

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en referencia a la eficiencia en la detección de los diferentes algoritmos cuando se procesan imágenes modificadas según los diferentes y variados ataques estudiados, podemos puntualizar las siguientes conclusiones.

En primer lugar, observar la mejora sustancial del marcado de imágenes en los dominios transformados DCT y DWT frente a la posibilidad emplear el dominio espacial de las imágenes, no sólo por la máscara perceptual implícitamente utilizada, que nos permite conseguir la invisibilidad de la marca de agua de forma más directa, sino por la clara mejora en la robustez frente a los diferentes ataques. Las únicas ventajas de la inserción de marcas de agua en dominios espaciales de imágenes vienen representadas por la simpleza de la técnica y por el reducido tiempo de computación que requieren, fundamentalmente.

Otra observación importante puede ser el hecho de que los dominios de representación de las imágenes usados para insertar las marcas de agua presentan excelentes características de robustez frente a ataques que tratan de eliminar las componentes menos significativas de las imágenes, como los diferentes filtrados paso bajo empleados y la compresión JPEG, observándose detección incluso en imágenes comprimidas con factores de calidad extremadamente bajos. Sin embargo, los resultados obtenidos frente a ataques de rotación y de desplazamiento lineal asimétrico de los ejes de la imagen, muestran el punto débil de las técnicas de watermarking empleadas. Tampoco los resultados obtenidos frente al ataque conocido como Stirmark que introduce distorsiones aleatorias en la imagen son muy alentadores, aunque se deduce una clara dependencia entre la eficiencia de este ataque con las características de la imagen a la que se aplica, pues, en nuestro caso, una de las imágenes empleadas presenta claras ventajas frente a este tipo de ataque.

Además los resultados obtenidos según los dos métodos de detección de marca de agua empleados, mediante sustracción directa de la imagen original a la atacada y mediante ICA, son muy similares, no observándose ninguna tendencia de superioridad, en general.

Los algoritmos implementados también presentan excelente respuesta frente a ataques de eliminación o borrado simétrico/asimétrico de filas y/o columnas en la imagen, escalado y cortado (con preprocesado previo a la detección).

Otro resultado importante consiste en la mejora sustancial en cuanto a robustez obtenida cuando se emplean técnicas de espectro expandido para insertar la marca de agua en la imagen, observándose elevadas probabilidades de detección frente a una gran variedad de ataques con probabilidades de error de bits nulas en las estimaciones e inapreciables porcentajes de falsas alarmas.

En suma, se observa que las técnicas de sellado invisibles con marcas de agua implementadas en los dominios transformados DCT y DWT presentan, en general, buenas características de transparencia, robustez y eficiencia en tiempo de computación, tres cualidades importantes que las hacen competitivas.

PROPUESTA DE MEJORAS

Tratar de enumerar posibles mejoras resultaría tarea vana, puesto que no existen herramientas perfectas y todo es, siempre, mejorable. Sin embargo anotamos aquí algunas ideas que pueden plantearse para futuros proyectos.

En primer lugar podrían tratarse desarrollar algoritmos que mejoren la respuesta frente a ataque del tipo rotación mediante el uso de dominios de representación invariantes, como podría ser la transformada de Fourier Mellin, invariante al escalado, traslación y rotación y que básicamente consiste en la transformada de Fourier pero representada en un sistema log-polar. Aunque esta solución haría de la técnica empleada, quizás, poco versátil, por lo que también podría ser de utilidad desarrollar mecanismos que nos permitan detectar el movimiento que ha podido sufrir la imagen, para invertirlo previamente a la detección, mediante la inserción de ciertos patrones en posiciones conocidas de la imagen y posterior estudio de las modificaciones provocadas, mediante la observación del cambio en su localización.

Otra propuesta puede ser el uso de receptores con memoria, que puedan determinar las modificaciones sufridas en el sello mediante la observación de las acaecidas en una secuencia de entrenamiento (con propiedades similares a las de la marca de agua real) conocida y entrelazada con la marca de agua en

bloques de determinados tamaños. De esta manera podrían estimarse las variaciones sufridas por los diferentes bloques o partes de la imagen, en caso de ser modificadas mediante ataques del tipo stirmark, por ejemplo.

Como última idea se propone el desarrollo y modelado de bancos de prueba que permitan analizar y/o conocer las características de robustez de técnicas de watermarking en general, de forma que aporten medidas normalizadas que permitan establecer comparaciones entre diferentes mecanismos de sellado invisible de imágenes con marcas de agua.