



REGISTRO DE LA  
PROPIEDAD INDUSTRIAL

ESPAÑA

① N.º de publicación: ES 2 024 939

② Número de solicitud: 9002904

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>: G06F 11/28

G06F 9/44

G06F 11/22

⑫

PATENTE DE INVENCION

A6

② Fecha de presentación: **15.11.90**

③ Prioridad: **17.11.89 US 437951**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **01.03.92**

⑤ Fecha de publicación del folleto de patente:  
**01.03.92**

⑦ Titular/es: **Westinghouse Electric Corporation**  
**Westinghouse Building, Gateway Center**  
**Pittsburgh, Pensilvania 15222, US**

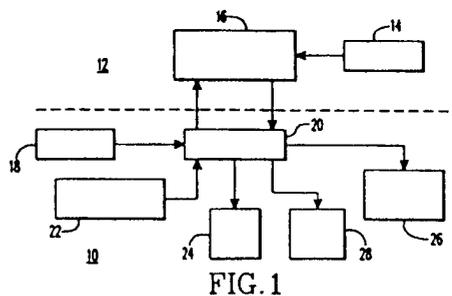
⑧ Inventor/es: **Osborne, Robert Lee y**  
**Harper, Karl Eric**

⑨ Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

⑤ Título: **Comprobador de sistema experto.**

⑥ Resumen:

Comprobador de sistema experto. En un sistema de prueba de prueba de sistema experto que tiene la capacidad de ejercitar todas las combinaciones de tipos de entradas de datos usando conjuntos de prueba de datos especializados. Los conjuntos de prueba de datos especializados incluyen un conjunto de valores de sensores para cada nivel de un sistema operativo tal que todos los niveles de diagnóstico pueden comprobarse sin probar cada posible valor de sensor y combinación de valores de sensores. Los conjuntos de prueba pueden ser combinados para producir varios órdenes de comprobación, permitiendo que sean probadas relaciones complejas entre sensores y reglas.



## DESCRIPCION

La presente invención está dirigida a un comprobador de sistema experto que permite una comprobación extensa de las bases de reglas del sistema experto sin que el programa de prueba tenga ningún conocimiento de la base de reglas particular que está probándose y, más particularmente, proporciona un método práctico de prueba de regresión para analizar los cambios de la base de reglas después de que se ha efectuado una modificación que es eficaz respecto al coste y aumenta significativamente la calidad de la base de reglas.

Es corriente que las bases de reglas de sistemas expertos superen típicamente un millar de reglas y, en tales sistemas, las entradas de sensores ascienden corrientemente a centenares. Si los sensores son sensores digitales que proporcionan uno de dos valores de entrada es enorme y comprobar todas las combinaciones es prácticamente imposible. Cuando están implicados sensores analógicos que tienen un número infinito de valores de entrada posibles, el problema de comprobación se hace mayor aún. Durante el desarrollo normal de reglas nuevas para una gran base de reglas, el ingeniero del conocimiento realiza la comprobación de reglas de producción o de tipo de depuración normal. En tal situación, cuando el ingeniero del conocimiento produce una regla nueva, el ingeniero ejercita el sistema usando datos simulados de la central que tienen valores en el margen provisto de valores de sensores para los sensores examinados por la regla nueva para verificar que la regla nueva está funcionando como está previsto, es decir, produciendo el diagnóstico esperado cuando está previsto. En tal situación, los valores de sensores distintos que los valores de sensores usados por la regla nueva son mantenidos en valores normales. Como resultado, la prueba de tipo de producción no determina el efecto de otros sensores sobre la regla nueva ni la interacción de la regla nueva con las reglas restantes. Un segundo tipo de comprobación es situar el sistema experto en línea con datos reales continuos de la central y hacer que el ingeniero del conocimiento examine cuidadosamente los diagnósticos efectuados para determinar si los diagnósticos eran los propuestos. Se ha hecho evidente que son necesarias técnicas y herramientas más eficaces para la verificación operacional de sistemas con grandes bases de reglas y número de entradas.

Un objeto de esta invención es proporcionar verificación de la base de reglas de diagnóstico sin tener que utilizar ningún conocimiento dentro de la base de reglas comprobada para inicializar y ejercitar la herramienta de prueba.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema realista de prueba de regresión para un sistema experto que tenga la capacidad de ejercitar todas las combinaciones de tipos de datos de entrada.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un comprobados de sistema experto que dependa de casos de prueba especializada para ejercitar diagnósticos sofisticados.

También es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de prueba que determine el efecto de todos los sensores sobre una regla nueva y la interacción de todas las reglas con la regla nueva.

Los objetos anteriores pueden conseguirse mediante un sistema de prueba de sistema experto que tenga la capacidad de ejercitar todas las combinaciones de datos introducidos desde conjuntos de prueba de datos especializados. El sistema incluye un plan de prueba que es usado por el sistema de comprobación para guiar la aplicación iterativa de los datos de prueba especializada al sistema experto para producir salidas para cada iteración que son comparadas con los resultados previstos o con una salida de referencia producida con un conjunto de prueba de datos normales. Si las expectativas no se cumplen, el sistema produce un informe de excepción que permite al ingeniero del conocimiento determinar si la excepción es anormal. Es producido un registro de salida de la prueba que permite determinar la regresión entre cambios de la base de reglas. El sistema incluye un lenguaje de prueba que permite al usuario formular un plan de prueba sin necesidad de programación complicada asociada con él.

Estos junto con otros objetos y ventajas que serán evidentes posteriormente, residen en los detalles de construcción y operación como se describen y reivindican a continuación más completamente, haciéndose referencia a los dibujos adjuntos que forman una parte de esto, en donde los mismos números designan partes iguales en todos ellos.

La Figura 1 ilustra los componentes, entradas y salidas de la presente invención;

la Figura 2 es una diagrama de flujo del funcionamiento de una prueba de primer orden de acuerdo con la presente invención;

la Figura 3 ilustra como puede modificarse una prueba de primer orden para producir una prueba de segundo orden;

la Figura 4 ilustra el flujo de datos cuando la presente invención es usada con un sistema experto  
5 preferido; y

la Figura 5 ilustra la secuencia de ejecución del sistema experto preferido y la presente invención.

La prueba de regresión es un método para analizar cambios de la base de reglas después de que se ha  
10 efectuado una modificación. Son posibles dos clases de cambios: (1) cambios que eran deseados, y (2) cambios accidentales que efectúan una regresión de otros aspectos no relacionados de la base de reglas. La prueba de regresión es importante porque los cambios y las correcciones de errores pueden introducir más errores de los que fueron creados en la codificación original de los esquemas de la base de reglas.

Una prueba completa de regresión ejercita exhaustivamente la base de reglas a través de todas las  
15 combinaciones posibles de entrada de datos y guiones de diagnóstico. Desde un punto de vista práctico, esto no es posible debido al tiempo necesario para realizar una prueba completa. Una prueba de regresión más realista ejercita todas las combinaciones de tipos de entrada de datos y depende de casos de prueba especializada que representan cada tipo (un subconjunto de una prueba exhaustiva) para ejercitar  
20 diagnósticos sofisticados.

El sistema de prueba o analizador de regresión de la presente invención se aplica a estos requisitos  
prácticos de la prueba. La presente invención acepta como entrada una base de reglas de calidad de  
25 producción, un conjunto de datos de sensores y un plan de prueba. Para cada combinación de datos, es ejecutado un diagnóstico normal usando datos "normales", lo que no causará que ningún diagnóstico indique una anomalía tal como una alarma. El diagnóstico normal es seguido por una iteración con datos perturbados. El ciclo de prueba normal y perturbada puede continuar hasta que se han probado todas las combinaciones. El sistema produce un archivo de registro de prueba y una lista de excepciones separada de posibles insuficiencias, como es definido por el plan de prueba. El analizador puede ejecu-  
30 tarse de modo interactivo para realizar pruebas sencillas o en el modo por lotes, durante la noche, para ejecutar pruebas extensas. El registro y las excepciones pueden compararse en tres cambios de reglas para determinar si se han producido la regresión.

El comprobador 10 de regresión de la presente invención, como se ilustra en la Figura 1, interacciona  
35 con un sistema experto 12 que incluye una base de reglas 14 de producción y un motor 16 de inferencias de sistema experto. Es preferido que el motor de inferencias del sistema experto sea el Sistema de Diagnóstico por Procesador (SDP) disponible en Westinghouse y descrito en las Patentes 4.644.479 y 4.649.515 de EE.UU. Una descripción del funcionamiento del sistema experto preferido puede encontrarse en el Manual de SDP de Kemper y Harper, versión 5.1 del SDP, Diagnósticos, Westinghouse Electric  
40 Corporation (1987), incorporado aquí por referencia. El analizador de regresión incluye un plan de prueba 18, que es creado usando un lenguaje de plan de prueba, que se describirá después con más detalle, y que es usado por el sistema de prueba 20 para acceder a los conjuntos 22 e datos normales y de prueba que son aplicados al motor 16 de inferencias. El motor de inferencias realiza un análisis (diagnóstico) usando las reglas de producción en la base de reglas 14 que producen salidas que son almacenadas en un  
45 archivo o fichero 24 de registro por el sistema de prueba y son comparadas con los resultados previstos para producir un informe de excepción 26. El sistema también permite que la salida sea visualizada en una pantalla 28 de tubo de rayos catódicos. Es preferido que la presente invención sea realizada en un ordenador VAX 8000 Series de Digital Equipment ejecutando un sistema operativo VMS. También es preferido que la presente invención sea realizada en un lenguaje tal como el "C" adecuado para un  
50 método de diseño estructurado como se trata aquí después.

Como se tratará después con más detalle, la presente invención es capaz de efectuar pruebas del  
sistema experto especializadas del orden primero al sexto. Por supuesto, un experto reconocerá que a  
meidida que los procesadores se hacen más rápidos, resultarán prácticas pruebas de orden mayor todavía.  
55 La Figura 2 ilustra el funcionamiento general de la presente invención durante una prueba de primer orden. La presente invención comienza (40) leyendo (42) el plan de prueba 18. El lan de prueba 18 es creado usando un lenguaje de plan de prueba especializado que se tratará después con más detalle. El lenguaje de plan de prueba produce un plan 18 de prueba de regresión que es almacenado en un archivo de texto y leído (42) en el sistema 20 de prueba. Después, la base de reglas 14 de producción es cargada  
60 (44) seguida por la carga (46) de los datos de prueba. A continuación, se establece o dispone (48) un indicador del sensor cuyo valor ha de cambiarse y después todos los sensores son dispuestos en un valor normal y todos son actualizados (50). La operación de actualización causa que el motor de inferencias 16

del sistema experto reconozca que está disponible un nuevo valor del sensor. De este modo, en la etapa 50 todas las reglas son señalizadas para la activación (cambio).

A continuación, las reglas en el sistema experto, que tienen nuevos valores de sensores (actualizados), 5 son activadas (cambiadas) y continúan cambiando hasta que no se producen cambios (activaciones) adicionales. Si éste es el primer ciclo (54) de la prueba, los resultados de los diagnósticos de sistema experto de datos normales de sensores son conservados (56) como una referencia. Después, uno de los sensores es dispuesto o establecido en un valor de prueba y es actualizado (58), seguido por el cambio (60) de las reglas soportadas, es decir, las reglas que usan el nuevo valor de sensor. La salida del sistema experto 10 (fallos funcionales actualizados, con una confianza ositiva preferiblemente) es escrita después (62) en un archivo de registro 24. A continuación, la salida es comparada (64) con las excepciones del plan de prueba y, si hay una coincidencia, se describe (66) un informe de excepción. Entonces, el indicador es actualizado (68) y comprobado (70) para determinar si se ha alcanzado el final de los sensores. Si no, el ciclo es repetido, en caso contrario, el sistema se detiene. Como puede verse en la Figura 2, el sistema aplica 15 cíclicamente los datos de prueba normal y los datos de prueba especializada, y aplica iterativamente (un cambio de valor de sensor cada vez) los datos de prueba especializada entre ciclos.

La Figura 3 ilustra el funcionamiento general de la presente invención cuando está realizándose una prueba de segundo orden. Esto requiere la adición de un nuevo indicador (80) de forma que puedan 20 cambiarse dos valores de sensores de un valor normal a un valor perturbado. Para determinar si éste es el primer ciclo de la prueba, ambos indicadores deben comprobarse (82) antes de que los resultados sean conservados (596). Como dos valores de sensores están cambiándose ahora, ambos valores de sensores deben actualizarse (84) antes de que las reglas sean activadas (60). Como se incluye un indicador adicional, el sistema debe actualizar (86) este indicador y comprobarlo para determinar si ha alcanzado el final 25 de los sensores. Como puede verse comparando las Figuras 2 y 3, para proporcionar capacidad adicional de orden de prueba, la presente invención necesita simplemente proporcionar indicadores adicionales de sensores, etapas apropiadas de actualización de sensores y bucles de prueba e incremento de indicadores.

Los datos de sensores o conjuntos de datos 22 introducidos en el analizador de regresión o sistema 30 20 de la presente invención están preferiblemente en forma normalizada de Sistema de Diagnóstico por Procesador (SDP). Siete conjuntos de datos, o en terminología del SDP, conjuntos cronológicos, son requeridas para la capacidad de pruebas de sexto orden. Estos conjuntos cronológicos pueden ser creados dos usando el SDP. Los valores de sensores pueden ser lógicos o numéricos según sea necesario.

35 El primer conjunto cronológico ha de ser un conjunto normal de lecturas. Este conjunto ha de producir factores de confianza en el SDP entre cero y menos uno. Estos datos son usados como una referencia o base para comparar con todos los demás estados.

Los seis conjuntos cronológicos siguientes representan los datos producidos por el funcionamiento 40 anormal del equipo. Generalmente, los conjuntos cronológicos o conjuntos de datos anormales han de ser valores tomados en ambos lados y en los límites para diferentes niveles de estado del sistema experto. Es decir, el conjunto de prueba debe proporcionar un valor de prueba para cada nivel de diagnóstico del sistema que ha de comprobarse, por ejemplo, en una central eléctrica se pronostican los niveles diagnóstico, aviso, parada y fallo del sensor. Para una central eléctrica, estos valores pueden obtenerse de los niveles 45 de alarma de la central. Los ejemplos usados en esta descripción serán para una central eléctrica aunque podrían utilizarse otros tipos de conjuntos de datos, tal como datos económicos.

El segundo conjunto cronológico tiene lecturas que son previstas cuando cada sensor está debajo del margen o falló con un valor reducido. Estas lecturas deben generar al menos un diagnóstico de sensor 50 para cada sensor defectuoso y el factor de confianza para las reglas de sensor en el Sistema de Diagnóstico por Procesador (SDP) debe ser positivo mientras todos los demás son negativos. El tercer conjunto cronológico tiene lecturas que son previstas cuando cada sensor está sobre el margen o falló con un valor elevado. Estas lecturas deben generar al menos un diagnóstico de sensor para cada sensor defectuoso con un estado positivo del factor de confianza en el SDP y todos los demás negativos. El cuarto conjunto 55 cronológico es usado para definir lecturas que tienen un valor predictivo en el diseño de la base de reglas. Es decir, los valores de sensores de nivel predictivo activan reglas que producen consecuencias probables de funcionamiento continuado en tales estados. Esta categoría se propone proporcionar datos de prueba en un nivel antes de que sean activadas las alarmas de diagnóstico. El quinto conjunto cronológico tiene lecturas que disparan alarmas de diagnóstico del SDP. Estas lecturas deben generar confianza positiva de nivel 60 reducido en un diagnóstico al menos de fallo funcional. El sexto conjunto cronológico tiene lecturas que disparan alarmas de protección I el SDP. Estas lecturas deben generar confianza positiva de nivel moderado en un diagnóstico al menos de fallo funcional. El séptimo conjunto cronológico tiene lecturas

que disparan alarmas de protección II del SDP. Estas lecturas deben generar confianza positiva de nivel alto en un diagnóstico al menos de fallo funcional.

El plan 18 de prueba de regresión en la presente invención es definido en un fichero de texto y registrado en el sistema de prueba 20. El plan está compuesto por pruebas que ejercitan la base de reglas con una, dos, tres o hasta seis combinaciones de valores de sensores cambiados con cada ciclo. Como se ilustró previamente, por ejemplo, un ciclo de prueba de primer orden ejecuta una lectura normal a través de la base de reglas, seguida por la utilización del mismo conjunto de lecturas normales con un valor de sensor cambiado a una lectura de disparo. Todas las pruebas de primer orden repite la ejecución normal/perturbada para cada sensor. La definición del plan también puede incluir especificaciones de informes de excepción para cada prueba. Una excepción es una solicitud para registrar cualquier caso de un estado. Por ejemplo, una excepción útil a incluir en la prueba de primer orden anterior es informar si no hay fallos funcionales con confianza mayor que 0,5 resultantes de uno de los ciclos de prueba. Las excepciones deben ser diseñadas de un modo que señales el fallo de la prueba de regresión por la existencia de informes de excepción.

La primera línea del fichero del plan de prueba contiene preferiblemente la especificación del directorio para donde residen los ficheros de la base de reglas. Cada una de las líneas siguientes tiene preferiblemente una definición de prueba o una definición de excepción. Las excepciones que siguen a una definición de prueba se aplican sólo a esa prueba.

Una sola prueba de regresión es especificada preferiblemente por un conjunto de categorías de sensores entre paréntesis. Por ejemplo, una prueba de primer orden de los datos de disparo, seguida por una prueba de segundo orden de los datos de aviso y disparo, es dada por:

(Disparo)  
(Aviso Disparo)

Un plan con esta secuencia de prueba designa una prueba de primer orden que hará que la base de reglas sea ejecutada para cada valor de disparo de sensor, y el fichero de registro grabará todos los resultados del procedimiento y fallos funcionales actualizados. Esto es seguido por una prueba de segundo orden realizada ejecutando la base de reglas para cada valor de disparo, mientras que cada sensor es dispuesto a su vez en el valor de aviso. Como hay excepciones definidas, no se efectúan entradas en el informe 26 de excepción.

Las excepciones están divididas en tres categorías que proporcionan tres filtros básicos: 1. Excepciones de actualización; 2. Excepciones de nivel; y 3. Excepciones de cambio. Las excepciones de actualización comprueban si los fallos funcionales y procedimientos apropiados están actualizados por un ciclo de diagnóstico. Por ejemplo, la excepción para comunicar cualquier fallo funcional actualizado es:

Excepción: Fallo funcional actualizado.

Las excepciones de nivel comparan el parámetro de procedimiento o de fallo funcional resultante con un valor fijo. Por ejemplo, la excepción para comunicar cuando una confianza de fallo funcional es mayor que 0,5, es:

Excepción: Confianza de fallo funcional >0,5.

Las excepciones de cambio comparan el cambio porcentual de diagnóstico con una constante. El cambio porcentual es calculado usando una fórmula convencional: (valor nuevo-valor antiguo)/valor antiguo. El valor antiguo es el parámetro de procedimiento o de fallo funcional del diagnóstico normal, conservado en la etapa 56 de la Figura 2. El valor nuevo es el mismo parámetro que resulta del segundo diagnóstico (58 y 60) del ciclo. El efecto es que un cambio positivo se separa del cero y un cambio negativo va hacia el cero. Por ejemplo, la excepción para comunicar al menos un cambio positivo del diez por ciento en una confianza de procedimiento, es:

Excepción:% Procedimiento >10,0

Hay tres clases de excepciones que proporcionan tres variaciones en los tres filtros básicos: 1. Excepciones sencillas; 2. Excepciones de conjunto; y 3. Excepciones de suficiencia. Las excepciones sencillas son como los ejemplos de categoría antes mostrados, donde la excepción está compuesta por un parámetro, un operador y una constante. Cada vez que se comprueba que una excepción sencilla es verdadera, la

definición de prueba, los sensores perturbados, el fallo funcional o procedimiento que accionó los valores de parámetro y excepción son registrados (66) en el informe. Las excepciones de conjunto son excepciones sencillas precedidas por el calificador TODOS (ALL), ALGUNOS (SOME) o No. En este caso, es generado un informe si el conjunto compuesto por el parámetro de excepción coincide con la definición de excepción. Si se comprueba que la excepción es verdadera para toda la prueba, la definición de prueba y los sensores perturbados son comunicados (66) en el informe de excepción. Con el calificador ALGUNOS (SOME) de conjunto, el número de elementos en el conjunto también es introducido (66) en el informe de excepción. Por ejemplo, la excepción para comunicar cuando algunas de las confianzas de fallo funcional en una prueba de regresión son mayores que cero, es:

10 Excepción: Algunas confianzas de fallo funcional >0,0

Las excepciones de suficiencia son excepciones sencillas precedidas por el calificados LTN (menor que) o FTN (mayor que). En este caso, un informe es generado si el número de coincidencias es menor que (mayor que) el orden de la prueba de regresión. Si se comprueba que la excepción es verdadera para toda la prueba, la definición de prueba, sensores perturbados y número de coincidencias son comunicados (66). Por ejemplo, la excepción para informar cuando menos de una gravedad de fallo funcional en una prueba de regresión de disparo es mayor que 3,0, es:

20 (Disparo)

Excepción: Menor que (LTN) una gravedad de fallo funcional >3,0

Cada excepción tiene la forma:

25 Excepción: (calificador) (parámetro) (operador) (constante)

El parámetro especifica qué resultado del diagnóstico ha de ser examinado. Un parámetro es definido por:

30 (objeto) (atributo)

Los objetos válidos son fallos funcionales o procedimientos. El omitir la parte de objeto del parámetro indica que deben comprobarse tanto los fallos funcionales como los procedimientos. Los atributos, usados por todas las categorías excepto las excepciones de actualización, cuando se usa el sistema experto preferido, son la confianza (CF), gravedad (SEV), importancia (IMP) o prioridad (PR).

Los operadores usados en excepciones son:

Actualizado, !Actualizado, ==, !=, >, >=, <, <=

40 Los dos primeros operadores sólo son usados con excepciones de actualización indican si se activó (cambió) cualquier regla soportada por el valor actualizado. El resto definen una comparación entre el parámetro y una constante de coma flotante, comparando los operadores tercero y cuarto la igualdad y la desigualdad.

45 Las exigencias del plan de prueba pueden llevarse a cabo en un lenguaje de plan de prueba cuya definición de lenguaje puede ser usada por una persona de destreza ordinaria en la técnica para crear un analizador sintáctico generado por las herramientas disponibles YACC (compilador de compilador) y LEX (léxico) de desarrollo de lenguaje de tercera generación del sistema UNIX que aceptarán el fichero de texto del plan de prueba y producirán una representación interna apropiada del plan. Un ejemplo de un plan de prueba es ilustrado a continuación:

Directorio de la base de reglas:

ps: [harper. pds.code.regress.vb1]

55 Prueba 1. (normal)

Excepción 1: Actualizado

60 Prueba 2. (Disparo)

Excepción 1: Confianza (CF) >0,800000

Excepción 2: Menos de una confianza (LTN CF) >0,800000

5 Dos archivos de resultados son producidos preferiblemente por el analizador de regresión de la presente invención. Si el analizador es ejecutado en el modo por lotes, también hay un fichero de salida procedente de la sesión. El archivo de salida muestra el desarrollo de las pruebas. Usualmente, el archivo 24 de registro es muy largo porque relaciona todos los sensores, sus descripciones, y los datos de prueba, todos los fallos funcionales y procedimientos y sus descripciones, el plan de prueba y los listados de resultados de pruebas individuales. Los resultados de excepciones o archivos 20 de informe es más manejable y  
10 relaciona todos los informes de excepciones procedentes de las pruebas.

La salida de pantalla 28 de la presente invención muestra preferiblemente mensajes informativos y de error generados durante la ejecución el Sistema de Diagnóstico por procesador (SDP). Cada prueba es identificada y marcada cronológicamente junto con los ciclos de diagnóstico que son ejecutados. Esta  
15 salida es similar el archivo producido por la versión de diagnóstico del SDP.

El archivo 24 de registro es un registro de toda la prueba. Este registro puede ser archivado en una biblioteca en código fuente convencional y utilizado para comparar después los resultados de la prueba completa con los resultados de la prueba de una ejecución con nuevos cambios de la base de reglas para  
20 realizar una comparación de regresión. Una comparación por diferencia convencional entre los archivos de registros completos mostrará exactamente lo que ha cambiado entre los momentos en los que fueron ejecutadas las pruebas. De este modo, puede realizarse un análisis de regresión entre cambios de la base de reglas. Además, el fichero de registro define explícitamente que son las entradas y salidas de la base de reglas, que pueden utilizarse después como ejemplos de instrucción para otros tipos de sistemas expertos,  
25 por ejemplo, una realización de sistema experto de red neural. Preferiblemente, hay tres secciones en el archivo de registro. La primera sección detalla los parámetros de prueba: los sensores y datos de sensores, fallos funcionales y procedimientos, y todas sus descripciones. La segunda sección es un listado del plan de prueba. La tercera sección contiene los casos de prueba. Para cada caso, los fallos funcionales y procedimientos que fueron actualizados son relacionados en orden alfabético, junto con su confianza,  
30 gravedad, importancia y prioridad.

El archivo 26 de excepciones es un informe de cada caso que coincide con las excepciones definidas en el plan de prueba. El archivo de excepciones es esencialmente un archivo de registro filtrado donde las características del filtro son definidas por las excepciones especificadas por el usuario. Cada informe  
35 tiene la forma:

(<conjunto cronológico>/<sensor>...)<objeto><mensaje> Como se mencionó previamente, los conjuntos cronológicos son categorías de datos de sensores, por ejemplo, disparo o aviso. Sensores son los nombres de los sensores a los que se asignaron valores distintos al normal para este ciclo de diagnóstico.  
40 Objetos son nombres de fallos funcionales o de procedimientos. Mensajes son textos que identifican el tipo de informe de excepción.

La presente invención es realizada preferiblemente usando un método de diseño estructurado, como se trata en: *Diseño estructurado: fundamentos de una disciplina de diseño de programas de ordenador*,  
45 Yourdon y Constantine, Yourdon Press, 1979; *Análisis estructurado y especificación del sistema*. De marco, Yourdon Press, 1979; *Ingeniería de soporte lógico: un método de practicante*, Pressman, Mc Graw Hill Book Company, 1982; y *Enseñanza asistida sobre técnicas de diseño de soporte lógico*, Freeman y Wasserman, 4<sup>a</sup> Edición, IEEE Computer Society Press, 1983. Más particularmente, la presente invención es realizada preferiblemente usando una herramienta de desarrollo de sistemas tal como *Manual de analista de ingeniería de soporte lógico asistida por ordenados (CASE)/usuarios en tiempo real (RI) para estación VAX/ordenadores principales VMS, VO.O 4.1*, Mentor Graphis, 1988, que lleva a cabo una metodología descrita en *Análisis estructurado y especificación del sistema*. De Marco, Yourdon Press,  
50 1979. Este método o herramienta permite al diseñador crear y mantener diagramas de flujo de control y datos que pueden ser llevados a cabo rápida y eficazmente mediante rutinas "C" normalizadas y rutinas "C" especiales. Las figuras 4 y 5 ilustran la presente invención que usa diagramas de flujo de datos y de flujo de control en esta metodología, usando la herramienta antes mencionada. Una persona de cualificación ordinaria en la técnica sería capaz de crear la presente invención a partir de los diagramas. La información descrita previamente y los apéndices. La Figura 4 ilustra el flujo de datos hacia y desde el sistema de prueba 20, además de la información mencionada previamente con respecto a la Figura 1. La  
55 Figura 4 ilustra que el entorno de producción 100, es decir, la información sobre la central, debe incluirse en el sistema.

Como se ilustra en la Figuras 4 y 5, la primera etapa en la presente invención es leer (200) la entrada de prueba por el usuario en el lenguaje del plan de prueba, analizar sintácticamente la entrada del plan de prueba y crear la representación interna 18 del plan de prueba. La etapa siguiente es inicializar (202) todas las variables globales. Esta etapa es parte del motor de inferencias 16 del sistema experto SDP (Sistema de Diagnóstico por Procesador) y crea e inicializa los contextos verdadero, falso y otros, y crea e inicializa las variables del SDP que dirigen las etapas cronológicas de sensores. A continuación, el sistema es recuperado (204), lo que también es parte del motor de inferencias 16 del SDP. Esta rutina acepta la definición de la base de conocimientos del archivo de texto y carga los esquemas correspondientes en la memoria 14. La etapa siguiente también forma parte del motor de inferencias 16 del SDP y lee (206) el archivo de texto de la información de unidad. Este archivo es parte del entorno de producción 100 del SDP que asocia una base de conocimientos con una aplicación del cliente específico y, como un efecto secundario, la presente invención usa el nombre de unidad en todas las cabeceras de archivos de salida. Después, el sistema lee (208) los valores de sensores, una etapa que también forma parte del motor de inferencias 16 del SDP. Esta etapa lee el archivo de texto de los datos de sensores en formato normalizado y carga los valores de sensores y marcas cronológicas en una lista de lectura interna. Entonces, el motor de inferencias 16 del SDP restaura (210) los historiales. Para efectuar esta etapa, el motor de inferencias lee un fichero de texto de historial y carga las listas de historial de texto y los registros de sucesos en los esquemas correspondientes. El archivo o fichero de texto de historial es parte del entorno de producción 100 del SDP que conserva los resultados de análisis basados en el tiempo a través de los rearranques del motor de inferencias. Entonces, es realizada una etapa por el sistema de prueba 20 para inicializar (212) los conjuntos cronológicos de datos. Esta etapa usa simplemente la lista de lectura creada en la etapa 208 de lectura de sensores para llenar una matriz de conjuntos cronológicos de siete columnas con los valores normal, de fallo con valor bajo, de fallo con valor alto, de predicción, de diagnóstico, de aviso y de disparo de cada sensor. El uso de una matriz más bien que una lista de texto aumenta la velocidad del sistema de prueba. La etapa siguiente, que también forma parte de la presente invención, es crear (214) registros de regresión. Esta etapa resume y registra la especificación completa del análisis escribiendo en el archivo de registro: la hora y aplicación de cliente para este plan de prueba, una descripción de todos los sensores y de cada uno de sus siete valores de datos y una descripción de todos los fallos funcionales posibles. La etapa 214 abre e inicializa el informe de excepción y los archivos de registro escribiendo la hora y la aplicación de cliente de este plan de prueba en el archivo 26. La etapa siguiente 216 también forma parte del sistema de prueba 20, escribe el plan de prueba registrado en el archivo de registro por la etapa 200 de lectura del plan. Adjunta una copia del plan de prueba en el archivo de registro. La última etapa 218 es la etapa de ejecución que solicita repetidamente al motor de inferencias 16 del SDP la ejecución de diagnósticos especificados por el plan de prueba.

Como se trató antes, la presente invención proporcionará una herramienta de prueba eficaz normalizada que verificará las bases de reglas de diagnóstico tanto durante el desarrollo como después de que se han efectuado modificaciones y mejoras durante el uso comercial. La presente invención permite excepciones programables, proporciona un lenguaje para describirlas tanto con un archivo de registro que puede utilizarse para entrenar y comprobar todos los tipos de sistemas expertos incluyendo redes neurales, y proporciona una agencia de prueba programable con su propio lenguaje.

Las muchas características y ventajas de la invención son evidentes a partir de la memoria descriptiva detallada y, de este modo, las reivindicaciones adjuntas pretenden abarcar todas las citadas características de la invención que están dentro del espíritu y ámbito verdaderos de ella. Además, como a los expertos en la técnica se les ocurrirá fácilmente numerosas modificaciones y cambios, no se desea limitar la invención a la construcción y funcionamiento exactos ilustrados y descritos y, por consiguiente, puede recurrirse a todas las modificaciones y equivalentes adecuadas que están dentro del ámbito de la invención. Por ejemplo, algunos sistemas expertos tiene la capacidad de desactivar (descambiar) reglas y el Sistema de Diagnóstico por Procesador (SDP) es uno de tales sistemas. Más bien que activar (cambiar) todas las reglas con valores normales en las etapas 50 y 52 para reponer efectivamente el sistema en la referencia, es posible desactivar todas las reglas activadas.

(Símbolos de referencia pasan a página siguiente)

*Identificación de los símbolos de referencia usados en los dibujos*

	Leyenda	Símbolo de referencia	Figura
5			
	Base de reglas	14	1
	Base de conocimientos de producción	14	4
10	Bas de conocimientos	14	5
	Motor de inferencias de sistema experto	16	1
	Plan de prueba	18	1
	Plan de prueba	18	4
15	Plan de prueba	18	5
	Sistema de prueba	20	1
	Analizador de regresión de sistema de diagnóstico por procesador	20	4
20	Conjuntos de datos normales y de prueba	22	1
	Datos de prueba	22	4
	Archivo de registro	24	1
	Archivo de registro	24	4
25	Archivo de registro	24	5
	Informe de excepción	26	1
	Informe de excepción	26	4
30	Informe de excepción	26	5
	Salida de pantalla	28	1
	Salida de pantalla	28	4
	Comienzo	40	2
35	Leer el plan	42	2
	Cargar la base de reglas	44	2
	Cargar los datos	46	2
	N=1	48	2
40	N=1	48	3
	Disponer todos los sensores en normal y actualizar	50	2
	Disponer todos los sensores en normal y actualizar	50	3
45	Activar las reglas soportadas	52	2
	Activar las reglas soportadas	52	3
	¿N=1?	54	2
50	Conservar los resultados	56	2
	Conservar los resultados	56	3
	Disponer el sensor <u>n</u> -sino en el valor de prueba y actualizar	58	2
55	Activar las reglas soportadas	60	2
	Activar las reglas soportadas	60	3

*Identificación de los símbolos de referencia usados en los dibujos*

	Leyenda	Símbolo de referencia	Figura
5			
	Escribir el archivo de registro	62	2
	Escribir el archivo de registro	62	3
10	Comparar la salida con las excepciones del plan de prueba	64	2
	Comparar la salida con las excepciones del plan de prueba	64	3
15	Escribir el informe de excepción	66	2
	Escribir el informe de excepción	66	3
	$N=N+1$	68	2
	$N=N+1$	68	3
20	¿N= final de los sensores?	70	2
	¿N= final de los sensores?	70	3
	Parada	72	2
	Parada	72	3
25	$M=1$	80	3
	¿N=1, M=1?	82	3
	Disponer los sensores <u>n</u> -simo y <u>m</u> -simo en los valores de prueba y actualizar	84	3
30	$M=M+1$	86	3
	¿M= final de los sensores?	88	3
	Entorno de producción	100	4
	Leer el plan	200	5
35	Inicializar las variables globales	202	5
	Recuperar el sistema	204	5
	Inicializar la unidad del sistema de Diagnóstico por Procesador (SDP)	206	5
40	Leer los sensores	208	5
	(*) Restaurar los historiales	210	5
	Inicializar los conjuntos cronológicos de datos	212	5
	Crear los registros de regresión	214	5
45	Escribir el plan	216	5
	Ejecutar	218	5
	Coincidencia	C	2
	Coincidencia	C	3
50	Valores	V	4
	Información de unidad	IV	4
	Esquemas	E	4
	Pruebas	P	4
55	Mensajes	M	4
	Excepciones	EX	4

60

*Identificación de los símbolos de referencia usados en los dibujos*

	Leyenda	Símbolo de referencia	Figura
5			
	Cabecera de excepciones	CEX	4
	Entrada de registro	ER	4
10	Plan de prueba	PP	4
	Descripciones de fallos funcionales	DFF	4
	Datos de sensores	DAS	4
	Descripciones de sensores	DS	4
15	Cabecera de registro	CR	4
	Esquemas	E	5
	Información de unidad	IV	5
	Valores	V	5
20	Mensajes	M	5
	Esquemas normalizados	EN	5
	Esquemas definidos por el usuario	EDV	5
	Datos de sensores	DAS	5
25	Historial de nodos	HN	5
	Pruebas	P	5
	Entrada de registro	ER	5
	Descripciones de sensores	DS	5
30	Cabecera de registro	CR	5
	Plan de prueba	PP	5
	Descripciones de fallos funcionales	DFF	5
	Excepciones	EX	5
35	Cabecera de excepciones	CEX	5

40

45

50

55

60

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de prueba para comprobar un sistema experto, incluyendo dicho sistema de prueba:

5 medios (22) de almacenamiento de prueba para almacenar un conjunto de prueba normal y un conjunto de prueba especializada; y

10 medios (20) de prueba para comprobar el sistema experto usando el conjunto de prueba normal y el conjunto de prueba especializada, **caracterizados** porque dichos medios de prueba comprenden medios (64) de excepción para comparar salidas de sistema experto, sensibles al conjunto de prueba especializada, con un estado de excepción e informar cuando existe coincidencia.

15 2. Un sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dichos medios (20) de prueba están adaptados para producir un registro (24) que incluye parámetros de prueba, un plan de prueba y un caso de prueba, y para realizar comprobación sensible a un plan (18) de prueba que designa un orden de prueba, el tipo de prueba y las excepciones, y porque se proporcionan unos medios de lenguaje de prueba para convertir las sentencias de entrada del plan de prueba en el plan (18) de prueba.

20 3. Un sistema según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dichos medios de prueba están adaptados para aplicar cíclicamente el conjunto de prueba normal al sistema experto, el valor del conjunto de prueba normal y para realizar una prueba de orden  $\underline{n}$ -simo, donde  $\underline{n}$  es un entero.

25 4. Un sistema según la reivindicación 1, 2 ó 3, **caracterizado** por medios (24) de almacenamiento de resultados para almacenar resultados de pruebas antes y después de los cambios de reglas, y medios (20) de comparación para comparar los resultados antes y después de los cambios de reglas e indicar las diferencias.

5. Un sistema de prueba para comprobar un sistema experto para una central eléctrica, **caracterizado** por:

30 medios (22) de almacenamiento de prueba para almacenar una ordenación de conjuntos de prueba, incluyendo los conjuntos de prueba un conjunto de valores normales de sensores y conjuntos de valores especializados de sensores incluyendo los valores de fallo de sensores, predictivos y de diagnóstico;

35 medios (20) de prueba para comprobar el sistema experto cíclicamente usando los valores normales de sensores y los valores especializados mientras se aplican iterativamente los valores especializados, incluyendo dichos medios de prueba:

40 medios (200) de lectura para leer una entrada de prueba en un lenguaje de plan de prueba y convertir las entradas de prueba en un plan de prueba, especificando el plan de prueba un orden de la prueba y las excepciones que han de comprobarse;

medios (64) de excepción para comparar las salidas del sistema experto con las excepciones e informar cuando se produce una coincidencia;

45 medios (24) de registro para registrar los sensores comprobados, datos de sensores, fallos funcionales indicados, descripciones de fallos funcionales, el plan de prueba y los casos de prueba que comprenden los conjuntos de sensores especializados; y

50 medios de comparación para comparar registros antes y después de cambios en el sistema experto, incluyendo dicho sistema un lenguaje de plan de prueba para una comprobación, incluyendo el sistema experto:

55 una definición de lenguaje que permite a un usuario definir un plan de prueba que incluye un orden de la prueba, conjuntos de prueba que han de utilizarse, reglas del sistema experto que han de utilizarse y excepciones de prueba; y

una rutina (200) para convertir las entradas de usuario en el plan de prueba utilizable por el sistema de prueba.

60 6. Un método para probar un sistema experto, que incluye las etapas de:

(a) aplicar un conjunto de prueba normal al sistema experto, en donde todos los valores de entrada están dispuestos en valores normales;

(b) aplicar un conjunto de prueba especializada al sistema experto, en que uno de los valores de entrada está dispuesto en un valor de prueba y las reglas del sistema experto son activadas (cambiadas); y

5 (c) registrar excepciones producidas durante la etapa (b), en donde son comparadas salidas del sistema experto con excepciones y una excepción es producida cuando se produce una coincidencia, y esas etapas (a)-(c) son repetidas mientras se seleccionan iterativamente unos diferentes de los valores de entrada en la etapa (b) para disponerlos en el valor de prueba.

10 7. Un método según la reivindicación 6, **caracterizado** porque son leídas exigencias de prueba adicionales, la entrada por un usuario es leída y un plan de prueba es producido, donde en la etapa (b) un par de valores de entrada son dispuestos en un par de valores de prueba, y las etapas (a-c) son efectuadas con cambios de la base de reglas en el sistema experto; y las salidas de prueba son comparadas antes y después de los cambios de la base de reglas.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

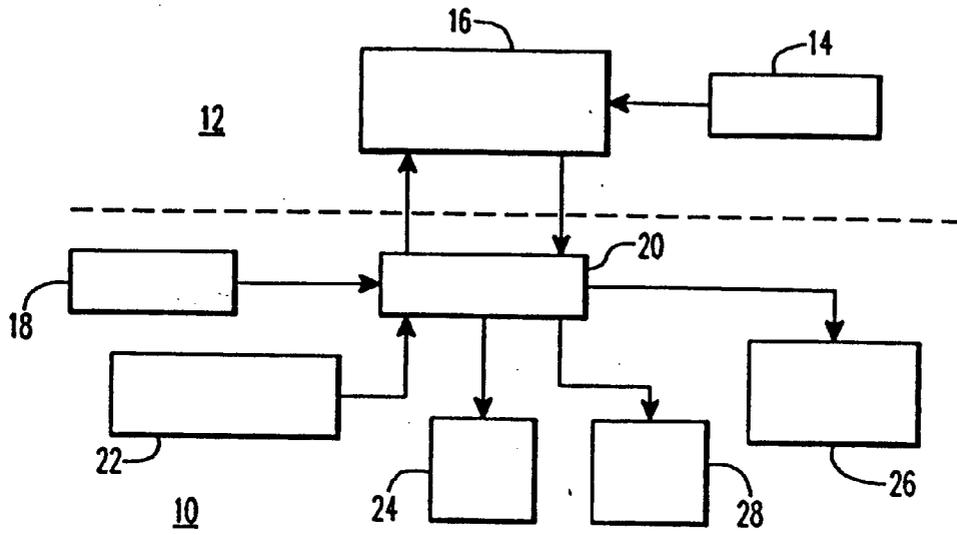


FIG. 1

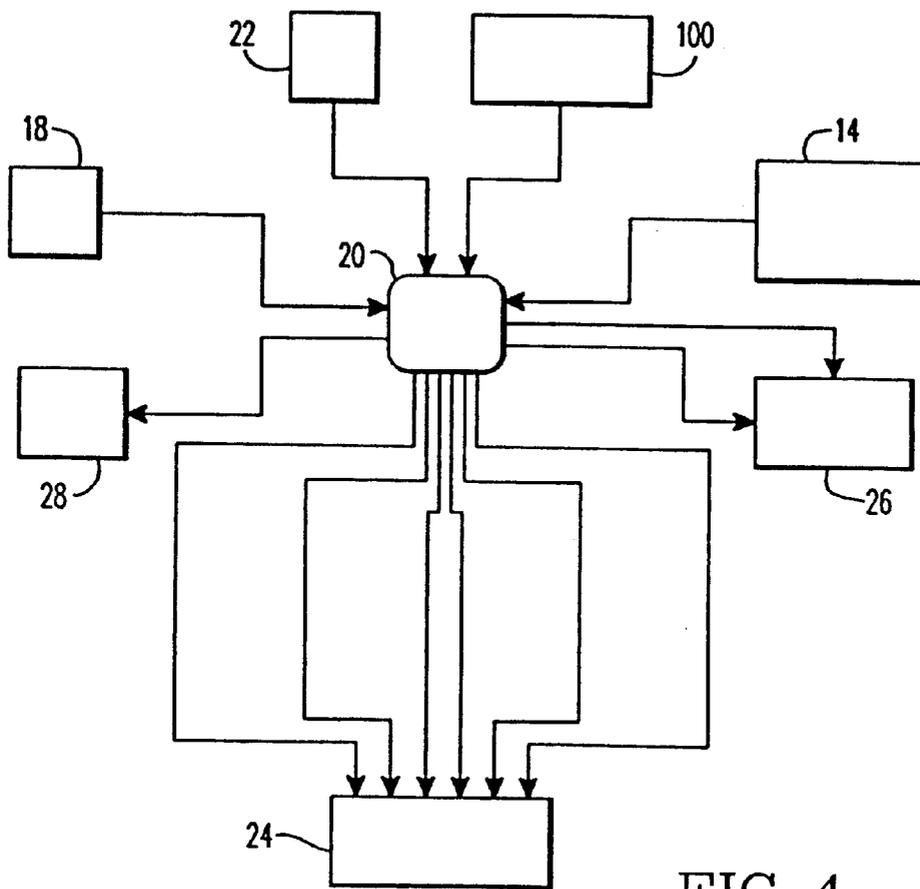


FIG. 4

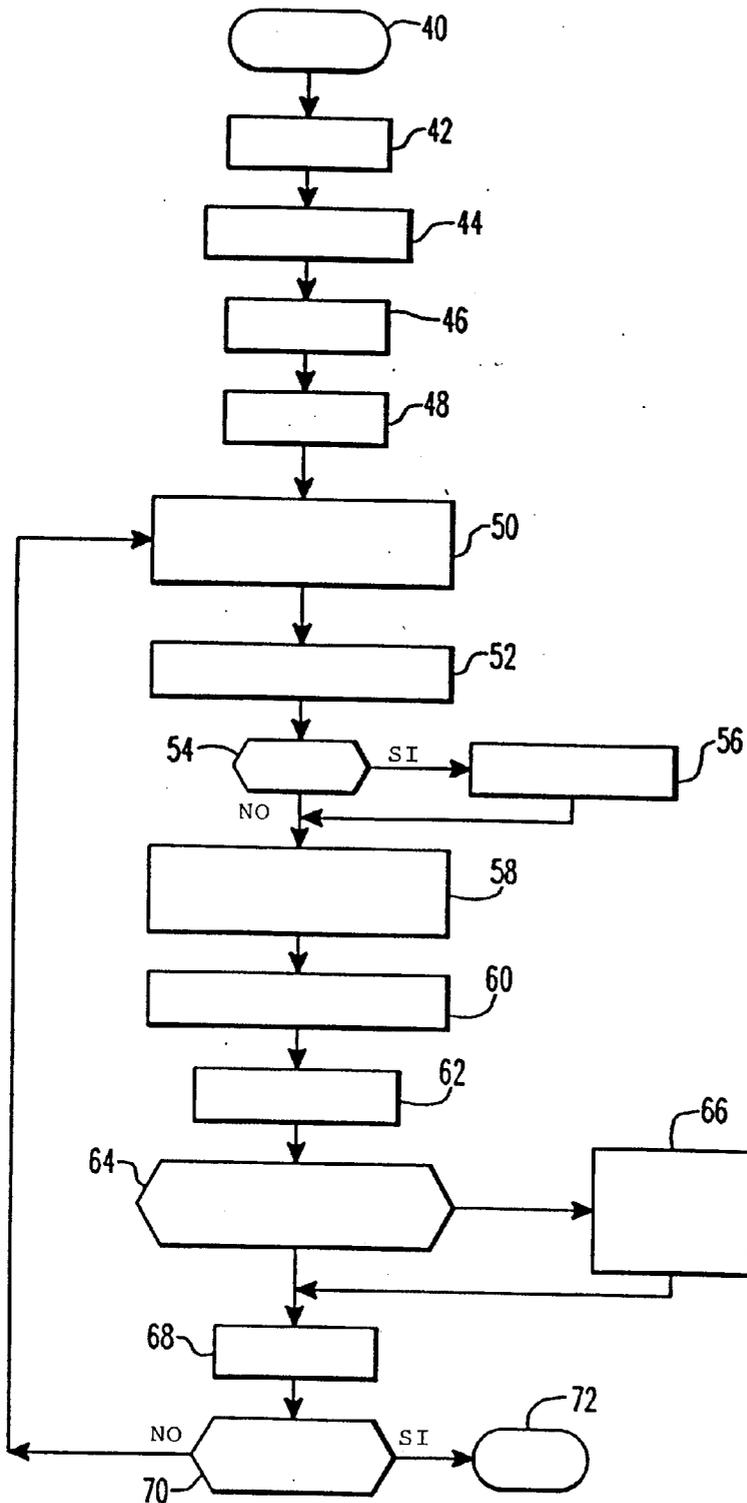


FIG. 2

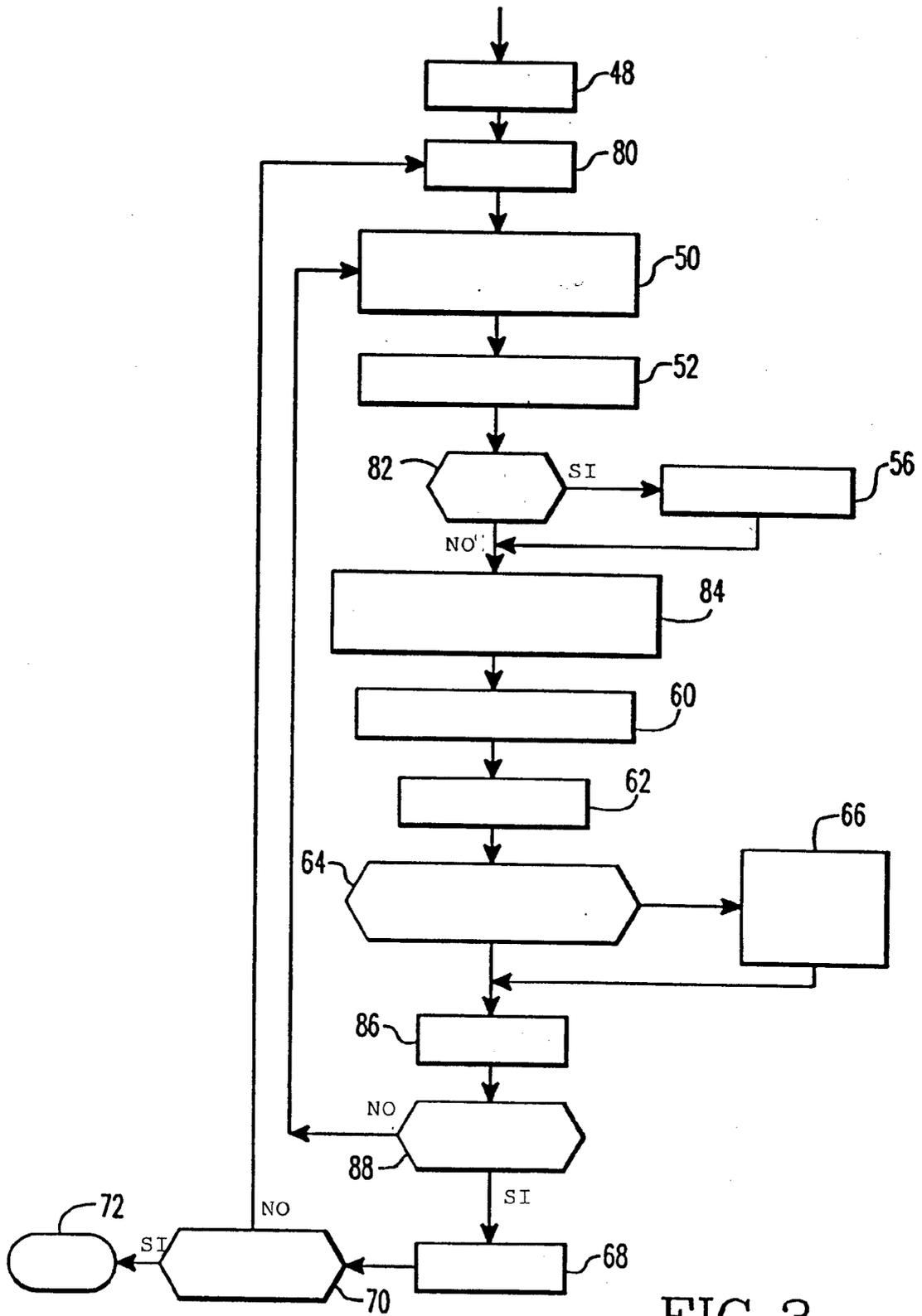


FIG. 3

