

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 484**

51 Int. Cl.:

A61B 3/113 (2006.01)

A61B 3/024 (2006.01)

G06F 3/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2016 E 16305042 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 3192434**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de determinación de los movimientos oculares por interfaz táctil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2019

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (50.0%)**

3 rue Michel Ange

75016 Paris, FR y

UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1 (50.0%)

72 Inventor/es:

SIRIGU, ANGELA;

DUHAMEL, JEAN-RENÉ y

LIO, GUILLAUME

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 702 484 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).

DESCRIPCION

Dispositivo y procedimiento de determinación de los movimientos oculares por interfaz táctil

La invención se refiere al seguimiento de los movimientos oculares, y en particular a los dispositivos destinados a registrar con precisión los movimientos oculares.

5 El ojo humano explora el espacio visual por medio de desplazamientos rápidos de la mirada, llamados movimientos entrecortados oculares, que alternan con periodos de fijación de la mirada más o menos largos. Estos movimientos son necesarios pues en un instante dado, la imagen retiniana solo es nítida en un margen de algunos grados de ángulo visual, correspondiente a la región central de la retina, llamada fóvea. La sensación subjetiva de disponer de un amplio campo visual, coloreado y detallado, de un ángulo de aproximadamente 120°, es el resultado en realidad
10 de un proceso de construcción operado a nivel cortical, integrando las vistas sucesivas obtenidas por medio de secuencias de exploración ocular o visual.

La exploración visual es una tarea natural y nada molesta realizada permanentemente por el ojo humano. La exploración visual optimizada implica un gran número de capacidades perceptivas, motrices y cognoscitivas. Así, el registro, la cuantificación y el análisis de los comportamientos oculares es un método particularmente adaptado para
15 la detección de una patología, debido a una exploración visual característica de esta patología.

A título de ejemplo:

- un comportamiento de evitamiento de la mirada puede ser característico de trastornos del espectro autista;
- una exploración visual focalizada sobre la mitad de una escena podrá indicar una negligencia espacial unilateral.

20 Así, desde un punto de vista clínico, la oculometría es un método con fuerte potencial para el diagnóstico y el seguimiento de patologías neuro-psiquiátricas.

Más allá del ámbito médico, se observa igualmente que la visión y el comportamiento de observación son generalmente buenos medios de predecir una acción futura. En efecto, se mira a menudo un objeto antes de cogerlo e, igualmente, no se coge un objeto que no se ha visto. Este simple ejemplo hace de la oculometría una
25 herramienta muy utilizada en ergonomía, para la optimización de las interfaces hombres-máquinas, los envases de producto o los documentos publicitarios particularmente.

Entre las herramientas conocidas utilizadas para analizar de forma precisa la exploración visual por un observador o sujeto, se pueden citar los dispositivos de oculometría. Un dispositivo de oculometría realiza usualmente el registro de los movimientos oculares de un observador basándose en un sistema que incluye un visualizador, una o varias
30 cámaras de alta velocidad, uno o varios iluminadores de infrarrojos, procesadores de cálculo y una secuencia lógica adaptada. Tales dispositivos de oculometría realizan mediciones precisas de la exploración ocular pero presentan un coste de adquisición y de utilización muy elevado. Tales dispositivos de oculometría no son por consiguiente accesibles para el público en general. Debido a la limitación al acceso de tales dispositivos, los estudios pueden difícilmente ser realizados en un número de observadores suficiente para garantizar su fiabilidad.

35 El documento US 2011/270123 describe un dispositivo de detección del movimiento de los ojos que comprende un visualizador táctil, una memoria digital que memoriza las imágenes de angiografía CT, un procesador configurado para determinar las fijaciones de los ojos y los movimientos entrecortados y para ampliar la imagen en correspondencia con la dirección de fijación.

40 El documento US 2011/205167 describe una tablet de visualizador táctil en el cual el usuario debe perseguir un blanco con el dedo. Las posiciones sucesivas del blanco y del dedo son registradas y comparadas entre sí.

Por otro lado, tales dispositivos de oculometría necesitan una utilización en un entorno controlado, con fases de calibración obligatorias para los movimientos del observador, siendo estas condiciones a veces incompatibles con algunas patologías de los observadores o con observadores que presentan una menor concentración tales como los niños. El observador debe particularmente lo más a menudo colocarse a una distancia controlada del visualizador,
45 sin moverse y arrellanado con la ayuda de una mentonera ortóptica.

La invención trata de resolver uno o varios de estos inconvenientes.

La invención se refiere así a un dispositivo para la determinación de movimientos oculares, que comprende:

- un visualizador táctil;
- una memoria digital que memoriza una imagen incluyendo al menos un punto de interés;
- 50 - un dispositivo de tratamiento, configurado para realizar una repetición de etapas de:

- determinación de la posición de un punto de contacto de un usuario con el visualizador táctil y localización de la posición correspondiente en la imagen en curso de visualizado en el visualizador táctil;
- generación de una imagen degradada a partir de la imagen memorizada, siendo la imagen degradada:
 - 5 - sustancialmente idéntica a la imagen memorizada en una zona nítida que incluye la posición del punto de contacto determinada y sus alrededores;
 - degradada con un parámetro de degradación periférico más allá de la zona nítida;
- representación en el visualizador táctil de la imagen degradada generada;
- el registro de las posiciones sucesivas del punto de contacto con el visualizador táctil.

La invención se refiere igualmente a un procedimiento que comprende las etapas de:

- 10 - provisión de un dispositivo que incluye un visualizador táctil y una memoria digital que memoriza una imagen que incluye al menos un punto de interés;
- repetición de las etapas de:
- determinación de la posición de un punto de contacto de un usuario con el visualizador táctil y localización de la posición correspondiente en una imagen en curso de visualizado en el visualizador táctil;
- 15 - generación de una imagen degradada a partir de la imagen memorizada, siendo la imagen degradada:
 - sustancialmente idéntica a la imagen memorizada en una zona nítida que incluye la posición del punto de contacto determinada y sus alrededores;
 - degradada con un parámetro de degradación periférico más allá de la zona nítida;
 - visualizado en el visualizador táctil de la imagen degradada generada;
- 20 - registro de las posiciones sucesivas del punto de contacto con el visualizador táctil.

La invención se refiere igualmente a las variantes siguientes. El experto en la materia comprenderá que cada una de las características de las variantes siguientes puede combinarse independientemente con las características indicadas más arriba, sin constituir por ello una generalización intermediaria.

- 25 Según otra variante, la indicada imagen degradada es generada por aplicación de un desenfoque de la imagen memorizada más allá de la zona nítida.

De acuerdo todavía con una variante, la generación de la imagen degradada a partir de la imagen memorizada se configura para que un índice SSIM medio entre la imagen memorizada y la imagen degradada esté comprendido entre un 0,4 y un 0,8 y en el cual la relación entre la superficie de la zona nítida y la superficie de la imagen degradada generada está comprendida entre 0,01 y 0,5.

- 30 De acuerdo todavía con otra variante, la generación de la imagen degradada a partir de la imagen memorizada está configurada para que un índice SSIM medio entre la imagen memorizada y la imagen degradada esté comprendido entre un 0,4 y un 0,7 y en el cual la relación entre la superficie de la zona nítida y la superficie de la imagen degradada generada esté comprendida entre un 0,01 y un 0,15.

- 35 Según una variante, la indicada zona nítida incluye un círculo de un diámetro de al menos 8 mm por encima del punto de contacto.

Según todavía una variante, la posición del punto de contacto del usuario con el visualizador táctil es contrastada con un periodo de tiempo comprendido entre 10 y 50 ms.

De acuerdo todavía con otra variante, la mencionada repetición de etapas es ejecutada durante un tiempo de al menos igual a 5 segundos.

- 40 Según otra variante, la imagen memorizada ilustra varios seres vivos que forman cada uno al menos un punto de interés.

Según todavía una variante, el procedimiento comprende:

- 45 - la ejecución de un procedimiento de determinación de movimientos oculares tal como se ha descrito anteriormente;
- la comparación entre las posiciones sucesivas registradas del punto de contacto y una trayectoria de exploración visual de referencia;
- la determinación de una anomalía de exploración visual cuando las posiciones sucesivas registradas del punto de contacto divergen de la trayectoria de exploración visual de referencia más allá de un cierto

umbral.

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán claramente de la descripción que es realizada a continuación, a título indicativo y en modo alguno limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista en sección esquemática de un ojo humano;
- 5 - la figura 2 es un diagrama de agudeza visual relativa en función de un ángulo con relación a la fóvea;
- las figuras 3 a 6 ilustran una imagen y un ejemplo de movimiento ocular en función de centros de interés de la imagen;
- la figura 7 ilustra un ejemplo de percepción instantánea de la imagen de la figura 3 en la focalización sobre un centro de interés;
- 10 - la figura 8 es una representación esquemática de un dispositivo de determinación de los movimientos oculares según un ejemplo de modo de realización de la invención;
- la figura 9 es una representación de un ejemplo de imagen memorizada en un dispositivo de determinación de los movimientos oculares;
- 15 - la figura 10 es una representación de una imagen totalmente desenfocada generada a partir de la imagen memorizada de la figura 9;
- la figura 11 es una representación de un ejemplo de imagen visualizada en función del punto de contacto del usuario con el dispositivo de determinación de los movimientos oculares;
- la figura 12 es un ejemplo de imagen degradada generada a partir de una imagen que contiene informaciones alfanuméricas;
- 20 - la figura 13 es un diagrama que ilustra parámetros que garantizan una exploración ocular óptima por mediación del dispositivo.

La figura 1 es una vista en sección esquemática de un ojo humano 9. Las informaciones luminosas penetran en el ojo por la córnea 94, atraviesan el humor acuoso 95, el cristalino 93, el humor vítreo 96, antes de alcanzar la retina 91 que contiene los receptores fotosensibles. Una zona ciega 98 está definida a nivel del nervio óptico 97.

- 25 La visión humana se extiende en una amplia región de aproximadamente 120° de ángulo visual en visión binocular. Sin embargo, el hombre solo percibe plenamente los detalles y los colores en una parte reducida de su campo visual, llamada región fóvea. La región fóvea (zona de la retina 91 ilustrada por el sobreespesor 92) se extiende según un ángulo de semi-apertura comprendido entre 1 y 2°. Más allá de la región fóvea, la densidad de los fotorreceptores que cubre la retina humana disminuye fuertemente, primero en una región parafóvea que se
- 30 extiende hasta un ángulo de semi-apertura de aproximadamente 5°, luego en una región periférica para un ángulo de semi-apertura superior a 5°.

- Un ejemplo de diagrama de densidad de células fotorreceptoras del ojo humano se ilustra en la figura 2. Se ha representado en ordenada la agudeza visual relativa, y en abscisa el ángulo con relación a la región fóvea. La visión humana, presenta un poder de discriminación de los detalles relativamente mediocre más allá de la región fóvea, como si la escena observada estuviese desenfocada.
- 35

- No obstante de eso, la percepción humana del entorno está coloreada y muy detallada. En efecto, para coger el espacio de entorno, los ojos se encuentran en movimiento permanente para capturar múltiples imágenes. Estas diferentes imágenes son seguidamente ensambladas por el cerebro. La imagen global de la cual el ser humano tiene conciencia es así en realidad el resultado de la integración de la exploración permanente del entorno por el sistema
- 40 oculomotor. El registro de los movimientos del ojo son así muy informativos respecto a un eventual disfuncionamiento cognoscitivo.

En particular, no obstante, la disminución rápida de la densidad de fotorreceptores sobre la retina, el sistema oculomotor humano es capaz de extraer un gran número de informaciones de la región periférica para guiar el comportamiento de explotación oculomotor.

- 45 La figura 3 ilustra un ejemplo de imagen 8 que comprende varios puntos de interés. Los principales puntos de interés son aquí la cara 81 de un mono adulto y la cara 82 de un mono joven. Las figuras 4 a 6 ilustran un ejemplo de movimiento ocular en función de estos puntos de interés.

- En la figura 4, la imagen 8 presenta a un sujeto. La atención y la mirada del sujeto son captados por la cara 81 del mono adulto. La visión del sujeto es nítida y detallada en una región 83 que incluye la cara 81, y correspondiente a la
- 50 región fóvea. La región 83 está rodeada por la región parafóvea 84, en la cual la resolución visual es claramente menos importante. La visión periférica por fuera de la región parafóvea 84 tiene una resolución aún menos importante. La figura 7 ilustra la percepción 89 de la imagen 8 de la figura 3 por el sujeto, cuando la región fóvea 83

está centrada sobre la cara 81. La región fovea 83 se muestra nítida, la región parafovea 84 es percibida moderadamente desenfocada, y la región periférica es percibida más fuertemente desenfocada.

5 En la figura 5, basándose en la formación de alta resolución de la región fovea 83 y en la información de baja resolución de la visión periférica, el sujeto es capaz de determinar la cara 82 del joven mono como otro punto de interés en la imagen 8.

Como se ha ilustrado por la figura 6, con el fin de obtener una visión detallada de este otro punto de interés, un movimiento ocular rápido, llamado de movimientos entrecortados, permite desplazar la región fovea 83 hacia la cara 82.

10 La invención trata de visualizar en una pantalla táctil una imagen degradada, que corresponde por ejemplo a la figura 7, a partir de una imagen memorizada correspondiente por ejemplo a la figura 3. La imagen degradada trata de reproducir la degradación de agudeza visual entre la región fovea y la región periférica.

15 Un ejemplo de dispositivo de determinación de movimientos oculares 1, para la puesta en práctica de la invención, se ilustra en la figura 8. El dispositivo 1 es por ejemplo utilizado en forma de un teléfono móvil o de una tablet táctil. El dispositivo 1 comprende un visualizador táctil 11. El dispositivo 1 comprende una memoria digital 14, que memoriza una o varias imágenes. Cada imagen memorizada comprende uno o varios puntos de interés. Las imágenes pueden ser proporcionadas por un servidor distante y ser memorizadas solo transitoriamente en la memoria digital 14. El dispositivo 1 comprende por otro lado un dispositivo de tratamiento 13, por ejemplo realizado en forma de un procesador controlado por una aplicación de software. El dispositivo de tratamiento 13 es susceptible de leer las imágenes memorizadas en la memoria digital 14. El dispositivo 1 comprende por otro lado una interfaz de comunicación 12, para controlar el visualizado del visualizador táctil 11 y para recuperar las coordenadas de un punto de contacto con el visualizador táctil 11. La interfaz de comunicación está conectada con un dispositivo de tratamiento 13. Un dispositivo 1 que presenta una estructura material de uso corriente puede por consiguiente ser utilizada, lo cual permite poner en práctica la invención con un dispositivo que presenta un precio de coste reducido.

25 La figura 9 ilustra un ejemplo simplificado de una imagen 300 memorizada en el dispositivo de almacenado 14 del dispositivo. La imagen 300 comprende un punto de interés 301. El punto de interés 301 presenta por ejemplo una superficie reducida y un contraste luminoso o coloreado con relación a un fondo 302 de la imagen 300. En el ejemplo ilustrado, el punto de interés 301 es una superficie en el interior de una línea curva, más oscura y más pequeña que un fondo 302 con líneas de trazo interrumpido. La imagen 300 es aquí únicamente proporcionada a título ilustrativo, pudiendo cualquier otra imagen que comprenda uno o varios puntos de interés de forma conocida en sí por el experto en la materia, ser igualmente utilizada.

30 La figura 10 ilustra una imagen íntegramente degradada 310, generada a partir de la imagen 300 memorizada. Por íntegramente degradada, se entiende que la imagen 310 está degradada en toda su superficie. La imagen degradada 310 es aquí un caso particular generado por desenfoco de la integridad de la superficie de la imagen 300. La imagen íntegramente degradada 310 comprende así una zona desenfocada 311 que corresponde al desenfoco del punto de interés 301 de la imagen 300, y una zona desenfocada 312 que corresponde al desenfoco del fondo 302.

35 La imagen íntegramente degradada 310 puede ser la primera imagen visualizada en el visualizador táctil 11 para determinar la exploración visual por medio de mediciones de la exploración táctil. Esta imagen 310 puede así servir de iniciación de la exploración táctil, pudiendo el sujeto distinguir la zona desenfocada 311 correspondiente al punto de interés 301. El primer punto de contacto del sujeto se posicionará por consiguiente muy probablemente en la zona desenfocada 311.

40 La figura 11 ilustra una imagen parcialmente degradada 320, generada a partir de la imagen 300 memorizada. La imagen parcialmente degradada 320 comprende una zona nítida 324 en la cual la imagen 320 es sustancialmente idéntica a la imagen memorizada 300, en particular, la zona 326 corresponde a la parte del punto de interés 301 presente en la zona nítida 324. Se determina la posición del último punto de contacto 325 con relación a la imagen en curso de visualizado. La zona nítida 324 está posicionada para incluir la posición del último punto de contacto 325 determinado y sus alrededores. Por razones de ergonomía, la zona nítida 324 está aquí posicionada por encima del punto de contacto 325, de forma que la zona nítida 324 no sea ocultada por el dedo del sujeto. A continuación, se describirá un punto de contacto 325 definido con el dedo del sujeto, se puede igualmente considerar un punto de contacto con un estilete o cualquier otro dispositivo de apunte.

45 La imagen parcialmente degradada 320 comprende una zona degradada 323 en la periferia de la zona nítida 324. La zona degradada 321 corresponde a la zona desenfocada 311 del punto de interés 301 presente en la zona degradada 323. La degradación de la zona 324 permite a la vez

55 - visualizar informaciones respecto a otras zonas del punto de interés 301, que corresponden a una visión periférica, de forma que este visualizado suscite un comportamiento exploratorio para descubrir estas informaciones:

- obligar al sujeto a realizar una exploración táctil hacia la zona degradada 323 para descubrir estas informaciones, de forma que el desplazamiento táctil corresponda a una exploración ocular. Si la imagen periférica es nítida, el usuario podría realizar una exploración visual de la imagen visualizada, sin desplazar su dedo.

5 La zona 323 trata por ejemplo de hacer no perceptibles las microestructuras de la imagen, manteniendo las macroestructuras. En efecto, las macroestructuras de una imagen visualizada son detectables en visión periférica y suscitan una exploración visual de esta imagen.

En la práctica, el dispositivo 1 puede poner en práctica el procedimiento siguiente:

- 10 - el lanzamiento de la determinación de los movimientos oculares visualizando la imagen 310 en el visualizador táctil 11;
- desde la determinación de un punto de contacto 325 con el visualizador táctil 11, la localización de la posición correspondiente con relación a la imagen 310. Esta determinación del primer contacto es eventualmente el disparador de una temporización para limitar la duración del procedimiento;
- 15 - la generación de una primera imagen degradada 320 a partir de la imagen memorizada 300, con la zona clara 324 incluyendo la posición del punto de contacto 325 determinada y sus contornos, con la zona degradada 323 correspondiente a la degradación de la imagen 300 con un parámetro de degradación periférica;
- la repetición de las etapas sucesivas siguientes:
 - 20 - la determinación de la posición del último punto de contacto 325 con el visualizador táctil 11 y la localización de la posición correspondiente en la imagen degradada en curso de visualizado;
 - registro de la posición del último punto de contacto 325 con el visualizador táctil 11;
 - la generación de una nueva imagen degradada 320 a partir de la imagen memorizada 300, siendo la nueva imagen degradada sustancialmente idéntica a la imagen memorizada 300 en la zona nítida 324 que incluye la posición del último punto de contacto 325 y sus alrededores, con la zona degradada 323 correspondiente a la degradación de la imagen 300 con el parámetro de degradación periférico;
 - 25 - el visualizado en el visualizador táctil 11 de la nueva imagen degradada 320;
 - la comprobación si una condición de fin de ensayo es alcanzada (por ejemplo si el tiempo de exploración táctil ha alcanzado un umbral predeterminado o si la distancia de exploración táctil ha alcanzado un umbral predeterminado).
 - 30

La degradación entre una imagen memorizada 300 y una imagen degradada 320 puede ser determinada por medio de un índice SSIM, según el procedimiento descrito en la publicación titulada 'Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity', publicada por Mrs Zhou Wang et al, el 4 de Abril de 2004 en 'IEEE transactions on image Processing' volumen 13 número 4.

35 La zona nítida 324 de la imagen 320 es sustancialmente idéntica a la misma zona de la imagen memorizada 300. Se puede por ejemplo considerar que la zona nítida 324 de la imagen degradada 320 es sustancialmente idéntica a la zona correspondiente de la imagen memorizada 300 si el índice SSIM medio calculado entre estas dos zonas es al menos igual a 0,9.

40 Se puede igualmente considerar que la zona 323 utiliza un parámetro de degradación óptimo correspondiente a la visión periférica, si el índice SSIM medio calculado entre la zona desenfocada 311 y el punto de interés 301 (o entre la zona de punto de interés 321 de la zona 323 y la zona correspondiente del punto de interés 301 en la imagen 300) está ventajosamente comprendido entre un 0,4 y un 0,8, de preferencia entre un 0,4 y un 0,7, por ejemplo entre un 0,45 y un 0,65 para favorecer la exploración visual. Una degradación de este tipo garantiza particularmente que la región periférica comprenderá suficientemente informaciones para suscitar una exploración visual y táctil, y no una cantidad de informaciones excesiva, de forma que la región periférica sea bastante representativa de la baja agudeza visual correspondiente.

Un índice SSIM medio demasiado bajo retira demasiadas informaciones de la zona 323 para suscitar una explotación óptima. Un índice SSIM medio demasiado elevado mantiene demasiadas informaciones en la zona 323, para que el sujeto desplace su dedo según una exploración fiel a su exploración ocular.

50 El índice SSIM medio entre el punto de interés 301 y la zona degradada 311, se designará en lo que sigue por el índice SSIMm. El índice SSIMm será por ejemplo calculado como sigue para un conjunto de puntos de interés 301:

- un conjunto de regiones de interés 301, constituido por zonas salientes, es seleccionado en la imagen 300. Por ejemplo, en el caso de una fotografía, se trata de las regiones sobre las cuales se ha realizado la puesta en el punto. Las regiones desenfocadas y/o uniformes presentan generalmente poco interés para el sujeto que realiza una exploración visual. Las zonas desenfocadas 311 de la imagen 310 corresponden a
- 55

estas regiones de interés 301;

- las regiones de interés 301 y las zonas desenfocadas 311 se convierten en un número limitado de niveles de luminancia, por ejemplo 256;
- un índice SSIM se calcula con parámetros $K1=0,01$ y $K2=0,03$, de forma local con la ayuda de una ventana de ponderación gaussiana, simétrica y circular de un tamaño de 11×11 píxeles y de diferencia tipo 1,5 píxeles;
- la tarjeta de los índices SSIM I_{ssim} obtenida es interpolada a las dimensiones de las regiones de interés 301 y de las zonas desenfocadas 311. Se obtiene así un valor de índice SSIM por píxel;
- el valor medio SSIMm de los valores de índices SSIM se calcula en las regiones de interés.

5
10
15
Ventajosamente, la superficie de la zona nítida 324 es lo suficientemente reducida para que los movimientos del dedo del sujeto sean fieles a sus movimientos oculares. Si se designa por S1 la superficie de la zona nítida 324 y por S2 la superficie de la imagen degradada 320 tal como se visualizado en el visualizador táctil 11, la relación S1/S2 es de preferencia como máximo igual a 0,5, incluso como máximo igual a 0,15, de forma que la exploración visual necesita un desplazamiento del punto de contacto del dedo. De preferencia, S1 es como máximo igual a 60 cm^2 , y de preferencia como máximo igual a 25 cm^2 . Más allá de estas dimensiones, se podrá considerar que la zona nítida 324 presenta una superficie demasiado importante con relación a la visión fovea.

20
La relación S1/S2 es de preferencia al menos igual a 0,01, incluso al menos igual a 0,02, de forma que la zona clara 324 sea lo suficientemente discernible por el sujeto, y de forma que la adaptación visual no sea excesivamente penosa para el sujeto. Para un niño, o para analizar un texto con un estilete, la relación S1/S2 puede ser inferior. Una dimensión de la zona nítida 324 de este tipo está igualmente adaptada para un visualizador táctil 11 de tamaño reducido con una resolución relativamente baja. De preferencia, S1 es al menos igual a 2 cm^2 , y de preferencia al menos igual a 3 cm^2 . La zona nítida 324 incluye de preferencia un círculo con un diámetro de al menos 8 mm por encima del punto de contacto 325, de preferencia de al menos 12 mm.

25
30
35
La figura 13 es un diagrama que ilustra esquemáticamente los parámetros que garantizan una exploración ocular óptima por mediación del dispositivo. El diagrama proporciona la relación S1/S2 en abscisa, y el parámetro SSIMm en ordenada (entre el punto de interés 301 y la zona desenfocada 311). La zona correspondiente a la referencia 55 permite una exploración visual óptima con una buena fidelidad entre el desplazamiento del dedo y los movimientos oculares. La zona 50 corresponde a la exigencia de superficie máxima de la zona nítida 324 que induce una exploración táctil fiel a la exploración visual. La zona 51 corresponde a un tamaño excesivo de la zona nítida 324 para que la exploración táctil corresponda a la exploración visual de forma fiel. La zona 52 corresponde a una degradación insuficiente en la zona 323 para conducir a una exploración táctil fiel a la exploración visual. La zona 53 corresponde a una degradación apropiada para suprimir las microestructuras del punto de interés 301, manteniendo las estructuras principales. Una degradación de este tipo se muestra apropiada para solicitar una exploración táctil. La zona 54 corresponde a una degradación excesiva de la imagen en la zona 323, correspondiente por ejemplo a una pérdida de las macroestructuras de la zona 321. Una degradación excesiva de este tipo altera a la vez la exploración visual y la exploración táctil.

40
Una variedad muy grande de procedimientos de degradación de imagen puede ser utilizada. Se puede particularmente considerar una degradación de la imagen memorizada 300 para generar la zona degradada 323, mediante aplicación de un desenfoco gaussiano, aplicación de un filtro medio, aplicación de un sub-contrastado, o codificado JPEG con un porcentaje de compresión muy elevado.

45
50
La figura 12 ilustra esquemáticamente una imagen parcialmente degradada 400, en la cual los puntos de interés de la imagen memorizada son caracteres alfanuméricos. La imagen 400 comprende una zona nítida 404 que incluye un punto de contacto 405 del sujeto con el visualizador táctil. Se distinguen caracteres alfanuméricos netos en el interior de la zona 404. En el exterior de la zona nítida 404, se encuentra una zona degradada 403 que comprende caracteres alfanuméricos degradados 406. Los caracteres 406 son aquí descifrables pero la degradación aplicada en la práctica es ventajosamente realizada de forma que los haga localizables, pero no legibles, con el fin de suscitar una exploración. La dimensión de la zona nítida 404 puede ser adaptada a la dimensión de los caracteres alfanuméricos, pudiendo la zona nítida por ejemplo incluir entre 1 y 20 caracteres alfanuméricos en su totalidad. El tamaño de la zona nítida 404 puede ser parametrizable, por ejemplo, para permitir solicitar al sujeto e incitarlo a leer un texto;

Se realizaron ensayos para confirmar la excelente correlación entre la exploración ocular medida por oculometría, y la exploración táctil medida por un procedimiento según la invención. Para ello, la exploración táctil con un procedimiento de determinación de movimiento ocular según la invención se comparó con una exploración ocular realizada con un dispositivo de oculometría de referencia.

55
Los parámetros del ensayo de exploración ocular de referencia, medida por oculometría, son los siguientes. Este ensayo de exploración ocular de referencia fue realizado con un sistema distribuido bajo la referencia comercial TOBII Serie 50, asociado con un programa de software de pretratamiento de datos distribuido bajo la referencia

comercial Clearview. Los ensayos fueron realizados en 5 sujetos sanos.

El protocolo de presentación de varias imágenes de ensayo siguió el procedimiento siguiente:

-1- Visualizado de una cruz de fijación en una pantalla, luego espera del desencadenamiento del ensayo por el sujeto por mediación de un botón;

5 -2- Visualizado previo de una cruz de fijación durante 1s en la pantalla;

-3- Visualizado y exploración libre de una imagen de ensayo no desenfocada durante 6 s.

-4- Retorno a la etapa 1.

10 Un total de 66 imágenes fueron presentadas a cada sujeto en una pantalla con una resolución de 1280x1024 píxeles, a una distancia ojo-pantalla de 60 cm (o sea aproximadamente 40 píxeles/grado de ángulo visual). La resolución de cada imagen fue optimizada para una visualización sin modificación en pantallas de resolución de 1280x1024 y 1366x768.

Los estímulos o puntos de interés fueron seleccionados para incluir dos series de imágenes que representan escenas sociales humanas (32 imágenes) o monos de diferentes especies (34 imágenes).

Las escenas sociales humanas fueron seleccionadas por varias razones:

- 15
- una buena comprensión de una escena social necesita un comportamiento de exploración ocular específico, previsible y fácilmente cuantificable;
 - una explotación ocular óptima de una escena social necesita un funcionamiento cognoscitivo intacto;
 - una exploración ocular deficitaria de una escena social puede adelantar un trastorno cognoscitivo potencialmente discapacitante;
- 20
- las dificultades de comprensión de las escenas sociales probadas están presentes en numerosas patologías neurológicas y psiquiátricas (Trastorno que invade el desarrollo, autismo, esquizofrenia, demencia, etc.).

25 Los movimientos oculares han sido modelizados por un modelo de movimientos entrecortados/fijaciones por el programa de software de pretratamiento. Solo las fijaciones por un tiempo igual o superior a 100 ms han sido retenidas en los análisis. Por cada sujeto y cada imagen, un plano de calor es estimado por núcleo (o método de Parzen-Rozenblatt) con la ayuda de un núcleo gaussiano de dispersión 500 píxeles ($\sigma \approx 22.4$ píxeles $\approx 0,5^\circ$ de ángulo visual) ponderado por el tiempo de fijación. Por último, un plano de calor es calculado para cada estímulo como la media de los planos de calor individuales normalizados.

30 Los planos de calores obtenidos son bien características de la exploración ocular de escenas sociales. Los diferentes protagonistas de las escenas sociales son bien detectados por los sujetos sanos. De forma usual, los sujetos tienen tendencia a focalizar la región de los ojos llegado el caso.

35 La determinación de los movimientos oculares por mediación de la exploración táctil ha sido realizada como sigue. Cada imagen fue visualizada en una pantalla táctil con una resolución de 1366 por 768 píxeles. Por cada imagen memorizada, se generó una imagen degradada, para simular la disminución de resolución espacial entre la visión fovea, la visión periférica, y la visión periférica. Esta simulación de disminución de resolución espacial se realizó manteniendo una zona nítida a nivel del punto de contacto y sus alrededores para simular la visión fovea. La zona nítida fue dimensionada para corresponder a un ángulo de semi-apertura de 2° con relación al ojo del sujeto, o sea un círculo con un radio de 80 píxeles. La zona nítida por consiguiente fovea, y la zona periférica se generaron por aplicación de una ventana gaussiana con una diferencia tipo de 2° u 80 píxeles en este ejemplo. La visión periférica se simuló por aplicación de un desenfoco gaussiano con una diferencia tipo de 1° en el exterior de la zona periférica.

40 Por razones de ergonomía, la zona nítida se posicionó en la imagen degradada, en una posición ligeramente superior al punto de contacto determinado con la pantalla táctil (25 píxeles). La información colorimétrica fue íntegramente mantenida en la imagen degradada.

45 La exploración táctil fue registrada con los parámetros siguientes:

- las coordenadas de cada punto de contacto en abscisa y ordenada;
- el tiempo de contacto continuo sobre este punto de contacto.

50 Se puede determinar una pseudo fijación ocular cuando el contacto sobre un punto de contacto se mantiene durante un tiempo superior a un periodo de contrastado T_r . Cada pseudofijación puede ser registrada, con su posición y su duración de contacto.

Si los puntos de contacto cambian continuamente, las coordenadas sucesivas de los puntos de contacto se registran con intervalos que corresponden al periodo de contrastado T_r .

5 El valor del periodo de contrastado T_r puede ser fijado por un compromiso entre la resolución temporal necesaria para un buen registro del movimiento táctil, y las capacidades táctiles del dispositivo de registro. Un periodo de contrastado T_r comprendido entre 20 y 30 ms se ha mostrado apropiado, se puede también considerar un periodo de contrastado comprendido entre 10 y 50 ms por ejemplo. Para un dispositivo que presenta una velocidad de regeneración de la imagen débil y/o una capacidad de tratamiento elevada, se pueden utilizar valores de periodos de contrastado mucho más bajos.

10 La medición de los puntos de contacto de los sujetos con la pantalla táctil ha permitido caracterizar que el movimiento del dedo sobre la imagen degradada corresponda a un comportamiento de exploración visual con una correlación muy grande.

15 La exploración táctil según la invención revela movimientos del dedo más lentos que los movimientos del ojo medidos por oculometría. Los tiempos de exploración respectivos de cada imagen han sido adaptados para los dos tipos de exploración, para hacerlos comparables. Se puede por ejemplo interrumpir la exploración táctil después de un tiempo predeterminado superior a un tiempo predeterminado utilizado en oculometría. El tiempo de exploración táctil es ventajosamente al menos igual a 2 segundos, por ejemplo al menos 5 segundos.

20 Se puede igualmente considerar delimitar la duración de exploración táctil interrumpiéndola solamente cuando un umbral de distancia de exploración táctil ha sido franqueado. Este umbral de distancia puede por ejemplo ser expresado en un número de píxeles o en un ángulo de semi-apertura. La distancia de exploración táctil puede ser determinada a partir de una distancia media de exploración visual recorrida por un grupo de sujetos durante un tiempo de 6 segundos. En los ensayos realizados, esta distancia ha sido por ejemplo estimada en 2500 píxeles por imagen, con una diferencia tipo aproximada de 500 píxeles.

25 Por cada sujeto y cada imagen, se calculó un índice de velocidad para cada seudofijación (excepto la primera). Este cálculo se realizó dividiendo la distancia recorrida entre dos seudofijaciones sucesivas (de índice $n-1$ y n por ejemplo), por el tiempo de la última de estas dos seudofijaciones (la del índice n en este ejemplo).

Para cada imagen, se puede considerar excluir las seudofijaciones muy rápidas del análisis, con miras a optimizar los tiempos de cálculo. En efecto, se puede estimar que las seudofijaciones muy rápidas corresponden a seudomovimientos entrecortados, poco portadores de informaciones. Para cada imagen, se puede por ejemplo considerar excluir del análisis los 20% más rápidos de las seudofijaciones.

30 Como para la oculometría, se estimó un plano de calor por núcleo (o método de Parzen-Rozenblatt) para cada sujeto y cada imagen, con la ayuda de un núcleo gaussiano de dispersión 500 píxeles ($\sigma \approx 22.4$ píxeles $\approx 0,5^\circ$ de ángulo visual ponderado por el tiempo de seudofijación. Por último, se calculó un plano de calor por cada estímulo como media de los planos de calor individuales normalizados. Un plano de calor se calculó por cada estímulo como la media de cada uno de los planos de calor de cada sujeto para esta imagen.

35 Por comparación de los planos de calor obtenidas por oculometría y por exploración táctil, se observó una similitud muy grande. Se ha observado particularmente que los planos de calor reflejaban las seudofijaciones en los mismos puntos de interés de una imagen según los dos procedimientos.

40 Se utilizó un primer índice cuantitativo en los planos de calor obtenidos según los dos procedimientos. Este primer índice es una simple medición de correlación entre los planos de calor obtenidos por los dos procedimientos. Valores de correlación comprendidos entre 0,341 y 0,849 fueron observados para imágenes de escenas sociales humanas. Valores de correlación comprendidos entre 0,385 y 0,893 fueron observados para imágenes de escenas sociales de monos. Tales valores de correlación se muestran ya suficientemente elevados para garantizar la fidelidad de la exploración táctil con relación a la exploración ocular. De forma general, se favorecerán las imágenes para los ensayos, ilustrando varios seres vivos, con el fin de incluir escenas sociales, en particular para aplicaciones de
45 identificación de trastornos.

La exploración táctil según la invención es por consiguiente fiel a la exploración ocular, particularmente por el hecho de que la exploración táctil utiliza un acercamiento biomimético, simulando los tratamientos realizados a nivel de la retina del sujeto.

50 La variabilidad de los marcadores de correlación parece estar más en relación con la complejidad de la imagen sometida a ensayo que con una real diferencia de comportamientos de exploración entre los dos procedimientos. En efecto, cuanto más compleja es una imagen, más tendencia tiene el sujeto a realizar movimientos aleatorios en su estrategia de descubrimiento de una imagen.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para la determinación de movimientos oculares, que comprende:

- un visualizador táctil (11),
- una memoria digital (14) que memoriza una imagen (300) incluyendo al menos un punto de interés (301);

5 - un dispositivo de tratamiento (13), configurado para realizar una repetición de etapas de:

- determinación de la posición de un punto de contacto (325) de un usuario con el visualizador táctil (11) y localización de la posición correspondiente en la imagen en curso de visualizado (320) en el visualizador táctil;

10 - generación de una imagen degradada (320) a partir de la imagen memorizada, siendo la imagen degradada:

- sustancialmente idéntica a la imagen memorizada en una zona nítida (324) que incluye la posición del punto de contacto determinada y sus alrededores;
- degradada con un parámetro de degradación periférico más allá de la zona nítida;

- representación en el visualizador táctil (11) de la imagen degradada generada (320);

15 - el registro de las posiciones sucesivas del punto de contacto (325) con el visualizador táctil (11).

2. Procedimiento de determinación de movimientos oculares que comprende:

- la provisión de un dispositivo (1) que incluye un visualizador táctil (11) y una memoria digital (14) que memoriza una imagen (300) que incluye al menos un punto de interés (301);

- la repetición de etapas de:

20 - determinación de la posición de un punto de contacto (325) de un usuario con el visualizador táctil (11) y localización de la posición correspondiente en una imagen en curso de visualización (320) sobre el visualizador táctil;

- generación de una imagen degradada (320) a partir de la imagen memorizada, siendo la imagen degradada:

25 - sustancialmente idéntica a la imagen memorizada en una zona nítida (324) que incluye la posición del punto de contacto (325) determinada y sus alrededores;

- degradada (323) con un parámetro de degradación periférica más allá de la zona nítida;

- visualizado en el visualizador táctil de la imagen degradada generada (320);

- registro de las posiciones sucesivas del punto de contacto con el visualizador táctil.

30 3. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según la reivindicación 2, en el cual la indicada imagen degradada (320) es generada por aplicación de un desenfoque de la imagen memorizada (300) más allá de la zona nítida (324).

35 4. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según la reivindicación 2 o 3, en el cual la generación de la imagen degradada (320) a partir de la imagen memorizada está configurada para que un índice SSIM medio entre la imagen memorizada (300) y la imagen degradada (320) esté comprendido entre un 0,4 y un 0,8 y en el cual la relación entre la superficie de la zona nítida (324) y la superficie de la imagen degradada generada (320) está comprendida entre 0,01 y 0,5.

40 5. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según la reivindicación 4, en el cual la generación de la imagen degradada (320) a partir de la imagen memorizada es configurada para que un índice SSIM medio entre la imagen memorizada (300) y la imagen degradada (320) esté comprendido entre un 0,4 y un 0,7 y en el cual la relación entre la superficie de la zona nítida (324) y la superficie de la imagen degradada generada (320) está comprendida entre un 0,01 y un 0,15.

45 6. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el cual la indicada zona nítida (324) incluye un círculo con un diámetro de al menos 8 mm por encima del punto de contacto (325).

7. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el cual la posición del punto de contacto (325) del usuario con el visualizador táctil (11) es contrastado con un

periodo de tiempo comprendido entre 10 y 50 ms.

8. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en el cual la indicada repetición de etapas es ejecutada durante un tiempo al menos igual a 5 segundos.

5 9. Procedimiento de determinación de movimientos oculares según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, en el cual la imagen memorizada (300) ilustra varios seres vivos que forman cada uno al menos un punto de interés.

10. Procedimiento de determinación de una anomalía de exploración visual, que comprende:

- la ejecución de un procedimiento de determinación de movimientos oculares según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9;

10 - la comparación entre las posiciones sucesivas registradas del punto de contacto y una trayectoria de exploración visual de referencia;

- la determinación de una anomalía de exploración visual cuando las posiciones sucesivas registradas del punto de contacto divergen de la trayectoria de exploración visual de referencia más allá de un cierto umbral.

Fig. 1

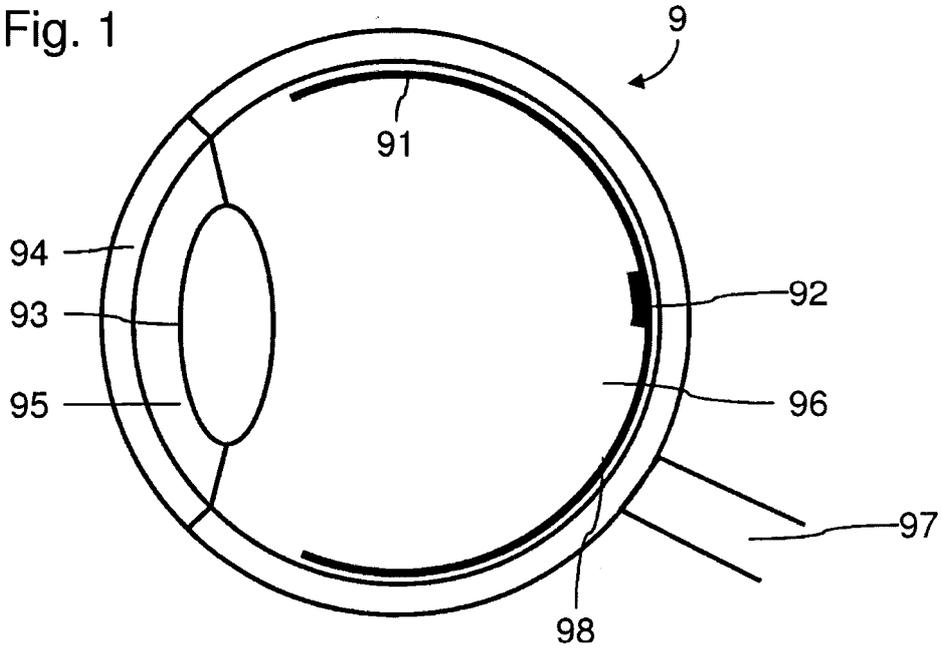


Fig. 2

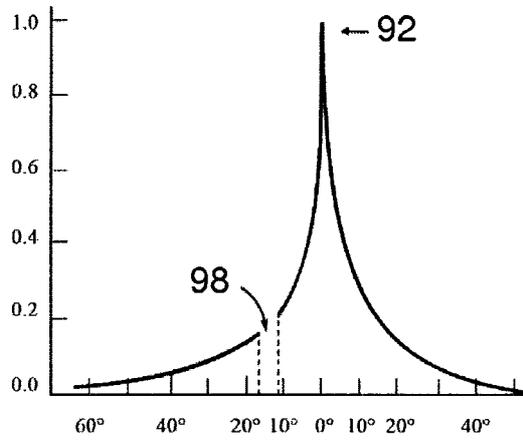


Fig. 3

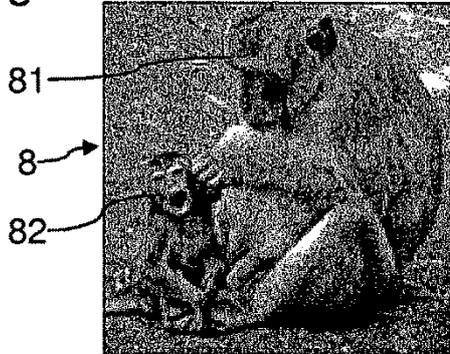


Fig. 4

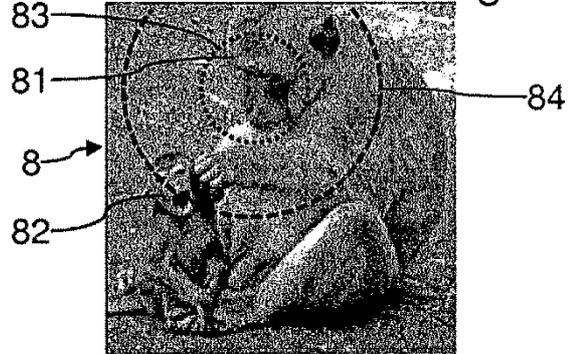


Fig. 5

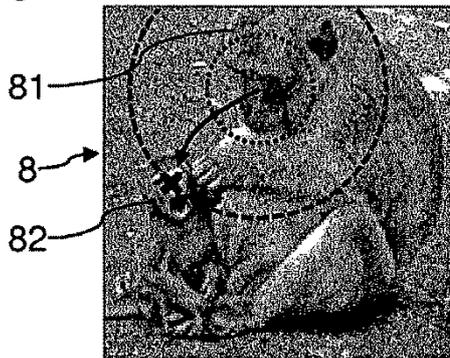


Fig. 6

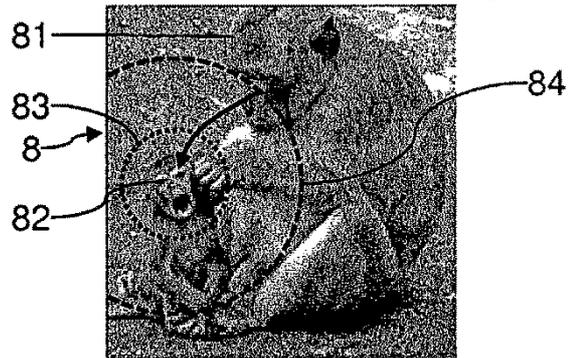


Fig. 7

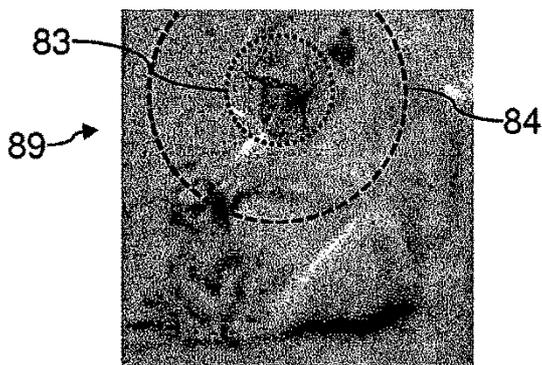


Fig. 8

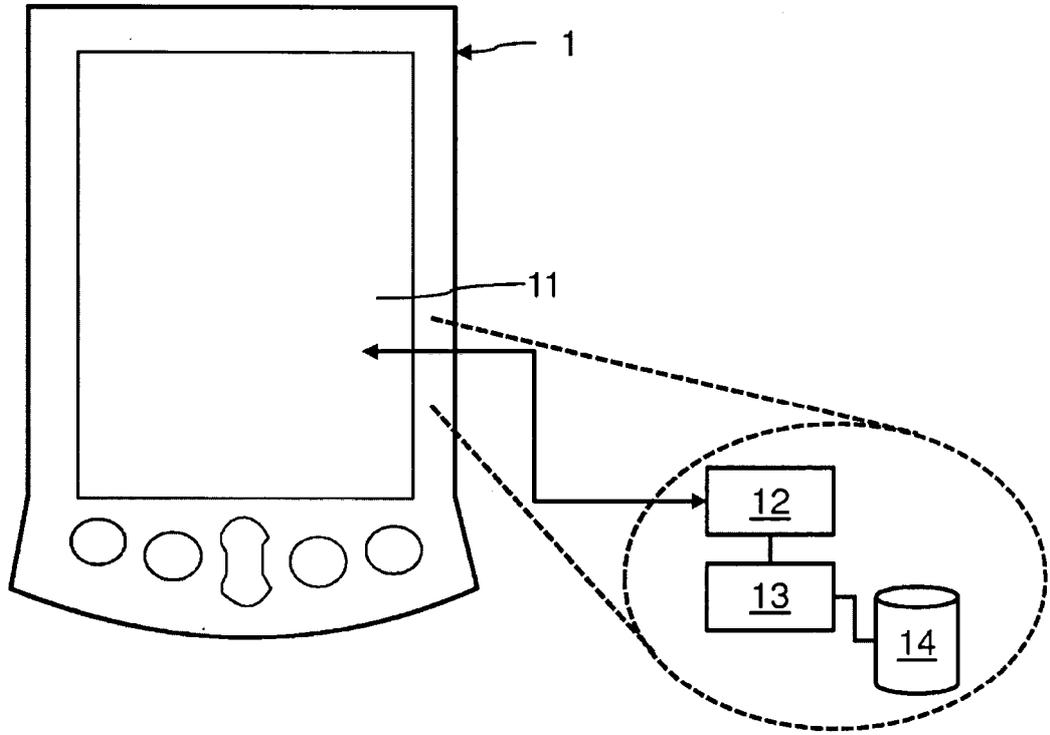


Fig. 9

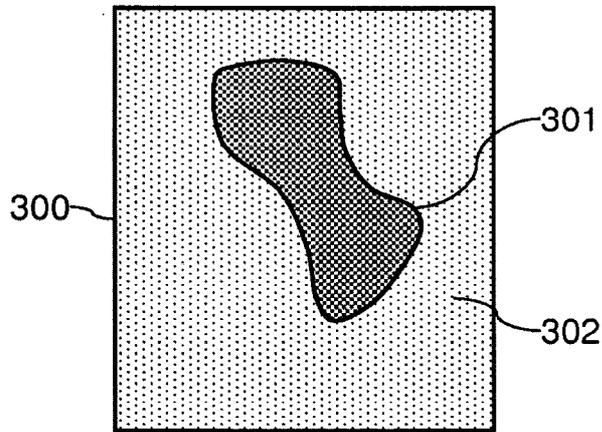


Fig. 10

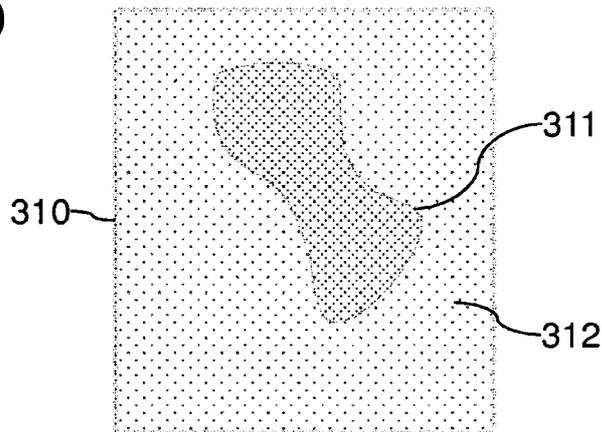


Fig. 11

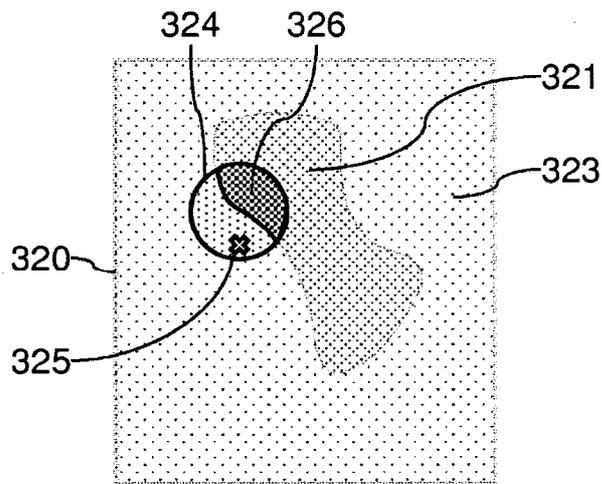


Fig. 12

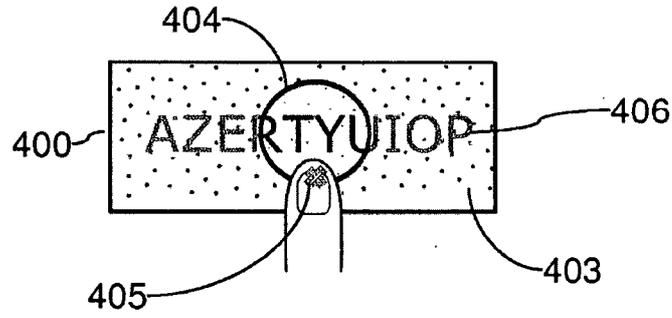


Fig. 13

