

Aplicación del filtro de Canny en la esteganografía digital.

Ing. Gustavo Rodríguez Medina¹, Mg. Ing. G. Sergio Navas², Mg. Ing. Jorge Eterovic³

Gabinete de Computación / Fac. de Ingeniería / Univ. Nacional de San Juan ^{1,2}

Av. Libertador Gral. San Martín 1109 (oeste) – San Juan
0264 – 4211700 (Int. 285¹ / 435²)

Escuela de Posgrado / Univ. Nacional de la Matanza ³

Moreno 1623 - 1 ° piso, Ciudad Autónoma de Buenos Aires ³
011 – 4331-9816/17

grodriguez_sanjuan@yahoo.com.ar ¹, snavas@unsj.edu.ar ², eterovic@unlam.edu.ar ³

Resumen

Los métodos de sustitución, variantes de LSB, utilizados en esteganografía sobre imágenes bitmap, incrementan su efectividad en la medida que el portador es más ruidoso, esto es, imágenes con fuertes variaciones de color entre píxeles adyacentes disminuyen el umbral de perceptibilidad visual humana para captar alteraciones. La información sensible puede así ocultarse con notable mayor eficacia y eficiencia (en términos de perceptibilidad y cantidad).

Precisamente a tales efectos, en un trabajo sobre esteganografía, anterior a éste, los portadores testigo necesarios y utilizados fueron clasificados en cuatro grupos, según su nivel de ruido, obteniéndose lo que se llamó *Categoría de Imagen* [1]. Sin embargo cuantificar con razonable certeza tal propiedad en una imagen, por métodos de análisis, resulta ser una tarea costosa, requiriéndose herramientas de apoyo, emulaciones esteganográficas,

mediciones de perceptibilidad, experiencia previa, etc.

En el marco del actual trabajo I+D sobre esteganografía, se pudo categorizar análogamente una imagen cualesquiera, pero sin intervención humana. Se expone aquí cómo se sistematizó dicho proceso, detectando intervalos de nivel de ruido que fueron asignados a la *Categoría de Imagen*, ello fue realizado mediante la utilización de filtros de Canny y posterior ponderación de la imagen obtenida.

Tal propuesta trae aparejada una notable ventaja a la hora de implementar sistemas de esteganografía por sustitución.

Palabras clave:

Esteganografía, Perceptibilidad visual, Filtro de Canny, Sustitución LSB.

Contexto

El trabajo presentado es uno de los temas desarrollados en el marco de la tesis “*Estudio, análisis, desarrollo y propues-*

tas de algoritmos para la selección óptima de métodos de sustitución en aplicaciones esteganográficas”, para la Maestría en Informática de la UNLaM, bajo la dirección de docentes/investigadores de la Univ. Nacional de la Matanza y de la Univ. Nacional de San Juan.

Introducción

Como es sabido, en la esteganografía digital [2] se estudian, investigan, analizan e implementan técnicas que permiten el ocultamiento de información u objetos software en otros objetos, denominados portadores, con el fin de ser enviados desde un emisor hacia un receptor, a efectos de lograr una transmisión encubierta. La idea básica es enviar información sensible o secreta embebida en un portador de apariencia inocente, y que pase desapercibido el hecho mismo de la propia transmisión.

Actualmente hay otros objetivos y propósitos en la aplicación de esteganografía, que no necesariamente implican “comunicación encubierta”, sin embargo ésa, y la guarda de información oculta, es una de las áreas de mayor aplicación y es en la que se enfoca el presente trabajo.

Debido a la limitación impuesta, de 5 páginas para esta presentación, no se tratará en detalle el tema específico de esteganografía, sus métodos, su implementación, su estado de arte, el preproceso del mensaje, etc. Pero sí se mencionará lo estrictamente necesario para la comprensión del trabajo propiamente dicho, que representa una notable mejora automatizada de aplicación directa a la esteganografía orientada a comunicación (y/o guarda) encubierta.

Los portadores preferidos derivan de la eficacia de las técnicas que aprovechan las limitaciones de los sentidos humanos (vista y oído), surgiendo de inmediato que los archivos más aptos son los del tipo

multimedial: imágenes, audio y video; aunque no son excluyentes, depende de la técnica aplicada [1] [2] [3]. Entre ellos, el presente trabajo se orienta a la utilización de portadores imagen bitmap en formato BMP de 24 bits.

En síntesis, un portador imagen puede ser utilizado para ocultar, a la vista de intrusos, cualquier mensaje u objeto software (archivo), codificándolo como sutiles cambios en los colores de los píxeles (sus componentes RGB) que no deben ser percibidos por el ojo humano; de tal forma que el mensaje embebido en el portador, llamado estegoportador, pueda ser transmitido, a un objetivo humano, sin que sea detectado el hecho; para luego aplicar el proceso inverso (decodificación) de modo que el receptor pueda recuperar y disponer del mensaje enviado.

Otros métodos esteganográficos sacan provecho de la incapacidad de aplicaciones software para detectar la presencia de objetos extraños (archivos) “insertos” en portadores [1]. Tales métodos, en que si bien pueden utilizar cualquier tipo de portador (incluso ejecutables), poseen debilidades que los ponen muy en desventaja frente a las técnicas de sustitución.

La Fig. 1 muestra un esquema general del sistema de esteganografiado.

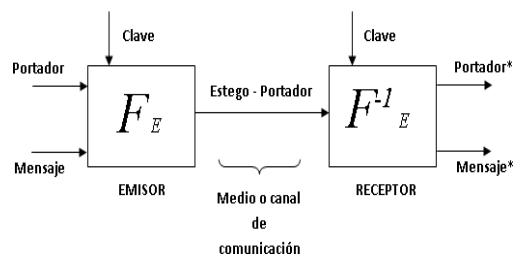


Figura 1. Modelo general de un sistema de Esteganografía Digital.

Métodos de Sustitución sobre imágenes

En general, cualquier archivo multimedia contiene áreas donde los datos son poco significativos, dicese: “poco percep-

tibles a los sentidos”. En esas aéreas se pueden sustituir por otros datos, realizando cambios que no sean detectados, en particular, en este caso, por la vista [2]. Esto permite encubrir información de interés dentro de un archivo portador, haciendo que el mismo *parezca* igual al original.

Los métodos de sustitución consisten, básicamente, en utilizar los bits menos significativos de los bytes componentes de color del portador (RGB) para sustituirlos por bits correspondientes a un mensaje a encubrir.

La técnica más conocida y utilizada es la llamada LSB¹ de 1 bit, que se basa en usar el bit menos significativo de cada byte del portador, sustituyéndolo por bits correspondientes al mensaje. La imagen resultante del proceso (estegoportador) sufre cambios respecto a la original que son realmente *imperceptibles* para el ojo humano, si el portador no es una imagen de color plano (o único).

Una de las desventajas del citado método es su limitada capacidad: sólo hasta un 12,5% de la imagen puede dedicarse a “mensaje”. Tal límite comienza a incrementarse si se utilizan variantes de la técnica base LSB, las que hagan uso de más de 1 bit por byte del portador. Así por ejemplo, es posible utilizar los dos bits menos significativos de cada byte (cada canal de color), obteniéndose una capacidad del doble (25%), pero en detrimento de la perceptibilidad.

En el trabajo base citado en [1], pormenorizadamente se estudiaron, ponderaron y midieron los efectos de estos procesos, catalogando 4 niveles admisibles de perceptibilidad, que varían en función de *la cantidad de bits sustituidos y de la Categoría de Imagen*. Es así que, según se probó en ese estudio, el uso de 2 bits en lugar de 1 (menos significativo), **eleva** en

una unidad el nivel de la perceptibilidad, la cual es aún considerada muy admisible, a efectos prácticos, pero las alteraciones resultan perceptibles, si se usan herramientas de zoom y enfoque para localizarlas (aunque sólo contrastándola con la imagen original). Sin embargo, si a su vez se elevara en uno el nivel de la *Categoría de Imagen* utilizada, resultaría que la perceptibilidad **retorna** a su valor menor.

Este último punto ejemplificado muestra la clave que justifica el presente tratado. Se dice pues, de modo simple y sin cuantificar: “la esteganografía aplicada sobre un portador, es más efectiva cuanto mayor nivel de ruido contiene el mismo”.

Para el caso de imágenes se entiende por más “ruidosas” aquellas que presentan mayor cantidad de cambios bruscos de color entre píxeles adyacentes. En situación intermedia se sitúan las imágenes con zonas uniformes, y en el extremo las de color plano (único), negadas para fines esteganográficos.

Categorización de portadores

En [1] se realizó un proceso metódico y controlado, empírico, sobre numerosas imágenes, utilizando herramientas de apoyo, emulaciones esteganográficas usando numerosas variantes LSB, midiendo la perceptibilidad, y contando con experiencia previa. Se logró seleccionar cuatro *imágenes testigo*, definiendo para ellas, con bastante certeza, cuatro *Categorías*, respectivamente, clasificadas por su nivel de ruido.

Surge ahora la necesidad de realizar el un proceso con análogos resultados al anterior, pero de forma sistematizada, de modo que pueda ser aplicable a cualquier portador, pero sin intervención humana; y así se pueda desarrollar software esteganográfico que por si mismo categorice el portador y en función de ello escoja el mejor método de sustitución a emplear de

¹ LSB (*Least Significant Bit*)

acuerdo a las “Reglas de Selección óptima de métodos de sustitución”©.

Categorización sistematizada

La aplicación de ciertos filtros a imágenes digitales permite la detección de discontinuidades, tales como puntos, líneas y bordes. La detección de bordes se considera [4] como el método más común para detectar discontinuidades significativas en los niveles de grises entre píxeles.

Los ToolBox de Matlab©, disponen de funciones para la detección de bordes, tal es el caso de la función “*edge*” [4].

Esta función resalta los bordes de la imagen, tomando como entrada una a escala de grises, y dando como resultado otra imagen, en blanco y negro, representando los bordes o discontinuidades.

La función *edge* de Matlab soporta seis diferentes filtros² de bordes: Método de *Sobel*, Método de *Prewitt*, Método de *Roberts*, Método del *Laplaciano*, Método de *Cruce por Cero* “*Zero-cross*” y el Método de *Canny* [5].

Se trata de cuantificar los resultados obtenidos a través de los diferentes filtros de bordes, a fin de encontrar alguna relación con los modelos de imágenes ya establecidas, las que se caracterizan como de categoría 1, 2, 3, y 4.

Además de la utilización de filtros de bordes, se debe cuantificar los resultados de las imágenes obtenidas, lo que se logra calculando la relación entre los píxeles de borde y el tamaño de la imagen (suma normalizada). Recordar que estos filtros proveen una imagen binaria, compuesta por unos y ceros. Al sumarse los unos, se están sumando los bordes, es decir las discontinuidades, o el ruido de la imagen.

² La referencia consultada trata a *Sobel*, *Prewitt*, *Roberts*, *Laplaciano*, *Zero-Cross* y *Canny* indistintamente como métodos, algoritmos o filtros.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Actualmente se está trabajando en el diseño de algoritmos para la aplicación de técnicas esteganográficas de Sustitución y variantes, a fin de implementar la aplicación de sus métodos de manera óptima.

Resulta ventajoso poder calcular por software el ordinal correspondiente a la Categoría del portador imagen, de esta manera la información sensible puede ocultarse con notable mayor eficacia y eficiencia, en términos de perceptibilidad y cantidad, adicionalmente aporta ventajas para cubrir la detectabilidad (resistencia a ataques de estegoanálisis).

La línea de investigación corresponde a la temática Esteganografía, enmarcada en el área de Seguridad Informática; se aportan desarrollos no disponibles, por tanto innovadores.

Resultados y Objetivos

Se han realizado diferentes pruebas a las cuatro imágenes testigo, correspondiente cada una a valores de Categorías diferentes, aplicando los filtros mencionados en un apartado anterior.

La categorización de las imágenes es creciente: 1, 2, 3, 4; de modo que se busca alguna relación o modelo lineal coherente con el cálculo de nivel de ruido.

De los resultados obtenidos se concluye que tres de los filtros no arrojan resultados relacionados a la escala creciente buscada, quedando descartados los algoritmos de *Sobel*, *Prewitt* y *Roberts*. Por otro lado, se aprecia que los filtros de *Laplaciano*, *Zero-Cross* y *Canny* si manifiestan la relación buscada. Pero, al tratar de validar los resultados obtenidos con varios portadores, se detectó que *Laplaciano* y *Zero-Cross*, en algunos casos, no

mantienen la relación con la escala de categorías, pero sí el Método de Canny.

PORTADOR	CAT.	PONDERACIÓN
Noelia.bmp	1	0,0633
Mariposa.bmp	2	0,0788
Caballo.bmp	3	0,1220
Pavo.bmp	4	0,1566

Tabla 1. Sumas normalizadas para cada portador testigo, utilizando el filtro de Canny.³

Por lo expuesto, se concluye que el indicado es el filtro de bordes usando el algoritmo de Canny para implementar la categorización de imágenes portadoras.

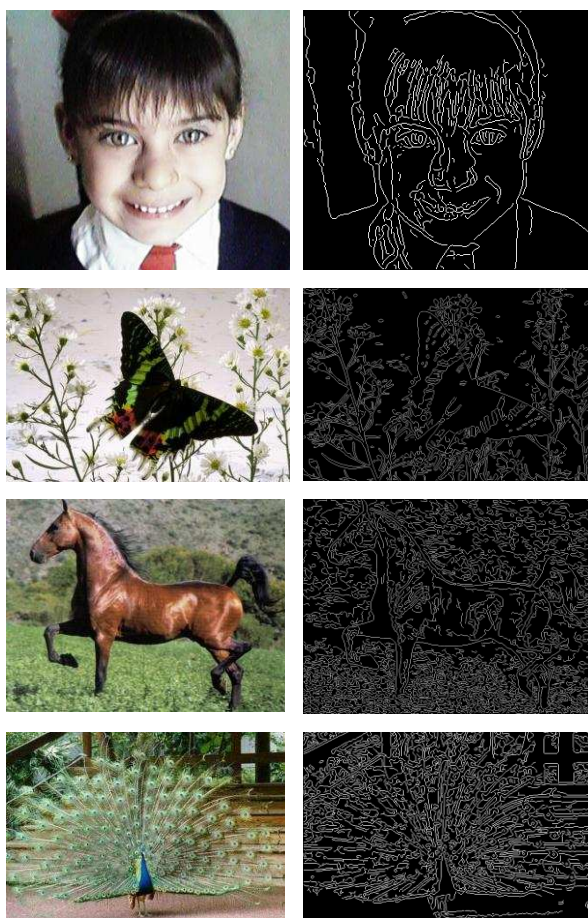


Figura 3. Portadores Testigo, Cat. 1,2,3,4 ; a la derecha su resultado luego del filtro de Canny.

³ La ponderación corresponde a un modelo lineal.

Determinación de rangos de categorías

Se determinaron los Rangos de valores que permiten la Categorización automática de una imagen, luego de haberle aplicado el filtro de Canny y la ponderación. Dichos Rangos se determinaron a través de diversas pruebas con las imágenes patrón o testigo, y luego el proceso fue testeado con otras a fin de comprobar su eficacia, obteniéndose resultados muy satisfactorios.

Los rangos obtenidos son representativos y proporcionales a la cantidad de bordes o cantidad de ruido de cada imagen.

CATEGORIA	RANGOS
CAT. 1	Inferior a 0,075
CAT. 2	0,075 – 0,099
CAT. 3	0,1 – 0,125
CAT. 4	Superior a 0,125

Tabla 2. Rangos para determinar categorías

Formación de Recursos Humanos

En la temática de Esteganografía se viene trabajando de forma conjunta entre ambas universidades citadas desde el año 2006.

En esa oportunidad el trabajo conjunto dio como resultado una Tesis de Maestría denominada “*Exploración de efectos esteganográficos sobre portadores imagen de mapa de bits utilizando diferentes técnicas y algoritmos*”.

En la actualidad se encuentra en fase de finalización y presentación otra Tesis de Maestría, cuyo título es “*Estudio, análisis, desarrollo y propuestas de algoritmos para la selección óptima de métodos de sustitución en aplicaciones esteganográficas*”.

Referencias

[1] G. S. Navas. Exploración de efectos Esteganográficos sobre portadores imagen de mapa de bits utilizando diferentes técnicas y algoritmos. Argentina. Univ. Nacional de la Matanza – Escuela de Posgrado. 2006.

[2] A. A. J. Altaay, S. B. Sahib, M. Zamani. An Introduction to Image Steganography Techniques [en línea]. Kuala Lumpur. Malaysia. IEEE ACSAT. Advanced Computer Science Applications and Technologies. Pag. 122 – 126. 2012. [Citado 02 Septiembre 2013].

Disponible en World Wide Web: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6516338>

[3] Ross J. Anderson, Fabien A. Petitcolas. On The Limits of Steganography [en línea]. United Kingdom. IEEE Journal of Selected Areas in Communications, 16(4):474-481, Mayo 1998. Special Issue on Copyright & Privacy Protection. ISSN 0733-8716. [Citado 10 Marzo 2013]. Disponible en World Wide Web: <http://www.cl.cam.ac.uk/~rja14/Papers/jsac98-limsteg.pdf>

[4] Procesamiento de Imágenes. Capítulo 5: Segmentación. Pag. 155 – 208. Material de cátedra, carrera de Ingeniería en Electrónica. Departamento de Electrónica y Automática. Facultad de Ingeniería. UNSJ. [Citado 1 Octubre 2013].

[5] J. A. Canny. Computational Approach To Edge Detection [en línea]. IEEE TPAMI. Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679–698. Noviembre 1986. [Citado 8 Octubre 2013]. Disponible en World Wide Web: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4767851>