

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 749**

51 Int. Cl.:

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/0476 (2006.01)

A61B 5/0484 (2006.01)

A61B 5/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.04.2016 PCT/AT2016/050117**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.11.2017 WO17185109**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2016 E 16724584 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 3258833**

54 Título: **Procedimiento para determinar la capacidad de percepción de un sujeto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2018

73 Titular/es:

GUGER, CHRISTOPH (50.0%)

Pellndorf 10

4533 Piberbach, AT y

EDLINGER, GÜNTER (50.0%)

72 Inventor/es:

GUGER, CHRISTOPH y

EDLINGER, GÜNTER

74 Agente/Representante:

SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro

ES 2 685 749 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

Procedimiento para determinar la capacidad de percepción de un sujeto

5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar la capacidad de percepción o calidad de percepción de un sujeto, en particular de un ser humano, por medio de una interfaz ordenador-cerebro.

10 Por el estado de la técnica se conocen múltiples métodos diferentes para determinar la capacidad de percepción o calidad de percepción de sujetos, en donde todos estos métodos aplican diferentes tipos de estímulos sobre el sujeto y, gracias a la reacción del sujeto en forma de ondas cerebrales, se comprueba si el sujeto en cuestión muestra o no una actividad mental adecuada debido a los estímulos.

15 En el estado de la técnica existe en particular el problema de que la reacción del sujeto con frecuencia solo puede valorarse con dificultad, y de que la capacidad de percepción o calidad de percepción del sujeto disminuye o aumenta en ocasiones durante la prueba, en particular existe en el caso de pacientes en coma el problema de que no está claro si el paciente o sujeto en cuestión duerme en ese momento. En este contexto existe la posibilidad de que tras una fase de entrenamiento, durante la cual el sujeto está despierto, este se duerma y la prueba realizada muestre una capacidad de percepción del sujeto mucho peor, mientras que el sujeto, sin embargo, es en principio absolutamente capaz de percibir. Esto conduce a una valoración errónea del estado mental y puede tener
20 consecuencias en ocasiones importantes para los pacientes o sujetos en cuestión, sobre todo porque este tipo de pruebas solo se efectúan muy raramente.

25 La invención solventa estos problemas en un procedimiento del tipo mencionado al principio con las características de la reivindicación 1.

La invención procedimiento para determinar la capacidad de percepción o calidad de percepción de un sujeto por medio de una interfaz cerebro-ordenador, presenta las siguientes etapas:

30 a) Se predefinen al menos dos tipos diferentes entre sí de estímulos aplicables a un sujeto, en particular estímulos acústicos, mecánicos, eléctricos u ópticos, instruyéndose al sujeto, en particular, a realizar, en presencia de un determinado estímulo, una actividad cognitiva determinada, preferiblemente contar.

b) Se aplican múltiples estímulos que se suceden uno tras otro sobre el sujeto y los estímulos aplicados sobre el sujeto se agrupan en bloques, en donde

35 - los bloques comprenden un número de estímulos que se suceden unos tras otros aplicados sobre el sujeto, en los que en cada caso un estímulo de un primer tipo está dispuesto en una posición predefinida del bloque, así como estímulos de un tipo o varios tipos adicionales están dispuestos en las demás posiciones del bloque,

40 - tras cada uno de los estímulos se establece la reacción del sujeto determinando los datos EEG del sujeto provocados por el estímulo o relacionados temporalmente con el mismo, y estos datos EEG se asocian con el respectivo estímulo así como con el respectivo bloque en la posición en cuestión.

45 c) a partir de los datos EEG así determinados, se elaboran datos de calibración reuniendo un número de datos EEG determinados y estímulos asociados a estos datos EEG en bloques de calibración, en donde en cada bloque de calibración individual se asocian a un punto en cada caso los datos EEG del sujeto al aplicar un primer estímulo y en los demás puntos los datos EEG del sujeto al aplicar un estímulo adicional, y

50 - en donde, por medio de análisis de clasificación, basándose en bloques de calibración determinados se determina una función de clasificación que indica, basándose en datos EEG de un bloque de estímulos, en qué posición en el respectivo bloque de calibración se encuentra el estímulo del primer tipo.

55 d) Los datos EEG de un número de bloques de prueba seleccionados de entre bloques se someten a la función de clasificación determinada y se determina un resultado de clasificación. Se examina si aquella posición en la que se encuentra el estímulo del primer tipo en el respectivo bloque de prueba coincide con el resultado de clasificación. Se recurre al número de bloques de prueba para el que se identifica una coincidencia como medida de la capacidad de percepción de un sujeto en el momento de la captura de los datos EEG adicionales.

60 Es especialmente ventajoso, en este contexto, que el momento en el que se determinaron los datos EEG individuales tenga solo una importancia secundaria en el marco de la valoración de la capacidad de percepción o calidad de percepción.

Una variante especialmente ventajosa de la invención, con la que puede conseguirse una gran mezcla de los datos EEG individuales capturados en diferentes momentos, prevé que, basándose en los mismos bloques determinados, se ejecuten varias veces las etapas c) y d), en donde en cada ejecución individual de las etapas c) y d) en cada caso

65 - se seleccionan bloques individuales, en particular según criterios arbitrarios, en la etapa c) como bloques de

- calibración, comprendiendo esta selección en particular al menos el 50 % de los bloques,
 - de los demás bloques determinados, en particular todos los demás bloques se someten, en la etapa d), como bloques de prueba a la función de calibración,
 - en donde en cada ejecución de las etapas c) y d) se determina en cada caso una medida independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y
- 5
- por que se determina una medida adicional de la capacidad de percepción o calidad de percepción mediante promediado o agregación de las medidas independientes obtenidas en las ejecuciones individuales.
- 10 Un modo de proceder ventajoso que permite una adaptación continua de la medida de percepción en cuestión y que en pacientes con plena capacidad de percepción muestra una convergencia hacia un determinado valor máximo, prevé que se determinen de manera continua bloques conforme a la etapa b), en donde, tras la captura de uno o varios bloques se ejecutan en cada caso, basándose en los bloques determinados hasta el momento, las etapas c) y d), en donde en cada ejecución individual de las etapas c) y d) en cada caso
- 15
- se seleccionan bloques individuales, en particular según criterios arbitrarios, en la etapa c) como bloques de calibración, comprendiendo esta selección en particular al menos 50 % de los bloques,
 - de los demás bloques determinados, en particular todos los demás bloques se someten, en la etapa d), como bloques de prueba a la función de calibración,
- 20
- en donde en cada ejecución de las etapas c) y d) se determina en cada caso una medida independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y
- que se examine, tras la captura, en cuántos bloques la medida independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción supera un valor umbral predefinido y se determina el número de bloques como medida adicional de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y/o por que se determina la media o mediana de las medidas independientes individuales como medida adicional de la capacidad de percepción o calidad de percepción.
- 25
- Para obtener una evaluación lo más completa posible de todos los datos EEG obtenidos en el transcurso de la captura puede estar previsto que se seleccionen bloques individuales, en particular según criterios arbitrarios, en la etapa c) como bloques de calibración, comprendiendo esta selección en particular al menos 50 % de los bloques, - que de los bloques determinados, en particular todos los demás bloques o al menos el 10 % de los demás bloques se sometan, en la etapa d), como bloques de prueba a la función de calibración y se examine si aquella posición en la que se encuentra el estímulo del primer tipo en el respectivo bloque coincide con el resultado de clasificación.
- 30
- 35
- Para poder efectuar más tarde de nuevo de manera sencilla y rápida la determinación de la capacidad de percepción en el respectivo sujeto, puede estar previsto que, una vez calculada la función de clasificación, se aplique un número de estímulos adicionales sucesivos sobre el sujeto, que se agrupan conforme a la etapa b) en bloques adicionales y que para estos se examine en cada caso individualmente si aquella posición en la que se encuentra el estímulo del primer tipo en el respectivo bloque adicional coincide con el resultado de clasificación y se recurra al número de bloques adicionales para los que se identifica una coincidencia como medida de la capacidad de percepción de un sujeto en el momento de la captura de los datos EEG adicionales.
- 40
- Un aumento de la medida de la capacidad de percepción del sujeto puede conseguirse adicionalmente aplicando al menos uno de los estímulos, en particular todos los estímulos o al menos estímulos del primer tipo, de manera vibrotáctil sobre el sujeto y en presencia de un resultado de clasificación que supera un valor umbral se aplica un estímulo de activación sobre el sujeto.
- 45
- En este caso puede estar previsto, en una forma de realización preferida de la invención, en particular, que el estímulo de activación aplicado sobre el sujeto consista en una aplicación de electroestimulación funcional o con una ortesis, una prótesis o un robot sobre una zona del cuerpo del sujeto, con la que se estimula el cuerpo del sujeto en un punto o con la que se manipula una parte del cuerpo del sujeto que fue estimulada de manera vibrotáctil.
- 50
- Otra forma de realización preferida de la invención, que puede ejecutarse en un gran número de pacientes también sin capacidad visual, prevé que la cantidad de tipos de estímulos se predefina mediante diferentes tonos, en particular con diferente duración, frecuencia y volumen, en frecuencias audibles para un ser humano y se le reproduzca el respectivo tono al sujeto, o que la cantidad de tipos de estímulos comprenda solicitaciones con vibración en diferentes partes del cuerpo y/o con diferente intensidad y/o duración, que se le aplican al sujeto por medio de unidades de vibración.
- 55
- 60
- Otra forma de realización preferida de la invención, que puede ejecutarse en un gran número de pacientes también sordos, prevé que la cantidad de tipos de estímulos comprenda estímulos visuales para un ojo o ambos ojos y/o con diferente intensidad y/o duración, que se les aplican a los sujetos por medio de una pantallas o por medio de lámparas, o que la cantidad de tipos de estímulos comprenda estímulos eléctricos en diferentes partes del cuerpo y/o con diferente intensidad y/o duración, que se le aplican al sujeto por medio de estimuladores eléctricos.
- 65

Puede conseguirse una posibilidad de identificación especialmente buena en los datos EEG cuando se encarga al sujeto en función del respectivo tipo de estímulo una de las siguientes actividades cognitivas:

- contar o calcular,
- 5 - pensar en movimientos de partes del cuerpo, en particular extremidades de la mitad derecha o izquierda del cuerpo, preferiblemente de los brazos o manos.

Un análisis especialmente ventajoso de los datos EEG puede conseguirse ejecutando los análisis de clasificación de la siguiente manera:

- 10 - análisis discriminatorios, en particular análisis discriminatorios lineales,
- máquinas de vectores de soporte,
- redes neuronales.

15 Para la determinación de la dependencia de la capacidad de percepción y calidad de percepción del sujeto con respecto a influencias externas puede estar previsto que, una vez determinada la capacidad de percepción o calidad de percepción, se lleva al sujeto a diversos estados mediante enfriamiento o calentamiento del cuerpo o de una parte del cuerpo y/o mediante medicación o que se varíe la presión parcial del oxígeno en el entorno del sujeto y se repita la capacidad de percepción o calidad de percepción según los mismos criterios y se determine una nueva
20 medida de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y la medida y la nueva medida se comparen entre sí.

Con el mismo fin puede estar previsto, ventajosamente, que, una vez calculada la función de clasificación

- 25 - se lleve al sujeto a diversos estados mediante enfriamiento o calentamiento del cuerpo o de una parte del cuerpo y/o mediante medicación o que se varíe la presión parcial del oxígeno en el entorno del sujeto, y
- se aplique un número de estímulos adicionales sucesivos uno tras otro sobre el sujeto, que se agrupan conforme a la etapa b) en bloques adicionales y para estos se examine en cada caso individualmente si aquella posición en la que se encuentra el estímulo del primer tipo en el respectivo bloque adicional coincide con el resultado de
30 clasificación y se recurra al número de bloques adicionales para los que se identifica una coincidencia como nueva medida de la capacidad de percepción de un sujeto en el momento de la captura de los datos EEG adicionales,
- y la medida y la nueva medida se comparen entre sí.

35 Puede conseguirse una retroalimentación ventajosa con los sujetos clasificando los datos EEG capturados por medio de análisis de clasificación previamente ejecutado y por que, en presencia de un resultado determinado, a partir de la clasificación se aplica sobre el sujeto un estímulo de activación asociado a este resultado.

40 A continuación se expone un ejemplo de realización preferido de la invención con ayuda de las figuras de dibujo mencionadas más adelante.

En la **figura 1** está representado un sujeto 1 tumbado en una cama. La **figura 2** muestra señales de tensión que se han determinado por medio de electrodos EEG. La **figura 3** muestra esquemáticamente una disposición para la medición y el procesamiento posterior de datos EEG. La **figura 4** muestra la sucesión temporal de los estímulos aplicados sobre el sujeto. La **figura 5** muestra los datos EEG asociados a un estímulo. La **figura 6** muestra esquemáticamente la manera de proceder en una forma de realización de un procedimiento de acuerdo con la invención. La **figura 7** muestra esquemáticamente la manera de proceder en una forma de realización preferida de un procedimiento de acuerdo con la invención.

50 En la **figura 1** está representado un sujeto 1 tumbado en una cama. Sobre la cabeza del sujeto se encuentran un gran número de electrodos EEG 21-24 que están todos conectados a un aparato de procesamiento EEG 2. Este evalúa las ondas cerebrales emitidas individualmente por el sujeto 1 y a partir de estas ondas cerebrales elabora datos EEG U_1, U_2, U_3, U_4 . A este respecto pueden emplearse diferentes procedimientos de procesamiento previo y filtrado. En última instancia hay disponibles datos EEG U_1, U_2, U_3, U_4 como consecuencia de señales de tensión
55 medidas, indicando cada una de las señales de tensión para un gran número de momentos en cada caso un valor de tensión (**figura 2**). La disposición que comprende los electrodos EEG 21-24 individuales así como la unidad de medición EEG 2 representa una interfaz cerebro-ordenador 20. Esta interfaz cerebro-ordenador 20 está conectada a una unidad de prueba y control 30 (**figura 3**) que controla, en el presente ejemplo de realización de la invención, un altavoz 40. Este altavoz 40 puede ser, por ejemplo, un altavoz 40 que está dispuesto en unos cascos colocados
60 sobre el sujeto 1.

En el presente ejemplo de realización, los estímulos S_A, S_B individuales se encuentran a distancias predefinidas entre sí así como con respecto al respectivo momento de comienzo del bloque B_1, B_2, B_3, B_4 . De manera especialmente ventajosa, todos los estímulos S_A, S_B presentan la misma distancia temporal con respecto al estímulo
65 S_A, S_B en cada caso subsiguiente, de modo que el sujeto 1 no puede saber cuándo termina un bloque B_1, B_2, B_3, B_4 y comienza el siguiente bloque B_1, B_2, B_3, B_4 .

Ventajosamente, el sujeto 1 también puede ser instruido para realizar, en presencia de un determinado estímulo, una actividad cognitiva determinada, en particular contar o calcular, pensar en determinados movimientos de partes del cuerpo, en particular en el movimiento de las extremidades. Tales pensamientos efectuados por el sujeto 1 pueden capturarse por medio de la interfaz cerebro-ordenador 20 y analizarse en la unidad de prueba y control 30.

5 En el presente ejemplo de realización se aplica un gran número de estímulos S_A , S_B que se suceden uno tras otro al sujeto 1 (**figura 4**). Los estímulos S_A , S_B aplicados al sujeto 1 se agrupan en bloques B_1 , B_2 , B_3 , B_4 . Cada uno de los bloques B_1 , B_2 , B_3 , B_4 comprende a este respecto un número concreto, en el presente caso establecido en ocho, de estímulos S_A , S_B sucesivos aplicados al sujeto 1 y, a este respecto, se encuentra en cada uno de los bloques B_1 , B_2 , B_3 , B_4 en cada caso un estímulo S_A del primer tipo en una determinada posición con respecto al respectivo bloque B_1 , B_2 , B_3 , B_4 . En los demás puntos se encuentran estímulos S_B de un segundo tipo de bloques.

15 En el presente ejemplo de realización, los estímulos S_A del primer tipo son tonos altos que se le reproducen al sujeto 1 y los estímulos S_B del segundo tipo son tonos más bajos que se le reproducen al sujeto 1. Cada bloque B_1 , B_2 , B_3 , B_4 comprende, en el presente ejemplo de realización, en cada caso un tono alto S_A así como siete tonos bajos S_B . Para cada tono individual se ejecuta en detalle el modo de proceder representado en la **figura 5**: Después de cada uno de los estímulos S_A , S_B se establece la reacción del sujeto 1 en forma de datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , determinando los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 del sujeto 1 provocados por el respectivo estímulo S_B o relacionados temporalmente con el mismo. Estos datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 se asocian al respectivo estímulo S_A , S_B así como al respectivo bloque B_1 , B_2 , B_3 , B_4 en la posición en cuestión. En el presente ejemplo de realización se recurre para cada uno de los estímulos S_A , S_B en cada caso a los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 capturados después del estímulo S_A , S_B dentro de un intervalo de tiempo de -100 a +700 ms y se asocian al estímulo S_A , S_B en cuestión. En cualquier caso existe también la posibilidad de recurrir a datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 que fueron capturados dentro de un determinado intervalo de tiempo antes de la emisión del estímulo S_A , S_B .

25 A partir de la totalidad de los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 así obtenidos con estímulo S_A , S_B asociado en cada caso se elaboran datos de calibración, en el que los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 asociados a un estímulo se reúnen junto con el respectivo estímulo S_A , S_B en bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 (**figura 6**). De manera correspondiente a los bloques se reúnen los bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 individuales en cada caso de tal manera que en cada caso en un punto se asocian en cada caso los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 del sujeto 1 al aplicar un primer estímulo S_A y, en sus demás puntos, datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 del sujeto 1 al aplicar un estímulo S_B adicional. Los bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 pueden reunirse por lo demás arbitrariamente, de modo que no se requiere en particular que bloques B_1 , B_2 , B_3 , B_4 individuales aplicados al sujeto 1 se seleccionen en su totalidad como bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 . La elaboración de los bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 también puede producirse de tal manera que se seleccionen datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 y estímulos individuales según criterios arbitrarios y se reúnen de nuevo en bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 en donde las posiciones p de los estímulos S_A , S_B y datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 puedan variarse.

40 Para la elaboración de los bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 puede recurrirse por ejemplo al 80 % de los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 disponibles o al 80 % de los bloques B_1 , B_2 , B_3 , B_4 capturados disponibles. En otra etapa, los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 individuales se someten a un análisis de clasificación K, en donde basándose en los bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 determinados se determina una función de clasificación f_K que, debido a datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 de un bloque B_1 , B_2 , B_3 , B_4 o bloque de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 de datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , indica en qué posición p en el respectivo bloque o bloque de calibración se encuentra el estímulo S_A del primer tipo.

A este respecto existe, ventajosamente, la posibilidad de que el análisis de clasificación se ejecute sobre los bloques de calibración KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4 con uno de los procedimientos de calibración expuestos a continuación:

- 50
- análisis discriminatorios, en particular análisis discriminatorios lineales,
 - máquinas de vectores de soporte
 - redes neuronales.

55 En todos los procedimientos anteriormente mencionados es posible, partiendo de los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 determinados con la captura de un bloque B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , afirmar en qué posición p dentro del respectivo bloque B_1 , B_2 , B_3 , B_4 se encuentra el estímulo S_A del primer tipo.

60 Los demás bloques BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4 determinados, en particular al menos el 10% de los demás bloques BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4 o los demás datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 se someten, como bloques de prueba, a la función de clasificación f_K determinada. Se determina un resultado de clasificación K, que indica si aquella posición p en la que se encuentra el estímulo S_A del primer tipo en el respectivo bloque de prueba BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4 coincide con el resultado de clasificación K. Se recurre al número n de bloques de prueba BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4 para los que se identifica una coincidencia como medida M de la capacidad de percepción o calidad de percepción de un sujeto 1 en el momento de la captura de los datos EEG U_1 , U_2 , U_3 , U_4 .

65 En una forma de realización preferida de la invención existe la posibilidad de ejecutar varias veces las etapas del

cálculo de una función de clasificación f_k así como de aplicación de la respectiva función de clasificación f_k a los bloques de prueba BT_1, BT_2, BT_3, BT_4 . En este sentido se determina para cada ejecución individual de estas etapas en cada caso una medida independiente M_1, \dots, M_n de la capacidad de percepción o calidad de percepción del sujeto 1. A partir de estas medidas M_1, \dots, M_n individuales puede determinarse una medida adicional M^* de la capacidad de percepción o calidad de percepción, por ejemplo mediante promediado o agregación de las medidas independientes M_1, \dots, M_n individuales determinadas.

Otro procedimiento según una forma de realización preferida de la invención tiene la ventaja de que puede accederse a una cantidad cada vez mayor de bloques B_1, B_2, B_3, B_4 determinados o registrados (**figura 7**). Se determinan en este sentido de manera continua bloques de datos EEG U_1, U_2, U_3, U_4 , en donde, tras la captura de uno o varios bloques B_1, B_2, B_3, B_4 se determina, basándose en los bloques B_1, B_2, B_3, B_4 determinados hasta el momento, en cada caso por separado una función de calibración f_k y se someten los demás bloques B_1, B_2, B_3, B_4 determinados o una parte de los demás bloques determinados a la función de clasificación f_k . De esta manera se determina, tras la captura de un número cada vez mayor de bloques B_1, B_2, B_3, B_4 , en cada caso una medida MM_1, \dots, MM_n independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción del sujeto 1. A continuación se examina qué número n de bloques tienen que capturarse hasta que la medida MM_1, \dots, MM_n de la capacidad de percepción o calidad de percepción supere un valor umbral T predefinido.

El número n de bloques que se requiere para que la medida MM_1, \dots, MM_n determinada supere el valor umbral T puede considerarse como medida adicional M^{**} de la capacidad de percepción o calidad de percepción del sujeto 1. También la media o mediana de las medidas individuales determinadas puede considerarse como medida adicional M^{***} de la capacidad de percepción o calidad de percepción del sujeto 1. El valor umbral T puede establecerse, ventajosamente, de tal modo que el sujeto 1 asocie correctamente más del 90 %, en particular más del 95 %, de los bloques B_1, B_2, B_3, B_4 o de modo que establezca correctamente para este bloque B_1, B_2, B_3, B_4 la posición del estímulo S_A del primer tipo en el respectivo bloque.

Una forma de realización preferida de la invención, que puede combinarse con todas las variantes de realización de la invención anteriormente mencionadas, prevé que la prueba a la que se sometió al sujeto 1 se ejecute de nuevo tras un periodo de tiempo predefinido. Es especialmente ventajoso en este modo de proceder que para el sujeto en cuestión ya existan funciones de clasificación f_k y es de esperar que el mismo sujeto 1 proporcione probablemente los mismos resultados al aplicar los mismos estímulos S_A, S_B , de modo que no se requiere una compleja determinación de la función de clasificación f_k . Este modo de proceder es en particular ventajoso cuando ha pasado poco tiempo desde la determinación de la función de clasificación f_k .

En la nueva ejecución de la prueba anteriormente mencionada se asocian de nuevo entre sí los datos EEG U_1, U_2, U_3, U_4 capturados y estímulos S_A, S_B y se reúnen en bloques B_1', B_2', B_3', B_4' adicionales, presentando estos bloques B_1', B_2', B_3', B_4' adicionales la misma estructura que los bloques de calibración KB_1, KB_2, KB_3, KB_4 así como los bloques B_1, B_2, B_3, B_4 determinados en el transcurso de la calibración. Para cada uno de los bloques B_1', B_2', B_3', B_4' adicionales se examina en cada caso individualmente si aquella posición en la que se encuentra el estímulo S_A del primer tipo en el respectivo bloque B_1', B_2', B_3', B_4' adicional coincide con el resultado de clasificación K , es decir el resultado de aplicar la función de clasificación f_k al bloque B_1', B_2', B_3', B_4' adicional. Se determina el número de bloques B_1', B_2', B_3', B_4' adicionales para los que se identificó una coincidencia y se recurre al mismo como medida M^* de la capacidad de percepción de un sujeto en el momento de la captura de los datos EEG U_1, U_2, U_3, U_4 adicionales.

En todos los ejemplos de realización mencionados de la invención es posible que, en lugar de tonos de diferente altura también se predefinan tonos con diferente duración o volumen en frecuencias audibles para un ser humano. Alternativamente, también existe la posibilidad de solicitar al sujeto en cuestión 1 en diferentes partes del cuerpo con vibraciones, siendo la intensidad y duración de las vibraciones diferente y es posible diferenciar entre el primer estímulo y estímulos S_A, S_B adicionales debido a la diferente intensidad o duración de las sollicitaciones con vibración.

Alternativamente, también existe la posibilidad de que la cantidad de tipos de estímulos S_A, S_B comprenda estímulos visuales para un ojo o ambos ojos y/o con diferente intensidad y/o duración, que se aplican sobre el sujeto 1 por medio de una pantalla o por medio de una lámpara. Alternativamente, la cantidad de tipos de estímulos S_A, S_B también puede comprender estímulos eléctricos, que se ejercen en diferentes partes del cuerpo y/o con diferente intensidad y/o diferente duración.

En la medida en el sujeto 1 hay sido solicitado con estímulos S_A, S_B vibrotáctiles existe, en una forma de realización preferida de la invención, la posibilidad de que, una vez establecida satisfactoriamente para el sujeto 1 una capacidad de percepción o calidad de percepción que supera un valor umbral, consista en una aplicación y electroestimulación funcional o con una ortesis, una prótesis o un robot sobre una zona del cuerpo del sujeto 1, con la que se estimula el cuerpo del sujeto 1 en un punto o se manipula con una parte del cuerpo del sujeto 1 que fue estimulada de manera vibrotáctil.

Con la adopción de esta medida puede suministrarse al sujeto una retroalimentación. Los datos EEG capturados se

clasifican a este respecto por medio de análisis de clasificación previamente ejecutado. En presencia de un resultado determinado, a partir de la clasificación se aplica sobre el sujeto un estímulo de activación asociado a este resultado.

- 5 En algunos casos puede resultar ventajoso repetir el modo de proceder anteriormente descrito, cuando el sujeto está sujeto a determinadas influencias. Tales influencias pueden ser, por ejemplo:
- enfriamiento o calentamiento del cuerpo o de una parte del cuerpo del sujeto
 - medicación
- 10 - variación de la presión parcial del oxígeno en el entorno del sujeto

La prueba se ejecuta de nuevo bajo estas influencias. Esto permite determinar la dependencia de la capacidad de percepción del sujeto 1 en función de las respectivas influencias externas.

- 15 En este caso no es necesario volver a calcular la función de clasificación en presencia de la influencia externa. Más bien puede conservarse, como se describió anteriormente, la función de clasificación. Únicamente los bloques adicionales determinados de nuevo en presencia de la influencia externa se someten a la función de clasificación. De esta manera se calcula una nueva medida de la capacidad de percepción y calidad de percepción y se compara con la medida determinada hasta el momento de la capacidad de percepción y calidad de percepción.
- 20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la capacidad de percepción o calidad de percepción de un sujeto (1) por medio de una interfaz cerebro-ordenador (20), en donde

5 a) se predefinen al menos dos tipos diferentes entre sí de estímulos (S_A , S_B) aplicables a un sujeto (1), en particular estímulos acústicos, mecánicos, eléctricos u ópticos, instruyéndose al sujeto (1), en particular, a realizar, en presencia de un determinado estímulo (S_A , S_B), una actividad cognitiva determinada, preferiblemente contar,

10 b) en donde se aplican múltiples estímulos (S_A , S_B) que se suceden uno tras otro sobre el sujeto (1), y los estímulos (S_A , S_B) aplicados sobre el sujeto (1) se agrupan en bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4), en donde

15 - los bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) comprenden un número de estímulos (S_A , S_B) que se suceden unos tras otros aplicados sobre el sujeto (1), en los que en cada caso un estímulo (S_A) de un primer tipo está dispuesto en una posición predefinida (p) del bloque (B_1 , B_2 , B_3 , B_4), así como estímulos (S_B) de un tipo o varios tipos adicionales están dispuestos en las demás posiciones del bloque (B_1 , B_2 , B_3 , B_4),

20 - tras cada uno de los estímulos (S_A , S_B) se establece la reacción del sujeto (1) determinando los datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) del sujeto (1) provocados por el estímulo (S_A , S_B) o relacionados temporalmente con el mismo, y estos datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) se asocian con el respectivo estímulo (S_A , S_B) así con el respectivo bloque en la posición (p) en cuestión,

25 c) en donde, a partir de los datos EEG (U) así determinados, se elaboran datos de calibración reuniendo un número de datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) determinados y estímulos (S_A , S_B) asociados a estos datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) en bloques de calibración (KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4), en donde en cada bloque de calibración (KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4) individual se asocian en un punto en cada caso los datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) del sujeto (1) al aplicar un primer estímulo (S_A , S_B) y en los demás puntos los datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) del sujeto (1) al aplicar un estímulo (S_A , S_B) adicional,

30 - en donde, por medio de análisis de clasificación, basándose en bloques de calibración (KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4) determinados se determina una función de clasificación (f_K) que indica, basándose en datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) de un bloque (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) de estímulos (S_A , S_B), en qué posición (p) en el respectivo bloque de calibración (KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4) se encuentra el estímulo (S_A , S_B) del primer tipo, y

35 d) los datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) de un número de bloques de prueba (BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4) seleccionados de entre los bloques se someten a la función de clasificación (f_K) determinada y se determina un resultado de clasificación (K), y se examina si aquella posición (p) en la que se encuentra el estímulo (S_A) del primer tipo en el respectivo bloque de prueba (BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4) coincide con el resultado de clasificación (K), y se recurre al número de bloques de prueba (BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4) para los que se identifica una coincidencia, o a un valor derivado del mismo, como medida (M) de la capacidad de percepción de un sujeto (1) en el momento de la

40 captura de los datos EEG (U_1 , U_2 , U_3 , U_4) adicionales.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** basándose en los mismos bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) determinados se ejecutan varias veces las etapas c) y d), en donde en cada ejecución individual de las etapas c) y d) en cada caso

45 - se seleccionan bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) individuales, en particular según criterios arbitrarios, en la etapa c) como bloques de calibración (KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4), comprendiendo esta selección en particular al menos el 50 % de los bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4),

50 - de los demás bloques determinados, en particular todos los demás bloques se someten, en la etapa d), como bloques de prueba (BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4) a la función de calibración (f_K),

- en donde en cada ejecución de las etapas c) y d) se determina en cada caso una medida independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y

55 por que se determina una medida (M') adicional de la capacidad de percepción o calidad de percepción mediante promediado o agregación de las medidas (M_1 , M_2 , M_3 , M_4) independientes obtenidas en las ejecuciones individuales.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** se determinan de manera continua bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) conforme a la etapa b), en donde, tras la captura de uno o varios bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) se ejecutan en cada caso, basándose en los bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) determinados hasta el momento, las etapas c) y d),

60 en donde en cada ejecución individual de las etapas c) y d) en cada caso

- se seleccionan bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) individuales, en particular según criterios arbitrarios, en la etapa c) como bloques de calibración (KB_1 , KB_2 , KB_3 , KB_4), comprendiendo esta selección en particular al menos el 50 % de los bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4),

65 - de los demás bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) determinados, en particular todos los demás bloques (B_1 , B_2 , B_3 , B_4) se someten, en la etapa d), como bloques de prueba (BT_1 , BT_2 , BT_3 , BT_4) a la función de calibración (f_K),

- en donde en cada ejecución de las etapas c) y d) se determina en cada caso una medida (MM_1, \dots, MM_n) independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y

5 por que se examina, tras la captura, en cuántos bloques (B_1, B_2, B_3, B_4) la medida (MM_1, \dots, MM_n) independiente de la capacidad de percepción o calidad de percepción supera un valor umbral (T) predefinido y se determina el número de bloques (B_1, B_2, B_3, B_4) como medida adicional (M^{**}) de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y/o por que se determina la media o mediana de las medidas (MM_1, \dots, MM_n) independientes individuales como medida adicional (M^{***}) de la capacidad de percepción o calidad de percepción.

10 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**

- se seleccionan bloques (B_1, B_2, B_3, B_4) individuales, en particular según criterios arbitrarios, en la etapa c) como bloques de calibración (KB_1, KB_2, KB_3, KB_4), comprendiendo esta selección en particular al menos el 50 % de los bloques (B_1, B_2, B_3, B_4),

15 - de los demás bloques (B_1, B_2, B_3, B_4) determinados, en particular todos los demás bloques (B_1, B_2, B_3, B_4) o al menos el 10 % de los demás bloques (B_1, B_2, B_3, B_4) se someten, en la etapa d), como bloques de prueba (BT_1, BT_2, BT_3, BT_4) a la función de calibración (f_k) y se examina si aquella posición (p) en la que se encuentra el estímulo (S_A) del primer tipo en el respectivo bloque coincide con el resultado de clasificación.

20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, una vez calculada la función de clasificación (f_k), se aplica un número de estímulos (S_A, S_B) adicionales sucesivos sobre el sujeto (1), que se agrupan conforme a la etapa b) en bloques (B_1', B_2', B_3', B_4') adicionales y por que para estos se examina en cada caso si aquella posición (p) en la que se encuentra el estímulo (S_A) del primer tipo en el respectivo bloque adicional coincide con el resultado de clasificación (K) y se recurre al número de bloques (B_1', B_2', B_3', B_4') adicionales para los
25 que se ha identificado una coincidencia como medida de la capacidad de percepción de un sujeto (1) en el momento de la captura de los datos EEG (U_1', U_2', U_3', U_4') adicionales.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**

30 - al menos uno de los estímulos (S_A, S_B), en particular todos los estímulos (S_A, S_B) o al menos estímulos (S_A) del primer tipo, se aplican de manera vibrotáctil sobre el sujeto (1),
- en presencia de un resultado de clasificación que supere un valor umbral se aplica un estímulo de activación sobre el sujeto (1).

35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el estímulo de activación aplicado sobre el sujeto (1) consiste en una aplicación de electroestimulación funcional o con una ortesis, una prótesis o un robot sobre una zona del cuerpo del sujeto (1), con la que se estimula el cuerpo del sujeto (1) en un punto o con la que se manipula una parte del cuerpo del sujeto (1) que fue estimulada de manera vibrotáctil.

40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que**

- la cantidad de tipos de estímulos (S_A, S_B) se predefine mediante diferentes tonos, en particular con diferente duración, frecuencia y volumen, en frecuencias audibles para un ser humano y se le reproduce el respectivo tono al sujeto (1), o

45 - la cantidad de tipos de estímulos (S_A, S_B) comprende solicitaciones con vibración en diferentes partes del cuerpo y/o con diferente intensidad y/o duración, que se le aplican al sujeto (1) por medio de unidades de vibración.

50 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la cantidad de tipos de estímulos (S_A, S_B) comprende estímulos visuales para un ojo o ambos ojos y/o con diferente intensidad y/o duración, que se les aplican a los sujetos (1) por medio de una pantalla o por medio de lámparas, o por que la cantidad de tipos de estímulos (S_A, S_B) comprenden estímulos eléctricos sobre diferentes partes del cuerpo y/o con diferente intensidad y/o duración, que se le aplican al sujeto (1) por medio de estimuladores eléctricos.

55 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al sujeto (1) se le encargarán, en función del respectivo tipo de estímulo (S_A, S_B), una de las siguientes actividades cognitivas:

- contar o calcular,

60 - pensar en movimientos de partes del cuerpo, en particular extremidades de la mitad derecha o izquierda del cuerpo, preferiblemente de los brazos o manos.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los análisis de clasificación se ejecutan de la siguiente manera:

65 - análisis discriminatorios, en particular análisis discriminatorios lineales,

- máquinas de vectores de soporte,
- redes neuronales.

- 5 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, una vez determinada la capacidad de percepción o calidad de percepción, se lleva al sujeto a diversos estados mediante enfriamiento o calentamiento del cuerpo o de una parte del cuerpo y/o mediante medicación o por que se varía la presión parcial del oxígeno en el entorno del sujeto y
- 10 se repite la capacidad de percepción o calidad de percepción según los mismos criterios y se determina una nueva medida de la capacidad de percepción o calidad de percepción, y la medida y la nueva medida se comparan entre sí.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, una vez calculada la función de clasificación (f_K)
- 15 - se lleva al sujeto a diversos estados mediante enfriamiento o calentamiento del cuerpo o de una parte del cuerpo y/o mediante medicación o se varía la presión parcial del oxígeno en el entorno del sujeto, y
- se aplica un número de estímulos (S_A , S_B) adicionales sucesivos uno tras otro sobre el sujeto (1), que se agrupan conforme a la etapa b) en bloques (B_1' , B_2' , B_3' , B_4') adicionales y para estos se examina en cada caso individualmente si aquella posición (p) en la que se encuentra el estímulo (S_A) del primer tipo en el respectivo
- 20 bloque adicional coincide con el resultado de clasificación (K) y se recurre al número de bloques (B_1' , B_2' , B_3' , B_4') adicionales para los que se identifica una coincidencia como nueva medida de la capacidad de percepción de un sujeto (1) en el momento de la captura de los datos EEG (U^1 , U^2 , U^3 , U^4) adicionales,
- y la medida y la nueva medida se comparan entre sí.
- 25 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los datos EEG capturados se clasifican por medio de análisis de clasificación previamente ejecutado y por que, en presencia de un resultado determinado, a partir de la clasificación se aplica sobre el sujeto un estímulo de activación asociado a este resultado.

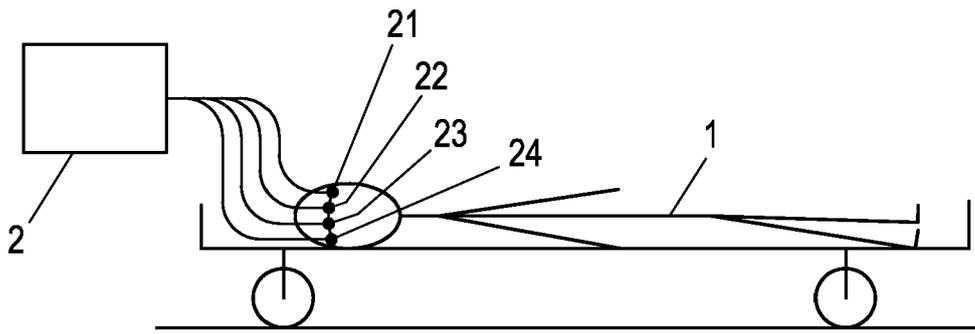


Fig. 1

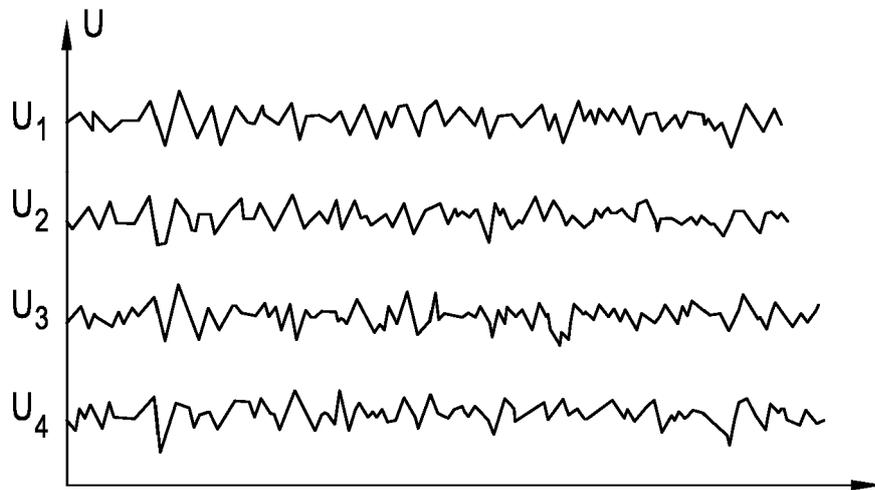


Fig. 2

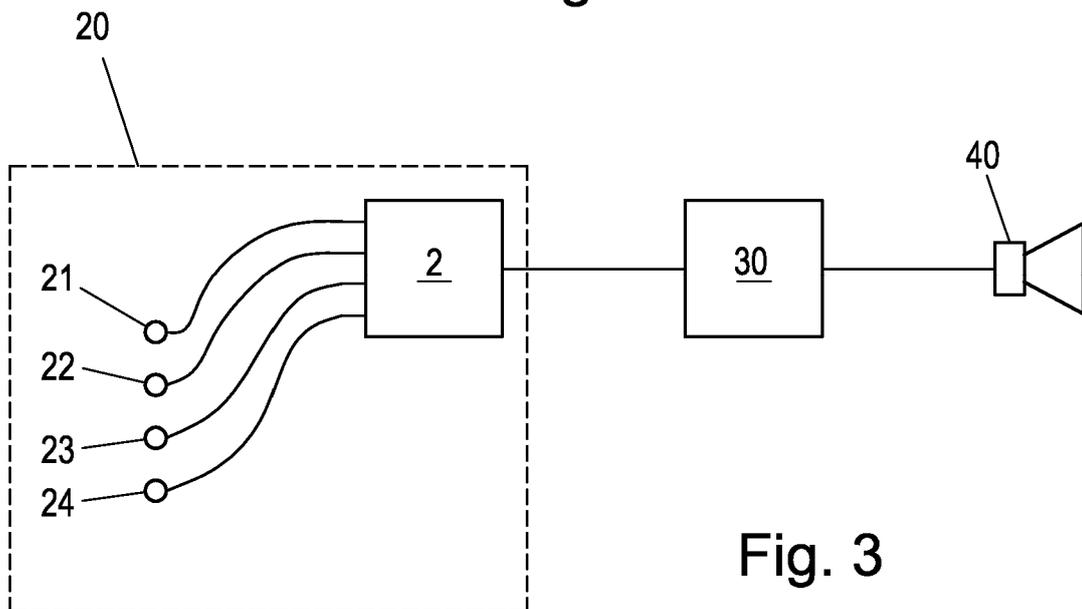


Fig. 3

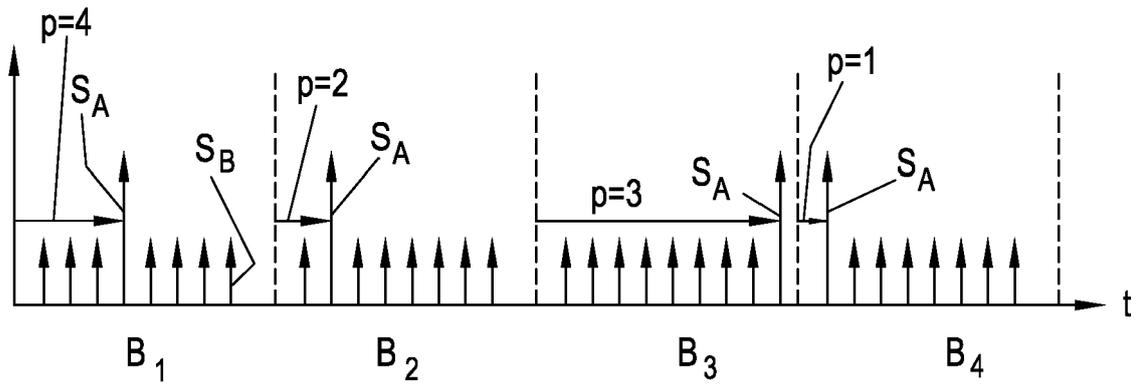


Fig. 4

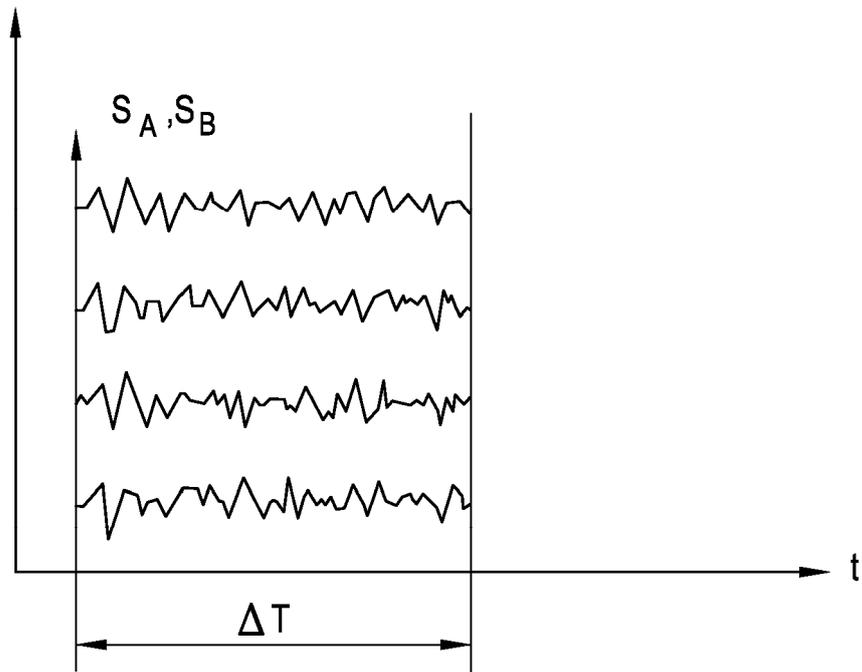


Fig. 5

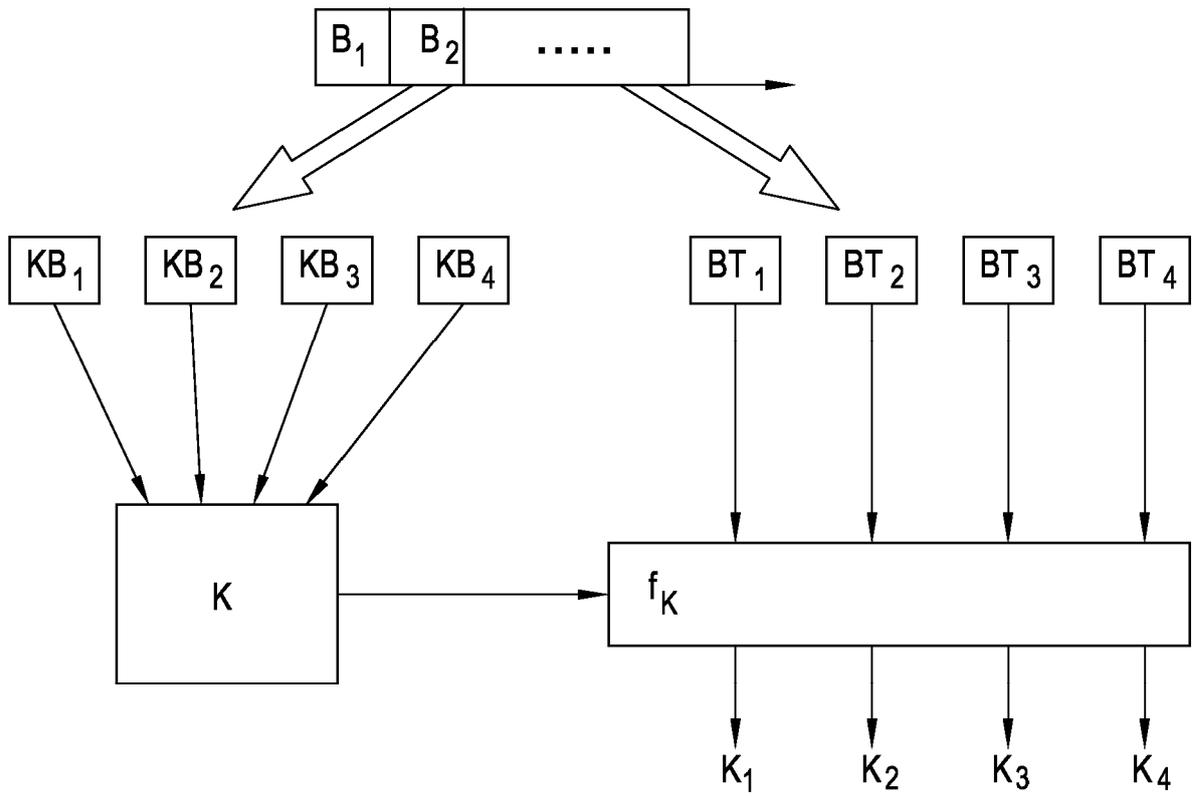


Fig. 6

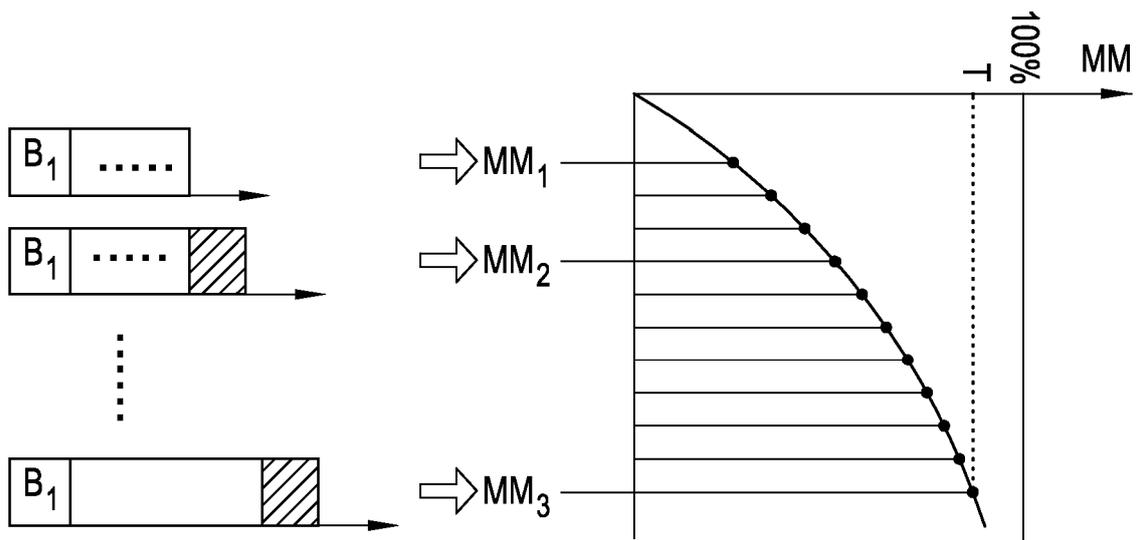


Fig. 7