

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 613**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/763** (2013.01)

**H04L 12/761** (2013.01)

**H04L 12/771** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2006 E 06808598 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 1952590**

54 Título: **Método de transmisión de datos**

30 Prioridad:

**26.11.2005 GB 0524126**

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

**03.01.2014**

73 Titular/es:

**COGNISCIENCE LIMITED (100.0%)  
UMIP THE FAIRBAIRN BUILDING P.O. BOX 88  
MANCHESTER M60 1QD, GB**

72 Inventor/es:

**FURBER, STEPHEN BYRAM**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 436 613 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 de transmisión de datos

5 La presente invención se refiere a un método y aparato de transmisión de datos.

Las redes de ordenadores convencionales normalmente soportan dos modos de comunicación. Un primer modo de comunicación es la comunicación de uno a uno. En este caso se transporta un mensaje desde una fuente única a un destino de la señal. Un segundo modo de comunicación es la comunicación de difusión. En este caso el mensaje se transporta desde una fuente única a todos los demás elementos conectados a una red.

En sistemas neuronales de neuronas interconectadas, las neuronas normalmente tienen muy alta conectividad entre sí. Es frecuente el caso de que una neurona determinada acepte datos desde otras entre 1.000 y 10.000 neuronas, y saque datos a un número similar de neuronas. Ninguno de los dos modos de comunicación descritos anteriormente está idealmente adaptado a los sistemas neuronales. Si se usa una comunicación de uno a uno, se necesita enviar un gran número de mensajes. Específicamente, si una neurona va a transmitir datos a otras 1.000 neuronas, se requerirían 1.000 mensajes. Si se usa una comunicación de difusión, se transmitirá un mensaje a todas las demás neuronas. Esto es de nuevo indeseable, ya que los mensajes se enviarán a más destinos de los necesarios, y se malgastará un valioso ancho de banda.

En cambio, sería preferible un mecanismo de comunicación de multidifusión. En la comunicación de multidifusión se transmite un mensaje desde una única fuente a múltiples receptores, pero no todos los receptores posibles. La solicitud de Patente PCT N° WO 03/036503 describe un sistema de enrutamiento que utiliza un conmutador de capa 2 que interconecta varios enrutadores para redirigir inteligentemente paquetes de multidifusión a través de un intercambio de internet que transporta contenidos de multidifusión. La publicación de la solicitud de Patente Europea N° 0410568 describe un mecanismo de enrutamiento multidimensional, multi-nodal para retransmitir información desde un nodo a otro nodo usando una cabecera que consiste de los bits del descriptor de la ruta. La comunicación multidifusión es particularmente atractiva en los sistemas neuronales, aunque las actuales técnicas de comunicaciones de multidifusión no están idealmente adaptadas para aplicaciones neuronales.

Es un objetivo de la presente invención obviar o mitigar al menos algunos de los problemas perfilados anteriormente.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de transmisión de datos entre una pluralidad de elementos interconectados, comprendiendo el método: recibir un mensaje desde un primer elemento, comprendiendo dicho mensaje una clave de enrutamiento, procesar dicha clave de enrutamiento para identificar una pluralidad de dichos elementos interconectados; y transmitir los datos a dicha pluralidad identificada de elementos interconectados, en donde el procesamiento de dicha clave de enrutamiento comprende intentar localizar una palabra de enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando dicha clave de enrutamiento y dicha operación de búsqueda comprende comparar la clave de enrutamiento con las claves asociadas a las palabras de enrutamiento respectivo, comprendiendo la clave de enrutamiento una pluralidad de bits, usándose solo algunos de la pluralidad de bits para al menos algunas de las comparaciones, determinándose los bits de la clave de enrutamiento a usar para una comparación que se determina para cada clave basándose en una máscara respectiva asociada a la clave, identificándose dicha pluralidad de dichos elementos interconectados usando dicha palabra de enrutamiento.

De este modo, la invención proporciona un método de transmisión de datos en el que los elementos a los que se transmiten datos se seleccionan basándose en una clave de enrutamiento recibida dentro de un mensaje. Por ejemplo, la clave de enrutamiento puede tomar la forma de un identificador de un elemento que transmite el mensaje, y en tales circunstancias la identidad del elemento que transmite el mensaje se usa por lo tanto para determinar los elementos a los que se transmiten los datos.

Los datos transmitidos a la pluralidad identificada de elementos interconectados puede comprender el mensaje recibido. En efecto, los datos transmitidos pueden ser idénticos para el mensaje recibido. El mensaje recibido puede comprender una carga útil de datos. Sin embargo se observará que en las realizaciones neuronales de la invención, el mensaje recibido normalmente contiene solo una clave de enrutamiento que se considera que es una "espiga" neuronal y por lo tanto no se requieren datos adicionales.

La pluralidad identificada de elementos interconectados se puede seleccionar a continuación usando la palabra de enrutamiento. Si el intento es insatisfactorio, los datos por defecto se pueden usar a continuación para determinar los elementos a los que se transmiten los datos. Específicamente, se puede identificar al menos un elemento interconectado usando los datos por defecto.

La palabra de enrutamiento puede tener un bit para cada uno de los elementos conectados, y el estado de un bit respectivo puede determinar si los datos se comunican a uno de los elementos interconectados. Esto es, donde el método de transmisión de datos se realiza en un elemento conectado a N elementos adicionales, se puede usar una palabra de enrutamiento de N bits, representando cada bit uno de los N elementos. La operación de búsqueda

puede comprender comparar la clave de enrutamiento con las claves asociadas a las palabras de enrutamiento respectivo. La clave de enrutamiento puede comprender una pluralidad de bits, y se puede usar cualquier subconjunto de estos bits en al menos algunas de las operaciones de comparación. Los bits a usar se pueden determinar para cada una de las claves independientemente. Esto es, cada una de las claves puede tener una máscara asociada que se usa para asegurar que solo se usan ciertos bits de la clave de enrutamiento en la operación de búsqueda. La máscara se puede combinar con la clave de enrutamiento usando una operación de Y lógica orientada a bits.

En las realizaciones preferidas de la invención, el primer elemento y la pluralidad identificada de elementos interconectados se conectan con un segundo elemento, y el método se realiza en el segundo elemento.

El método anterior se puede implementar en hardware.

La invención proporciona además una portadora de datos que transporta un código de programa legible por ordenador configurado para causar que un ordenador realice los métodos mostrados anteriormente. También se proporciona un aparato de ordenador que comprende una memoria de programa que almacena las instrucciones legibles por el ordenador y un procesador configurado para leer y ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria de programa. Las instrucciones legibles por procesador comprenden instrucciones que controlan el procesador para realizar un método como se ha mostrado anteriormente.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un aparato para la transmisión de datos entre una pluralidad de elementos interconectados. El aparato comprende medios para recibir un mensaje desde el primer elemento, comprendiendo el mensaje una clave de enrutamiento, medios para procesar la clave de enrutamiento para identificar una pluralidad de elementos interconectados intentando localizar una palabra de enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando dicha clave de enrutamiento, identificándose dicha pluralidad de elementos interconectados usando dicha palabra de enrutamiento y medios para transmitir datos a la pluralidad identificada de elementos interconectados.

La invención también proporciona un aparato para la transmisión de datos entre una pluralidad de elementos interconectados, comprendiendo el aparato: una interfaz del receptor configurada para recibir un mensaje desde un primer elemento, comprendiendo dicho mensaje una clave de enrutamiento, un procesador configurado para identificar una pluralidad de dichos elementos interconectados usando dicha clave de enrutamiento intentando localizar una palabra de enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando dicha clave de enrutamiento, identificándose dicha pluralidad de dichos elementos interconectados usando dicha palabra de enrutamiento, y una interfaz de transmisor configurada para transmitir datos a dicha pluralidad identificada de elementos interconectados.

Preferiblemente, el aparato comprende una memoria asociativa en comunicación con una RAM. Los datos almacenados en la memoria asociativa se pueden usar para identificar la pluralidad de elementos interconectados. Habiendo usado dicha memoria asociativa en este modo, se puede localizar a continuación una palabra de enrutamiento en la RAM.

Un aspecto adicional de la invención proporciona una red de elementos interconectados, estando configuradas las redes para transmitir datos entre sí. Cada elemento comprende un enrutador, y el enrutador está configurado para: recibir un mensaje desde un primer elemento, comprendiendo el mensaje una clave de enrutamiento, procesar la clave de enrutamiento para identificar una pluralidad de elementos interconectados intentando localizar una palabra de enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando dicha clave de enrutamiento, identificándose dicha pluralidad de elementos interconectados usando dicha palabra de enrutamiento, y transmitir los datos a la pluralidad identificada de elementos interconectados.

Ahora se describirán las realizaciones de la presente invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una ilustración esquemática de una red de elementos interconectados en los que se puede implementar la presente invención;

la Figura 2 es ilustración esquemática que muestra la operación de un enrutador incluido en uno de los elementos de la Figura 1;

la Figura 3 es una ilustración esquemática de una tabla de búsqueda usada por el enrutador de la Figura 2;

la Figura 4 es una ilustración esquemática de una clave de enrutamiento usada en conexión con la tabla de búsqueda de la Figura 3;

la Figura 5 es una ilustración esquemática que muestra la estructura del enrutador de la Figura 2 con mayor detalle;

la Figura 6 es una ilustración esquemática que muestra la estructura del enrutador de la Figura 5 con un detalle adicional; y

la Figura 7 es una ilustración esquemática de una posible arquitectura para los elementos de la Figura 1.

Refiriéndonos en primer lugar a la Figura 1, están ilustrados dieciséis elementos interconectados que forman parte de una red mayor. Se puede ver que cada uno de los elementos está conectado a sus ocho vecinos más próximos por enlaces directos de comunicaciones. Cada uno de los elementos de la Figura 1 está configurado para recibir un mensaje desde cualquiera de sus elementos interconectados y para generar datos para transmitir a uno o más de los elementos a los que está conectado.

La transmisión de datos entre elementos interconectados se gestiona por enrutadores incluidos dentro de cada uno de los elementos interconectados. Los enrutadores operan procesando una clave de enrutamiento recibida dentro de un mensaje, y determinan a partir de esta clave de enrutamiento a cuales de los elementos se deberían transmitir los datos. Por ejemplo, en realizaciones preferidas de la invención esta clave de enrutamiento comprende un identificador del elemento que transmite el mensaje. Este identificador se procesa para identificar los elementos a los que se debería transmitir los datos. Esto se ilustra esquemáticamente en la Figura 2. En esta puede verse que un enrutador 1 recibe un identificador 2 desde un elemento de origen 3. El enrutador 1 procesa el identificador 2 para identificar tres elementos de destinos 4, 5, 6. Una vez identificados los elementos de destino 4, 5, 6, el enrutador 1 transmite a continuación los datos en la forma de mensajes apropiados a los elementos de destino 4, 5, 6. De este modo, el enrutamiento de los datos por el enrutador 1 se determina por el identificador 2 del elemento de origen 3 a partir del cual el enrutador 1 recibe un mensaje.

El enrutador 1 realiza las operaciones de enrutamiento usando una tabla de enrutamiento del tipo mostrado esquemáticamente en la Figura 3. La tabla comprende una pluralidad de claves de búsqueda 7, frente a las cuales se compara el identificador recibido 2. Si el identificador recibido coincide con una de las claves 7, se recupera la palabra de enrutamiento correspondiente 8 y se usa para determinar los elementos apropiados a los que se deberían transmitir los datos. Cada una de las palabras de enrutamiento 8 es un número binario que tiene un número predeterminado de bits representando cada bit un enlace a otro elemento. Esto es, en el ejemplo de la Figura 1, cada una de las palabras de enrutamiento es un número de 8 bits, representando los ocho bits los ocho enlaces de comunicación de cada elemento. Se apreciará sin embargo que en muchas realizaciones de la invención, cada uno de los elementos tendrá más de ocho enlaces de comunicaciones, y por lo tanto cada una de las palabras de enrutamiento comprenderá más bits. Si un bit particular de la palabra de encaminamiento se fija a '1' indica que se deberían transmitir los datos sobre el enlace de comunicaciones representado por ese bit. Inversamente, si un bit particular de la palabra de enrutamiento se fija a '0', esto indica que los datos no se deberían transmitir sobre el enlace de comunicaciones representado por ese bit.

El enrutamiento como se ha descrito anteriormente permite la comunicación de multidifusión de forma efectiva en la que el elemento desde el cual se recibe el mensaje determina los elementos a los que se transmiten los datos. Sin embargo, cuando se usa una red muy grande de elementos interconectados, la tabla de enrutamiento mostrada en la Figura 3 será muy grande. De este modo, cuando cada uno de los elementos de la Figura 1 se implementa como un único chip, podría ser imposible o al menos muy caro fijar la tabla de enrutamiento sobre el chip. Por lo tanto son posibles diversas optimizaciones. Por ejemplo, se debería observar que la tabla de enrutamiento incluida en un enrutador en cualquier elemento de la red necesita incluir solo las entradas para las claves que están asociadas a los identificadores cuyas rutas desde su origen a todos sus destinos pasan a través de ese elemento, se generan en del mismo o terminan en el mismo.

Adicionalmente o como alternativa, cada uno de los elementos puede implementar un enrutamiento por defecto en el caso de que la tabla de búsqueda de la Figura 3 falle en la provisión de una coincidencia para un identificador particular. Por ejemplo, cuando un identificador incluido dentro de un mensaje no coincide con ninguna de las claves en la tabla de la Figura 3, los datos simplemente se pueden transmitir a un único elemento sobre el enlace diametralmente opuesto a aquel del que se recibe el mensaje.

Además; a menudo se necesitará manejar grupos de identificadores de mensajes del mismo modo. Esto es, los mensajes recibidos desde una pluralidad de elementos pueden necesitar todos generar transmisiones de datos al mismo conjunto de elementos dentro de la red. Esto se puede conseguir ignorando efectivamente algunos bits del identificador del mensaje cuando se realiza la operación de búsqueda. Esto es, algunos bits del identificador del mensaje se tratan como bits "no importa" en la operación de búsqueda. Una realización que usa tales bits "no importa" se describe ahora con referencia a la Figura 4.

Refiriéndonos a la Figura 4, se ilustra una clave de enrutamiento de dieciséis bits. Los dieciséis bits forman tres componentes lógicos. Una primera componente 9 comprende dos bits que indican que los dieciséis bits juntos representan datos de enrutamiento de un tipo particular. En una realización estos bits tienen un valor '00' cuando se va a usar la tabla de enrutamiento de la Figura 3 para efectuar la comunicación multidifusión, como se ha descrito anteriormente. Los valores '01', '10' y '11' se usan respectivamente para indicar un enrutamiento de uno a uno en el cual los restantes catorce bits representan una dirección a la cual se deberían transmitir los datos, un enrutamiento

de difusión en el cual los restantes catorce bits no se requieren, y algún otro algoritmo de enrutamiento implementado por el enrutador.

5 Las componentes segunda y tercera 10, 11 de la clave de enrutamiento se usan, cuando la primera componente tiene el valor '00' para realizar el enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando la tabla de búsqueda de la Figura 3. Sin embargo, en la realización descrita de la invención, solo se usan los seis bits que constituyen la segunda componente 10 en la operación de búsqueda, constituyendo los restantes ocho bits la tercera componente 11 que se ignora para propósitos de enrutamiento en el presente enrutador. Esto es, solo los bits de la segunda componente 10 determinan los elementos a los que se transmiten los datos usándose los bits de la tercera componente 11 para determinar un enrutamiento adicional cuando sea apropiado a un elemento adicional en la red. Los bits de la tercera componente 11 se pueden procesar parcialmente usando una tabla de búsqueda más detallada en los elementos posteriores en la red, o se pueden procesar alternativamente por software en tales elementos posteriores.

15 Se puede ver que la optimización de la tabla de enrutamiento de la Figura 3 para tener en cuenta solo la segunda componente 10 (y no la tercera componente 11) cuando realiza operaciones de enrutamiento, proporciona considerables beneficios. En este ejemplo relativamente pequeño, una tabla de enrutamiento que de otro modo necesitaría 16.384 entradas (esto es  $2^{14}$ ) en cambio requiere 64 entradas (estos es  $2^6$ ).

20 En la ilustración de la figura 4, se puede ver que seis bits adyacentes forman la segunda componente 10, mientras que 8 bits adyacentes forman la tercera componente 11. No hay ninguna necesidad de que estas componentes segunda y tercera se formen a partir de bits adyacentes. Por ejemplo, se podría decidir que los 12 bits más significativos de la segunda componente 11 también se puedan ignorar cuando se realizan operaciones de búsqueda. En tal caso, los 12 bits más significativos se convertirán en parte de la tercera componente 11, y no se usarían durante las operaciones de búsqueda. De forma similar podría ser que se necesite tener en cuenta un bit 13 en las operaciones de búsqueda, y por consiguiente, el bit 13 se convertiría en parte de la segunda componente 10. Esto es, en términos generales, para reducir el tamaño de la tabla de enrutamiento solo se tienen en cuenta algunos bits del identificador y los bits que se tienen en cuenta y los que no se tienen en cuenta se pueden localizar en cualquier parte dentro de la clave de enrutamiento.

30 Ahora se describe el enrutador 1 que comprende la tabla de búsqueda de la Figura 3 con detalle adicional. Se debería observar que en términos generales, el enrutador es una memoria asociativa (contenido - dirección), con un enmascaramiento programable sobre la base de cada entrada así como procesar correctamente las componentes segunda y tercera 10, 11 de una clave de enrutamiento como se ha descrito anteriormente. Esta memoria asociativa se conecta a una memoria convencional que mantiene las palabras de enrutamiento usadas para realizar las operaciones de enrutamiento. La memoria asociativa se puede implementar usando cualquier técnica convencional tal como las células VLSI CAM o una RAM dirigida por huella digital.

40 Ahora se describe la estructura del enrutador con referencia a las Figuras 5 y 6. Refiriéndonos a la Figura 5, como se ha descrito anteriormente, puede verse que el enrutador 3 comprende una memoria asociativa 14 y la RAM de búsqueda 15. En términos generales una clave de enrutamiento del tipo descrito anteriormente se presenta a la memoria asociativa como se indica por una flecha 16. La memoria asociativa realiza a continuación una operación de búsqueda comparando cada una de las claves de la memoria asociativa con la clave de enrutamiento presentada. El acierto o fallo generado por esta operación se saca por la memoria asociativa como se indica por la flecha 17. Si se genera un acierto, se obtiene una palabra de encaminamiento adecuada de la RAM de búsqueda 15 y se saca como se indica por una flecha 18.

50 La estructura del enrutador 1 y su funcionamiento se describe ahora con detalle adicional con referencia a la Figura 6, que ilustra dos entradas de la memoria asociativa 14 y dos entradas correspondientes de la RAM de búsqueda 15. Una primera entrada de la memoria asociativa comprende una máscara 19, un control de máscara 20, una clave 21 y un comparador 22. Se proporciona una clave de enrutamiento (por ejemplo, el identificador de un elemento de origen como se ha tratado anteriormente) como se indica por la flecha 18 que se pasa al control de máscara 20, junto con la máscara 19. El control de máscara 20 es una colección de puertas Y que realizan una operación Y orientada a bits entre la clave de enrutamiento proporcionada y la máscara 19.

55 La máscara 19 se configura de modo que maneja correctamente los bits "no importa" de la clave de enrutamiento. Por ejemplo, si la clave de enrutamiento tiene la forma mostrada en la Figura 4, donde los catorce bits menos significativos forman una parte operativa de la clave de enrutamiento, a continuación se proporcionan los catorce bits de la máscara de la forma 11111100000000. Puede verse que la realización de la operación lógica Y orientada a bits entre esta máscara y la clave de enrutamiento de la Figura 4 conservará el estado de los seis bits más significativos de la clave de enrutamiento de la parte operativa, mientras que fijará los ocho bits menos significativos a "0". Asegurando que la clave 21 también tiene sus ocho bits menos significativos a '0' esto implementa efectivamente la política deseada de "no importa".

65 El resultado de la operación Y orientada a bits realizada por el control de máscara 20 se lleva al comparador 22 junto con la clave 21 asociada a esa entrada de la memoria asociativa. Si la comparación es satisfactoria, los datos de

enrutamiento 23 almacenados en la RAM de búsqueda 15 y asociados a la entrada descrita de la memoria asociativa se leen y se sacan como se indica por la flecha 18.

5 La descripción anterior de la Figura 6 se ha referido a una entrada única de la memoria asociativa 14 y una entrada asociada de la RAM de búsqueda 15. También se muestran en la Figura 6 una entrada adicional de la memoria asociativa 14 que comprende una máscara 19a, un control de máscara 20a, una clave 21 y un comparador 22a. Sin embargo se apreciará que la memoria asociativa contendrá en la práctica un gran número de entradas adicionales que tienen la misma estructura. Puede verse a partir de la Figura 6 que si cualquiera de los comparadores 22, 22a genera un acierto, su salida se pasa a una puerta OR 24, que genera los datos de acierto / fallo como se indica por la flecha 17. Esto es, si hay una comparación satisfactoria, el comparador respectivo pasa un '1' a la puerta OR 24, y por consiguiente la salida 17 a '1' indicará un acierto. Si ninguna de las salidas de los comparadores saca un '1', la salida de la puerta OR 24 será '0'. La salida de acierto / fallo indicada por la flecha 17 se puede usar para activar el comportamiento del enrutamiento por defecto en el caso de fallo, como se ha descrito anteriormente.

15 La descripción anterior de las Figuras 5 y 6 se ha referido a la localización de los datos apropiada para una clave de enrutamiento particular. Se apreciará que antes de que se pueda realizar tal procesamiento, la memoria asociativa se debe configurar apropiadamente así como almacenar los datos apropiados. Tal proceso se describe ahora, en primer lugar con referencia a la Figura 5. En general, las señales de control indicadas por las flechas 25a, 25b indican si se escribirá una clave o una máscara en la memoria asociativa y los datos apropiados se presentan a continuación como se indica por la flecha 26. Los datos presentados se escriben a una dirección de la memoria asociativa 14 determinada por los datos de dirección indicados por la flecha 27. Los datos de dirección indicados por la flecha 27 identifican además una entrada de la RAM de búsqueda 18, significando que se puede proporcionar una señal de control adecuada indicada por una flecha 28 para permitir que los datos (en la forma de una palabra de enrutamiento) indicados por la flecha 29 se escriban en la RAM de búsqueda 15.

25 La disposición de escritura de la Figura 5 se muestra con detalle adicional en la Figura 6. En esta se puede ver que la dirección indicada por la flecha 27 se pasa a un decodificador de la dirección de escritura 30 que selecciona una entrada apropiada de la memoria asociativa 14. Cada uno de los elementos de la memoria asociativa 14 recibe señales de control indicadas por 25a, 25b, 25c, 25d para indicar si se escribirán los datos de la clave o los datos de la máscara. Los datos a escribir se proporcionan a continuación a un elemento apropiado de la memoria asociativa que se proporciona como se indica por la flecha 26, y se almacena en cualquier elemento de la memoria asociativa que tenga habilitada actualmente la escritura.

30 Puede verse además a partir de la Figura 6 que el decodificador de la dirección de escritura 30 selecciona un elemento de la RAM de búsqueda 18 al que se van a escribir los datos de enrutamiento proporcionados como se indica por las flechas 29.

35 En la Figura 6, el enrutador se muestra que tiene un decodificador único de la dirección de escritura tanto para la memoria asociativa 14 como para la RAM de búsqueda 15. Este no es necesariamente el caso. Por ejemplo, dado que en el caso de un acierto, exactamente uno de los comparadores generará un bit para la clave de enrutamiento presentada, la salida colectiva de los comparadores será un código 1 de N (estos es, exactamente se fijará a '1' un bit con los N - 1 bits fijados a '0'). Este código 1 de N se puede usar a continuación para dirigir la RAM de búsqueda 15 de una forma eficiente.

40 Refiriéndonos de nuevo a la Figura 6, se debería observar que la provisión de una máscara para cada una de las entradas de la memoria asociativa permite implementar diferentes políticas de "no importa" para las diferentes entradas de la memoria asociativa. En las realizaciones alternativas de la invención, se puede aplicar una política única de "no importa" a todas las entradas de la memoria asociativa. En tales realizaciones se almacena una máscara única y se pasa a los controles de máscara de todas las entradas.

45 La descripción anterior se refiere a un enrutador que encamina los datos entre elementos en una red de elementos interconectados. Sin embargo la invención también es aplicable al enrutamiento dentro de los elementos. Por ejemplo, refiriéndonos ahora a la Figura 7, se muestra una estructura adecuada para uno de los elementos mostrados en la Figura 1. Se puede ver que además del enrutador 1, el elemento ilustrado comprende un procesador de monitor 31 que es responsable de la gestión global del elemento. Adicionalmente se proporciona una interfaz del receptor 32 para cada uno de los enlaces de comunicaciones a lo largo del cual se reciben los mensajes (esto es, se proporcionarán ocho interfaces del receptor en cada uno de los elementos de la red de la Figura 1). Las interfaces del receptor 32 pasan los datos a un árbitro 33 que es el responsable de presentar los mensajes recibidos desde las interfaces del receptor 32 al enrutador 1. El orden en el que se pasan los mensajes al enrutador se determina por el árbitro 33, pero dado que los mensajes se encaminan independientemente, el orden en el que se pasan los mensajes es de poca significancia. El enrutador 1 realiza a continuación el enrutamiento en el modo descrito anteriormente., encaminando los datos a cualquiera de los procesadores de fascículo 34 dentro del elemento o a las interfaces del transmisor 35. Se debería observar que cada uno de los procesadores de fascículo 34 está configurado para implementar una pluralidad de neuronas (conocidas como un haz) que forman parte de una red neuronal. Sin embargo los procesadores 34 pueden tomar otra forma adecuada, y no necesitan implementar una pluralidad de neuronas. Se proporciona una interfaz del transmisor 35 para cada uno de los enlaces de

comunicaciones sobre los que se pueden transmitir datos (esto es se proporcionarán ocho interfaces de transmisor en cada uno de los elementos de la red de la Figura 1). De este modo, se puede ver que el enrutador 1 encamina los datos tanto a los procesadores dentro del elemento ilustrado como también a otros elementos dentro de la red. Los procesadores de fascículo 34 pueden generar mensajes que se manejan por el enrutador 1 de la misma forma que se reciben los mensajes de los elementos interconectados.

Los métodos de enrutamiento y comunicación de acuerdo con la presente invención tienen aplicabilidad particular en los sistemas neuronales en los que las neuronas se comunican entre sí. Tales sistemas requieren una comunicación multidifusión eficiente del tipo proporcionado por la presente invención. Tales sistemas se pueden implementar usando elementos que tienen la forma mostrada en la Figura 7, donde cada uno de los procesadores de fascículo 34 incluidos dentro de cada uno de los elementos implementa una pluralidad de neuronas como se ha descrito anteriormente. Se apreciará que en tal circunstancia cada una de las neuronas puede tener un identificador respectivo. Estos identificadores de neuronas se pueden usar a continuación como claves de enrutamiento. En efecto, se apreciará que las claves de enrutamiento pueden tomar cualquier forma conveniente. Esto es, las claves de enrutamiento pueden tomar la forma de identificadores de neuronas, procesadores o elementos. En efecto en realizaciones alternativas de la invención se usan otras claves de enrutamiento.

Se apreciará que se deben definir las tablas de enrutamiento usadas en las realizaciones de la presente invención. Las tablas de enrutamiento se pueden configurar usando software externo. Por ejemplo, en implementaciones neuronales de la invención se proporcionan las listas de redes neuronales que describen las interconexiones de neuronas, y las neuronas se mapean a continuación sobre procesadores para determinar las entradas de la tabla de enrutamiento. Este es un proceso similar a la configuración de FPGA. Las restricciones de recursos tales como el tamaño de la tabla de enrutamiento y las limitaciones de ancho de banda se deben tener en cuenta durante el proceso de mapeo. Cuando se genera una tabla de enrutamiento adecuado, se puede escribir a continuación usando un método como se ha descrito con referencia a la Figura 6.

Para aplicaciones estáticas, la tabla de encaminamiento es fija. Sin embargo, es posible permitir a los procesadores locales modificar las tablas de enrutamiento mientras que el sistema está en funcionamiento. Esto permite modelar procesos de desarrollo, por ejemplo en los sistemas basados en neuronas. Los cambios para las tablas de enrutamiento durante la operación del sistema se deben realizar, por supuesto, con cuidado de asegurar que siempre se obtienen los enrutamientos deseados.

Las realizaciones preferidas de la presente invención se han descrito anteriormente. Se apreciará sin embargo que se pueden realizar diversas modificaciones a tales realizaciones sin apartarse del alcance de la invención, como se define por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, la invención se ha descrito de modo que se usa un identificador de un elemento desde el cual emana un mensaje para determinar el enrutamiento. Este no es necesariamente el caso. El elemento desde el que emana el mensaje puede proporcionar cualesquiera datos adecuados dentro del mensaje a usar como la clave de enrutamiento en la operación de búsqueda.

Adicionalmente, la ilustración de la Figura 1 muestra una disposición de elementos bidimensional en la que cada uno de los elementos está conectado a ocho de sus vecinos más próximos. Se apreciará, sin embargo que son posibles otras muchas configuraciones. Por ejemplo, se pueden usar disposiciones tridimensionales, y en efecto, en una red en la que cada elemento tiene ocho conexiones, se puede usar un tejido de interconexión de hipercubo de cuatro dimensiones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de transmisión de datos entre una pluralidad de elementos interconectados, comprendiendo el método:
  - 5 recibir un mensaje (2) desde un primer elemento (3), comprendiendo dicho mensaje una clave de enrutamiento; procesar dicha clave de enrutamiento para identificar una pluralidad de dichos elementos interconectados; y transmitir los datos a dicha pluralidad identificada de elementos interconectados;
    - 10 en donde el procesamiento de dicha clave de enrutamiento comprende intentar localizar una palabra de enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando dicha clave de enrutamiento, y dicha operación de búsqueda comprende comparar dicha clave de enrutamiento con claves (21; 21a) asociadas a palabras de enrutamiento (23) respectivas, comprendiendo la clave de enrutamiento una pluralidad de bits (9; 10; 11), usándose solo algunos de dicha pluralidad de bits para al menos algunas de dichas comparaciones, determinándose los bits de la clave de enrutamiento a usar para una comparación para cada una de las claves (21; 212a) basándose en una máscara (19; 19a) respectiva asociada a la clave (21; 21a), identificándose la pluralidad de dichos elementos interconectados usando dicha palabra de enrutamiento localizada.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha palabra de enrutamiento tiene un bit para cada uno de una pluralidad de elementos y el estado de un bit respectivo determina si los datos se comunican a uno de dichos elementos interconectados.
  - 20
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha palabra de enrutamiento tiene un bit para cada uno de la pluralidad de elementos conectados a uno particular de dichos elementos interconectados.
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha máscara (19, 19a) fija los bits de dicha clave de enrutamiento distintos de dicho subconjunto de bits a un estado predeterminado, antes de realizar dichas comparaciones.
  - 25
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la fijación de bits de dicha clave de enrutamiento comprende realizar una operación Y lógica orientada a bits entre dicha clave de enrutamiento y dicha máscara (19, 19a).
  - 30
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha clave de enrutamiento comprende un identificador de dicho primer elemento (3).
  - 35
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que si dicho intento es infructuoso, se identifica al menos un elemento interconectado que usa datos por defecto.
8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho primer elemento y dicha pluralidad identificada de elementos interconectados se conectan a un segundo elemento, y donde dicho método se realiza en dicho segundo elemento.
  - 40
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos datos transmitidos comprenden dicho mensaje (2).
  - 45
10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho mensaje (2) comprende una carga útil de datos.
11. Una portadora de datos que transporta un código de programa legible por ordenador configurado para causar que un ordenador realice un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
  - 50
12. Un aparato de ordenador que comprende:
  - 55 una memoria de programa que almacena instrucciones legibles por procesador; y un procesador configurado para leer y ejecutar instrucciones almacenadas en dicha memoria de programa; en donde dichas instrucciones legibles por procesador comprenden instrucciones que controlan el procesador para realizar un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 10.
13. Aparato para transmitir datos entre una pluralidad de elementos interconectados, comprendiendo el aparato:
  - 60 una interfaz de receptor configurada para recibir un mensaje (2) desde un primer elemento (3), comprendiendo dicho mensaje (2) una clave de enrutamiento; un procesador configurado para identificar una pluralidad de dichos elementos interconectados intentando localizar una palabra de enrutamiento realizando una operación de búsqueda usando dicha clave de enrutamiento, comprendiendo la operación de búsqueda comparar dicha clave de enrutamiento con claves (21, 21a) asociadas a las palabras de enrutamiento respectivas, comprendiendo la clave de enrutamiento una
    - 65

- 5 pluralidad de bits (9, 10, 11), usándose solo algunos de dicha pluralidad de bits para al menos algunas de dichas comparaciones, determinándose los bits de la clave de enrutamiento a usar para una comparación para cada una de las claves (21; 21a) basándose en una máscara (19; 19a) respectiva asociada a la clave (21, 21a), identificándose la pluralidad de dichos elementos interconectados usando dicha palabra de enrutamiento; y una interfaz de transmisor configurada para transmitir datos a dicha pluralidad identificada de elementos interconectados.
- 10 14. Aparato de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicho procesador está configurado para identificar dicha pluralidad de dichos elementos interconectados basándose en datos almacenados en una memoria asociativa (14).
- 15 15. Aparato de acuerdo con la reivindicación 14, en el que dicha memoria asociativa (14) está configurada para localizar una palabra de enrutamiento almacenada en una RAM asociada (15).
16. Aparato de acuerdo con la reivindicación 14 o 15 en el que dicha memoria asociativa (14) comprende una pluralidad de entradas, comprendiendo cada una de las entradas una clave, y dicho procesador está configurado para identificar dicha pluralidad de dichos elementos interconectados usando claves de dicha memoria asociativa (14).
- 20 17. Aparato de acuerdo con la reivindicación 16, en el que dicha clave de enrutamiento se combina con dicha máscara (19, 19a) para identificar dicha pluralidad de elementos interconectados.
- 25 18. Una red de elementos interconectados, estando configurados los elementos para transmitir datos entre ellos, comprendiendo cada elemento un enrutador, configurándose el enrutador para realizar un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 10.

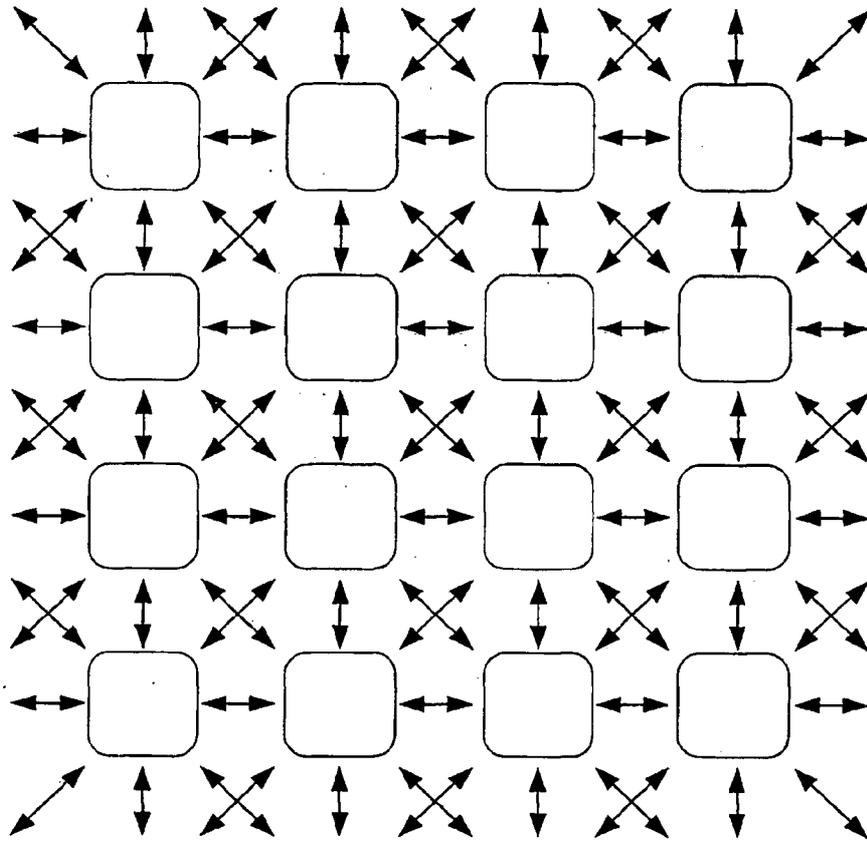


FIG 1

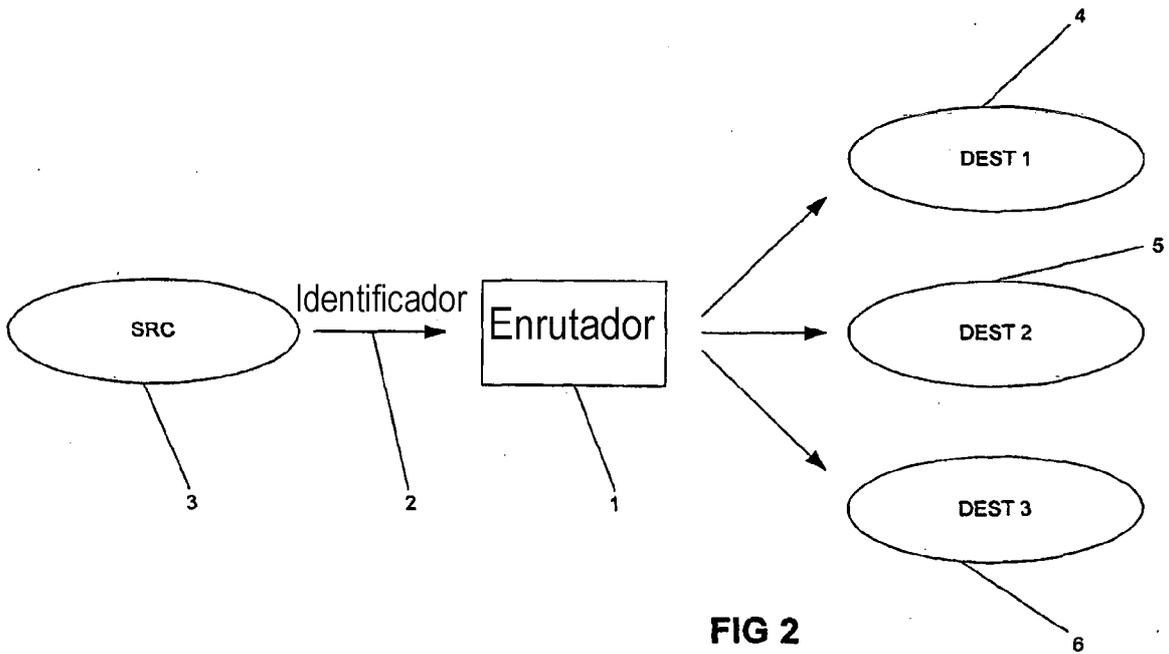


FIG 2

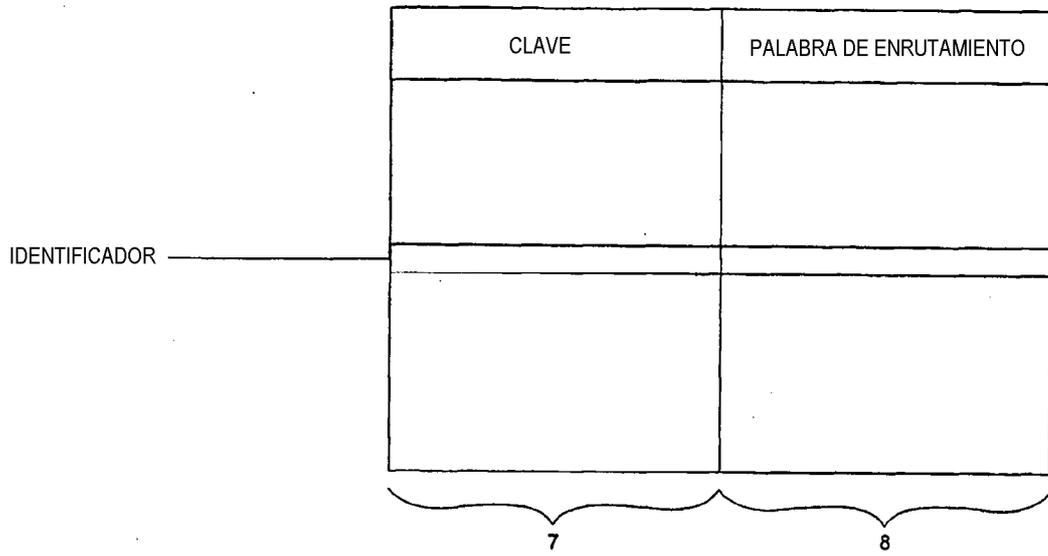


FIG 3

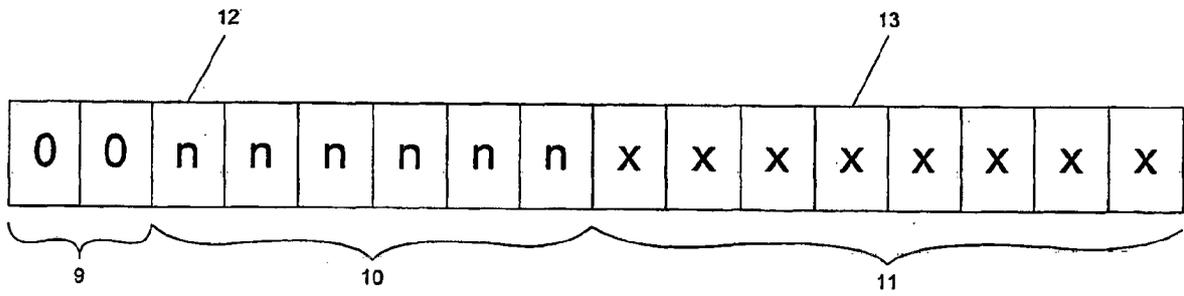


FIG 4

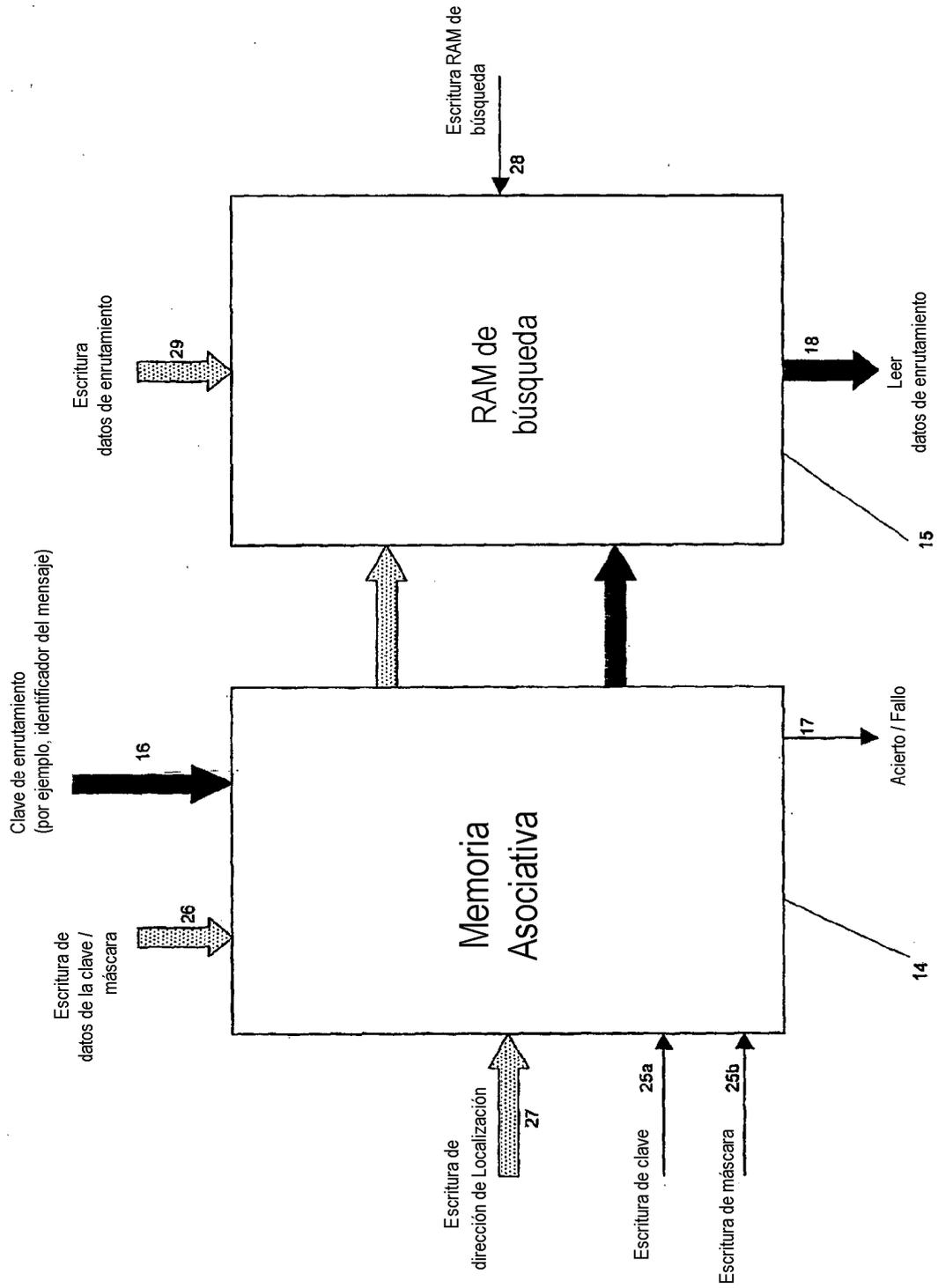


FIG 5

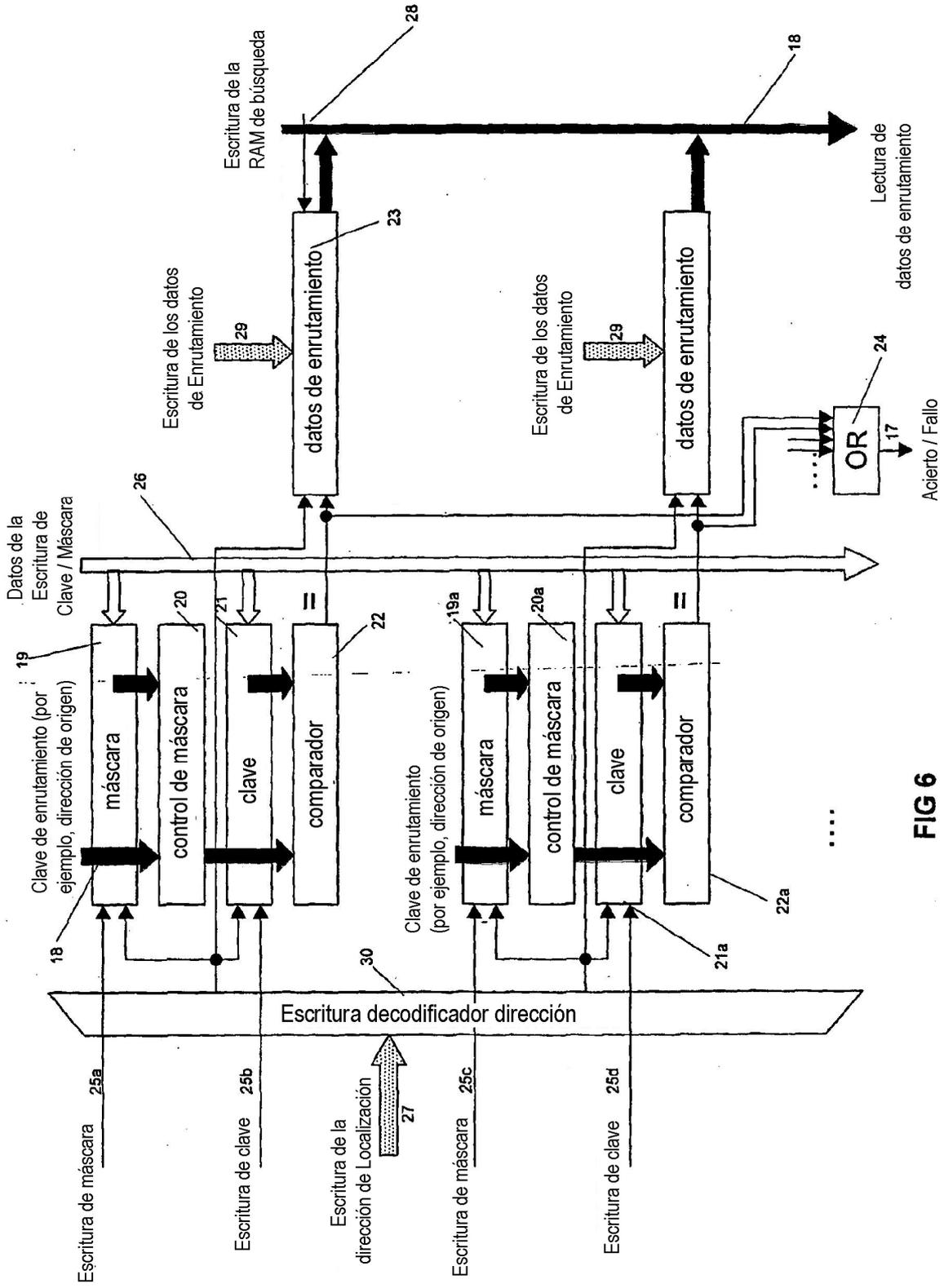


FIG 6

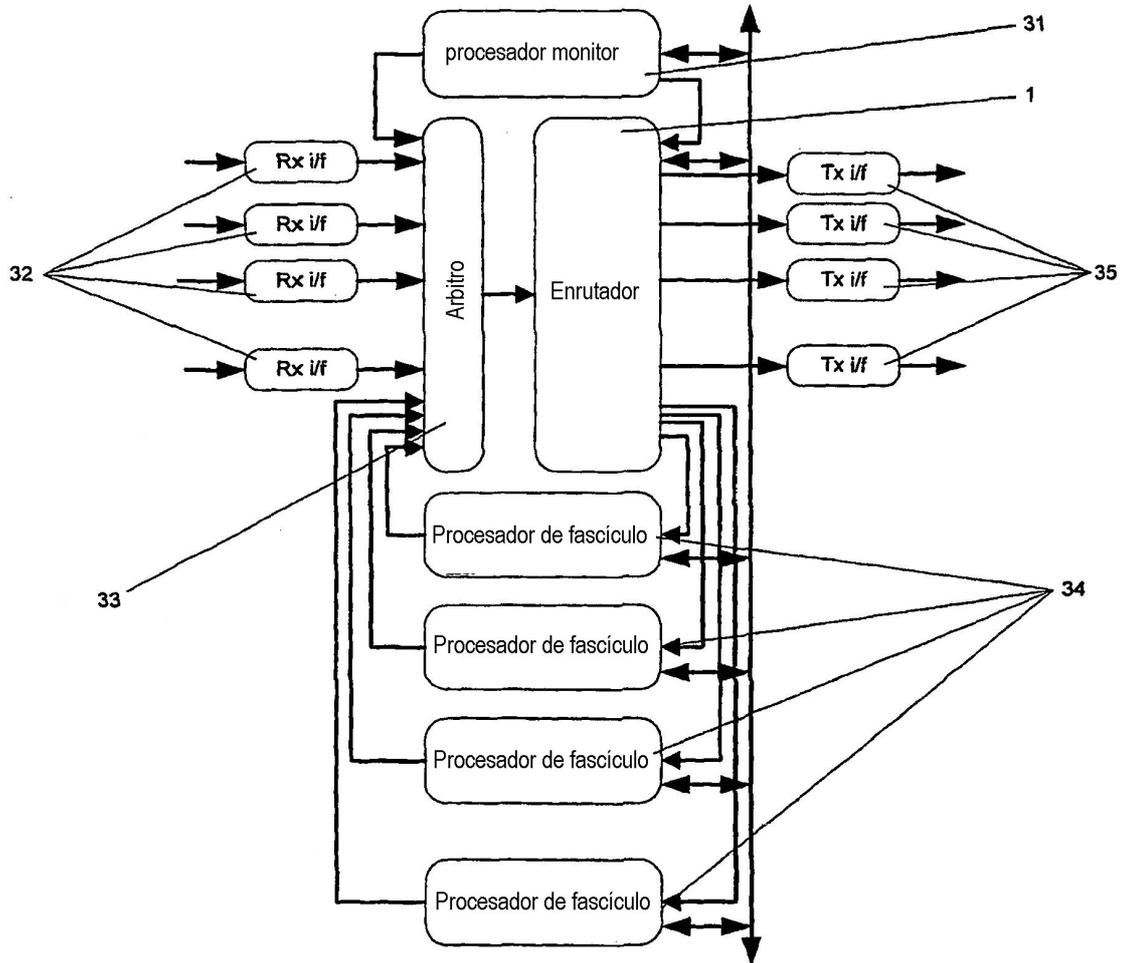


FIG 7