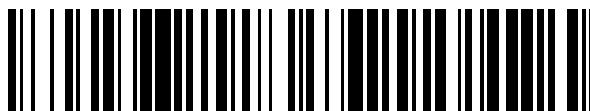


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 466 366**

51 Int. Cl.:

A61B 5/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2009** **E 09795990 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014** **EP 2515760**

54 Título: **Sistema y procedimiento de supervisión del bienestar afectivo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
10.06.2014

73 Titular/es:

**FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH &
INNOVATION (100.0%)**

**Parque Tecnológico de San Sebastián, Mikeletegi
Pasalekua, 2
20009 San Sebastián (Gipuzkoa), ES**

72 Inventor/es:

**LEÓN VILLEDA, ENRIQUE EDGAR;
MONTALBÁN PONTESTA, IRAITZ y
GARZO MANZANARES, AINARA**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 466 366 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 de supervisión del bienestar afectivo

Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de la psico-fisiología aplicada.

5 Antecedentes de la invención – técnica relacionada

La relación entre las emociones y la salud ha sido ampliamente investigada e inequívocamente documentada. Ha sido confirmado que las emociones negativas están vinculadas con mayores riesgos de padecer un cierto número de enfermedades inmunológicas y cardiovasculares, y también pueden contribuir a cambios desfavorables del comportamiento que llevan a una morbilidad creciente. La repetición continua de tales emociones desfavorables en el individuo puede llevar al desarrollo de la depresión clínica y de otros desórdenes perjudiciales, mentales o afectivos. Las emociones positivas, por otra parte, ayudan no solamente a proteger contra las secuelas cardiovasculares de las emociones negativas, sino también a mejorar la recuperación quirúrgica y a contribuir para una longevidad enriquecida. Parece por tanto evidente que, al paliar emociones desagradables, se puede mejorar las condiciones de salud y el bienestar general de una persona. Esto podría conllevar relevancia específica en la vejez, donde las consecuencias adversas de afectos desagradables podrían ser adicionalmente exacerbadas debido a numerosos factores de estrés emocional que surgen con la edad, tales como el daño a la confianza en sí mismo, el aislamiento, la discapacidad, la discriminación, la pérdida de independencia, la falta de movilidad, el temor a la muerte, las enfermedades crónicas o el alcoholismo u otro abuso de sustancias tóxicas.

Las emociones han sido estudiadas tradicionalmente usando instrumentos como los auto-cuestionarios, la observación del comportamiento, las técnicas proyectivas y el análisis de parámetros faciales, verbales o fisiológicos. Estas últimas técnicas han sido adoptadas en los años recientes por tecnólogos con el fin de una interacción mejorada entre el hombre y la máquina, mayores niveles de personalización en los sistemas informáticos y una respuesta emotiva. En la detección de emociones faciales, se usan cámaras de vídeo y sistemas de procesamiento de imágenes para identificar emociones, en base a las relaciones espaciales y geométricas de los ojos, las cejas y la boca. La detección de emociones verbales, por otra parte, se apoya en la idea de que formas específicas de entonación transmiten información acerca del estado emocional actual del orador. Finalmente, la detección de emociones fisiológicas calibra los cambios que provocan los fenómenos afectivos en un cierto número de señales del cerebro y del sistema nervioso autónomo (SNA) y, por tanto, comparte raíces comunes con el campo de la psico-fisiología, un área de la indagación científica que investiga las relaciones entre los cambios fisiológicos y los fenómenos cognitivos y emocionales. Aunque los procedimientos de reconocimiento de emociones faciales y verbales han avanzado en gran medida en los años recientes, su funcionamiento está aún principalmente acotado a entornos experimentales donde puedan darse las estrictas condiciones para la adquisición de datos faciales y verbales. Por el contrario, la posibilidad de recoger continuamente datos mientras la persona acomete las actividades de la vida diaria es lo que hace la detección de emociones fisiológicas más atractiva, para los interesados en estudiar o detectar las emociones en la vida diaria, que los enfoques faciales o verbales.

Por ejemplo, el documento US 2003 / 139654 sugiere la utilización de un clasificador de máquina vectorial de soporte (SVM), basado en tres señales fisiológicas, a saber, el ElectroCardioGramma, la conductividad de la piel y la temperatura, para clasificar cuatro emociones: tristeza, ira, tensión y sorpresa. El documento US 6.656.116 B2 presenta otro sistema de detección de emociones fisiológicas que identifica las emociones en base a diferencias estadísticas de valores medios calculados a partir de un cierto número de señales fisiológicas.

También se sabe que pueden usarse mediciones fisiológicas alternativas, tales como la respuesta galvánica de la piel (GSRe), la temperatura de la piel y el ritmo cardíaco. Adicionalmente, las señales normalizadas pueden ser empleadas en lugar de las características estadísticas.

En otro ejemplo más, el documento US 6190314B1 revela un entorno informático adaptable basado en información emocional estimada a partir de señales fisiológicas adquiridas a través de un ratón de ordenador. Seis clases emocionales son identificadas usando datos adquiridos a partir de la actividad somática (movimiento del ratón), la resistencia de la piel, la temperatura de la piel y el ritmo cardíaco.

Se sabe que ha sido usada una amplia variedad de mediciones fisiológicas para detectar estados emocionales, tales como la respuesta galvánica de la piel (GSRe), la presión del volumen sanguíneo (BVP), el ritmo cardíaco (HR), el electromiograma (EMG), la conductividad de la piel (SC), la amplitud y el ritmo de la respiración (RESP), el electrocardiograma (ECG), el componente vertical del electrooculograma (EOG), el elemento tónico y fásico de la actividad electrodérmica (EDA), etc. También han sido usados distintos enfoques matemáticos para tratar estas mediciones, incluyendo características estadísticas conjuntamente con Modelos Ocultos de Markov (HMM), redes neuronales, máquinas vectoriales de soporte (SVM), la cuantización vectorial del aprendizaje dinámico en lotes

(DBLVQ) y los árboles de decisión (DT), las combinaciones de Análisis Discriminante Lineal y Cuadrático y la prueba secuencial de razones de probabilidad (SPRT).

Pueden mencionarse otros enfoques que ilustran la técnica anterior en la detección de emociones. El documento US 5.507.291 se refiere a un procedimiento para detectar remotamente las emociones usando la cantidad de energía reflejada por el cuerpo de una persona. El documento US 2008 / 221401 describe un procedimiento para realizar detecciones de emociones fisiológicas usando la estimulación emocional continua a fin de determinar valores de referencia. El documento US 5.601.090 revela una invención para identificar y cuantificar un cierto número de estados emocionales (llamados estados somáticos) usando bandas de frecuencia aplicadas sobre una red neuronal. El documento US 5.676.138 esboza un sistema de multimedios que mide, analiza, almacena y exhibe respuestas emocionales a un cierto número de estímulos afectivos pre-especificados, usando una medida estadística llamada el Puntaje-z. El documento WO 2008 / 129356 determina el estado afectivo de una persona usando simultáneamente las propiedades oculares y el punto de fijación visual. El documento US 6.609.024 revela un procedimiento para medir la valencia emocional usando señales de ondas cerebrales. Se calcula una razón de asimetría entre las señales cerebrales de los hemisferios izquierdo y derecho y se proporciona a una red neuronal que a continuación determina si una persona es emocionalmente positiva o negativa. Otro procedimiento para detectar la valencia emocional usando señales cerebrales está revelado en el documento US 6.021.346. En esta ocasión, el aumento, o la reducción, a lo largo del tiempo en la potencia relativa de una sub-banda de una banda de frecuencia específica en las señales de un Electroencefalograma (EEG) se usa para detectar emociones. El documento US 2007 / 0192108 revela un sistema para exhibir una emoción en base al análisis de las señales vocales.

Pueden hallarse invenciones adicionales referidas a la detección de emociones en un grupo de dispositivos que pertenecen al área de la bio-retroalimentación y la monitorización fisiológica. Obsérvese que, aunque la mayoría de los sistemas de bio-retroalimentación se centran en proporcionar información fisiológica a una persona con el fin de prestar soporte a cambios corporales que llevan a una mejora de la salud, a veces también informan acerca de estados emocionales adjuntos y por tanto pueden referirse a la psico-fisiología aplicada y a la detección de emociones fisiológicas. Por ejemplo, la patente WO 2008 / 028391 describe un dispositivo portátil que mide y transmite información acerca de la temperatura actual de la piel de una persona sobre una comunicación electrónica. Un practicante médico luego tiene que deducir el estado emocional del portador. El documento JP 2005 / 237668 introduce un sistema para identificar anomalías emocionales y físicas usando una combinación de información facial, vocal y fisiológica. El documento US 2007 / 0142732 revela un procedimiento para detectar la descompensación por fallo cardíaco usando el análisis de tendencias de suma acumulativa sobre datos fisiológicos adquiridos a partir de un cierto número de sensores. Este procedimiento puede ser realizado como un dispositivo médico que incluye una unidad de control de terapia. El documento US 5.974.262 revela un sistema interactivo que reacciona a las respuestas fisiológicas asociadas a los estados afectivos. El documento US 4.683.891 presenta un sistema interactivo de bio-monitorización para medir y exhibir niveles de tensión usando una combinación de señales fisiológicas y datos informáticos de entrada. Un sistema similar está revelado en el documento US 5.741.217, donde un sistema que consiste en un sensor de GSR y un ordenador emplean información fisiológica para proporcionar retroalimentación visual y / o de audio al usuario. El documento US 5.682.803 revela un dispositivo inalámbrico para recoger datos fisiológicos que pueden ser utilizados para realizar diagnósticos médicos. Un aparato de bio-retroalimentación con fines terapéuticos está presentado en el documento US 6.026.322, donde se producen representaciones visuales y gráficas de condiciones fisiológicas y psicológicas. El usuario puede luego regular su cuerpo para lograr un efecto benéfico dado (niveles inferiores de ansiedad) usando tales representaciones. El documento US 2007 / 0167850 se refiere a un aparato y a procedimientos para realizar la monitorización fisiológica adaptable. En este caso, el término adaptable se refiere a la capacidad del sistema para retroalimentar información al usuario solamente cuando las señales fisiológicas indican que el usuario está en un estado de actividad normal. El documento WO 2009 / 037612A2 expone un procedimiento para detectar una situación anormal (caídas, en particular) referida al movimiento, sensores fisiológicos y / o ambientales. De manera similar, la solicitud WO 2006009830A2 presenta un sistema para monitorizar y exhibir señales fisiológicas en condiciones ambulatorias, e identificar condiciones anormales. El documento US 2009 / 253996 también revela un sistema para la detección de emociones.

Sin embargo, para una implementación exitosa de metodologías de la psico-fisiología aplicada y la detección de emociones en la tecnología, que satisfaga los requisitos de las aplicaciones del mundo real, p. ej., la tele-asistencia afectiva, se requieren cuatro condiciones: la posibilidad de que tales metodologías sean usadas irrestrictamente por una pluralidad de personas independientemente de sus características individuales (independencia del usuario); la capacidad de tales metodologías para identificar emociones en tiempo real usando metodologías flexibles; la capacidad de hacerlo mientras la persona acomete las actividades de la vida diaria; y el atributo de ser adaptable a los cambios físicos graduales incluyendo a la vez la evaluación de prestaciones a largo plazo. Todas las anteriores revelaciones demuestran deficiencias en uno o más de los requisitos anteriores.

Por tanto, parece evidente que la técnica anterior no ofrece una solución conveniente y fiable para identificar las emociones en situaciones que implican alta movilidad y condiciones ambulatorias, como las asociadas a la vida doméstica. En un segundo aspecto, la técnica anterior no resuelve el problema de responder a emociones negativas

usando las propias preferencias de las personas a fin de paliar los efectos dañinos de dichas emociones negativas.

Sumario de la invención

5 La presente invención resuelve los problemas precitados revelando un sistema definido en la reivindicación 1, y un procedimiento definido en la reivindicación 9, que responden a un estado emocional negativo de una persona usando dispositivos externos (tales como dispositivos electrónicos ambientales), preferiblemente, de una manera que sea configurable por dicha persona. Esto innova sobre los sistemas anteriores, empleando la psico-fisiología aplicada con respecto a la capacidad de un usuario dado para asimilar sus propias necesidades y preferencias, en un intento de superar los efectos dañinos de las emociones negativas.

En la presente invención, se revela un sistema de supervisión del bienestar afectivo que comprende:

- 10 - sensores portátiles, que miden las señales fisiológicas de un usuario,
- medios lógicos, configurados para conectarse con los sensores y con un dispositivo exterior (tales como dispositivos electrónicos ambientales, radios, etc.), y que analizan los datos provenientes de los sensores y generan y envían comandos al dispositivo exterior toda vez que es detectada una emoción negativa en las señales fisiológicas medidas.

15 El sistema indaga adicionalmente en la persona y su estado emocional, y usa esa información para realizar un aprendizaje continuo a largo plazo. Al hacerlo, el sistema identifica cambios en la fisiología del sujeto y adapta automáticamente su respuesta para tener en cuenta dichos cambios. Los procedimientos para detectar emociones están preferiblemente basados en memorias auto-asociativas que, al contrario que otras técnicas, han demostrado resistir las perturbaciones de datos causadas por cambios fisiológicos no emocionales, causados por el cansancio físico y los fallos de sensores. Debido a que una clasificación inmediata de dichos cambios no emocionales podría dar como resultado falsos positivos o negativos, la presente invención ofrece un mecanismo más estable basado en metodologías de detección de puntos de cambio secuenciales no paramétricos. Al hacerlo, el presente sistema indica la aparición de un estado emocional solamente después de que los datos provenientes de diversas muestras sucesivas de datos han sido analizados, reduciendo por ello el impacto de los cambios fisiológicos transitorios no emocionales. Además, una clase emocional es identificada en base a los resultados simultáneos provenientes de diversos procedimientos de clasificación, proporcionando por ello una precisión adicional.

En otro aspecto de la presente invención, se revela un procedimiento para supervisar el bienestar afectivo de un usuario. El procedimiento comprende medir señales fisiológicas del usuario, detectar cambios emocionales en dichas señales y generar comandos para un dispositivo externo, a fin de compensar o aliviar dicho cambio emocional.

Estas y otras ventajas serán evidentes a la luz de la descripción detallada de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de ayudar en la comprensión de las características de la invención, de acuerdo a una realización práctica preferida de la misma, y a fin de complementar esta descripción, se adjuntan las siguientes figuras como una parte integral de la misma, con un carácter ilustrativo y no limitador:

La FIG. 1 proporciona una representación esquemática de los componentes principales del sistema.

35 La FIG. 2 ilustra el flujo de información a y desde el Ordenador Incrustado (EC).

La FIG. 3 muestra una representación esquemática de los elementos que identifican los cambios emocionales y que clasifican dichos cambios con un cierto número de etiquetas afectivas

La FIG. 4 esboza un ejemplo de la serie de ventanas que constituyen la interfaz del EC.

40 La FIG. 5 es un diagrama de flujo del proceso para realizar la adaptación a largo plazo de la Memoria Auto-asociativa (AM).

La FIG. 6 muestra el clasificador en mayor detalle.

Descripción detallada de la invención

45 Los asuntos definidos en esta descripción detallada se proporcionan para ayudar en la comprensión exhaustiva de la invención. En consecuencia, los medianamente expertos en la técnica reconocerán que pueden hacerse variaciones, cambios y modificaciones de las realizaciones descritas en la presente memoria, sin apartarse del alcance y el espíritu de la invención. Además, la descripción de funciones y elementos bien conocidos se omite para mayor claridad y concisión.

Obsérvese que, en este texto, el término “comprende” y sus derivados (tales como “comprendiendo”, etc.) no deberían ser entendidos en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deberían ser interpretados como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir elementos, etapas, etc., adicionales.

La Figura 1 muestra un sistema de acuerdo a una realización preferida de las presentes invenciones. Una pluralidad de sensores portátiles 1 proporcionan mediciones de señales fisiológicas a un sistema de ordenador incrustado (EC) 2, que analiza los datos recibidos desde los sensores (es decir, las mediciones de las señales fisiológicas) y envía comandos a los dispositivos electrónicos externos 3 (también denominados dispositivos electrónicos ambientales). Las comunicaciones entre los sensores y el EC, y entre el EC y los dispositivos electrónicos externos, son preferiblemente inalámbricas.

Un dispositivo electrónico ambiental (AED) es un aparato que recibe información de forma remota, usando, en el común de los casos, la fidelidad inalámbrica (WiFi), aunque también existen otras formas de comunicación, p. ej., la radiofrecuencia. Dicha información generalmente toma la forma de un comando que inicia una acción determinada por las preferencias previamente expresadas del usuario, y las herramientas y configuraciones específicas para dicho AED, p. ej., reproducir cierto tipo de música, o exhibir mensajes de texto.

La Figura 2 muestra el EC 2 en mayor detalle. El EC comprende tanto los medios lógicos 4, que realizan el análisis y la generación de instrucciones, como una interfaz 5 de usuario que permite al usuario personalizar las instrucciones generadas y confirmar que los estados afectivos detectados son correctos. La interfaz de usuario es, preferiblemente, una pantalla táctil (denominada en el presente documento una ECTS), aunque son posibles otras formas de comunicación entre el usuario y el EC, tales como, por ejemplo, el reconocimiento de la voz. Los medios lógicos 4 también son denominados un Sistema de Detección de Emociones Fisiológicas.

La Figura 3 muestra el Sistema 4 de Detección de Emociones Fisiológicas en mayor detalle. Comprende una memoria auto-asociativa (AM) 6, una memoria 7 para el almacenamiento convencional, un control 8 de estado y un detector 9 de puntos de cambio, cuya labor combinada da como resultado el cálculo de una razón de similitud 10 (según lo descrito adicionalmente en el presente documento). La razón de similitud 10 es a continuación usada por un clasificador 11 para determinar finalmente el estado emocional 12 del usuario.

De acuerdo a una realización preferida de la invención, las siguientes etapas son realizadas por el EC:

1) Organizar la respuesta del sistema a las emociones negativas, usando información ingresada por el usuario mediante las opciones exhibidas en la pantalla táctil del ordenador incrustado (ECTS). Dicha respuesta puede incluir un cambio efectuado en un dispositivo situado en los alrededores (p. ej., apagar la radio), una acción de un dispositivo electrónico ambiental (AED) (p. ej., reproducir música) o una llamada a un pariente, amigo o cuidador profesional.

2) Iniciar la recogida continua de datos desde un cierto número de sensores que miden parámetros del sistema nervioso autónomo. Dichos sensores están en contacto con el cuerpo de una persona y transmiten datos inalámbricos a una velocidad dada de muestreo, en un formato que es legible por un programa de ordenador implementado en un EC. Los distintos sistemas de sensores que proporcionan la medición del pulso cardíaco, el ECG, la conductividad de la piel, el pulso y / o la temperatura corporal, el electromiograma y otros son conocidos para los expertos en la técnica.

3) Proporcionar dichos datos fisiológicos continuamente y en tiempo real a una memoria auto-asociativa (AM) pre-entrenada. Una AM es un modelo informático de múltiples entradas / salidas donde cada entrada tiene una correspondiente salida, que pretende poseer propiedades idénticas a las de dicha entrada. La AM es entrenada usando cualquier modelo conexionista supervisado conocido para los expertos en la técnica, p. ej., la retro-propagación, el modelo de Hebb, etc. El entrenamiento implica proporcionar a la AM los datos fisiológicos referidos a un estado que sea predominante cuando una persona permanece ausente de estimulación emocional, p. ej., neutra. Dicho entrenamiento, que es realizado fuera de línea, es detenido cuando las salidas se aproximan a las entradas dentro de un cierto margen de error. Usando los parámetros de función almacenados, una AM puede proporcionar estimaciones para nuevos datos.

4) Calcular continuamente los residuos entre los datos de sensores en bruto (entradas) y las estimaciones (salidas) de la AM pre-entrenada. Los residuos son el valor absoluto de la resta aritmética entre las entradas y las salidas en todo periodo de tiempo determinado por la velocidad de muestreo, p. ej., cada 1 segundo.

5) Realizar un proceso de calibración para calcular los valores residuales máximos y mínimos para cada señal. Dicho proceso de calibración es realizado solamente en el primer uso, e implica a la AM y a los sensores funcionando durante un cierto periodo de tiempo (desde 30 segundos hasta 2 horas) mientras el sujeto permanece en posición semi-reclinada. No se proporciona ninguna indicación de estados emocionales durante dicho proceso de calibración.

6) Iniciar el funcionamiento normal una vez que la calibración está terminada. En este punto, los valores residuales son acumulados continuamente para determinar el momento en que tiene lugar un cambio entre el estado emocional neutro al estado emocional no neutro. El usuario puede interrumpir el funcionamiento normal e instruir al sistema para

operar el AEM o cualquier otro dispositivo, para producir una respuesta similar a la que sigue a la detección de un estado negativo. Esta acción implica un Error de tipo II y aumenta un contador de reconocimientos erróneos (MRC) en 1.

7) Identificar el momento en que los valores residuales acumulados superan un umbral dado. Los valores residuales para todas las señales fisiológicas adquiridas durante los últimos N segundos, antes de que sea detectado un punto de cambio, son mantenidos en la memoria de los ordenadores incrustados (ECM). El punto de cambio puede ser calculado sobre los residuos de una o más señales.

8) Calcular la razón de similitud entre el estado emocional neutro y el no neutro. Esto se hace usando un cálculo secuencial de la razón de la diferencia entre los últimos segundos de datos fisiológicos neutros conocidos y los posteriores datos fisiológicos entrantes no neutros. En otras palabras, el bloque de los datos que representan la condición psico-fisiológica, antes de que el estado no emocional fuera detectado, es retenido en la memoria del EC y comparado con bloques de datos entrantes de longitud similar. Llamamos a esto una comparación de 'mezcla aleatoria'. Existe un cierto número de herramientas para estimar la razón de similitud, que son conocidas para un experto en la técnica, p. ej., la distancia Euclidiana, la distancia de Jeffries-Matusita y la Razón de PSD.

9) Categorizar el estado no emocional en un cierto número de clases emocionales, usando un procedimiento de clasificación basado en votos. Esta etapa es ejecutada proporcionando la razón de similitud de cada señal de entrada a un cierto número de procedimientos de clasificación, ya entrenados para clasificar diversas categorías emocionales, p. ej., la ira, la tristeza, el temor, las positivas, las negativas, etc. El número de procedimientos de clasificación empleados en esta etapa debería ser un número impar que supere en 1 al número de clases emocionales que han de ser detectadas. La salida desde cada uno de los procedimientos de clasificación se cuenta como un único voto orientado a una decisión final acerca de la emoción que una persona está experimentando. Esto se hace hasta que el cálculo del punto de cambio indique un retorno a la neutralidad / normalidad.

10) Interrogar al usuario acerca de su bienestar emocional, al identificar un estado emocional negativo. Cuando un estado emocional negativo ha ganado la mayoría de los votos de los procedimientos de clasificación, se exhibe un mensaje en la pantalla táctil del ordenador incrustado (EC), con un texto que hace referencia al estado emocional de la persona, p. ej., 'Parece que estás experimentando una emoción negativa intensa. ¿Te sientes bien?', '¿Necesitas ayuda?', '¿está todo bien?', '¿Te sientes emocionalmente tenso?', etc.

11) Adquirir la respuesta del usuario mediante la ECTS. El usuario es incitado a pulsar el botón en la pantalla que describa mejor su estado actual, p. ej., 'sí', 'no' o 'No siento ninguna emoción negativa'.

12) Enviar comandos a un dispositivo electrónico ambiental cuando una emoción negativa sea detectada y confirmada por el usuario.

13) Evaluar la precisión del sistema. Si la respuesta seleccionada por el usuario mediante la ECTS no coincide con la salida del sistema, es decir, el usuario no está experimentando una emoción negativa (Tipo I de Error), el MRC se aumenta en 1.

14) Determinar la necesidad de adaptar la AM en base al valor del MRC. Cuando el valor del MRC supera un umbral dado durante un periodo de tiempo requerido, se detiene la detección del estado emocional. Se inicia simultáneamente un proceso que incluye las etapas para reentrenar a la AM.

15) Reanudar el funcionamiento normal, que implica la evaluación en línea de datos fisiológicos (entre las etapas sexta y decimocuarta).

En una realización de la presente invención, fue usada una AM previamente entrenada con datos referidos al ECG y al HR de seis personas mientras estaban en el estado emocional neutro. La AM fue entrenada usando un procedimiento iterativo conocido como la retro-propagación (BP), que se detuvo cuando el porcentaje de error entre los datos originales de sensores y las estimaciones de la AM cayó por debajo del 5%. La AM entrenada, representada por una serie de pesos y sesgos numéricos, está almacenada en la memoria del EC, junto con todas las instrucciones requeridas para interactuar con los sensores fisiológicos, responder a una emoción negativa y operar el AED. Un EC ejemplar es proporcionado por HTC Corp. (Taiwán, RPC) e incluye un procesador de 624 MHz, 128 MB de memoria de Acceso Aleatorio y conectividad a través de Bluetooth 2.0 y WiFi (IEEE 802.11 b/g), entre otros.

Un sistema 1 sensor fisiológico inalámbrico y portátil, en forma de una caja plástica de 18 cm², con dos electrodos pectorales, llamado Monitor AliveHeart, disponible en Alive Technologies (Queensland, Australia), es usado para recoger datos en tiempo real. Cuando es activado, este dispositivo envía información al EC 2 a una velocidad de 5 muestras por segundo, con una resolución de 300 Hz para el ECG. Realizaciones adicionales pueden incluir otros dispositivos sensores portátiles que recogen datos fisiológicos y transmiten dichos datos remotamente a un ordenador.

De acuerdo a una realización preferida, la programación que dirige el funcionamiento del EC es implementada usando

el lenguaje C++ en el Sistema Operativo Móvil de Windows, disponible en la Corporación Microsoft (Washington, EE UU). Es fácilmente reconocible por un experto en la técnica que pueden ser usados diversos lenguajes y técnicas de programación para implementar las instrucciones que gobiernan el funcionamiento del EC.

El EC está inalámbricamente conectado con un dispositivo 3 electrónico ambiental llamado Nabaztag, disponible en Violet (Francia), que es un aparato en forma de conejo, que es capaz de recibir inalámbricamente comandos de voz y de texto, así como mensajes mediante WiFi. En otras realizaciones, pueden ser usados AED tales como Chumby, de Chumby Industries (San Diego, EE UU), Mist de Ambient Devices (Cambridge, EE UU) o cualquier dispositivo alternativo, capaz de ser controlado remotamente, p. ej., una lámpara de mesa también puede ser utilizada, usando principios similares a los revelados en la presente invención.

Según se muestra en la figura 4, tras el arranque 13 del sistema, se exhibe una primera ventana 14 de configuración en la ECTS, que permite al usuario escoger entre tres formas de funcionamiento: 'monitorización', 'interactiva' o 'automática'. Cada una de estas opciones afecta la forma en que el sistema responde a una confirmación del usuario acerca de la existencia de una emoción negativa. La modalidad de 'monitorización' no implica ninguna acción posterior a la aparición del estado emocional negativo. La opción 'interactiva' enviará una serie de comandos de HTML al AED para iniciar una acción.

Adicionalmente, un funcionamiento 'interactivo' requiere que el usuario ingrese información adicional con relación a la respuesta del AED a un estado emocional negativo, en una segunda ventana 15 de configuración, tal como: 'encender la luz', 'encender la radio', 'leer el contenido de la dirección de URL:' y 'reproducir un mensaje de voz'. Los últimos dos parámetros necesitan ser complementados con una dirección de URL o un mensaje de texto que a menudo no puede superar un cierto número de caracteres, especificado por el fabricante del AED.

El funcionamiento 'automático' enviará un mensaje a una ubicación remota usando el correo electrónico. De tal modo, el funcionamiento 'Automático' requiere que el usuario ingrese una dirección de correo electrónico en una tercera ventana 16 de configuración, que se convertirá en el destinatario de un mensaje que informa acerca del estado emocional negativo que está siendo experimentado por el usuario. En otra realización, el usuario reemplaza la acción de enviar un mensaje a una cuenta de correo electrónico, por la posibilidad de hacer una llamada telefónica a una persona, cuyo número es tecleado en la ECTS o almacenado en la memoria del EC. Esto puede hacerse usando las propias capacidades de GSM del EC, que son controladas por el programa del EC. En otra realización adicional, también pueden emplearse aplicaciones de VoIP (protocolo de voz por Internet) tales como Skype (disponible en Skype Limited, Luxemburgo, Luxemburgo) o Googletalk (disponible en Google, California, EE UU).

Cuando el usuario abandona las ventanas de configuración, se inicia un proceso 18 de calibración con la intención de ajustar los parámetros de la AM a las características físicas específicas del usuario actual. Este proceso 18 de calibración, así como la adaptación 19 a largo plazo de la AM, está indicado en la Figura 5. Este proceso es ejecutado en el EC solamente una vez para cada nuevo usuario, o cuando el usuario lo estima adecuado (después de periodos muy largos de actividad del sistema, por ejemplo). Obsérvese que la calibración 18 no implica cambios en los parámetros de la AM entrenada, sino solamente el cálculo de los valores residuales medios y del umbral, usados en la detección de un punto de cambio. Una vez que la calibración está terminada, el sistema inicia el funcionamiento normal, lo que es indicado por una ventana 17 de monitorización en la ECSC que contiene la palabra 'Normal'. Dicha ventana de monitorización incluye un botón que permite al usuario indicar la aparición de un estado emocional negativo que no fuera detectado por el sistema.

Los datos provenientes de los sensores son continuamente suministrados a la AM previamente entrenada. Los residuos son luego calculados para cada muestra de datos de las dos señales precitadas, ECG y HR, y acumulados a lo largo del tiempo. El valor acumulado es a continuación evaluado usando un procedimiento de detección de puntos de cambio. Obsérvese que, en todo momento, los últimos 4 segundos de información son mantenidos en la memoria del ordenador.

En una realización de la presente invención se usa un procedimiento preferido para detectar un punto de cambio, llamado suma acumulativa no paramétrica (NPCUSUM). Una realización distinta puede emplear cualquier procedimiento de detección de puntos de cambio, truncado o no paramétrico de extremos abiertos, conocido para los expertos en la técnica, p. ej., el allanamiento exponencial.

Iniciar monitorización.

Para cada muestra n de la señal fisiológica PhS, calcular

$$Z(n) = \text{Residuo}(\text{PhS}(n)) - C;$$

$$\text{CUSUM} = \text{CUSUM} + Z(n);$$

If $\text{CUSUM} < 0$

```

        CUSUM = 0;
    Else
        CUSUM=CUSUM;
    Endif
5      If CUSUM>dUmbral
        Clase = 'No Neutro'
        CUSUM = 0;
    Else
        Clase = 'Neutro';
10     Endif

Donde
Residuo(PhS(n)) calcula la diferencia entre valores estimados y reales de los datos fisiológicos PhS;
Z(n) es el valor residual para la muestra actual n de PhS, desplazado en el valor de C.
CUSUM es el valor de la suma acumulativa No Paramétrica, inicialmente fijado en 0 (después de la calibración);
15 MuestraR es la tasa de muestreo de sensores portátiles (1 / Hercios);
Media es el valor medio de los valores residuales de PhS, calculados durante la calibración o la adaptación;
MDD es el máximo tiempo de detección en segundos (5 en este caso particular);
T es el máximo retardo de detección en el número de muestras (MDD / MuestraR);
C es una constante de desplazamiento que puede tomar el valor absoluto de (Media)*2;
20 Clase es el estado emocional identificado por el sistema (Neutro, No Neutro);
MaxValor es el valor Máximo del residuo calculado sobre datos a partir de un estado neutro durante el entrenamiento;
dUmbral es el umbral de detección (T * (MaxValor-C)).

Mientras CUSUM no se haga mayor que dUmbral, la ECTS mostrará un mensaje que indica un estado normal.

Por otra parte, cuando el valor residual acumulado supera dUmbral, se inicia una comparación por mezcla aleatoria,
25 por la cual se calcula la razón de similitud entre los últimos 4 segundos de datos fisiológicos, antes de que sea
detectado el punto de cambio, y los bloques entrantes de 4 segundos de datos fisiológicos. Dicha comparación por
mezcla aleatoria es implementada de acuerdo al siguiente algoritmo:

    If Clase = 'No Neutra'
        Extraer NE de la memoria;
30     Recoger NNE;
        Calcular Razón;
        Realizar clasificación usando Valores de Razones;
        Reanudar Funcionamiento Normal;
    Else
35     Continuar Funcionamiento Normal;
    Endif

Donde:

```

NE es un vector de n muestras referidas a los últimos X segundos de datos antes de que sea detectado un punto de cambio (en esta realización, X=4);

NNE es un vector de n muestras referidas a los X segundos de datos después de que fuera detectado el punto de cambio (en esta realización, X=4);

5 Razón es la razón de similitud entre NE y NNE.

Una realización implicó el cálculo de la razón de similitud entre la densidad espectral de energía (PSD) de los cuatro segundos de información fisiológica antes del punto de cambio y todos los bloques posteriores de 4 segundos de datos fisiológicos. La razón es estimada usando el algoritmo siguiente:

$$\text{Razón} = (2 * \log(\text{NEd} + \text{NNEd}) - \log(4) - \log(\text{NEd}) - \log(\text{NNEd}))$$

10 Donde:

NEd es la Densidad Espectral de Energía (PSD) de NE;

NNEd es la PSD de NNE.

En otra realización, la distancia Euclidiana es estimada sobre los bloques de datos usando el algoritmo siguiente:

$$\text{Razón} = \sum_{p=1}^n \sqrt{(\text{NE}(p) - \text{NNE}(p))^2}$$

Donde:

15 n es el número de muestras contenidas en 4 segundos.

Como se muestra en la figura 6, la razón calculada para cada una de las señales fisiológicas es suministrada a una pluralidad de procedimientos 20 de clasificación que, en esta realización preferida, son: 1) Máquinas Vectoriales de Soporte con un algoritmo polinómico de segundo grado, 2) análisis discriminante lineal (LDA) y 3) árbol de decisión con un tamaño mínimo de división de 10 y tamaño mínimo de hojas de 1. Habiendo sido entrenados previamente dichos procedimientos con datos asociados a los residuos de las clases de emociones negativas y positivas.

El resultado de cada procedimiento, positivo o negativo, se cuenta como un voto orientado a la clasificación final de la clase emocional (siendo calculados estos votos por un contador 21 de votos). Por lo tanto, la clase con la mayoría de los votos es elegida por un tomador 22 de decisiones como resultado del procedimiento de detección.

25 Si el resultado apunta a una emoción negativa, aparece un mensaje en la ECTS pidiendo al usuario responder a la siguiente pregunta: "Parece que estás en medio de una situación problemática. ¿Estás emocionalmente tenso?". El usuario puede elegir una entre dos posibles respuestas: 'sí', 'No, no siento ningún sentimiento negativo'. Si la respuesta del usuario no corresponde a la del sistema, es decir, el usuario no está experimentando una emoción negativa (Tipo I de error), el valor actual del MRC se aumenta en uno. El sistema registra la hora en que ocurre un MRC a fin de cuantificar su frecuencia. Una validación posterior determina si la frecuencia del MRC supera el UmbralMRC. Si esto es verdad, el sistema inicia automáticamente una adaptación 19 de la AM usando el algoritmo de retro-propagación descrito anteriormente. Este proceso implica adicionalmente recalcular los valores residuales medios usados en las estimaciones de NPCUSUM. Durante este tiempo, el sistema no produce ninguna salida emocional. Obsérvese que el MRC también es aumentado cuando el usuario interrumpe el funcionamiento normal (Tipo II de Error).

La adaptación de la AM es realizada de acuerdo al algoritmo siguiente.

35 If (MRC > UmbralMRC)

While (Residuo (PhS(n)) > Error OR TimeOUT)

ReentrenarPesosNetos (Residuo (PhS(n))),

CoefEntrenamiento;

End while;

40 Recalcular Media y Máximo para la AM recientemente entrenada;

End if;

Donde

UmbralMRC es un umbral previamente fijado para la máxima frecuencia admitida de los MRC. Esto se calcula como el número máximo permitido de ocurrencias de Errores de Tipo I y II, dividido entre un periodo de tiempo en segundos, p. ej., 10 MRCs en 7.200 segundos;

- 5 Error es un valor cercano a cero que representa la máxima diferencia deseada entre los valores efectivos y estimados de la muestra n de PhS (valor residual);

TimeOUT es el indicador para el máximo tiempo de entrenamiento;

- 10 CoefEntrenamiento establece el coeficiente de entrenamiento de acuerdo al tipo de error producido. Dicho coeficiente es aumentado de acuerdo al tipo de error y puede tomar cualquier valor entre 0 y 1, donde 0 significa adaptación de pesos actuales y 1 implica regeneración de todos los pesos de la AM. CoefEntrenamiento está, por tanto, referido a la longitud y duración del re-entrenamiento de la AM;

ReentrenarPesosNetos modifica la AM de acuerdo al CoefEntrenamiento.

Una vez que acaba la adaptación, el algoritmo reanuda el funcionamiento normal.

- 15 Si el usuario responde 'sí' a la aparición de una emoción negativa, el sistema produce la salida asociada a la modalidad de funcionamiento previamente seleccionada ('Monitorización', 'Interactiva' o 'Automática') y a continuación reanuda la monitorización.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de supervisión del bienestar afectivo que comprende:

- al menos un sensor (1) portátil, configurado para medir al menos una señal fisiológica de un usuario;
- medios lógicos (2) configurados para recibir dicha al menos una señal fisiológica medida, para detectar un cambio emocional de acuerdo a dicha señal, y para generar instrucciones para un dispositivo externo (3) de acuerdo al cambio emocional detectado;
- primeros medios de comunicación, configurados para conectar dicho al menos un sensor (1) portátil y los medios lógicos (2);
- segundos medios de comunicación, configurados para conectar los medios lógicos (2) con el dispositivo externo (3) y para enviar las instrucciones generadas a dicho dispositivo externo (3); **caracterizado porque** los medios lógicos (2) comprenden una memoria (7) y **porque** los medios lógicos (2) están adaptados para:
- si un bloque de datos de la señal medida es clasificado como un estado fisiológico neutro, almacenar en la memoria (7) dicho bloque de datos clasificado como un estado fisiológico neutro, y;
- detectar el cambio emocional comparando cada bloque de datos entrantes de la señal fisiológica medida con el último bloque de datos almacenado en la memoria (7) de dicha señal, clasificado como un estado fisiológico neutro.

2. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1, en el cual los medios lógicos comprenden adicionalmente un detector (9) de puntos de cambio secuencial y no paramétrico.

3. Sistema de acuerdo a la reivindicación 1, en el cual los medios lógicos comprenden adicionalmente una pluralidad de procedimientos (20) de clasificación que comparten una misma entrada, y un contador (21) de votos que determina si ocurre el cambio emocional, según las salidas de dicha pluralidad de procedimientos (20) de clasificación.

4. Sistema de acuerdo a la reivindicación 3, en el cual la pluralidad de procedimientos (20) de clasificación comprenden una Máquina Vectorial de Soporte, un análisis de discriminante Lineal y un árbol de decisión.

5. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual los primeros medios de comunicación son medios de comunicación inalámbrica.

6. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual los segundos medios de comunicación son medios de comunicación inalámbrica.

7. Sistema de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual los medios lógicos (2) comprenden una memoria (6) auto-asociativa previamente entrenada y un acumulador para calcular y acumular una diferencia entre la señal medida y una estimación de dicha señal medida, realizada por la memoria (6) auto-asociativa.

8. Sistema de acuerdo a la reivindicación 7, en el cual los medios lógicos (2) comprenden adicionalmente un contador de reconocimientos erróneos, que calcula un cierto número de falsas detecciones de cambios emocionales, y en el cual los medios lógicos (2) están configurados para entrenar la memoria (6) auto-asociativa si el contador de reconocimientos erróneos supera un umbral.

9. Procedimiento de supervisión del bienestar afectivo que comprende:

- medir al menos una señal fisiológica de un usuario,
- detectar un cambio emocional de acuerdo a la señal medida;
- generar instrucciones para un dispositivo externo (3) de acuerdo al cambio emocional detectado;

caracterizado porque la etapa de detección del cambio emocional comprende adicionalmente:

- si un bloque de datos de la señal medida es clasificado como un estado fisiológico neutro, almacenar en la memoria (7) dicho bloque de datos, clasificado como un estado fisiológico neutro;
- y comparar cada bloque de datos entrantes de la señal fisiológica medida con el último bloque de datos almacenado en la memoria (7) de dicha señal fisiológica, clasificado como un estado fisiológico neutro.

10. Procedimiento de acuerdo a la reivindicación 9, en el cual la etapa de detección del cambio emocional comprende adicionalmente aplicar un detector (9) de puntos de cambio secuencial y no paramétrico.

11. Procedimiento de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, en el cual la etapa de detección del cambio emocional comprende adicionalmente aplicar una pluralidad de procedimientos (20) de clasificación que comparten una misma entrada, y usar las salidas de dicha pluralidad de procedimientos (20) de clasificación en un contador (21) de votos que determina si ocurre el cambio emocional.
- 5 12. Procedimiento de acuerdo a la reivindicación 11, en el cual la pluralidad de procedimientos (20) de clasificación comprende una Máquina Vectorial de Soporte, un análisis de discriminante Lineal y un árbol de decisión.
13. Procedimiento de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el cual la etapa de detección de un cambio emocional de acuerdo a la señal medida comprende estimar la señal medida por medio de una memoria (6) auto-asociativa previamente entrenada, y calcular una diferencia entre la señal medida y la estimación de dicha señal medida.
- 10 14. Procedimiento de acuerdo a la reivindicación 13, que comprende adicionalmente, si la diferencia calculada supera un umbral, comparar un segmento de dicha al menos una señal medida y un segmento previamente almacenado de una señal correspondiente a un estado emocional de referencia.
- 15 15. Procedimiento de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 13 y 14, que comprende adicionalmente calcular un cierto número de falsas detecciones de cambios emocionales, y entrenar a la memoria (6) auto-asociativa si el contador de reconocimientos erróneos supera un umbral.

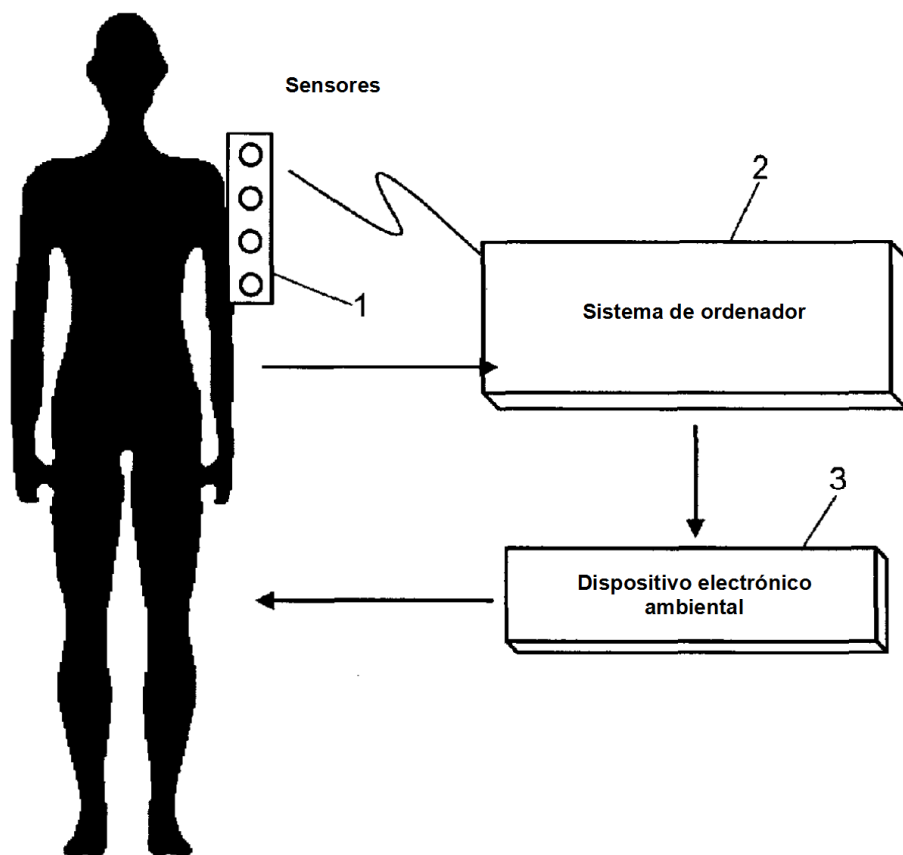


FIG. 1

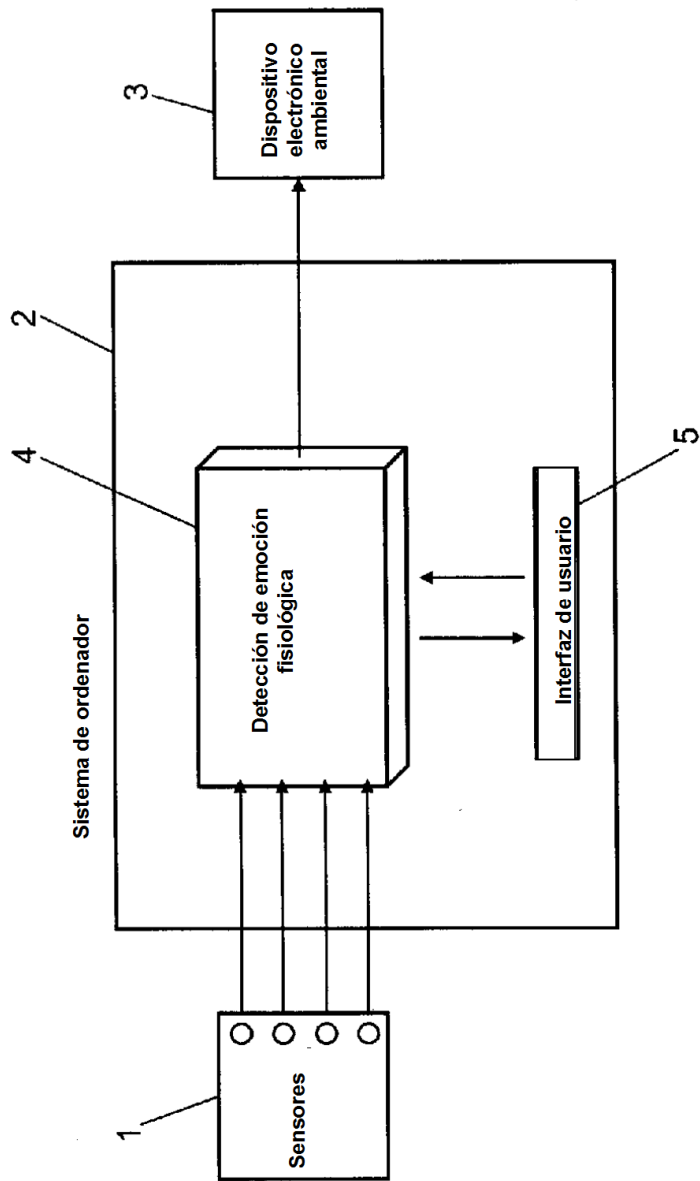


FIG. 2

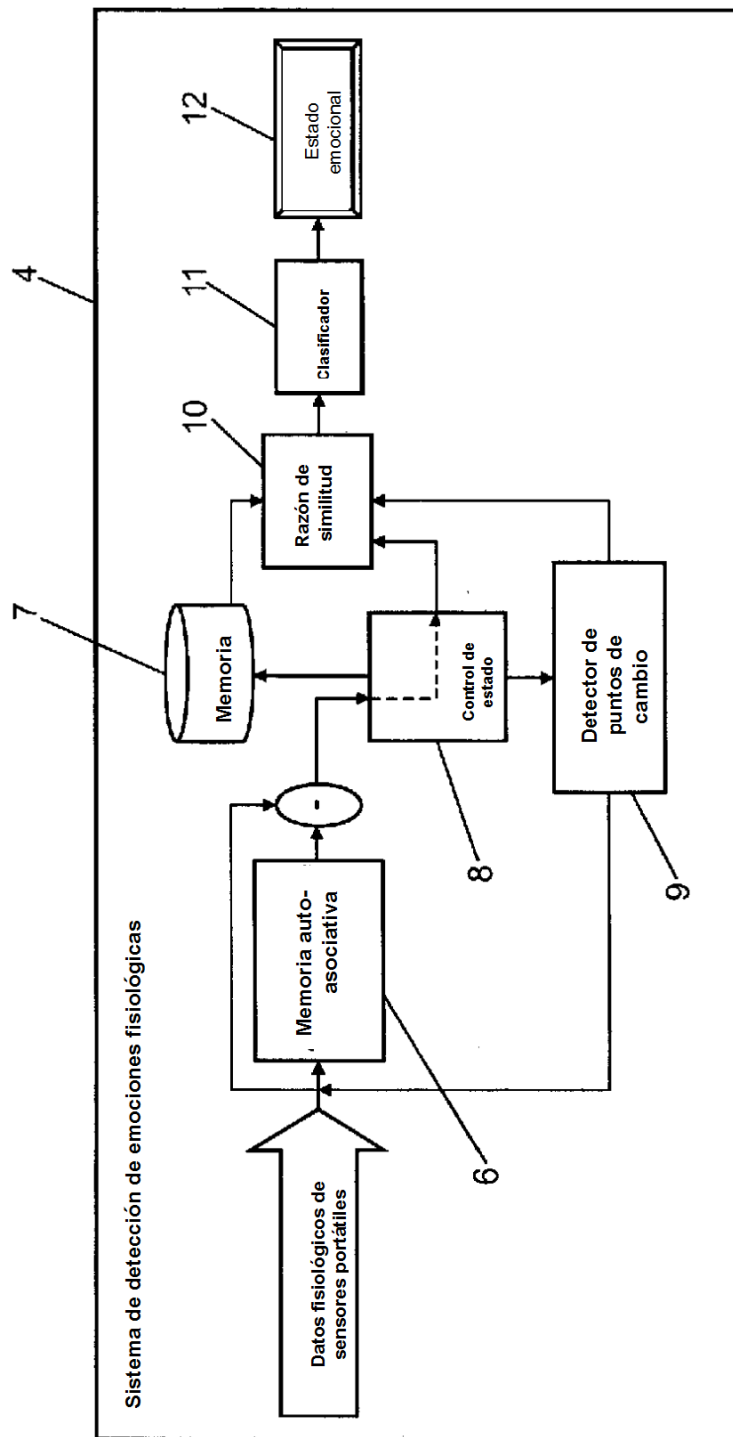


FIG. 3

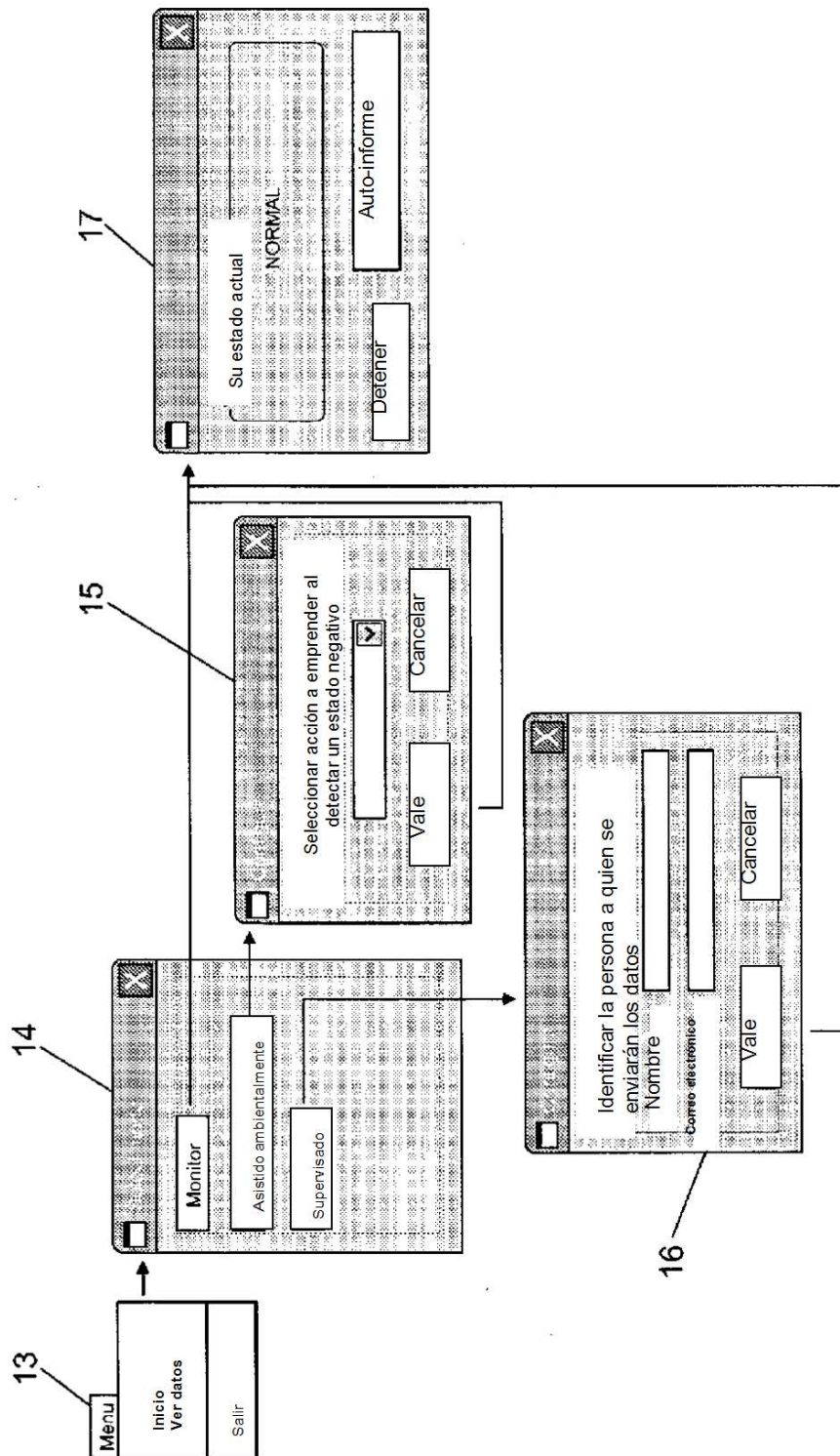


FIG. 4

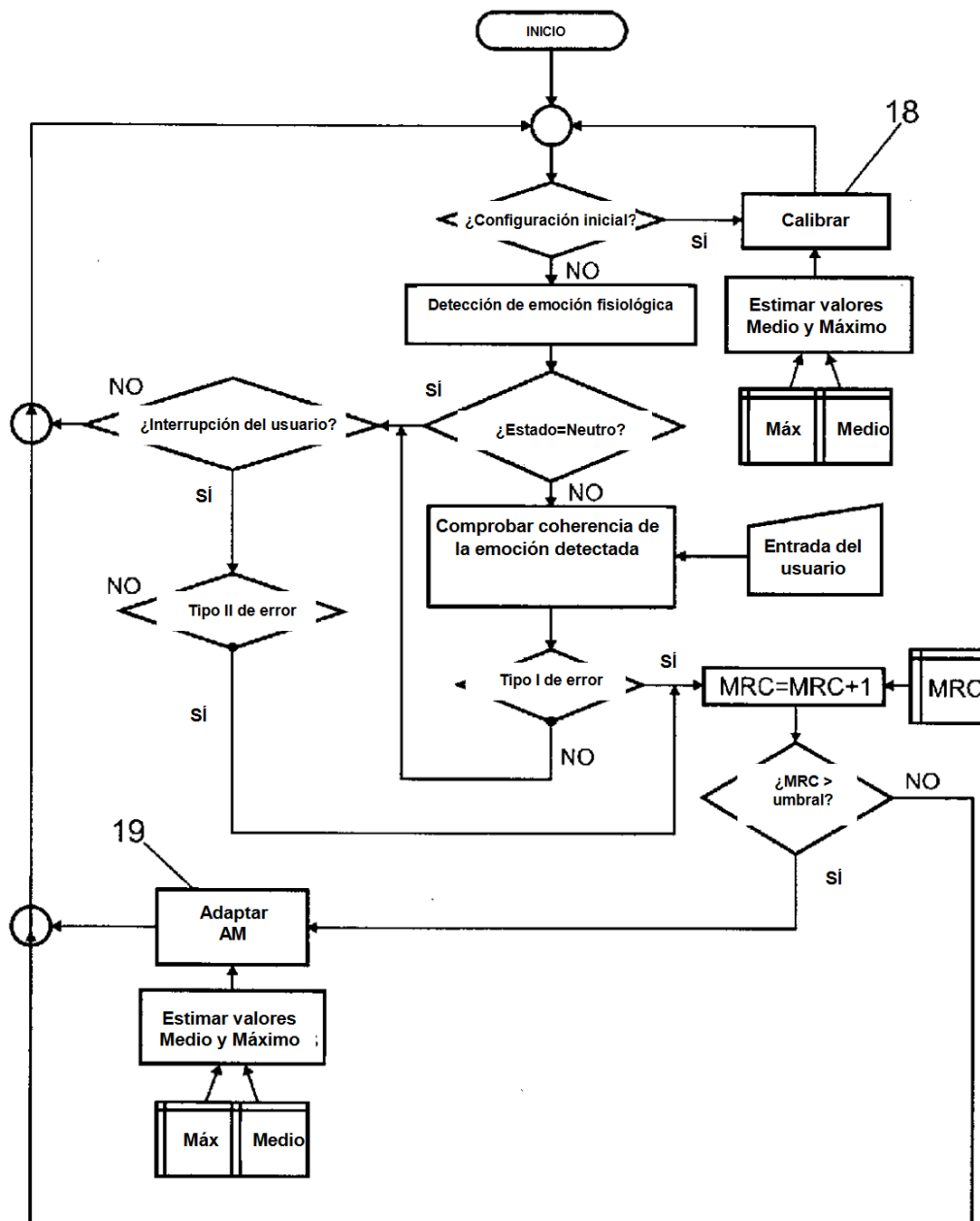


FIG. 5

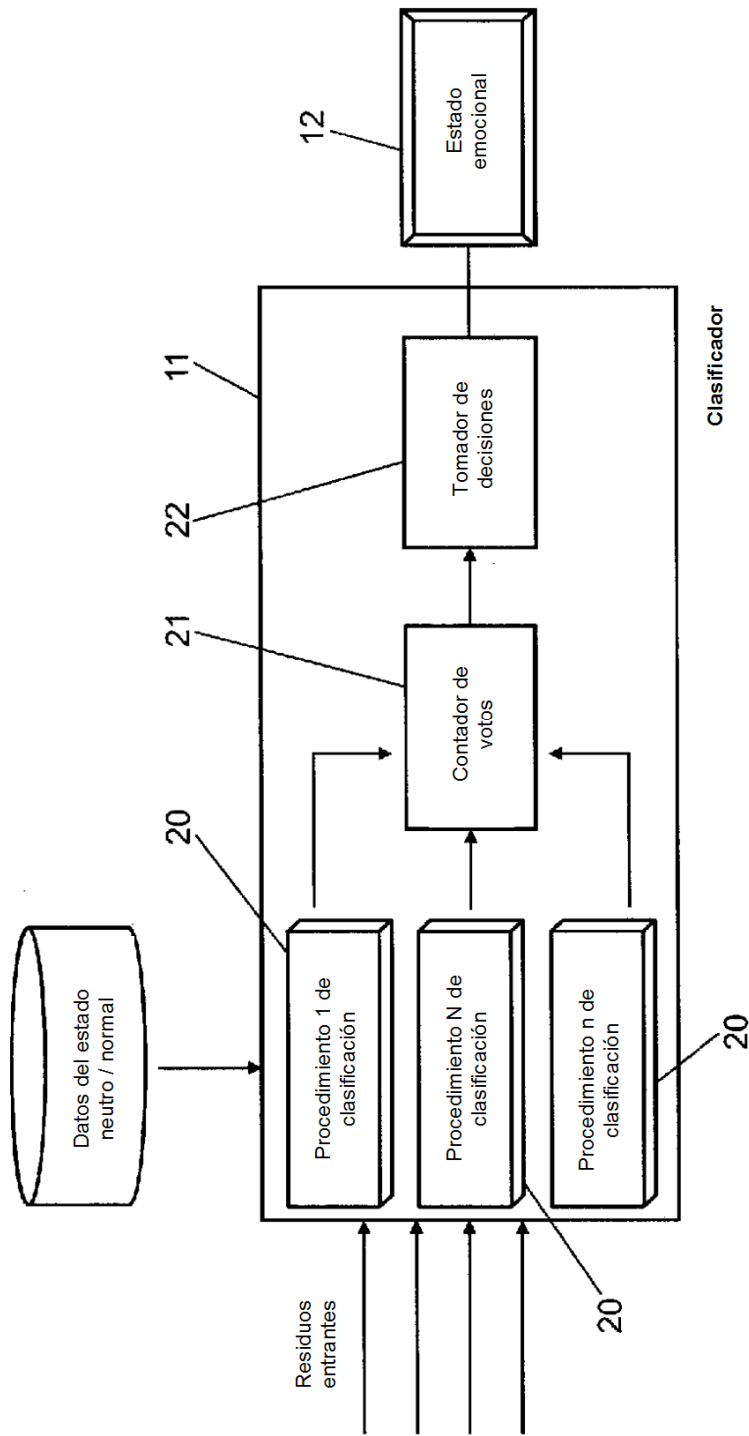


FIG. 6