

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 998 359**

51 Int. Cl.:

**G06N 3/008** (2013.01)  
**G06N 5/022** (2013.01)  
**G06N 5/025** (2013.01)  
**G06N 7/01** (2013.01)  
**G06F 11/36** (2006.01)  
**G06N 5/046** (2013.01)  
**G06N 5/048** (2013.01)  
**G06N 3/047** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2019** **E 19214012 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2024** **EP 3832548**

54 Título: **Método para realizar pruebas y dispositivo para pruebas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.02.2025**

73 Titular/es:

**UNIVERSITÄT STUTTGART (100.00%)**  
**Keplerstrasse 7**  
**70174 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**WEYRICH, MICHAEL y**  
**EBERT, CHRISTOF**

74 Agente/Representante:

**URÍZAR VILLATE, Ignacio**

ES 2 998 359 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**

Método para realizar pruebas y dispositivo para pruebas

- 5 La descripción se refiere a un método para realizar pruebas y a un dispositivo para pruebas, en particular, para la validación, homologación o certificación de un aparato al menos parcialmente autónomo, un componente o un operario del mismo.
- 10 Se aplican métodos de inteligencia artificial a dispositivos al menos parcialmente autónomos para permitir operaciones autónomas supervisadas o no supervisadas. Para garantizar que el aparato funciona dentro de un marco legislativo dado y unas condiciones generales determinadas, se aplican casos de prueba al dispositivo. En un caso de prueba, se compara una reacción del aparato a una situación de prueba con una reacción deseada para determinar un resultado de la prueba.
- 15 En WOLSCHKE CHRISTIAN ET AL: "Observation Based Creation of Minimal Test Suites for Autonomous Vehicles", 2017 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOFTWARE RELIABILITY ENGINEERING WORKSHOPS (ISSREW), IEEE, 23 de octubre de 2017 (23-10-2017), páginas 294-301, XP033255396, DOI: 10.1109/ISSREW.2017.46, se divulgan aspectos de dichos métodos.
- 20 Con los métodos de prueba de fuerza bruta disponibles en la actualidad, garantizar que el aparato funciona en todo momento como se espera exige mucho tiempo y recursos. También es difícil proporcionar un registro transparente de la demostración del funcionamiento seguro. Por lo tanto, es deseable proporcionar un esquema de pruebas mejorado.
- 25 Esto se consigue mediante el método y el dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones independientes.
- 30 En la descripción, el término prueba se refiere a la validación, certificación u homologación de un aparato o a la comprobación y certificación de un operario del mismo. En este contexto, las pruebas también pueden referirse a la comprobación de un sistema dinámico. Las pruebas son aplicables tanto en el campo de la automoción como en el de la aviación o la automatización industrial.
- 35 El aparato puede ser un vehículo al menos parcialmente autónomo o un componente configurable del mismo. El aparato puede ser un avión o un robot, en particular un robot móvil. El aparato puede ser un robot móvil o estacionario al menos parcialmente autónomo, un vehículo terrestre al menos parcialmente autónomo, un vehículo de suspensión en el aire al menos parcialmente autónomo, p. ej., un dron, o una embarcación al menos parcialmente autónoma.
- 40 El término principio en la descripción se refiere a un principio definido por un marco jurídico o una condición general. Un ejemplo de principio para un vehículo al menos parcialmente autónomo puede exigir que se actúe con la máxima diligencia cuando haya un niño al borde de una carretera, ya que podría invadir el carril de forma inesperada.
- 45 El término acción en la descripción se refiere a una acción que se presenta al aparato o a un usuario del mismo para provocar una reacción. En un entorno de prueba para un operario, el aparato puede solicitar al operario, a través de una interfaz hombre-máquina, que lleve a cabo la reacción. Una reacción del operario puede influir directamente en el comportamiento del aparato o responder a una pregunta planteada por un caso de prueba. Para el vehículo al menos parcialmente autónomo, la reacción puede estar definida por una regla que indica reducir la velocidad del vehículo cuando se detecta a un niño al borde de una carretera. El término contexto en la descripción se refiere a aspectos de un entorno y/o una situación en la que funciona el aparato. Un ejemplo de una situación en la que funciona el vehículo al menos parcialmente autónomo puede definirse por una imagen que representa a un niño de pie al borde de una carretera en el contexto. Del mismo modo, una secuencia de vídeo que muestre al niño moviéndose al borde de la carretera en el contexto puede definir una situación. El entorno puede definir una condición meteorológica, p. ej., verano, invierno, crepúsculo, noche, precipitaciones, nieve.
- 50 El término caso de prueba se refiere a una acción y al contexto de la acción. El caso de prueba puede ejecutarse en un entorno de simulación o en un entorno del mundo real.
- 55 El término escenario en la descripción se refiere a una pluralidad de contextos o contextos que pueden combinarse con una acción para formar una situación concreta para el escenario. Un escenario de ejemplo define situaciones que están definidas por la imagen que representa al niño de pie al borde de la carretera en diversas condiciones meteorológicas o de iluminación, incluyendo, aunque no de forma limitativa, lluvia, nieve, sol, en el crepúsculo, por la noche, a contraluz. Del mismo modo, una secuencia de vídeo que muestre al niño moviéndose al borde de la carretera en estas condiciones puede definir una situación.
- 60 El caso de prueba de acuerdo con los siguientes aspectos se define para comprobar si se cumple un principio. Más específicamente, se determina un caso de prueba adecuado para comprobar el principio. Un dispositivo para probar un aparato o un comportamiento de un usuario en un aparato comprende una disposición de selección adaptada para determinar un escenario de prueba en función de una probabilidad definida para el escenario en una distribución de probabilidades, y para determinar un caso de prueba en función del escenario y en función de la información sobre el
- 65

aparato, y una disposición de prueba adaptada para determinar una emisión para el aparato en función del caso de prueba, detectar una respuesta al caso de prueba en el aparato y determinar un resultado de la prueba en función de la respuesta.

5 La disposición de selección está adaptada para seleccionar un contexto para el caso de prueba desde una pluralidad de contextos definidos por el escenario en función de la información sobre el aparato. El escenario define una pluralidad de contextos disponibles para las pruebas. Algunos de estos contextos pueden ser útiles para probar aspectos específicos del aparato, mientras que otros no lo son. En particular, para un aparato de conducción autónoma un escenario puede incluir una situación en diversas condiciones meteorológicas tales como sol, lluvia, nieve, niebla, crepúsculo y contraluz. Para probar una cámara de vídeo del aparato de conducción autónoma, puede ser útil probarla en todas las condiciones. Para probar un sensor de radar del aparato de conducción autónoma, puede optarse por probarlo solo con sol, lluvia y nieve, ya que las demás condiciones no tienen un efecto significativo en la señal del radar.

10  
15 La disposición de selección puede estar adaptada para determinar al menos un contexto para el escenario desde una pluralidad de contextos en función de un modelo y para determinar una acción definida por el modelo para el al menos un contexto. En determinados escenarios, puede resultar útil probar la acción en todos los contextos disponibles. Para otros escenarios, puede bastar con realizar pruebas solo en contextos seleccionados. El modelo mapea el escenario para probar el principio a contextos y determinar la acción.

20 La distribución de probabilidades puede indicar la relevancia de los escenarios para probar los principios, en donde la disposición de selección está adaptada para recibir información sobre un principio y seleccionar un escenario de una pluralidad de escenarios en función de la probabilidad definida para el escenario en la distribución de probabilidades para la pluralidad de escenarios. Los escenarios pertinentes pueden seleccionarse fácilmente para determinar los casos de prueba en función del principio que deba probarse. Los principios y la distribución de probabilidades pueden formar parte del modelo.

25 En un aspecto, la disposición de prueba está adaptada para emitir un contexto del caso de prueba, para observar una reacción en el aparato, para comparar la reacción en el aparato con las acciones definidas en el caso de prueba, y para emitir el resultado de la prueba en función de un resultado de la comparación. La reacción puede ser una reacción del usuario o del aparato que se valida frente al resultado esperado para crear un informe de prueba transparente.

30 El caso de prueba puede definirse en función de al menos una señal de control del aparato al menos parcialmente autónomo o de un componente del mismo, o en función de al menos una señal de sensor, en particular una señal de audio, una señal de vídeo, una señal de sensor de radar, una señal de sensor ultrasónico o una señal de sensor de tiempo de vuelo.

35 La disposición de selección puede adaptarse para determinar una pluralidad de casos de prueba en función de una red probabilística o de inteligencia computacional que represente el modelo.

40 Un método correspondiente para probar un aparato o el comportamiento de un usuario en un aparato, comprende determinar un escenario de prueba en función de una probabilidad definida para el escenario en una distribución de probabilidades, determinar un caso de prueba en función del escenario y en función de la información sobre el aparato, determinar una emisión para el aparato en función del caso de prueba, detectar una respuesta al caso de prueba en el aparato y determinar un resultado de la prueba en función de la respuesta.

El método comprende preferentemente la selección de un contexto para el caso de prueba desde una pluralidad de contextos definidos por el escenario.

50 Al menos un contexto para el escenario puede seleccionarse de entre una pluralidad de contextos en función de un modelo y puede determinarse una acción definida por el modelo para el al menos un contexto.

55 La distribución de probabilidades puede indicar la relevancia de los escenarios para probar principios, y el método puede comprender la recepción de información sobre un principio y la selección de un escenario de entre una pluralidad de escenarios en función de la probabilidad definida para el escenario en la distribución de probabilidades para la pluralidad de escenarios.

60 Preferentemente, se emite un contexto del caso de prueba, se observa una reacción en el aparato, se compara la reacción en el aparato con las acciones definidas en el caso de prueba, y se emite el resultado de la prueba en función de un resultado de la comparación.

Se puede determinar una pluralidad de casos de prueba en función de una red probabilística o inteligencia computacional que represente el modelo.

65 Otros aspectos ventajosos se derivan de la siguiente descripción y de los dibujos. En los dibujos

la Fig. 1 representa un dispositivo para probar un aparato o un componente o un operario del mismo,

la Fig. 2 muestra esquemáticamente aspectos de un dispositivo para probar un aparato,

5 la Fig. 3 muestra esquemáticamente las etapas de un método para realizar pruebas,

la Fig. 4 representa escenarios y su correlación con situaciones y con un sistema sometido a prueba.

10 El término modelo se refiere a un modelo definido por el conocimiento de un experto o que se ha determinado utilizando el autoaprendizaje, p. ej., a partir de datos etiquetados. El modelo que se describe a continuación contiene un mapeo de casos de prueba a principios que deben probarse. El modelo puede ser una red probabilística o una inteligencia computacional. El modelo puede comprender una red bayesiana. También puede utilizarse lógica difusa de tipo I o II o un sistema de aprendizaje automático para aplicar el modelo. Al mapear la red bayesiana a una red neuronal multicapa, la red bayesiana puede definir las probabilidades condicionales de la red bayesiana. Se puede determinar una distribución de probabilidades desde el modelo de red bayesiano mediante un análisis de la estructura de la red. El modelo puede basarse en lógica difusa (tipo I o tipo II) o en dependencias de modelo de los casos de prueba utilizando redes de Petri o enfoques similares de modelado basado en estados. Con tales dependencias, los expertos pueden definir un mapeo transparente en el modelo mediante reglas y probabilidades asumidas o generadas.

20 Las redes bayesianas son un ejemplo de aplicación del modelo, en particular para modelizar probabilidades condicionales en una distribución de probabilidades. Pueden utilizarse otros métodos, como las redes neuronales profundas.

25 El término regla se refiere a reglas legibles por máquina. Estas reglas pueden representarse mediante árboles de decisión, por lógica formal o por lógica difusa (tipo I o tipo II).

El término condición general se refiere a las condiciones que se aplican a las reglas. Las condiciones generales pueden implementarse en formato legible por máquina, p. ej., mediante MySQL o SPARQL.

30 La figura 1 representa un dispositivo 100 para probar un aparato. El dispositivo es aplicable a la comprobación de un componente del aparato o también de un operario del aparato. En el dispositivo, acciones  $a_1, \dots, a_n$  y contextos  $K_1, \dots, K_m$  definen los casos de prueba. En la figura 1 se representa esquemáticamente un caso de prueba \* con acciones  $a_1, a_2, \dots, a_n$  en el contexto  $K_m$ . Para el caso de prueba \* se representa una probabilidad  $\sigma_{III}$  que indica la relevancia del caso de prueba \* para probar un principio  $P_{III}$ . En la figura 1 se representa esquemáticamente una pluralidad de principios  $P_I, \dots, P_n$ . En la figura 1 también se representa otra probabilidad  $\sigma_z$  que indica la relevancia de otro caso de prueba en el contexto  $K_1$  para el principio  $P_n$ .

40 En una implementación de ejemplo, las reglas  $R_i$  confirman los principios  $P_I, \dots, P_n$ . En un ejemplo se pueden usar reglas  $i = 120$ . El mapeo de los principios  $P_I, \dots, P_n$  con las reglas  $R_1, \dots, R_i$  puede implementarse en una red multidimensional, p. ej., una tabla de consulta en la que  $x$  indica una Regla que confirma un determinado principio:

	$P_I$	$P_{II}$	$\dots$	$P_n$
$R_1$	x	x		
$R_2$		x		x
$\dots$				
$R_i$	x			

45 Para probar que un principio  $P_I, \dots, P_n$  se cumple, puede aplicarse una pluralidad de las acciones  $a_1, \dots, a_n$  en una pluralidad de contextos  $K_1, \dots, K_m$ . Para determinar hasta qué punto se cumple un determinado principio, se evalúa la correlación de acciones, contextos y reglas. La correlación se representa mediante probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  que vinculan acciones, contextos y probabilidades a principios.

50 Las acciones y los contextos se mapean a las probabilidades del modelo. El modelo se representa en la figura 1 con el signo de referencia 110. Una red bayesiana  $\{a_j, \sigma_j, k_j\}$  puede representar el modelo, donde  $j$  es un índice para un vínculo a un principio particular  $P_j$ . La red bayesiana puede entrenarse a partir de casos de prueba, p. ej., mediante un método de entrenamiento para redes neuronales artificiales. Los casos de prueba para el entrenamiento se determinan, por ejemplo, en función de un modelo basado en reglas 120, por ejemplo un modelo de conjuntos difusos (tipo I o tipo II), y/o en función de una base de datos relacional 150 o de una base de datos de razonamiento basado en casos 130. Los casos de prueba pueden almacenarse también en la base de datos de razonamiento basado en casos 130 o en una base de datos relacional 140. Los casos de prueba \* se almacenan y se accede a ellos con un índice.

El mapeo de contextos  $K_1, \dots, K_m$  y acciones  $a_1, \dots, a_n$  a los casos de prueba \* puede implementarse en una tabla de consulta:

## ES 2 998 359 T3

	a1,	a2,	...	y
K1	*11	*12		*1n
K2	*21	*22		*2n
...				
Km	*m1	*m2		*mn

A modo de ejemplo, una regla Rj concreta un principio Pj de la siguiente manera:

5 Pj: "Un niño al borde de la carretera podría pisar el carril inesperadamente, por lo que debe actuarse con la máxima diligencia".

Rj: "SI hay un niño al borde de la carretera, ENTONCES conduzca despacio".

10 Preferentemente, la base de datos racional 150 y el modelo basado en reglas 120 son un conjunto predefinido de fundamentos principales creados manualmente basándose en aspectos legales y éticos. Constituyen una base con respecto a la cual debe probarse el aparato 160 o el usuario del mismo. La base de datos racional 150 y el modelo basado en reglas 120 pueden fusionarse en una base de datos relacional 125 que contenga principios Pj y sus correspondientes reglas de acción Rj.

15 La base de datos de razonamiento basado en casos 130 en este ejemplo contiene una cantidad x de datos de vídeo Rjx para diferentes contextos Kx de los contextos K1, ..., Km. Los contextos son, por ejemplo, datos de vídeo de distintos niños, un grupo de niños, de la mano de un adulto, con una bicicleta, en verano, con nieve, a media luz.

20 En este ejemplo, la base de datos relacional 140 contiene casos de prueba etiquetados, p. ej., los datos de vídeo con la etiqueta correspondiente. Una persona puede etiquetar los datos de vídeo adecuadamente.

25 En este ejemplo, la probabilidad condicional  $\sigma_j$  proporciona una declaración para las acciones  $a_j$  y el contexto  $K_j$  correspondientes. Dicho de otra manera, la probabilidad condicional  $\sigma_j$  proporciona la probabilidad de incumplir el principio Pj en un contexto  $K_j$  diferente de los contextos K1, ... Km. El contexto  $K_j$  puede definir, por ejemplo, "verano en Arizona", "invierno en Black Forrest".

30 En el ejemplo, el principio Pj es el índice de las reglas correspondientes de la tabla anterior. Dicho de otra manera, las reglas Ri para el principio Pj se determinan a partir de la tabla. Y el caso de prueba, es decir, la acción ai y el contexto Ki se determinan en función de la regla Ri.

35 Para escenarios complejos, puede ser necesaria una pluralidad de acciones y contextos para cubrir los principios Pi. Las reglas Ri con una alta probabilidad  $\sigma_i$  pueden utilizarse para definir los escenarios complejos. Por ejemplo, las acciones "Un niño de pie al borde de la carretera" se combinan con uno o más de los contextos "en invierno", "en verano", "en el crepúsculo", "por la noche", "bajo la lluvia" o una combinación de los mismos.

40 Los casos de prueba \* se aplican, por ejemplo, en un aparato al menos parcialmente autónomo 160 para someterlo a prueba. En la figura 2 se representa el dispositivo 100 para realizar pruebas en el aparato al menos parcialmente autónomo 160.

El dispositivo 100 puede comprender una disposición de selección 106 y una disposición de prueba 108.

45 La base de datos relacional 150 contiene principios Pj y está vinculada a la regla de acción Rj correspondiente en el modelo basado en reglas 120. Para ello, deben definirse reglas y principios en el modelo 110.

50 La tarea de la disposición de modelización 110 es vincular esas reglas fundamentales con la acción  $a_1, \dots, a_n$ , el contexto  $K_1, \dots, K_m$  y las probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  que se relacionan con casos de prueba ejecutables, p. ej., secuencias de vídeo, secuencias de datos de Radar o Lidar en la base de datos de razonamiento basado en casos 130 y/o en la base de datos relacional 140.

La estructura de datos del modelo 110 es, por ejemplo, un conjunto de vínculos que puede estar en forma de matriz, árbol de reglas, p. ej., según la lógica difusa de tipo II, o una red que vincule los múltiples elementos de la base de datos de razonamiento basado en casos 130 y/o la base de datos relacional 140 con los principios.

55 Un operario humano puede haber conectado los casos de prueba y los principales manualmente debido a sus conocimientos.

60 Del mismo modo, la base de datos de razonamiento basado en casos 130 se llena con múltiples modelos de acciones y con diferentes contextos  $K_1, \dots, K_m$  que pueden servir de escenarios de prueba automáticamente.

Como ejemplo, la base de datos de razonamiento basado en casos 130 comprende un escenario particular que

comprende un niño jugando en diferentes aspectos tales como "al atardecer", "bajo la lluvia", "en la nieve".

Una red bayesiana puede vincular la estructura de base de datos de la base de datos relacional 140, así como la base de datos relacional 150 y el modelo basado en reglas 120.

5 Las bases de datos pueden estructurarse en acciones y contextos que tienen relación con principios y reglas. En un enfoque de ejemplo, la base de datos de relación 140 está provista de escenarios etiquetados. Como ejemplo, la base de datos de relación 140 se ha preestructurado manualmente según unos principios y una descripción de la acción.

10 P. ej., a una secuencia de vídeo para una acción a1 se le asigna "un niño jugando en la carretera"; a una secuencia de vídeo para una acción a2 se le asigna "un niño detrás de un coche". Pueden asignarse otras acciones por igual.

Cuando se usan etiquetas en la base de datos, escenarios estas se refieren a escenarios y principios de la base de datos racional 150 y el modelo basado en reglas 120.

15 El modelo 110 del ejemplo correlaciona las acciones a1, ..., an en contextos K1, ..., Km con la distribución de probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  que indica la relevancia de las acciones a1, ..., an en los contextos K1, ..., Km con respecto a los casos de prueba para comprobar si el aparato 160 funciona según un principio P1, ..., Pn o no.

20 El modelo 110 del ejemplo define una probabilidad individual para una acción en un contexto. En el ejemplo, el modelo 110 define probabilidades individuales  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  para la misma acción en diferentes contextos.

El modelo 110 es en un aspecto creado e implementado por indexación entre P1, ..., Pn, a1, ... an, K1, ..., Km y  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ .

25 El modelo 110 se relaciona con casos de prueba en la base de datos de razonamiento basado en casos 130 y en la base de datos relacional 140, p. ej., con vídeos y otros datos de pruebas almacenados en ellos. La base de datos de razonamiento basado en casos 130 y la base de datos relacional 140 son ejemplos de bases de datos, que contienen secuencias de prueba ejecutables en forma de vídeos, conjuntos de datos de Lidar o Radar, que están claramente etiquetadas.

30 La disposición de selección 106 puede estar adaptada para determinar el caso de prueba \* en función de un resultado de una comparación de al menos una probabilidad individual  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  con un umbral o con al menos otra probabilidad individual  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ . En particular, se selecciona el caso de prueba con la probabilidad comparativamente más alta o con la probabilidad más alta de todas. A modo de ejemplo, cuando la probabilidad  $\sigma_{III}=99\%$  y la probabilidad  $\sigma_z=3\%$ , se utiliza el caso de prueba con la probabilidad  $\sigma_{III}$  para la prueba.

35 La disposición de selección 106 puede adaptarse para proporcionar o no el caso de prueba para su prueba en función del resultado de una superposición de un contexto para el caso de prueba con al menos una condición general para el principio P1, ..., Pn.

La disposición de selección 106 puede adaptarse para proporcionar o no el caso de prueba para su prueba en función del resultado de un análisis de correlación del modelo 110.

45 En un aspecto, la disposición de selección 106 está adaptada para determinar una pluralidad de casos de prueba, para comprobar si el aparato 160 funciona según un principio o no, a partir de acciones y contextos para el aparato en función de una regla de referencia. En un aspecto, la disposición de selección 106 está adaptada para determinar la pluralidad de casos de prueba en función de una red probabilística o de inteligencia computacional. El término red probabilística se refiere a un cálculo de inferencia probabilística que se basa, por ejemplo, en una red bayesiana que representa el modelo 110. El término inteligencia computacional se refiere a un cálculo que se basa en la lógica difusa de tipo I o II, redes neuronales artificiales o computación evolutiva que representen el modelo 110.

50 La disposición de selección 106 puede estar adaptada para determinar la pluralidad de casos de prueba en función de la entrada del modelo basado en reglas 120, tal como un modelo de conjunto difuso (tipo I o tipo II).

55 Como alternativa o adicionalmente, la disposición de selección 106 puede estar adaptada para determinar la pluralidad de casos de prueba en función de la entrada de la base de datos de razonamiento basado en casos 130.

60 La disposición de selección 106 puede estar adaptada para determinar el caso de prueba \* en función de la red bayesiana que representa el modelo 110.

En otro aspecto, la disposición de selección 106 está adaptada para determinar el caso de prueba \* a partir de la pluralidad de casos de prueba en función de la distribución de probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ .

65 La disposición de prueba 108 está adaptada para proporcionar el caso de prueba \* para su prueba en el aparato 160. La disposición de prueba 108 está adaptada para determinar un resultado de la prueba.

- 5 El caso de prueba se define, por ejemplo, en función de al menos una señal de control del aparato 160 o de un componente del mismo. El caso de prueba puede definirse adicional o alternativamente en función de al menos una señal de sensor, en particular una señal de audio, una señal de vídeo, una señal de sensor de radar, una señal de sensor ultrasónico o una señal de sensor de tiempo de vuelo.
- 10 Los casos de prueba de ejemplo para probar un vehículo al menos parcialmente autónomo pueden incluir una señal de vídeo que indica una acción en donde una persona al borde de una carretera se está moviendo hacia un carril de una carretera. En este caso, una pluralidad de contextos puede estar definida por diferentes propiedades medioambientales, p. ej., la iluminación del escenario durante el día, de noche o al amanecer. Del mismo modo, en la señal de vídeo se pueden disponer diferentes obstáculos que oculten a la persona, al menos parcialmente, en diferentes ubicaciones para diferentes contextos.
- 15 Para estos casos de prueba, se puede definir una regla general, en particular mediante conocimientos especializados, indicando las diferentes reacciones que se esperan para los distintos contextos de un escenario. Por ejemplo, se puede definir la regla general "CUANDO se detecte a una persona al borde de la carretera, ENTONCES reduzca la velocidad". También pueden definirse otras reglas más específicas, tales como correlaciones de varias reglas o reglas que reducen un espacio de parámetros.
- 20 Los casos de prueba de ejemplo para probar el vehículo al menos parcialmente autónomo pueden incluir otra señal de vídeo que indique una señal de tráfico en diferentes escenarios. Adicionalmente, a la diferente iluminación del escenario, la señal de tráfico puede estar oculta al menos parcialmente por la nieve o los árboles en diferentes contextos.
- 25 Una regla de ejemplo para estos casos de prueba puede ser una regla general "CUANDO se detecte que un objeto está ocultado al menos parcialmente, ENTONCES detecte el objeto por su geometría".
- 30 Para las pruebas, el caso de prueba define al menos una acción y el contexto de un escenario para la prueba. La disposición de prueba 108 está adaptada para proporcionar el contexto de la prueba. La disposición de prueba 108 está adaptada para determinar un resultado de la prueba en función de una comparación entre la acción y la reacción.
- La disposición de prueba 108 puede estar adaptada para captar la reacción en el aparato.
- 35 Con referencia a la figura 3, se describe un método para realizar pruebas a un aparato al menos parcialmente autónomo 160.
- El método es adecuado para probar el aparato al menos parcialmente autónomo 160, o para probar el comportamiento de un usuario en el aparato al menos parcialmente autónomo 160.
- 40 El método del ejemplo comprende una etapa 302 de recepción de información sobre al menos un principio  $PI, \dots, P_n$  que se probará. El principio  $PI, \dots, P_n$  que se probará puede ser el resultado de una entrada de usuario. La entrada puede codificarse como un vector principal  $PR$ .
- 45 A continuación, se ejecuta la etapa 304.
- En la etapa 304, se determina un escenario para la prueba en función de una probabilidad definida para el escenario en la distribución de probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ .
- 50 La distribución de probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  en el ejemplo indica la relevancia de los escenarios  $s_1, \dots, s_q$  para principios de prueba  $PI, \dots, P_n$ . Se selecciona un escenario de la pluralidad de escenarios  $s_1, \dots, s_q$  en función de la probabilidad definida para el escenario en la distribución de probabilidades  $\sigma_1, \dots, \sigma_z$  para la pluralidad de escenarios  $s_1, \dots, s_q$ . El escenario seleccionado está representado en el ejemplo por un vector de escenario  $SV$ . En el ejemplo, se selecciona uno o más escenarios relevantes para probar el al menos un principio  $PI, \dots, P_n$  que se probará.
- 55 La etapa 304 puede comprender la determinación del caso de prueba \* en función de un resultado de una comparación de al menos una probabilidad individual  $\sigma_1, \sigma_z$  con un umbral o con al menos otra probabilidad individual  $\sigma_1, \sigma_z$ .
- 60 La etapa 304 puede comprender la determinación de al menos un contexto para el escenario de la pluralidad de contextos  $K_1, \dots, K_m$  en función del modelo 110 y la determinación de una acción definida por el modelo 110 para el al menos un contexto.
- El modelo 110 ha sido previamente entrenado o definido en función del conocimiento experto. En un ejemplo, el modelo 110 está representado por la red bayesiana. El modelo 110 también puede ser de autoaprendizaje.
- 65 En un modelo 110 de ejemplo, un eigenespacio lineal de vectores de escenario  $SV$  define la pluralidad de escenarios  $s_1, \dots, s_q$ .

El vector de escenario SV del ejemplo define una regla para correlacionar las acciones  $a_1, \dots, a_n$  y contextos  $K_1, \dots, K_m$ .

5 A continuación, se ejecuta la etapa 306.

En la etapa 306 se determina un caso de prueba \* en función del escenario y dependiendo de la información sobre el aparato al menos parcialmente autónomo 160.

10 La etapa 306 puede comprender la selección de un contexto para el caso de prueba \* desde la pluralidad de contextos  $K_1, \dots, K_m$  definidos por el escenario. La regla general puede seleccionarse para definir para un caso de prueba \* cómo debe reaccionar el aparato al menos parcialmente autónomo 160 ante una acción y un contexto. Las posibles reacciones de un coche incluyen, por ejemplo, frenar cuando se detecta a una persona delante del vehículo. Una asignación de riesgo de vectores de escenario, SV, con una red neuronal artificial, una lógica difusa o unas redes bayesianas puede basarse en factores de probabilidad e impacto. Por ejemplo, el sol y la lluvia juntos dan como resultado una baja probabilidad, pero un alto impacto.

20 La entrada para seleccionar el contexto del caso de prueba \* es, por ejemplo, el vector de escenario, SV. La entrada puede comprender leyes y conocimientos humanos.

El caso de prueba \* se determina, por ejemplo, a partir de una matriz de riesgo que mapea vectores de escenario, SV, y principios, PR, a los casos de prueba TC mediante una evaluación de riesgos para las combinaciones de los mismos.

25 El caso de prueba \* puede definirse en función de al menos una señal de control del aparato al menos parcialmente autónomo 160 o de un componente del mismo. El caso de prueba \* puede definirse en función de al menos una señal del sensor, en particular una señal de audio, una señal de vídeo, una señal de sensor de radar, una señal de sensor ultrasónico o una señal de sensor de tiempo de vuelo.

30 El caso de prueba \* que se selecciona, puede seleccionarse de acuerdo con la información sobre el aparato al menos parcialmente autónomo 160 o un componente del mismo.

Un caso de prueba puede seleccionarse o no para la prueba en función del resultado de un análisis de correlaciones entre las acciones  $a_1, \dots, a_n$  en los contextos  $K_1, \dots, K_m$  y su relevancia como casos de prueba basados en el modelo 110.

35 La entrada para la disposición de selección 106 en el ejemplo es una matriz de riesgo que mapea vectores de escenario, SV, y principios PR a los casos de prueba TC según la evaluación de riesgos.

40 En un aspecto, se evalúa la aplicabilidad de los escenarios al aparato 160 o a una arquitectura o estructura del aparato 160, y se identifican los casos de prueba apropiados. P. ej., se identifica una prueba para un cambio dinámico para un cambio de componente en lugar de una prueba de sistema completo.

Preferentemente se evalúa una matriz mínima efectiva para los casos de prueba TC.

45 A continuación, se ejecuta la etapa 308.

En la etapa 308, se determina una emisión para el aparato 160 en función del caso de prueba \*. En el ejemplo, la etapa 308 comprende emitir la acción y el contexto del caso de prueba \*.

50 En la etapa 308, se ejecuta el caso de prueba, preferentemente con el objetivo de que la comunicación de los resultados sea transparente.

Por ejemplo, el caso de prueba \* se ejecuta según lo definido para este caso de prueba \* en la matriz para el caso de prueba TC.

55 Preferentemente, los casos de prueba de los casos de prueba TC de la matriz se aplican al aparato al menos parcialmente autónomo 160 o a un subsistema del mismo.

A continuación, se ejecuta la etapa 310.

60 En la etapa 310, se detecta la respuesta al caso de prueba \* del aparato 160. En el ejemplo, se observa una reacción en el aparato 160.

A continuación, se ejecuta la etapa 312.

65 En la etapa 312, se determina el resultado de la prueba en función de la respuesta. En el ejemplo, la reacción en el

aparato 160 se compara con la regla general definida para el caso de prueba \*.

A continuación, se ejecuta la etapa 314.

5 En la etapa 314, se emite un resultado de la prueba. En el ejemplo, el resultado de la prueba se emite en función de un resultado de la comparación. Los resultados pueden determinarse y comunicarse de forma inteligible, para que los comportamientos de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático sean transparentes, por ejemplo, para los ingenieros, expertos en seguridad, responsables de políticas.

10 A continuación, el método termina o continúa para realizar más pruebas con la etapa 302. Repitiendo estos pasos, preferentemente se determina una pluralidad de casos de prueba. Preferentemente, se determina una pluralidad de casos de prueba en función de un objetivo de selección. El objetivo de selección se alcanza, por ejemplo, cuando se seleccionan estrategias de prueba eficaces.

15 El resultado de la prueba puede ser un informe de pruebas y defectos inteligible que incluye vectores de escenario SV, resultados de la prueba, TR, y el resultado esperado definido por los casos de prueba TC. La emisión puede comprender la retroalimentación a las etapas previas para la optimización supervisada.

20 En la figura 4 se muestran ejemplos de escenarios de pruebas. La figura 4 muestra la correlación de los escenarios con las situaciones y con un sistema sometido a prueba (SUT).

25 Un escenario de prueba es, en el ejemplo, un mapeo multidimensional de valores propios lineales independientes de situaciones externas, combinado con una selección de parámetros internos en función de una estrategia de prueba y de la arquitectura del SUT. Esto significa que un escenario es una función  $f(\text{situación}, \text{SUT})$ . Los escenarios de prueba pueden representarse mediante el espacio lineal independiente de vectores de escenario (SV).

En la figura 4 se muestran los siguientes parámetros internos en las columnas de una representación bidimensional de ejemplo del mapeo multidimensional:

30 Sistema,  
Nivel de autonomía,  
Componentes,  
Dependencias Arq.  
35 Alimentación de datos,  
Cobertura,  
Estrategia de regresión,  
Factores de calidad.

40 Las siguientes situaciones externas de ejemplo se representan en la figura 4 mediante una sintaxis de grafo de conocimiento que agrupa jerárquicamente elementos seleccionables, donde uno o más elementos entre un par de paréntesis con el nivel jerárquico más bajo de cada ejemplo forman un grupo que comprende elementos seleccionables individualmente como situación externa para definir el escenario:

45 Maniobra = (Cambio de carril, llegar, girar, seguir, acercarse, dar la vuelta, hacer parada de seguridad, pasar, hacer parada de emergencia);  
Objeto del tráfico = (Persona, vehículo [coche, camión, ambulancia, policía, agrícola especial, bicicleta], tamaño de objeto);  
Carretera = (geometría, [recta, elevada, curvada], tipo[autopista, urbana], topología[carriles, velocidad, longitud, material, colores]);  
50 Restricciones = (densidad del tráfico [vehículo, peatón, bicicletas], tiempo [niebla, nieve, lluvia], luz [sol, atardecer, noche], infraestructura [señales, desvíos, construcciones]).

55 Un escenario resultante se sintetiza en una señal o señales para probar el aparato 160. Los sensores del aparato 160 captan una respuesta, es decir, una reacción. La respuesta puede utilizarse para aprender una regla para acciones o contextos en función de las hojas del árbol.

60 Para probar el aparato 160 o un componente del mismo, al aparato 160 se le presentan acciones en diferentes contextos definidos por el escenario. Cuando la prueba tiene por objeto validar que un operario del aparato 160 sigue una determinada regla, el aparato 160 presenta al operario las acciones en los contextos definidos por el escenario y recibe respuesta del operario.

Esto significa que el dispositivo puede adaptarse para una validación, certificación y homologación dinámicas del aparato 160 en un aspecto. En otro aspecto, el dispositivo puede estar adaptado para probar y certificar a un operario del aparato en particular para evitar accidentes.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) para probar un aparato al menos parcialmente autónomo (160) con sensores, que comprende una disposición de selección (106) adaptada para determinar un escenario de prueba en función de una probabilidad definida para el escenario en una distribución de probabilidades ( $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ ), y determinar un caso de prueba (\*) en función del escenario y en función de la información sobre el aparato (160), y una disposición de prueba (108) adaptada para determinar una emisión para el aparato (160) en función del caso de prueba (\*), detectar una respuesta al caso de prueba (\*) del aparato (160) y determinar un resultado de la prueba en función de la respuesta en donde la distribución de probabilidades ( $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ ) indica la relevancia de los escenarios (s1, ..., sq) para los principios de prueba (P1, ..., Pn), en donde la disposición de selección (106) está adaptada para recibir información sobre un principio y seleccionar un escenario desde una pluralidad de escenarios (s1, ..., sq) en función de la probabilidad definida para el escenario en la distribución de probabilidades ( $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ ) para la pluralidad de escenarios (s1, ..., sq), en donde los principios están definidos por un marco jurídico o una condición general, en donde el escenario se refiere a un contexto que se combina con una acción para formar una situación concreta, en donde el caso de prueba se refiere a la acción y al contexto de la acción, en donde la disposición de prueba (108) está adaptada para comparar en el caso de prueba una reacción del aparato a la situación de prueba con una reacción deseada para determinar el resultado de la prueba,
- en donde la disposición de selección (106) está adaptada para seleccionar el contexto para el caso de prueba (\*) desde una pluralidad de contextos (K1, ..., Km) definidos por el escenario,
- en donde el caso de prueba (\*) se define en función de al menos una señal de sensor del sensor, incluyendo una señal de audio, una señal de vídeo, una señal de sensor de radar, una señal de sensor ultrasónico o una señal de sensor de tiempo de vuelo,
- en donde la prueba del sensor del aparato autónomo no se selecciona para aquellas condiciones que no tienen un efecto significativo en la señal del sensor probado,
- en donde un escenario resultante se sintetiza en una señal o señales para probar el aparato autónomo (160), en donde los sensores del aparato autónomo (160) captan una respuesta, que es una reacción.
2. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la disposición de selección (106) está adaptada para determinar al menos un contexto para el escenario desde una pluralidad de contextos (K1, ..., Km) en función de un modelo (110) y determinar una acción definida por el modelo (110) para el al menos un contexto.
3. El dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la disposición de prueba (108) está adaptada para emitir un contexto del caso de prueba (\*), para observar una reacción en el aparato (160), comparar la reacción en el aparato (160) con las acciones definidas en el caso de prueba (\*), y emitir el resultado de la prueba en función de un resultado de la comparación.
4. El dispositivo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la disposición de selección (106) está adaptada para determinar una pluralidad de casos de prueba en función de una red probabilística o de inteligencia computacional que representa el modelo (110).
5. Un método para realizar pruebas en un aparato al menos parcialmente autónomo (160) con sensores, que comprende determinar (304) un escenario de prueba en función de una probabilidad definida para el escenario en una distribución de probabilidades ( $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ ), determinar (306) un caso de prueba \* en función del escenario y dependiendo de la información sobre el aparato al menos parcialmente autónomo (160), determinar (308) una emisión para el aparato al menos parcialmente autónomo (160) en función del caso de prueba (\*), detectar (310) una respuesta al caso de prueba (\*) del aparato al menos parcialmente autónomo (160) y determinar (312) un resultado de la prueba en función de la respuesta, en donde la distribución de probabilidades ( $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ ) indica la relevancia de los escenarios (s1, ..., sq) para los principios de prueba (P1, ..., Pn), y al recibir (302) información acerca de un principio y seleccionar un escenario desde una pluralidad de escenarios (s1, ..., sq) en función de la probabilidad definida para el escenario en la distribución de probabilidades ( $\sigma_1, \dots, \sigma_z$ ) para la pluralidad de escenarios (s1, ..., sq), en donde los principios están definidos por un marco jurídico o una condición general, en donde el escenario se refiere a un contexto que se combina con una acción para formar una situación concreta, en donde el caso de prueba se refiere a la acción y al contexto de la acción, en donde en el caso de prueba, se compara una reacción del aparato a la situación de prueba con una reacción deseada para determinar el resultado de la prueba, en donde el método comprende seleccionar (306) un contexto para el caso de prueba (\*) desde una pluralidad de contextos (K1, ..., Km) definidos por el escenario,
- en donde el caso de prueba (\*) se define en función de al menos una señal de sensor, incluyendo una señal de audio, una señal de vídeo, una señal de sensor de radar, una señal de sensor ultrasónico o una señal de sensor de tiempo de vuelo
- en donde un escenario resultante se sintetiza en una señal o señales para probar el aparato autónomo (160), en donde los sensores del aparato autónomo (160) captan una respuesta, que es una reacción.
6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por** determinar (304) al menos un contexto para el escenario desde una pluralidad de contextos (K1, ..., Km) en función de un modelo (110) y determinar una acción definida por el modelo (110) para el al menos un contexto.

7. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 6, **caracterizado por** emitir (308) un contexto del caso de prueba (\*), observar (310) una reacción en el aparato (160), comparar (312) la reacción en el aparato (160) con las acciones definidas en el caso de prueba (\*), y emitir (314) el resultado de la prueba en función de un resultado de la comparación.

5

8. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado por** determinar (306) una pluralidad de casos de prueba en función de una red probabilística o inteligencia computacional que representa el modelo (110).

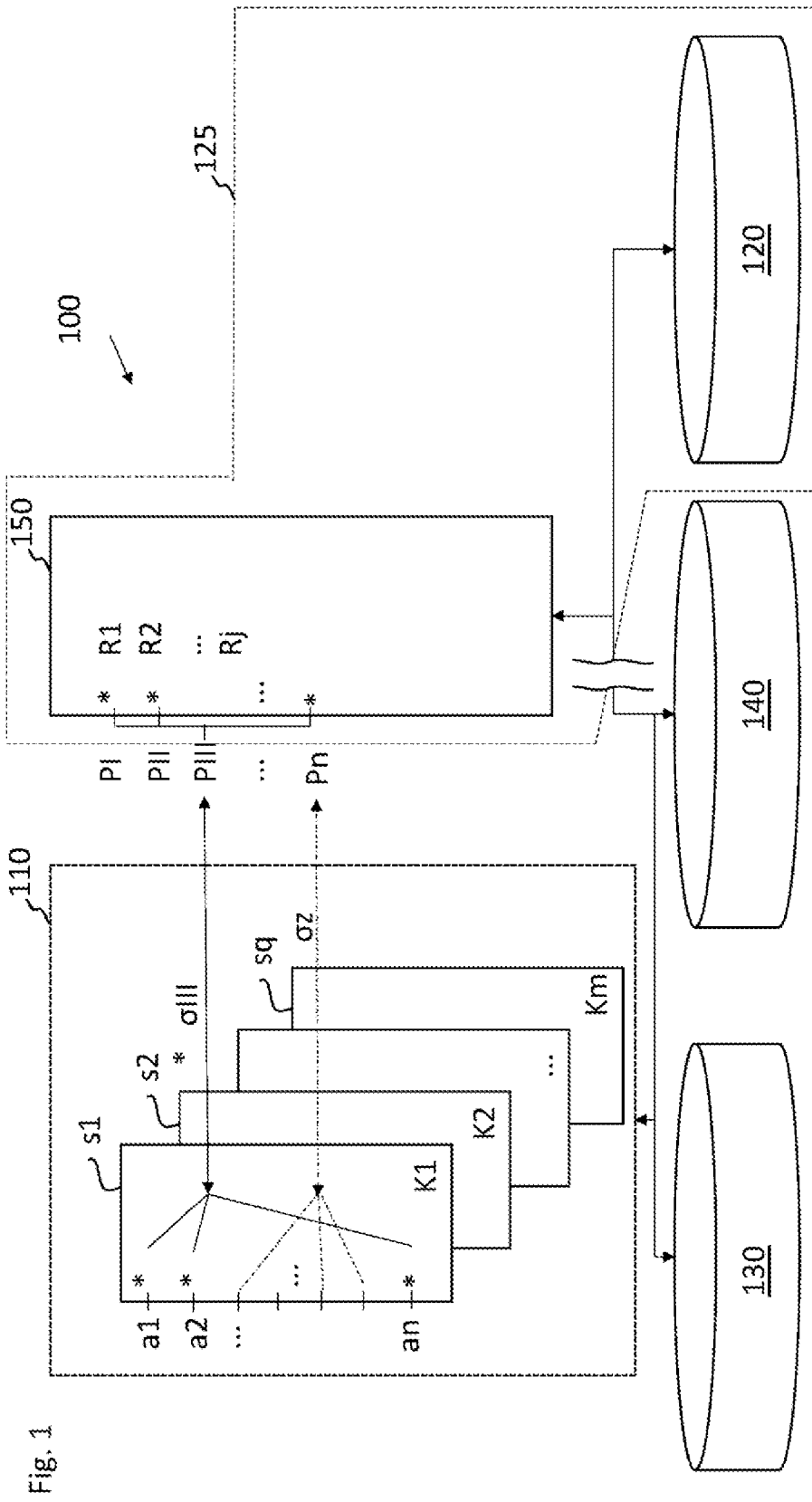


Fig. 1

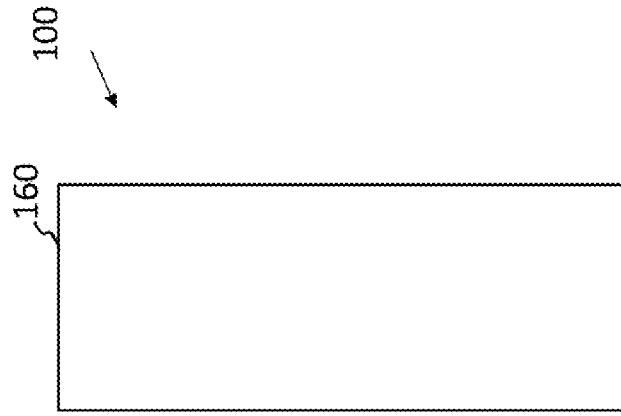


Fig. 2

Fig. 3

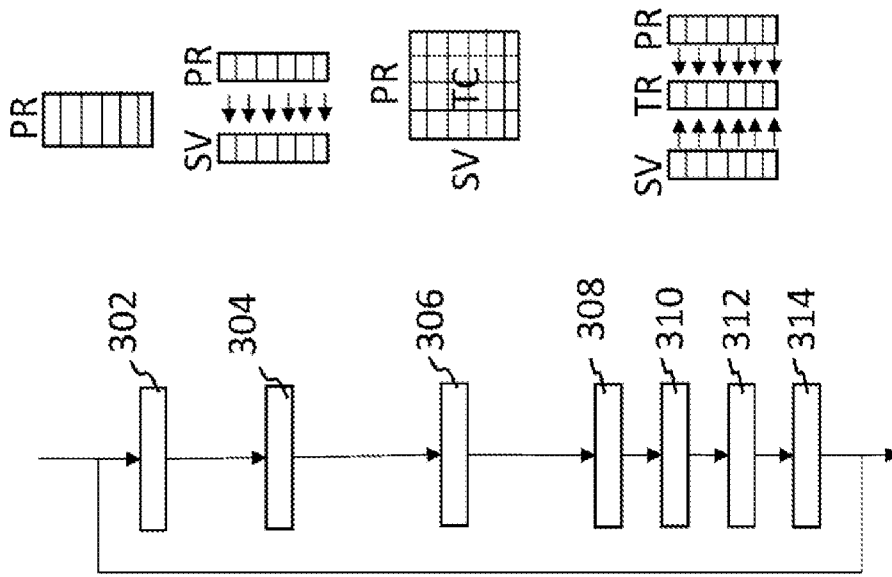


Fig. 4

