives	75
2.4.2. Défenses proactives	76
2.4.3. Technique d'offuscation	78
2.4.4. Défenses : conclusion	78
2.5. Conclusion	79
2.6. Bibliographie	79

Chapitre 3. Codes et tatouages

87

Pascal LEFÈVRE, Philippe CARRÉ et Philippe GABORIT

3.1. Introduction	87
3.2. Cadre d'étude : tatouage robuste	88
3.3. Modulation d'index	91
3.3.1. LQIM : insertion	91

3.3.2. LQIM : détection	92
3.4. Approche codes correcteurs	94
3.4.1. Généralités	94
3.4.2. Les codes par concaténation	96
3.4.3. Codes de Hamming	98
3.4.4. Codes Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH)	100
3.4.5. Codes Reed-Solomon (RS)	102
3.5. Les objectifs contradictoires du tatouage : l'impact des codes	105
3.6. État de l'art de l'utilisation des codes correcteurs pour le tatouage	108
3.7. Illustration de l'influence du type de code selon les attaques	110
3.7.1. Compression JPEG	112
3.7.2. Bruit additif gaussien	115
3.7.3. Saturation	115
3.8. Utilisation de la métrique rang	117
3.8.1. Codes correcteurs en métrique rang	118
3.8.2. Code par métrique rang : une méthode de tatouage robuste au découpage d'image	122
3.9. Conclusion	130
3.10. Bibliographie	131

Chapitre 4. Invisibilité 137

Pascal LEFÈVRE, Philippe CARRÉ et David ALLEYSSON

4.1. Introduction	137
4.2. Tatouage couleur : une histoire d'axe ?	139
4.2.1. Quantification vectorielle dans l'espace RGB	140
4.2.2. Choix d'une direction couleur	141
4.3. Contexte quaternionique pour le tatouage d'images couleur	143
4.3.1. Quaternions et images couleur	143
4.3.2. Transformées de Fourier quaternioniques	145
4.4. Approche psychovisuelle du tatouage couleur	148
4.4.1. Neurogéométrie et perception	148
4.4.2. Modèle des photorécepteurs et vision trichromatique	150
4.4.3. Approximation du modèle	153
4.4.4. Paramètres du modèle	154
4.4.5. Application au tatouage des images couleur	155
4.4.6. Conversions	156
4.4.7. Algorithme psychovisuel pour les images couleur	157
4.4.8. Validation expérimentale de l'approche psychovisuelle pour le tatouage couleur	160
4.5. Conclusion	166
4.6. Bibliographie	167

Chapitre 5. Stéganographie : insertion d'informations dans des contenus multimédias	171
Patrick BAS, Rémi COGRANNE et Marc CHAUMONT	
5.1. Introduction et fondements théoriques	172
5.2. Principes fondamentaux	173
5.2.1. Maximisation de la taille du message inséré	174
5.2.2. Codage du message	175
5.2.3. Minimisation de la détectabilité	176
5.3. Stéganographie d'images numériques : méthodes de base	178
5.3.1. Substitution et correspondance LSB	178
5.3.2. Méthodes d'insertion adaptatives	180
5.4. Principes avancés en stéganographie	183
5.4.1. Synchronisation des modifications	183
5.4.2. Stéganographie groupée	186
5.4.3. Stéganographie d'images couleur	187
5.4.4. Utilisation de l'information adjacente	189
5.4.5. Stéganographie mimant un modèle statistique	191
5.4.6. Stéganographie adverse	194
5.5. Conclusion	197
5.6. Bibliographie	198
Chapitre 6. Traçage de traîtres	201
Teddy FURON	
6.1. Introduction	201
6.1.1. L'apport de la communauté cryptographique	202
6.1.2. Le contenu multimédia	203
6.1.3. Les probabilités d'erreurs	204
6.1.4. La stratégie de la collusion	204
6.2. Le code de Tardos original	206
6.2.1. La construction du code	206
6.2.2. La stratégie de la collusion et son impact sur la séquence pirate	207
6.2.3. L'accusation avec un décodeur simple	210
6.2.4. Étude du code de Tardos-Škorić original	211
6.2.5. Les avantages	214
6.2.6. Les défauts	216
6.3. Tardos et ses successeurs	217
6.3.1. La longueur du code	217
6.3.2. Autres critères	217
6.3.3. Extensions	219
6.4. La recherche de meilleures fonctions de score	221
6.4.1. La fonction de score optimale	221
6.4.2. La théorie du canal de communication composite	222

6.4.3. Les fonctions de score adaptatives	223
6.4.4. Comparaison	225
6.5. Comment trouver un meilleur seuil ?	226
6.6. Conclusion	228
6.7. Bibliographie	228

Chapitre 7. Tatouage 3D 231

Sébastien BEUGNON, Vincent ITIER et William PUECH

7.1. Introduction	232
7.2. Préliminaires	233
7.2.1. Tatouage numérique	233
7.2.2. Objets 3D	234
7.3. Synchronisation	236
7.3.1. Ordonnancement par traversée	236
7.3.2. Ordonnancement de patches	237
7.3.3. Ordonnancement basé sur les graphes	237
7.4. Insertion de données cachées 3D	243
7.4.1. Domaines transformés	244
7.4.2. Domaine spatial	244
7.4.3. Autres domaines	246
7.5. Présentation d'une méthode d'IDC haute capacité	246
7.5.1. Insertion du message	247
7.5.2. Problème de causalité	248
7.6. Améliorations	249
7.6.1. Code correcteur d'erreurs	249
7.6.2. Codage arithmétique statistique	249
7.6.3. Partitionnement et structures d'accélération	250
7.7. Résultats expérimentaux	251
7.8. Les tendances de l'IDC 3D de haute capacité	254
7.8.1. Stéganalyse	254
7.8.2. Analyse de la sécurité	254
7.8.3. Impression 3D	255
7.9. Conclusion	255
7.10. Bibliographie	256

Chapitre 8. Stéganalyse : détection d'information cachée dans des contenus multimédias 261

Rémi COGRANNE, Marc CHAUMONT et Patrick BAS

8.1. Introduction, enjeux et contraintes	261
8.1.1. Les différents objectifs de la stéganalyse	262
8.1.2. Les différentes méthodes pour faire de la stéganalyse	263
8.2. Détection par signature incompatible	264

- 8.3. Détection par méthodes statistiques 266
 - 8.3.1. Test statistique du χ^2 266
 - 8.3.2. Test du rapport de vraisemblance 270
 - 8.3.3. Détection de correspondance de LSB 276
- 8.4. Détection par apprentissage supervisé 278
 - 8.4.1. Extraction de caractéristiques dans le domaine spatial 279
 - 8.4.2. Classification des caractéristiques 283
- 8.5. Détection par réseaux de neurones profonds 285
 - 8.5.1. Les briques de base d'un réseau de neurones profond 286
 - 8.5.2. Le module de préprocessing 287
- 8.6. Pistes de recherches actuelles 294
 - 8.6.1. Le problème du *Cover-Source Mismatch* 294
 - 8.6.2. Le problème de la stéganalyse en conditions réelles 295
 - 8.6.3. La stéganalyse fiable 295
 - 8.6.4. La stéganalyse d'images couleur 296
 - 8.6.5. Prise en compte de l'adaptativité de la stéganographie 297
 - 8.6.6. La stéganalyse groupée (par lot) 297
 - 8.6.7. La stéganalyse universelle 298
- 8.7. Conclusion 299
- 8.8. Bibliographie 299

Liste des auteurs 305

Index 307

Sommaire de *Sécurité multimédia 2* 311