

Introducción a las imágenes digitales: creación y utilización

JOSÉ MARÍA MARTÍNEZ SÁNCHEZ
Grupo de Tratamiento de Imágenes, E.T.S.
Ingenieros de Telecomunicación,
Universidad Politécnica de Madrid

Museo N° 2, 1997: 137-147

RESUMEN

Este artículo introduce los conceptos básicos de imágenes digitales centrándose en las de barrido. Se tratan los aspectos más generales de su creación (calidad, equipos, ...), sus ventajas frente a fotografías y diapositivas para su archivo y conservación, y se introducen algunos de sus posibles usos.

¿QUÉ ES UNA IMAGEN DIGITAL?

Desde el punto de vista físico-matemático una imagen se define como una función bidimensional de intensidad de luz; cada punto del plano de la imagen tiene un valor de intensidad luminosa. La luz que emite o refleja un punto es una onda con un espectro, en función del cual se percibe el color. A efectos del ojo humano, la combinación de tres colores "puros" permite lograr una representación del color "casi real". Esta representación mediante tres colores es la base de la fotografía, el cine, la televisión, los monitores, las impresoras, los "plotters", Para los dispositivos emisores los tres colores son rojo, verde y azul (la triada RGB: Red, Green, Blue), mientras que para los de impresión se utilizan el azul (cian), magenta y amarillo (CMY: Cyan, Magenta, Yellow).

El paso de una imagen real a una digital lo lleva a cabo un digitalizador, que convierte la imagen en una representación numérica adecuada para ser utilizada en un ordenador. Se pueden diferenciar dos tipos de representaciones de imágenes digitales: de barrido o raster y vectoriales.

Museo

Introducción a las imágenes digitales: creación y utilización
José María Martínez Sánchez

IMÁGENES DIGITALES DE BARRIDO (RASTER)

Una imagen de barrido se obtiene “discretizando” en coordenadas espaciales y en intensidad luminosa la imagen analógica (real) correspondiente, obteniéndose una matriz de elementos de luz, denominados “píxeles” (pixel : picture element), cada uno con un valor discreto de luminosidad (color o tonalidad de gris en imágenes monocromáticas).

Los dos parámetros fundamentales de una imagen digital raster son: la profundidad de color (o de tonos monocromáticos) y la densidad de puntos¹, medida normalmente en “puntos por pulgada” (ppp ; en inglés dpi -dots per inch-). Si ambos parámetros tienen valores adecuados, el ojo humano percibe la imagen que dio lugar a la representación digital.

La profundidad de color indica de cuántos



256 niveles (8 bits por punto)



64 niveles (6 bits por punto)



32 niveles (5 bits por punto)



8 niveles (3 bits por punto)

Ilustración 1. Efecto del número de niveles de gris

colores o tonos se dispone para asignar un valor aproximado a la luminosidad del punto que se “discretiza”. Para imágenes monocromáticas 256 niveles suele ser suficiente, mientras que para imágenes en color 64K colores suele ser aceptable, mientras que 16M colores (RGB) se considera color real. En la ilustración 1 se muestra el efecto para imágenes monocromáticas de la reducción de los niveles de gris (equivalente a la profundidad de color).

Al hablar de la captura de imágenes, volveremos sobre este tema y sobre la densidad de puntos.

IMÁGENES DIGITALES VECTORIALES

Las vectoriales guardan modelo del escenario o realidad (virtual) que se quiere “representar” según modelos de definición de objetos (en dos o tres dimensiones). Para su presentación, las imágenes vectoriales necesitan de programas que sinteticen una imagen raster que represente ese escenario virtual en unas condi-

ciones (luz, perspectiva, ...) que luego se envía a la pantalla, impresora, ...

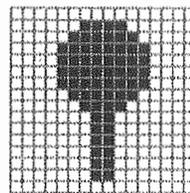
En la ilustración 2 se muestra una representación vectorial (en un lenguaje “inventado”) y su imagen raster de un “árbol”.

Los lenguajes de representación 3D permiten además, mediante programas de visualización adecuados, moverse por los espacios definidos permitiendo ver el objeto desde cualquier perspectiva. La inclusión de programas de ese tipo² en los nuevos “navegadores” de Internet (WWW) abren nuevas vías para su rápida popularización.

Las imágenes vectoriales tienen muchas aplicaciones (diseño asistido por ordenador, definición de espacios virtuales, ...), pero su creación esta ligada al uso de programas relativamente complejos de definición de objetos o a su captura mediante equipos digitalizadores 3D (tridimensionales) de elevado precio. Sin embargo es cierto, que pueden ser muy importantes como fondos de un archivo digital, por ejemplo para

```
Imagen(16, 16)
{ Circulo[centro=(8, 5), radio=(4)],
  Rectangulo[vertice_superior_izquierdo=(7, 9),
             anchura=(2), altura=(6)]
```

*Ilustración 2 a .
Representación vectorial de la imagen “árbol”*



*Ilustración 2 b .
Imagen raster de “árbol”*

Ilustración 2

Museo

Introducción a las imágenes digitales: creación y utilización
José María Martínez Sánchez

representar ciudades y obras, o reconstruirlas devolviéndolas a la realidad (virtual). Tras citarlas por la importancia, cada vez mayor, nos centraremos en lo que sigue en las imágenes raster.

¿CÓMO SE CREAN?

Una imagen se puede “crear” o capturar de la realidad. Mediante programas de dibujo y diseño se pueden “crear” imágenes digitales originales, que se pueden considerar equivalentes a la imagen digital obtenida mediante captura de la realidad, al poder ser editadas simultánea y/o posteriormente.

La imagen obtenida de la captura la denominaremos “cliché” o negativo, por analogía con el mundo de la fotografía analógica. Esta imagen digital puede ser posteriormente editada para obtener una imagen en la cual se eliminen o resalten aspectos. Este paso se puede considerar equivalente al revelado y positivado en copia de papel, mediante el cual se pueden obtener distintas imágenes a partir de un negativo. Tras este paso obtendremos una imagen digital, que podemos denominar “original”, que puede ser considerada como un objeto definitivo y consolidado, susceptible de derechos de propiedad intelectual o de autor, como si de otra producción se tratase³.

LA CAPTURA DE LA IMAGEN. LA FOTOGRAFÍA

La captura de imagen es la obtención de una representación numérica de una imagen real. Las opciones de captura se pueden dividir en

función del tipo de imagen real. Para la captura de la realidad se utilizan cámaras (de vídeo o de imagen) digitales, y/o “escáners” que realizan la captura a partir de una imagen en papel o diapositiva (fotocopias digitales). En ambos casos, se lleva a cabo una “discretización” espacial y de la profundidad de color del original, sea éste la realidad tal cual o una fotografía previa de ésta.

A la hora de discretizar, hay que fijar los parámetros que presentamos anteriormente, la densidad de puntos y la profundidad de color.

La duda que se puede plantear en este momento es la resolución, tanto espacial como de color, con la que debemos digitalizar. A esta pregunta se responde que a todas las comprometidas: depende (del fin que queramos dar a nuestra imagen). Cuantos más puntos (función del valor de ppp seleccionado en nuestro digitalizador⁴) tengamos para una región y más profundidad de color, más calidad tendrá la imagen y a su vez ocupará mucho más (tanto en espacio de disco - almacenamiento - como en tiempo de transmisión - transferencia local o remota -). Ciertamente es que las imágenes se pueden guardar en formatos de almacenamiento con compresión (siendo JPEG el más extendido), que reducen el tamaño, pero mayoritariamente implican - para reducciones apreciables - pérdida de calidad.

Una solución, debido a que la generación del “cliché” es algo relativamente automático, sería digitalizar al máximo permitido o requerido (si es que conocemos de antemano los requisitos). Si consideramos el “cliché” como algo temporal

no nos debe preocupar su tamaño, las consideraciones sobre los valores de los parámetros se deberán tomar a la hora de editar la imagen digital original (siguiente paso).

LA EDICIÓN DE LA IMAGEN. EL REVELADO

Ya que este paso es algo relativamente complejo y personal (creativo), lo más apropiado (si no conocemos los usos), es la creación de esta copia original a la mayor resolución que sea exigible por nuestros objetivos de uso. Esta imagen original la consideraremos nuestra copia maestra, que puede ser utilizada posteriormente para obtener "copias" de igual o menor calidad para diversos usos. Por supuesto, la limitación debida a los costes de almacenamiento debe ser ahora tenida en consideración.

La creación de una copia original es "costosa", sobre todo en tiempo, pues como sabe todo el que ha digitalizado una imagen alguna vez, la imagen "cliché" tal como se obtiene del digitalizador raramente satisface al operador en cuanto a calidad.

Debido a esto se utilizan programas de edición de imágenes que permiten aplicar filtros correctores, variar la intensidad luminosa, el contraste, ..., recortar regiones, reducir la profundidad de color y la densidad de puntos, ... Igualmente se pueden editar las imágenes realizando foto-montajes, añadir textos, gráficos, ...

Este es el trabajo de "revelado" creativo, a partir del cliché que produce el dispositivo digitalizador.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS VALORES DE DENSIDAD DE PUNTOS Y PROFUNDIDAD DE COLOR

Dadas las dimensiones de la región a digitalizar, el valor de ppp seleccionado proporciona el número de píxeles de la imagen. La fórmula es $ppp * x / 2,54$, siendo x cada una de las dimensiones de la zona a digitalizar en centímetros. Si se parte de una fotografía normal (10x15 cm), la imagen resultante tendrá, para un valor de 150 ppp, 590x886 píxeles. Posteriormente en el proceso de edición se pueden obtener copias con menor resolución, esto es, menor número de píxeles.

A la hora de presentar una imagen, ésta se puede presentar a un tamaño mayor o menor que la resolución nominal de la imagen. En el caso de presentarse a una resolución menor, se suelen descartar puntos, lo que suele dar lugar a imágenes con efectos de bordes o rejilla. Si la resolución es mayor, hay que "inventarse" los puntos que faltan, lo que en el caso más sencillo de replica de puntos da lugar a efectos de mosaico o teselado (según se muestra en la ilustración 3), mientras que si se "interpolan" se pueden lograr calidades suficientemente buenas si el incremento de resolución relativo no es demasiado grande.

La profundidad de color afecta a la calidad como se puede apreciar en la ilustración 1 y al tamaño del fichero que almacena la imagen, ya que a mayor número de colores, se necesitan más bits por punto. Para las profundidades de color más habituales la ocupación es:

Museo

Introducción a las imágenes digitales: creación y utilización
José María Martínez Sánchez

| | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| colores | 16 | 256 | 65536 (64K) | 16777216 (16M) | 33.554.432 (32M) |
| octetos por punto (bytes) | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 3 + 1/8 |

Los valores de profundidad de color y dimensiones deben escogerse normalmente en función del uso que se vaya a dar a la imagen. Los dos usos básicos son su presentación visual y su impresión. Los valores estándar de resolución espacial (el valor de ppp para monitores suelen rondar los 100 píxeles por pulgada) y de color para monitores son:

| | | | | | |
|-------------------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
| resolución | 640x480 | 800x600 | 1024x768 | 1280x1024 | 1600x1200 |
| colores | 16 | 256 | 64K | 16M | 32M |

En un ordenador, la memoria de la tarjeta gráfica es la que limita la combinación de colores y resolución. Las tarjetas gráficas tienen una memoria de vídeo que normalmente es de 1 Megabyte (1024x1024 bytes). Para calcular los modos posibles, hay que tener en cuenta los puntos que se quieran obtener y los bits que ocupan cada uno en función de la profundidad de color. Esto nos daría la memoria de vídeo necesaria en la tarjeta gráfica. Como lo normal es tener la tarjeta gráfica fija, se trata de elegir entre más colores o más puntos.

Así, si se quiere una resolución de 800x600, y la tarjeta gráfica tiene 1 Mega, tendremos

$$\frac{1024 \times 1024}{800 \times 600} = 2,18$$

bytes por punto, por lo que tendremos la posibilidad de tener 64K colores. Si queremos fijar

el número de colores a 16M tendremos la posibilidad de tener

$$\frac{1024 \times 1024}{3} = 349.525$$

píxeles, lo nos permite una resolución de 640x480 (307.200 píxeles), ya que la siguiente se excede (800x600 = 480.000 píxeles) (Ilustración 3).

Por otra parte para la impresión de imágenes la calidad viene determinada por el mínimo valor de ppp entre la imagen y lo que dé la impresora. Para impresoras convencionales la resolución de impresión suele ser de entre 300 y 600 ppp, si bien para edición y publicación este valor superior puede duplicarse en impresoras de altas prestaciones.

EL DERECHO DE AUTOR. EL COPYRIGHT

Una vez finalizada la edición, la imagen original (de cada "cliché" se pueden, por supuesto, sacar diversos originales) ya está listo para su utilización. Es en este punto donde cabe reseñar el aspecto del control de los derechos del autor. Ya que se pueden obtener copias idénticas al original una vez que se distribuye, se plantea la cuestión de qué mecanismos existen para asegurar el control de la autoría (el cumplimiento de las leyes de copyright será por cauces habituales), de modo que se puede demostrar la procedencia original.

Museo

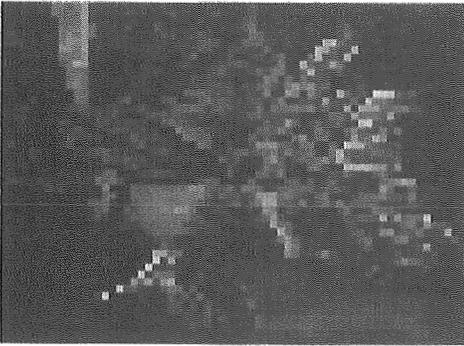
La colección en imágenes: del contacto al CD-ROM



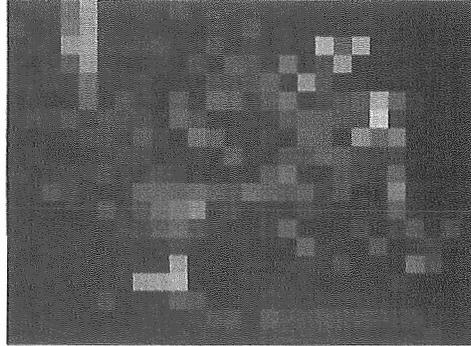
256x189



128x95



64x47



32x24

Ilustración 3

Existen formatos de almacenamiento (grabación) de imágenes que permiten incluir en la misma imagen una serie de caracteres a modo de créditos, pero al igual que se pueden incluir de un modo sencillo, se pueden borrar o sustituir igual de fácilmente. Las marcas tipo “mosca” son actualmente una de las pocas opciones fiables, aunque intrusivas. Para aliviar

la distorsión que se introduce en la imagen, existen trabajos de investigación que tratan de incluir “marcas de agua” en las imágenes, las cuales no son perceptibles a simple vista, pero que permiten ser reveladas en caso necesario. Existen otras técnicas de defensa de los derechos de propiedad, pero ligadas a aplicaciones, que se comentarán más adelante.

SECUENCIAS DE IMÁGENES: VÍDEO DIGITAL

Todo lo comentado hasta ahora es aplicable al caso de captura o creación de secuencias de imágenes, las cuales tienen una evolución en el tiempo. Para objetos tridimensionales, las ventajas son inmediatas ya que permiten ver el objeto desde diversos ángulos y en su integridad, no con imágenes independientes de distintas vistas. La opción de añadir audio (voz y música) aumenta las posibilidades.

Si bien la captura mediante cámaras de vídeo puede usarse como fuente de imágenes independientes seleccionadas, en el caso de captura de la secuencia en sí hay que tener en cuenta un parámetro adicional a la resolución y la profundidad de color: las imágenes por segundo.

La siguiente tabla indica valores de imágenes por segundo para diversos casos, siendo 15 imágenes por segundo un valor mínimo para una calidad media-alta, ya que la naturaleza de la escena influye en la calidad subjetiva (a mayor movimiento de los objetos de la escena, se necesitan más imágenes por segundo).

| <i>Secuencia</i> | <i>Imágenes por segundo</i> |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Cine | 24 |
| Televisión | 25 |
| Animación por ordenador | 20 |
| Vídeo calidad baja (AVI) | 5 |

COSTES Y VENTAJAS DE UN ARCHIVO DIGITAL

Por lo visto anteriormente para la creación de imágenes digitales se necesita un ordenador con un dispositivo digitalizador y un programa de edición de imágenes. Adicionalmente habrá que considerar el sistema de almacenamiento (disco duro, cinta, disco magneto-óptico, ...) de estas imágenes.

La elección del dispositivo digitalizador se reduce generalmente a la elección entre un escáner o a una cámara digital. El primero es más económico (en términos generales) y suele ser suficiente para la mayoría de los casos. Las cámaras digitales, si bien son más caras, suelen obtener mejores calidades, aparte de no necesitar una fotografía en papel o diapositiva previa (con costes, si no existen), y permitir capturar directamente la realidad. Otra opción es la captura con vídeo analógico (puede valer un vídeo "doméstico") y su posterior digitalización mediante una tarjeta overlay de vídeo (las hay bastante económicas). Esta opción tiene la ventaja de no requerir copias físicas previas, como suele ser el caso del escáner, y disponer además de la posibilidad de obtener también fondos videográficos. Como desventaja podemos citar la inferior calidad obtenida debido a la calidad de los equipos de vídeo "doméstico". Por supuesto, en los dos casos de captura directa de la realidad, habrá que tener en cuenta factores fotográficos como la iluminación.

El coste de la creación de un archivo digital depende por supuesto del tamaño de éste, pues

si bien el coste fijo (el equipo⁵) se puede considerar moderado o bajo, el coste unitario (almacenamiento y operación) se multiplica por las unidades: imágenes a digitalizar, editar y almacenar. Sin embargo, las ventajas de este tipo de archivos deben ser tenidas en cuenta, tanto desde el punto de vista de almacenamiento y conservación como de la diversidad de usos (actuales y futuros).

La ventaja primordial es la conservación de la información en formato digital. Una información en formato digital nunca se degrada, conservándose idéntica y pudiendo replicarse con una similitud perfecta. Todos sabemos que esto no es cierto en el caso de archivos convencionales, donde tanto el papel como los clichés se degradan físicamente al pasar el tiempo irremediablemente. Una imagen digital (“cliché”, “original”, o copia de calidad inferior) se conserva idéntica siempre. Otra ventaja adicional es la reutilización del material de soporte, ya que una imagen mal digitalizada o mal editada se puede borrar perdiendo únicamente el tiempo de trabajo, pero el material película para la imagen, papel para la copia, no es más que disco y memoria que se puede reutilizar.

La información digital puede perderse por estropearse el soporte pero si existe copia la información es la misma siempre. El almacenamiento permanente debe ser en soporte óptico, mucho más fiable que el magnético ya que es menos degradable e inmune a interferencias electromagnéticas (cintas, disquetes, ...).

Se ha comentado antes que la resolución de la imagen original depende de lo que se vaya a hacer con ella. La primera utilidad es tener un archivo o banco de imágenes, para los usos que se contemplen actualmente y para otros futuros. Según esto, como no conocemos el futuro parece inmediato pensar que este banco de imágenes será nuestro inventario de imágenes originales, que además estarán digitalizadas a la mayor resolución que permita nuestros costes (tanto desde el punto de vista del coste del equipo digitalizador como del coste de los dispositivos de almacenamiento permanente y su copia de seguridad).

Otro aspecto a tener en cuenta es la gestión del archivo, esto es su catalogación, clasificación, identificación, ... Las ventajas de la utilización de programas de gestión y consulta de bases de datos permite agilizar la administración y consulta del archivo digital.

UTILIZACIÓN

Un primer uso de una imagen en un centro de documentación, biblioteca, museo, es su uso para consulta e investigación. La facilidad de hacer copias del master permite el trabajo simultáneo sobre copias idénticas, que además son originales, sin peligro de daños o pérdidas del original. Además se pueden realizar operaciones intrusivas sobre el original, lo cual no es posible en una copia física. Mediante el uso de técnicas de tratamiento digital de imágenes se pueden restaurar imágenes; la aplicación de fil-

Museo

Introducción a las imágenes digitales: creación y utilización
José María Martínez Sánchez

tros de detección de bordes pueden permitir descubrir una inscripción no visible en el original, comparar siluetas y formas, ...; el uso de técnicas de filtrado espectral permite encontrar trazos ocultos en un cuadro o manuscrito; etc. Las técnicas de filtrado espectral requieren imágenes digitales multiespectrales, que guardan no solamente información del espectro visible sino también de los no visibles, lo que aumenta la complejidad de los equipos de captura y de los requisitos de almacenamiento, al aumentar la profundidad de "color".

Otro uso es el comercial, bien editando el propietario libros, productos multimedia, servicios interactivos, ...; o proporcionando a terceros contenidos para sus ediciones. La resolución en cada caso depende del producto. La edición de libros requiere una resolución variable en función de la calidad de la publicación. Para productos o servicios multimedia interactivos se suelen proporcionar varios tipos de resoluciones: imágenes thumbnail de pequeño tamaño para navegación y/o localización en pantallas de presentación de resultados a modo de etiquetas; imágenes medias para presentación de descriptores a modo de resúmenes, portadas, ... de un conjunto reducido; imágenes completas para presentación normal del documento del que forman parte a modo de contenido de un libro; e imágenes de alta resolución para la presentación de la imagen individualmente, a modo de detalle. En función del tipo de producto o servicio se usarán unas u otras.

Por supuesto se puede usar la misma imagen en todos los casos a costa de una penalización en el tiempo de presentación y transferencia (se supone que habría que usar la mejor de las requeridas, por lo que las demás presentarían solamente parte de la imagen pero necesitarían leerla entera).

A nivel de aplicaciones, tanto productos como servicios, se puede añadir algo más a favor de la defensa de la propiedad intelectual. Antes de comentar esas opciones, hay que dejar claro que todo aquello que aparece en una pantalla de ordenador puede ser copiado: cualquier defensa se centra en los pasos previos, pero una vez en la pantalla, lo que se ve se puede copiar. De todos modos es el mismo caso que un libro, que una vez comprado puede ser fotocopiado, fotografiado, etc. A este nivel, las soluciones a la defensa del copyright son las mismas.

¿Qué se puede hacer antes de la presentación? Las imágenes, al igual que cualquier información, puede ser codificada de forma que para recuperar la información se necesite además del archivo una clave para descifrar. Además se puede mandar en la información un programa que realice la presentación una única vez y luego no vuelva a funcionar, haciendo necesario volver a cargar la información y en su caso volver a pagar por ella. Eso sí, una vez presentada, la pueden copiar de la pantalla y tener una copia de calidad similar; esto es, tendrá la calidad de presentación que puede ser inferior, o

igual, a la calidad de la información original. En el caso de la impresión, ocurre lo mismo, con la ventaja añadida que la copia que se puede hacer es sobre una copia de impresora, que suele ser inferior a la calidad de presentación en pantalla para impresoras convencionales.

De cualquier modo, siempre que la recompensa merezca la pena, cualquier sistema de defensa de la propiedad será violado. La única opción es la de hacer un sistema suficientemente complejo, de modo que sea más costoso violarlo que lucrativa la recompensa que se obtenga al hacerlo.

NOTAS

Agradecimientos: El autor agradece a Eva Alquézar, Aurora García, Jesús Bescós y Francisco Morán sus comentarios a las versiones previas de este artículo.

(1) Este parámetro es el encargado de dar la escala de transformación de la imagen real a la digital.

(2) Utilizan el lenguaje VRML (Virtual Reality Modelling Language), bastante más potente que el "lenguaje" de la ilustración 2 a.

(3) Por supuesto el negativo puede estar también sujeto a estos aspectos, pero desde nuestro punto de vista, seguramente equivocado, lo consideramos subjetivamente material de producción intermedio más que producto.

(4) Los escáners convencionales tienen un rango de ppp de 300 a 600, llegando a 1200 en modelos un poco más caros. Estos ppp son ópticos, los que realmente "copian" el escáner. Sin embargo, casi todos suelen interpolar hasta el doble de su resolución óptica.

(5) Los costes de un equipo de digitalización de gama media-alta (con un escáner de sobremesa o con una cámara de vídeo "doméstico" y una tarjeta overlay) pueden rondar, a día de hoy, las 400.000 pesetas, siendo suficiente para la mayoría de los casos.