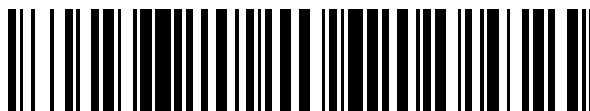


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 562**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.01.2001 PCT/FR2001/00234**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2001 WO0154571**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2001 E 01907693 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 1250084**

54 Título: **Sistema para el seguimiento a distancia de pacientes**

30 Prioridad:

25.01.2000 FR 0000903

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

17.05.2017

73 Titular/es:

**DIATELIC (100.0%)
5 Allée De Saint-Cloud, Technopole De Nancy
Brabois
54600 Villers-Lès-Nancy, FR**

72 Inventor/es:

**HERVY, ROBERT;
ROMARY, LAURENT;
CHARPILLET, FRANÇOIS;
PIERREL, JEAN-MARIE;
THOMESSE, JEAN-PIERRE;
PETIT JEAN, ETIENNE;
JEANPIERRE, LAURENT;
DURAND, PIERRE-YVES y
CHANLIAU, JACQUES**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 612 562 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 para el seguimiento a distancia de pacientes.

5 Presentación general de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para el seguimiento a distancia de pacientes.

10 Ya se conocen sistemas de seguimiento médico a distancia en los que el paciente es equipado con medios mediante los cuales transmite al médico que lo supervisa unos valores de parámetros fisiológicos que permiten un seguimiento diario del paciente.

15 A este respecto se puede hacer referencia por ejemplo a las solicitudes de patente FR 2 717 332 y a la solicitud internacional WO 96/28086.

20 En el sistema descrito en estas solicitudes de patente, se lleva a cabo en los datos recibidos por parte del paciente, un tratamiento que permite que el médico conozca fácilmente los datos que le son transmitidos (presentaciones en forma de tablas, de gráficos, de estadísticas, etc.) y ponga en evidencia la evolución de los parámetros fisiológicos medidos en un cierto periodo de tiempo.

La solicitud internacional WO 96/28086 describe un sistema de seguimiento de pacientes de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

25 Un objetivo de la invención es proponer un sistema de seguimiento a distancia de pacientes mejorado y constituye para el médico una verdadera herramienta de ayuda apta para poner en evidencia las evoluciones anormales del estado de un paciente y con una gran fiabilidad.

30 Otro objetivo de la invención, más general, es proponer un sistema que permita mejorar la calidad del seguimiento de los pacientes, al mismo tiempo que su comodidad, su seguridad, sus relaciones con el mundo médico y que también se pueda usar para ayudar en la investigación médica.

35 Por eso, la invención propone un sistema de seguimiento de pacientes a hogar que comprende unos medios de interfaz en el hogar del paciente, unos medios de interfaz en la consulta de un médico, un servidor conectado mediante una red a los medios de interfaz en el hogar del paciente y a los medios de interfaz en la consulta del médico, recibiendo dicho servidor de los medios de interfaz en el hogar del paciente unos valores de parámetros fisiológicos medidos por el paciente o mediante unos sensores y que comprende unos medios para memorizar un historial, que corresponde a un cierto periodo de tiempo, de los valores de parámetros fisiológicos que le son transmitidos, comprendiendo dicho servidor además unos medios para llevar a cabo en base a los valores de parámetros fisiológicos transmitidos por el paciente, un tratamiento con vistas a su presentación y a la presentación de su evolución en los medios de interfaz en la consulta del médico, llevando a cabo sobre la base de los últimos valores de parámetros fisiológicos que son transmitidos al servidor, un tratamiento que compara el estado definido por estos diferentes valores de parámetros fisiológicos con unos estados de alerta definidos en función del historial memorizado para el paciente y que comprende unos medios para transmitir los resultados de este tratamiento a los medios de interfaz en la consulta del médico, caracterizado por que los medios de tratamiento comprenden además 45 unos medios para calcular una probabilidad de observar un valor determinado para un parámetro fisiológico dado y un tiempo dado, suponiendo que se conoce un estado en el que se encuentra el paciente, de la manera siguiente:

$$P(v_{i,t}|s) = \sum_{o \in O(i)} f_{s,o}(v_{i,t}) p_i(o|s)$$

en la que

50 $v_{i,t}$ es el valor observado para el parámetro fisiológico i en un instante t

$O_{(i)}$ es el conjunto de las observaciones posibles para el parámetro i ,

55 f es una función que proporciona una ponderación comprendida entre 0 y 1, que depende del valor del parámetro fisiológico i para un estado determinado s y cuyos parámetros están definidos por el médico o dependen del historial memorizado para el paciente.

60 $p_i(o|s)$ es la probabilidad de observar o para el parámetro i suponiendo que el estado del paciente es s ,

por que el cálculo de probabilidad se efectúa para diferentes estados posibles para el paciente, y

por que las probabilidades así calculadas para los diferentes estados posibles para el paciente son transmitidos a los medios de interfaz en la consulta del médico.

Dicho sistema es ventajosamente complementado por las siguientes características consideradas solas o según todas sus posibles combinaciones:

- 5 - los medios de tratamiento son aptos para permitir que el médico modifique las modelizaciones de probabilidades determinadas para los diferentes estados fisiológicos;
- los medios de interfaz en la consulta del médico son aptos para permitir que éste proponga modificaciones a los valores de probabilidades calculados por los medios de tratamiento, comprendiendo dichos medios de
10 tratamiento unos medios para modificar las modelizaciones de probabilidades determinadas para los diferentes estados fisiológicos en función de los valores modificados propuestos por el médico;
- los medios de tratamiento determinan la probabilidad de encontrarse en un estado determinado para un valor de parámetro fisiológico determinado en función de la relación entre, por una parte, la diferencia entre este
15 valor de parámetro fisiológico y un valor de referencia normal para este parámetro y, por otra parte, una tolerancia;
- por lo menos para un parámetro fisiológico, el valor de referencia depende del historial del paciente;
- 20 - dichos medios de tratamiento comparan los valores de parámetros fisiológicos o unos valores de otros parámetros determinados en función de éstos con unos valores umbrales que son determinados en función del historial almacenado y, cuando se excede dicho valor umbral, transmiten un mensaje de alerta a los medios de interfaz en la consulta del médico y/o en el hogar del paciente;
- 25 - los medios de tratamiento determinan unos valores de parámetros denominados parámetros de tendencias que dependen de los últimos valores de parámetros fisiológicos transmitidos por la interfaz en el hogar del paciente y de una parte del historial almacenado que apenas precede en el tiempo a la transmisión de estos últimos valores de parámetros fisiológicos, comparan estos valores de parámetros de tendencias con unos
30 valores umbrales y, cuando se excede dicho valor umbral, transmiten un mensaje de alerta a los medios de interfaz en la consulta del médico y/o en el hogar del paciente;
- por lo menos una parte de los últimos valores de parámetros fisiológicos transmitidos por la interfaz en el hogar del paciente se comparan adicionalmente con otros valores umbrales independientes del historial y por que se modifica el valor de por lo menos un parámetro de tendencia cuando se excede uno de estos valores
35 umbrales;
- el servidor comprende unos medios para, cuando un paciente intenta conectarse, identificar a dicho paciente, interrumpir la comunicación y conectarse a los medios de interfaz de dicho paciente;
- 40 - los medios de interfaz en el hogar del paciente permiten que éste transmita información al médico sólo cuando el paciente haya rellenado una ficha de parámetros diarios;
- los medios de interfaz en el hogar del paciente comprenden unos medios para controlar la coherencia de los valores de parámetros fisiológicos medidos y transmitidos por el paciente.

45

Breve descripción de las figuras

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán además de la siguiente descripción. Esta descripción es simplemente ilustrativa y no limitativa. Debe leerse con respecto a los dibujos adjuntos, en los que:

- 50 - la figura 1 es una representación esquemática que ilustra una arquitectura operacional de un sistema de acuerdo con una forma de realización posible de la invención;
- la figura 2 es un gráfico en el que se han trazado unas curvas que ilustran unas funciones utilizadas por el
55 servidor del sistema de la figura 1;
- la figura 3 y la figura 4 son dos gráficos que ilustran dos posibles modos de presentación de los resultados del tratamiento del servidor a nivel de los medios de interfaz en la consulta del médico;
- 60 - la figura 5 es un gráfico en el que se han trazado varias curvas utilizadas para el cálculo de las probabilidades.

Descripción de una o varias formas de realización particulares

65 Estructura general

El sistema que se ilustra en la figura 1 comprende unos medios de interfaz 1 dispuestos en el domicilio del paciente, un servidor informático 2 con el cual los medios 1 dialogan por medio de la red telefónica, referenciada por el número 3, y unos medios de interfaz 6 dispuestos en la consulta del médico.

5 Los medios 1 en el domicilio del paciente están constituidos por un terminal informático 4 que está conectado eventualmente a unos sensores 5 que permiten registrar automáticamente unos valores de parámetros fisiológicos del paciente.

El paciente intercambia por lo menos diariamente con el servidor 2 a partir de los medios 1.

10 Con este fin, cuando el paciente se ha conectado al servidor 2 por medio de su línea telefónica, se identifica proporcionando al servidor 2 un código de identificación, junto con una contraseña.

La comunicación se interrumpe entonces y el paciente es llamado de nuevo por el servidor 2.

15 Como se entenderá, esta descomposición de la conexión en dos etapas, y en particular el hecho de que el servidor llama de nuevo al paciente después de que éste se haya identificado, permite asegurar la utilización del sistema.

20 Una vez que la conexión ha sido restablecida, una primera pantalla presenta al paciente los mensajes que su médico le ha podido dejar.

Una vez que el paciente ha visto estos mensajes, se le pide que rellene una ficha de parámetros diarios en la que debe indicar, para los parámetros fisiológicos cuyos valores no son transmitidos automáticamente por los sensores, los valores de los parámetros fisiológicos que ha podido medir él mismo.

25 El terminal informático 4 implementa entonces un tratamiento que permite controlar la coherencia del valor introducido para cada parámetro.

Por ejemplo, compara el valor de los parámetros con unos valores umbrales.

30 Cuando el conjunto de las secciones de la ficha ha sido rellenado -y sólo en este caso-, el conjunto de valores de parámetros fisiológicos medidos es transmitido al servidor 2.

35 Los medios 6 están constituidos por su parte por un sencillo terminal informático, que recibe los resultados de un tratamiento implementado por el servidor 2.

Este tratamiento está destinado a presentar al médico los últimos valores de parámetros fisiológicos medidos y, llegado el caso, a detectar y revelar al médico una eventual evolución anormal de estos valores de parámetros.

40 Se observará que cuando se detecta una evolución anormal de este tipo, ésta es señalada inmediatamente al paciente de modo que, por su propia cuenta, pueda contactar con los médicos que le vigilan.

45 Se describirán ahora unos posibles ejemplos de tratamiento en el caso en el que el sistema se utiliza para el seguimiento de diálisis a domicilio y en particular para el seguimiento de pacientes sometidos a diálisis peritoneal continua ambulatoria (DPCA).

Evidentemente, se pueden contemplar otras aplicaciones del sistema propuesto por la invención, siendo la aplicación al seguimiento de pacientes sometidos a diálisis peritoneal continua ambulatoria considerada simplemente como un ejemplo entre otros posibles.

50 El tratamiento utilizado por el servidor 2 es un tratamiento de sistema experto que se personaliza en función del historial del paciente.

55 En particular, el servidor 2 almacena en la memoria los valores de los parámetros fisiológicos del paciente y unos datos calculados a partir de éstos en una duración que puede ser de dieciséis días.

Primer ejemplo de tratamiento

60 Un tratamiento de acuerdo con un primer ejemplo posible es un tratamiento que por una parte utiliza una determinación de alertas en base a unos parámetros denominados tendencias que dependen del historial del paciente y por otra parte utiliza una detección de alertas a partir de varias reglas de tratamiento sobre los valores de los parámetros fisiológicos apenas transmitidos por el paciente.

65 Los parámetros de tendencias son por ejemplo la hidratación, la temperatura, la tensión en posición acostada y la tensión en posición de pie, los valores de volumen de drenaje de las bolsas.

Los valores de estos parámetros de tendencias se determinan en función del historial reciente, por ejemplo, promediados en una duración de algunos días, y se comparan con un umbral de activación de alerta, que depende de los valores normales del paciente.

5 Se entiende que debido a que los parámetros de tendencias se calculan tomando en cuenta no sólo los últimos valores recibidos del paciente, sino también los valores sobre la duración correspondiente a la escogida para el historial reciente, los parámetros de tendencias generarán alertas sólo en los casos en los que los parámetros fisiológicos se hayan desviado de su valor normal no sólo puntualmente en un momento dado, sino en una cierta duración (la del historial reciente).

10 Así, por ejemplo, si un paciente tiene una temperatura de 38°C, esto no tiene ninguna consecuencia puntualmente, pero se vuelve preocupante si la temperatura se mantiene durante un cierto tiempo.

15 El tratamiento propuesto permite activar una señal de alerta que permite revelar esta deriva a "largo plazo".

Por ejemplo, una tendencia utilizada es una tendencia hidratación.

20 La tendencia hidratación es un número comprendido entre -99 y +99 que refleja, cuando es positivo, el grado de hiperhidratación y, cuando es negativo, el grado de deshidratación.

Cuando la hidratación es normal, la tendencia es cercana a cero.

25 La tendencia hidratación se inicializa en 0. Cuando su valor absoluto excede 100, se genera una alerta "principal". Ésta será indicada al paciente, y aparecerá como una prioridad en la interfaz del médico. Esto ocurre sólo cuando algunos síntomas corroboran un mismo diagnóstico, o cuando un mismo factor se repite varios días seguidos.

La tendencia hidratación se incrementa en +30 cuando se activa la regla relación-peso-hidratación, en -30 cuando se activa la regla relación- peso-deshidratación, -25 cuando se activa la regla diferencia-acostado-de pie.

30 Cada día la tendencia hidratación se atenúa en un factor 1,5 y aumenta en un valor igual a 25 veces la relación entre la desviación en peso seco dividida entre 1,5. Este valor es significativo cuando la desviación en peso seco es superior a 1,5 KG (siendo 1,5 la tolerancia en el peso).

35 Se observará que los valores normales que se utilizan dependen a su vez del historial del paciente sobre una duración mayor. Se determinan por ejemplo calculando el valor promedio del parámetro relevante en una duración de dieciséis días.

40 Por otra parte, los valores de parámetros de tendencia se modifican además, como se describe más adelante, en función del estado del paciente tal como resulta de los valores de parámetros fisiológicos transmitidos en último lugar por el paciente y en particular al detectar estados de alerta con respecto a estos parámetros.

El tratamiento de detección de estados de alerta con respecto a los valores de parámetros fisiológicos transmitidos en último lugar utiliza por su parte las siguientes reglas:

45 • *RELACIÓN- PESO-HIPERHIDRATACIÓN*: esta primera regla verifica si el peso del paciente excede su peso seco. El límite fijado por los médicos es de 1,5 kg. Si se sobrepasa este límite, se activa una alerta "*Hiperhidratación*", y se añade una penalización de 30% a la tendencia *HIDRATACIÓN*.

50 • *RELACIÓN-PESO-DESHIDRATACIÓN*: esta regla es la simétrica de la anterior. Verifica si el peso está por debajo del peso seco. (Se acepta asimismo una tolerancia de 1,5 kg). En este caso, se dispara una alerta "*Deshidratación*", y se retira una penalización de 30% a la tendencia *HIDRATACIÓN*.

55 • *DIFERENCIA-ACOSTADO-DE PIE*: esta regla vigila la diferencia entre la tensión del paciente de pie, y la tensión del paciente cuando acostado. En tiempo normal, esta diferencia es relativamente reducida. Cuando el paciente empieza a deshidratarse, este valor se dispara. Se ha fijado un límite arbitrario de 1,5. La prueba se realiza sobre la diferencia entre las tensiones medias de las dos posiciones (de pie y acostado). Si se excede el límite, se activa una alerta de "*Deshidratación*", y se deduce una penalización de 25% de la tendencia *HIDRATACIÓN*.

60 • *VARIACIÓN-TENSIÓN-ACOSTADO*: esta regla vigila las variaciones en la tensión del paciente acostado. Esta prueba se realiza sobre la media de las tensiones sistólicas y diastólicas, a la cual se resta el valor medio en el tiempo para este valor para el paciente. Cuando se excede un límite arbitrario de 1,5, se genera una alerta "*Modificación rápida de la tensión acostado*". Sin embargo, y contrariamente a las otras reglas de este grupo, no se infringe ninguna penalización a las tendencias. En efecto, no parece existir una relación directa con el estado del paciente, excepto que quizás este tipo de alerta indica que todo no está bien.

65

- *VARIACIÓN-TENSIÓN-DE PIE*: esta regla es simétrica a la regla anterior. Verifica por su parte las variaciones de la tensión del paciente de pie. Para el resto, su comportamiento es estrictamente idéntico.
- *BOLSA_1, BOLSA_2, BOLSA_3 Y BOLSA_4*: estas cuatro reglas verifican el volumen drenado por cada una de las cuatro bolsas del paciente. Según el tipo de bolsa, el volumen drenado debe permanecer casi constante, aun cuando sean posibles grandes variaciones. Esto se debe a que no se fija ninguna alerta a estas reglas. Estas últimas, por lo tanto, se encargan simplemente de actualizar la tendencia *BOLSAS* en función de los volúmenes observados. Esta puesta en forma se realiza a partir de la siguiente fórmula que ha sido determinada empíricamente:

$$(((\text{salida de la bolsa} - \text{entrada de la bolsa}) - \text{valor medio de este tipo de bolsa})/200)*15) = \text{Nuevo valor de bolsa}$$

Después de determinar estos diversos estados de alerta, el sistema actualiza los valores normales usados para la gestión de los parámetros de tendencias, es decir que determina los nuevos valores normales a tener en cuenta en el siguiente tratamiento, y lo hace calculando nuevos valores medios en el conjunto del historial, integrando estos nuevos valores medios los últimos valores de parámetros fisiológicos transmitidos por el paciente.

Segundo ejemplo de tratamiento

Se describirá ahora un segundo tratamiento por sistema experto posible.

Este tratamiento ha sido desarrollado a partir de un modelo de decisión markoviano parcialmente observable (POMDP).

Recordatorio teórico

De manera clásica, un modelo se expresa en forma de n-tupla $\langle S, A, O, B, T, R, \Pi \rangle$ en el que:

- S representa el conjunto finito de los estados del entorno que se busca modelizar. Cuando esos estados no son directamente observables, se debe definir un modelo de las observaciones. Este modelo comprende un conjunto finito O de las observaciones posibles y una función de observación B que asocia a un estado de S o más generalmente a un par (estado, acción) una distribución de probabilidad sobre los elementos de O. $B(o | s, a)$ representa la probabilidad de observar $o \in O$ del estado s (habiendo tomado la acción a).
- A es el conjunto finito de las acciones que permiten influenciar el proceso. Estas acciones están destinadas a hacer evolucione el sistema. Las acciones tienen un valor incierto que es modelizado por la función de transición definida más adelante.
- O es el conjunto finito de las observaciones que permite caracterizar el modelo.
- B es la función de observación.
- T es la función de transición que define la probabilidad de pasar del estado s al estado s' realizando la acción de A.: $p(s' | s, a)$
- R es la función de recompensa que asocia a cada estado, o a cada par (estado, acción) un número que expresa el grado de satisfacción de poner el sistema en el estado s, o de elegir la acción a cuando se está en el estado s.
- Π da la distribución de probabilidad inicial sobre el conjunto de los estados.

Un modelo expresado en esta forma puede ser explotado por un sistema autónomo para responder a las siguientes preguntas:

- dada una secuencia de vectores de observación $(o_1 \dots o_T)$, cuál es la probabilidad de que el sistema se encuentre el estado s en el instante T (diagnóstico).
- dada una secuencia de vectores de observación $(o_1 \dots o_T)$ y un modelo λ , cómo se ajustan los parámetros $\langle B, T, \Pi \rangle$ para maximizar $p(o_1 \dots o_T | \lambda)$ (aprendizaje).
- dada una secuencia de vectores de observación que es la acción óptima a tomar para que el sistema alcance un estado dado (recomendación de acciones).

Dicho modelo es por ejemplo del tipo de los descritos en la publicación: - Koenig, R. G. Simmons en "Unsupervised Learning of Probabilistic Models for Robot Navigation" publicada en los actos de la conferencia IEEE ICRA'96.

Aplicación de un modelo de este tipo al tratamiento propuesto para el seguimiento de la hidratación

Definición de los elementos del modelo

5 Los estados del conjunto S que se usan son cinco: hidratación normal, deshidratación, hiperhidratación, peso seco subestimado y peso seco sobrestimado.

10 Las observaciones del conjunto O están constituidas por su parte, para cada parámetro fisiológico, por los siguientes símbolos calificativos O(i): conforme_i, inferior a la norma_i, superior a la norma_i, en los que i es un índice que según su valor designa uno u otro de los parámetros fisiológicos.

15 Los parámetros fisiológicos considerados son el peso, la tensión, la tensión ortostática y el equilibrio de las bolsas, siendo dichos parámetros calculables fácilmente a partir de la ficha que es teletransmitida diariamente.

Más precisamente, para determinar si el peso es conforme, inferior a la norma, superior a la norma, se vigila la variación de la diferencia entre el peso del paciente y el peso seco fijado por el médico.

20 En particular, se compara esta diferencia con los valores umbrales inferiores o superiores que son por ejemplo de más o menos 1,5 kg.

25 Para determinar si la tensión es conforme, inferior a la norma o superior a la norma, se vigilan las variaciones de la diferencia entre la última tensión transmitida y una tensión media calculada sobre el historial memorizado para el paciente.

En particular, esta diferencia se compara con unos valores umbrales que son por ejemplo de más o menos 1,2.

30 Asimismo, para determinar si la tensión ortostática es conforme, inferior a la norma, superior a la norma, se determina la diferencia entre las tensiones del paciente cuando está acostado y cuando está de pie. La normal se ha fijado en 0,5, la tolerancia en 1,5.

35 Por último, para determinar si el equilibrio de las bolsas es conforme, inferior a la norma o superior a la norma, se determina la diferencia entre el volumen drenado por las bolsas del paciente y un volumen drenado medio determinado sobre el historial del paciente.

El valor normal es nulo, es decir que como media, un tipo de bolsas da casi siempre los mismos flujos. La tolerancia se ha fijado en 60%. Esta tolerancia es relativamente alta, ya que demasiados parámetros están se escapan del control de los inventores de la presente invención para que esto sea ciertamente fiable.

40 Se observará que en el caso de seguimientos en los que se hace intervenir una media sobre el historial del paciente, este historial es por ejemplo de quince días.

45 La función de observación B por su parte representa la probabilidad de observar, para un parámetro fisiológico i dado, uno de los símbolos cualitativos del conjunto O, conociendo el estado s del sistema.

Se entiende, si se hace referencia a la definición de los símbolos cualitativos de observación, que estos símbolos no son directamente accesibles a partir de los datos transmitidos al servidor.

50 Por lo tanto, el sistema lleva a cabo un tratamiento que permite estimar la probabilidad de observar un valor V_{i,t} para un parámetro fisiológico i dado y un tiempo t dado, suponiendo que se conoce el estado en el que se encuentra el sistema.

Esta probabilidad se expresa de la siguiente manera:

$$v_{i,t} : p(v_{i,t} | s) = \sum_{o \in O(i)} f_{s,o}(v_{i,t}) p_i(o | s)$$

55 en la que f es una función del tipo de la ilustrada en la figura 2 que da una ponderación comprendida entre 0 y 1 y que depende del valor del parámetro fisiológico i para un estado s dado.

60 Por ejemplo, para el estado de acuerdo con la norma, esta función tendrá una evolución en función del valor del parámetro fisiológico del tipo de la ilustrada en la curva A en la figura 2.

Para la observación calificativa inferior a la norma, la función tendrá la forma representada por la curva B en la figura 2.

Para la observación calificativa superior a la norma, la función tendrá la forma de la curva C en la figura 2.

Estas diversas curvas A, B, C son en este caso unas sigmoides.

5 Las curvas A, B y C son unas curvas definidas en función de la relación (valor medido-valor de base)/tolerancia, en donde los valores de base y los valores de tolerancia son, como se ha definido anteriormente, unos valores definidos por el médico o en función del historial.

Las probabilidades que definen las funciones de transición T por su parte han sido determinadas empíricamente.

10 Interviene en el momento del cálculo de la distribución de probabilidad en los cinco estados modelizados por el modelo definido para el seguimiento de la hidratación.

15 Sea b esta distribución de probabilidad sobre S. b(s,t) es la probabilidad de que el paciente esté en el estado s en el instante t. Se puede estimar la probabilidad de que el paciente esté en el estado s' en el instante t+1, conociendo la observación o(t+1) y la acción a(t) mediante la fórmula:

$$p(s'|b,a,o) = \frac{p(o|s',a,b)p(s'|a,b)}{p(o|a,b)} = \frac{p(o|a,s') \sum_{s \in S} p(s'|a,s)b(s)}{p(o|a,b)}$$

siendo
$$p(o|a,b) = \sum_{s' \in S} p(o|a,s') \sum_{s \in S} p(s'|s,a)b(s)$$

y
$$p(o|a,s) = \prod_{i \in I} p(v_i|s)$$

20 Las acciones A y la función de recompensa R son opcionales.

Tratamiento llevado a cabo en los elementos así definidos

25 Con el modelo que acaba de ser descrito, el tratamiento llevado a cabo por el servidor 2 que recibe la información del paciente es el siguiente.

Una vez adquiridos los valores $V_{i,t}$ de los diversos parámetros fisiológicos i para el tiempo t, se procesa el vector de observación constituido por estos diversos valores para determinar las probabilidades de encontrarse en el estado s, haciéndolo para cada uno de los estados.

30 Por ejemplo, la probabilidad de que la hipotensión ortostática se encuentre en el estado se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$p(v_{i,t} | \text{normal}) = 5\% * s - \left(\frac{v_{i,t} - 0,5}{1,2} \right) + 83\% * \text{campana} \left(\frac{v_{i,t} - 0,5}{1,2} \right) + 12\% * s + \left(\frac{v_{i,t} - 0,5}{1,2} \right)$$

para i = hipotensión ortostática

35 S- la sigmoide que define "inferior a la norma;" (figura B),
 S+ la sigmoide que define "superior a la norma;" (figura C),
 campana la Gaussiana que define "de acuerdo con la norma;" (figura A).

40 Los valores de 5%, 83% y 12% corresponden a las probabilidades de observar que esta hipotensión ortostática es inferior a la norma, que de acuerdo con la norma o superior a la norma, estando estas probabilidades determinadas en función del historial del paciente.

Los valores de 0,5 y 1,2 corresponden a los de la referencia normal y de la tolerancia para este parámetro.

45 La figura 5 presenta las diversas curvas de modelización obtenidas de esta manera para los cuatro parámetros fisiológicos considerados y los cinco estados del modelo.

Una vez determinadas estas probabilidades, se deduce de ellas la probabilidad de encontrarse en un estado dado teniendo en cuenta el conjunto de los valores medidos para los parámetros fisiológicos.

La información así determinada es convertida a continuación para ser presentada al médico.

5 Por ejemplo, como se ilustra en la figura 3, esta presentación se puede realizar en función de diferentes niveles de grises para los diversos estados considerados.

10 También se puede presentar en forma digital, como se ilustra en la figura 4. En el gráfico de esta figura 4 se representa una pluralidad de curvas que representa cada una la evolución en función del tiempo de las probabilidades de encontrarse en el estado normal para uno de los parámetros i .

En cada uno de los casos, la información se presenta de manera temporal.

15 Se observará que el médico tiene la posibilidad de modificar los perfiles de niveles de grises o de valores de probabilidad que se le presentan para los diversos estados, si estima que el diagnóstico no corresponde al suyo propio.

20 Supóngase por ejemplo que la tendencia que aparece en el medio de la gráfica (el Peso-Seco es ciertamente demasiado bajo) sea una alerta falsa, y que el paciente permanece hiperhidratado todo el tiempo. El médico simplemente 'tomará' la curva por los 'mandos' (los puntos encuadrados) y los desplazará para recolocarlos en el lugar que debería ocupar. El resultado de este proceso es un nuevo perfil, pero este último ya no tiene ninguna relación con los datos tomados por el paciente.

25 El algoritmo por lo tanto intentará aprender a continuación la relación entre la consigna que acaba de recibir, y los datos de que dispone con el fin de proponer una solución viable. Ésta debe ser lo más parecida posible a la consigna proporcionada por el médico, pero debe ser generada por el modelo markoviano subyacente. De esta manera, se recupera una relación entre los datos proporcionados por el paciente y el perfil. Esto conduce naturalmente a unos compromisos.

30 Se observará que el tratamiento de adaptación consiste en unas modificaciones de los valores determinados para las probabilidades $p_i(o/s)$, siendo dichas modificaciones calculadas de manera que minimicen el error entre la nueva solución propuesta por el médico y la solución proporcionada por el modelo.

35 Se observará que este tratamiento viene a determinar 40 parámetros para el conjunto de los estados bajo la restricción de minimizar dicho error.

De hecho, dándose las funciones $f_{s,o}$, sólo se necesitan determinar los parámetros $t_i(o/s)$.

40 Por consiguiente, esto viene a determinar $12=3 \times 4$ valores de probabilidad para cada estado, bajo las restricciones $p_i(\text{inferior a la norma}_i | s) + p_i(\text{conforme}_i | s) + p_i(\text{superior a la norma}_i | s) = 1$, es decir, en total 8 incógnitas a determinar por estado.

45 Se observará asimismo que, como variante, se puede prever que los medios de interfaz permitan que el médico modifique directamente las curvas de modelizaciones del tipo de las de la figura 5.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de seguimiento de pacientes sometidos a diálisis a domicilio que comprende unos medios de interfaz en el hogar del paciente, unos medios de interfaz en la consulta de un médico, un servidor enlazado por una red a los medios de interfaz en el hogar del paciente y a los medios de interfaz en la consulta del médico, recibiendo dicho servidor de los medios de interfaz en el hogar del paciente unos valores de parámetros fisiológicos medidos por el paciente o por unos sensores y que comprende unos medios para almacenar un historial, correspondiente a un cierto período de tiempo, sobre los valores de parámetros fisiológicos que le son transmitidos, comprendiendo además dicho servidor unos medios para realizar en base a los valores de parámetros fisiológicos transmitidos por el paciente un tratamiento con vistas a su presentación y a la presentación de su evolución en los medios de interfaz en la consulta del médico,

llevando a cabo dichos medios en base a los últimos valores de parámetros fisiológicos que le son transmitidos al servidor, un tratamiento que compara el estado definido por estos diferentes valores de parámetros fisiológicos con unos estados de alerta definidos en función del historial memorizado para el paciente y que comprende unos medios para transmitir los resultados de este tratamiento a los medios de interfaz en la consulta del médico,

caracterizado por que los medios de tratamiento comprenden además unos medios para calcular una probabilidad de observar un valor determinado para un parámetro fisiológico dado y un tiempo dado, suponiendo que se conoce un estado en el que se encuentra el paciente, de la manera siguiente:

$$P(v_{i,t}|s) = \sum_{o \in O(i)} f_{s,o}(v_{i,t}) p_i(o|s)$$

en la que

$v_{i,t}$ es el valor observado para el parámetro fisiológico i en un instante t

$O(i)$ es el conjunto de las observaciones posibles para el parámetro i ,

f es una función que proporciona una ponderación comprendida entre 0 y 1, que depende del valor del parámetro fisiológico i para un estado determinado s y cuyos parámetros están definidos por el médico o dependen del historial memorizado para el paciente.

$p_i(o|s)$ es la probabilidad de observar o para el parámetro i suponiendo que el estado del paciente es s ,

por que el cálculo de probabilidad se efectúa para diferentes estados posibles para el paciente, y

por que las probabilidades así calculadas para los diferentes estados posibles para el paciente son transmitidos a los medios de interfaz en la consulta del médico.

2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que el conjunto $O(i)$ de las posibles observaciones para un parámetro i comprende las siguientes observaciones: conforme, inferior a la norma, superior a la norma.

3. Sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que los parámetros fisiológicos i comprenden por lo menos uno de los siguientes parámetros: peso, tensión, tensión ortostática, equilibrio de las bolsas.

4. Sistema según la reivindicación 3, caracterizado por que los medios de tratamiento comprenden unos medios para comparar la diferencia entre el peso del paciente medido y un peso seco fijado por el médico con unos valores umbrales inferiores o superiores, comparar la diferencia entre la última tensión transmitida y una tensión media calculada sobre el historial memorizado para el paciente con unos valores umbral, comparar la diferencia entre las tensiones del paciente cuando está acostado y cuando está de pie con unos valores umbrales, comparar la diferencia entre el volumen drenado por las bolsas del paciente y un volumen drenado medio determinado en base al historial memorizado para el paciente con un valor normal, y deducir para cada parámetro i una observación correspondiente $o(i)$.

5. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la función f depende de la relación

$$(\text{valor medido para } i - \text{valor de base para } i) / \text{tolerancia},$$

en la que los valores de base y los valores de tolerancia para el parámetro fisiológico i son definidos por el médico o dependen del historial memorizado para el paciente.

6. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el servidor comprende unos medios para, cuando un paciente intenta conectarse, identificar a dicho paciente, interrumpir la comunicación y conectarse a los medios de interfaz de dicho paciente.

7. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de interfaz en el hogar del paciente permiten que éste transmita información al médico sólo cuando el paciente haya rellenado una ficha de parámetros diarios.

5

8. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de interfaz en el hogar del paciente comprenden unos medios para controlar la coherencia de los valores de parámetros fisiológicos medidos y transmitidos por el paciente.

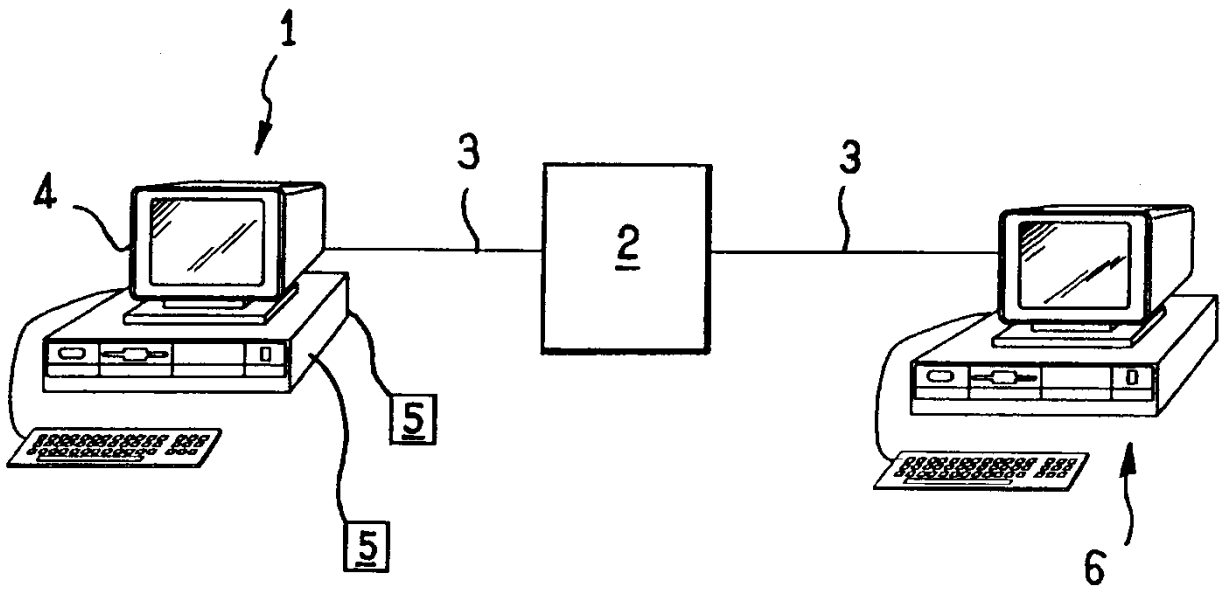


FIG. 1

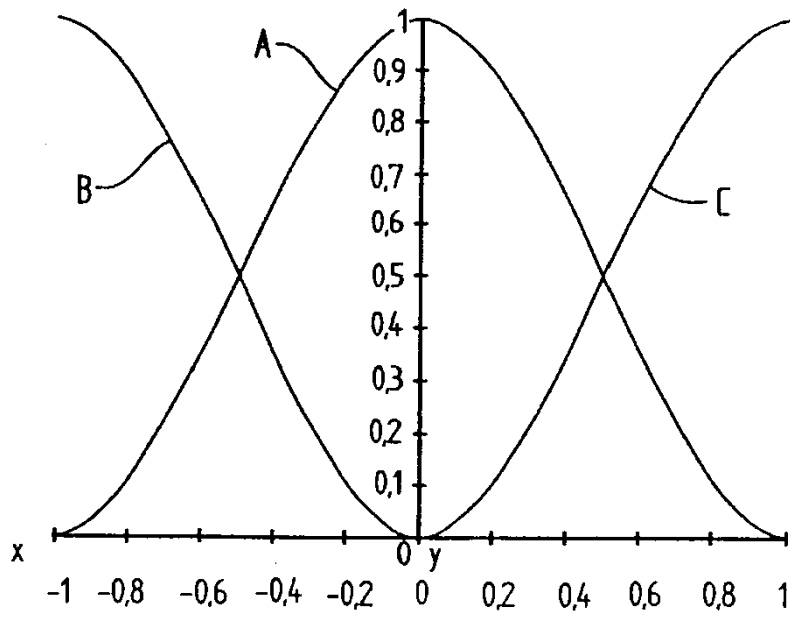


FIG. 2

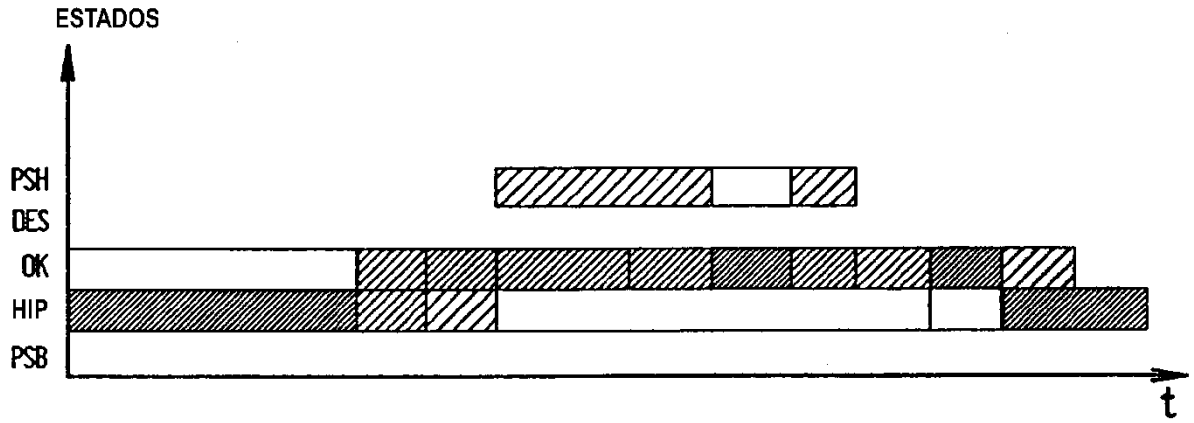


FIG. 3

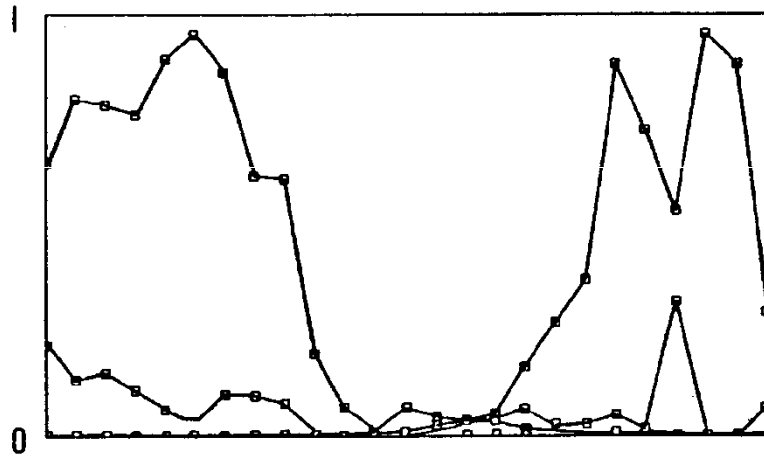


FIG. 4

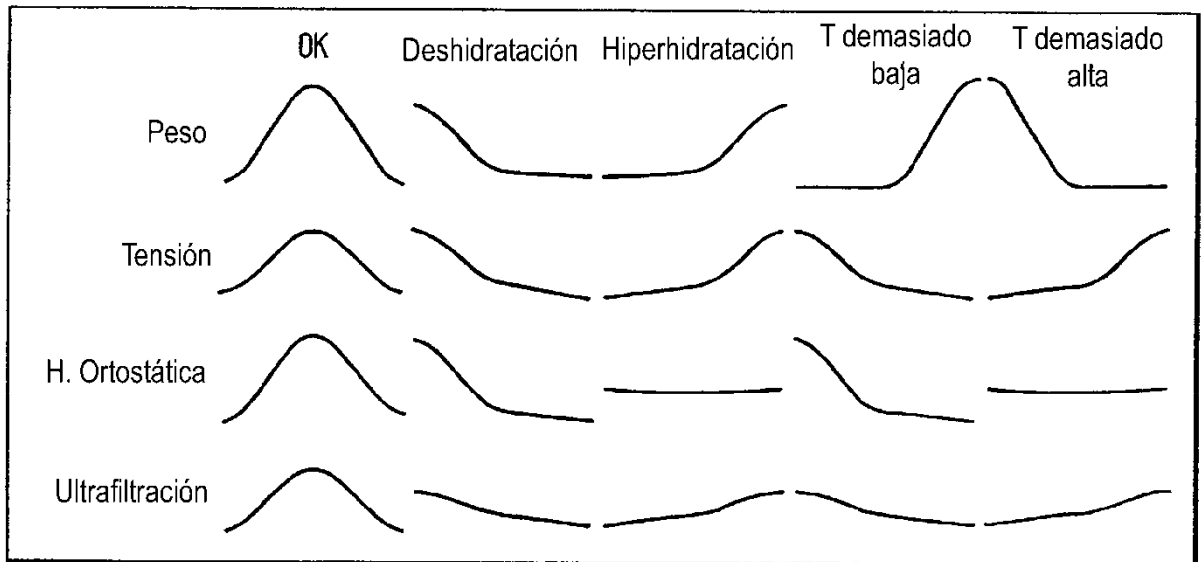


FIG. 5