

Anécdota acerca de cómo desarrollé el primer equipo de marca de agua en el mundo

Akihiro Hori

Universidad Nacional de Electrocomunicación,
Departamento de Ingeniería de Información y Comunicación.
1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo, 182-8585.
JAPÓN.

Recibido 13-05-2009, aceptado 06-01-2010.

Resumen

La marca de agua es una técnica en la cual se inserta una señal imperceptible dentro de materiales digitales, tales como músicas e imágenes. La señal de marca de agua puede ser un número de ID (datos de identificación) del propietario del material digital, la cual se usa principalmente para la protección de derechos de autor. En este artículo se presenta el primer equipo de marca de agua que se desarrolló para la compañía televisora de Japón en 1991. Desde esta fecha, dicho equipo se ha utilizado ampliamente, a tal grado que hasta marzo de 2010 había marcado más de diez mil programas de televisión durante sus cerca de 20 años de uso.

Palabras clave: marca de agua digital, protección de derecho de autor.

Abstract

(First Watermarking Equipment Developed for Japanese Broadcasting Company)

The watermarking is a technique, in which an imperceptible signal is embedded into the digital materials, such as music and images. The watermark signal can be an ID number of the owner of the digital material, and it is used for copyright protection principally. In this paper, first watermarking equipment, which was developed for Japanese broadcasting company in 1991, is presented. This equipment has been widely used, such that until the end of March, it has embedded more than ten thousand watermark signals into of TV program during the last 20 years.

Key words: digital watermarking, copyright protection.

Este artículo se editó originalmente en el segundo número del volumen catorce de 2010.

Anécdota acerca de cómo desarrollé el primer equipo de marca de agua en el mundo

Akihiro Hori

Departamento de Ingeniería de Información y Comunicación,
Universidad Nacional de Electro-Comunicación, Tokio.
JAPÓN.

Recibido el 13 de mayo de 2009; aceptado el 6 de enero de 2010.

1. Resumen

La marca de agua es una técnica en la cual se inserta una señal imperceptible dentro de materiales digitales, tales como músicas e imágenes. La señal de marca de agua puede ser un número de ID (datos de identificación) del propietario del material digital, la cual se usa principalmente para la protección de derechos de autor. En este artículo se presenta el primer equipo de marca de agua que se desarrolló para la compañía televisora de Japón en 1991. Desde esta fecha, dicho equipo se ha utilizado ampliamente, a tal grado que hasta marzo de 2010 había marcado más de diez mil programas de televisión durante sus cerca de 20 años de uso.

Palabras clave: marca de agua digital, protección de derecho de autor.

2. Abstract (First Watermarking Equipment Developed for Japanese Broadcasting Company)

The watermarking is a technique, in which an imperceptible signal is embedded into the digital materials, such as music and images. The watermark signal can be an ID number of the owner of the digital material, and it is used for copyright protection principally. In this paper, first watermarking equipment, which was developed for Japanese broadcasting company in 1991, is presented. This equipment has been widely used, such that until the end of March, it has embedded more than ten thousand watermark signals into of TV program during the last 20 years.

Key words: digital watermarking, copyright protection.

3. Introducción

La marca de agua es una técnica que inserta una señal imperceptible (invisible en caso de imágenes e inaudible en el caso de audio) dentro de materiales digitales, tales como imágenes, videos y audio. La señal de marca de agua puede ser un logotipo y un número de ID que utiliza principalmente para la protección de derechos de autor.

Hace aproximadamente 20 años, en 1991, desarrollé un equipo de marca de agua para proteger programas de televisión de una compañía televisora donde estaba trabajando. El equipo desarrollado había sido empleado hasta final de marzo de 2010, insertando señales de marca de agua dentro de más de diez mil programas de televisión. De mi conocimiento, podemos considerar que este equipo representa el primer equipo desarrollado para la inserción de marca de agua y la primera aplicación que utilizó esta tecnología en el mundo real durante más tiempo [1].

En este artículo se presenta una anécdota sobre el desarrollo del primer equipo de marca de agua desarrollado en el mundo describiendo la motivación y objetivo del desarrollo, el esquema de marca de agua desarrollado, así como los problemas que enfrentamos durante el desarrollo y las soluciones encontradas.

Al final de este artículo se describen las conclusiones a las que ha llegado, después de desarrollar el equipo práctico de marca de agua, así como algunas consideraciones sobre el futuro de la técnica de la marca de agua.

4. Motivación de desarrollo

En 1990, Nippon Television Network Corp (NTV), donde el autor estaba trabajando, fue la segunda compañía televisora más importante de Japón la cual tenía una amplia biblioteca de imágenes y videos. En esta biblioteca, una gran cantidad de imágenes y videos capturados durante varios años se han almacenado y administrado. Todas las informaciones visuales de esta biblioteca se han usado dentro y afuera de la compañía de acuerdo a sus necesidades. Sin embargo cuando se

prestaban algunas de estas informaciones a otras compañías de televisoras u oficinas de producción, no había manera de controlar sus usos legales. Por lo tanto había una necesidad de controlar éstas usando alguna técnica innovadora. Esto motivó el desarrollo de este primer equipo de marca de agua.

De acuerdo a necesidades del departamento de biblioteca, se determinaron las especificaciones del equipo de marca de agua, las cuales son:

- (1) La degradación de la calidad de la información visual debe ser mínima, de forma tal que no pueda ser percibida por sistema visual humano.
- (2) La eliminación de la señal de marca de agua insertada sin distorsionar la información visual sea realmente imposible.
- (3) La cantidad de la señal de marca de agua sea más de 10 caracteres (letras y números).
- (4) El tiempo requerido para la detección de la señal de marca de agua deberá ser menor de 10 segundos.
- (5) La señal de la marca de agua se deberá de detectar después de realizar copias en VTR más de dos veces (en este tiempo todavía no había DVD).

Estos requerimientos son contradictorios entre sí, por ejemplo para satisfacer el primer requerimiento, relativo a la mínima distorsión, se puede insertar la señal de marca de agua en alguna parte fuera de la imagen, sin embargo esta señal es muy fácil de eliminar sin causar distorsión alguna a la imagen, es decir que no puede satisfacer el segundo requerimiento. Tomando esto en consideración, la señal de marca de agua se debe insertar dentro de información visual sin que cause ninguna distorsión perceptible y además la señal no debe ser eliminada fácilmente. Con base en esto se llegó a la conclusión de que satisfacer todos los requerimientos no era nada fácil, además en esta época, las señales de televisión todavía eran analógicas.

Actualmente, varios métodos de marca de agua se han presentados en la literatura científica y congresos relacionados con este tema, aunque en ese tiempo, 1990, ni siquiera existía aun el término "marca de agua" (*watermarking* en inglés).

5. Prueba y error

Como un primer intento, desarrollé un método analógico de marca de agua, para lo cual se tomó en cuenta que, en las

señales de televisión analógica se ocupan todas las bandas de frecuencia, considerando la señal en su forma unidimensional, y también todas las bandas de frecuencia espacial si se considera en la forma bidimensional. Sin embargo, considerando éste en su forma tridimensional, al incorporar el eje de tiempo, se tiene una región no ocupada. Esta región no ocupada se conoce en japonés como *Fukinuki hole* (hoyo de Fukinuki), tomando el nombre del descubridor de este hoyo. Usando esta región, hoyo de Fukinuki, se trató de insertar la señal de marca de agua. La figura 1 muestra un ejemplo de la señal de marca de agua insertada en esta región.

En la figura 1, "NTV" que indica la identificación del canal de televisión y la identificación de la imagen "0B25 123" son representados como patrones e insertados como señales de marca de agua dentro del "hoyo Fukinuki". Aunque por la intersección con la imagen de televisión, una parte del patrón de marca de agua está distorsionado, se puede detectar la marca de agua con total inteligibilidad. Desgraciadamente después de grabar en VTR comercial, los patrones de marca de agua ya no se pudieron detectar. En VTR comercial, no se graba directamente la señal de entrada, sino que primero se divide la señal de video en la señal de luminancia y señales de cromas para almacenarse posteriormente. La señal que no pertenece a la luminancia ni a las cromas se descarta automáticamente. Este esquema cumplió los requerimientos 1 hasta 4 mencionados anteriormente, sin embargo no se



Fig. 1. Detección del patrón de marca de agua "NTV" y "0B25 123".

puede satisfacer el requerimiento 5, por lo tanto se determinó que este esquema no era adecuado.

Después del fracaso del primer esquema, se consideraron casi todos los algoritmos de marca de agua existentes. Considerando la manejabilidad de la biblioteca de imágenes, el proceso en tiempo real es indispensable. Por lo tanto un hardware orientado a esta aplicación fue una necesidad. Hace 20 años cuando se empezó el desarrollo de este sistema, no había un solo *hardware* suficientemente rápido que pudiera implementar en tiempo real algún algoritmo con mayor complejidad. Por lo tanto el algoritmo de inserción y detección de la marca de agua tenía que ser suficientemente sencillo.

La señal de video usada en la compañía de televisión se llama "señal de video compuesto analógico", la cual consiste de las señales de luminancia y crominancia. En la literatura, los métodos de marca de agua en el dominio DCT han sido reportados como un método eficiente, sin embargo, en la señal compuesta analógica, la subportadora de la señal cromática está convolucionada con la señal de luminancia, por lo tanto es necesario descomponer primero la señal de video compuesta antes de aplicar la DCT, sin embargo la operación de descomposición y composición de las señales de luminancia y crominancia causa una degradación en la calidad de las imágenes, por lo cual tampoco se pudo emplear el método basado en la DCT.

6. Equipo de marca de agua desarrollado

Finalmente se desarrolló un esquema de marca de agua basado en la técnica de comunicación, en la cual usando las características de las imágenes se trató de reducir la degradación de calidad de la imagen causada por inserción de marca de agua. El algoritmo de marca de agua más adecuado para esta aplicación fue el algoritmo de espectro disperso, sin embargo la aplicación directa de este algoritmo causó una degradación intolerable a la imagen, por lo tanto se realizó una modificación al algoritmo para reducir la degradación. Después de más de un año de pruebas y errores, un equipo de prueba fue desarrollado (Fig. 2). Este equipo de prueba fue usado para evaluación.

Para optimizar los parámetros del algoritmo se usó una gran cantidad de imágenes. Posteriormente se evaluó la tasa de correcta detección y la calidad de imágenes marcadas usando este equipo de prueba. En la evaluación de la calidad de imágenes, se realizaron tanto la medición objetiva como la medición subjetiva.

Después de determinar los parámetros óptimos, me dieron



Fig. 2. Equipo de marca de agua desarrollado en 1991.

luz verde para emplear este equipo realmente en el departamento de biblioteca. Ahora es necesario determinar la forma de operación en el departamento de biblioteca, ya que las operaciones reales son manejadas por las personas de biblioteca, quienes no están familiarizados con la técnica de marca de agua ni con la programación. Por lo tanto las operaciones tienen que ser lo más sencillas posibles. Como los patrones de marca de agua a ser insertados se seleccionaron: la identificación de la compañía televisora "NTV", la fecha dada por el reloj interno de computadora, además dos cifras determinadas para cada día se insertaron como parte del patrón de marca de agua. La Fig. 3 muestra el equipo empleado realmente en el departamento de biblioteca.

6. Después de desarrollo

En caso particular del Japón, para emitir programas con la

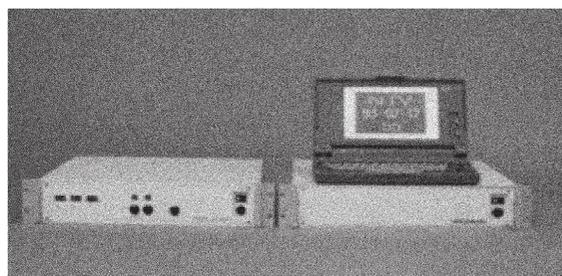


Fig. 3. Equipo de marca de agua en su uso práctico. La parte izquierda es codificador, la parte derecha es decodificadora.

señal de marca de agua se necesita un permiso del Ministerio de Comunicaciones y Transportes. En realidad, se tardó algunos meses la obtención de este permiso.

Así, una vez obtenido el permiso, el primer equipo de marca de agua empezó a operar en el departamento de biblioteca audiovisual de la compañía NTV marcando más de diez mil materiales visuales durante los últimos 20 años. Por este desarrollo, NTV recibió premio de la Fundación Cultural de Radio Televisora de Japón y el premio de la asociación de tecnología de cinema-televisión.

No tenemos datos sobre el número de casos ilegales encontrados por la operación del equipo de la marca de agua. Para detectar algún uso ilegal de los materiales digitales en una forma confiable, se necesita tiempo y el costo es en general elevado. Aquí se tiene una dificultad importante para llevar a cabo el desarrollo de un sistema que detecte automáticamente la violación de los derechos de autor. Hasta el momento, el efecto más fuerte de la marca de agua es la intimidación a usuarios, ya que cuando se renta o presta información visual con una letrero que dice: "Esta información contiene la marca de agua", los usuarios cuidan más el manejo de la información.

Mi trabajo en el campo de la marca de agua se terminó con la construcción y puesta en operación del primer equipo de marca de agua en el mundo.

7. Metodología para desarrollo de equipo de marca de agua

La parte final de este artículo, presenta una metodología para desarrollar un equipo de marca de agua.

1. Diseñar y considerar cómo la señal de marca de agua se debe insertar en el material digital.
2. De acuerdo al diseño, se asignan algunos parámetros y se realiza una simulación para evaluar la detectabilidad de la marca de agua y la calidad del material marcado.
3. Modificando los valores de parámetros, determinar si el algoritmo satisface los requerimientos de un sistema de marca de agua.
4. Considerando el canal de comunicación, aplicar algún tipo de procesamientos de imágenes al material marcado y evaluar la tasa de bits correctos de la señal de marca de agua extraída. Los procesamientos de imágenes y las señales que se aplican al material marcado se llaman ataques en el campo de marca de agua, sin embargo este término no me parece correcto debido a que los ataques también modifican el material digital mismo.

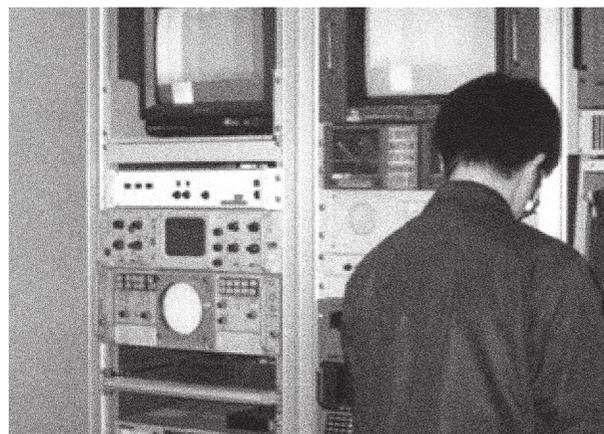


Fig. 4. Uso de equipo en el departamento de biblioteca.

5. Generalmente, existe un compromiso entre la energía de la señal de marca de agua y la detectabilidad de la misma. Cuando se inserta la señal de marca de agua con mayor energía, la detectabilidad de la marca aumenta, sin embargo se sacrifica la calidad de la imagen marcada. La calidad de la imagen se puede medir con el PSNR (relación señal a ruido pico), sin embargo la última evaluación tiene que ser hecha por el sistema visual humano. Debido a que en el campo del procesamiento de imágenes, la evaluación subjetiva está establecida, ésta puede ser usada. Aunque la evaluación subjetiva tiene alto costo.

Hace algunos años, el gobierno japonés me encargó una evaluación del sistema de marca de agua desarrollado por una industria importante. En este sistema no estaba evaluada la degradación de la calidad de imágenes debida a la inserción de la marca de agua, además de que la definición de tasa de detección es muy ambigua. Por ejemplo si se detecta una señal de marca de agua cada 30 segundos, el sistema considera que detectó 100%.

Los requerimientos de la técnica de marca de agua es que la degradación sustancial de la calidad de la imagen por inserción de marca de agua debe ser nula por sistema visual humano, además de obtener una tasa de detección de 100%, después de aplicar varios procesamientos de imágenes. Sin embargo, ningún sistema de marca de agua ha logrado este objetivo.

8. Técnica de marca de agua como negocio

Después del desarrollo del primer equipo de marca de agua en el mundo, se levantó mucho interés, habiendo varias sollicitu-

des de información, tanto de una compañía televisora de Estados Unidos como de una industria importante de Francia, sin embargo, no se pudo establecer ninguna negociación. Pese a que el término de marca de agua digital es conocido desde hace muchos años y varios algoritmos se han presentado en congresos y revistas internacionales durante las últimas dos décadas, establecer un negocio a base de marca de agua es muy difícil, debido a que el costo de desarrollo es relativamente alto y número de posibles usuarios es cuando menos todavía muy poco. Sobre todo, considerando todos los posibles "ataques", el desarrollo de marca de agua eficiente está todavía muy lejos. En realidad las compañías que desarrollaron algunos sistemas de marca de agua, no publican la evaluación sobre robustez de la misma, para evitar ingeniería inversa.

Como la tecnología de la marca de agua es muy interesante, tal vez desde el punto de vista científico y educativo, la marca de agua es un buen tema debido a que requiere muchos conocimientos sobre procesamiento de imágenes, procesamiento de señales y comunicación, etc. Sin embargo, hasta ahora no se puede extender como un negocio por las razones mencionadas anteriormente. Pero no hay que ser pesimista, hay muchas tecnologías, tales como 3D y *Flat Panel Display*, que actualmente están teniendo gran éxito en industria después de varias décadas sin salir a la luz.

Deseo profundamente que la técnica de marca de agua tenga éxito algún día.

9. Conclusiones

En este artículo se presentaron anécdotas sobre el desarrollo del primer equipo de marca de agua en el mundo. Después de varias pruebas y errores, el equipo fue desarrollado en 1991, cuando todavía no existía el término de marca de agua y las señales visuales a proteger eran analógicas. Este primer equipo operó durante 20 años en el departamento de biblioteca de la compañía televisora japonesa, marcando más de diez mil materiales visuales. En marzo de 2010, el primer equipo de marca de agua terminó su uso.

Agradecimiento

Agradezco a la doctora Mariko Nakano de ESIME Culhuacan, IPN por la traducción del japonés al español de este artículo.

10. Referencias

- [1] A. Hori *et al.* "ID Code Insertion System for TV signal", *The 133rd SMPTE Technical Conference and Equipment Exhibit*, California, USA, October 1991.

DOAJ

Directory of Open Access Journals

20% of peer-reviewed articles
across all disciplines
are now freely available

<http://www.doaj.org/>