



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 314 134**

51 Int. Cl.:
H04L 12/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02808238 .6**

96 Fecha de presentación : **16.12.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1573961**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.09.2005**

54 Título: **Método y dispositivo para diseñar una red de datos.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2009

73 Titular/es: **Telecom Italia S.p.A.**
Piazza degli Affari 2
20123 Milano, IT

72 Inventor/es: **Bossi, Mariachiara;**
Allasia, Andrea;
Varetto, Luigi Giuseppe y
Rita, Roberto

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 314 134 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 y dispositivo para diseñar una red de datos.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para diseñar una red de transporte.

Antecedentes de la técnica

10 Según los procedimientos de diseño de redes de comunicación convencionales, solo se realiza un diseño óptimo de una red cuando se planifica la red por primera vez. Durante el proceso de diseño, las capacidades de encaminamiento y de enlace de una red están diseñadas para una demanda de tráfico específica. Se realiza una optimización del diseño de la red para un patrón de demanda predeterminado y se diseña una red óptima que minimice los costes. Posteriormente, 15 dado que el patrón de demanda cambia con respecto al patrón considerado durante la fase de planificación inicial, es probable que la eficacia de la red disminuya día tras día.

De hecho, en las redes de telecomunicaciones actuales, el patrón de demanda varía muy frecuentemente, según los cambios en las suscripciones del cliente o los cambios en la carga de tráfico debidos a la difusión de nuevos servicios 20 de comunicación o a la introducción de nuevas técnicas.

De ello resulta que, en una red convencional, es difícil o imposible la predicción de la demanda. Además, en redes multimedia de los últimos años, la predicción de la demanda es cada vez más difícil.

25 Actualmente, el rediseño de las redes informáticas, concretamente las redes de área amplia, es un procedimiento complejo que requiere personal formado y especializado. En el caso de una red nacional, un especialista puede tardar varias semanas en diseñar y simular una arquitectura de red alternativa.

Frecuentemente, dado que la demanda de tráfico aumenta en correspondencia con una ruta o un nodo particular 30 de una red, un administrador/operador de una red interviene simplemente añadiendo nuevos aparatos para solucionar el problema rápidamente. Como consecuencia, la configuración de la red, así como la arquitectura de nodos únicos, crecen de un modo irregular, confuso y muy caro.

35 US 6 223 220 describe un procedimiento para diseñar una red informática utilizando una representación informática basada en objeto que permite el enlace en pantalla de un objeto de servicio, representativo de un servicio de red, para emplazar los objetos representativos de sitios físicos en una red de área amplia. El usuario especifica las demandas de tráfico esperadas entre los sitios, y un algoritmo calcula un mapa de conectividad física representativo de los circuitos de hardware propuestos que enlazan los sitios físicos.

40 El procedimiento descrito en US 6 223 220 analiza la red bajo condiciones de tráfico conocidas para determinar una configuración de red optimizada para tales condiciones particulares. Por lo tanto, la optimización de red obtenida está estrictamente conectada a una condición de tráfico concreta, representativa de un flujo de tráfico pasado, y no deriva de una predicción de posibles flujos de tráfico futuros en la red.

45 US 5 809 292 describe un sistema para seleccionar opciones para modificar una arquitectura de red geográfica según las preferencias del usuario utilizando una base de conocimiento y una base de datos. La base de conocimiento incluye reglas para seleccionar las categorías de modificación y la base de datos incluye información sobre una pluralidad de equipos y una pluralidad de tarifas. El proceso de selección incluye las etapas de: (1) generar una primera simulación a partir de una arquitectura de red; (2) generar opciones de modificación basadas en las preferencias del 50 usuario; (3) generar una pluralidad de nuevas simulaciones de la arquitectura de red; (4) clasificar las opciones de modificación según las diferencias en las características de operación entre la primera simulación y cada nueva simulación según las preferencias del usuario.

55 Un procedimiento para optimizar el rendimiento de la red en redes de interconexión, donde el rendimiento se mide en términos de latencia (tiempo necesario para entregar un mensaje) y de rendimiento total (tráfico máximo aceptado por la red) se describe en P. Lopez *et al.* "Optimizing Network Throughput: Optimal *versus* Robust Design" PARALLEL AND DISTRIBUTED PROCESSING, 1999. Proceedings of the seventh euromicro workshop, Funchal, Portugal 3-5 Feb. 1999, Los Alamitos, CA, USA IEEE Comput. Soc., 3 Feb. 1999, páginas 45-52, XP010321790 ISBN: 0-7695-0059-5.

60 El solicitante ha abordado el problema de diseñar u optimizar una red de transporte, o incluso un solo nodo de red, para satisfacer una demanda futura estimada de tráfico en la red, prestando una atención especial a los costes de realización y reorganización. Con este propósito, se describe un diseño de red y un método de análisis que permite evaluar el coste del flujo para cada estructura de red diferente.

65 A continuación, el término "flujo" se entiende como la asignación, en un sistema de red de transporte, de un ancho de banda estructurado.

ES 2 314 134 T3

El solicitante observa que uno de los principales objetivos a la hora de planificar u optimizar una red de telecomunicación es entender cual es la mejor topología que se tiene que adoptar para satisfacer la demanda de tráfico y, preferentemente, para ahorrar dinero.

5 El solicitante opina que, dado que es poco probable saber cómo evolucionará la demanda de tráfico en una red, sería útil para un administrador/diseñador de red tener una metodología capaz de mostrar, para las distintas topologías de red, la probabilidad de satisfacer las necesidades del cliente.

10 En vista de lo anterior, es un objeto de la presente invención proporcionar un diseño de red y un procedimiento y un dispositivo de análisis que permita evaluar el coste del flujo para las distintas topologías de red, permitiendo entender cual es la mejor configuración o evolución para la red en estudio.

Resumen de la invención

15 Según la invención, tal objeto se alcanza mediante un procedimiento, un programa informático y un dispositivo para diseñar una red de transporte, tal como se definen en las reivindicaciones independientes.

Breve descripción de los dibujos

20 La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo, en referencia a las figuras adjuntas de los dibujos, donde:

La figura 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento para diseñar una red de transporte realizada según la presente invención;

25 La figura 2 es un diagrama de flujo detallado de una rutina de evaluación de probabilidad utilizada en el procedimiento mostrado en la figura 1;

La figura 3 es un diagrama de bloques de una primera topología de red cuya finalidad es ilustrar un procedimiento según la presente invención;

30 La figura 4 es un diagrama de bloques de una segunda topología de red cuya finalidad es ilustrar un procedimiento según la presente invención;

35 La figura 5 es un gráfico que muestra una probabilidad de satisfacer un máximo número n de flujos;

La figura 6 es un gráfico que muestra el coste unitario del flujo como una función de la probabilidad de satisfacer un número máximo n de flujos; y

40 La figura 7 es un gráfico que muestra los resultados comparativos de un procedimiento/dispositivo realizado según la presente invención.

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

45 En referencia al diagrama de flujo de la figura 1, se describirá a continuación un diseño de red y un método de análisis que permite evaluar el coste del flujo para las distintas estructuras de red.

Como primera etapa (bloque 4 del diagrama de la figura 1), es necesario definir una pluralidad de configuraciones de red alternativas, estando cada configuración definida por una pluralidad de elementos de red interconectados por una pluralidad de conexiones.

50 Para cada red en estudio, se deben especificar los siguientes datos de entrada:

- número de nodos/equipos dentro de la red;

55 - número y tipologías de los enlaces (reales o hipotéticos) entre los nodos/equipos.

Una primera configuración puede ser, por ejemplo, la configuración de una red existente que se comparará con un número de configuraciones alternativas, en el caso de que el procedimiento de diseño se utilice para optimizar una red o nodo existente; de lo contrario, el procedimiento según la invención se puede utilizar como una herramienta de diseño para diseñar una arquitectura de red nueva o incluso un único nodo de una red.

60 Una vez definida una pluralidad de configuraciones de red X , o al menos dos, la metodología sigue las siguientes etapas principales:

65 - evaluación (bloque 6 de la figura 1) para las configuraciones en estudio, de la probabilidad de satisfacer un número máximo n de flujos; esta etapa calcula, para cada configuración de red alternativa X_i una función de probabilidad $P(n)$ que representa, para cada número máximo n de flujos encaminables, la probabilidad de encaminar tal número de flujos en la configuración de red considerada actualmente;

ES 2 314 134 T3

- evaluación (bloque 8 en la figura 1) de un valor de complejidad, representativo del coste unitario de un flujo, para diferentes configuraciones de red; esta etapa calcula, para cada configuración de red alternativa, una función de complejidad $C_i(n)$, que se corresponde, en cuanto a costes, con una función unidad-coste-por-flujo, calculada como la relación entre una suma de factores de complejidad, o costes, relativos a los elementos de red de la configuración de red actualmente considerada y la función de probabilidad $P(n)$ obtenida previamente;
- determinación (bloque 10 de la figura 1) de la mejor configuración; esta etapa se realiza mediante la comparación de las funciones de complejidad, o unidad-coste-por-flujo, $C_i(n)$ de las configuraciones de red alternativas, para elegir una configuración de red que tenga un valor de unidad-coste-por-flujo, o complejidad más bajo.

La etapa de evaluar la probabilidad $P(n)$ de encaminar como máximo n flujos (bloque 6 de la figura 1) se describirá ahora detalladamente, haciendo referencia a la figura 2.

Una vez se ha definido el número de nodos/equipos y el número de enlaces existentes entre ellos, para comparar las distintas estructuras de red, dichas estructuras se analizan bajo condiciones de tráfico aleatorias o bajo condiciones de tráfico polarizadas, según las características de la red en estudio.

Considerando una demanda de tráfico aleatoria, se genera un número aleatorio entre 1 y el número de nodos/equipos de la red (bloque 26 de la figura 2); este número representa el origen del flujo (bloque 22 de la figura 2). A continuación se genera un segundo número aleatorio, perteneciente al mismo margen pero distinto al primero (bloque 28 en la figura 2); este segundo número será el destino del flujo (bloque 24 de la figura 2).

De lo contrario, si se tiene que considerar una demanda de tráfico polarizado, se deben asignar distintas ponderaciones a una o más direcciones (una dirección es la trayectoria entre el origen y el destino), en el generador de tráfico (bloques 26 y 28 de la figura 2).

Una vez se ha definido el origen y el destino del flujo (bloques 22 y 24 de la figura 2), el proceso intenta encaminarlo en la ruta más barata, es decir, en la ruta que solo utiliza un salto (bloque 30 de la figura 2). Si esta ruta está libre, el flujo se encamina, se aumenta un contador parcial n_OK de los flujos máximos encaminables (bloque 32, figura 2), y se genera un nuevo flujo (la rutina 20 se reejecuta hasta que no se encuentran más flujos encaminables). De lo contrario, el proceso intenta encaminar el mismo flujo en una ruta más cara (por ejemplo, una ruta de dos saltos, bloque 34 de la figura 2, etcétera, hasta una ruta de n saltos, bloque 36 de la figura 2). Cuando ya no es posible encaminar una ruta dentro de la estructura de red en estudio, la rutina 20 termina y se obtiene un número máximo de flujos encaminables n_OK .

A continuación, el procedimiento de la rutina 20 se repite m veces (bucle 40 de la figura 2), donde m es suficientemente alto para obtener un dato estadístico válido, por ejemplo, $Tm=50000$. Cada ejecución de la rutina genera un nuevo valor $n_OK(i)$, con $i=1..m$.

Los valores $n_OK(i)$ se utilizan para calcular la función de probabilidad $P(n)$, ya que la probabilidad empírica de un evento se puede definir como la relación entre el número de resultados favorables y el número total de resultados:

$$P(n) = \frac{F(n)}{m}$$

donde $F(n)$ es la frecuencia de cada número máximo n de flujos encaminables, y m es el número de veces que se ha repetido el procedimiento. El número máximo n de flujos encaminables se corresponde con el valor n_OK determinado previamente.

La etapa previamente descrita se repite para cada configuración de red X en evaluación, calculando, para cada configuración, una función de probabilidad $P_i(n)$. De este modo, se evalúa el número máximo de flujos encaminables dentro de la red para todas las configuraciones de red.

Es posible analizar las funciones de probabilidad $P_i(n)$, tal como se describe detalladamente a continuación, para comparar las distintas configuraciones de red. Una vez que se ha evaluado la probabilidad de encaminar como máximo n flujos para cualquier estructura diferente de la red en estudio es posible, de hecho, comparar sus costes y ventajas.

Para hacer esto, el procedimiento considera el número de elementos transmisores, o elementos de red, utilizados en las distintas estructuras de red y su complejidad relativa, o costes, para calcular una función de complejidad $C_i(n)$ que representa un coste unitario por flujo para cada configuración de red. La función $C_i(n)$, que es una función del número máximo de flujos encaminables, se corresponde con una función unidad-coste-por-flujo y se define del siguiente modo:

$$C_i(n) = \frac{\sum_{j=1}^{n^{\circ} \text{ el. transmisores}} \text{el. transmisor } (j) \cdot \text{coste relativo } (j)}{P_i(n)}$$

La función $C_i(n)$ representa, para cada configuración de red alternativa X_i , la relación entre una suma de los costes (coste relativo(j)) relativos a los elementos de red de la configuración de red considerada actualmente, que son proporcionales a la complejidad de los mismos elementos de red, y la función de probabilidad correspondiente $P_i(n)$.

Mediante la comparación, para cada configuración de red X_i en estudio diferente, de los valores de la función $C_i(n)$, es posible saber cual es la mejor configuración de red en cuanto a complejidad, y por tanto en cuanto a costes (teniendo la complejidad un valor de complejidad o unidad-coste-por-flujo más bajo).

En concreto, para diseñar u optimizar la red en vista de futuras necesidades, en cuanto al número máximo de flujos encaminables en la red, la etapa de comparar las funciones unidad-coste-por-flujo $C_i(n)$ se realiza calculando la función $C_i(n)$ en correspondencia con un número máximo estimado n de flujos encaminables. El número máximo n de flujos encaminables se puede basar, por ejemplo, en una predicción.

El procedimiento descrito anteriormente se puede implementar en un dispositivo cuya estructura también está representada en el diagrama de la figura 1, para diseñar una red de transporte que incluya las siguientes unidades principales:

- una unidad de configuración de red 4, para definir una primera configuración de red y al menos una configuración de red alternativa;
- una unidad de evaluación de la probabilidad 6, para calcular, para cada configuración de red X_i , una función de probabilidad $P_i(n)$ que representa, para cada número máximo n de flujos encaminables, la probabilidad de encaminar tal número de flujos en la configuración de red considerada actualmente;
- una unidad de evaluación de la complejidad, o unidad-coste-por-flujo 8, para calcular, para cada configuración de red, una función de complejidad $C_i(n)$ calculada como la relación entre una suma de los costes relativos a los elementos de red de la configuración de red considerada actualmente X_i y la función de probabilidad $P_i(n)$;
- una unidad de comparación 10, para comparar las funciones de complejidad $C_i(n)$ de las configuraciones de red, para elegir una configuración de red con un valor de complejidad, o unidad-coste-por-flujo más bajo.

El procedimiento y el dispositivo según la presente invención se pueden implementar como un programa informático incluyendo un medio de código de programa informático adaptado para ser ejecutado en un ordenador. Dicho programa informático puede incorporarse en un soporte legible por el ordenador.

Para comprender el funcionamiento del procedimiento/dispositivo, se describirá ahora detalladamente un ejemplo de aplicación. Las configuraciones de red alternativas consideradas son las que se muestran en las figuras 3 y 4, una topología de malla y una de estrella que conectan cinco elementos de red NE1..NE5 dentro del mismo nodo. Se supone que, para cada elemento de red, se dedican 24 puertos a conectar los elementos unos a otros, del modo descrito en las figuras 3 y 4.

En la hipótesis de una demanda de tráfico aleatoria, los valores de la probabilidad $P(n)$ de encaminar al máximo n flujos para las dos topologías consideradas se muestran en el gráfico de la figura 5. Las dos curvas 42, 44 representan, respectivamente, la probabilidad de satisfacer al máximo n flujos para la topología malla y para la estrella.

Si se consideran los costes relativos mostrados en la siguiente tabla para los elementos de transmisión principales de la red en estudio, es posible evaluar el coste unitario del flujo $C(n)$ para las dos topologías en estudio. Los factores de complejidad de los elementos transmisores son proporcionales a los costes de los mismos elementos transmisores.

Equipo	Coste relativo
DXC	0.53
Puerto del DXC	0.0004
Núcleo de la estrella	0.37
Puerto del núcleo de la estrella	0.0002

5

10

15 Las curvas obtenidas para las funciones del coste unitario del flujo $C(n)$ se muestran en la figura 6, donde 46 representa la curva relativa a la topología malla y 48 representa la curva relativa a la topología estrella.

20 Para analizar correctamente las curvas de la figura 6, es importante entender que, dado que las dos topologías tienen un rango diferente de número máximo n de flujos encaminables, la comparación del coste unitario del flujo $C(n)$ se tiene que realizar en la zona en la que están definidas ambas funciones de probabilidad $P(n)$ (por ejemplo donde $P(n) > 0$). En el caso mostrado, esta condición se corresponde con valores del número máximo n de flujos encaminables en el rango entre 52 y 60, tal como se aprecia en la figura 5.

25 La comparación de las funciones de coste unitario del flujo $C(n)$ para las dos topologías en estudio en la zona $52 \leq n \leq 60$, se muestra en la figura 7.

La tabla de la figura 7 se puede utilizar para determinar tres regiones diferentes, indicadas por las flechas negras 54 y 58, que muestran distintas zonas de decisión.

30 En concreto, la tabla muestra que si se sabe que, dentro de la red en estudio, no será necesario encaminar más de 55 flujos, la topología malla será más económica y, por el contrario, si es necesario encaminar al máximo, entre 56 y 58 flujos, las dos topologías serán equivalentes, y por último, si es necesario encaminar más de 58 flujos, la topología estrella será más conveniente que la tipología malla.

35 Referencias citadas en la descripción

Esta lista de referencias citadas por el solicitante está prevista únicamente para ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto el máximo cuidado en su realización, no se pueden excluir errores u omisiones y la OEP declina cualquier responsabilidad en este respecto.

40

Documentos de patente citados en la descripción

- US 6223220 A [0007]
- 45 • US 6223220 B [0008]
- US 5809292 A [0009]

50 Documentos que no son patentes citados en la descripción

- P. LOPEZ *et al.* Optimizing Network Throughput: Optimal *versus* Robust Design. PARALLEL AND DISTRIBUTED PROCESSING, 1999. Proceedings of the seventh euromicro workshop, Funchal, Portugal 3-5 Feb. 1999, Los Alamitos, CA, USA IEEE Comput. Soc., 03 February 1999, ISBN 0-7695-0059-5, 45-52 [0010]

55

60

65

ES 2 314 134 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para diseñar una red de transporte, para encaminar una pluralidad de flujos encaminables, con una pluralidad de elementos de red y una pluralidad de conexiones entre dichos elementos de red, incluyendo el procedimiento:

a) definir (4) una primera configuración de red y al menos una configuración de red alternativa para dicha red de transporte;

b) calcular (6), para dicha configuración de red primera y cualquier alternativa, una función de probabilidad ($P_i(n)$) que represente, para cada número máximo (n) de flujos encaminables, la probabilidad de encaminar dicho número (n) de flujos en la configuración de red actualmente considerada, calculándose dicha función de probabilidad ($P_i(n)$) como la relación entre el número de veces que un número máximo (n) de flujos encaminables se ha encaminado satisfactoriamente, mediante una rutina de prueba (20) repetida un número de veces predeterminado (m), y el número de veces (m) que dicha rutina de prueba se ha repetido;

c) calcular (8), para dicha configuración de red primera y cualquier alternativa, una función de complejidad ($C_i(n)$) que represente un coste unitario por flujo para cada configuración de red, calculada como la relación entre una suma de costes relativos a los elementos de red de la configuración de red actualmente considerada y dicha función de probabilidad ($P_i(n)$);

d) comparar (10) las funciones de complejidad ($C_i(n)$) de dicha configuración de red primera y cualquier alternativa, para elegir una configuración de red con un valor más bajo de la función de complejidad correspondiente.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha rutina de prueba (20) comprende:

g) incluir un primer número aleatorio (22) que represente un primer elemento de red;

h) generar un segundo número aleatorio (24), que represente un segundo elemento de red;

i) buscar una ruta libre entre dicho primer elemento de red y dicho segundo elemento de red y, en el caso de que dicha ruta libre se encuentre, aumentar un contador (n_{OK}) de los flujos encaminables máximos y marcar dicha ruta como una ruta encaminable;

j) repetir las etapas g) a i) hasta que no se encuentre ninguna ruta libre para encaminar un flujo nuevo.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, donde el primer (22) y el segundo (24) número aleatorio son números aleatorios ponderados, para simular una demanda de tráfico polarizada en la red.

4. Procedimiento según la reivindicación 2, donde dicha etapa de buscar una ruta libre proporciona a la búsqueda una ruta más corta entre dichos primero y segundo elemento de red, para buscar satisfactoriamente una ruta más larga si no se encuentra dicha ruta más corta.

5. Un procedimiento según la reivindicación 1, donde dicha etapa de comparar las funciones de complejidad ($C_i(n)$) se realiza calculando dicha función de complejidad ($C_i(n)$) para cada configuración de red considerada, en correspondencia con un número máximo estimado (n) de flujos encaminables en dicha red de transporte.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dichos elementos de red son elementos (NE1..NE5) de un único nodo de red y dichas conexiones son conexiones entre dichos elementos (NE1..NE5).

7. Programa informático que incluye un medio de código de programa informático adaptado para realizar todas las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 cuando se ejecuta dicha programa en un ordenador.

8. Programa informático según la reivindicación 7 incorporado en un soporte legible por ordenador.

9. Dispositivo para diseñar una red de transporte con una pluralidad de elementos de red y una pluralidad de conexiones entre dichos elementos de red, **caracterizado** por el hecho de que incluye:

- una unidad de configuración de red (4), para definir una primera configuración de red y al menos una configuración de red alternativa para dicha red de transporte;

- una unidad de evaluación de la probabilidad (6) para calcular, para cada dicha configuración de red primera y cualquier alternativa, una función de probabilidad ($P_i(n)$) que representa, para cada número máximo (n) de flujos encaminables, la probabilidad de encaminar dicho un número (n) de flujos en la configuración de red actualmente considerada, estando dicha función de probabilidad ($P_i(n)$) calculada como la relación entre el número de veces que un número máximo (n) de flujos encaminables se ha encaminado satisfactoriamente,

ES 2 314 134 T3

mediante una rutina de prueba repetida un número de veces predeterminado (m), y el número de veces (m) que dicha rutina de prueba se ha repetido;

- 5 - una unidad de evaluación de la complejidad (8), para calcular, para cada una de dicha configuración de red primera y cualquier alternativa, una función de complejidad ($C_i(n)$) que representa un coste unitario por flujo para cada configuración de red, calculado como la relación entre los costes relativos a los elementos de red de la configuración de red considerada actualmente y dicha función de probabilidad ($P_i(n)$);
- 10 - una unidad de comparación (10), para comparar las funciones de complejidad ($C_i(n)$) de dicha configuración de red primera y cualquier alternativa, para elegir una configuración de red con un valor más bajo de la función de complejidad correspondiente.

10. Dispositivo según la reivindicación 9, donde dicha rutina de prueba (20) comprende:

- 15 g) generar un primer número aleatorio (22) que representa un primer elemento de red;
- h) generar un segundo número aleatorio (24) distinto del primer número aleatorio (22), que representa un segundo elemento de red;
- 20 i) buscar una ruta libre entre dicho primer elemento de red y dicho segundo elemento de red y, en el caso de que se encuentre una ruta libre, aumentar un contador (n_OK) de flujos encaminables máximos y marcar dicha ruta como un flujo encaminable;
- 25 j) repetir las etapas g) a i) hasta que no se encuentre ninguna ruta libre para encaminar un flujo nuevo.

11. Dispositivo según la reivindicación 10, donde, dicha etapa de búsqueda de una ruta libre permite buscar inicialmente una ruta más corta entre dichos primer y segundo elemento de red, para buscar satisfactoriamente una ruta más larga si no se encuentra dicha ruta más corta.

30 12. Dispositivo según la reivindicación 9, donde dicha unidad de comparación (10) compara las funciones de complejidad ($C_i(n)$) calculando dicha función de complejidad ($C_i(n)$), para cada configuración de red considerada, en correspondencia con un número máximo estimado (n) de flujos encaminables en dicha red de transporte.

35 13. Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, donde dichos elementos de red son elementos (NE1..NE5) de un único nodo de red y dichas conexiones son conexiones entre dichos elementos (NE1..NE5).

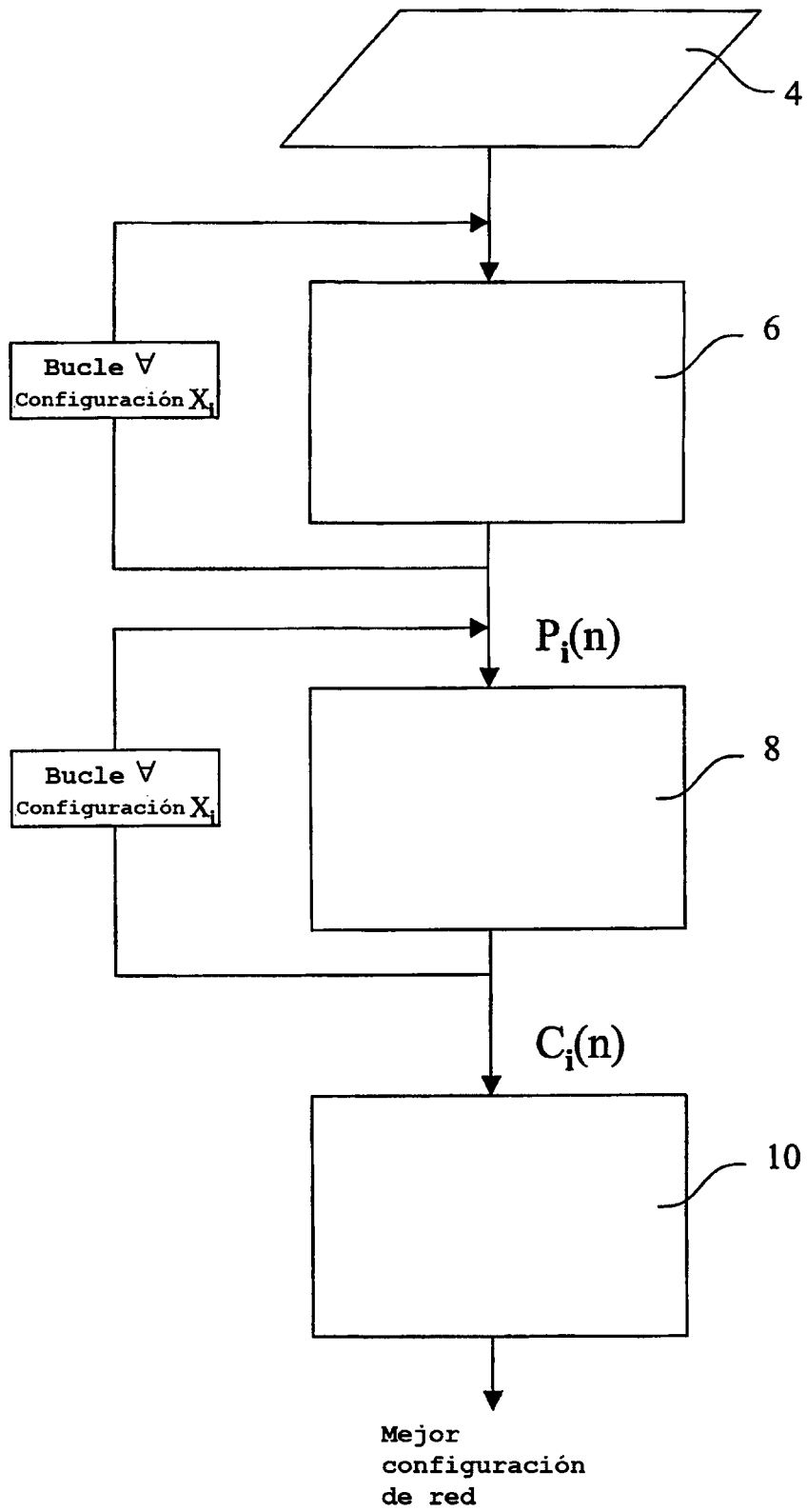


Fig. 1

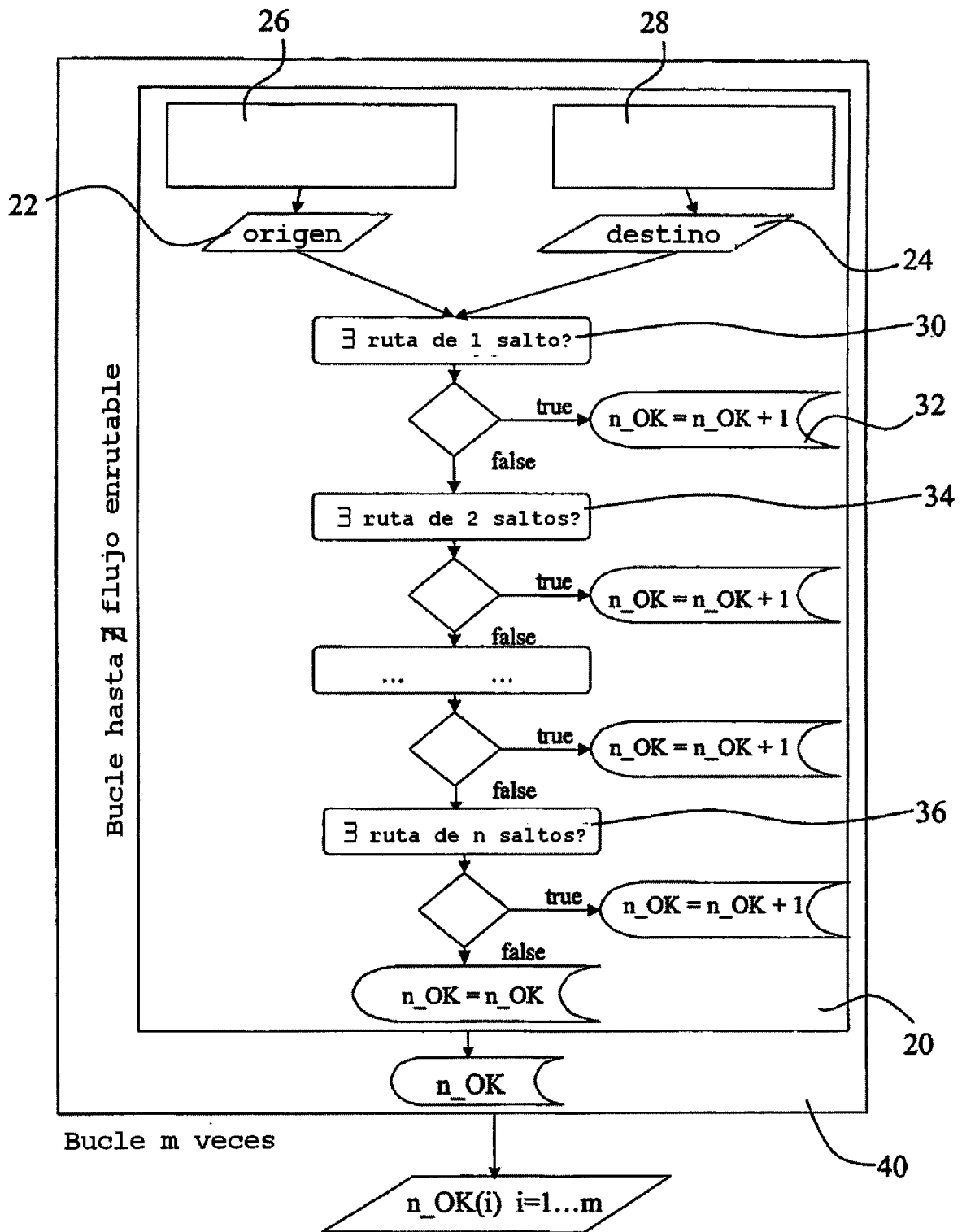


Fig. 2

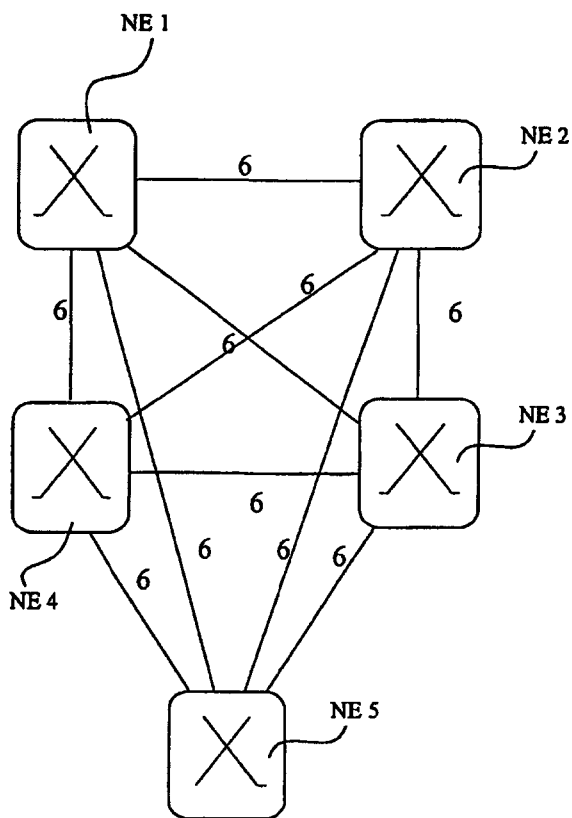


Fig. 3

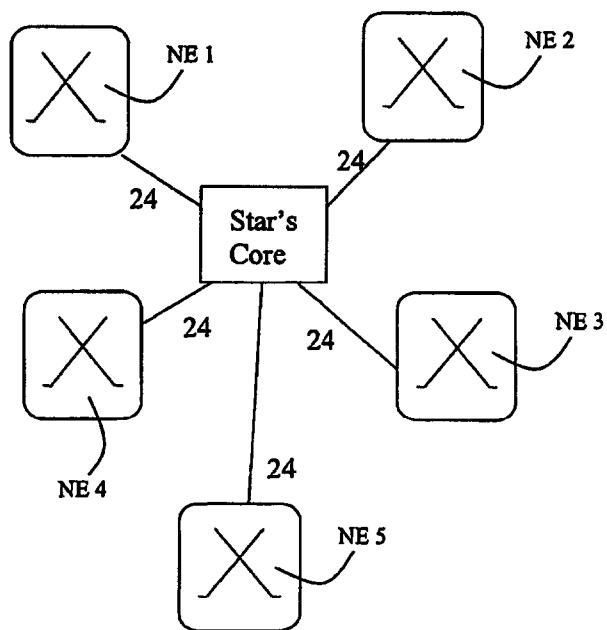


Fig. 4

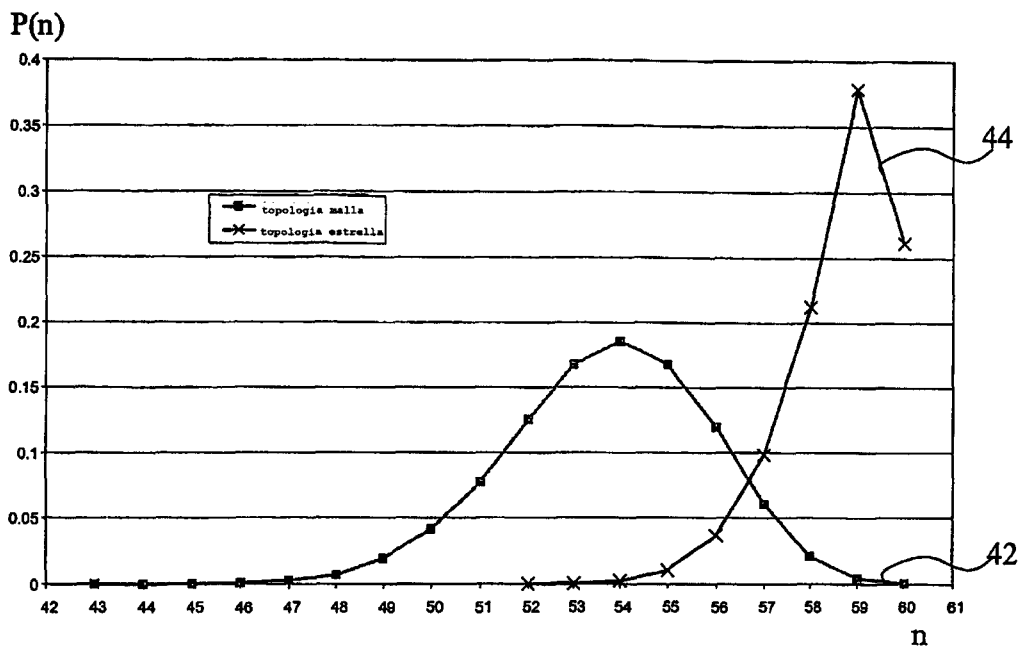


Fig. 5

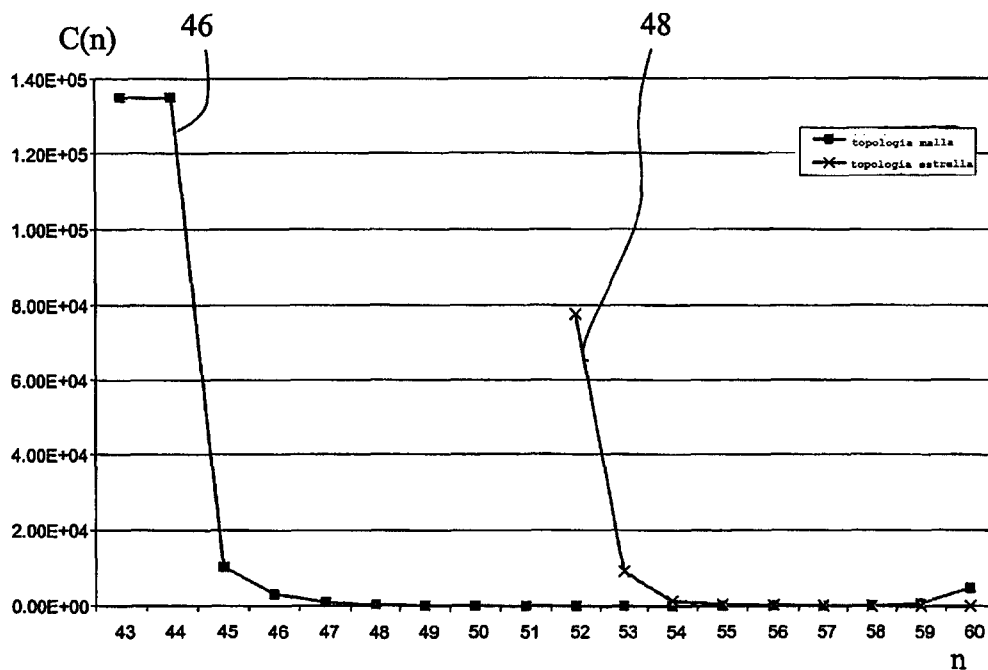


Fig. 6

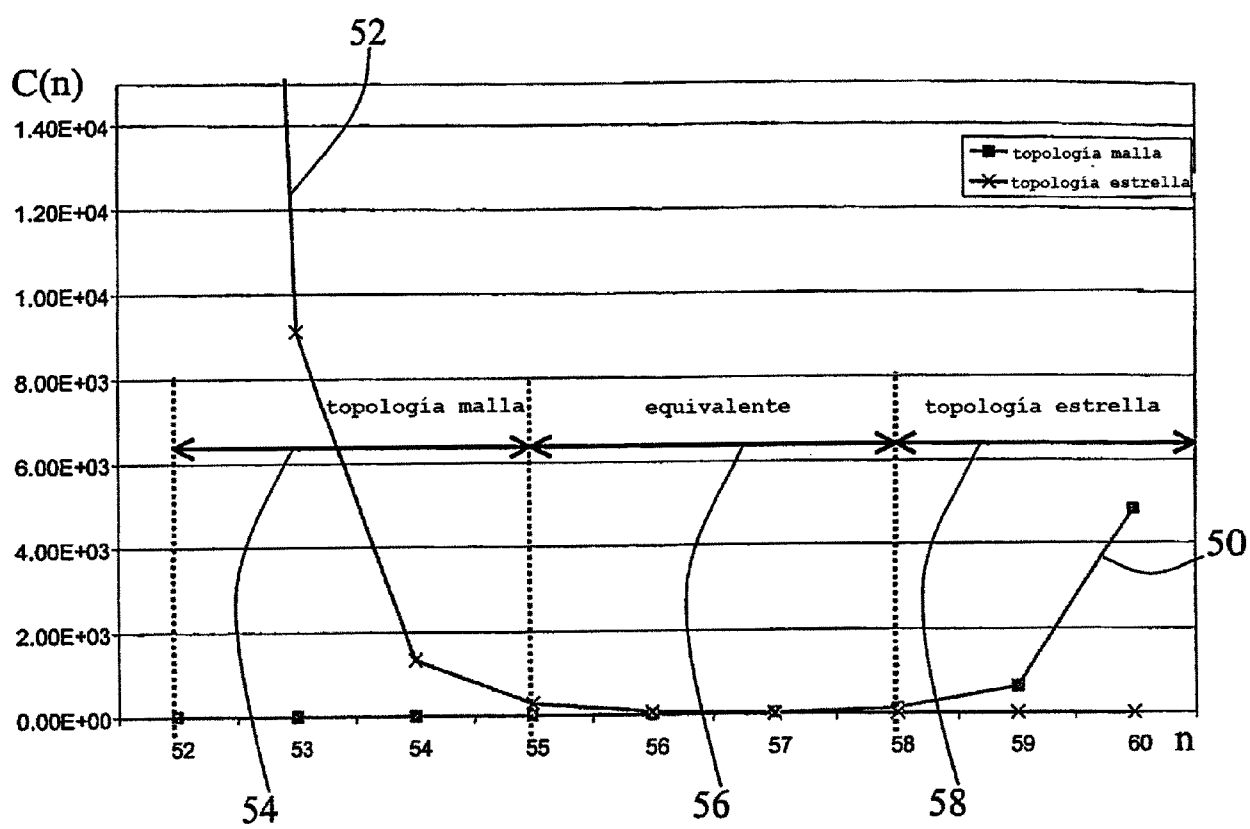


Fig. 7