

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 497**

51 Int. Cl.:

H04L 12/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2009 E 09849890 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2481231**

54 Título: **Método y aparato para simulación de un sistema de una red de comunicaciones**

30 Prioridad:

24.09.2009 US 245374 P
05.10.2009 US 248640 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.02.2014

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

WU, WENBIAO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 443 497 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 aparato para simulación de un sistema de una red de comunicaciones

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de las redes de comunicaciones, y en particular al dimensionamiento de nodos en redes de comunicaciones.

Antecedentes

10 Una red de comunicaciones es una estructura altamente compleja con un gran número de nodos de diferentes tipos interconectados, en donde enormes cantidades de datos de señalización y de usuario pueden ser enrutados por una multitud de trayectorias de transmisión diferentes. Con el fin de asegurar que la capacidad de la red de comunicaciones puede estar a la altura de las expectativas de transmisión de sus usuarios, mientras mantiene los costes de equipamiento a un nivel razonable, se desean métodos de estimación del número de nodos requeridos con el fin de soportar un comportamiento de tráfico determinado, o una carga de tráfico específica. Tales estimaciones pueden ser usadas cuando se realiza el dimensionamiento de un nuevo sistema de comunicaciones, así como cuando un proceso de ajuste de la capacidad de una red de comunicaciones exige cambios.

15 Los métodos existentes para dimensionar redes de comunicaciones utilizan típicamente modelos numéricos para calcular numéricamente las características de la red deseada y ayudar con ello a la ingeniería de planificación de la red durante el proceso de diseño. Ejemplos de tales métodos se proporcionan en el Capítulo 8 de "WCDMA para UMTS", editado por H. Holma y A. Toskala, John Wiley & Sons, Ltd., 2004, así como en "Dimensionamiento y Planificación de Red de Radio para Redes WiMAX", Upaso et al., Fujitsu Sci. Tech. J., Vol. 42, 4, p. 435-450. También, el documento US 6 735 551 describe un método para crear un modelo de predicción de comportamiento de una red.

20 Tales modelos de dimensionamiento numérico son típicamente muy complejos, y con frecuencia dependen de suposiciones hechas sobre las propiedades físicas del sistema que va a ser dimensionado, del comportamiento de los usuarios de la red, y en particular, en caso de redes de comunicaciones basadas en radio, de los entornos geográficos de la red. Puesto que la calidad del modelo numérico determina la consistencia y la aplicabilidad de los resultados obtenidos para el dimensionamiento de redes mundiales reales, un modelo numérico de ese tipo necesita ser tan preciso como sea posible. Sin embargo, debido a la complejidad de esos sistemas, es muy difícil obtener la precisión deseada. Sin importar cuán preciso sea el enfoque de planificación y optimización, si se utiliza una modelización imprecisa, los resultados serán inútiles.

30 **Sumario**

Un problema al que se refiere la presente invención consiste en cómo obtener un método más eficiente de predicción de una carga en una red de comunicaciones.

35 Este problema está direccionado por medio de un método de simulación de un sistema en una red de comunicaciones con el fin de obtener una predicción de la carga de un recurso en el sistema. Los recursos respecto a los que debe ser pronosticada la carga pueden ser, por ejemplo, recursos de procesamiento, o recursos de almacenamiento de datos. El método comprende: recibir, en una entrada de un aparato de predicción de carga, valores de intensidad $\{a_{ij}, i = 1 \dots m, j = 1 \dots n\}$ para n eventos que ocurran en un sistema de referencia en m ocasiones diferentes $t_i \{i = 1 \dots m\}$, en donde la ocurrencia del evento j requiere una cantidad de recurso x_j ; recibir (210), en una entrada del aparato de predicción de carga, valores de la carga L_i total en el sistema de referencia en las m ocasiones t_j diferentes; y recibir, en una entrada del aparato de predicción de carga, valores de intensidad $\{b_{pj}\}$ para cada uno de los n eventos en un escenario del sistema para el que ha sido pronosticada la carga. El método comprende además optimizar, en el aparato de predicción de carga una función S objeto descrita mediante:

$$S = \sum_{j=1}^n (b_{pj} x_j),$$

45 sujeta a las restricciones de la desigualdad lineal descrita por la expresión (3) que sigue, en donde y_i y z_i son funciones de la carga total L_i medida del sistema de referencia, dando como resultado esta optimización un resultado optimizado de la función S objeto, en donde se puede obtener una predicción L_p de la carga total del sistema.

50 El problema es direccionado además por medio de un aparato de simulación para simular un sistema en una red de comunicaciones con el fin de obtener una predicción de la carga de un recurso en el sistema. El aparato de simulación comprende: una entrada dispuesta para recibir valores de intensidad $\{a_{ij}, i = 1 \dots m, j = 1 \dots n\}$ para n eventos que ocurren en un sistema de referencia en m ocasiones t_i diferentes, en donde la ocurrencia de una evento j requiere una cantidad x_j de recurso; una entrada dispuesta para recibir valores de la carga L_i total en el sistema de referencia en las m ocasiones t_i diferentes; y una entrada dispuesta para recibir valores $\{b_{pj}\}$ de intensidad para cada uno de los n eventos en un escenario del sistema para el que va a ser pronosticada la carga. El aparato de simulación comprende además un mecanismo de optimización conectado a dichas entradas. El aparato de optimización está dispuesto para determinar un límite z_i superior y un límite y_i inferior a partir de un valor recibido de

la carga L_i total en el sistema de referencia; optimizar una función S objeto descrita por:

$$S = \sum_{j=1}^n (b_{pj} x_j),$$

5 sujeta a restricciones de desigualdad lineal descritas mediante la expresión (3) que sigue, de una manera tal que la optimización dé como resultado al menos un reposicionamiento optimizado de la función S objeto, con lo que se puede obtener una predicción L_p de la carga total en el sistema, y suministrar una señal indicativa de al menos un resultado optimizado de la función S objeto.

10 El problema está direccionado además por medio de un programa de ordenador para simular un sistema en una red de comunicaciones con el fin de obtener una predicción de la carga de un recurso en el sistema, y mediante un producto de programa de ordenador que comprende medios legibles con ordenador que almacenan el programa de ordenador.

15 Mediante el método de simulación, el aparato y el programa de ordenador, se consigue que se pueda obtener una predicción más precisa de la carga de un sistema en una red de comunicaciones en un escenario dado, con medios más simples. El modelo de simulación no requiere suposiciones ni estimaciones de las propiedades físicas del equipo, ni de los entornos geográficos del sistema respecto al que va a ser pronosticada la carga. Además, las predicciones pueden ser obtenidas de forma fácil y rápida para diferentes escenarios de comportamiento de usuario, puesto que el comportamiento de usuario no forma parte del modelo de sistema, sino que por el contrario se utiliza como entrada para formar el modelo de optimización.

La optimización de la función objeto puede ser realizada eficientemente por medio de programación lineal.

20 En una realización, los límites respecto a las restricciones de desigualdad se extraen de los valores respectivos de la carga L_i medida total del sistema de referencia. Por ejemplo, el límite superior puede estar dado por $y_i = L_i(1 - \rho)$ y el límite inferior puede estar dado por $z_i = L_i(1 + \delta)$. Éstas han demostrado ser definiciones eficientes de los límites superior e inferior para la restricciones de desigualdad con las que las predicciones precisas de la carga total pueden ser obtenidas.

25 En una realización de la invención, la función S objeto se optimiza de modo que llegue a un resultado mínimo S_{\min} y a un resultado máximo S_{\max} de la función S objeto. La predicción de carga puede ser obtenida, por ejemplo, como promedio del resultado mínimo y del resultado máximo. Esta realización ha demostrado que proporciona predicciones de carga de alta precisión.

30 En una aplicación, se puede utilizar la tecnología actual para monitorizar la carga de un sistema en una red de comunicaciones. En la presente aplicación, el sistema de referencia y el sistema para el que se va a determinar la predicción de carga son el mismo, representando los valores $\{b_{pj}\}$ de intensidad recibidos un escenario para el que la carga que va a ser pronosticada ha sido obtenida a partir de mediciones de la intensidad de n eventos en el sistema en un punto particular en el instante t_c . En la presente aplicación, el método comprende además: generar una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado optimizado de la función S objeto; recibir una medición L_m , obtenida en el punto particular en el instante t_c , de la carga total que va a ser pronosticada; comparar la carga total L_p pronosticada en el instante t_c con la carga total L_m medida en el instante t_c ; y, si la carga total L_m medida se desvía de la carga total L_p pronosticada más que una cantidad predefinida, generar entonces una indicación de que la carga total L_m medida se desvía de la carga total L_p pronosticada.

40 En la presente aplicación, se puede proporcionar un aparato de monitorización de carga, comprendiendo el aparato de monitorización de carga un aparato de simulación según se ha descrito en lo que antecede, comprendiendo además un mecanismo de generación de predicción dispuesto para recibir una salida procedente del mecanismo de optimización del aparato de simulación. El mecanismo de generación de predicción está dispuesto para generar una predicción L_p de la carga total usando un resultado optimizado de la función S objeto, y para suministrar una señal indicativa de dicha predicción en una salida (420) del aparato de simulación. El aparato de monitorización de carga comprende además una entrada dispuesta para recibir una medición L_m de la carga total que va a ser pronosticada; y un mecanismo de comprobación de comportamiento conectado a dicha entrada y dispuesto además para recibir, desde el aparato de simulación, una señal de salida indicativa de una carga total pronosticada. El aparato de comprobación de comportamiento está dispuesto además para comparar una carga total L_p pronosticada con una carga total L_m medida; y para generar una indicación de si una carga total L_m medida se desvía más de una cantidad predefinida de una carga total L_p pronosticada con la cual se compara.

50 La presente aplicación facilita la emisión de una alerta temprana si el comportamiento del sistema degenera debido a problemas de recursos.

55 En otra aplicación, se puede usar la presente tecnología en el dimensionamiento de un sistema en una red de comunicaciones. En esta aplicación, se usa al menos un resultado optimizado de la función S objeto para generar una predicción L_p de la carga total del sistema que va a ser pronosticado. El método comprende además: generar una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado de la función S objeto; extraer, a partir de la predicción L_p de la carga total en el sistema, un valor de dimensión adecuada del sistema simulado; y, generar una

señal indicativa de dicho valor de dimensión adecuada.

5 En esta aplicación, se proporciona un aparato de dimensionamiento para dimensionar un sistema en una red de comunicaciones. El aparato de dimensionamiento comprende: un aparato de simulación según se ha descrito en lo que antecede, que comprende un mecanismo de generación de predicción dispuesto para recibir una salida desde el mecanismo de optimización, estando el mecanismo de generación de predicción dispuesto para generar una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado optimizado de la función S objeto, y para suministrar una señal indicativa de dicha predicción en una salida del aparato de simulación. El aparato de dimensionamiento comprende además un mecanismo de deducción de dimensión, dispuesto para recibir una señal de salida indicativa de dicha predicción procedente del aparato de simulación y dispuesto para deducir, a partir de una predicción L_p de la carga total del sistema, un valor de dimensión adecuada del sistema simulado, y para generar una señal indicativa de dicho valor de dimensión adecuada.

Esta aplicación permite un dimensionamiento eficiente de sistemas nuevos y de los ya existentes.

Otros aspectos de la invención se exponen en la descripción detallada que sigue y en los dibujos que se acompañan.

15 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un sistema de comunicaciones que opera según el estándar WCDMA;

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método para la predicción de la carga de un sistema en un escenario particular;

20 La Figura 3a es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método de dimensionamiento en el que se usa el método de predicción de carga de la Figura 2;

La Figura 3b es un diagrama de flujo que ilustra otra realización de un método de dimensionamiento en el que se usa el método de predicción de carga de la Figura 2;

La Figura 3c es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método de monitorización de carga en el que se usa el método de predicción de carga de la Figura 2;

25 La Figura 4 es una ilustración esquemática de una realización de un aparato de predicción de carga;

La Figura 5 es una ilustración esquemática de una realización de un aparato de dimensionamiento que comprende el aparato de predicción de carga de la Figura 4;

La Figura 6a es una ilustración esquemática de un aparato de monitorización de carga que comprende el aparato de predicción de carga de la Figura 4;

30 La Figura 6b es una ilustración esquemática de un nodo de comunicaciones que comprende el aparato de monitorización de carga de la Figura 6a;

La Figura 7 es una representación alternativa del aparato de predicción de carga de la Figura 4;

La Figura 8 es una tabla que muestra mediciones de intensidades de eventos clave y la carga de procesamiento total en diferentes puntos en el tiempo para una placa de procesamiento de finalidad específica de un RNC;

35 La Figura 9 es un gráfico que ilustra mediciones de la carga de procesamiento total, así como predicciones de la carga de procesamiento total, como función del tiempo para una placa de procesamiento de finalidad específica de un RNC.

Abreviaturas

	BSC	Controlador de Estación de Base
40	BTS	Estación Transceptora de Base
	CPU	Unidad Central de Procesamiento
	CS	Conmutador de Circuito
	FIFO	Primero que Entra, Primero que Sale
	GGSN	Nodo de Soporte de GPRS de Puerta de Enlace
45	GSM	Sistema Global para comunicación Móvil

	HLR	Registro de Localización Local
	HS	Alta Velocidad
	KBPS	Kilobits por segundo
	LTE	Evolución a Largo Plazo
5	MGW	Puerta de Enlace de Medios
	MP	Procesador Principal
	MSC	Centro de Conmutación de servicios Móviles
	O&M	Operaciones y Mantenimiento
	PS	Conmutador de Paquete
10	RNC	Controlador de Red de Radio
	SGSN	Nodo de Soporte de GPRS de Servidor
	WCDMA	Acceso Múltiple por División de Código de banda Ancha
	UP	Plano de Usuario
	PM	Medición de Comportamiento
15	RANAP	Parte de Aplicación de Red de Acceso de Radio

Descripción detallada

La Figura 1 ilustra esquemáticamente una red 100 de comunicaciones, o red 100 para abreviar, en forma de red de radio móvil que opera según el estándar WCDMA. La red 100 de la Figura 1 comprende una red 105 troncal que incluye un MSC 110, un HLR 115, un SGSN 120 y un SGSN 125. La red 105 troncal está conectada a Internet 130, así como a otras redes 133, la cual comprende nodos adicionales (no representados). La red 100 comprende además una red de acceso de radio que comprende RNCs 135 y estaciones de base de radio 140, estando la red de acceso de radio conectada a la red 100 troncal. La red 100 de la Figura 1 comprende además un nodo de O&M 145 conectado a los RNCs 135 y a nodos de la red 105 troncal. En la red 100, los dispositivos 150 de comunicación pueden comunicar entre sí y con dispositivos de comunicación de otras redes. Una red 100 incluye también típicamente un número mayor de nodos distintos de los mostrados en la Figura 1.

La red 100 de la Figura 1 se proporciona como ejemplo únicamente, y las tecnologías que se discuten en la presente memoria no están limitadas a redes 100 que operen según el estándar WCDMA, ni a redes de radio móviles, sino que pueden ser aplicadas a nodos de cualquier red 100 de comunicaciones en donde la mayoría de los requisitos de recurso de diferentes eventos son de carácter lineal, como se va a discutir con mayor detalle en lo que sigue.

Según se ha mencionado anteriormente, las redes 100 de comunicaciones son estructuras muy complejas, siendo su modelación exacta muy difícil. Por ello, los métodos de dimensionamiento basados en cálculos numéricos en donde se hacen suposiciones del comportamiento de usuario, de las propiedades físicas de las entidades que forman la red, etc., son complejos y con frecuencia no proporcionan precisión suficiente. Sin embargo, las redes de telecomunicaciones, así como también otras redes 100, son sistemas básicamente lineales, donde la salida de un nodo de red se proporciona típicamente a la entrada proporcionada al nodo. Por ejemplo, la carga de procesamiento de un nodo dentro de una red 100 de comunicaciones es típicamente lineal respecto a la entrada al nodo: la carga de CPU de un procesador dentro de un RNC 135 es lineal respecto a la señalización de plano de control y al tráfico de plano de usuario manejado por el procesador de RNC; la carga de CPU de un HLR 115 es lineal respecto a la señalización de plano de control manejada por el procesador de HLR, etc.

Modelando una red 100, o una parte de una red 100, como un sistema lineal, en donde una carga de la red 100 o de parte de la red 100 es observada como una suma de las cargas generadas por un número de eventos clave diferentes que ocurren en la red 100, o en parte de la red 100, se puede obtener una estimación precisa de la carga total de la red 100, o de parte de la red 100, para un conjunto particular de intensidades de los diferentes eventos clave. En lo que sigue, el sistema para el que debe ser estimada la carga será mencionado como el sistema que va a ser pronosticado, o sólo sistema por razones de brevedad. Un sistema que va a ser pronosticado podría ser, por ejemplo, un nodo físico de un sistema 100 de comunicaciones; un conjunto de nodos lógicos de una red 100 o de parte de una red 100, tal como la funcionalidad de MSC en una red 105 troncal; una red 100 de comunicaciones completa; o cualquier otro sistema cuya carga sea básicamente lineal en función de la entrada al sistema. En la presente memoria, el término evento se utiliza para referirse a un evento que puede ocurrir en el sistema, cuya ocurrencia requiere una cantidad de recurso para el cual va a ser pronosticada la carga. Un evento clave es un

evento que se considera en el modelo de simulación.

La potencia de procesamiento, la capacidad de almacenamiento de datos y el ancho de banda, son ejemplos de tipos de recursos para los que puede ser pronosticada la carga de forma eficaz por la tecnología de simulación que se describe a continuación.

- 5 La predicción de carga de la presente tecnología se basa en una modelación de componente del sistema que va a ser pronosticado como linealmente dependiente de un número de componentes, donde un componente se define como la carga generada por un evento de tráfico particular que puede ocurrir en el sistema que va a ser pronosticado. La carga generada por un evento lineal en un punto particular en el tiempo, puede ser definida como:

$$L_{\text{evento}} = X_{\text{evento}} \times a_{\text{evento}}, \quad (1)$$

- 10 donde X_{evento} indica la cantidad de recurso requerida para llevar a cabo el evento una vez, también mencionada como coste del evento, mientras que a_{evento} indica la intensidad del evento particular en el sistema que va a ser pronosticado. Un evento puede ser, por ejemplo, un evento relacionado con transmisión de datos, tal como por ejemplo la transmisión de habla o de datos (incluyendo datos de señalización), en cuyo caso la intensidad de evento a_{evento} puede ser definida como el caudal de datos, donde el caudal de datos es una medición de la cantidad de datos transmitidos por unidad de tiempo. Un evento puede ser también un evento relacionado con el plano de control, tal como por ejemplo la ejecución de una transferencia, una actualización de posición, un establecimiento de conexión, una liberación de conexión, un enrutamiento de un paquete de datos, etc. En tales casos, a_{evento} puede ser definida como la frecuencia de la ocurrencia del evento. En una implementación de la tecnología de simulación en donde va a ser pronosticada la carga de procesamiento total, X_{evento} podría indicar los requisitos de procesamiento de la ejecución de un evento; en una implementación en donde la capacidad total de almacenamiento de datos va a ser pronosticada, X_{evento} podría indicar los requisitos de almacenamiento de datos de un evento; mientras que en una implementación en donde los requisitos de ancho de banda van a ser pronosticados, X_{evento} podrían indicar la cantidad de ancho de banda requerida para ejecutar un evento. En algunas circunstancias, podría resultar ventajoso incluir un evento en relación con actividades en segundo plano realizadas por el sistema, y para establecer la intensidad de evento para este evento relacionado con actividad en segundo plano en un valor fijo, por ejemplo $a_{\text{evento}} = 1$. Esto puede ser útil, por ejemplo, cuando se va a predecir la carga de procesamiento de un sistema: Por ejemplo, podrá haber alguna carga, generada por actividades relacionadas con la célula, en los procesadores de la placa de propósito general en un RNC 135 incluso cuando no haya ninguna actividad o tráfico de usuario. Introduciendo un evento de actividad en segundo plano o intensidad fija, los requisitos de procesamiento de estas actividades en segundo plano pueden ser tenidos en cuenta en simulaciones de carga.

La carga L total del sistema que va a ser pronosticada puede ser descrita mediante:

$$L = \sum L_{\text{evento}} \quad (2)$$

donde la suma se realiza sobre todos los eventos que ocurren en el sistema que va a ser pronosticado.

- 35 La precisión del método de componente descrito por las expresiones (1) y (2) depende de la precisión de los valores usados para los diferentes X_{evento} , es decir, las estimaciones de la cantidad requerida del recurso requerido para realizar el evento. Además, la precisión del método de componente depende de la precisión de la intensidad a_{evento} estimada de cada evento. Si se conociera el requisito X_{evento} de recurso de cada evento que ocurre en el sistema que va a ser pronosticado, así como la intensidad a_{evento} de cada evento, la carga total del sistema L podría ser determinada fácilmente usando las expresiones (1) y (2). Una predicción útil de intensidad de evento a_{evento} puede ser medida típicamente en redes 100 ya existentes, o estimada con buena precisión. Sin embargo, los requisitos X_{evento} de recurso de eventos individuales son típicamente desconocidos. Los requisitos de recurso de eventos individuales podrían ser estimados, por ejemplo, experimentalmente en un entorno de laboratorio. Sin embargo, los requisitos X_{evento} de recurso difieren con frecuencia considerablemente entre diferentes versiones de hardware y de software del equipamiento que forma una red, y el trabajo experimental necesario para determinar los requisitos de recurso de los numerosos eventos podría ser típicamente muy grande.

- 45 Alternativamente, la carga total del sistema podría ser determinada a partir de simulaciones del sistema como un sistema lineal donde la simulación se base en mediciones obtenidas a partir de un sistema de referencia (que puede ser o no el mismo sistema que el sistema que va a ser pronosticado). Cuando el sistema de referencia es diferente del sistema que va a ser pronosticado, el sistema de referencia podría ser seleccionado ventajosamente de modo que tenga propiedades similares al sistema que va a ser pronosticado en términos de comportamiento de usuario; en términos de establecimiento de varios parámetros tal como temporizadores; en términos de entornos topológicos en caso de que el sistema que va a ser pronosticado sea una red 100 de radio móvil, etc.

- 55 Las mediciones obtenidas en m puntos diferentes en el tiempo de la intensidad a_{evento} de evento para un número n de eventos clave que ocurran en el sistema de referencia, junto con mediciones de la carga L total en el sistema de referencia en los m puntos diferentes en el tiempo, podrían ser usadas para formar un modelo de simulación en donde se supone el comportamiento lineal de los eventos clave. Un problema de optimización, definido por el uso del modelo de simulación y por un conjunto de intensidades de evento del sistema que va a ser pronosticado en un

escenario que va a ser simulado, podría ser resuelto con el fin de obtener una predicción de la carga total del sistema en el escenario para el que se hace la simulación. En este nuevo modelo de simulación, la necesidad exacta de recurso de un recurso clave no tiene que ser definida, pero en cambio, se hace uso de m relaciones diferentes entre los requisitos de recurso de los diferentes eventos clave en la definición del modelo.

- 5 Los eventos clave para los que se está midiendo la intensidad podrían ser seleccionados, por ejemplo, como los n eventos para los que se estime que el producto $x_{\text{evento}} \times a_{\text{evento}}$ es más grande, o como los eventos cuyo procesamiento se estime que tienen en cuenta para el uso de una mayor parte de la cantidad usada de recurso que va a ser dimensionado en el sistema de referencia (por ejemplo, el 70%, 80% o 90% ...), o de cualquier otra manera adecuada. La carga total del sistema L de referencia se mide también en los m puntos diferentes en el tiempo.
- 10 A partir de las m mediciones de la intensidad de evento de n eventos diferentes, se puede determinar un conjunto de m desigualdades:

$$y_1 \leq a_{11}x_1 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n \leq z_1$$

⋮

$$y_i \leq a_{i1}x_1 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n \leq z_i$$

⋮

$$y_m \leq a_{m1}x_1 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n \leq z_m \quad (3)$$

donde x_j indica la cantidad requerida de recurso para la realización del j° evento clave; a_{ij} indica la intensidad del j° evento clave en el punto i° en el tiempo, y donde los límites y_i y z_i se determinan en función de la carga L_i de sistema medida en el i° punto en el tiempo. Esto podría ser escrito alternativamente en formato de matriz:

$$Y \leq A \cdot X \leq Z \quad (3)$$

donde **A** es una matriz $m \times n$ de constantes, **X** es $n \times 1$ vectores de columna de variables, **Y** y **Z** son $m \times 1$ vectores de columna de constantes.

Los límites z_i superiores se establecen de modo que $z_i \geq L_i$ y los límites y_i inferiores se establecen de modo que $y_i \leq L_i$. Usando desigualdades en vez de igualdades en el conjunto de expresiones (3), se pueden tomar en consideración cualesquiera eventos que no hayan sido seleccionados como parte del conjunto de n eventos, así como cualquier comportamiento no lineal del requisito x de recurso de un evento incluido en el conjunto de eventos clave. Ejemplos de eventos que pueden mostrar un comportamiento no lineal son las búsquedas, las cuales pueden generar una carga de procesamiento no lineal.

El conjunto de desigualdades (3) puede ser usado en la predicción de la carga L total generada por el conjunto de eventos clave en cualquier escenario definido por un conjunto de intensidades de eventos clave. Con el fin de distinguir este escenario de los puntos en el tiempo para los que se tomaron las mediciones de intensidad de referencia, una intensidad de evento en este escenario podrá ser indicada como b_{pj} , y las n intensidades para los n diferentes eventos clave en el escenario para el que se pronostica la carga total se indicará como: $\{b_{pj}, j = 1 \dots n\}$. La carga total puede ser pronosticada, por ejemplo por medio de programación lineal, según se discute mejor en lo que sigue.

Se puede usar una predicción de la carga de un sistema de muchas maneras. En lo que sigue, la predicción de carga va a ser discutida en términos de predicción de una carga de procesamiento de un sistema que va a ser pronosticado. La carga de procesamiento se proporciona como ejemplo, a efectos de ilustración, de un tipo de carga que puede ser pronosticada por la presente tecnología. Sin embargo, la tecnología descrita es igualmente aplicable a la predicción de carga de otros recursos, cuya carga pueda ser descrita eficazmente mediante un comportamiento lineal.

La predicción de la carga de procesamiento puede ser usada en el dimensionamiento de un nuevo sistema, por ejemplo un nuevo nodo de comunicaciones o nueva red 100. En este caso, el sistema para el que las intensidades a_{ij} y las cargas L_i totales han sido medidas, es un sistema de referencia, diferente del sistema que va a ser pronosticado, mientras que las intensidades $\{b_{pj}, j = 1 \dots n\}$ en el escenario para el que se va a realizar la predicción, son estimaciones para el nuevo sistema, es decir, el sistema que va a ser pronosticado. La potencia L_p de procesamiento total pronosticada así obtenida para este escenario puede ser usada entonces en la determinación de cuantos nodos físicos puedan ser necesarios para llevar a cabo las tareas del sistema que va a ser pronosticado, y/o qué potencia de procesamiento se requiere de cada nodo físico.

El escenario para el que la carga de procesamiento debe ser pronosticada, definida por las intensidades $\{b_{pj}, j = 1 \dots$

n}, podría en esta aplicación de predicción de carga de procesamiento ser elegido, por ejemplo, de modo que refleje un escenario de un escenario de carga elevada, por ejemplo un escenario de carga de pico. Se han diseñado muchos sistemas de modo que la potencia de procesamiento de carga del sistema exceda de la carga de procesamiento de carga de pico esperada en un cierto margen, tal como por ejemplo un 20% o un 30%. La potencia de procesamiento de los nodos físicos que se debe satisfacer para la carga de pico pronosticada puede ser ventajosamente seleccionada apropiadamente.

Además, una predicción L_p de la potencia de procesamiento total en un escenario particular podría ser usada en el redimensionamiento, por ejemplo una expansión, de un sistema ya existente. En esta aplicación de la predicción de carga, las mediciones de los valores de intensidades a_{ij} de las cargas L_i totales podrían haber sido realizadas ventajosamente sobre el sistema que va a ser pronosticado, de modo que el sistema de referencia y el sistema a ser pronosticado sean el mismo. Las intensidades $\{b_{pj}, j = 1 \dots n\}$, que reflejan el escenario para el que se realiza una predicción de carga, podrían reflejar ventajosamente un escenario de carga de pido futura, u otro escenario para el que se desea información acerca de la carga.

Además, se podría usar una predicción de la potencia total de procesamiento con el fin de indicar a un operador de una red 100 de comunicaciones que un sistema, tal como un nodo u otra parte de la red 100, está sub-dimensionada, o experimenta un riesgo de resultar sub-dimensionada. En la presente aplicación de predicción de carga, los valores medidos de intensidades a_{ij} y de las cargas L_i totales podrían ventajosamente haber sido realizados sobre el sistema que va a ser pronosticado. Además, las intensidades $\{b_{pj}, j = 1 \dots n\}$ que reflejan el escenario para el que se va a realizar una predicción de carga podría reflejar ventajosamente la medición actual de las intensidades del sistema a ser pronosticado. Si la carga total L_p pronosticada resultante excede una carga predeterminada, o si una tendencia en cargas pronosticadas obtenidas en diferentes puntos en instantes de tiempo respecto a una tasa creciente de carga es más alta de lo resulta aceptable, se podría generar una señal de indicación que indique un riesgo de que la carga del sistema que va a ser pronosticado está a punto de exceder los niveles tolerables.

Una realización de un método de predicción de carga ha sido ilustrada en el diagrama de flujo de la **Figura 2**. En el método de la Figura 2, se optimiza una función S objeto bajo las restricciones ilustradas por el conjunto de expresiones (3), donde la función objeto puede ser expresada como:

$$S = \sum_{j=1}^n (b_{pj} x_j), \quad (4)$$

o, en formato vector como:

$$S = B_p \cdot X. \quad (4)$$

Una etapa 200 de predicción de carga de la Figura 2 ha sido mostrada de modo que comprende las etapas 205-230. En la etapa 205, se recibe un conjunto de mediciones $\{a_{ij}\}$ de la intensidad de los eventos clave de un sistema de referencia (que puede ser o no el mismo sistema que el sistema que va a ser pronosticado). El conjunto de mediciones $\{a_{ij}\}$ de intensidad comprende mediciones realizadas en relación con n eventos clave diferentes, en m puntos diferentes en el tiempo. En la etapa 210, se recibe un conjunto de mediciones de la carga $\{L_i\}$ total del sistema de referencia en los m puntos diferentes en el tiempo. Las mediciones de intensidad $\{a_{ij}\}$ y las mediciones $\{L_i\}$ de carga podrían originarse, por ejemplo, a partir de mediciones realizadas por un nodo de O&M 145, o a partir de mediciones realizadas por el propio sistema de referencia durante el funcionamiento normal del sistema de referencia. En la etapa 215, se determina un conjunto de límites superiores $\{z_i\}$ y un conjunto de límites inferiores $\{y_i\}$ a partir del conjunto de mediciones de carga total, donde los límites pueden ser determinados, por ejemplo, como:

$$y_i = L_i (1 - \rho) \quad (5a)$$

$$z_i = L_i (1 + \delta) \quad (5b)$$

donde los parámetros ρ y δ son mayores que (o iguales a) cero y menores que (o iguales a) uno. Los parámetros ρ y δ pueden o no tomar el mismo valor. Además, se pueden usar diferentes valores de ρ y δ cuando se simulan diferentes escenarios, es decir, para diferentes conjuntos de intensidades $\{b_{pj}\}$ de eventos clave del sistema que va a ser pronosticado. Por ejemplo, los valores más pequeños de ρ y/o δ que podrían producir una solución a la optimización de la expresión (4) bajo las restricciones definidas por las expresiones (3), podrían ser elegidos como los valores de ρ y δ a ser usados en un escenario de simulación particular. Además, se podrían usar diferentes valores de ρ y δ para diferentes puntos en el tiempo de un modelo, de tal modo que, por ejemplo, $\delta_i \neq \delta_k$ y así sucesivamente.

Se podrían usar alternativamente otras expresiones para obtener los valores de los límites $\{y_i\}$ y $\{z_i\}$. Cuando se usan las expresiones (5a) y (5b), los valores adecuados de ρ y δ podrían por ejemplo extenderse dentro de la gama del 5-10%, dependiendo de la medida en que los n eventos clave reflejen todos los eventos que están siendo procesados por el sistema, y de la medida en que el modelo lineal de los eventos procesados por el sistema de referencia se adapte a los requisitos de procesamiento real de los eventos. En algunas circunstancias, podría ser necesario

asumir un valor más alto de ρ y/o δ que el 10% con el fin de encontrar un valor óptimo de la función S objeto, y en otros escenarios, valores más pequeños que un 5% podrían ser factibles. Por razones de simplicidad, resulta con frecuencia ventajoso establecer $\rho = \delta$. Sin embargo, en un escenario de predicción típica, ρ puede ser un valor más pequeño que δ , debido a que la discrepancia entre la carga total medida y la carga generada por los eventos clave está con frecuencia causada en gran medida por el hecho de que no todos los eventos que ocurren han sido seleccionados como eventos clave.

En la etapa 220, se reciben estimaciones de las intensidades $\{b_{pi}\}$ del sistema a ser pronosticado en el escenario ρ para el que va a ser pronosticada la carga total. Dependiendo del método de predicción de carga, las intensidades de evento podrían ser, por ejemplo, estimaciones de un escenario de carga alta de un sistema que va a ser diseñado, de un escenario futuro de carga alta de un sistema existente, o de mediciones y/o extrapolaciones de las intensidades actuales de los eventos clave de un sistema existente.

En la etapa 225 de la Figura 2, la función S objeto de la expresión (4) se optimiza bajo las limitaciones dadas por las expresiones (3) y (5a-b). Esto podría ser realizado, por ejemplo, mediante programación lineal. La programación lineal es una técnica bien conocida para la optimización de una función objetivo lineal sujeta a limitaciones lineales de igualdad y desigualdad. Se han desarrollado varios algoritmos diferentes para resolver problemas de programación lineal, tal como el método simplex, el método de punto interior, etc., y cualquiera de esos algoritmos podría ser usado en la presente tecnología. Una descripción de programación lineal puede ser encontrada, por ejemplo, en "Manual de Algoritmos y Teoría de Computación", editado por M.J. Atallah, CRC Press 1999, Capítulo 31: "Programación Lineal" por V. Chandru y M.R. Rao, incorporada en la presente descripción por referencia. La optimización de la función S objeto dada por (4) bajo las limitaciones de las expresiones (3) y (5a-b) podría ser alternativamente llevada a cabo con el uso de otro método de optimización distinto de la programación lineal.

En el conjunto de expresiones (3), el número de puntos en el tiempo m para los que se han realizado las mediciones de intensidad, podría ser ventajosamente igual, o próximo, al número de eventos clave n incluidos en cada expresión con el fin de conseguir una predicción adecuada en la siguiente etapa (optimización). Si se utiliza un número de puntos de medición considerablemente menor que n , la precisión de la predicción de carga será baja, y si se usa un número considerablemente mayor que n , podrían haberse usado valores innecesariamente altos de los parámetros ρ y δ , lo que podría deteriorar también la precisión de la predicción.

En la etapa 225 de optimización, la función S objeto puede ser minimizada o bien maximizada, de modo que se obtenga un valor mínimo S_{min} y/o un valor máximo S_{max} de la función objeto.

En la etapa 230 de la Figura 2, se determina una predicción de la carga total L_p del sistema a ser pronosticado en el escenario ρ a partir del (de los) valor(es) S_{min} y/o S_{max} obtenido(s) en la etapa 225. Las comparaciones de carga L_p de procesamiento pronosticada de un sistema con las mediciones de la carga de procesamiento total real del sistema, han mostrado que con frecuencia resulta ventajoso usar ambos valores máximo y mínimo de la función S objeto cuando se determina la predicción de la carga L_p total. Por ejemplo, se puede obtener una carga L_p total pronosticada a partir de la siguiente expresión:

$$L_p = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} \quad (6)$$

Se pueden usar otras expresiones para determinar la carga L_p total pronosticada, tal como por ejemplo $L_p = S_{max}$, o $L_p = S_{min}$.

El orden en el que se ejecutan las etapas 205-220 no se limita al que se muestra en la Figura 2; sin embargo, la etapa 215 se ejecuta mejor después de la etapa 210.

El método de la Figura 2 podría incluir alternativamente una etapa adicional, en donde los n eventos clave se seleccionan a partir de un conjunto más grande de eventos que ocurren en el sistema de referencia de la manera que se ha discutido con anterioridad. El número n de eventos clave que va a ser seleccionado en dicha etapa podría estar por ejemplo predeterminado, o el número n de eventos clave a ser seleccionado podría ser determinado sobre una base de caso por caso, por ejemplo de una manera tal que se genere un cierto porcentaje de la carga L total por medio del evento clave en cada uno de los m puntos en el tiempo respecto a los que han proporcionado las mediciones.

Además, el método de la Figura 2 podría incluir una etapa, en donde m puntos en el tiempo en los que se realizan las mediciones de intensidades de eventos clave y de la carga total de procesamiento, se seleccionan a partir de un número mayor de puntos en el tiempo. La selección podría llevarse a cabo, por ejemplo, de modo que las mediciones de las cargas L_i de procesamiento total en los m puntos diferentes en el tiempo estén distribuidos sobre una amplia gama de valores, o de cualquier otro modo adecuado. El número m podría estar por ejemplo predeterminado, o podría ser determinado sobre una base de caso por caso. Los números m y n podrían ser preferentemente seleccionados de modo que se mantenga la relación $m = n$.

Las Figuras 3a-3c son diagramas de flujo que ilustran esquemáticamente tres aplicaciones diferentes del método de predicción de carga mostrado en la Figura 2. La **Figura 3a** ilustra una aplicación en donde se realiza el dimensionamiento de una nueva red 100 por medio del método mostrado en la Figura 2. El sistema a ser pronosticado está formado por la red 100, o por partes de la red 100. En la etapa 200, se genera una predicción de carga de procesamiento total L_p del sistema que va a ser pronosticado. Según se aprecia en la Figura 2, la etapa 200 comprende las etapas 205-220. En la aplicación mostrada en la Figura 3a, se llevan a cabo las etapas 205 y 210 de modo que las mediciones recibidas de $\{a_{ij}\}$ y de $\{L_i\}$ han sido realizadas en otro sistema distinto del sistema que va a ser pronosticado, teniendo preferentemente este sistema de referencia propiedades similares a las del sistema que va a ser dimensionado. En la etapa 215, los límites $\{y_i\}$ y $\{z_i\}$ se determinan a partir de las mediciones de carga total sobre este otro sistema de referencia. En la etapa 220, los valores recibidos de $\{b_{pj}\}$ son sin embargo estimaciones de intensidad de los eventos clave en el escenario de predicción en el sistema que va a ser pronosticado. Tales estimaciones podrían reflejar, por ejemplo, un escenario de carga de pico.

En la etapa 300, la carga L_p obtenida en la etapa 200 se utiliza para extraer un valor de una dimensión adecuada para el sistema que va a ser pronosticado. Por ejemplo, se podría deducir un número N_{nodo} total de nodos físicos que forman el sistema que va a ser pronosticado y/o el tamaño del (de los) nodo(s) físico(s). El tamaño de un nodo físico podría ser definido, por ejemplo, como un número de módulos, $N_{\text{módulo}}$, requeridos para formar un nodo físico, si el nodo físico puede ser construido a partir de módulos diferentes. Si la carga máxima aceptable $L_{\text{simple}}^{\text{max}}$ de un nodo físico simple o módulo es conocida, entonces un valor adecuado del número de nodos/módulos para formar el sistema que va a ser pronosticado puede ser obtenido, por ejemplo, a partir de:

$$N = \text{redondeo al alza} \left(\frac{L_p}{L_{\text{simple}}^{\text{max}}} \right) \quad (7)$$

Cuando se determina una dimensión adecuada del sistema a ser pronosticado, cualquier margen de tamaño deseado podría ser ventajosamente tomado en consideración.

En la etapa 305 de la Figura 3a, se genera una indicación de la dimensión deducida. Tal indicación podría ser, por ejemplo, una señal transmitida a un sistema adicional, una salida sobre una interfaz de usuario, etc. En la etapa 310, el método de la Figura 3a termina.

La **Figura 3b** es un diagrama de flujo que ilustra una aplicación del método de predicción de carga de la Figura 2 en donde se determina una dimensión adecuada para una red 100 ya existente, en términos de dimensión de uno o más nodos de la red 100 ya existente que forman el sistema que va a ser pronosticado. En esta aplicación, la medición recibida en las etapas 205 y 210 de la etapa 200 podría haber sido ventajosamente obtenida a partir del sistema que va a ser pronosticado, según se muestra en la Figura 3b. En la etapa 220 de la etapa 200, los valores $\{b_{pj}\}$ recibidos son, de manera similar, estimaciones de intensidades de los eventos clave en el escenario de predicción en el sistema que va a ser pronosticado de la red 100 que va a ser expandida (o a hacerse más pequeña). Tales estimaciones podrían reflejar, por ejemplo, un escenario de carga de pico esperada. Las etapas 300-310 de la Figura 3b corresponden a las etapas 300-310 de la Figura 3a.

La **Figura 3c** es un diagrama de flujo que ilustra una aplicación del método de predicción de carga de la Figura 2, en donde se comprueba si la carga total de un sistema en un instante particular corresponde a la carga total esperada del sistema en el instante. En la aplicación, el sistema respecto al que se realiza la comprobación de la correspondencia de carga es el sistema que va a ser pronosticado. Además, el sistema que va a ser pronosticado y el sistema de referencia son el mismo. Con ello, las mediciones recibidas en las etapas 205 y 210 de la etapa 200 son mediciones de $\{a_{ij}\}$ y $\{L_i\}$ obtenidas a partir del sistema que va a ser pronosticado. En la etapa 220 de la etapa 200, las estimaciones de $\{b_{pj}\}$ son mediciones de las intensidades de los eventos clave en el sistema que va a ser pronosticado en un instante t_c . Con ello, la carga total L_p pronosticada obtenida en la etapa 200 podrá ser una medición de la carga total esperada en el instante t_c . En la etapa 315, se recibe una medición L_m de la carga total en el instante t_c . En la etapa 320, se comprueba si $L_m(t_c)$ se desvía significativamente de $L_p(t_c)$. Si el modelo de predicción de carga es bueno, es decir, si los n eventos clave y los m puntos en el tiempo usados para crear el método han sido seleccionados cuidadosamente, tal desviación será una indicación de que el sistema no está trabajando apropiadamente. Por ejemplo, si muchos intentos de comunicación son rechazados por el sistema debido a falta de recursos, la carga de procesamiento medida será típicamente más grande que la carga de procesamiento pronosticada, puesto que el sistema gastará potencia de procesamiento sobre búsqueda de recursos y manejo de intentos de comunicación rechazados, con lo que el sistema ya no opera más en el modo normal en el que se basó el modelo.

La comprobación en la etapa 320 podría incluir, por ejemplo, una comprobación respecto a si la relación de $L_m(t_c)$ respecto a $L_p(t_c)$ excede un umbral, siendo típicamente el umbral mayor de 1 (por ejemplo, 1,5). Si se detecta una desviación significativa en la etapa 320, se entra en la etapa 325, en donde se genera una indicación de desviación. Una indicación de desviación podría ser, por ejemplo, una señal transmitida a una interfaz de usuario, o una señal transmitida a un nodo de O&M 145 para análisis adicional. Si se desea, la indicación de desviación podría incluir

información relacionada con la magnitud de la desviación. En la etapa 330, el proceso termina. Si no se detecta desviación significativa en la etapa 320, se entra en la etapa 330 sin entrar primero en la etapa 325.

El tiempo t_c en el que la carga de procesamiento total es tanto pronosticada como medida, puede ser por ejemplo un momento actual en el tiempo. La predicción de carga puede ser entonces llevada a cabo de vez en cuando, por ejemplo sobre una base regular, con el fin de proporcionar una indicación temprana de cualquier degradación de comportamiento. El tiempo t_c puede ser también un punto histórico en el tiempo. Por ejemplo, si se detecta un problema de comportamiento en un sistema, un análisis de puntos históricos en el tiempo t_c conforme al método de la Figura 3c podría revelar en qué instante de tiempo se inició la degradación de comportamiento, facilitando de ese modo el proceso de resolución de problemas. En esta última aplicación del método de la Figura 3c, la etapa 320 podría ser omitida, si se desea, y se podría generar una indicación de desviación indicativa de la magnitud de la desviación en la etapa 325, con independencia de la magnitud de la desviación.

La **Figura 4** es una ilustración esquemática del aparato 400 de simulación en forma de aparato de predicción de carga dispuesto para pronosticar la carga total de un sistema que va a ser pronosticado. El aparato 400 de predicción de carga comprende un mecanismo 405 de optimización dispuesto para optimizar una función S objeto, tal como la función objeto definida en la expresión (3), bajo un conjunto de limitaciones dado, por ejemplo las limitaciones de desigualdad de la forma dada en la expresión (3). El aparato 400 de predicción de carga comprende además una entrada 410a configurada para recibir una señal indicativa de un conjunto de mediciones $\{a_{ij}\}$ de intensidades de eventos diferentes del sistema de referencia, una entrada 410b configurada para recibir una señal indicativa de un conjunto de mediciones de la carga $\{L_i\}$ total del sistema de referencia, y una entrada 410c configurada para recibir una señal indicativa de un conjunto de estimaciones $\{b_p\}$ de las intensidades de un número de eventos diferentes en el sistema que va a ser pronosticado en un escenario para el que la carga total va a ser pronosticada. Las entradas 410a, b y c pueden ser las mismas entradas físicas, o diferentes.

El mecanismo 405 de optimización de la Figura 4 está conectado como medio de respuesta a entradas 410a, 410b y 410c, y el mecanismo 405 de optimización está configurado para extraer, a partir de las señales recibidas en esas entradas, valores de $\{a_{ij}\}$, $\{L_i\}$ y $\{b_p\}$ para ser usados en la optimización de la función S objeto (véase la Figura 2). El mecanismo 405 de optimización de la Figura 4 está además configurado programablemente para ejecutar las etapas 210 y 225 de la etapa 200, y para generar un valor máximo de la función S_{max} objeto y/o un valor mínimo de la función S_{min} objeto, y para presentar a la salida una señal indicativa del (de esos) valor(es). Un mecanismo 405 de optimización podría estar configurado, por ejemplo, para realizar la optimización de S por medio de programación lineal, o por medio de cualquier otro procedimiento de optimización adecuado.

El aparato 400 de predicción de carga de la Figura 4, ha sido mostrado de modo que comprende además un mecanismo 415 de generación de predicción, conectado como medio de respuesta a la salida del mecanismo 405 de optimización, y dispuesto para recibir una señal de salida procedente del aparato 400 de predicción. El mecanismo 415 de generación de predicción de la Figura 4 sirve para generar programablemente una predicción L_p de la carga total del sistema que va a ser pronosticado en base al (a los) valor(es) de S_{min} y/o de S_{max} , por ejemplo usando la expresión (6). El mecanismo 415 de generación de predicción está configurado además para suministrar una señal indicativa de este valor pronosticado en la salida 420. Si el aparato 400 de predicción de carga está configurado para igualar la predicción L_p con S_{min} o con S_{max} , entonces el mecanismo 415 de generación de predicción podría ser visto como parte del mecanismo 405 de optimización, cuya salida podría estar directamente conectada a la salida 420 del aparato 400 de predicción de carga.

La **Figura 5** es una ilustración esquemática de un aparato 500 de dimensionamiento configurado para proporcionar una señal indicativa de una dimensión adecuada para un sistema que va a ser pronosticado en un escenario determinado definido por un conjunto de intensidades $\{b_{pj}\}$ de evento. El aparato 500 de dimensionamiento comprende un aparato 400 de predicción de carga y un mecanismo 505 de deducción de dimensión. El mecanismo 505 de deducción de dimensión de la Figura 5 está conectado como medio de respuesta a la salida 420 del aparato 400 de predicción de carga, y configurado para recibir una predicción L_p de la carga total de un sistema que va a ser pronosticado desde la salida 420 del aparato 400 de predicción de carga. El mecanismo 505 de deducción de dimensión de la Figura 5 está además configurado programablemente para deducir una dimensión adecuada para un sistema que va a ser pronosticado (véase la etapa 300 de las Figuras 3a y 3b), por ejemplo mediante el uso de la expresión (7). El mecanismo 505 de deducción de dimensión podría comprender además un medio de almacenamiento/memoria de ordenador (no representada) para almacenar información en relación con una carga máxima de un nodo o un módulo del sistema que va a ser pronosticado (es decir L_{simple}^{max} de la expresión (7)). El mecanismo 505 de deducción de dimensión está configurado para generar una señal indicativa de una dimensión adecuada extraída, y proporcionar la señal en la salida 508 del aparato 500 de dimensionamiento. La salida 508 podría estar conectada, por ejemplo, a una interfaz de usuario o bien a un aparato de análisis.

En una entrada 510c, el aparato 500 de dimensionamiento está dispuesto para recibir una señal indicativa de un conjunto de intensidades $\{b_{pj}\}$ de evento, que representan un escenario para el que va a ser dimensionado el sistema que va a ser pronosticado (típicamente, un escenario de carga de pico). La entrada 510c podría estar conectada, por ejemplo, para recibir datos desde una interfaz de usuario, o desde otro sistema. Los datos que representan el modelo de sistema, es decir un conjunto de intensidades de evento $\{a_{ij}\}$ medidas y un conjunto correspondiente de cargas $\{L_i\}$ totales obtenidas en los mismos puntos en el tiempo, podrían ser recibidos a través

de entradas 510a y 510b, respectivamente. El aparato 500 de dimensionamiento de la Figura 5 comprende además, según se ha mostrado, una memoria 520 para almacenar tales datos que representan el modelo de sistema, estando la memoria 520 conectada a entradas 510a y 510b para recibir tales datos, y a entradas 410a y 410b del aparato de predicción de carga para suministrar tales datos al aparato 400 de predicción de carga. En una implementación, los datos almacenados en la memoria 520 pueden ser actualizados de vez en cuando a través de entradas 510a/510b con el fin de que reflejen las circunstancias actuales bajo las que opera el sistema que va a ser pronosticado. En otra implementación, los datos almacenados en la memoria 520 podrían ser estáticos, en cuyo caso las entradas 510a y 510b podrían ser omitidas.

El aparato 500 de dimensionamiento de la Figura 5 está configurado programablemente para que ejecute uno cualquiera de los métodos mostrados en las Figuras 3a y 3b, dependiendo de cuáles sean los datos almacenados en la memoria 520 o recibidos a través de entradas 510a y 510b (véase la etapa 200 de las Figuras 3a y 3b, respectivamente).

En la **Figura 6a**, se ha mostrado una ilustración esquemática de un ejemplo de aparato 600 de monitorización de carga. El aparato 600 de monitorización de carga de la Figura 6a comprende un aparato 400 de predicción de carga que tiene una salida 420 a la que se ha conectado un mecanismo 605 de comprobación de comportamiento. El mecanismo 605 de comprobación de comportamiento está conectado además a una entrada 607, la cual está configurada para recibir un valor L_m medido de la carga de procesamiento total del sistema que va a ser pronosticado. El mecanismo 605 de comprobación de comportamiento de la Figura 6 podría estar configurado programablemente para comprobar si un valor de L_m recibido en la entrada 607 se desvía significativamente de una carga L_p pronosticada recibida desde el aparato 420 de predicción de carga, por ejemplo comprobando si la relación de L_m respecto a L_p excede un umbral (véase la etapa 320 de la Figura 3c). El mecanismo 605 de comprobación de comportamiento podría incluir además una memoria (no representada) para almacenar un umbral. El mecanismo 600 de comprobación de comportamiento de la Figura 6a podría estar además configurado para generar una indicación de desviación en la salida 608 del aparato de monitorización de carga si el mecanismo 600 de comprobación de comportamiento ha detectado una desviación significativa de L_m respecto a L_p . La salida 608 podría estar conectada, por ejemplo, a una interfaz de usuario, o a un sistema adicional para su análisis.

El aparato 600 de monitorización de carga de la Figura 6a comprende además entradas 610a-c y una memoria 620. Las entradas 610a-c y la memoria 620 corresponden a entradas 510a-b y 520 descritas en relación con la Figura 5, y no se van a describir aquí de nuevo. Sin embargo, la entrada 610c del aparato 600 de monitorización de carga se utiliza para recibir mediciones de intensidades $\{b_{pi}\}$ de evento clave del sistema que va a ser pronosticado, donde un conjunto de intensidades de evento clave corresponde a una medición de L_m realizada al mismo tiempo y recibida en la entrada 607. Con el fin de asegurar que una medición L_m obtenida en un instante t_c particular se compara con una predicción L_p generada en relación con mediciones de intensidad $\{b_{pij}\}$ obtenidas en el mismo tiempo t_c , se podría proporcionar un mecanismo de coordinación, por ejemplo un mecanismo de disparo que active la provisión de mediciones $\{b_{pi}\}$ y de L_m en las entradas 610c y 607, respectivamente, ya sea en el aparato 600 de monitorización de carga, o ya sea en un dispositivo externo que proporcione al aparato 600 de monitorización de comportamiento tales mediciones. Alternativamente, las entradas 607 y 610c podrían ser la misma entrada, en donde un conjunto de intensidades $\{b_{pi}\}$ de evento clave y una medición L_m de carga total correspondiente podrían ser recibidas conjuntamente.

En una implementación de aparato 600 de monitorización de carga, en donde se analizan mediciones históricas de $\{b_{pi}\}$ y de L_m , el mecanismo 605 de comprobación de comportamiento no tendría (aunque podría) que realizar ninguna comprobación respecto a si existe una desviación significativa entre L_m y L_p . Sin embargo, si se recibe un conjunto de mediciones de L_m obtenidas en un conjunto de puntos históricos diferentes en el tiempo, así como conjuntos de mediciones $\{b_{pi}\}$ de intensidad obtenidas en puntos correspondientes en el tiempo, el mecanismo 605 de comprobación de comportamiento podría incluir, por ejemplo, una memoria intermedia para almacenar un conjunto de mediciones de L_m , así como una memoria intermedia para almacenar el correspondiente conjunto de predicciones L_p generadas por el aparato 400 de predicción de carga, y un mecanismo para asegurar que un valor de L_m está asociado al valor de L_p correcto, obtenido a partir de mediciones realizadas en el mismo punto en el tiempo. Las memorias intermedias podrían ser, por ejemplo, memorias intermedias FIFO. Alternativamente, las entradas 607 y 610c podrían ser la misma, según se ha descrito con anterioridad. En la implementación en la que se analizan mediciones históricas, la señal proporcionada en la salida 608 podría ser indicativa de un conjunto de pares de (L_m, L_p) correspondientes, que podrían ser analizados además, por ejemplo, en una interfaz de usuario. Alternativamente, el mecanismo 605 de comprobación de comportamiento podría ser configurado de modo que realice un análisis de los pares (L_m, L_p) , tal como por ejemplo un análisis del tamaño de la desviación de L_m respecto a L_p como una función del tiempo, en cuyo caso la salida desde el mecanismo 605 de monitorización de carga podría ser una señal indicativa de un punto en el tiempo en el que la desviación excede un valor de umbral.

En la **Figura 6b**, se ha ilustrado una implementación de un aparato 600 de monitorización de carga en un nodo 625 de comunicaciones de una red 100. El nodo 625 de comunicaciones podría ser, por ejemplo, un nodo en el que se manipulan datos de tráfico de usuario, tal como por ejemplo el RNC 135, el MSC 110, el HLR 115, el SGSN 120 o el SGSN 125 de la Figura 1, un enrutador, un conmutador, etc., o un nodo de O&M 145 que monitorice la operación de un nodo en el que se manejan datos de tráfico de usuario. El nodo 625 de comunicaciones de la Figura 6b ha sido mostrado de modo que incluye, adicionalmente al aparato 600 de monitorización de carga, un mecanismo 630 de

manejo de medición conectado a al menos las entradas 607 y 610c del aparato de monitorización de carga. Si el nodo 625 de comunicaciones es el sistema a ser pronosticado que va a ser monitorizado por el aparato 600 de monitorización de carga, el mecanismo 630 de manejo de medición podría realizar ventajosamente mediciones de las intensidades $\{b_{pj}\}$ de evento clave actual y de la carga L_m actual, y proporcionar al aparato de monitorización de carga una señal indicativa de los resultados de tales mediciones. Si el nodo 625 de comunicaciones es un nodo de O&M y el sistema a ser pronosticado es un nodo diferente, el mecanismo 630 de manejo de medición podría estar configurado para recibir señales desde el sistema que va a ser pronosticado a partir de las cuales los resultados de la medición podrían ser esperados, y proporcionar al aparato 600 de monitorización de carga tales resultados (si la carga de un nodo de O&M 145 ha de ser monitorizada, el nodo de O&M 145 podría ser el sistema que va a ser pronosticado). Un nodo 625 de comunicaciones comprende típicamente partes adicionales, no representadas en la Figura 6b.

En la **Figura 7**, se ha mostrado una forma alternativa de ilustrar esquemáticamente el aparato 400 de predicción de carga de la Figura 4. La Figura 7 muestra que el aparato 400 de predicción de carga comprende un procesador 700 conectado a un producto de programa de ordenador 705 en forma de memoria. El procesador 700 de la Figura 7 está además conectado, a efectos de respuesta, a la interfaz 410 (que representa las interfaces 410a-c), y conectado a la interfaz 420. La memoria comprende medios legibles con ordenador que almacenan programas(s) de ordenador 710 que, cuando se ejecuta(n) mediante el procesador 700, provoca(n) que el aparato 400 de predicción de carga ejecute el método ilustrado en la Figura 2. En otras palabras, el aparato 400 de predicción de carga y sus mecanismos 405 y 415, pueden ser implementados en esta realización con la ayuda de módulos de programa correspondientes del programa de ordenador 710.

La ilustración de la Figura 7 podría representar alternativamente una forma de ilustrar el aparato 500 de dimensionamiento o el aparato 600 de monitorización de carga, en donde la memoria 705 almacena programa(s) de ordenador 710 que, cuando se ejecuta(n) mediante el procesador 700, provoca(n) que el aparato 500 de dimensionamiento o el aparato 600 de monitorización de carga realicen el método ilustrado mediante las Figuras 3a o 3b en el caso del aparato de dimensionamiento, o el método de la Figura 3c en el caso del aparato de monitorización.

El procesador 700 podría ser uno o más procesadores físicos, por ejemplo un procesador del procesador 700 podría estar dispuesto de modo que ejecute un código en relación con el mecanismo 405 de optimización, y otro procesador podría estar dispuesto para ejecutar un código en relación con las interfaces 410 y 420, etc., o el mismo procesador podría ser usado para los diferentes mecanismos. La memoria 705 podría ser cualquier tipo de medios no volátiles legibles con ordenador, tal como un disco duro, una memoria flash, un CD, un DVD, una EEPROM, etc. La memoria 705 podría ser la misma memoria física que la memoria 520 ó 620 en el caso del aparato de dimensionamiento o del aparato de monitorización de carga, respectivamente, o una memoria física diferente.

El aparato 400 de predicción de carga, el aparato 500 de dimensionamiento y el aparato 600 de monitorización de carga podrían estar implementados alternativamente como hardware únicamente.

La tecnología de predicción de carga descrita con anterioridad ha sido mostrada a efectos de proporcionar predicciones precisas de la carga de sistemas de comunicaciones en escenarios ampliamente variables. Las predicciones de carga de la carga de procesamiento de un sistema activo a ser pronosticado, van a ser ilustradas en las Figuras 8 y 9.

En la **Figura 8**, se ha mostrado una tabla que incluye un conjunto de intensidades $\{a_{ij}\}$ y cargas de procesamiento total medidas sobre un sistema que va a ser pronosticado. La tabla de la Figura 8 incluye mediciones de intensidad de 14 eventos clave diferentes ($n = 14$) en 15 puntos diferentes en el tiempo ($m = 15$), así como un conjunto de cargas L_i de procesamiento total medidas, obtenidas en los 15 puntos diferentes en el tiempo. En base a esas mediciones, se puede deducir un modelo respecto al comportamiento de la carga de procesamiento del sistema que va a ser pronosticado, según se ha descrito en lo que antecede. El sistema a ser pronosticado de la Figura 8 es una placa de propósito especial de un RNC 135, y algunos ejemplos de los eventos clave usados para modelar el comportamiento de procesamiento de la placa de propósito especial de un RNC 135, son: Acceso de HABLA, Acceso de Datos de CS, Acceso de PS, Acceso de HS, Actualización de Célula, Actualización de Localización & SMS, Transferencia Suave, transmisión de datos de voz, transmisión de datos de CS, etc.

La **Figura 9** es un gráfico que muestra resultados de simulaciones de la carga experimentada por la placa de propósito especial respecto a la que se han recogido los datos de la Figura 8. Los datos de la Figura 8 fueron usados en el modelo de simulación usado para obtener las predicciones de carga mostradas en la Figura 9. Se realizaron las predicciones de carga L_p y se tomaron las mediciones L_m de la carga total, respecto a diferentes puntos en el tiempo durante un período de 7 días. En el gráfico de la Figura 9, las predicciones de la carga L_p obtenidas en las simulaciones, fueron comparadas con la carga L_m medida como función del tiempo. Los valores de la Figura 9 fueron obtenidos con el uso del método ilustrado en la etapa 200 de la Figura 3c, es decir, se usaron mediciones de las intensidades reales de los eventos clave para formar las intensidades $\{b_{ij}\}$ que representan el escenario para el que va a ser pronosticada la carga. Según puede apreciarse en el gráfico, la carga pronosticada y la carga medida siguen una a otra de forma muy cercana, y por lo tanto, la precisión de la predicción de carga es muy buena. También se ha incluido en el gráfico una curva que representa la diferencia relativa entre la carga

pronosticada y la carga medida, estando esta curva mencionada como "Load Diff" en el gráfico. En las simulaciones mostradas en la Figura 9, los límites para las desigualdades de la expresión (3) fueron definidos usando expresiones (5a) y (5b), donde los parámetros ρ y δ fueron ambos establecidos en un 2%. Comparaciones similares entre predicciones de carga obtenidas mediante la presente tecnología y mediciones de carga real han sido realizadas para un número de tipos diferentes de procesadores, mostrando excelentes resultados.

Una gran ventaja del método de predicción de carga descrito en lo que antecede es su precisión junto con su simplicidad. Además, el comportamiento de un usuario del sistema de comunicación, o de la red 100 de la que forma parte del sistema de comunicaciones, no es inherente al modelo mediante el que se generan las predicciones. En cambio, el comportamiento de usuario se proporciona al modelo como una entrada en forma de estimación de las intensidades $\{b_{pi}\}$ de un número de eventos clave. Los impactos de comportamientos de usuario diferentes en el sistema están asegurados por el modelo de sistema creado durante la simulación. Con ello, se pueden obtener fácilmente predicciones relacionadas con muchos escenarios diferentes de comportamiento de usuario.

Además, no se tienen que hacer suposiciones de las propiedades físicas del sistema que va a ser pronosticado durante el diseño del modelo de sistema distintas de la suposición de que el sistema que va a ser pronosticado es similar al sistema de referencia. Por el contrario, las propiedades asumidas del sistema a ser pronosticado están reflejadas en las mediciones correspondientes a las mediciones de intensidad $\{a_{ij}\}$ y a las mediciones de carga $\{L_i\}$ en el sistema de referencia en el que se basa el modelo de simulación. Con ello, el método de simulación trabaja igualmente bien sobre diferentes versiones o ediciones de hardware y/o de software de un sistema que va a ser pronosticado, sin requerir que los nuevos valores sean determinados a partir de las propiedades de sistema que varían entre las versiones o ediciones, ahorrando con ello mucho tiempo y esfuerzo en comparación con las técnicas anteriores de predicción de carga. La tecnología trabaja igualmente bien sobre cualquier combinación de hardware y software. Con el fin de obtener valores de alta precisión de la predicción de carga, las mediciones de intensidad $\{a_{ij}\}$ y las mediciones de carga $\{L_i\}$ del modelo de simulación podrían ser actualizadas ventajosamente entre nuevas ediciones de hardware y/o de software del sistema a ser pronosticado.

En lo que antecede, se han descrito métodos y aparatos de predicción de carga en términos de carga de procesamiento de un sistema, siendo el sistema por ejemplo un nodo 625 de comunicaciones; parte de una red 100; un tipo de nodo de comunicaciones en una red 100; o una red 100. Sin embargo, la tecnología descrita es también aplicable a otros aspectos de una red 100 de comunicaciones que pueden ser limitativos del comportamiento de la red 100, tal como la capacidad de almacenamiento de datos, o el ancho de banda. Por ello, la carga en diferentes escenarios, por ejemplo, sobre la capacidad de almacenamiento de datos o el ancho de banda, puede ser pronosticada por medio del método de la Figura 2. El método de componente de la expresión (1) podría ser usado para describir capacidad de almacenamiento de datos, o ancho de banda, en cuyo caso un componente x_{evento} podría indicar, por ejemplo, la capacidad de almacenamiento de datos requerida por un cierto evento, o una cantidad de ancho de banda requerida para un evento particular, respectivamente.

La invención ha sido descrita en lo que antecede en términos de red de WCDMA. Sin embargo, la invención es aplicable a todas las clases de sistemas de cualquier tipo de red 100 de comunicaciones, tales como:

- nodos de Red de Acceso de Radio de AGSM/WCDMA/LTE, por ejemplo BTS, BTC, Nodo B, RNC, eNodeB, etc.
- nodos de Red Troncal, por ejemplo, SGSN, GGSN, MGW, etc.
- nodos de red en redes de ordenadores en general, por ejemplo, puerta de enlace, enrutador, puente, conmutador, etc.

Además, la invención es también aplicable a otros sistemas basados en procesador en los que la mayor parte de los eventos muestren un comportamiento lineal.

Aunque se definen diversos aspectos de la invención en las reivindicaciones independientes que se acompañan, otros aspectos de la invención incluyen la combinación de cualesquiera características presentadas en la descripción anterior y/o en las reivindicaciones que se acompañan, y no sólo las combinaciones explícitamente definidas en las reivindicaciones que se acompañan.

Un experto en la materia podrá apreciar que la tecnología presentada en la presente memoria no se limita a las realizaciones divulgadas en los dibujos que se acompañan y en la descripción detallada que antecede, los cuales se presentan con fines de ilustración solamente, pero que pueden ser implementados en un número de formas diferentes, y según se define mediante las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

1.- Un método de simulación de un sistema (100; 105;110; 115; 120; 125; 130; 133; 135; 140; 145) en una red de comunicaciones (100; 130; 133) con el fin de obtener una predicción de la carga de un recurso en el sistema, comprendiendo el método:

5 recibir (205), en una entrada de un aparato de predicción de carga, valores de intensidad $\{a_{ij}, i = 1 \dots m, j = 1 \dots n\}$ para n eventos que ocurren en una sistema de referencia en m ocasiones diferentes t_i , en donde la ocurrencia de un evento j requiere una cantidad x_j de recurso;

recibir (210), en una entrada del aparato de predicción de carga, valores de la carga total L_i en el sistema de referencia en las m ocasiones t_i diferentes;

10 recibir (220), en una entrada del aparato de predicción de carga, valores de intensidad $\{b_{pj}\}$ para cada uno de los n eventos en un escenario del sistema para el que va a ser pronosticada la carga;

optimizar (225), en el aparato de predicción de carga, una función S objeto descrita por:

$$S = \sum_{j=1}^n (b_{pj} x_j),$$

sujeta a las restricciones de desigualdad lineal descritas por:

15
$$y_1 \leq a_{11}x_1 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n \leq z_1$$

⋮

$$y_i \leq a_{i1}x_1 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n \leq z_i$$

⋮

$$y_m \leq a_{m1}x_1 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n \leq z_m$$

20 en donde y_i y z_i son funciones de la carga total medida L_i del sistema de referencia, dando la optimización como resultado al menos un resultado optimizado de la función S objeto, con lo que se puede obtener una predicción L_p de la carga total en el sistema.

2.- El método de la reivindicación 1, en donde:

$$y_i = L_i (1 - \rho)$$

25 y/o $z_i = L_i(1+\delta)$, donde $0 < \rho < 0,5$ y $0 < \delta < 0,5$.

3.- El método de la reivindicación 1 ó 2, en donde:

la función S objeto está optimizada a efectos de llegar a un resultado mínimo S_{min} y a un resultado máximo S_{max} de la función S objeto, y

30 la predicción de carga L_p se obtiene como una función del resultado mínimo S_{min} y del resultado máximo S_{max} de la función S objeto.

4.- El método de la reivindicación 1 ó 2, en donde:

el sistema para el que se va a pronosticar la carga es también el sistema de referencia con el fin de monitorizar la carga de la red de comunicaciones.

5.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

35 generar (230) una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado optimizado de la función S objeto;

extraer (300), a partir de la predicción L_p de carga total en el sistema, un valor de una dimensión adecuada del sistema simulado, y

generar (305) una señal indicativa de dicho valor de una dimensión adecuada.

6.- El método de la reivindicación 4, en donde:

40 los valores $\{b_{pj}\}$ de intensidad recibidos para cada uno de los n eventos en un escenario del sistema para el que va a

ser pronosticada la carga, han sido obtenidos a partir de mediciones de la intensidad de los n eventos en el sistema a ser pronosticado en un punto particular en el tiempo t_c ; comprendiendo el método además:

generar (230) una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado optimizado de la función S objeto;

recibir (315) una medición L_m obtenida en el punto particular en el tiempo t_c , de la carga total a ser pronosticada;

- 5 comparar (320) la carga total L_p pronosticada en el tiempo t_c con la carga total L_m medida en el tiempo t_c ; y, si la carga total medida L_m se desvía de la carga total pronosticada L_p más de una cantidad predefinida, entonces:

generar (325) una indicación de que la carga total medida L_m se desvía de la carga total pronosticada L_p .

7.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde:

la optimización de la función S objeto se realiza por medio de programación lineal.

- 10 8.- El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1—7, en donde:

el recurso respecto al que se va a obtener una predicción de la carga, es el recurso de procesamiento del sistema.

9.- Un aparato (400) de simulación para simular un sistema (100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 133; 135; 140; 145) en una red de comunicaciones (100; 130; 133) con el fin de obtener una predicción de la carga total de un recurso en el sistema, comprendiendo el aparato de simulación:

- 15 una entrada (410a) dispuesta para recibir valores de intensidad $\{a_{ij}, i = 1 \dots m, j = 1 \dots n\}$ para n eventos que ocurren en un sistema de referencia en m ocasiones diferentes t_i , en donde la ocurrencia de una evento j requiere una cantidad x_j de recurso;

una entrada (410b) dispuesta para recibir valores de la carga total L_i en el sistema de referencia en las m ocasiones diferentes t_j ;

- 20 una entrada (410c) dispuesta para recibir valores de intensidad $\{b_{pj}\}$ para cada uno de los n eventos en un escenario del sistema respecto al que se va a pronosticar la carga, y

un mecanismo (405) de optimización conectado a dichas entradas y dispuesto para:

determinar (215) un límite superior z_i y un límite inferior y_i a partir de un valor recibido de la carga total L_i en el sistema de referencia;

- 25 optimizar (225) una función S objeto descrita por

$$S = \sum_{j=1}^n (b_{pj} x_j),$$

sujeta a las limitaciones de desigualdad lineal descritas por:

$$y_1 \leq a_{11}x_1 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n \leq z_1$$

$$\vdots$$

- 30 $y_i \leq a_{i1}x_1 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n \leq z_i$

$$\vdots$$

$$y_m \leq a_{m1}x_1 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n \leq z_m$$

de una manera tal que la optimización dé como resultado al menos un resultado optimizado de la función S objeto, con lo que se puede obtener una predicción L_p de la carga total en el sistema, y

- 35 suministrar una señal indicativa de al menos un resultado optimizado de la función S objeto.

10.- Un aparato (500) de dimensionamiento para el dimensionamiento de un sistema en una red de comunicaciones (100), que comprende:

un aparato de simulación según la reivindicación 9, comprendiendo además un mecanismo (415) de generación de predicción dispuesto para recibir una salida desde el mecanismo de optimización, estando el mecanismo de generación de predicción dispuesto para generar una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado optimizado de la función S objeto, y para suministrar una señal indicativa de dicha predicción en una salida (420) del

- 40

aparato de simulación, y

5 un mecanismo (505) de deducción de dimensión dispuesto para recibir una señal de salida indicativa de dicha predicción desde el aparato de simulación, y dispuesto para deducir (300), a partir de una predicción L_p de la carga total en el sistema, un valor de una dimensión adecuada del sistema simulado, y para generar (305) una señal indicativa de dicho valor de una dimensión adecuada.

11.- Un aparato (625) de monitorización de carga en una red de comunicaciones (100) que comprende:

10 un aparato de simulación según la reivindicación 9, comprendiendo además un mecanismo (415) de generación de predicción dispuesto para recibir una salida desde el mecanismo de optimización, estando el mecanismo de generación de predicción dispuesto para generar una predicción L_p de la carga total usando al menos un resultado optimizado de la función S objeto, y para suministrar una señal indicativa de dicha predicción en una salida (420) del aparato de simulación;

una entrada (607) dispuesta para recibir una medición L_m de la carga total a ser pronosticada;

15 un mecanismo (605) de comprobación de comportamiento conectado a dicha entrada dispuesta para recibir una medición, estando el mecanismo de comprobación de comportamiento dispuesto además para recibir, desde el aparato de simulación, una señal de salida indicativa de una carga total pronosticada y para su comparación (320), estando el mecanismo de comprobación de comportamiento dispuesto además para comparar una carga total pronosticada L_p con una carga total medida L_m ; y para generar (325) una indicación si una carga total medida L_m se desvía en más de una cantidad predefinida de una carga total pronosticada L_p con la que se compara.

20 12.- Un nodo de comunicaciones (625) para su uso en una red de comunicaciones (100), comprendiendo el nodo de comunicaciones el aparato de monitorización de carga de la reivindicación 11.

13.- Un programa de ordenador para simular un sistema (100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 133; 135; 140; 145) en una red de comunicaciones 100; 130; 133) con el fin de obtener una predicción de la carga de un recurso en el sistema, comprendiendo el programa de ordenador porciones de código de programa de ordenador que, cuando se ejecutan en un aparato (400) de simulación, provocan que el aparato de simulación:

25 extraiga (205), a partir de una señal recibida, valores de medición de intensidad $\{a_{ij}, i = 1 \dots m, j = 1 \dots n\}$ para n eventos que ocurren en un sistema de referencia en m ocasiones diferentes t_i , en donde la ocurrencia de un evento j requiere una cantidad x_j de recurso;

extraiga (210), a partir de una señal recibida, valores de la carga total L_i en el sistema de referencia en las m ocasiones diferentes t_i ;

30 extraiga (220), a partir de una señal recibida, valores de intensidad $\{b_{pj}\}$ para cada uno de los n eventos en un escenario del sistema respecto al que va a ser pronosticada la carga;

optimice (225) una función S objeto descrita por:

$$S = \sum_{j=1}^n (b_{pj} x_j),$$

sujeta a las limitaciones de desigualdad lineal descritas por:

35
$$y_1 \leq a_{11}x_1 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n \leq z_1$$

⋮

$$y_i \leq a_{i1}x_1 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n \leq z_i$$

⋮

$$y_m \leq a_{m1}x_1 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n \leq z_m$$

40 en donde y_i y z_i son funciones de la carga total medida L_i del sistema de referencia, dando la optimización como resultado al menos un resultado optimizado de la función S objeto, con lo que se puede obtener una predicción L_p de la carga total en el sistema.

14.- Un producto de programa de ordenador que comprende medios (705) legibles con ordenador y un programa de ordenador (710) según la reivindicación 13 almacenado en los medios legibles con ordenador.

Fig. 1

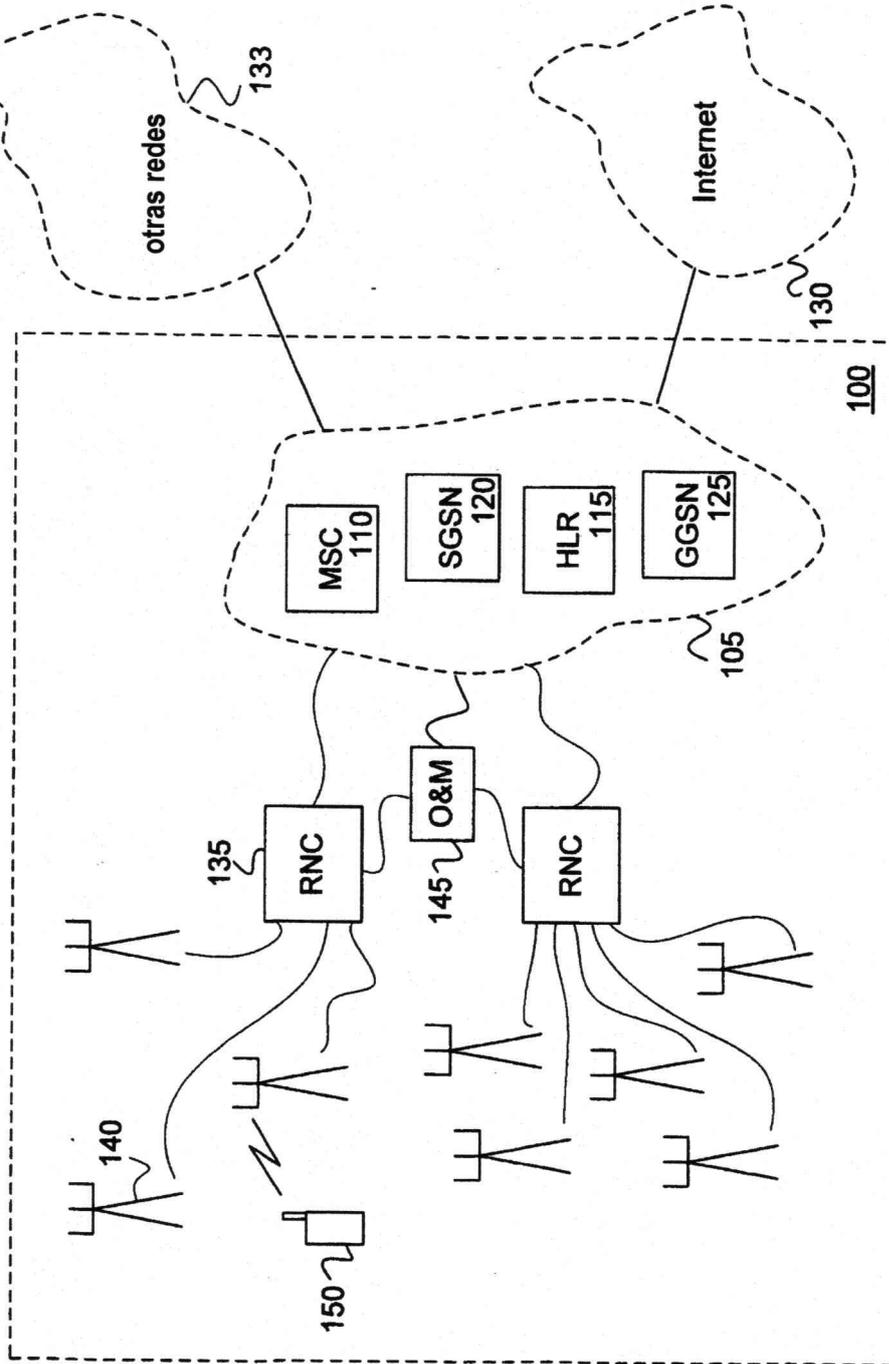


Fig. 2

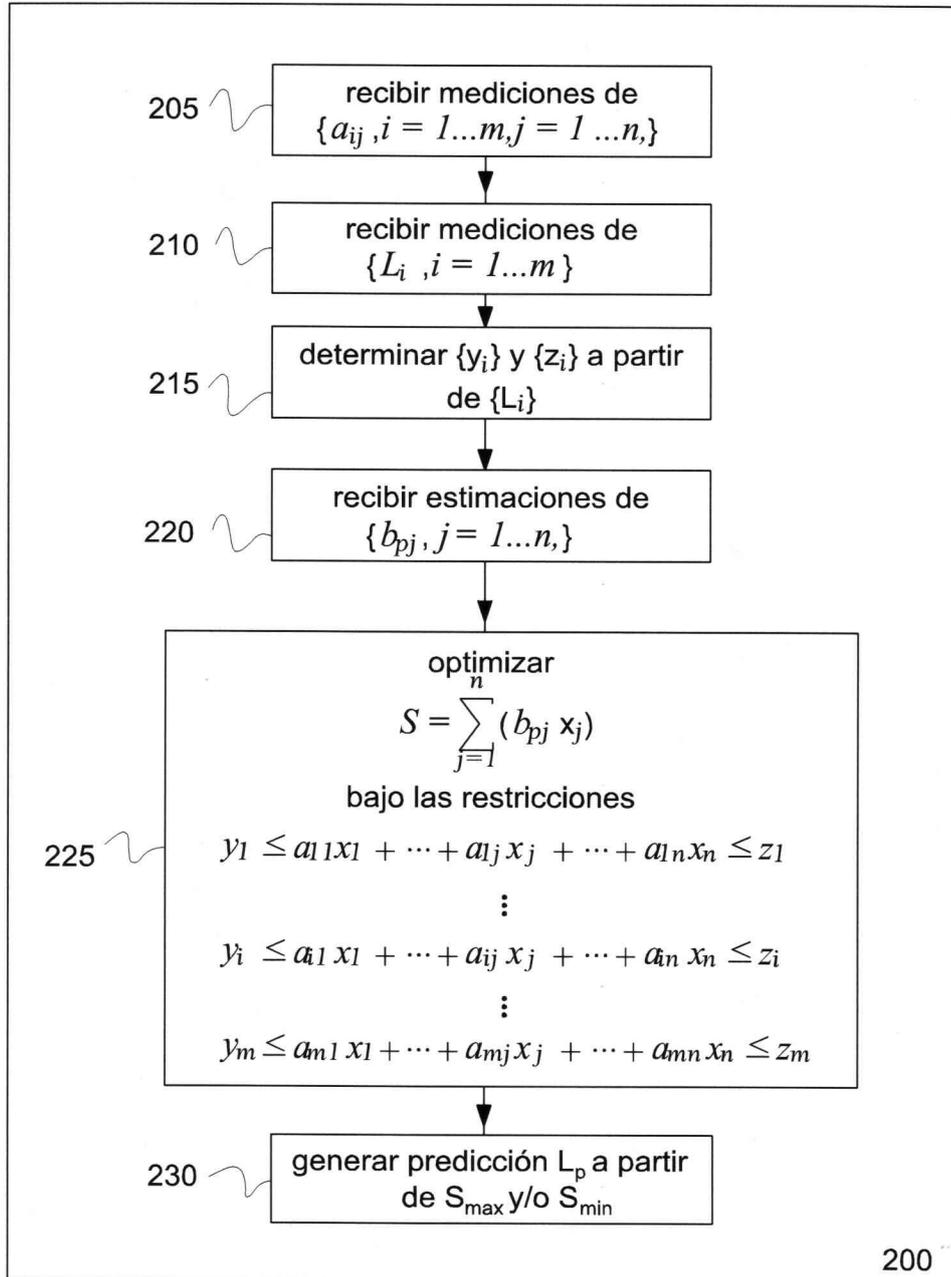


Fig. 3a

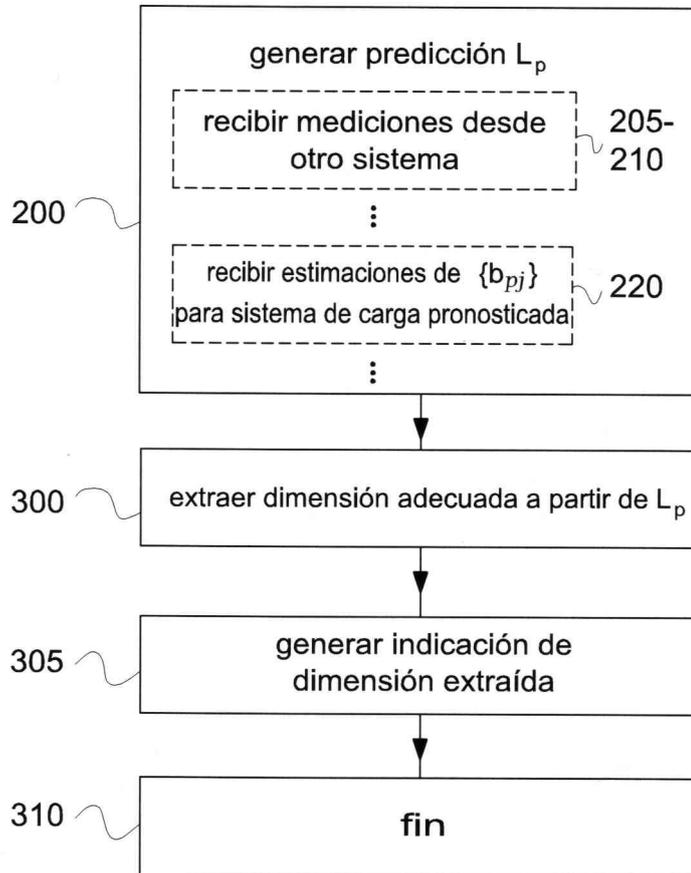


Fig. 3b

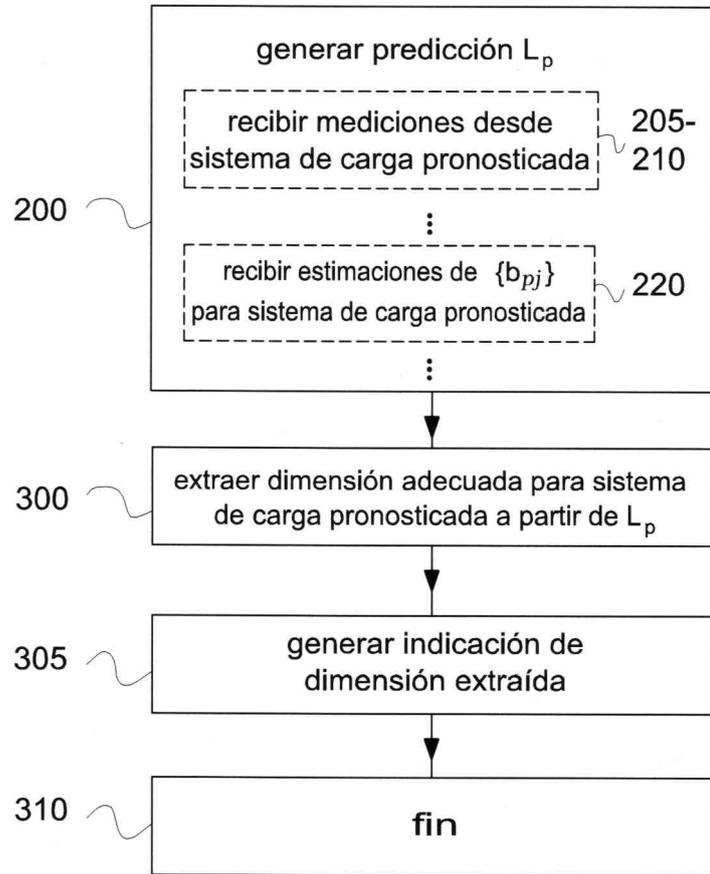


Fig. 3c

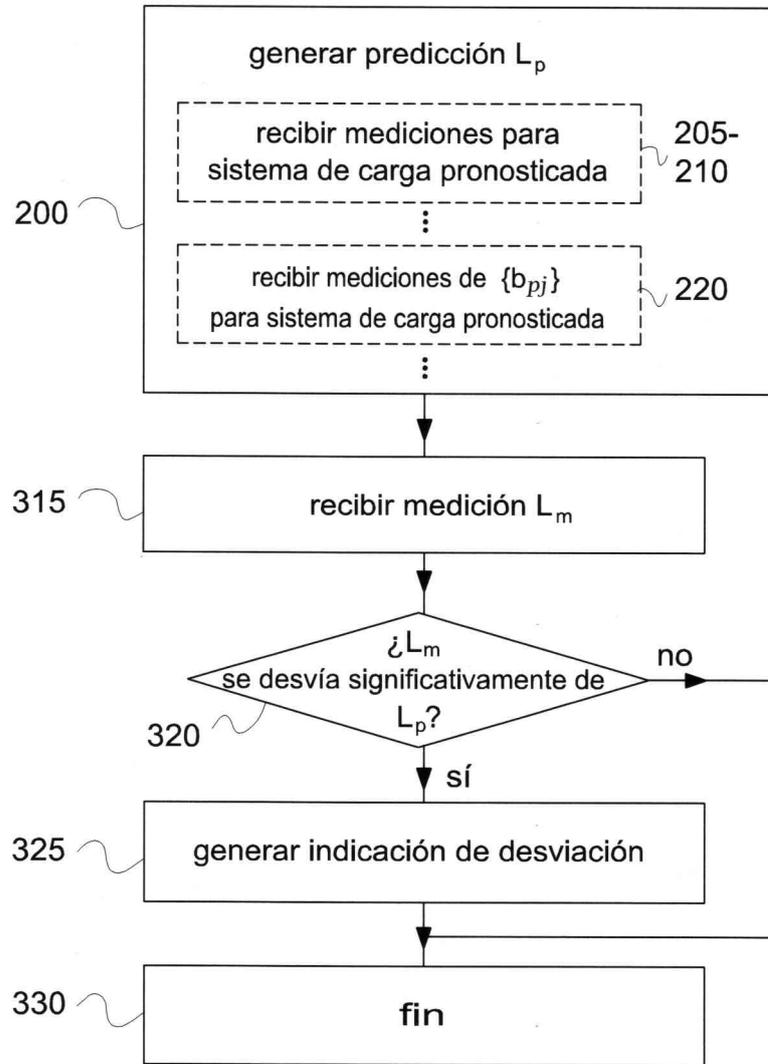


Fig. 4

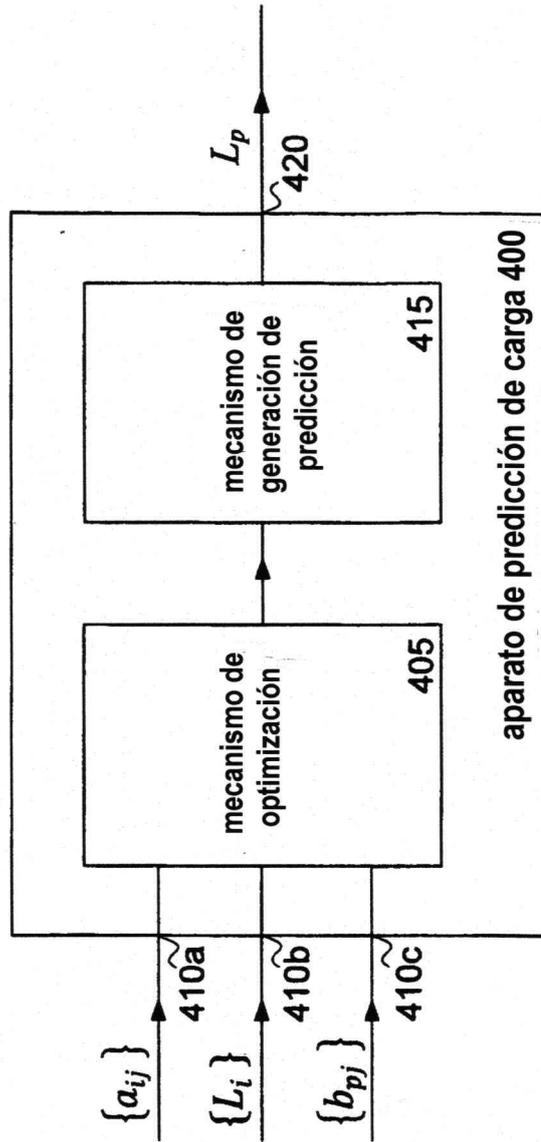


Fig. 5

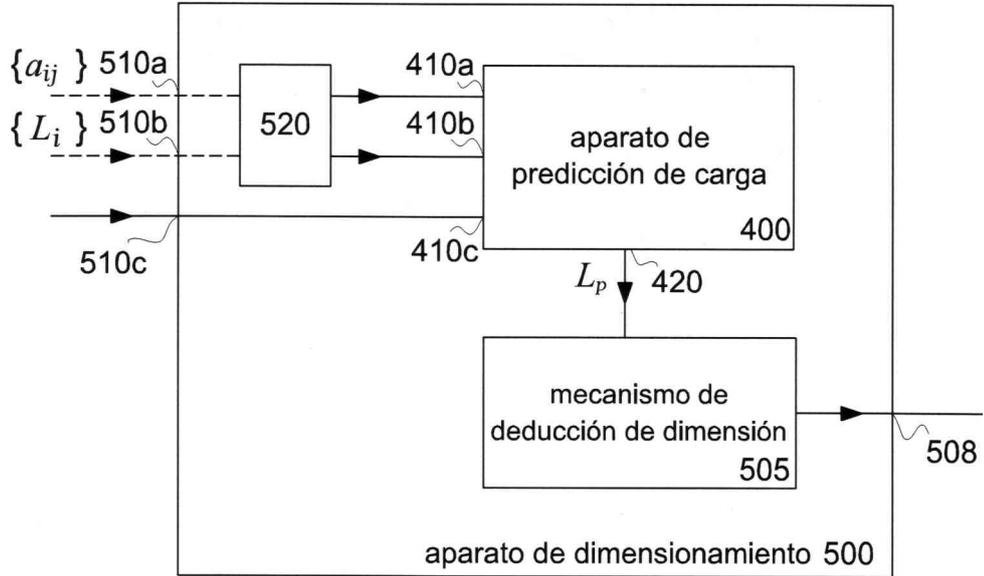


Fig. 6a

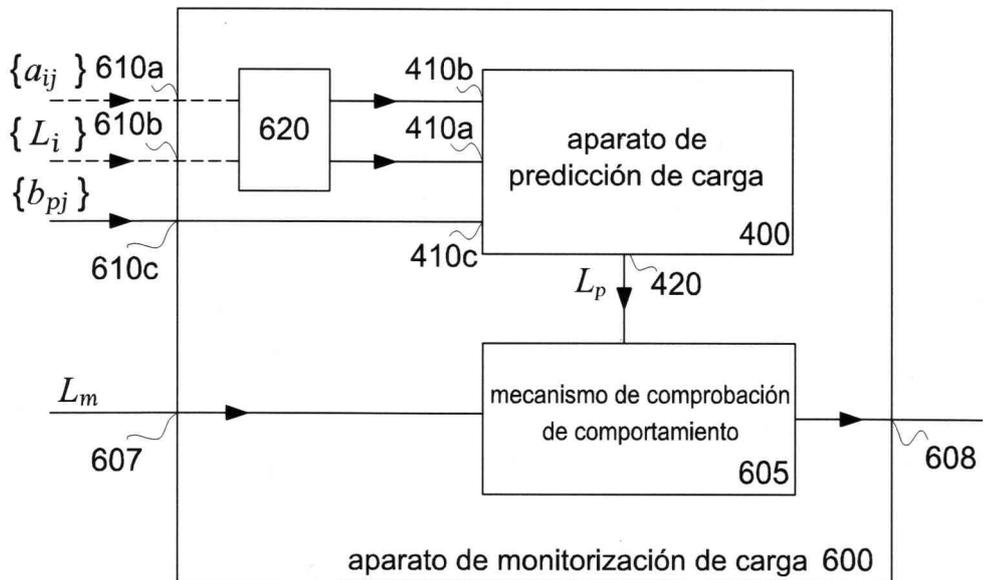


Fig. 6b

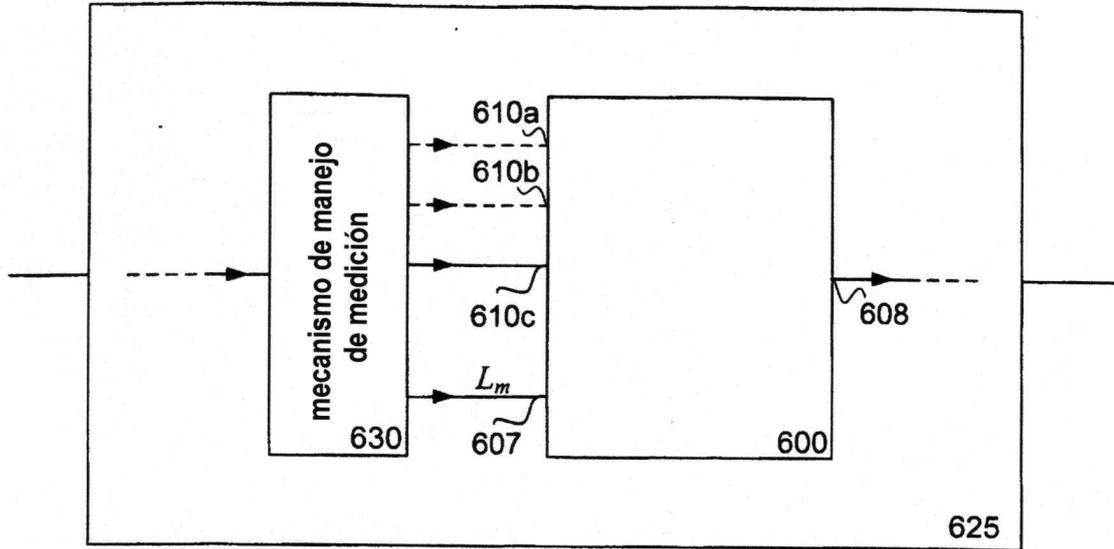


Fig. 7

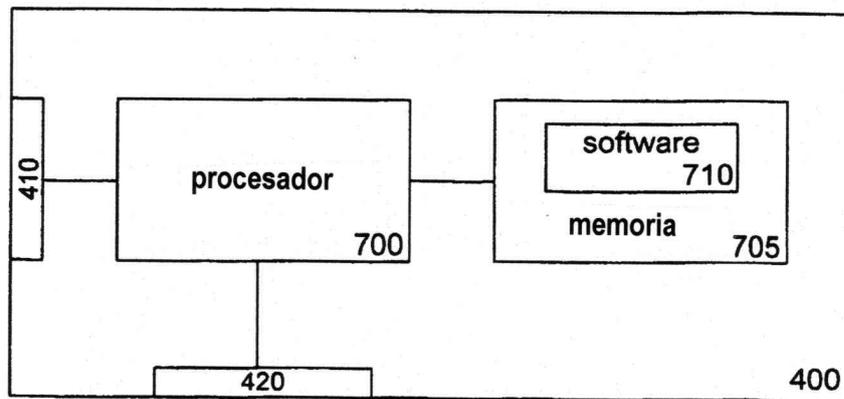


Fig. 8

t	a _{ij} [Evento/s]										a _{ij} [kbps]				L _i (%)
	Acceso de Habla	Acceso de Datos CS	Acceso R99 PS	Acceso HS	Actualizar Loc & SMS	Actualizar Célula	Actualizar URA	Comutación de Canal	HO Suave/Más Suave Tipo 1	HO Suave/Más Suave Tipo 2	Voz	CS	PS	HS	
080401:0000-0015	0,0296	0,000038	0,0633	0,0095	0,2999	0,09887	0	0,1114	0,5836	0,1146	26,389	0,188484	8,8999	11,7672	6,05
080401:0030-0045	0,0431	0,000085	0,0726	0,0108	0,3968	0,11825	0	0,1345	0,8572	0,174	42,712	0,141495	11,455	20,6116	8,19
080401:0100-0115	0,0596	0,000066	0,0979	0,013	0,3965	0,15321	0	0,1699	1,0745	0,2281	61,149	0,147102	15,064	24,4729	10,15
080401:0145-0200	0,0761	0,000065	0,1095	0,0174	0,3574	0,17934	0	0,2023	1,2513	0,2862	82,118	0,084398	11,894	28,3148	12,01
080401:0245-0300	0,0965	0,000104	0,11	0,0196	0,3892	0,19546	0	0,2279	1,5135	0,3404	105,87	0,340827	12,392	29,6001	14,36
080401:0415-0430	0,1311	0,000142	0,1009	0,0233	0,4192	0,1925	0	0,2262	1,8088	0,3963	141,55	0,454382	16,177	43,3288	17,73
080401:0500-0515	0,1433	0,000218	0,0833	0,0205	0,4511	0,16112	0	0,1865	2,0088	0,4295	165,22	1,16248	13,978	46,2987	19,32
080401:0545-0600	0,1275	0,000275	0,086	0,0235	0,4162	0,16103	0	0,1808	1,938	0,425	157,56	1,14465	14,306	44,9473	18,71
080401:0830-0845	0,147	0,000247	0,1071	0,0219	0,4581	0,19215	0	0,2174	2,1598	0,4909	168,63	1,26992	13,618	47,0604	20,19
080401:1015-1030	0,1808	0,000247	0,1032	0,0212	0,4941	0,18801	0	0,2078	2,6078	0,5561	212,47	2,11113	14,492	75,3847	24,71
080401:1100-1115	0,1634	0,000275	0,089	0,0192	0,4538	0,16836	0	0,1907	2,4159	0,518	202,43	1,32115	13,747	76,1531	23,57
080401:1145-1200	0,122	0,000304	0,0757	0,0174	0,3496	0,14759	0	0,1716	1,9297	0,431	152,21	1,88409	11,823	58,052	18,54
080401:1215-1230	0,1038	0,000228	0,0629	0,0148	0,3362	0,12507	0	0,1455	1,6506	0,3565	137,98	1,97793	10,52	50,324	16,72
080401:1400-1415	0,0752	0,000190	0,0503	0,0134	0,2607	0,09962	0	0,1159	1,493	0,3333	127,71	1,77063	8,8449	49,9518	15,68
080401:1930-1945	0,0053	0,000019	0,0246	0,0064	0,0741	0,04864	0	0,0632	0,1245	0,0188	7,0014	7,28E-05	3,01	3,33303	3,00

Fig. 9

