



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 861**

51 Int. Cl.:  
**H04L 12/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08003010 .9**

96 Fecha de presentación : **19.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2040423**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.03.2009**

54 Título: **Utilización mejorada de enlaces de datos.**

30 Prioridad: **20.09.2007 US 973920 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.04.2011**

73 Titular/es: **Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)**  
**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es: **Rathonyi, Tibor;**  
**Nilsson, Mattias;**  
**Sagfors, Mats y**  
**Wiemann, Henning**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 356 861 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

**Campo técnico**

La presente invención se refiere al control de una memoria intermedia de paquetes de datos en un sistema de comunicaciones.

**5 Antecedentes**

10 En sistemas de comunicaciones basados en paquetes de datos, es decir, sistemas en los que la información a transmitir se divide en una pluralidad de paquetes y los paquetes individuales se envían a través de un enlace de comunicaciones, se conoce la provisión de memorias intermedias con cola de espera en varios puntos de la red. Una memoria intermedia puede ser una memoria intermedia de terminación o de entrada (es decir, una memoria intermedia para paquetes de datos que se van a enviar a través de un enlace) o una memoria intermedia de recepción o de salida (es decir, una memoria intermedia para paquetes de datos que ya se han enviado a través de un enlace).

15 A los paquetes para transportar datos se les puede denominar mediante una cualquiera de una variedad de nombres, tales como paquetes de datos de protocolo, tramas, segmentos, celdas, etcétera, dependiendo del contexto específico, del protocolo específico usado, y de ciertas otras convenciones. En el contexto del presente documento, a dichos paquetes formados por datos se les hace referencia típicamente como paquetes de datos. A los procedimientos para colocar paquetes de datos en una cola, hacerlos avanzar en la misma, y eliminar paquetes de datos de ella, se les hace referencia como "gestión de colas".

20 Un fenómeno conocido en las redes de transmisión de paquetes de datos es el de la congestión. La congestión implica un estado en el que no es posible manipular fácilmente el número de paquetes de datos que es necesario transportar a través de esa conexión o enlace. Como consecuencia de una congestión en un enlace determinado, se produce un aumento del número de paquetes de datos en una memoria intermedia con cola de espera, asociada a dicho enlace. Como respuesta a una condición de congestión, se conoce la implementación de un mecanismo de exclusión de paquetes de datos al que se hace referencia como "exclusión al producirse el llenado". Según este mecanismo, tras la recepción de un paquete de datos en la memoria intermedia con cola, un parámetro relacionado con la longitud de la cola, tal como la longitud real de la cola o la longitud media de la misma, se compara con un umbral predeterminado. Si se supera el umbral predeterminado, entonces se excluye un paquete de datos. El umbral indica el estado de "llenado" de la cola.

25 El paquete de datos que se excluye puede ser el paquete recién llegado, en cuyo caso al mecanismo se le denomina "exclusión por detrás". Además de la técnica de exclusión por detrás, se conoce también la puesta en práctica de la denominada "exclusión aleatoria", en la que un paquete de datos que ya está en la cola se selecciona según una función aleatoria, o la denominada "exclusión por delante", en la que se excluye el primer paquete de datos en la cola. Dichos mecanismos de exclusión al producirse el llenado sirven no solamente para reducir la carga sobre el enlace con congestión, sino también como una notificación de congestión implícita al origen y/o el destino del paquete de datos.

30 Dicha gestión de colas se describirá en este documento, y los ejemplos que se describirán con cierto detalle involucrarán un entorno de banda ancha de móviles. Actualmente, se realizan actualizaciones de la tecnología de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA) de la tercera generación (3G) con el fin de proporcionar mayores velocidades de datos para el canal tanto de enlace descendente como de enlace ascendente. La primera fase está destinada principalmente a velocidades de enlace descendente superiores de hasta 14 Mbps. Esto ya se ha implementado en redes comerciales y se le hace referencia como acceso por paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA). Pronto, se suministrarán velocidades de enlace ascendente superiores, hasta 6 Mbps, mediante el acceso por paquetes de enlace ascendente de alta velocidad (HSUPA), el cual se conoce también como Enlace Ascendente Mejorado (EUL). A esta combinación de HSDPA y HSUPA se le hace referencia comúnmente como acceso por paquetes de alta velocidad (HSPA).

35 Actualmente, está en marcha el trabajo de normalización de actualizaciones adicionales de los sistemas 3G para proporcionar velocidades de datos todavía mayores y una disminución de los retardos de transmisión. Los mismos se lograrán mediante mejoras adicionales del HSPA (e-HSPA), las cuales siguen basándose en el WCDMA. La Evolución a Largo Plazo (LTE) permitirá utilizar bandas de frecuencias más amplias. Es común para estas tecnologías la existencia de un enlace inalámbrico de alta velocidad que es compartido por todos los terminales móviles en una célula. La transmisión sobre este canal compartido se controla desde la red por parte de un planificador que funciona de acuerdo con algoritmos específicos de la red. El planificador transmite hacia los terminales de la célula concesiones de acceso a canales para controlar a quién se le permite usar el canal compartido. Esta señalización del proceso de concesión de canales es muy rápida y la concesión de acceso se puede cambiar entre usuarios varias veces por segundo. El algoritmo del planificador, el número de terminales activos y la situación actual de los recursos de radiocomunicaciones en la célula son desconocidos para el terminal móvil. Esto da como resultado que el enlace inalámbrico, según se observa desde un terminal móvil, pueda presentar grandes variaciones de velocidad y, en el peor de los casos, pueda cambiar desde varios Mbps hasta unos pocos cientos de Kbps varias veces por segundo.

45 Con independencia de las velocidades de datos mejoradas que proporcionan estas actualizaciones, sigue siendo probable que el enlace inalámbrico sea el cuello de botella de una conexión de extremo-a-extremo. Con las

condiciones variables de las radiocomunicaciones y el ancho de banda variable en el enlace inalámbrico, la memoria intermedia de enlace ascendente en el terminal móvil presentará un tamaño variable de la cola de espera. Se necesita por lo tanto algún tipo de gestión de la memoria intermedia para lograr una buena utilización del enlace y retardos bajos. El planteamiento más claro consistiría en dejar que todos los datos entrantes se almacenasen temporalmente con independencia de las condiciones del enlace. No obstante, este planteamiento presenta muchos inconvenientes. En primer lugar, la capacidad de la memoria intermedia está limitada físicamente. Además, con las colas de espera grandes se experimentan varios problemas, tales como retardos excesivos de los paquetes de extremo-a-extremo, agravios entre flujos competidores, latencia inducida a otro tráfico que comparta la misma memoria intermedia, y una capacidad de reacción lenta en la navegación web. Para mantener el tamaño de la cola a un nivel "apropiado", se necesita por tanto un esquema para gestionar memorias intermedias con cola de espera.

Las soluciones de la técnica anterior incluyen un algoritmo contador para evitar descarte de paquetes (PDPC) para enlaces WCDMA tradicionales (por ejemplo, se asigna un canal dedicado por cada flujo TCP) según se muestra en "Queue Management for TCP Traffic over 3G Links", IEEE, marzo de 2003, de Sâgfors M., Ludwig R., Meyer M., Peisa J., y "Buffer Management for Rate-Varying 3G Wireless Links Supporting TCP Traffic", IEEE, abril de 2003, de Sâgfors M., Ludwig R., Meyer M., Peisa J.

Además, el documento WO-02098153 A1 describe un método de gestión de una cola de paquetes de datos en una memoria intermedia. Tras haber definido unos niveles de umbral mínimo y máximo para la cola de paquetes, el método ejecutará, para aquellos paquetes de datos que son recibidos por la memoria intermedia, un procedimiento para evitar la congestión cuando el umbral supere el nivel máximo o cuando la cola de la memoria intermedia se sitúe entre los niveles definidos. Y además, no ejecutará un procedimiento para evitar la congestión cuando la cola de la memoria intermedia sea menor que el umbral mínimo.

No obstante, estas revelaciones de la técnica anterior presentan un inconveniente por cuanto el enlace a través del cual se van a transmitir paquetes almacenados temporalmente corre el riesgo de ser infrutilizado. Es decir, para garantizar que el enlace se utiliza completamente después de una exclusión de un paquete, es necesario que la capacidad de canalización del TCP (la cantidad mínima de datos que necesita tener en tránsito un flujo TCP para utilizar completamente el ancho de banda de la interfaz de cuello de botella) se almacene temporalmente en el momento de la exclusión del paquete. Como la capacidad de canalización depende mucho del ancho de banda del enlace, dichas soluciones de la técnica anterior no son óptimas en entornos en los que el ancho de banda del enlace puede variar en una escala temporal reducida.

"Weighted fair discard scheme for buffer management in the presence of network congestion", de Tao L. et al., COMPUTER COMMUNICATIONS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS BV, AMSTERDAM, NL, vol. 25, n.º 10, 15 de junio de 2002 (15-06-2002), páginas 944 a 953, XP004339928 ISSN: 0140-3664 describe la eliminación de datos de memorias intermedias asociadas a conexiones, en las que la cantidad de datos eliminados es proporcional a los pesos de descarte de las conexiones, en donde los pesos se ajustan dinámicamente.

## Sumario

Con el fin de mejorar las soluciones de la técnica anterior, se proporciona, según un primer aspecto, un método para controlar una cola de paquetes de datos en un enlace de transmisión en un sistema de comunicaciones. En la cola se almacena una pluralidad de paquetes de datos recibidos que están destinados a la transmisión a través de una interfaz inalámbrica. El método conlleva el descarte de paquetes seleccionados de la cola sin que los paquetes seleccionados hayan sido transmitidos. Un paquete es seleccionado para ser descartado dependiendo de por lo menos la cantidad de tiempo que el paquete ha estado almacenado en la cola. El descarte de un paquete seleccionado se efectúa a condición de que haya transcurrido por lo menos un periodo de tiempo predeterminado desde que ha tenido lugar un descarte previo de un paquete.

Por contraposición por lo menos al texto de Tao L. et al. expuesto anteriormente, el método comprende una serie de operaciones, que conllevan el cálculo de un periodo de tiempo desde que se descartó un paquete de la cola sin haber sido transmitido y, para cada paquete de por lo menos un subconjunto de los paquetes en la cola, el cálculo de un periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola. Si, para cada uno de dichos paquetes, el periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola es mayor que un primer umbral y el periodo de tiempo desde que se descartó un paquete de la cola sin haber sido transmitido es mayor que un segundo valor de umbral, el paquete se descarta.

Dicha solución es ventajosa en que, para condiciones variables del ancho de banda de transmisión en el enlace de transmisión, es posible lograr una utilización y un caudal buenos del enlace, aunque permitiendo al mismo tiempo un retardo bajo de extremo-a-extremo para paquetes transmitidos en el enlace. Esto se logra debido a que se ha observado que la cantidad de tiempo que ha estado almacenado el paquete en la cola es independiente, en gran medida, de la velocidad de datos instantánea en el enlace, y se puede evitar la exclusión de múltiples paquetes de exactamente la misma ventana de transmisión por medio de la condición de que, entre los paquetes descartados, transcurra por lo menos un periodo de tiempo predeterminado.

Las realizaciones pueden comprender aquellas en la que, para cada uno de dichos paquetes, si el periodo de

tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola es mayor que un tercer umbral, el paquete se descarta.

Se puede evitar el descarte de paquetes en caso de que el número de paquetes almacenados en la cola sea menor que un cuarto valor de umbral.

5 Las realizaciones pueden incluir el cálculo de un tiempo de ida y vuelta que sea característico de la interfaz inalámbrica, y la asignación de por lo menos el tiempo de ida y vuelta calculado al primer umbral.

10 Usando la terminología de un entorno TCP/IP, y mediante ejemplificación con una implementación en dicho entorno, es decir, la cola almacena paquetes TCP/IP para su transmisión a través de un enlace de transmisión de capas inferiores (incluyendo la interfaz inalámbrica) hacia una entidad receptora TCP/IP correspondiente, se observan varias ventajas con respecto a soluciones de la técnica anterior. Condicionando al segundo valor de umbral el descarte de un paquete situado en cola, se reduce la cantidad de datos excluidos y, por lo tanto, se reduce también la probabilidad de interrumpir una retransmisión TCP, y se evitan, de este modo, tiempos de espera de retransmisiones (RTO's) de TCP.

15 Con respecto al uso del tercer valor de umbral, al ser un parámetro que puede controlar el descarte de paquetes que han estado almacenados en la cola durante un periodo de tiempo mayor que este valor de umbral con independencia de cualquier condición fijada sobre el descarte por el segundo valor de umbral, el mismo puede controlar el descarte de paquetes "obsoletos" en la cola. Es decir, aplicando el tercer valor de umbral, es posible disponer que retransmisiones TCP que vienen a continuación de un RTO entren en una cola de espera corta y asuman de este modo una probabilidad baja de verse sujetas a un tiempo de espera repetido.

20 Con respecto al uso del cuarto valor de umbral, al ser un parámetro que puede evitar el descarte de paquetes de la cola si esta última es corta, se puede observar una ventaja teniendo en cuenta que, en una situación de ancho de banda reducido, los paquetes permanecerán más tiempo en la cola que con un ancho de banda mayor. El uso del cuarto valor de umbral evita el descarte de paquetes de tal manera que se elude una cola vacía, lo cual resulta ventajoso puesto que una situación con una cola vacía puede suboptimizar el nivel de utilización del enlace de transmisión.

25 Por otra parte, el almacenamiento de paquetes de datos recibidos puede conllevar el almacenamiento de paquetes destinados a la transmisión a través de un enlace ascendente en un sistema de comunicaciones de móviles, y el almacenamiento de paquetes de datos recibidos también puede conllevar el almacenamiento de paquetes destinados a la transmisión a través de un enlace descendente en un sistema de comunicaciones de móviles.

30 Las realizaciones incluyen aquellas en las que el primer umbral está en el intervalo de entre 0,25 y 0,30 segundos, el segundo umbral está en el intervalo de entre 0,095 y 0,105 segundos, el tercer umbral está en el intervalo de entre 1,1 y 1,3 segundos, y el cuarto umbral es por lo menos 3 paquetes, por ejemplo, en el intervalo de entre 5 y 6 paquetes. Dichas realizaciones presentan la ventaja de que se optimizan la utilización y el caudal del enlace, aunque logrando al mismo tiempo un bajo retardo de extremo-a-extremo para paquetes transmitidos en el enlace.

35 En un segundo aspecto, se proporciona un aparato configurado para controlar una memoria con cola de paquetes de datos conectada a un enlace de transmisión en un sistema de comunicaciones. La memoria con cola está configurada para almacenar una pluralidad de paquetes de datos recibidos destinados a ser transmitidos a través de una interfaz inalámbrica en el sistema de comunicaciones. El aparato está configurado para descartar paquetes seleccionados, de la memoria con cola de espera, sin que los paquetes seleccionados hayan sido transmitidos. La configuración es tal que el aparato es capaz de seleccionar un paquete dependiendo de por lo menos la cantidad de tiempo que ha estado almacenado el paquete en la cola, y está configurado además de tal manera que es capaz de descartar un paquete seleccionado a condición de que haya transcurrido por lo menos un periodo de tiempo predeterminado desde que ha tenido lugar un descarte previo de un paquete.

45 El aparato de acuerdo con el segundo aspecto puede estar incluido, según un tercer aspecto, en un terminal de comunicaciones móvil, y un programa de ordenador según un cuarto aspecto puede comprender instrucciones de software que, cuando se ejecutan en un ordenador, ponen en práctica el método según el primer aspecto. Estos aspectos adicionales proporcionan efectos y ventajas correspondientes según se ha descrito anteriormente en relación con el primer aspecto.

### Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán realizaciones en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

50 la figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema de comunicaciones,

la figura 2 ilustra esquemáticamente un terminal móvil de comunicaciones,

la figura 3 ilustra esquemáticamente pilas de protocolos en un enlace ascendente, y

la figura 4 es un diagrama de flujo de un algoritmo de formación de colas.

### Descripción detallada de las realizaciones

La figura 1 ilustra esquemáticamente una red 100 del sistema universal de telecomunicaciones de móviles (UMTS), en la que se pueden implementar el método, la disposición y el software antes resumidos. No obstante, debe observarse que los expertos podrán llevar a la práctica fácilmente implementaciones en otros sistemas de comunicación similares en los que sea necesario una formación de colas de paquetes de datos.

En la figura 1, la red UMTS 100 comprende una red central 102 y una red terrestre de acceso de radiocomunicaciones UMTS (UTRAN) 103. La UTRAN 103 comprende una serie de controladores de red de radiocomunicaciones (RNC) 104, cada uno de los cuales está acoplado a un conjunto de estaciones transceptoras base (BTS) vecinas 105. A las BTS's se les hace referencia en ocasiones como Nodos B. Cada Nodo B 105 es responsable de una célula geográfica determinada y el RNC 104 de control es responsable de encaminar datos de usuario y de señalización entre ese Nodo B 105 y la red central 102. Todos los RNC's 104 están acoplados entre sí. En "Technical Specification TS 25.401 V3.2.0 of the 3rd Generation Partnership Project" se ofrece un perfil general de la UTRAN 103.

La figura 1 ilustra también dispositivos móviles o equipos de usuario (UE) 106a a c conectados a un Nodo B respecto 105a a b en la UTRAN 103 a través de una interfaz aérea respectiva 111 a a c, un nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN) 107 y un nodo de soporte de pasarela GPRS (GGSN) 108. Los dispositivos móviles a los que presta servicio un Nodo B, tales como los dispositivos 106a y 106b a los que presta servicio el Nodo B 105a, están situados en una denominada célula de radiocomunicaciones. El SGSN 107 y el GGSN 108 proporcionan servicios de datos por conmutación de paquetes para el UE 106 a través de la UTRAN 103, estando acoplado el GGSN 108 a Internet 109, en donde, esquemáticamente, un servidor 110 ilustra una entidad con la que pueden comunicarse los dispositivos móviles 106. Tal como percibirán los expertos, la red 100 de la figura 1 puede comprender un número elevado de unidades funcionales similares en la red central 102 y la UTRAN 103, y, en realizaciones típicas de redes, el número de dispositivos móviles puede ser muy alto.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un dispositivo móvil 206 de comunicaciones, que se corresponde con cualquiera de los dispositivos 106 de comunicaciones de la figura 1. El dispositivo 206 de comunicaciones, que se muestra con algo más de detalle en comparación con la descripción del dispositivo 106 de la figura 1, comprende un procesador 210, una memoria 211 así como unidades de entrada/salida en forma de un micrófono 217, un altavoz 216, una pantalla 218 y un teclado 215 conectados al procesador 210 y la memoria 211 a través de una unidad 214 de interfaz de entrada/salida. La radiocomunicación a través de una interfaz aérea 222 se logra mediante una circuitería 212 de radiocomunicaciones y una antena 213. El procesador 210 hace uso de instrucciones de software almacenadas en la memoria 211 para controlar todas las funciones del terminal 206, incluyendo las funciones que se describirán de forma detallada posteriormente en relación con la formación de colas de paquetes de datos. En otras palabras, por lo menos el procesador y la memoria forman parte de un aparato que está configurado para controlar una cola de paquetes de datos, según se ha resumido con anterioridad y se describe de forma detallada posteriormente. Los expertos conocen detalles adicionales con relación a cómo funcionan estas unidades para realizar funciones normales dentro de una red UMTS, tal como la red 100 de la figura 1, y, por lo tanto, los mismos no se describen de forma adicional.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un enlace ascendente en una red de comunicaciones tal como la red 100 de la figura 1. La figura 3 muestra el enlace ascendente en términos de una pila 306 de protocolos en un dispositivo móvil, tal como el dispositivo 106 de la figura 1, y una pila 330 de protocolos en una red tal como la red 100 de la figura 1. Una o varias aplicaciones 321 en el dispositivo móvil se comunican con una o varias aplicaciones 331 que pueden residir en un servidor, tal como el servidor 110 de la figura 1. La aplicación 321 transmite datos usando cualquier protocolo de aplicación adecuado, incluyendo protocolos tales como HTTP, SMTP, SIP, FTP, etcétera, encapsulados en segmentos TCP en una capa TCP 322 y en paquetes IP en una capa IP 323. A continuación, los paquetes de datos se encapsulan adicionalmente a través de capas 324 y 325 de red y de enlace de datos y se transmiten a través de una interfaz física 311 de radiocomunicaciones hacia la pila 330 de recepción en la red, en donde los datos se extraen en orden inverso en las capas 335, 334 de enlace de datos y de red, las capas TCP/IP 333, 332 y acaban finalmente como datos de protocolo de aplicación en la aplicación 331.

La pila de ejemplo de la figura 3 se puede poner en práctica en una red UMTS tal como la red 100 de la figura 1. En tal caso, las capas de red y de enlace de datos 324,334 y 325,335 son respectivamente las capas de control de recursos de radiocomunicaciones (RRC) y de control de acceso a los medios (MAC).

Tal como se ha indicado anteriormente, actualmente se están desarrollando actualizaciones de redes UMTS, tales como la red 100 de la figura 1, para proporcionar velocidades de datos todavía mayores y una disminución de los retardos de transmisión. Los mismos se lograrán mediante mejoras adicionales del HSPA (e-HSPA), y la Evolución a Largo Plazo (LTE) permitirá utilizar bandas de frecuencia más amplias. Es común para estas tecnologías la existencia de un enlace inalámbrico de alta velocidad que es compartido por todos los terminales móviles, es decir, dispositivos 106a y 106b en la red 100 de ejemplo de la figura 1, en una célula. La transmisión sobre este canal compartido se controla desde la red 100 por medio de un planificador que ejecuta una función de planificación, situado preferentemente en un RNC 104 que funciona de acuerdo con algoritmos específicos de la red. El planificador transmite concesiones de acceso a canales para los terminales móviles en la célula con el fin de controlar a quién se le permite usar el canal compartido. Esta señalización del proceso de concesión de acceso es muy rápida, y la concesión de un

acceso se puede cambiar entre terminales varias veces por segundo. El algoritmo del planificador, el número de terminales móviles activos y la situación actual de los recursos de radiocomunicaciones en la célula son desconocidos para el terminal móvil. Esto da como resultado que el enlace inalámbrico, según se observa desde un terminal móvil, pueda presentar grandes variaciones de velocidad y, en el peor de los casos, pueda cambiar desde varios Mbps a unos pocos cientos de Kbps varias veces por segundo.

En referencia también a la figura 2, que ilustra más detalladamente un terminal móvil 206 que se corresponde con cualquiera de los terminales móvil 106 de la figura 1, la formación de colas de paquetes de datos la realiza el procesador 210 haciendo uso de parte de la memoria 211 como memoria de cola. La formación de colas de paquetes se puede realizar, en términos de la pila de protocolos ilustrada en la figura 3, en cualquier capa entre la capa TCP 322 y el enlace físico 311. Por ejemplo, la formación de colas se puede implementar de tal manera que se forme una cola de paquetes IP en la capa IP 323 antes de que los mismos sean transmitidos adicionalmente en sentido ascendente hacia la capa RRC 324.

Volviendo a continuación a la figura 4, se describirá dicha formación de colas en términos de un algoritmo que procesa paquetes TCP sobre un enlace ascendente en un sistema UMTS. El algoritmo se ilustra por medio de un diagrama de flujo que puede ser puesto en práctica por un experto mediante el suministro de instrucciones de software configuradas adecuadamente en circuitos de memoria de un terminal móvil, tal como el terminal 206 de la figura 2.

El algoritmo define cuatro parámetros. Un primer parámetro de umbral, indicado como `umbralLongevMin`, define el tiempo que se permite permanecer a un paquete en la cola. Si un paquete saliente supera este tiempo, el paquete se excluye. Para evitar múltiples exclusiones consecutivas, un segundo parámetro de umbral se define como un parámetro de separación de exclusiones, indicado como `tiempoMinEntreExclusiones`, que evita que el algoritmo realice una segunda exclusión antes de que haya transcurrido un cierto tiempo. No obstante, en situaciones con ancho de banda variable, la memoria intermedia podría resultar extremadamente sobredimensionada en los momentos en los que el ancho de banda se reduce mucho, es decir, para conmutaciones grandes en sentido descendente. Por lo tanto, se define un tercer parámetro de umbral, indicado como `umbralLongevMax`, que es independiente del `tiempoMinEntreExclusiones`, para permitir exclusiones de ráfagas en tales casos. Finalmente, un cuarto parámetro de umbral, indicado como `umbralExclusiónInferior`, evita que el algoritmo excluya un paquete si la memoria intermedia contiene menos que un cierto número de paquetes. Esto da como resultado que la memoria intermedia contenga siempre un número suficiente de paquetes para activar una retransmisión rápida TCP.

El algoritmo comienza en una etapa de inicialización 401 en la que se inicializan todos los parámetros necesarios, es decir, los cuatro parámetros de umbral así como contadores internos, etcétera. A continuación se describirán valores específicos de los parámetros en relación con una descripción de resultados de ejecuciones de pruebas.

Para cada paquete de datos entrante, se almacena el tiempo de llegada, es decir, el tiempo de almacenamiento en la cola. Esto se ilustra mediante el bucle de etapas 403 y 405. Este bucle de registro de tiempos continúa con independencia de las etapas que constituyen un bucle de control 407 a 419 para los paquetes de datos salientes situados en cola que están destinados a ser transmitidos sobre el enlace ascendente.

Tal como se ilustra mediante el bloque 407, se considera cada paquete saliente, no necesariamente de manera secuencial sino también, posiblemente, en paralelo. Se obtiene el tamaño actual de la cola y, en una etapa de comparación 409, el mismo se compara con el cuarto parámetro de umbral (el `umbralExclusiónInferior`). Si se observa que el tamaño actual de la cola no es mayor que el `umbralExclusiónInferior`, entonces el paquete se transmite en una etapa de transmisión 411, si no el algoritmo continúa obteniendo un valor que representa el tiempo actual, y compara, en una etapa de comparación 413, este valor con el tiempo de almacenamiento en la cola del paquete que se está considerando. Si la diferencia entre el tiempo actual y el tiempo de almacenamiento en la cola no es mayor que el primer parámetro de umbral (el `umbralLongevMin`), entonces el paquete se transmite en la etapa de transmisión 411.

Después de la transmisión de un paquete de la cola, en la etapa de transmisión 411, se procesa el siguiente paquete situado en la cola tal como se ilustra mediante la flecha de retorno entre la etapa 411 y la etapa 407.

Por otro lado, si la diferencia entre el tiempo actual y el tiempo de almacenamiento en la cola es mayor que el primer parámetro de umbral según se determina en la etapa 413, el algoritmo continúa hacia la etapa 415, en donde el tiempo actual se compara con el tiempo en el que se produjo una última exclusión de un paquete. Si la diferencia entre el tiempo actual y el tiempo en el que se produjo una última exclusión de un paquete no es mayor que el segundo parámetro de umbral (el `tiempoMinEntreExclusiones`), entonces el algoritmo continúa en una etapa de comparación 417.

Por otro lado, si la diferencia entre el tiempo actual y el tiempo en el que se produjo una última exclusión de un paquete, según se determina en la etapa 415, es mayor que el segundo parámetro de umbral, entonces el algoritmo continúa en una etapa de exclusión 419, en la que el paquete que se está considerando se excluye de la cola, y un parámetro que tiene un valor que representa el tiempo en el que se produjo una última exclusión de un paquete se actualiza con el valor correspondiente al tiempo actual.

En la etapa de comparación 417, el valor que representa el tiempo actual se compara con el tiempo de almacenamiento en la cola del paquete que se está considerando. Si la diferencia entre el tiempo actual y el tiempo de

almacenamiento en la cola no es mayor que el tercer parámetro de umbral (el `umbralLongevMax`), entonces el paquete se transmite en la etapa de transmisión 411.

Si no, si la diferencia entre el tiempo actual y el tiempo de almacenamiento en la cola es mayor que el tercer parámetro de umbral (el `umbralLongevMax`), entonces el paquete se excluye en la etapa de exclusión 419.

5 Después de excluir un paquete de la cola, en la etapa de exclusión 419, se procesa el siguiente paquete situado en la cola tal como se ilustra mediante la flecha de retorno entre la etapa 419 y la etapa 407.

Este algoritmo se puede expresar también en pseudocódigo de la manera siguiente:

**para cada paquete saliente**

**si (tamaño <= umbralExclusiónInferior)**

10 **transmitir paquete**

**si no**

**si ((retardo > umbralLongevMin Y**

**ahora - tiempoExclusiónPrevia > tiempoMinEntreExclusiones))**

**O (retardo > umbralLongevMax))**

15 **descartar paquete**

**tiempoExclusiónPrevia = ahora**

**si no**

**transmitir paquete**

20 Los valores óptimos para los parámetros se han obtenido y analizado a través de pruebas. Se ha observado que un valor óptimo para el `umbralLongevMin` para escenarios con un ancho de banda fijo está entre 0,25 y 0,3 segundos. No obstante, para niveles bajos del ancho de banda, estos valores dan como resultado una infrautilización del enlace. Por lo tanto, el `umbralExclusiónInferior` se debería fijar preferentemente a por lo menos 3 paquetes, por ejemplo, en el intervalo de 5 a 6 paquetes, para evitar que el algoritmo drene la cola y reduzca el caudal.

25 Debido a que versiones diferentes del TCP reaccionan de forma diferente a exclusiones de ráfagas, no se puede determinar un valor óptimo general para el `tiempoMinEntreExclusiones`. Las pruebas se realizaron usando la SACK TCP y mostraron que es necesario tomar una decisión sobre si lo más esencial es conservar el caudal u optimizar el rendimiento en un escenario de múltiples flujos. Las pruebas mostraron que su fijación a un valor de 0,7 segundos, no dio como resultado ninguna interrupción de las retransmisiones y se mejoró el caudal. Sin embargo, para un escenario de múltiples flujos, podría pasar que se produjera una exclusión de un flujo no dominante. Entonces, un valor de 0,7 segundos podría dar como resultado una memoria intermedia fuertemente sobredimensionada, lo cual deriva en un aumento de los retardos e inanición de flujos no dominantes. Para evitar esto, dicho parámetro se debería fijar entonces a un valor del orden de 100 ms. Las pruebas mostraron adicionalmente que la fijación del `umbralLongevMax` a un valor de 1,2 segundos redujo el retardo para conmutaciones grandes del ancho de banda en sentido descendente. Con estos ajustes, se alcanzó una reducción del retardo de extremo-a-extremo sin reducción del caudal, para todos los niveles del ancho de banda en el intervalo del EUL UMTS.

35 Se realizaron comparaciones entre el algoritmo descrito anteriormente y memorias intermedias pasivas con exclusión por delante para diferentes niveles fijos del ancho de banda. Las pruebas mostraron que el algoritmo anterior mejoraba el retardo medio de extremo-a-extremo en hasta 10 veces para los niveles de ancho de banda inferiores. Se observó que el planteamiento de almacenamiento temporal pasivo se tenía que configurar para todos los niveles de ancho de banda y retardos de Internet con el fin de lograr el mismo rendimiento, en términos de caudal y retardo de extremo-a-extremo, que el algoritmo descrito anteriormente. Por otro lado, el algoritmo anterior se configuró con sus ajustes óptimos de los parámetros con independencia del retardo de Internet y los niveles del ancho de banda. Consecuentemente, se obtuvo la ventaja de necesitar una configuración reducida.

45 Se realizaron pruebas adicionales en escenarios variables del ancho de banda, en donde se realizaron comparaciones entre el algoritmo descrito anteriormente y memorias intermedias pasivas con exclusión por delante. El planteamiento de exclusión por delante presentó unos retardos muy elevados de extremo-a-extremo, mientras que el algoritmo anterior consiguió siempre mantenerlos a un nivel bajo menor que 1 segundo. Para escenarios variables con cambios menores, el algoritmo anterior provoca reducciones mucho menores del caudal, del orden del 15 %, en el peor de los casos, pero mejora el retardo medio de extremo-a-extremo con por lo menos un factor de dos en comparación con el planteamiento de exclusión por delante. Además, las pruebas muestran una ventaja importante del algoritmo anterior en términos de la distribución del tiempo de ida y vuelta (RTT) del segmento TCP. Se observó que el RTT real

es aproximadamente 1 segundo mientras que el planteamiento de exclusión por delante presenta RTTs de hasta 15 segundos. En las pruebas se observó claramente el compromiso entre el caudal y el retardo de extremo-a-extremo.

5            Todavía en otras pruebas, se realizaron investigaciones para escenarios con múltiples flujos, por ejemplo, una situación en la que varias aplicaciones en un terminal móvil necesitan transmitir datos sobre el enlace ascendente. Los resultados mostraron una clara victoria para el algoritmo antes descrito en escenarios de múltiples flujos, en comparación con el planteamiento pasivo. El algoritmo anterior evitó satisfactoriamente el comportamiento de cierre de los flujos no dominantes que se observó en el caso de la gestión de memorias intermedias pasivas. Además, en el planteamiento pasivo de exclusión por delante se observó una contradicción con el mecanismo fundamental del TCP del inicio lento del principio. En muchos casos, el segmento SYN TCP superó el temporizador de retransmisión inicial y sobrepasó el tiempo de espera en la cola debido a un sobrealmacenamiento temporal. Esto dio como resultado el hecho de que se omitió la fase de inicio lento del principio y el flujo TCP comenzó en la fase para evitar la congestión. Se observó que el algoritmo anterior evitaba este fenómeno.

10            Debe indicarse que, aunque la descripción de realizaciones anteriormente hace referencia de forma principal a un enlace ascendente en un sistema de comunicaciones de móviles, los expertos adaptarán fácilmente estos principios a un enlace descendente en un sistema de comunicaciones de móviles. Es decir, las realizaciones descritas son adaptables también al enlace ascendente mejorado (EUL) y el acceso por paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA) en sistemas WCDMA actuales así como enlaces ascendentes y enlaces descendentes en sistemas de evolución a largo plazo (LTE).

15            Por tanto, en resumen, en el presente documento se describe el control de una memoria intermedia de paquetes de datos en un sistema de comunicaciones. Se muestra el control de una cola de paquetes de datos en un enlace de transmisión. En la cola se almacena una pluralidad de paquetes de datos recibidos que están destinados a ser transmitidos a través de una interfaz inalámbrica. Se descartan paquetes seleccionados de la cola sin que los mismos hayan sido transmitidos. Un paquete se selecciona para ser descartado dependiendo de por lo menos la cantidad de tiempo que ha estado almacenado el paquete en la cola. El descarte de un paquete seleccionado se efectúa a condición de que haya transcurrido por lo menos un periodo de tiempo predeterminado desde que ha tenido lugar un descarte previo de un paquete. Una solución de este tipo resulta ventajosa ya que, para condiciones variables del ancho de banda de transmisión en el enlace de transmisión, es posible lograr una utilización y un caudal buenos del enlace, mientras que al mismo tiempo se permite un retardo bajo de extremo-a-extremo para paquetes transmitidos en el enlace.



## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de control de una cola de paquetes de datos en un enlace de transmisión en un sistema (100) de comunicaciones, almacenando dicha cola una pluralidad de paquetes de datos recibidos, destinados a ser transmitidos a través de una interfaz inalámbrica, conllevando el método descartar paquetes seleccionados de la cola sin que los paquetes seleccionados hayan sido transmitidos, en donde un paquete se selecciona dependiendo de por lo menos la cantidad de tiempo que el paquete ha estado almacenado en la cola, y en donde el descarte de un paquete seleccionado se efectúa a condición de que haya transcurrido por lo menos un periodo de tiempo predeterminado desde que ha tenido lugar un descarte previo de un paquete, el método estando **caracterizado porque** comprende:
- 10 - para cada paquete, calcular un periodo de tiempo desde que se descartó un paquete de la cola sin haber sido transmitido,
- para cada paquete de por lo menos un subconjunto de los paquetes en la cola, calcular un periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola,
- 15 - para cada uno de dichos paquetes, si el periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola es mayor que un primer umbral y el periodo de tiempo desde que se descartó un paquete de la cola sin haber sido transmitido es mayor que un segundo valor de umbral, descartar el paquete.
2. Método de la reivindicación 1, que comprende además:
- para cada uno de dichos paquetes, si el periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola es mayor que un tercer umbral, descartar el paquete.
- 20 3. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que el descarte de paquetes se evita en caso de que el número de paquetes almacenados en la cola sea menor que un cuarto valor de umbral.
4. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:
- calcular un tiempo de ida y vuelta que es característico de la interfaz inalámbrica, y asignar por lo menos el tiempo de ida y vuelta calculado a dicho primer umbral.
- 25 5. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el almacenamiento de paquetes de datos recibidos conlleva el almacenamiento de paquetes destinados a ser transmitidos a través de un enlace ascendente (300) en un sistema (100) de comunicaciones de móviles.
6. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el almacenamiento de paquetes de datos recibidos conlleva el almacenamiento de paquetes destinados a ser transmitidos a través de un enlace descendente en un sistema (100) de comunicaciones de móviles.
- 30 7. Método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que:
- dicho primer umbral está en el intervalo de entre 0,25 y 0,30 segundos, y/o
- dicho segundo umbral está en el intervalo de entre 0,095 y 0,105 segundos, y/o
- dicho tercer umbral está en el intervalo de entre 1,1 y 1,3 segundos, y/o
- dicho cuarto umbral es por lo menos 3 paquetes.
- 35 8. Aparato (201) configurado para controlar una memoria con cola de paquetes de datos conectada a un enlace de transmisión en un sistema (100) de comunicaciones, estando configurada dicha memoria con cola para almacenar una pluralidad de paquetes de datos recibidos destinados a ser transmitidos a través de una interfaz inalámbrica en el sistema de comunicaciones, estando configurado el aparato para descartar paquetes seleccionados de la memoria con cola sin que los paquetes seleccionados hayan sido transmitidos, en donde el aparato está configurado además de tal manera que es capaz de seleccionar un paquete dependiendo de por lo menos la cantidad de tiempo que el paquete ha estado almacenado en la cola, y configurado además de tal manera que es capaz de descartar un paquete seleccionado a condición de que haya transcurrido por lo menos un periodo de tiempo predeterminado desde que ha tenido lugar un descarte previo de un paquete, estando el aparato **caracterizado porque** es capaz de:
- 40 - para cada paquete, calcular un periodo de tiempo desde que se descartó un paquete de la cola sin haber sido transmitido,
- para cada paquete de por lo menos un subconjunto de los paquetes en la cola, calcular un periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola,
- 45 - para cada uno de dichos paquetes, si el periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola es mayor que un primer umbral y el periodo de tiempo desde que se descartó un paquete de la cola sin haber sido transmitido es mayor que un segundo valor de umbral, descartar el paquete.
- 50

9. Aparato de la reivindicación 8, configurado de tal manera que es capaz de:
- para cada uno de dichos paquetes, si el periodo de tiempo durante el cual el paquete ha estado almacenado en la cola es mayor que un tercer umbral, descartar el paquete.
- 5 10. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, configurado de tal manera que es capaz de evitar el descarte de paquetes en caso de que el número de paquetes almacenados en la cola sea menor que un cuarto valor de umbral.
11. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, configurado de tal manera que es capaz de:
- calcular un tiempo de ida y vuelta que es característico de la interfaz inalámbrica, y asignar por lo menos el tiempo de ida y vuelta calculado a dicho primer umbral.
- 10 12. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, configurado de tal manera que es capaz de transmitir los paquetes de datos recibidos, a través de un enlace ascendente (300) en un sistema (100) de comunicaciones de móviles.
13. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, configurado de tal manera que es capaz de transmitir los paquetes de datos recibidos, a través de un enlace descendente en un sistema (100) de comunicaciones de móviles.
- 15 14. Aparato de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que:
- dicho primer umbral está en el intervalo de entre 0,25 y 0,30 segundos, y/o
  - dicho segundo umbral está en el intervalo de entre 0,095 y 0,105 segundos, y/o
  - dicho tercer umbral está en el intervalo de entre 1,1 y 1,3 segundos, y/o
  - dicho cuarto umbral es por lo menos 3 paquetes.
- 20 15. Dispositivo móvil (206) de comunicaciones que comprende el aparato (201) de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14.
16. Programa de ordenador que comprende instrucciones de software que, cuando son ejecutadas en un ordenador (210), ponen en práctica el método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

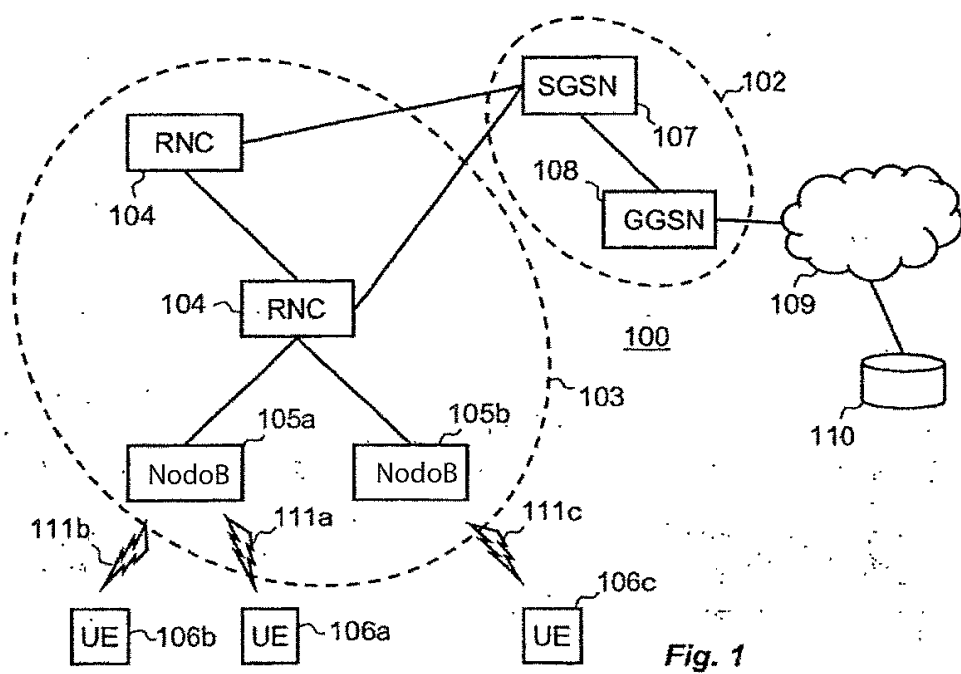


Fig. 1

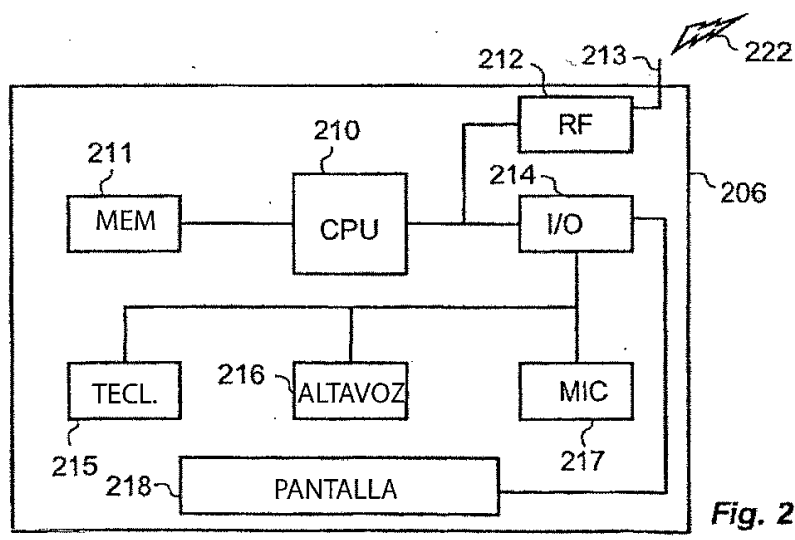


Fig. 2

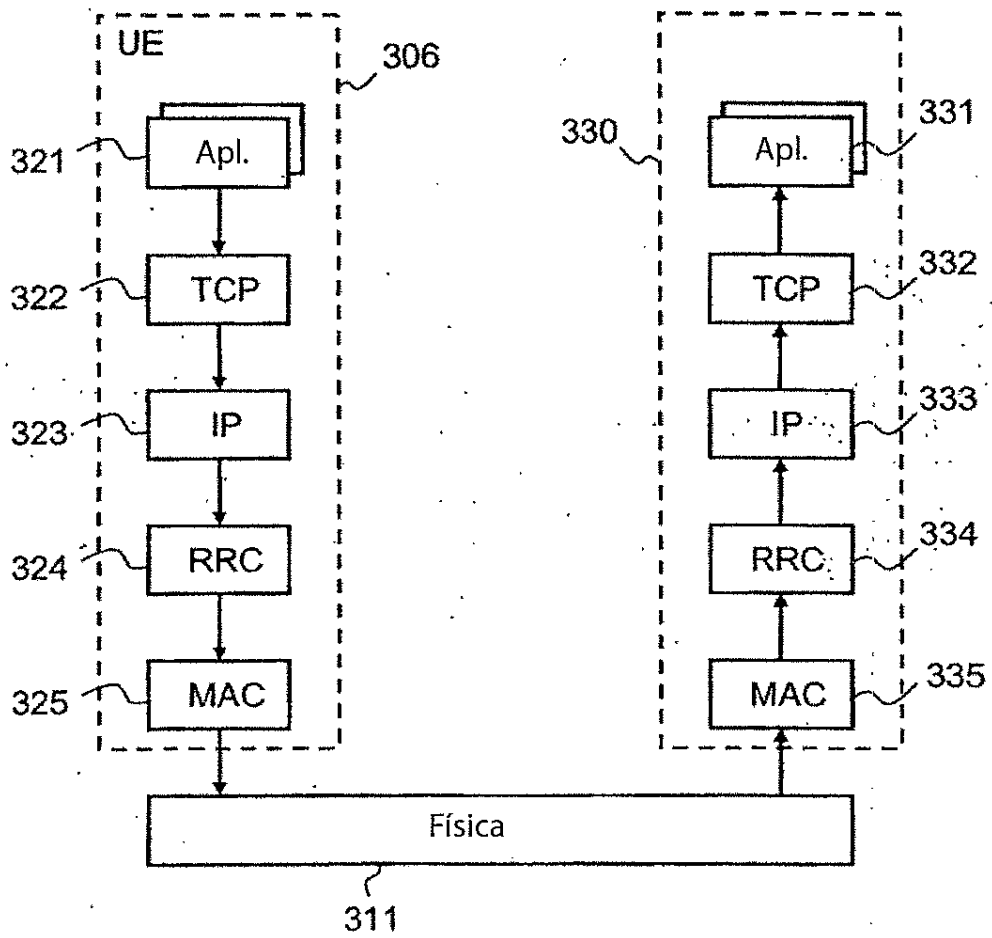


Fig. 3

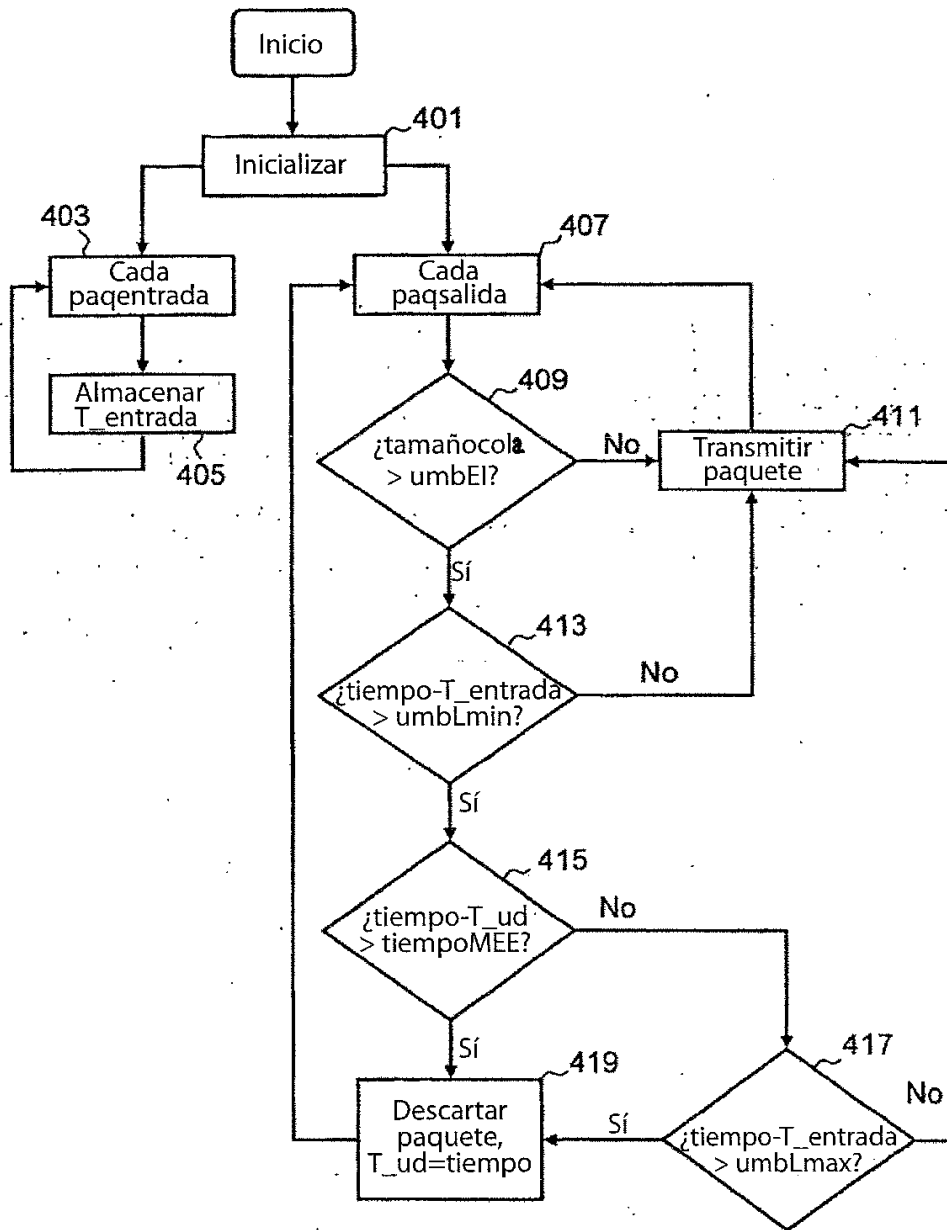


Fig. 4