

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 438 733**

51 Int. Cl.:

G06T 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2005 E 05103348 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2013 EP 1591953**

54 Título: **Sistema y procedimiento para decodificar imágenes digitales codificadas**

30 Prioridad:

26.04.2004 US 565300 P
28.02.2005 US 68350

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.01.2014

73 Titular/es:

GRAPHIC SECURITY SYSTEMS CORPORATION
(100.0%)
4450 JOG ROAD
LAKE WORTH, FL 33467, US

72 Inventor/es:

ALASIA, ALFRED V.;
ALASIA, ALFRED J.;
ALASIA, THOMAS C. y
CVETKOVIC, SLOBODAN

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 438 733 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para decodificar imágenes digitales codificadas

5 La invención se refiere en general al campo de la protección contra falsificaciones, y más particularmente al campo de la protección de documentos electrónicos e impresos a través del uso de una imagen codificada.

Una nueva tendencia en el mundo de los negocios cada vez más electrónico es el uso del "World Wide Web" y el correo electrónico para proporcionar documentos de negocio instantáneos a los clientes y a otros usuarios finales. 10 La generación automatizada de documentos y la distribución electrónica, como la utilización de correo electrónico o servicios web tiene muchas ventajas. Reduce significativamente los costes asociados con los formularios impresos de antemano, el archivo de documentos, el envío, la manipulación, etc. Proporciona a los usuarios de una línea de negocio el acceso a datos importantes al instante y hace que los documentos estén a disposición de los clientes en todo momento, todo el día. Sin embargo, ciertos inconvenientes están presentes en los documentos electrónicos, 15 incluyendo el potencial de manipulación o creación de documentos fraudulentos, que en la mayoría o en todos los aspectos se asemejan a los originales.

Muchas herramientas de software se han sugerido para proteger la integridad y la confidencialidad de los documentos electrónicos. Estas herramientas, como los programas añadidos, pueden dar un amplio control para 20 agregar o cambiar notas y formar campos en el documento electrónico, el encriptado de los documentos, así como la adición de firmas digitales a los documentos.

Una desventaja significativa en las medidas de protección usadas típicamente para proteger los documentos facilitados en formato electrónico es que estas medidas son a menudo inútiles una vez que el documento se 25 transfiere a un medio impreso. Además, las medidas de protección de copias impresas típicas pueden no estar disponibles para el receptor del documento electrónico. Por ejemplo, tinta de seguridad o papel seguro pueden estar disponibles para el autor del documento, pero no para el receptor de un documento transmitido electrónicamente. Es evidente que el mantenimiento de la seguridad de las copias impresas de copias transmitidas electrónicamente es problemático cuando el autor del documento no tiene control sobre el proceso de impresión. Por otra parte, muchas 30 herramientas de software de escritorio de edición de imágenes pueden utilizarse para crear impresiones falsas de documentos electrónicos más complejos. Los documentos impresos siguen siendo ampliamente utilizados en muchos aspectos de la vida diaria, incluyendo los entornos empresariales y gubernamentales.

Procedimientos de protección utilizados ampliamente para disuadir la falsificación digital y la identificación de 35 alteraciones de datos incluyen códigos de barras y marcas de agua digitales. Estos se añaden usualmente como un archivo de imagen en un documento por la parte de origen. Sin embargo, el software de generación de códigos de barras está ampliamente disponible y puede ser utilizado por un falsificador para crear documentos fraudulentos.

Las marcas de agua digitales también se han propuesto como una solución, pero las pruebas han demostrado que 40 pueden carecer de la fiabilidad necesaria para un uso consistente y generalizado. Además, la implementación de esta tecnología es a menudo cara, con los costes de equipo para el hardware y el software necesarios, a veces cancelando los ahorros de costes obtenidos a través de la distribución de documentos electrónicos. La cantidad de información que puede ser protegida a menudo puede limitarse a sólo varios dígitos o letras. Estos problemas imponen una limitación severa para la fiabilidad y el uso de documentos electrónicos en el comercio y en los 45 servicios.

La falsificación y la alteración de documentos impresos y las ventas en el mercado negro de productos falsificados son problemas importantes enfrentados con una regularidad cada vez mayor en el mundo actual. Cada año muchos millones de dólares se pierden a través de la utilización fraudulenta de documentos y productos de marca que no 50 son auténticos. La creciente sofisticación de los escáneres ópticos, máquinas fotocopadoras y otros dispositivos utilizados para la reproducción de artículos continúa mejorando la habilidad del falsificador para producir documentos falsos y otras imitaciones que son a menudo de una calidad suficiente como para pasar desapercibidos.

La protección de los documentos se ha logrado mediante la aplicación de imágenes codificadas. Estas imágenes 55 típicamente no se pueden discernir o interpretarse sin un decodificador óptico especialmente diseñado. Pueden ser utilizadas en prácticamente cualquier forma de documento impreso, incluyendo documentos legales, tarjetas y documentos de identidad, etiquetas, envases, moneda, sellos, etc. El valor del uso de imágenes codificadas no reproducibles en documentos como licencias de conducir y títulos de vehículos es fácilmente evidente. También son de gran valor en su uso en embalajes como medio de identificación de productos falsificados. 60

El uso de imágenes codificadas ha mejorado en gran medida la capacidad de detectar documentos falsificados y documentos que han sido alterados. Hay circunstancias, sin embargo, donde el uso de un decodificador óptico para 65 detectar imágenes codificadas es poco práctico. Hay otras circunstancias en las que puede ser conveniente utilizar imágenes codificadas para proteger los documentos, incluso antes de su impresión. En ambos tipos de circunstancias (y otras), puede ser muy deseable disponer de un decodificador digital o basado en software que pueda ser utilizado para decodificar una imagen codificada digitalizada. También puede ser deseable combinar el

uso de imágenes codificadas con el uso de otras medidas de protección.

El documento "Hidden and scrambled images – a review", Rudolf L. Van Renesse, Conferencia sobre la Seguridad óptico y Técnicas de Disuasión de Falsificaciones IV, San José, California, 27-28 de enero de 2002, SPIE Vol. 4677, páginas 333-348, describe una técnica μ SAM (modulación de ángulo de pantalla) en la que una imagen comprende líneas finas cuya orientación angular se modula como una función de la densidad original de la imagen codificada (encubierta). Una pantalla de línea de decodificación se puede colocar sobre la imagen para ver la imagen codificada.

10 La presente invención proporciona procedimientos para la decodificación de imágenes codificadas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones adjuntas.

Realizaciones de la invención se describirán ahora en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que los indicadores de referencia se utilizan para designar elementos similares, y en los que:

15 La figura 1 es una ilustración de la utilización de un decodificador óptico para decodificar una imagen codificada impresa;

La figura 2 es una ilustración de una imagen codificada de rasterizada de ejemplo formada a partir de imágenes primarias y secundarias utilizando un procedimiento de desplazamiento de rasterización;

20 La figura 3 es una ilustración de la utilización de un decodificador óptico para decodificar la imagen codificada de la figura 2;

La figura 4 es una ilustración de una imagen de control en blanco que tiene una la densidad de tono que varía periódicamente;

25 La figura 5 es una ilustración de la imagen de control de la figura 4 con una imagen secundaria incrustada en su interior;

La figura 6 es una imagen codificada formada a partir de una imagen primaria y la imagen de control de la figura 5;

La figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento de decodificación de una imagen digital de acuerdo con un ejemplo;

30 La figura 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento de decodificación de una imagen digital de acuerdo con un ejemplo;

La figura 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento de decodificación de una imagen digital de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 10 es una representación esquemática de la toma de muestras de una imagen codificada;

35 La figura 11 es una representación esquemática de una imagen compuesta formada a partir de muestras de la imagen codificada de la figura 10;

La figura 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento de protección y de autenticación de un documento digital de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 13 es una representación esquemática de un sistema para la protección y la autenticación de los documentos digitales de acuerdo con una realización de la invención;

40 La figura 14 es una representación esquemática de un sistema para la protección y la autenticación de documentos digitales de acuerdo con una realización de la invención; y

La figura 15 es un diagrama de flujo de un procedimiento de protección y de autenticación de un documento digital de acuerdo con una realización de la invención.

45 La presente invención proporciona procedimientos para la decodificación de imágenes digitales codificadas sin el uso de un dispositivo de decodificación óptico físico. Estos procedimientos se pueden utilizar para decodificar imágenes digitales codificadas que nunca han sido impresas e imágenes impresas codificadas que se han escaneado o transformado por otros medios en forma digital. La capacidad para decodificar imágenes digitales permite al usuario evitar la falsificación de documentos en sus formatos digitales e impresos, contribuyendo así a combatir el límite de digital a papel. También proporciona una seguridad adicional al permitir la verificación o los cambios de una imagen codificada en diversas etapas de producción, la transmisión y la impresión de documentos electrónicos.

55 Las realizaciones de la presente invención se refieren a procedimientos para la protección de documentos y otros elementos que utilizan imágenes ópticamente codificadas. Estas imágenes suelen estar incrustadas una imagen de fondo o fuente e impresas sobre artículos que pueden ser objeto de alteración, falsificación o manipulación. Tal como se usa en el presente documento, el término "imagen codificada" se refiere a una imagen que se manipula y/o se esconde dentro de un campo de fondo o dentro de otra imagen, de una manera tal que cuando se aplica o se imprime, la imagen codificada no puede discernirse por el ojo humano sin el uso de un dispositivo de decodificación. Algunas de las imágenes codificadas están ocultas de manera que su presencia es difícil de distinguir de un fondo o la imagen primaria. Otras imágenes codificadas son fácilmente visibles, pero no se pueden leer debido a que el contenido de la imagen se ha codificado de manera sistemática o se ha manipulado de otro modo.

65 Las imágenes codificadas de particular importancia para la presente invención son aquellas que están configuradas para ser decodificadas ópticamente usando una lente lenticular. Tales imágenes se aprovechan de la capacidad de

la lente lenticular de cribar el contenido de la imagen en base a la frecuencia de la lenticula de la lente. Estas imágenes son típicamente codificadas mediante uno de varios procedimientos que implican el establecimiento de un patrón periódico regularizado que tiene una frecuencia correspondiente a la de la lente lenticular para ser utilizado como un decodificador, introduciendo entonces distorsiones del patrón que hacen que la imagen sea difícil de discernir con el ojo desnudo. Imágenes codificadas de este tipo se pueden producir de una manera analógica usando un equipo fotográfico especializado, como se describe en la patente US 3.937.565, o digitalmente, como se describe en la patente US 5.708.717 (patente '717).

Las imágenes codificadas digitalmente pueden incrustarse en un fondo o en otras imágenes, de modo que la mera presencia de la imagen codificada es difícil de discernir. Con referencia a la figura 1, una imagen codificada puede establecerse usando una imagen primaria o primaria 20 y una imagen secundaria 40 que se incrusta en la imagen primaria 20 de tal manera que la imagen secundaria 40 sólo se puede ver con un dispositivo de decodificación 30 de una frecuencia predeterminada. La imagen primaria puede ser una imagen en blanco de fondo gris o de color como en la imagen codificada 10 de la figura 1 o puede incluir contenido de la imagen visible tal como un diseño o una fotografía o cualquier otra forma de indicios. La imagen secundaria también puede ser cualquier forma de imagen o indicio y puede incluir indicios relacionados de alguna manera con la imagen primaria. En la imagen codificada 10 de ejemplo, la imagen secundaria 40 es un patrón repetitivo basado en las palabras "Departamento de Transporte". La imagen secundaria puede codificarse por separado después de fusionarse o incrustarse en la imagen primaria o el proceso de incrustación puede llevarse a cabo de tal manera que la imagen secundaria se codifica cuando se incrusta. Como se muestra en la figura 1, la imagen secundaria se puede ver colocando el dispositivo de decodificación 30 sobre la imagen codificada 10 en la orientación correcta. En el ejemplo de la figura 1, el dispositivo de decodificación tiene un eje horizontal 32 y un eje vertical 34 y la imagen codificada 10 tiene un eje horizontal 22 y un eje vertical 24. La imagen secundaria 40 se revela cuando el eje horizontal 32 del dispositivo de decodificación 40 está orientado en el ángulo de decodificación α respecto al eje horizontal 22 de la imagen codificada 10. El ángulo de decodificación α es un parámetro de codificación que se establece antes de la codificación y de la incrustación de la imagen secundaria.

Los procedimientos mediante los que la imagen secundaria se incrusta o se fusiona con la imagen primaria se pueden dividir en dos enfoques generales. En el primer enfoque, se impone un comportamiento periódico regularizado en la imagen primaria utilizando una frecuencia predeterminada. Esto se logra principalmente rasterizando la imagen primaria a la frecuencia predeterminada. La imagen secundaria es entonces asignada a la imagen primaria para que el comportamiento regularizado de la imagen primaria pueda ser alterado en las localizaciones correspondientes a las de la imagen secundaria que incluyen contenido de la imagen. Las alteraciones son tan pequeñas que son difíciles de discernir para el ojo humano. Sin embargo, cuando una lente lenticular que tiene una frecuencia correspondiente a la frecuencia predeterminada se coloca sobre la imagen primaria, proyectará el contenido de la imagen primaria de tal manera que se muestran las alteraciones para formar la imagen secundaria latente.

En el segundo enfoque, el comportamiento periódico regularizado se impone primero en la imagen secundaria en lugar de en la imagen primaria, con alteraciones en ese comportamiento que se produce allí donde hay contenido en la imagen secundaria. La imagen secundaria entonces es asignada a la imagen primaria y el contenido de la imagen primaria alterada píxel por píxel basada en el contenido de la imagen secundaria codificada.

Ejemplos de los enfoques anteriores se describirán ahora con más detalle. Un ejemplo simple del primer enfoque se ilustra en las figuras 2 y 3. La figura 2 muestra una vista ampliada de una imagen 110 codificada ópticamente. La imagen codificada 110 se construye a partir de una imagen primaria de un rostro humano y una imagen secundaria de las letras "SI." La imagen primaria se rasteriza a una frecuencia de trama particular y ángulo de rasterización α . La imagen secundaria se incrusta en la imagen primaria mediante la introducción de variaciones de posición (desplazamiento) en los elementos de rasterización en las ubicaciones correspondientes al contenido de la imagen secundaria. Estos cambios se pueden hacer lo suficientemente pequeños para que sea difícil, si no imposible para el ojo desnudo, interpretarlos como una imagen cohesiva incrustada en la imagen primaria. Su presencia se puede disfrazar aún más haciendo la transición desde una porción de rasterización no desplazada de la imagen a una porción desplazada lo más gradual y suave posible. El resultado, como se muestra en la figura 2, es una imagen codificada 110 en la que la imagen primaria se ve fácilmente, pero la imagen secundaria no puede discernirse fácilmente. Como se muestra en la figura 3, cuando una lente lenticular de decodificación 120 que tiene una frecuencia de línea correspondiente a la frecuencia de trama se coloca sobre la imagen codificada 110 en la orientación correcta (es decir, el ángulo de rasterización α), la imagen secundaria (las letras "SI") se puede ver.

La presencia de la imagen incrustada puede disfrazarse aún más mediante la compensación de los cambios en la densidad de tono de pequeñas regiones o ventanas de la imagen primaria. Esto se puede lograr mediante la modificación de los píxeles individuales de la imagen desplazada de manera que la densidad promedio de tono de cada ventana sigue siendo la misma que la ventana correspondiente de la imagen no desplazada.

Se entenderá por parte de aquellos con experiencia ordinaria en la técnica que el procedimiento anterior puede ser utilizado con cualquier forma de metodología de rasterización de puntos, símbolos o líneas. Además, este y otros procedimientos se pueden utilizar para incrustar varias imágenes secundarias que tienen diferentes parámetros de

codificación (tal como se describe en las solicitudes '962 y '943 mencionadas anteriormente).

Un procedimiento algo similar al descrito anteriormente se divulga en la patente '717 mencionada anteriormente. En ese procedimiento, la imagen secundaria se codifica primero utilizando la metodología de codificación descrita en la patente '717 y las líneas de rasterización de la imagen primaria se reforman a continuación para seguir el patrón de la imagen secundaria codificada. La imagen resultante incrustada se puede ver con un dispositivo de decodificación lenticular que tiene la misma frecuencia a la que se rasteriza la imagen primaria y con la que se codificó la imagen secundaria.

El segundo enfoque general para la incrustación de una imagen secundaria en una imagen primaria se puede usar si se desea que la imagen de salida sea una imagen de tono continuo (en oposición a la imagen rasterizada producida mediante el primer enfoque). En este procedimiento, una imagen secundaria se incrusta una imagen de control "en blanco" que no tiene ningún contenido que no sean las variaciones tonales periódicas regulares. La imagen de control con la imagen secundaria incrustada es entonces asignada a la imagen primaria.

Con referencia a las figuras 4 a 6, se describirá ahora un ejemplo simple de este procedimiento. La figura 4 muestra una imagen de control en blanco 210 en la que los valores tonales de los píxeles de la imagen cambian como una función periódica, como una onda cuadrada, onda senoidal, onda triangular, etc. La frecuencia de esta función coincide con la frecuencia de la lente lenticular de decodificación. La orientación angular de la variación periódica establece el ángulo utilizado para decodificar la imagen codificada. Como se muestra en la figura 5, una imagen secundaria 220 se incrusta en la imagen de control 210 desplazando la fase de la función periódica en cualquier posición que corresponde a una posición de contenido en la imagen secundaria. De esta manera, las desviaciones en las variaciones de tono regularizadas en la imagen de control modificada 210 se corresponden con el contenido de la imagen secundaria.

La imagen de control 210 modificada luego se asigna píxel por píxel a una imagen primaria 230. Los píxeles de la imagen primaria 230 se aclaran u oscurecen para que coincidan con el patrón de las variaciones tonales de los píxeles correspondientes en la imagen de control 210. La imagen codificada final se muestra en la figura 6. La cantidad real de aclarado u oscurecimiento de los píxeles de la imagen primaria se puede determinar usando funciones de transformación, usualmente definidas como tablas de búsqueda. Estas funciones pueden ser diferentes dependiendo de la aplicación de imágenes. Por ejemplo, las funciones de transformación pueden diseñarse específicamente para su uso con un proceso de impresión específico (por ejemplo, chorro de tinta, sublimación de tinta, impresión láser).

Se entenderá por aquellos de experiencia ordinaria en la técnica que el procedimiento anterior puede usarse para incrustar varias imágenes secundarias que tienen diferentes parámetros de codificación, como se describe en la solicitud '962 también en trámite y la solicitud '943.

La salida de cualquiera de los procedimientos anteriores puede ser una imagen impresa codificada (es decir, una imagen primaria y secundaria latente combinadas impresas en un documento u otro elemento) o puede ser una imagen codificada digital que puede ser transmitida o almacenada para su uso posterior.

Otro procedimiento de incrustación de una imagen se utiliza comúnmente en billetes de banco y en cheques. En este procedimiento, una imagen latente se crea mediante el cambio de la dirección de los elementos de rasterización en las imágenes visibles en las posiciones correspondientes a los contenidos en la imagen oculta. Por ejemplo, las líneas de rasterización verticales en la imagen primaria se pueden cambiar por líneas horizontales en las posiciones correspondientes a la imagen latente. La imagen latente típicamente se puede ver inclinando ligeramente el billete de banco. Sin embargo, las desviaciones en la imagen primaria también pueden decodificarse usando un decodificador óptico. Esto es porque las líneas de rasterización de la imagen primaria se extenderán a lo largo de la longitud de la línea lenticular del decodificador en las posiciones en las que no hay contenido oculto, pero sólo tendrán una sección transversal en las posiciones en las que hay un contenido oculto. Esta diferencia hace que la imagen oculta parezca mucho más brillante que la visible cuando se ve a través del decodificador.

El denominador común de todos los procedimientos anteriores y de las imágenes codificadas resultantes es que implican desviaciones del comportamiento regular periódico (por ejemplo, la localización espacial, la densidad de tono, el ángulo de rasterización). Estas desviaciones se hacen evidentes a través del uso de una lente lenticular de decodificación que tenga una frecuencia correspondiente a la del comportamiento regular. La frecuencia del comportamiento puede ser igual a la frecuencia de la lente o puede ser un múltiplo par de la frecuencia de la lente. La lente lenticular actúa como una trama de contenido que enfatiza las desviaciones del comportamiento regularizado y las une en la imagen secundaria.

Una lente lenticular se puede utilizar para decodificar las imágenes codificadas visibles cuyo contenido ha sido codificado sistemáticamente y las imágenes codificadas incrustadas en una imagen primaria o de fondo. Sin embargo, hay muchas circunstancias donde el uso de un decodificador físico (es decir, hardware) es poco práctico o imposible. Por consiguiente, la presente invención proporciona procedimientos para la decodificación de imágenes codificadas digitalizadas sin el uso de un dispositivo de decodificación óptico físico. En particular, la presente

invención proporciona procedimientos que se pueden incorporar en un decodificador basado en software que puede ser utilizado para decodificar las imágenes codificadas digitales. Las realizaciones del decodificador de la invención pueden adaptarse para decodificar cualquier imagen con codificación digital, incluyendo imágenes digitales codificadas que nunca han sido impresas e imágenes impresas codificadas que se han escaneado o transformado por otros medios en forma digital. Las imágenes digitales codificadas pueden ser imágenes latentes incrustadas en el fondo o imágenes primarias o pueden ser imágenes visibles que han sido mezcladas o manipuladas de forma sistemática.

A continuación se describirán procedimientos de decodificación de imágenes digitalizadas codificadas de acuerdo con la invención. A menos que se indique lo contrario, las imágenes codificadas que se van a decodificar implican una imagen primaria con una imagen secundaria incrustada de una manera tal que puede ser vista (decodificada) utilizando una lente lenticular. La imagen primaria puede ser una imagen en blanco sin contenido apreciable (por ejemplo, una caja gris) o puede ser una imagen real con contenido discernible.

Los procedimientos de la invención pueden ser divididos en dos tipos: (1) procedimientos que requieren información sobre el contenido de la imagen primaria, la imagen secundaria o ambas de las imágenes primaria y secundaria, y (2) procedimientos que no requieren ningún conocimiento previo respecto al contenido de la imagen. Ambos tipos de procedimientos requieren el conocimiento de los parámetros de codificación utilizados para codificar e incrustar la imagen secundaria. Específicamente, la frecuencia de línea y el ángulo de línea utilizados para codificar la imagen deben conocerse.

La figura 7 muestra las etapas de un procedimiento M100 de acuerdo con un ejemplo que se puede utilizar para decodificar una imagen codificada cuando la imagen primaria sin modificar se conoce o está disponible. El ejemplo comienza en S100. En S110, se obtiene una copia digitalizada de la imagen codificada. La imagen codificada digitalizada puede ser una versión de la imagen codificada que es la salida directa de un proceso de codificación automatizado. Una imagen codificada digitalizada de este tipo puede ser almacenada para su posterior recuperación mediante un procesador de decodificación o puede ser transmitida desde el originador a un procesador de decodificación. Se entenderá por parte de los expertos ordinarios en la técnica que una imagen codificada digitalizada de este tipo puede no haber sido impresa en un documento, producto, etiqueta u otro elemento que se puede autenticar. Debido a que la imagen codificada se proporciona en su forma original digitalizada, hay una posibilidad mínima de distorsión que ha sido introducida en la imagen codificada que pueda afectar al proceso de decodificación. Por otra parte, la orientación de la imagen codificada se conoce con precisión.

En una alternativa a lo anterior, la imagen codificada digitalizada puede obtenerse a través de exploración o de otra manera, reproduciendo una imagen codificada que ha sido impresa en un documento, producto, etiqueta u otro elemento que se puede autenticar. Si se obtiene la imagen codificada digitalizada de esta manera, se deben tomar medidas para asegurar que la orientación relativa de la imagen codificada se controla cuidadosamente (tal como mediante el control de la orientación de un documento en relación con el dispositivo de exploración) o se puede determinar (tal como mediante la inclusión de indicios de orientación en o cerca de la imagen codificada, que permita un proceso de decodificación para asegurar la orientación adecuada de la imagen para la decodificación).

En S120, se obtiene una copia digitalizada de la imagen primaria original utilizada para producir la imagen codificada. En muchos casos, la imagen primaria digitalizada se puede obtener desde el procesador de codificación o puede recuperarse a partir de un almacenamiento de datos donde se colocó en el momento de que se produjo la imagen codificada. Alternativamente, la imagen primaria se puede obtener a partir de la fuente que proporciona la imagen al procesador de codificación. En S130, la imagen primaria digitalizada se rasteriza para producir una imagen de control. Esta rasterización se lleva a cabo usando los parámetros de codificación que se utilizaron para producir la imagen codificada. En particular, la imagen primaria se rasteriza con el mismo ángulo de rasterización y la frecuencia de línea que fueron utilizados por el procesador de codificación para producir la imagen codificada. En algunos casos, la copia de la imagen primaria recibida desde el procesador de codificación o recuperada del almacenamiento de datos puede haberse ya rasterizado utilizando estos parámetros. En tal caso, la imagen primaria rasterizada anteriormente se establece como la imagen de control.

Se entenderá que si la imagen primaria es nada más que una imagen de fondo en blanco, la imagen de control se asemejará a la imagen de control de la figura 4. De lo contrario, la imagen de control es esencialmente una variación de la imagen codificada digitalizada sin la imagen secundaria incrustada en la misma.

En S140, se realiza una comparación píxel por píxel de la imagen de control y la imagen codificada digitalizada para crear una imagen de diferencia. La imagen de diferencia puede ser un compuesto de valores de tono establecidos para cada píxel en función de si existe una diferencia entre la imagen de control y la imagen codificada para ese píxel. Por ejemplo, a un píxel en el que el contenido de la imagen codificada es diferente del píxel correspondiente de la imagen de control puede asignarse un valor de "verdadero" y al píxel correspondiente en la imagen de diferencia se ajusta a "1" (correspondiente a blanco). A un píxel en el que el contenido de la imagen codificada es el mismo que el píxel correspondiente de la imagen de control se le puede asignar un valor de "falso" y el píxel correspondiente en la imagen de diferencia se establece en "0" (correspondiente a negro).

La imagen de diferencia resultante es una reconstrucción de la imagen secundaria que se utiliza con la imagen primaria para producir la imagen codificada. La calidad de la imagen de diferencia puede mejorarse en S150 utilizando procedimientos de mejora de imagen conocidos, incluyendo pero no limitado a la aplicación de filtros de paso mediano o bajo, filtros de imagen, procesamiento de adaptación morfológica y procedimientos de mejoras de la imagen de diseño personalizado. En S160, la imagen de diferencia se puede mostrar en una pantalla de terminal, guardarse o imprimirse. Se entenderá por parte de los expertos ordinarios en la técnica que la imagen de diferencia puede aparecer antes, después o durante las medidas de mejora. El procedimiento termina en S170.

La calidad de la imagen decodificada producida usando el procedimiento M100 puede verse afectada por el procedimiento por el cual se obtiene la imagen codificada digitalizada. Se obtiene la fidelidad más alta cuando la imagen codificada es la salida exacta de un proceso de codificación automatizado y la imagen primaria rasterizada es la utilizada en el proceso de codificación. Se obtiene una fidelidad algo más baja cuando la imagen codificada se obtiene mediante la digitalización o la captura de una versión digital de una imagen codificada impresa mediante un dispositivo de adquisición de imágenes de otra manera. Esto se debe a que los procesos de impresión y de adquisición de imágenes (por ejemplo, exploración) introducen distorsiones de tamaño y variaciones de tono y de estructura que pueden afectar al resultado de la decodificación. También, la falta de orientación de la imagen codificada respecto al dispositivo de adquisición de imágenes puede hacer que la imagen codificada digitalizada esté fuera de alineación con la imagen de control cuando se hace la comparación. Como se mencionó anteriormente, estos efectos se pueden reducir mediante el control cuidadoso del proceso de adquisición de imágenes y/o mediante la inclusión de guías de alineación en o alrededor de la imagen codificada cuando se imprime.

Como se usa aquí, el término "dispositivo de adquisición de imágenes" significa cualquier dispositivo o sistema utilizado para capturar o producir una imagen digitalizada a partir de una imagen impresa o un objeto. Los dispositivos de adquisición de imágenes incluyen, pero no se limitan a, escáneres, cámaras digitales, y sistemas que tienen una combinación de una cámara analógica y un capturador de fotogramas. El dispositivo de adquisición de imágenes puede estar adaptado para la captura de imágenes utilizando luz en las porciones visibles o no visibles del espectro (por ejemplo, IR y UV).

Como se señaló anteriormente, el ejemplo M100 requiere que la imagen primaria esté disponible. Para muchas aplicaciones, esto no es práctico. En consecuencia, algunos ejemplos no tienen este requisito. La figura 8 muestra las etapas de un ejemplo M200 de decodificación de una imagen codificada que es similar al anterior, excepto que la imagen de control es siempre una imagen rasterizada en blanco (por ejemplo, un cuadro gris de datos rasterizado). El ejemplo comienza en 200. En S210, se obtiene una copia digitalizada de la imagen codificada. Al igual que en el procedimiento anterior, esto puede ser una imagen original no modificada digitalizada codificada, o puede ser una imagen capturada obtenida a partir de un documento u otro elemento en el que había sido impresa la imagen codificada. En S220, se establece una imagen de control mediante la rasterización de una imagen en blanco usando el ángulo de rasterización y la frecuencia correspondiente a los parámetros de codificación utilizados para codificar la imagen codificada. Una imagen de diferencia se construye entonces en S230. La imagen de diferencia puede construirse utilizando el mismo procedimiento de diferenciación píxel por píxel utilizado en el procedimiento de la figura 7. Se pueden aplicar técnicas de mejora a la imagen de diferencia en S240 y la imagen se puede visualizar en S250. El procedimiento termina en S240.

Si la imagen primaria que se utiliza para producir la imagen codificada es una imagen en blanco, la imagen decodificada resultante del procedimiento M200 será exactamente la misma que con el procedimiento M100 de la figura 7. Sin embargo, si la imagen primaria en realidad contiene información visual, la imagen decodificada resultante del procedimiento M200 aparecerá significativamente diferente de una imagen decodificada producida con el procedimiento M100. Esto es porque en el procedimiento M100, la imagen primaria se filtra fuera de la imagen codificada. En el procedimiento M200, sin embargo, la imagen de diferencia incluye elementos de la imagen secundaria y de la imagen primaria. En la imagen decodificada resultante, la imagen decodificada secundaria parece estar superpuesta sobre la imagen primaria. Dependiendo del contenido de las dos imágenes, esto puede hacer que sea más difícil de discernir o de interpretar la imagen secundaria.

Algunos procedimientos de decodificación de imágenes digitalizadas codificadas de acuerdo con la invención fueron desarrollados como una forma de emular más de cerca las acciones de un decodificador de lente lenticular. Una lente lenticular permite a un visor ver las muestras lineales de una imagen tomada a intervalos determinados mediante la frecuencia de la lente lenticular. La lente magnifica estas muestras y la visión humana las interpola en una imagen continua. Cuando se orienta en el ángulo correcto, esto provoca desviaciones de características de la imagen primaria que tiene la misma frecuencia que se ha de muestrear y ampliar, destacando así de la imagen primaria. La acción de la lente es esencialmente montar las muestras periódicas de la imagen codificada en una reconstrucción de la imagen secundaria.

La figura 9 es un diagrama de flujo de una realización M300 de decodificación de una imagen codificada digitalizada utilizando un enfoque de muestreo que es similar a la acción de una lente lenticular. El procedimiento se inicia en S300. En S310, se obtiene una copia digitalizada de la imagen codificada. Al igual que en los procedimientos anteriores, esto puede ser una imagen original no modificada digital codificada o puede ser una imagen capturada obtenida a partir de un documento u otro elemento en el que había sido impresa la imagen codificada. En S320, se

toman una serie de muestras de contenido de una imagen rectangular alargada de la imagen codificada digitalizada. Estas muestras son tomadas a una frecuencia correspondiente a la frecuencia de línea utilizada para codificar la imagen codificada y están orientadas y el ángulo de codificación es utilizado para codificar la imagen codificada. Las figuras 10 y 11 ilustran cómo se toman las muestras de contenido de la imagen. La figura 10 muestra una representación de una imagen codificada digitalizada 310 y una sola muestra 322. La muestra 322 tiene un eje longitudinal 324 que está orientado en el ángulo de decodificación α respecto al eje horizontal de la imagen codificada 310. Muestras comparables 322 se toman a través de toda la imagen codificada 310 a una frecuencia correspondiente a la frecuencia utilizada para codificar la imagen codificada 310. La anchura de la muestra se puede definir para que coincida con la del muestreo real de un decodificador de lente lenticular, o puede programarse para alguna pequeña anchura fija.

En S330, las muestras de contenido de la imagen se combinan para formar una imagen de muestra compuesta en la que las muestras se mantienen cada una en la misma posición relativa respecto a las otras muestras. La figura 11 ilustra una imagen de muestra compuesta 320 formada a partir de las muestras 322 tomadas de la imagen codificada 310. Como se puede ver en el ejemplo ilustrativo de la figura 11, la imagen de muestra compuesta tiene huecos entre las muestras. En S340, cada muestra de imagen se amplía perpendicular a su eje longitudinal para cerrar el hueco con sus muestras adyacentes. Esto emula la acción de aumento del decodificador de lente lenticular. La expansión puede realizarse utilizando cualquier algoritmo de cambio de tamaño de imágenes conocido en la técnica. La imagen compuesta resultante proporciona una completa reconstrucción de la imagen secundaria, junto con elementos de la imagen primaria. Esta imagen puede mejorarse y/o se muestrea en S350 y S360 como en los procedimientos anteriores. El procedimiento termina en S370.

Como el procedimiento M200 de la figura 8, el procedimiento M300 no requiere que la imagen de origen se conozca de antemano. También como el procedimiento M200, el procedimiento M300 produce una imagen decodificada que incluye algunos de los elementos de la imagen primaria. Los resultados de la decodificación del procedimiento M300 son generalmente mejores que los del procedimiento M200, sin embargo, porque este procedimiento tiende a suprimir los elementos de imagen primarios en un grado más alto.

El resultado de este procedimiento puede mejorarse aún más mediante la construcción de una o más imágenes compuestas adicionales a partir de conjuntos adicionales de muestras tomadas en la misma frecuencia y orientación, pero ligeramente desplazadas de las muestras originales. La combinación de estas imágenes compuestas juntas puede ayudar a suprimir aún más los elementos de la imagen primaria y/o mejorar la fuerza de la imagen secundaria en la imagen decodificada percibida. Este procedimiento puede describirse como la creación de varias capas de muestras y la combinación de las mismas utilizando diferentes técnicas conocidas en la técnica para aplanar múltiples capas (por ejemplo, mediante la aplicación de disolución, multiplicación, promedio, superposición, diferencia, exclusión u otra operación común o secuencia de operaciones). Como un ejemplo del valor de una imagen compuesta adicional, se puede observar que en ciertas partes de una imagen codificada, las líneas de rasterización de la imagen primaria pueden ser tan espesas que bloqueen o cubran la desviación de rasterización procedente de los elementos de la imagen secundaria. Tomando un segundo conjunto de muestras a una pequeña distancia de esta posición puede revelar mucho mejor el elemento de la imagen secundaria local. Promediando los dos conjuntos de muestras puede resultar en una mejor percepción global de la imagen secundaria. En otro ejemplo, el promediado de un mayor número de conjuntos de muestras y el filtrado con filtro de paso bajo puede producir la reconstrucción de la imagen primaria, que se puede utilizar para suprimir aún más la imagen primaria de la imagen decodificada. Se entenderá que no hay límite para el número de muestras y conjuntos de imágenes de muestra compuestas que se pueden utilizar.

El procedimiento M300 es de un valor particular en la decodificación de las imágenes codificadas capturadas. Se entenderá que el proceso de adquisición de imágenes se puede introducir variaciones de tamaño y de tono que pueden afectar al resultado de la decodificación. De manera más importante, la orientación de la imagen codificada respecto al dispositivo de adquisición de imágenes puede ser muy variable. Los resultados de cualquiera de los procedimientos anteriores se pueden mejorar mediante la incorporación de ciertas características en la imagen en el momento de la codificación. Esto puede incluir marcadores en posiciones predeterminadas que permitan la identificación y la corrección de la desorientación y la distorsión. También puede incluir estándares de densidad de la imagen que permitan la corrección de la densidad de tono.

El rendimiento de los diversos procedimientos de decodificación también puede mejorarse a través de la selección de la forma y del contenido de las imágenes secundarias. Esto puede implicar el uso de, por ejemplo, cuadrados blancos y negros, códigos de barras y otra simbología en lugar de texto plano o indicios basado en imágenes.

Se entenderá que los procedimientos de decodificación descritos anteriormente y los decodificadores de imágenes digitales construidos para poner en práctica estos procedimientos pueden adaptarse para su uso en la decodificación de cualquier imagen codificada que pueda ser decodificada utilizando un decodificador de lente lenticular. Por otra parte, los procedimientos y los decodificadores de la invención pueden ser utilizados para decodificar cualquier imagen codificada que haya sido codificada sobre la base de variaciones periódicas regulares en una imagen codificada independiente (por ejemplo, una imagen visible "mezclada") o en una imagen primaria o de fondo en que una imagen latente está incrustada. En algunas realizaciones de la invención, la sensibilidad de la

metodología de decodificación es muy superior a la de un decodificador óptico. Esto permite la producción y el uso de imágenes codificadas basadas en variaciones periódicas muy pequeñas, que un decodificador óptico no sería capaz de discernir.

5 Como se describió en las solicitudes '962 y '942, múltiples imágenes secundarias pueden ser codificadas en una sola imagen codificada, codificándose cada imagen secundaria con un conjunto diferente de parámetros de codificación. Los procedimientos de decodificación descritos anteriormente pueden ser utilizados para decodificar cualquier número de imágenes secundarias incrustadas en tal imagen codificada. El procedimiento simplemente se repite para cada imagen secundaria utilizando sus parámetros de codificación asociados.

10 Como también se ha descrito en las solicitudes '962 y '942, una imagen codificada puede generarse para incrustar en un documento digital que utiliza alguna combinación de parámetros de codificación que puede incluir parámetros suministrados por el usuario, parámetros no son suministrados por el usuario o ambos parámetros suministrados por el usuario y parámetros no suministrados por el usuario. En una realización, la imagen codificada se basa en parte en la información extraída del documento y puede incrustarse de nuevo en el documento digital. En cualquier momento a partir de entonces, el software configurado para llevar a cabo uno de los procedimientos digitales de decodificación anteriormente descrito puede ser utilizado para extraer/decodificar la imagen codificada (o imágenes) desde el documento digital. La información contenida en las imágenes decodificadas (o imágenes) puede entonces compararse con la información contenida en el documento digital para ver si el documento ha sido alterado desde que fue protegido. Esta comparación se puede hacer de forma manual por parte del usuario del documento (por ejemplo, mediante la visualización de las imágenes codificadas en un monitor y la comparación visual de la información de las imágenes visualizadas con los datos en el documento digital) o automáticamente (por ejemplo, mediante la extracción de texto de las imágenes decodificadas a través de software de reconocimiento óptico de caracteres y se compara este texto con las partes apropiadas del documento digital).

25 Un procedimiento M400 de protección y de autenticación de documentos digitales de esta manera se muestra en la figura 12. El procedimiento comienza en S400 y en S410 la información se extrae de un documento digital que debe protegerse. Esta información puede incluir imágenes gráficas, textos u otros indicios y/o puede incluir una interpretación o resumen de alguna porción del contenido del documento. La información puede identificarse y extraerse manual o automáticamente. En S420 se construye un conjunto de parámetros de codificación. El conjunto de parámetros de codificación puede ser una combinación de parámetros suministrado por el usuario y no suministrados por el usuario y puede incluir parámetros derivados de la información extraída del documento digital. En S430, se establece una imagen secundaria que se codifica. La imagen secundaria puede ser suministrada por el usuario o no suministrada por el usuario. La imagen secundaria puede estar basada en o incluir parte o toda la información extraída del documento digital. En S440 y S450, la imagen secundaria se codifica y se incrusta en el documento digital. Se entenderá que, dependiendo del procedimiento de codificación utilizado, S440 y S450 pueden realizarse como una sola operación combinada. En algunos procedimientos, la imagen codificada puede crearse y guardarse o transmitirse a un usuario para su posterior incorporación en el documento digital. Se entenderá que varias imágenes secundarias pueden codificarse e incrustarse en el documento digital, codificándose cada imagen codificados sobre la base de su propio conjunto de parámetros de codificación. Las diversas imágenes codificadas pueden estar formada cada una de cualquier combinación de imágenes suministradas por el usuario y no suministradas por el usuario y parámetros de codificación.

45 El documento digital protegido puede entonces transmitirse, guardarse, imprimirse o transformarse de otro modo. En cualquier momento posterior a la incorporación de la imagen codificada en el documento digital, la autenticidad del documento digital puede verificarse utilizando la porción de autenticación del procedimiento. En S460 y S470, la imagen codificada se extrae a partir del documento digital y se decodifica. La imagen codificada puede ser decodificada utilizando cualquier procedimiento de decodificación digital, incluyendo los descritos anteriormente. En realizaciones preferidas, el procedimiento de decodificación digital está incorporado en el software para su uso en la extracción automática y decodificación de imágenes codificadas a partir de un documento digital. En una realización particular, OCR u otro software de reconocimiento óptico puede ser utilizado para interpretar el contenido de y/o extraer información de la(s) imagen(es) decodificada(s). En S480, la información de la imagen decodificada se compara con la información extraída del documento digital que se autentifica. Si la información en el documento digital que se está evaluando no coincide con la información obtenida de la imagen codificada, el usuario puede ser alertado de que ha habido un cambio no autorizado en el documento digital o que el documento digital no es auténtico. El procedimiento termina en S495.

60 Se entenderá que la porción de autenticación del procedimiento M400 se puede separar de la porción de generación de la imagen codificada y que la acción de autenticación puede realizarse en cualquier documento digital que pretendía ser auténtico y sin alteraciones. Las diversas acciones de codificación y decodificación pueden realizarse como una combinación de funciones automatizadas y no automatizadas. También se entenderá que la entrada de la porción de autenticación del procedimiento M400 no se limita al documento digital original; si el documento ha sido impreso, filmado o transformado de otro modo, puede digitalizarse para reproducir el documento digital mediante un dispositivo de adquisición de imágenes y a continuación, someterse a la porción de autenticación del procedimiento M400.

65

La figura 13 muestra un sistema 400 para la autenticación de documentos digitales en el que la codificación y la incrustación de las funciones se realiza mediante una porción de codificador 410 y las funciones de decodificación y de autenticación se realizan mediante una porción de autenticador 430. La porción de codificador 410 puede incluir un módulo de codificación 412 y un módulo de incrustación 414, uno o ambos de los cuales pueden estar en comunicación con una base de datos 440 de información de codificación. El módulo de codificación 412 está adaptado o programado para producir una imagen codificada utilizando un conjunto de parámetros de codificación y una imagen de autenticación que puede incluir o derivarse del contenido extraído de un documento digital. Parte o la totalidad de esta información puede ser recibida desde un módulo de interfaz de codificador 450 adaptado para proporcionar una interfaz entre un usuario o módulo de procesamiento de documentos y la porción de codificador 410. El módulo de codificación 412 puede guardar uno o ambos del conjunto de parámetros de codificación y la imagen de autenticación en la base de datos 440 de información de codificación para su uso posterior en la autenticación del documento digital. El módulo de codificación 412 también puede guardar la imagen codificada en la base de datos 440 y/o devolver la imagen codificada al módulo de interfaz del codificador 450. El procesador de codificación 412 también puede proporcionar la imagen codificada al módulo de incrustación 414, que está adaptado para incrustar la imagen codificada en el documento digital o una porción del documento digital. El documento digital con la imagen incrustada puede entonces ser devuelto al módulo de interfaz del codificador 450.

La porción del decodificador 430 puede incluir un módulo de decodificación 432 y un módulo de autenticación 434, uno o ambos de los cuales pueden estar en comunicación con la base de datos 440 de información de codificación. El módulo de decodificación 432 está adaptado para recuperar los parámetros de codificación y/o la imagen de autenticación de la base de datos de información de codificación y para llevar a cabo la metodología de decodificación digital de la invención para decodificar la imagen codificada digital usando los parámetros de codificación. El módulo de decodificación 432 también puede estar adaptado para recibir el documento digital a autenticar y extraer la imagen codificada a partir del documento digital. El documento digital puede recibirse desde una interfaz de autenticador 460 que está adaptada como una interfaz entre un solicitante de autenticación y la porción del autenticador 430. Después de la decodificación de la imagen codificada, el módulo de decodificación 432 puede devolver la imagen decodificada a la interfaz del autenticador y/o reenviar la imagen decodificada al módulo de autenticación 434. El módulo de autenticación 434 está adaptado para extraer el contenido de la imagen decodificada, que puede compararse con los criterios de autorización o al contenido extraído directamente del documento digital. El módulo de autenticación 434 puede estar adaptado para recuperar dicho contenido digital del documento o puede estar adaptado para extraerlo del documento digital. El módulo de autenticación 434 puede estar adaptado además para determinar un resultado de autenticación y devolver el resultado a la interfaz del autenticador. El módulo de autenticación 434 puede incluir software OCR o software de interpretación de códigos de barras, que se puede utilizar para extraer información de la imagen decodificada y/o del documento digital.

Se entenderá que el módulo de codificación 412, el módulo de incrustación 414, el módulo de decodificación 432, el módulo de autenticación 434, que codifican la información de base de datos 440, el módulo de interfaz del codificador 450 y el módulo de interfaz del autenticador 460 pueden distribuirse entre uno o más procesadores de datos. Todos estos elementos pueden, por ejemplo, estar provistos de un solo procesador de datos de usuarios. Alternativamente, los diversos componentes del sistema 400 pueden estar distribuidos entre una pluralidad de procesadores de datos en comunicación selectiva a través de una red 420.

La figura 14 representa un sistema de ejemplo 500 para la autenticación de documentos digitales en el que las diversas funciones del sistema se realizan en una pluralidad de procesadores interconectados mediante una red. En este sistema, las funciones de codificación se realizan en un procesador de codificación 512 que es parte de un servidor de codificación 510 y las funciones de decodificación se realizan mediante un procesador de decodificación 532 que es parte de un servidor de autenticación 530. El procesador de codificación 512 puede estar en comunicación selectiva con un primer procesador del usuario 550 en una red 520. El procesador de decodificación 532 puede estar en comunicación selectiva con un segundo procesador del usuario 560 a través de una red 520. El procesador de codificación 510 y el servidor de autenticación 530 están a la vez en comunicación con, o tienen acceso selectivo a, una base de datos 540. Este acceso puede ser a través de la misma red 520 o de una red diferente o a través de otro enlace de comunicaciones. Se entenderá que en ciertas realizaciones puede utilizarse un conjunto fijo predefinido de parámetros de codificación/decodificación, eliminando así la necesidad de guardar estos parámetros en la base de datos 540. También se entenderá que en ciertas realizaciones, el procesador de codificación 512 y el procesador de decodificación 532 pueden estar situados en un único servidor. También se entiende que varios aspectos de los procedimientos de codificación y decodificación pueden estar distribuidos también entre varios procesadores, incluyendo una combinación de los procesadores de codificación/decodificación y los procesadores de usuarios 550, 560. Los procesadores de usuarios 550, 560, el procesador de codificación 512 y el procesador de decodificación 532 también pueden ser módulos de un solo procesador o servidor o procesadores individuales conectados mediante una red de área local.

En un escenario de operación típica, un usuario que desee proteger un documento digital presenta una solicitud de imagen codificada a través del primer procesador del usuario 550 al servidor de codificación 510. La solicitud puede incluir algunos o todos los parámetros de codificación y puede incluir una imagen de autenticación para ser codificada. En algunas realizaciones, la solicitud también puede incluir algunos o todos del propio documento digital. El procesador de codificación 512 produce una imagen codificada utilizando un conjunto de parámetros de

codificación basado al menos en parte en la información proporcionada por el usuario en la solicitud. Los parámetros de codificación utilizados para producir la imagen codificada también pueden incluir información no facilitada por el usuario. El procesador de codificación 512 puede guardar uno o ambos de los parámetros de codificación y la(s) imagen(es) de autenticación en la base de datos 540 para su posterior uso en la autenticación del documento digital. El procesador de codificación 512 también puede guardar la imagen codificada en la base de datos 540 y/o transmitir la imagen codificada de vuelta al procesador del usuario 550 (o a otro procesador del usuario) para integrarse en el documento digital. Alternativamente, el procesador de codificación 512 puede incluir la imagen codificada en el documento digital o una porción del documento digital y luego transmitir el documento digital al procesador del usuario 550.

El documento digital entonces se puede imprimir, guardar o transmitir a otros procesadores, incluyendo el segundo procesador del usuario 560. La autenticidad del documento, ya sea en formato digital o impreso, se puede verificar en cualquier momento. Si el documento está en forma digital, puede transmitirse mediante el procesador del usuario 560 al servidor de autenticación 530 para su autenticación. El procesador de decodificación 532 recibe la solicitud de autenticación y recupera los parámetros de codificación asociados de la base de datos 540. El procesador de decodificación 532 a continuación utiliza los parámetros de codificación y de decodificación digital de la metodología de la invención para decodificar la imagen digital codificada. El servidor de autenticación 530 puede incluir también un procesador de autenticación 534 adaptado para procesar y comparar la salida del procesador de decodificación con criterios para la autenticación. En general, los criterios de autenticación se construyen de modo que las alteraciones materiales o la producción no autorizada pueden ser identificadas, pero que las variaciones debidas a la pérdida en la fidelidad o debidas a que se ignoran los elementos presentes de una imagen primaria. El procesador de autenticación 534 puede incluir OCR o software de interpretación de códigos de barras, que se puede utilizar para extraer información de la imagen codificada decodificada. El procesador de autenticación 534 también se puede adaptar para extraer información o indicios del documento digital para su comparación con indicios o información extraída de la imagen codificada decodificada.

Si el documento ha sido impreso, la autenticidad del documento puede verificarse utilizando un decodificador óptico que tiene características que corresponden a los parámetros de codificación utilizados para producir la imagen codificada. Alternativamente, el documento impreso puede capturarse utilizando un escáner u otro dispositivo de adquisición de imágenes 562 para producir una imagen digital capturada. La imagen digital capturada puede transmitirse entonces mediante el procesador del usuario 560 al servidor de autenticación 530 para su autenticación. La imagen digital capturada puede entonces autenticarse utilizando el procesador de decodificación 532 y el procesador de autenticación 534 de la misma manera que el documento digital sin imprimir.

Se entenderá que la protección de documentos a través de la generación de una imagen codificada se puede realizar por parte del autor del documento, o por algún otro usuario en el sistema de gestión de documentos. El documento protegido puede almacenarse en una base de datos o enviarse inmediatamente a otros usuarios a través de Internet o Intranet (u otra red). En algunas realizaciones de la invención, el software adaptado para realizar la decodificación digital de imágenes codificadas puede residir en cualquier procesador del usuario. Este software sólo se podrá utilizar para decodificar las imágenes codificadas, si los parámetros de codificación están disponibles para ese usuario. Si un destinatario de documentos digitales tiene el software de decodificación y el acceso a los parámetros de codificación, ese destinatario puede utilizar el software de decodificación para ver si el documento ha sido alterado desde que fue protegido. Si el destinatario imprime el documento digital, el documento está protegido por la imagen codificada impresa con el documento.

El uso de un decodificador digital (esto es, cualquier forma de procesador digital de datos adaptado para la decodificación de imágenes digitales codificadas de acuerdo a los procedimientos de la invención) elimina la necesidad de imprimir un documento para verificar su autenticidad o para verificar que no ha sido manipulado. Además, debido a que el documento puede ser verificado en su formato digital, puede no haber necesidad de un decodificador óptico con características que coincidan con los parámetros de codificación de la(s) imagen(es) codificada(s) en el documento. Un sistema que utiliza una combinación de un decodificador digital y un decodificador óptico permite la autenticación del mismo documento, en forma digital e impresa, cruzando así el límite de digital a papel.

Un decodificador digital puede ser cualquier procesador de datos que tenga un software para implementar uno o más de los procedimientos de decodificación digital de la invención. Un decodificador digital también puede ser o incluir una implementación de hardware de uno o más procedimientos de decodificación. Tal hardware puede incluir, por ejemplo, procesadores de señales digitales (DSP) u otros dispositivos programables, o una serie de elementos de hardware adaptados para la ejecución de la secuencia de operaciones descrita anteriormente.

Como se describió anteriormente, un decodificador digital puede ser utilizado para extraer y decodificar imágenes codificadas digitales de documentos electrónicos no impresos o documentos impresos/capturados. En algunas realizaciones, el decodificador digital también se puede utilizar para extraer y decodificar las imágenes codificadas incrustadas en hologramas y rejillas de difracción.

Por consiguiente, otro aspecto de la invención proporciona un producto de seguridad que hace que la transición de un documento de digital a una forma de papel sea más segura. Este producto puede definirse como un módulo de intercambio de imágenes codificadas (o conmutador). Esta característica de seguridad cambia el conjunto de parámetros de codificación utilizado para la protección de documentos sobre la marcha cuando se imprime el documento. El módulo de intercambio de imágenes codificadas está adaptado para llevar a cabo un procedimiento de intercambio de los parámetros de codificación utilizados en una imagen codificada. Un procedimiento M500 de acuerdo con una realización se muestra en la figura 15. El procedimiento comienza en S500 y en S510 se recibe una primera imagen codificada. Esta imagen fue codificada usando un primer conjunto de parámetros de codificación. La primera imagen codificada puede ser una imagen codificada recién producida recibida directamente desde un procesador de codificación, una imagen codificada producida previamente recuperada de almacenamiento, o una imagen extraída tomada de un documento digital. En algunos casos, la primera imagen codificada puede haber sido incrustada en un documento digital para proteger el documento en su estado sin imprimir, pero el usuario desea cambiar la imagen codificada antes de la impresión.

Independientemente de su origen, la primera imagen codificada se decodifica en S520 utilizando un decodificador digital. Indicios particulares o una porción de la imagen pueden ser entonces extraídos de la imagen decodificada en S530. Parte o toda la imagen decodificada o la información extraída de la imagen decodificada a continuación se vuelven a codificar en S540 usando un segundo conjunto de parámetros de codificación. La imagen codificada producida con el segundo conjunto de parámetros de codificación puede entonces incrustarse en un documento digital en S550. Si la imagen codificada original fue extraída a partir de un documento digital, la segunda imagen codificada puede incrustarse de nuevo en el mismo documento digital como un reemplazo de la imagen codificada original. El documento digital se guarda y/o se imprime en S560. Cuando el documento digital se imprime, incluirá la segunda versión de la imagen codificada. El procedimiento termina en S595.

En algunas realizaciones, la acción de recodificación S520 del procedimiento de mejora de la protección M500 puede realizarse inmediatamente antes de imprimir el documento digital. Como resultado, la impresión no autorizada de una versión previamente interceptada o apropiada del documento electrónico producirá una copia del documento que incluye la primera imagen codificada, no la segunda. La autenticación posterior de la copia no autorizada de este modo revela su naturaleza falsificada. Se puede observar que múltiples aplicaciones de las acciones del procedimiento M500 en diversas etapas de generación y transmisión de documentos se pueden usar para determinar el punto en el que fue objeto de apropiación indebida del documento digital.

Los dos conjuntos de parámetros de codificación utilizados en el procedimiento M500 pueden hacerse mutuamente excluyentes. Por ejemplo, los conjuntos de parámetros se pueden construir de manera que un decodificador óptico configurado para decodificar la segunda imagen codificada (después de que el documento digital haya sido impreso) no sería capaz de decodificar la imagen codificada mediante el primer conjunto de parámetros si la imagen fue impresa y el decodificador digital (que funciona con el primer conjunto de parámetros de codificación) no sería capaz de decodificar la segunda imagen codificada, codificada utilizando el segundo conjunto de parámetros. Alternativamente, un usuario del decodificador digital puede dar acceso a ambos conjuntos primero y segundo de parámetros de codificación. En este caso, el decodificador digital se podría utilizar para decodificar la primera y la segunda imágenes codificadas, mientras que el decodificador óptico se limita a la decodificación de sólo la segunda imagen codificada.

En una realización particular del procedimiento de mejora de la protección M500, la primera imagen codificada puede incorporar elementos de otras medidas de mejora de la seguridad como una marca de agua digital o código de barras. Por ejemplo, una primera imagen codificada puede incluir un código de barras o marca de agua, que a su vez puede decodificarse usando un reconocimiento de códigos de barras o marcas de agua y/o software de traducción y el primer conjunto de parámetros de codificación. La imagen decodificada puede entonces codificarse por segunda vez utilizando el segundo parámetro de codificación establecido como se ha descrito anteriormente. Esta realización se puede extender aún más si la primera imagen codificada se forma como una imagen decodificable de manera lenticular del código de barras o la marca de agua. La primera imagen codificada puede decodificarse utilizando un primer parámetro de codificación establecido para obtener el código de barras o la marca de agua, que luego puede decodificarse usando el reconocimiento de códigos de barras y/o el software de traducción y un segundo conjunto de parámetros de codificación. La información decodificada puede entonces volverse a codificar con uno o más conjuntos de parámetros de codificación adicionales.

El intercambio de imágenes codificadas crea una barrera de seguridad en el punto de conversión de documentos de digital a papel. Sólo un usuario que tenga el software de intercambio de imágenes codificadas adecuado puede producir un documento impreso que puede ser verificado por el decodificador óptico correspondiente. Digamos que un falsificador irrumpe en una base de datos de documentos digitales, los descarga e imprime. Como el falsificador no tiene el software de intercambio de imágenes codificadas, las imágenes codificadas no se vuelven a codificar antes de imprimir. Por lo tanto, los documentos no se pueden autenticar con el decodificador óptico correspondiente. La barrera puede ajustarse para trabajar también en la otra dirección: Si alguien escanea el documento impreso para convertirlo en formato digital, o crea un documento falsificado utilizando un programa de edición de texto e inserta una imagen codificada capturada en el mismo, el decodificador digital no sería capaz de decodificar la imagen codificada capturada.

- Un módulo de intercambio de imágenes codificadas también se puede utilizar para esquemas de autorización más complejos dentro del sistema de gestión de documentos. Por ejemplo, todos los usuarios con un módulo decodificador digital pueden verificar el documento en su forma digital, pero sólo los usuarios autorizados con un módulo de intercambio de imágenes codificadas pueden producir la copia impresa que se decodifica con el decodificador óptico adecuado, lo que revela que la copia verdadera del documento ha sido impresa con la debida autorización. Este nivel de control puede ser especialmente importante si un documento digital debe ser aprobado por varios usuarios antes de publicarlo, o si el documento es único y sólo debe publicarse una copia, o si cada copia en papel del documento tiene un valor monetario.
- En una variación del procedimiento de intercambio de imágenes, una imagen codificada puede hacerse legible por el decodificador digital y un decodificador óptico, mientras que una segunda imagen codificada se codifica usando el módulo de intercambio de imágenes codificadas. Esto puede permitir el seguimiento de la fuente de un documento que se detecta como una falsificación, ya sea por el decodificador digital o por el decodificador óptico.
- Se entenderá que en lugar de utilizar un decodificador óptico, puede utilizarse una combinación de un dispositivo de captura de imágenes y un decodificador digital. En este caso, el decodificador digital que se utiliza para la autenticación del documento impreso capturado y digitalizado de nuevo puede programarse para utilizar el segundo conjunto de parámetros de codificación, que coincide con el utilizado por el módulo de intercambio de imágenes codificadas.
- En algunas aplicaciones, los procedimientos de codificación descritos anteriormente pueden utilizarse para producir múltiples niveles de codificación. Esto se puede lograr mediante la codificación de una imagen ya codificada una segunda vez. Por ejemplo, una imagen codificada puede formarse a partir de una primera imagen secundaria y una primera imagen primaria. Esa imagen codificada puede entonces utilizarse como una segunda imagen secundaria que se puede utilizar con una segunda imagen primaria para formar una segunda imagen codificada. La segunda imagen codificada se puede producir usando un conjunto de parámetros de codificación diferente o incluso una metodología de codificación diferente. El proceso se puede repetir cualquier número de veces, creando así múltiples niveles de codificación.
- Si se utilizan decodificadores ópticos para decodificar la información oculta, la imagen secundaria de nivel superior se revelará mediante el decodificador que coincida con el último proceso de codificación. Luego otro decodificador se puede colocar sobre el primero para revelar la imagen secundaria desde el nivel anterior, y así sucesivamente.
- Como una alternativa a la utilización de múltiples decodificadores ópticos, los decodificadores digitales de la presente invención pueden ser utilizados para decodificar imágenes codificadas de niveles múltiples simplemente mediante la aplicación y la aplicación adicional de las etapas de decodificación utilizando los parámetros de codificación apropiados. Los decodificadores digitales de la invención son especialmente apropiados para este uso debido a su sensibilidad, flexibilidad y facilidad de uso. Por ejemplo, en los decodificadores basados en software, los parámetros de codificación utilizados se pueden ajustar fácilmente y pueden ser controlados fácilmente, por lo que puede evitarse la decodificación no autorizada de un nivel de imagen codificada en particular.
- En otro enfoque de la codificación de múltiples niveles, los procesos de codificación de imágenes ópticas descritos anteriormente se pueden combinar con otros procedimientos para ocultar o disfrazar las imágenes. Por ejemplo, una imagen digital que incluye una marca de agua digital o código de barras puede ser utilizada como una imagen secundaria que luego se codifica usando uno de los procedimientos ópticos de codificación anteriores (u otro procedimiento para producir una imagen decodificable utilizando una lente lenticular). Alternativamente, una imagen codificada puede ser utilizada en una marca de agua digital o incrustarse una imagen de código de barras. Una vez más, los decodificadores digitales de la presente invención pueden proporcionar una ventaja significativa en la decodificación de los niveles individuales de la jerarquía de codificación.
- Se entenderá fácilmente por aquellas personas expertas en la técnica que la presente invención es susceptible de una amplia utilidad y aplicación. Muchas realizaciones y adaptaciones de la presente invención distintas a las aquí descritas, así como muchas variaciones, modificaciones y disposiciones equivalentes, serán evidentes o estarán sugeridas razonablemente a partir de la presente invención y de la descripción anterior de la misma, sin apartarse de la sustancia o alcance de la invención.
- Los procedimientos para la protección de documentos de acuerdo con la invención no deben confundirse con los sistemas de encriptación de correos electrónicos y documentos digitales. La encriptación hace todo un documento ilegible para los usuarios o los interceptores no autorizados. Por el contrario, los procedimientos de la presente invención implican la codificación y la incrustación de imágenes que proporcionan pruebas de manipulación indebida del documento, pero no implican disfrazar el contenido del documento. Un documento digital protegido utilizando los procedimientos de la invención (es decir, un documento que tiene una imagen codificada incrustada en su interior) también puede cifrarse y descifrarse con ningún efecto en la protección contra la manipulación proporcionada por la invención. Esto proporciona un nivel adicional de protección que permite a los usuarios crear sistemas de protección de múltiples niveles de complejidad. En tales sistemas, el cifrado protegería contra la visualización no autorizada o la interceptación durante la transmisión electrónica, y el uso de una imagen codificada protegería contra la

manipulación del contenido de documentos y contra la falsificación.

Aunque lo anterior ilustra y describe realizaciones de ejemplo de esta invención, debe entenderse que la invención no se limita a la construcción descrita en este documento.

5

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (M300) para decodificar una imagen codificada (110, 230) producida a partir de una imagen primaria y al menos una imagen secundaria usando al menos un parámetro de codificación, incluyendo la imagen codificada (110, 230) la imagen primaria y la imagen secundaria, donde la imagen primaria se forma como una pluralidad de elementos que presentan al menos una característica regularmente variable asociada con dicho al menos un parámetro de codificación y la imagen secundaria se forma como desviaciones en dicha al menos una característica regularmente variable, estableciéndose dicha al menos una característica regularmente variable y las desviaciones de manera que cuando la imagen codificada (110, 230) se imprime, la imagen secundaria no es perceptible para un espectador sin un dispositivo de decodificación óptica (120) que tiene características correspondientes a dicho al menos un parámetro de codificación, **caracterizado por que** el procedimiento comprende:
- 15 obtener (S310) una imagen codificada digitalizada (110, 230);
determinar dicho al menos un parámetro de codificación;
obtener (S320) un primer conjunto de muestras periódicas regulares (322) de la imagen codificada digitalizada (110, 230), teniendo el primer conjunto de muestras periódicas regulares al menos una de una configuración, una orientación y una frecuencia de estas muestras que se deriva a partir de al menos un parámetro de codificación;
20 construir una primera imagen de la muestra compuesta (320) a partir del primer conjunto de muestras periódicas regulares (322); y
expandir (S340) el primer conjunto de muestras periódicas regulares (322) para llenar los espacios entre el primer conjunto de muestras periódicas regulares.
2. El procedimiento para decodificar la imagen codificada de acuerdo con la reivindicación 1, que también comprende:
- 25 formar una primera imagen decodificada a partir del primer conjunto de muestras periódicas regulares expandido.
3. El procedimiento para decodificar la imagen codificada de acuerdo con la reivindicación 2, donde cada muestra regular periódica (322) es un segmento rectangular alargado que tiene un eje central longitudinal (324) y donde la frecuencia del primer conjunto de muestras periódicas regulares corresponde a la frecuencia derivada a partir del al menos un parámetro de codificación y de la orientación angular del eje central longitudinal que corresponde a la orientación derivada del al menos un parámetro de codificación.
- 35 4. El procedimiento para decodificar la imagen codificada de acuerdo con la reivindicación 2, que también incluye:
- obtener un segundo conjunto de muestras periódicas de la imagen digitalizada codificada (310), incluyendo el segundo conjunto de muestras periódicas regulares una configuración, una orientación y una frecuencia que coincide con el primer conjunto de muestras periódicas regulares (322), desplazándose el segundo conjunto de muestras periódicas regulares desde el primer conjunto de muestras periódicas regulares en una cantidad predeterminada;
40 construir una segunda imagen de muestra compuesta a partir del segundo conjunto de muestras periódicas regulares; y
expandir el segundo conjunto de muestras periódicas regulares para llenar los espacios entre el segundo conjunto de muestras periódicas regulares; y
45 formar una segunda imagen decodificada a partir del segundo conjunto de muestras periódicas regulares expandido.
5. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 4, que también incluye:
- 50 aplicar una operación de aplanamiento de capas para combinar la primera y segunda imágenes decodificadas.
6. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 5, donde la operación de aplanamiento de capas incluye la realización de al menos una de las acciones de disolución, multiplicación, promediado, superposición, diferenciación y exclusión en la primera y segunda imágenes decodificadas.
7. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 2, que también comprende:
- 60 aplicar al menos uno de un filtrado medio, un filtrado de paso bajo, un filtrado de imágenes adaptativo y un procesamiento morfológico para mejorar una calidad de la primera imagen decodificada.
8. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la acción de obtención de la imagen codificada digitalizada incluye:
- 65

recuperar la imagen digitalizada codificada del almacenamiento de datos (440, 540).

9. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la acción de obtención de la imagen codificada digitalizada incluye:

5 recibir la imagen codificada digitalizada a partir de un procesador de codificación (550,560) utilizado para codificar la imagen codificada.

10. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la acción de la obtención de la imagen codificada digitalizada incluye:

10 utilizar un dispositivo de adquisición de imágenes (562) para capturar la imagen codificada digitalizada a partir de una versión impresa previamente de la imagen codificada.

11. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 10, donde el dispositivo de adquisición de imágenes (562) es uno de un escáner óptico, una cámara digital, y un sistema que incluye una cámara analógica y un capturador de tramas.

15 12. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la acción de determinar dicho al menos un parámetro de codificación incluye:

recuperar dicho al menos un parámetro de codificación de un almacenamiento de datos (440, 540).

13. El procedimiento para la decodificación de la imagen codificada (310) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la acción de determinar dicho al menos un parámetro de codificación incluye:

25 recibir dicho al menos un parámetro de codificación de un procesador de codificación (550,560).

14. El procedimiento (M400) de acuerdo con la reivindicación 2, donde la imagen codificada digitalizada fue extraída a partir de un documento digital donde fue incrustada y donde la imagen secundaria comprende contenido de autenticación extraído del documento digital, comprendiendo también el procedimiento:

30 extraer el contenido de la imagen decodificada de la primera imagen decodificada; y
35 comparar (S480) el contenido de la imagen decodificada con el contenido de autenticación extraído.

15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, donde el contenido de autenticación extraído comprende una imagen de autenticación.

16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, donde el contenido de autenticación extraído comprende datos específicos del documento que son sustancialmente únicos para el documento digital.

40 17. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, donde la acción de comparar el contenido de la imagen decodificada con el contenido de autenticación extraída incluye:

45 determinar si el contenido de la imagen decodificada extraída coincide con el contenido de autenticación extraído.

18. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, donde el contenido de autenticación extraído se almacena en una base de datos (440, 540) y la acción de comparar el contenido de la imagen decodificada con el contenido de autenticación extraído incluye:

50 recuperar el contenido de autenticación extraído de la base de datos (440, 540).

19. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, donde la acción de comparar el contenido de la imagen decodificada con el contenido de autenticación extraído incluye:

extraer el contenido de autenticación del documento digital.

20. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, donde la imagen codificada digitalizada es una primera imagen codificada digitalizada extraída de un documento digital donde se ha incrustado y donde la imagen secundaria comprende un conjunto de contenidos de autenticación, comprendiendo también el procedimiento:

60 determinar el conjunto de contenidos de autenticación en la primera imagen decodificada, y construir una segunda imagen codificada digitalizada utilizando el conjunto de contenidos de autenticación determinado a partir de la primera imagen decodificada y un segundo conjunto de parámetros de codificación, incluyendo el segundo conjunto de parámetros de codificación un parámetro de codificación no incluido en dicho al menos un
65

parámetro de codificación utilizado para codificar la primera imagen codificada digitalizada.

- 5 21. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, donde el contenido de autenticación comprende datos que son sustancialmente únicos del documento digital.
22. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, que también comprende:
extraer la primera imagen codificada digitalizada del documento digital.
- 10 23. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, que también comprende:
incrustar la segunda imagen codificada digitalizada en el documento digital.
- 15 24. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 21, que también comprende:
imprimir el documento digital con la segunda imagen codificada digitalizada incrustada en el mismo.
- 20 25. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 24, que también comprende:
recibir un documento que se puede autenticar para la autenticación, teniendo el documento que se puede autenticar una imagen que se puede autenticar codificada incrustada en el mismo; y autenticar el documento que se puede autenticar intentando decodificar la imagen codificada que se puede autenticar utilizando el segundo conjunto de parámetros de codificación.

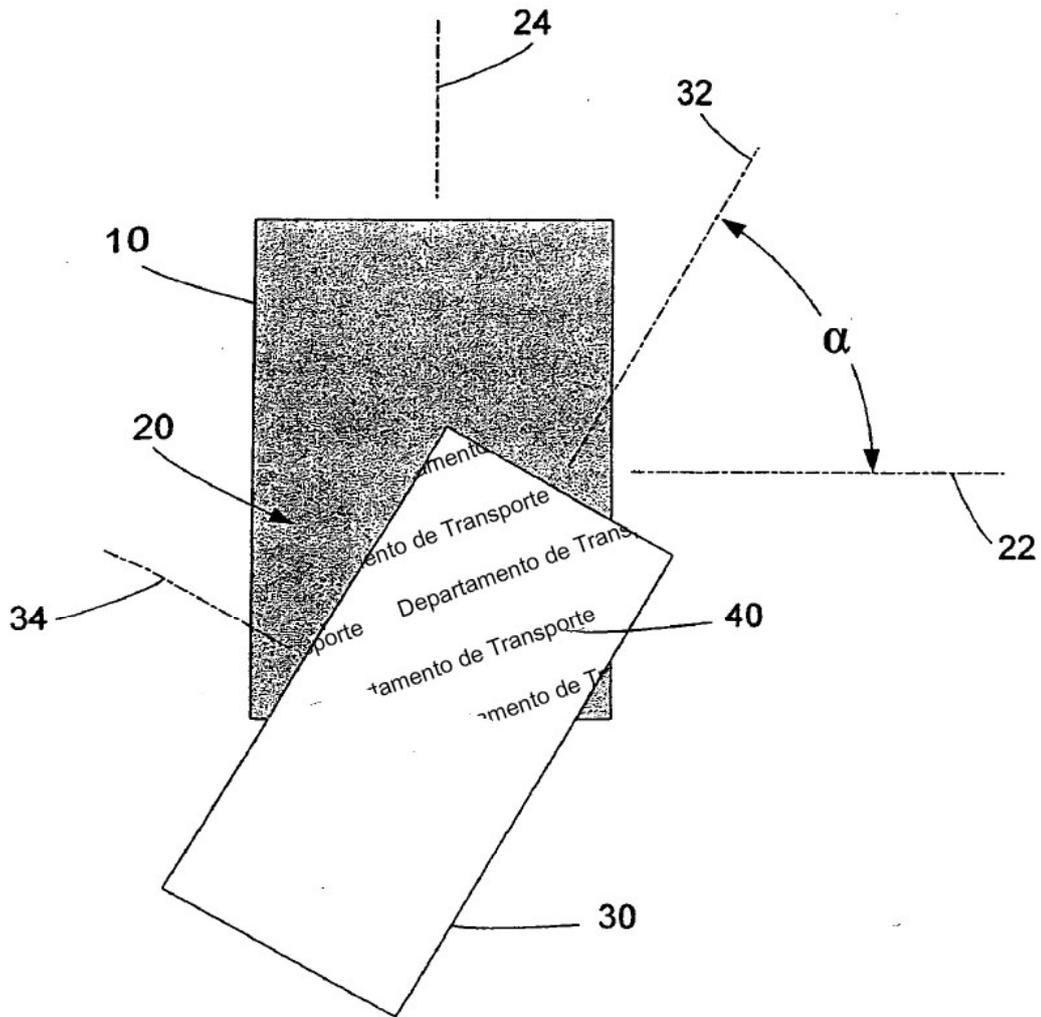


Fig. 1

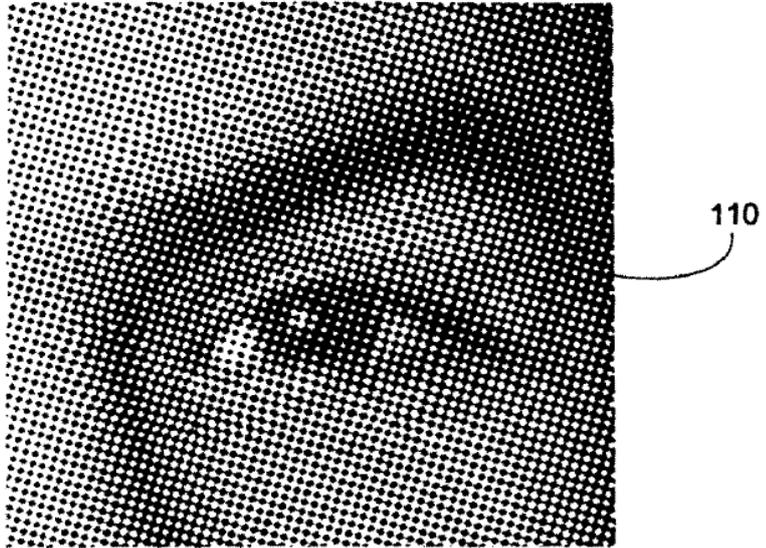


Fig. 2

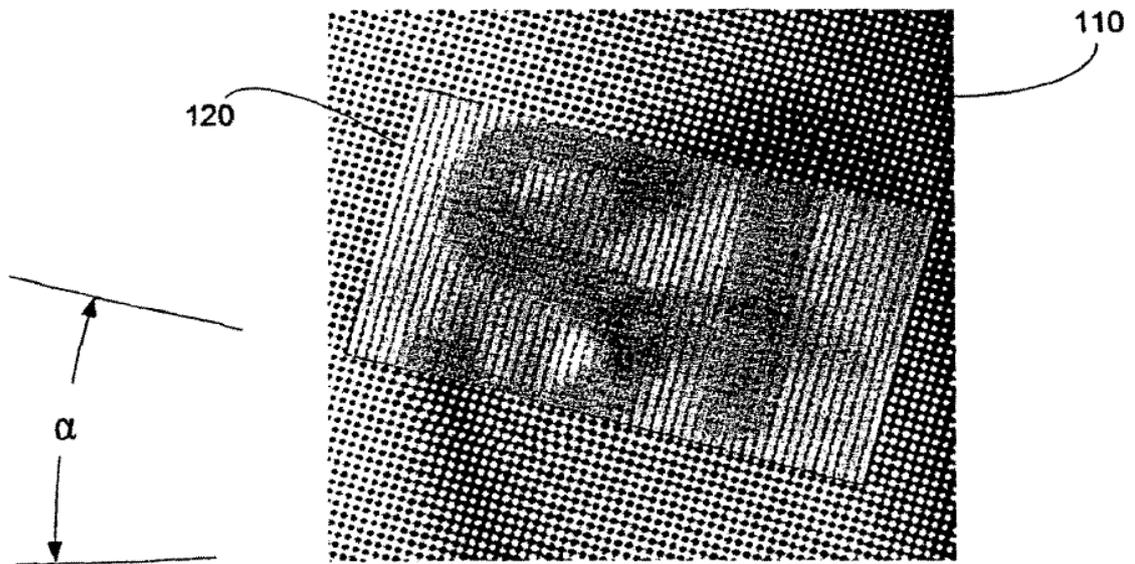


Fig. 3

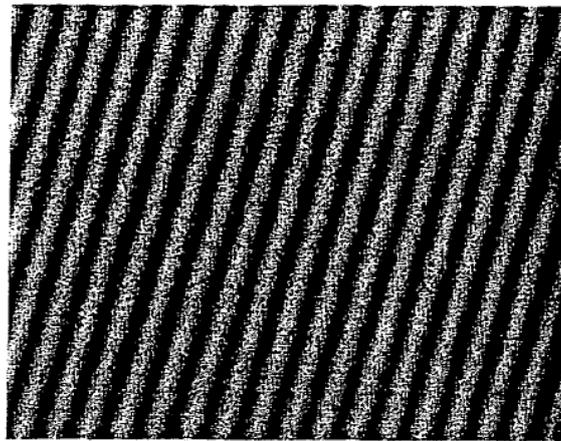


Fig. 4

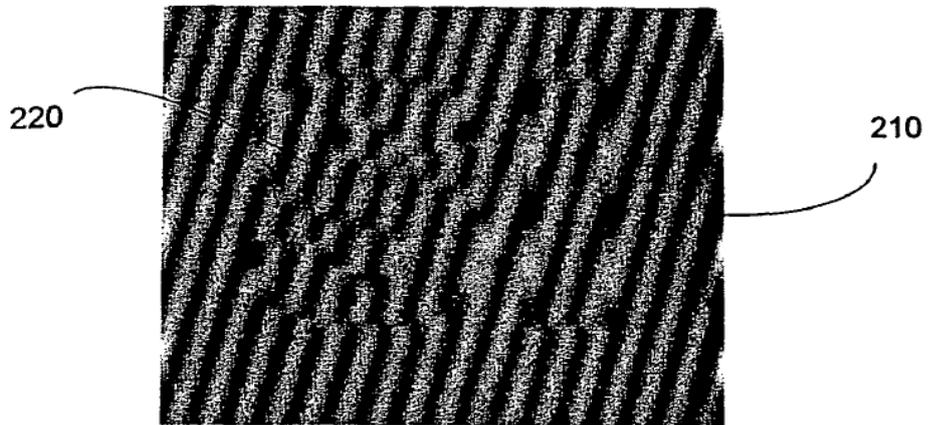


Fig. 5

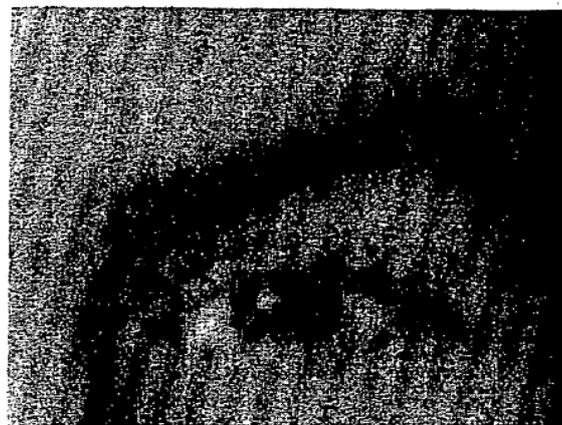


Fig. 6

FIG. 7

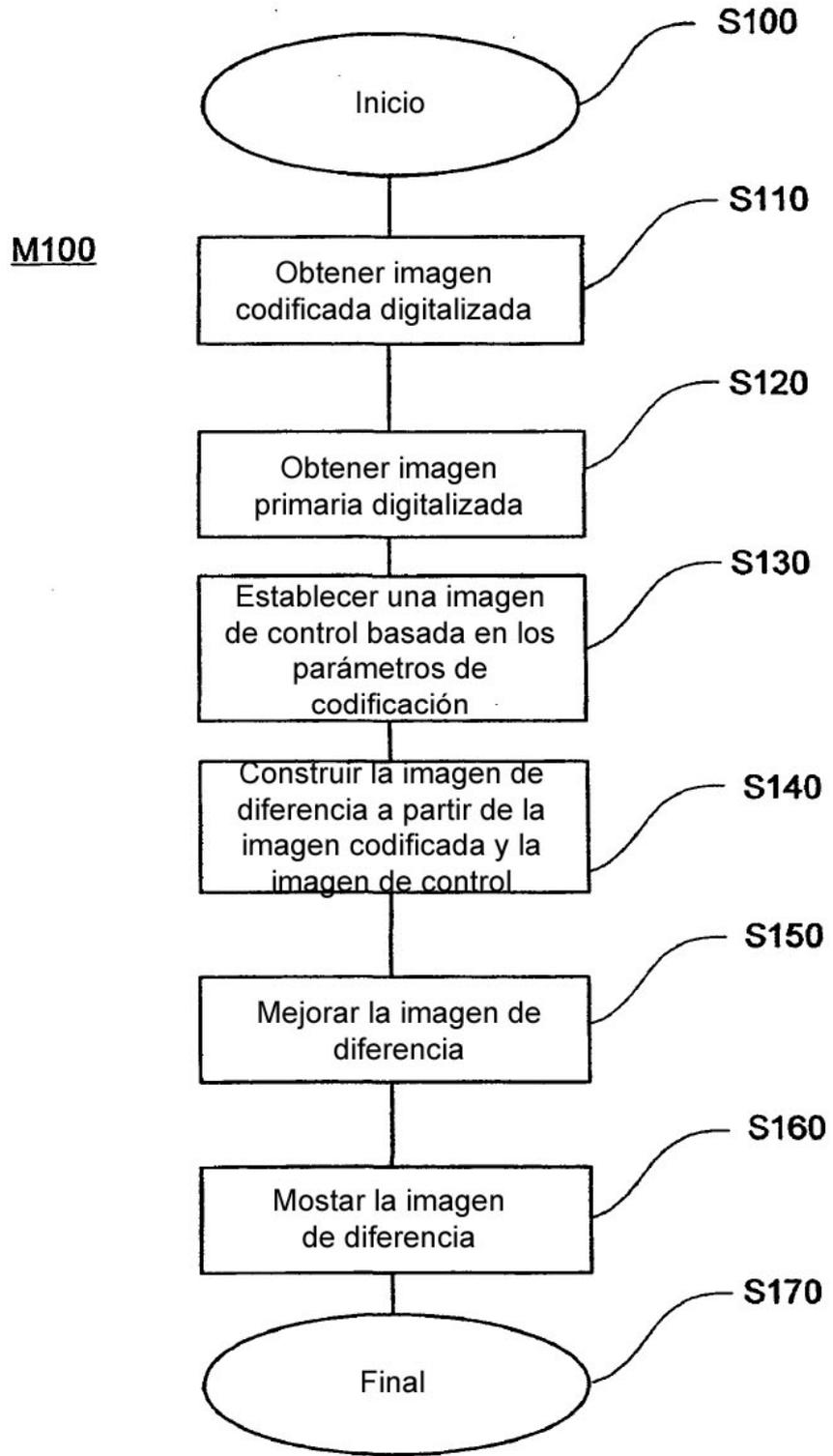


FIG. 8

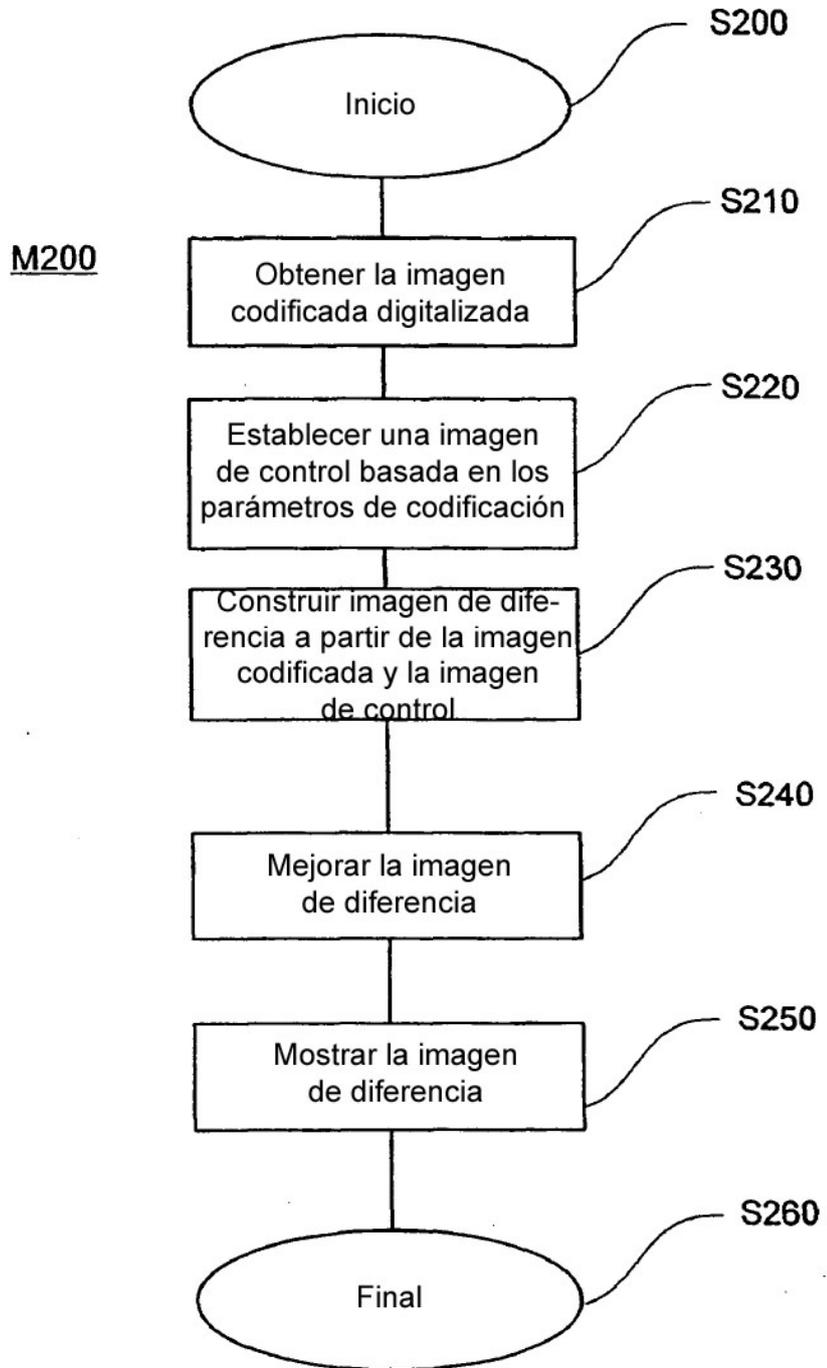
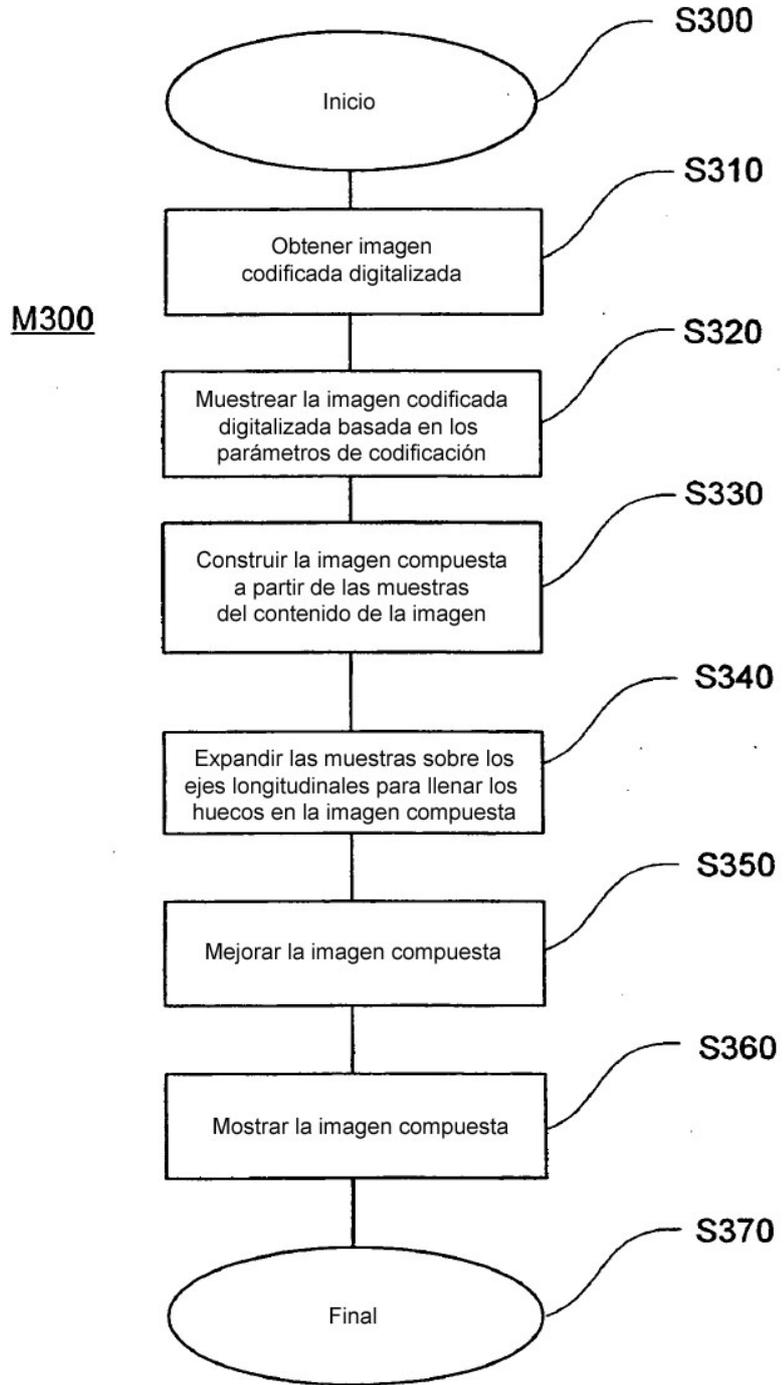


FIG. 9



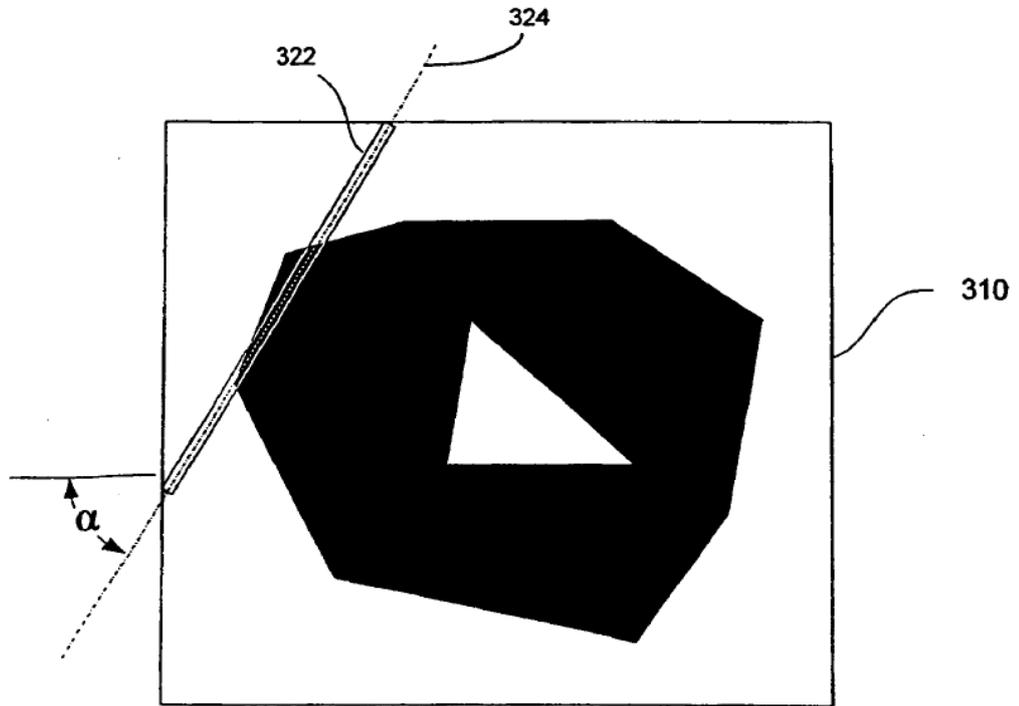


FIG. 10

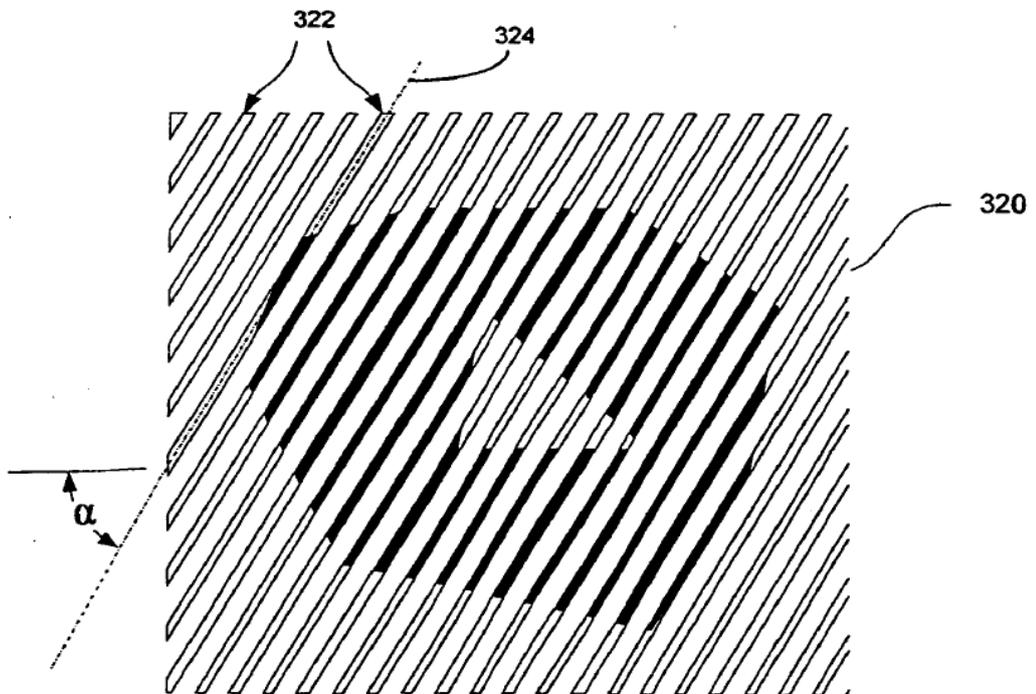
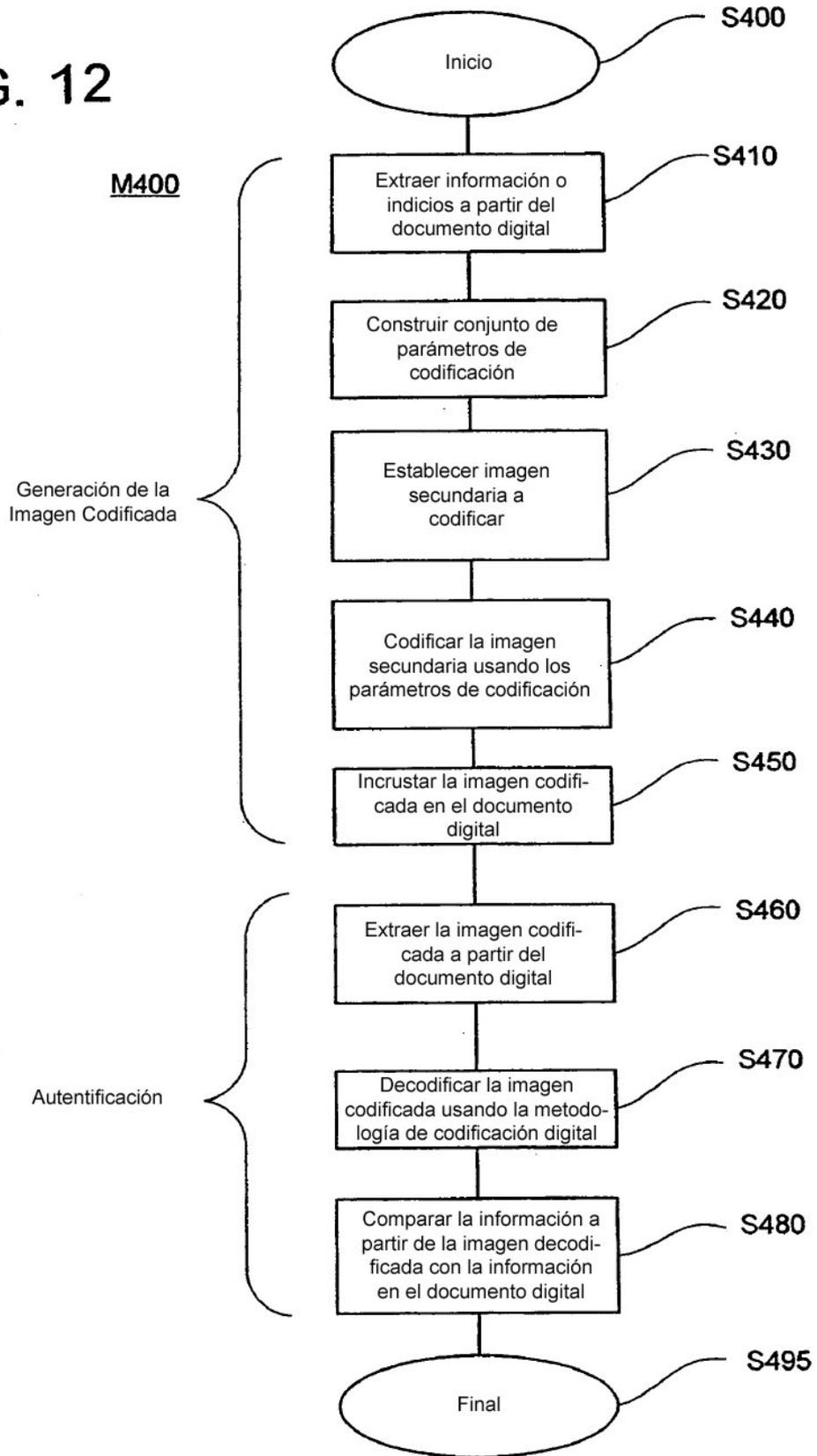


FIG. 11

FIG. 12



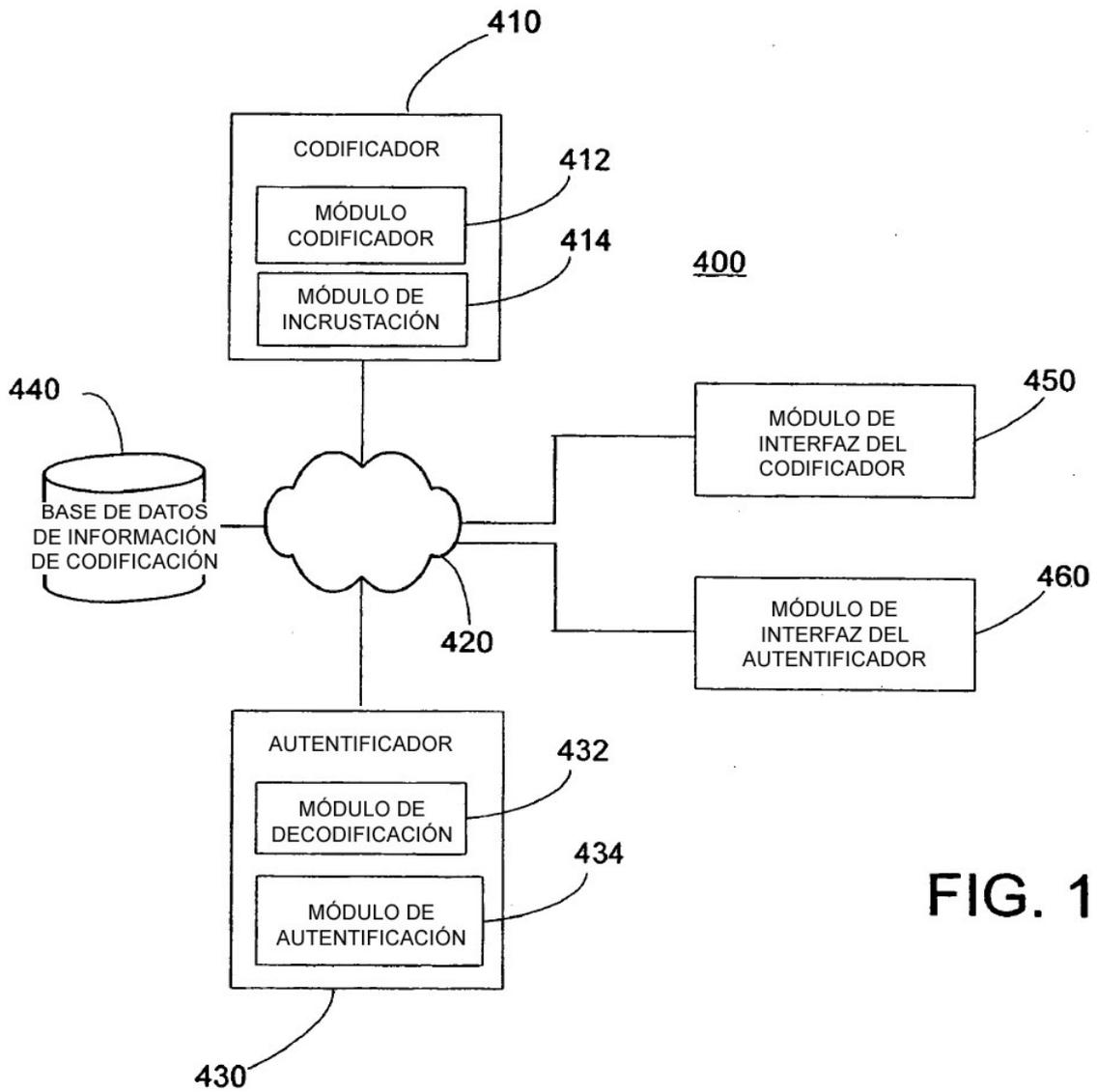


FIG. 13

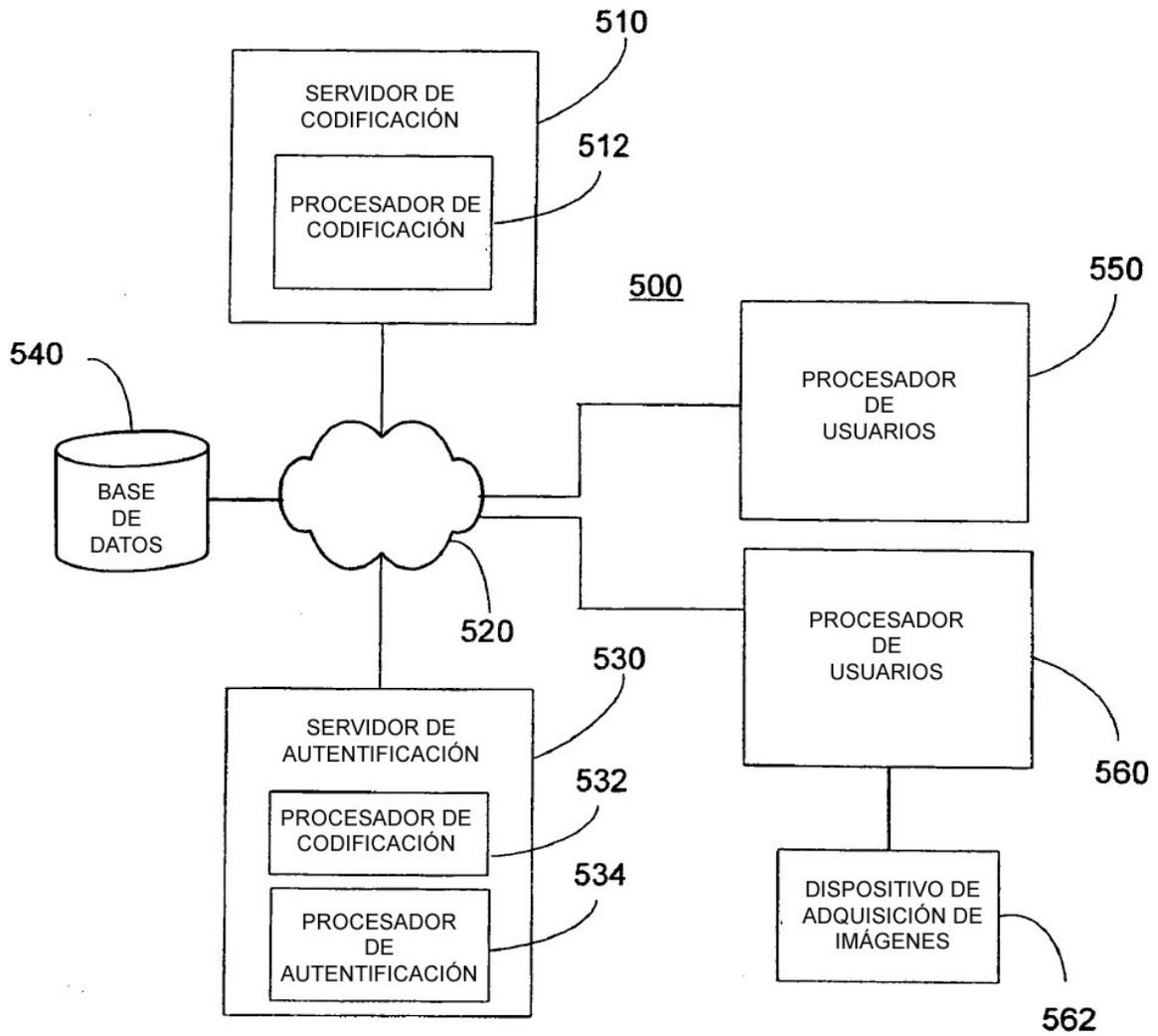


FIG. 14

FIG. 15

M500

