



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 130 374**

⑤ Int. Cl.⁶: G06F 9/44

⑫

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧ Número de solicitud europea: **94401020.6**

⑧ Fecha de presentación : **09.05.94**

⑧ Número de publicación de la solicitud: **0 624 841**

⑧ Fecha de publicación de la solicitud: **17.11.94**

⑤ Título: **Mecanismo de filtración de reglas de producción y motor de inferencia para sistema experto que comprende tal mecanismo.**

③ Prioridad: **14.05.93 FR 93 05834**

⑦ Titular/es: **ALCATEL**
54, rue La Boétie
75008 Paris, FR

④ Fecha de la publicación de la mención BOPI:
01.07.99

⑦ Inventor/es: **Paillet, Olivier**

④ Fecha de la publicación del folleto de patente:
01.07.99

⑦ Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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 (artº 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCION

Mecanismo de filtración de reglas de producción y motor de inferencia para sistema experto que comprende tal mecanismo.

El invento se refiere a un mecanismo de filtración de reglas de producción que expresan condiciones a satisfacer, destinado a identificar, en el curso de ciclos de inferencia sucesivos de reglas, las reglas cuyas condiciones son satisfechas por hechos deducidos y que comprende un sistema de selección para ordenar las condiciones de las reglas en función de un criterio de selección con objeto de comprobar las condiciones de las reglas sobre la base de un orden de toma en cuenta de dichas condiciones.

Tal mecanismo de filtración es conocido por el documento TSI Volumen 5 n°3, Junio 1986, "Un langage déclaratif: SNARK" ("Un lenguaje declarativo: SNARK"), de J.L. Laurière. Este tipo de mecanismo de filtración está concebido en primer lugar para los sistemas informatizados de ayuda a la decisión, más conocidos con el nombre de sistemas expertos. Un sistema experto comprende, clásicamente, tres elementos que son una primera memoria de trabajo o base de hechos que contiene hechos deducidos, una segunda memoria de trabajo o base de conocimiento que contiene un conjunto de reglas de producción que expresan, cada una de ellas, una o unas condiciones a satisfacer en relación con una o unas conclusiones a deducir, y un procedimiento de deducción o motor de inferencia.

Los sistemas expertos se utilizan ampliamente en la industria, sobre todo para establecer un diagnóstico de averías de funcionamiento de una instalación.

El procedimiento de deducción está dispuesto en general para efectuar un ciclo de inferencia en tres operaciones: filtración, resolución de conflictos e inferencia. La operación de filtración consiste en determinar las reglas de producción cuyas condiciones son satisfechas por hechos en la base de hechos. La operación de resolución de conflictos consiste en efectuar una selección entre las reglas declaradas candidatas por la operación de filtración. La operación de inferencia consiste en añadir, retirar o modificar hechos en la base de hechos de acuerdo con la o las conclusiones de las reglas seleccionadas en la operación de resolución de conflictos.

La eficacia de la operación de filtración tiene una influencia determinante sobre la eficacia del procedimiento de deducción pues consume con frecuencia más del 80% del tiempo de tratamiento total en cada ciclo de inferencia.

En el documento antes mencionado, el procedimiento de deducción incluye un mecanismo de filtración de reglas de producción que comprende un sistema de selección para ordenar las condiciones de las reglas en función de un criterio de selección con objeto de comprobar las condiciones de las reglas sobre la base de un orden de toma en cuenta de dichas condiciones. El criterio de selección utilizado consiste en considerar que la primera condición que debe ser tenida en cuenta, para una regla dada, es la menos frecuentemente satisfecha por los hechos deducidos. La

ordenación de las condiciones de las reglas permite reducir el tiempo de tratamiento necesario para la operación de filtración. Este mecanismo conocido de filtración pone en marcha el sistema de selección en cada ciclo de inferencia. De ello resulta que tal mecanismo de filtración consume mucho tiempo de tratamiento por el hecho de que el sistema de selección, es a su vez, un gran consumidor de tiempo de tratamiento. Por otra parte, se ha comprobado que en el 99% de los casos el sistema de selección ordena, durante un ciclo de inferencia, las condiciones de las reglas según el mismo orden de toma en cuenta que durante el ciclo precedente debido a que los hechos deducidos cambian poco entre dos ciclos de inferencia consecutivos. No es, pues, útil poner en marcha el sistema de selección en cada ciclo de inferencia. El invento tiene por finalidad poner remedio a este inconveniente.

Otro mecanismo de filtración se conoce del documento AAI, National Conference on Artificial Intelligence (Conferencia Nacional sobre Inteligencia Artificial), 1987, "TREAT: a better match algorithm for AI production systems" ("TEMA: un mejor algoritmo de adaptación para sistemas de producción de AI", D.P. Miranker. Este mecanismo de filtración utiliza una representación de las condiciones de las reglas de producción en forma de red de discriminación, cada uno de cuyos nodos representa un modelo de condición de una o varias reglas de producción. Tal red de discriminación es particularmente ventajosa de utilizar cuando las condiciones de las reglas contienen variables comunes. Cuando una condición contiene n variables, el nodo de la red que corresponde a esta condición memoriza los valores de las uniones de orden n de hechos de la base de hechos que satisfacen la condición. Los arcos de la red de discriminación representan las conjunciones definidas, durante la escritura de las reglas de producción, entre las condiciones de las reglas. Para determinar las reglas de producción todas cuyas condiciones son satisfechas por los hechos en la base de hechos, el mecanismo de filtración establece junturas sucesivas entre las uniones de orden n de valores memorizados en los nodos de la red de discriminación. El mecanismo de filtración conocido del documento antes citado comprende un sistema de selección que ordena parcialmente los nodos en la red de discriminación. Este sistema de selección está dispuesto con el objeto de que la operación de juntura, durante un ciclo corriente de inferencia, entre dos nodos de la red de discriminación que corresponden a dos condiciones de una regla de producción, comience por el nodo que corresponda a la condición implicada por un nuevo hecho deducido durante el ciclo de inferencia que precede inmediatamente al ciclo corriente de inferencia. El orden de toma en cuenta de los nodos de la red correspondiente a las otras condiciones de la regla permanece idéntico al que se ha definido durante la escritura de la regla. Se comprueba que el tiempo de tratamiento necesario para la realización de las junturas depende del orden en el que se realicen las junturas entre nodos de la red. Este tiempo de tratamiento necesario para la realización de las junturas se puede reducir en gran medida si el orden de toma en cuenta

de los nodos se calcula rápidamente para todos los nodos implicados durante la operación de realización de la juntura. El invento tiene, también, por finalidad mejorar tal mecanismo de filtración.

Con este fin, el invento tiene por objeto un mecanismo de filtrado, caracterizado porque el mecanismo de filtrado está dispuesto para poner en marcha el sistema de selección de las condiciones de las reglas únicamente cuando el número de hechos que satisfacen una condición de una regla está multiplicado o dividido por un factor regulable K entre el ciclo corriente de inferencia y el último ciclo precedente de inferencia en el transcurso de cual el sistema de selección se ha puesto en marcha por esta regla.

Tal mecanismo de filtración consume mucho menos tiempo que los mecanismos de filtración conocidos. Puede estar integrado en un motor de inferencia de un sistema experto utilizado para establecer diagnósticos de averías en situaciones de urgencia.

El sistema de selección está dispuesto para registrar, para cada condición de una regla, una lista ordenada de las otras condiciones de la regla de modo que un orden óptimo memorizado de toma en cuenta de las condiciones de una regla pueda ser utilizado de nuevo durante ciclos de inferencia ulteriores hasta que este orden no sea ya óptimo a consecuencia de la modificación, la supresión o la adición de hechos en la base de hechos. En este caso, la lista ordenada de las condiciones de la regla es reorganizada por el sistema de selección.

El criterio de selección de las condiciones de una regla se puede definir en función de la renovación de hechos entre dos ciclos sucesivos de inferencia y en función del hecho de que ciertas condiciones no comprendan o comprendan variables.

Por este criterio de selección, la primera condición de la regla que se tiene en cuenta es la que debe ser comprobada por un nuevo hecho deducido.

El invento se extiende a un motor de inferencia para sistema experto, que comprende tal mecanismo de filtración de reglas de producción.

El invento se describe en detalle a continuación con referencia a los dibujos.

La figura 1 representa, esquemáticamente, un sistema experto que comprende una base de hechos, una base de conocimiento, una memoria de filtración y un motor de inferencia que incluye un mecanismo de filtración según el invento.

La figura 2 representa, esquemáticamente, el modelo conceptual de los datos del mecanismo de filtración según el invento.

La figura 3 es un organigrama funcional del mecanismo de filtración según el invento que incluye un sistema de selección.

El sistema experto representado en la figura 1 está destinado a hacer funcionar un ordenador dotado de un teclado para introducir datos y de un dispositivo de presentación en el que se presentan resultados de diagnóstico de forma de por sí clásica. Este sistema experto comprende una base de hechos 40 que contiene hechos 4, una base de conocimiento 50 que contiene condiciones 2 y reglas 1, una memoria de filtración 60 que contiene

modelos de condición 3, instancias de regla 5 y los hechos deducidos 4 durante el último ciclo de inferencia, y un motor de inferencia 70.

El motor de inferencia comprende un mecanismo de filtración 30, un mecanismo de selección de reglas 35, y un mecanismo de deducción 36. Los mecanismos 35 y 36 son de por sí clásicos y no serán por lo tanto descritos.

Para mayor claridad, se describe, en primer lugar, el modelo conceptual de los datos utilizados por el mecanismo de filtración.

En la figura 2, el modelo conceptual (en el formalismo entidad relación del método "MERISE") comprende 6 entidades (designadas, cada una, por el símbolo E y representadas por bloques rectangulares) y 7 relaciones (designadas, cada una, por el símbolo R y representadas por bloques ovalados) entre estas entidades. La entidad E1 ("Regla") describe el conjunto de las reglas de producción del sistema experto. La entidad E2 ("Condición") describe el conjunto de todas las condiciones de las reglas de producción; estas condiciones pueden incluir variables identificadas por un nombre. La entidad E3 ("Modelo_de_condición") representa condiciones análogas salvo el nombre de sus variables, conocida con el nombre de "ALPHA Memory" ("Memoria_ALFA") del documento "Rete: a fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem" ("Rete: un algoritmo rápido para el problema de adaptación del modelo de muchas figuras/muchos objetos" de Charles L. FORGY, Artificial Intelligence (Inteligencia Artificial) n°19-1992. La entidad E4 ("Hecho") describe el conjunto de los hechos del sistema experto. La entidad E5 ("Instancia_de_regla") describe un conjunto de hechos que satisfacen las condiciones de una regla.

La relación R12 ("Tiene_por_condición") asocia las entidades E1 y E2 en la que a una regla pueden asociársele de una a n condiciones y a una condición puede ser asociada una y sólo una regla por la relación inversa. La relación R23 ("Corresponde") asocia las entidades E2 y E3 en la que a una condición se asocia un modelo de condición y sólo uno, y a un modelo de condición se asocian de una a n condiciones por la relación inversa. La relación R15 ("Tiene_por_Instancia") asocia las entidades E1 y E5 en la que a una regla se asocian de cero a n instancias de regla y a una instancia de regla se asocia una y sólo una regla por la relación inversa. La relación R34 ("Es_comprobada_por") asocia las entidades E3 y E4 en la que a un modelo de condición se asocian de cero a n hechos y a un hecho se asocia un modelo de condición y sólo uno, por la relación inversa. La relación R26 ("Comprende_las_variables") asocia las entidades E2 y E6 en la que a una condición corresponden de cero a n variables y una variable figura en desde una a n condiciones por la relación inversa. La relación R36 ("Tiene_por_variable") asocia las entidades E3 y E6 en la que a un modelo de condición corresponden de cero a n variables y a una variable corresponde un modelo de condición solamente por la relación inversa.

Las relaciones entre entidades se realizan, clásicamente, mediante la utilización de apuntes, siendo las entidades objetos de un lenguaje

de programación orientada a objetos, tal como C++ o estructuras en un lenguaje de programación funcional, tal como C.

Además de las propiedades clásicas que describen estas entidades y relaciones necesarias para el funcionamiento de un motor de inferencia clásico, se añaden las propiedades siguientes.

A la entidad E2 (“Condición”) se añade una propiedad LT (“Lista_seleccionada”) cuyo valor es una lista ordenada de condiciones.

A la entidad E3 (“Modelo_de_condición”) se añaden dos propiedades, a saber:

- la propiedad NSF cuyo valor es un entero igual al número de hechos que satisfacen este modelo de condición;

- la propiedad NFM cuyo valor es un entero igual a un valor de NFS memorizado en un cierto instante.

A la entidad E6 (“Variable”) se añade una propiedad V (“Valores”) cuyo valor es el conjunto de los valores diferentes de la variable considerada.

Refiriéndose ahora a la figura 3, el mecanismo de filtración 30 incluye un módulo de decisión 31, un módulo de selección 32 y un módulo de filtración propiamente dicho 33.

El módulo de decisión 31 toma a la entrada un hecho deducido 4. A partir de este hecho, recupera por la relación R34 el modelo de condición 3 que le corresponde. Actualiza la lista de valores V de las variables del modelo de condición recuperados por la relación R36 y luego vuelve a calcular el número de hechos NFS que satisfacen este modelo de condición. Compara la relación NFS/NFM a un umbral regulable K registrado previamente. De preferencia, el umbral K toma valores comprendidos entre 1,5 y 2.

Si $1/K < NFS/NFM < K$, el módulo de decisión recupera por la relación R23 invertida la o las condiciones que corresponden a este modelo. Para cada una de estas condiciones, si la propiedad “lista_seleccionada” no tiene un valor nulo, activa el módulo de filtración 33 y en caso contrario activa el módulo de selección 33 antes de activar el módulo de filtración 33.

Si $NFS/NFM > K$ o $NFS/NFM < 1/K$, el módulo de decisión reemplaza el valor NFM por el valor NFS. A partir del modelo de condición, recupera las condiciones, por la relación R23 invertida, que corresponden a este modelo. Para cada condición recuperada, activa el módulo de selección 32 y luego el módulo de filtración 33.

El módulo de selección 32 toma a la entrada

una condición 2. A partir de esta condición 2 recupera, por la relación R12 invertida, la regla 1 que incluye esta condición y, a partir de esta regla, recupera, por la relación R12, todas las condiciones de esta regla. Ordena estas condiciones en una lista LT de condiciones utilizando el algoritmo de selección siguiente:

a) la primera condición es la condición de entrada del módulo de selección;

b) y de esta forma iterativa sobre todas las otras condiciones, la condición siguiente en la lista ordenada es la que satisface uno de los criterios siguientes y en el orden de preferencia siguiente:

i) una condición que no comprenda variable;

ii) una condición que comprenda, al menos, una variable cuya variable o variables están presentes en una condición ya inscrita en la lista de condiciones;

iii) una condición que comprenda, al menos, una variable y cuyo modelo de condición, recuperado por la relación R23, tiene el valor NFS menor, siendo reemplazado este valor por un valor NFC, definido más adelante, cuando ciertas variables de la condición considerada están presentes en una condición ya inscrita en la lista, conociéndose estas variables como “forzadas”. El valor NFC o número de hechos forzados por esta condición se obtiene recuperando mediante la relación R36, por cada variable forzada, el número de sus valores (cardinal del conjunto de los valores) y luego dividiendo NFS por el mínimo de todos estos números. El módulo de selección 32 proporciona a la salida una lista ordenada de las condiciones, que es memorizada en la propiedad LT (“lista_seleccionada”) de la condición de entrada.

El módulo de filtración 33 toma a la entrada una regla 1 y una condición 2 de esta regla. Recupera la lista ordenada de las condiciones de la regla memorizada en la propiedad LT (“lista_seleccionada”) de esta condición. Efectúa a continuación, de manera clásica como se describe en el documento “TREAT: a better match algorithm for AI production systems” “TEMA: un mejor algoritmo de adaptación para sistemas de producción de AI” de Daniel P. MIRANKER, National Conference of Artificial Intelligence (Conferencia Nacional de Inteligencia Artificial) 1987, el cálculo de las instancias de regla 5 de la regla de entrada 1 pero considerando las condiciones en el orden en que aparecen en la lista ordenada de las condiciones.

REIVINDICACIONES

1. Un mecanismo de filtración de reglas de producción que expresan condiciones (2) a satisfacer, destinado a identificar, en el curso de ciclos de inferencia sucesivos de reglas (1), la o las reglas cuyas condiciones son satisfechas por hechos deducidos (4) y que comprende un sistema de selección (32) para ordenar las condiciones de las reglas en función de un criterio de selección con objeto de comprobar las condiciones de las reglas sobre la base de un orden de toma en cuenta de dichas condiciones, **caracterizado** porque el mecanismo de filtración está dispuesto para activar el sistema de selección de las condiciones de las reglas únicamente cuando el número de hechos que satisfacen una condición de una regla se multiplica o se divide en una relación superior a un factor regulable K entre el ciclo corriente de inferencia y el último ciclo precedente de inferencia en el curso del cual el sistema de selección ha sido activado por esta regla.

2. El mecanismo según la reivindicación 1, en el que el sistema de selección está dispuesto para registrar, para cada condición de una regla, una lista ordenada de las otras condiciones de la regla.

3. El mecanismo según una de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el criterio de selección de las condiciones de una regla se define de la manera siguiente:

a) la primera condición de la regla es la que debe ser comprobada por un nuevo hecho deducido;

b) la condición siguiente se selecciona de entre las condiciones generales restantes de la regla,

siendo esta condición siguiente la que satisface uno de los criterios siguientes y en el orden de preferencia siguiente:

i) una condición que no comprenda variable;

ii) una condición que comprenda, al menos, una variable, cuya variable o variables están presentes en una condición ya seleccionada;

iii) una condición que comprenda, al menos, una variable y cuyo número de hechos forzados sea el menor.

4. Un mecanismo de filtración de reglas de producción según una de las reivindicaciones precedentes, utilizado por el motor de inferencia de un sistema experto.

5. Un motor de inferencia para sistema experto, que comprende un mecanismo de filtración de reglas de producción que expresan condiciones (2) a satisfacer, destinado a identificar, en el curso de ciclos de inferencia sucesivos de reglas (1), la o las reglas cuyas condiciones son satisfechas por hechos deducidos (4) y que comprende un sistema de selección (32) para ordenar las condiciones de las reglas en función de un criterio de selección con objeto de comprobar las condiciones de las reglas sobre la base de un orden de toma de cuenta de dichas condiciones, tal que el mecanismo de filtración está dispuesto para activar el sistema de selección de las condiciones de las reglas únicamente cuando el número de hechos que satisfacen una condición de una regla se multiplica o se divide en una relación superior a un factor regulable K entre el ciclo corriente de inferencia y el último ciclo precedente de inferencia en el curso del cual el sistema de selección ha sido activado por esta regla.

NOTA INFORMATIVA: Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

FIG. 1

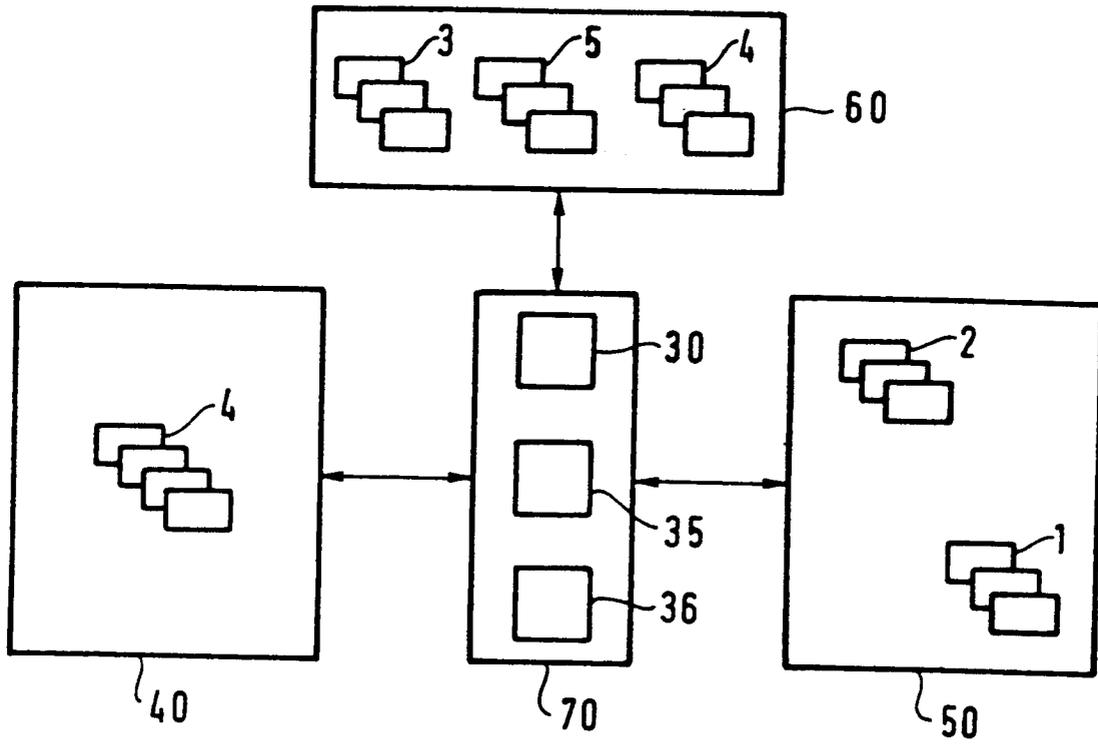


FIG. 3

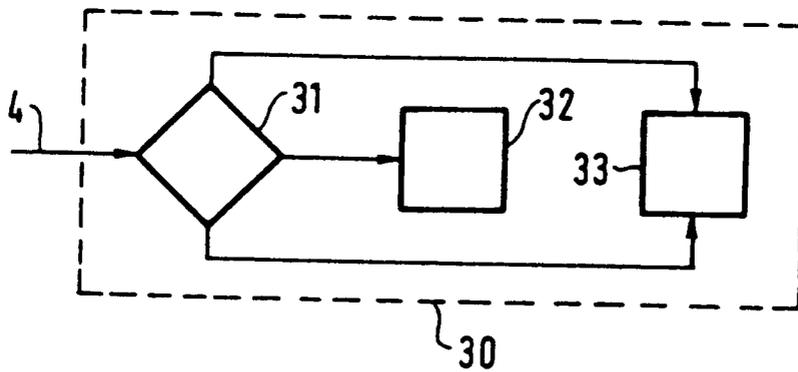


FIG.2

