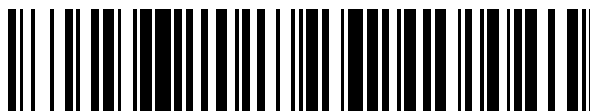


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 453**

51 Int. Cl.:

H04L 29/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2014** **E 14720515 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015** **EP 2815562**

54 Título: **Método y dispositivo para la disposición centralizada de pares en redes superpuestas P2P**

30 Prioridad:

25.04.2013 SE 1350513
25.04.2013 US 201313870790

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.07.2015

73 Titular/es:

PEERIALISM AB (100.0%)
P.O Box 5207
102 45 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

EL-BELTAGY, MOHAMMED;
ESSAYADI, FOUAD y
NAIEM, AMGAD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 541 453 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para la disposición centralizada de pares en redes superpuestas P2P

Campo técnico

5 La invención se refiere a un método y a un dispositivo para disponer pares en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua.

Antecedentes de la invención

10 Para la transmisión continua de vídeo en directo en un enfoque de cliente-servidor, la secuencia de vídeo se descarga desde el servidor de transmisión continua (es decir, la fuente de contenido a transmitir) al cliente. Una secuencia de vídeo consiste en un conjunto de datos consecutivos o subconjunto de datos, que el cliente solicita periódicamente para reproducir el vídeo. Un servicio escalable de transmisión continua en directo requiere un gran ancho de banda del servidor de transmisión continua para satisfacer un número creciente de clientes en Internet. A fin de reducir los costes del servidor de transmisión continua, se ha desarrollado la transmisión continua en directo de par a par (P2P). El concepto básico de la transmisión continua en directo P2P es hacer que los clientes, denominados pares en este contexto, compartan la carga con el servidor de transmisión continua.

15 Los sistemas de transmisión continua en directo P2P han ganado mucho interés en los últimos años, ya que tienen la ventaja de permitir que una fuente de transmisión continua emita, por ejemplo, un acontecimiento de vídeo en directo a un gran número de pares, sin tener que disponer de todo el ancho de banda requerido. Esto se hace utilizando la capacidad de carga de los pares para ayudar a la fuente de transmisión continua al emitir el contenido a los pares.

20 Las redes P2P comprenden cualquier red compuesta por entidades que proporcionan, cada una de ellas, acceso a una parte de sus recursos (por ejemplo, la capacidad de procesamiento, el almacenamiento en discos y/o el ancho de banda) para otras entidades. El concepto P2P difiere de las redes tradicionales basadas en la arquitectura de cliente-servidor, en las que una o más entidades (por ejemplo, ordenadores) están dedicadas a servir a las otras en la red. Típicamente, las entidades en una red P2P ejecutan protocolos y software de conexión de red similares. Las aplicaciones para redes P2P son numerosas y pueden comprender, por ejemplo, transportar y/o almacenar datos en Internet, tales como distribución de vídeo para propietarios de contenidos.

Se han desarrollado muchos enfoques para utilizar eficientemente la capacidad de carga de los pares. Estos enfoques se pueden dividir en dos categorías principales.

30 Los sistemas con base de árbol están basados en construir uno o más árboles estructurados en una red superpuesta en la que los pares en la parte superior de cada árbol alimentan a los pares por debajo de ellos. Este enfoque funciona bien cuando los pares no se unen o abandonan el sistema a alta frecuencia, ya que se consigue la transmisión continua de datos sin ningún mensaje adicional entre los pares. No obstante, en un entorno de alta oscilación, puede ser muy costoso el mantenimiento del árbol y son necesarias a veces la destrucción y reconstrucción del árbol o árboles.

35 Los sistemas con base de malla no imponen una construcción en árbol, o dicho de otro modo; la conectividad entre pares no forma una superposición especificada, sino que los pares están conectados entre sí de manera no estructurada. Intercambian datos a través de la denominada comunicación social ("gossip") o enviándose mensajes de demanda de datos entre sí. Una desventaja de los sistemas con base de malla es que pueden tener un tiempo de ajuste largo, ya que los nodos tienen que negociar entre sí para encontrar pares. No obstante, muchos sistemas utilizan el enfoque con base de malla, ya que es muy robusto para una alta oscilación. En sistemas de este tipo, cada par tiene varios vecinos desde los que descarga potencialmente y la avería de cualquier vecino no es así tan crítica como en enfoques con base de árbol.

40 Aunque los pares individuales toman decisiones, a nivel local, sin una visión global de los sistemas con base de malla, pueden, no obstante, conseguir ahorros comparables a los que se obtienen con sistemas con base de árbol cuando se tiene en cuenta la oscilación de pares, principalmente porque no tienen que realizar la pesada carga de mantener una visión de la estructura de conectividad global.

45 En una red de transmisión continua en directo P2P descentralizada, cada par tiene k pares próximos desde los cuales puede intentar descargar el contenido de datos. De este modo, el par intentará encontrar un par próximo desde el que efectuar la descarga en lugar de descargar el contenido de datos desde el servidor de transmisión continua. Dada dicha red de superposición de la técnica anterior, si los pares inician la transmisión continua de contenido de datos desde el mismo punto en el tiempo, todos los pares no encontrarán un par de carga que tenga un contenido útil. En consecuencia, casi todos los pares efectuarán la descarga desde el servidor de transmisión continua, lo que da lugar, en última instancia, a ahorros mínimos en la utilización del ancho de banda del servidor de transmisión continua. El documento US2012/210014 (16-08-2012), cuyo autor es EL-BELTAGY MOHAMMED,

describe un método para disponer una pluralidad de pares en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua.

Resumen

5 Un objeto de la presente invención es resolver o, por lo menos, mitigar estos problemas de la técnica de cómo aumentar los ahorros del servidor de transmisión continua en redes de transmisión continua en directo P2P.

Este objeto se consigue en un primer aspecto de la presente invención mediante un método para disponer una pluralidad de pares en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua. El método comprende disponer al menos un par de la pluralidad de pares que tienen una capacidad de carga más alta en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua. Además, el método comprende disponer los pares restantes de la pluralidad de pares en niveles de distribución posteriores en orden descendente de capacidad de carga, de manera que cada par tiene una capacidad de carga que no supera la capacidad de carga de cualquier par en un nivel inmediatamente anterior, estando los pares dispuestos además de tal manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución es igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior. Además, el método comprende, si se ha superado un número máximo permitido predeterminado de niveles de distribución, mover al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar una pluralidad de pares de niveles posteriores a dicho al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior de manera que se utiliza toda la capacidad de carga inmediatamente superior. Finalmente, el método comprende volver a disponer al menos un par seleccionado dispuesto en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar el al menos un par seleccionado a dicho al menos un par que tiene la mayor capacidad de carga de manera que se utiliza completamente la mayor capacidad de carga, hasta que ya no se supere el número máximo predeterminado de niveles de distribución.

Este objeto se consigue en un segundo aspecto de la presente invención mediante un dispositivo para disponer una pluralidad de pares en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua. El dispositivo comprende una unidad de procesamiento configurada para disponer al menos un par de la pluralidad de pares que tienen una capacidad de carga más alta en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua, y disponer los pares restantes de la pluralidad de pares en niveles de distribución posteriores en orden descendente de capacidad de carga, de manera que cada par tiene una capacidad de carga que no supera la capacidad de carga de cualquier par en un nivel inmediatamente anterior (desde el que descarga contenido de datos), estando los pares dispuestos además de manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución es igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior. La unidad de procesamiento está configurada además para, si se ha superado un número máximo permitido predeterminado de niveles de distribución, mover al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar una pluralidad de pares de niveles posteriores a dicho al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior de manera que se utiliza toda la capacidad de carga inmediatamente superior, y también para volver a disponer al menos un par seleccionado dispuesto en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar el al menos un par seleccionado a dicho al menos un par que tiene la mayor capacidad de carga de manera que se utiliza completamente la mayor capacidad de carga, hasta que ya no se supere el número máximo predeterminado de niveles de distribución.

De manera ventajosa, un par que tiene la mayor capacidad de carga está dispuesto inicialmente en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua para hacer un uso eficiente del ancho de banda para los pares/la capacidad de carga y consumir el menor ancho de banda posible de la fuente de transmisión continua. A partir de entonces, los pares restantes se disponen en niveles de distribución posteriores en orden descendente de la capacidad de carga de tal manera que cada par tiene una capacidad de carga que no supera la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior a fin de mantener siempre un uso eficiente de la respectiva capacidad de carga de los pares. Además, los pares se disponen de manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución es igual que o sobrepasa la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior, con el fin de evitar una situación en la que los pares en un nivel de distribución particular se agotan mientras que la demanda de descarga de los pares en el nivel inmediatamente posterior no se satisface. Al establecerse un número máximo de niveles de distribución para ser permitido en la red, el número medio de saltos desde el servidor de transmisión continua hasta los pares aguas abajo se reduce, lo que se traduce directamente en retardos de reproducción más pequeños. Esto es altamente ventajoso en una red P2P. Si después de esta primera iteración de disposición de pares se sobrepasa el máximo número permitido de niveles de distribución en la red, se lleva a cabo una segunda iteración.

De este modo, un par que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior se mueve al primer nivel de distribución en el que fue colocado el par que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior, posiblemente mientras se mantiene la conexión con sus pares aguas abajo en los que carga contenido de datos. Cabe señalar que este mantenimiento de conexiones no es estrictamente necesario, aunque puede ser deseable dado que se cumplen las condiciones necesarias para disponer los pares. Por otra parte, al menos un par seleccionado (aunque

en la práctica una serie de pares) en un nivel posterior al primer nivel se vuelve a disponer y se conecta al par que tiene la mayor capacidad de carga, de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga del par con la mayor capacidad. Esto se repite en posteriores iteraciones hasta que no se sobrepasa el máximo número de niveles de distribución permitidos en la red. Al mover continuamente y volver a disponer los pares de esta manera, el árbol construido utilizará en su totalidad todo el ancho de banda de carga de pares disponible.

Por otra parte, con el modo altamente estructurado de crear una red P2P como se propone en la presente invención, es más fácil acomodar nuevos pares en la red P2P. En la técnica, en una red superpuesta P2P debe interrumpirse la comunicación de manera repetida para poder acomodar nuevos pares, mientras que en la presente invención el mantenimiento superpuesto se realiza periódicamente y en la práctica, la red superpuesta se reconstruye a partir de los niveles superiores, es decir los más cercanos a la fuente de transmisión continua, mientras se añaden pares a las capas inferiores manteniendo así las limitaciones del sistema. Una vez más, al mover continuamente y volver a disponer los pares de este modo, el árbol construido recibirá todos los pares adicionales.

Las realizaciones de la presente invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

Cabe señalar que la invención se refiere a todas las combinaciones posibles de características expuestas en las reivindicaciones. Otras características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto al estudiar las reivindicaciones que se acompañan y la siguiente descripción. Los expertos en la técnica reconocerán que las diferentes características de la presente invención se pueden combinar para crear realizaciones distintas de las que se describen a continuación.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

Las figuras 1a y b muestran una red superpuesta P2P de la técnica anterior con pares conectados a una fuente de transmisión continua, donde la figura 1a ilustra una disposición aleatoria de pares en la red y la figura 1b ilustra un enfoque más eficaz de la disposición de los pares;

Las figuras 2a y b ilustran una red superpuesta P2P de la técnica anterior, donde la figura 2a ilustra una infrautilización de un ancho de banda para los pares y la figura 2b ilustra una disposición más eficaz;

La figura 3 muestra una red P2P en la que se podrían aplicar realizaciones de la presente invención;

La figura 4 muestra un organigrama que ilustra el método de disposición de una pluralidad de pares en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 5 ilustra una primera iteración del método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con la realización de la presente invención mostrada en la figura 4;

La figura 6 ilustra una segunda iteración del método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con la realización de la presente invención mostrada en la figura 4;

La figura 7 ilustra una tercera iteración del método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con la realización de la presente invención mostrada en la figura 4;

La figura 8 ilustra una cuarta y última iteración del método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con la realización de la presente invención mostrada en la figura 4;

La figura 9 ilustra probabilidad conjunta de nivel de distribución y capacidad de carga;

La figura 10 ilustra una estructura de red P2P en la que los pares están agrupados en conjuntos de pares siendo cada uno responsable de la distribución de una franja particular de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 11 ilustra una primera iteración de un método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La figura 12 ilustra una segunda iteración del método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con otra realización de la presente invención mostrada en la figura 11; y

La figura 13 ilustra una tercera y última iteración del método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con otra realización de la presente invención mostrada en las figuras 11 y 12.

Descripción detallada

La invención se describirá más detalladamente de aquí en adelante con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que se muestran ciertas realizaciones de la invención. Esta invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo por lo que esta descripción será minuciosa y completa y transmitirá completamente el ámbito de aplicación de la invención a los expertos en la técnica.

Las figuras 1a y b muestran una red superpuesta P2P de la técnica anterior con pares (en la práctica, dispositivos de pares tales como televisores, teléfonos móviles, ordenadores, etc.) conectados a una fuente de transmisión continua en forma de un servidor de transmisión continua SS que distribuye contenido de datos en forma de secuencias de datos a los pares de red dispuestos en capas/niveles de distribución en relación a la fuente de transmisión continua; la figura 1a muestra que un par está dispuesto en el nivel uno, es decir, el nivel más cercano a la fuente de transmisión continua SS, dos pares están dispuestos en el nivel dos, cuatro pares están dispuestos en el tercer nivel, y así sucesivamente. De ese modo, el par en el primer nivel distribuye contenido de datos a los dos pares en el segundo nivel, mientras que los dos pares transmiten el contenido de datos a otros cuatro pares, etc. En tal red de transmisión continua en directo P2P de la técnica anterior, cada par entrante en la red solicitará a un coordinador central denominado dispositivo de registro de seguimiento (no mostrado) los datos de contenido requeridos, y el dispositivo de registro de seguimiento mandará instrucciones al par demandante par referentes al par vecino al que debe conectarse. El dispositivo de registro de seguimiento puede proporcionar al par demandante una lista de k pares de los que el par demandante puede descargar potencialmente el contenido de datos demandado. Cuanto más lejos de la fuente de transmisión continua esté un par dispuesto, mayor será el retardo que experimentará el par de carga cuando se presente el contenido de datos transmitido con respecto a un punto de reproducción en tiempo real del contenido de datos distribuido por la fuente de transmisión continua. Puede así ser deseable reducir el número de niveles, es decir, el máximo número de saltos, para reducir los retardos de reproducción en la red.

La figura 1a ilustra un ejemplo de una disposición de red P2P ineficiente en la que los pares se colocan aleatoriamente en la red lo que da como resultado ocho niveles de distribución. Como puede verse, el par p_1 en el quinto nivel tiene la mayor capacidad de carga y es capaz de cargar contenido de datos en otros cuatro pares.

La figura 1b ilustra un enfoque alternativo y más eficaz de la disposición de los pares con respecto a la reducción de retardo de reproducción. Por ejemplo, los pares con una capacidad de carga superior se colocan cerca de la fuente de transmisión continua SS. En este ejemplo, el par con la mayor capacidad p_1 se coloca en el primer nivel. Mediante el uso de tal enfoque, normalmente se puede reducir el número de niveles en la red, lo que da como resultado retardos de reproducción más pequeños.

Las figuras 2a y b ilustran otro aspecto importante a tener en cuenta en una red P2P. En unos enfoques de disposición no elaborada, se colocan muchos pares en la red de manera que su capacidad de carga no es utilizada, lo que da como resultado que la descarga de pares pueda verse obligada a recurrir a la fuente de transmisión continua de contenido de datos demandados. Un árbol perfecto es aquel en el que todos los pares de la fila i tendrán sus antecesores en niveles no superiores a i y no inferiores a $i-1$. La figura 2a muestra el efecto de pares infrautilizados (indicado con círculos de puntos). Tal infrautilización no daría a algunos pares más elección que conectarse a la fuente de transmisión continua SS. En comparación con una de red cliente-servidor tradicional, en la que el servidor distribuye el contenido a todos los clientes de la red, los ahorros en la transmisión de carga del servidor de la red P2P en la figura 2a es $25/30 = 0,83$. Es decir, en lugar de la transmisión de contenido a todos los 30 pares, la fuente de transmisión continua SS transmite contenido a cinco de los pares, que a su vez descargan la fuente de transmisión continua mediante la transmisión continua de contenido a los 25 pares restantes, a expensas de la latencia de la red.

La figura 2b muestra una disposición en la que el dispositivo de registro de seguimiento (no mostrado) dispone los pares en niveles de distribución de manera que la capacidad total de cualquier nivel es al menos igual al ancho de banda requerido por los pares en el siguiente nivel, lo que deriva en una mejor utilización de la capacidad de carga de los pares. Por ejemplo, en lugar de tener la descarga del par p_3 de la fuente de transmisión continua, ahora se descarga del par p_1 . Además, el par p_3 se carga para ambos pares p_5 y p_6 , mientras que el par p_4 se carga para ambos pares p_7 y p_8 , y así sucesivamente, liberando la fuente de transmisión continua SS de cargar el par p_8 . En la red P2P de la figura 2b, los ahorros de carga de la fuente de transmisión continua se pueden aumentar aún más hasta $28/30 = 0,93$.

La figura 3 muestra una red P2P en la que se podrían aplicar realizaciones de la presente invención, donde las líneas continuas indican mensajes de demanda/respuesta, mientras que las líneas discontinuas indican canales de transmisión continua. Un nuevo par p_i entra en la red y demanda al dispositivo de registro de seguimiento T en el paso S101 para recibir el contenido de datos originalmente transmitido de manera continua desde la fuente de transmisión continua SS. El dispositivo de registro de seguimiento T determina el nivel en el que el par entrante p_i va a ser dispuesto y proporciona en el paso S102 el par entrante provisto de una lista de k pares aleatoriamente seleccionados a partir de los cuales se puede descargar el contenido de datos. De este modo, el par entrante

demanda, en el paso S103, a uno de los pares de la lista que le suministre el contenido deseado. Si existe al menos un par de entre los pares aleatoriamente seleccionados que esté dispuesto en un nivel más cercano a la fuente de transmisión continua que el determinado para el par entrante, el contenido de datos demandado será cargado en el paso S104 para el par entrante con alguna probabilidad dada. En la figura 3, el par p_3 carga el contenido de datos demandado para el par entrante p_i . Dependiendo del modo en el que se seleccione el nivel para el par entrante, puede aumentar la probabilidad de que un par pueda cargar el contenido de datos demandado para el par entrante en el paso S104. Si no existe un par seleccionado aleatoriamente que se encuentre en un nivel más cercano a la fuente que el determinado para el par entrante, es decir todos los pares están dispuestos en un nivel que es igual o está aguas abajo del nivel determinado para el par entrante, el contenido de datos solicitado no será cargado en el paso S104 para el par entrante. En ese caso, el par entrante en el paso S105 volverá al servidor de transmisión continua SS para el contenido de datos demandado, que a su vez cargará el contenido de datos demandado para el par entrante en el paso S106. De manera similar, en función de cómo se seleccione el nivel para el par entrante, puede disminuir la probabilidad de que el servidor de transmisión continua SS tenga que cargar el contenido de datos demandado para el par entrante en el paso S106.

El dispositivo de registro de seguimiento determina el retardo d_i con el que un par entrante va a recibir los datos de contenido con respecto a un punto de reproducción en tiempo real del contenido de datos cargado por la fuente de transmisión continua SS en base a información estadística. Este retardo d_i se traduce en un nivel de distribución particular en la red. El comportamiento de una red P2P en la que se aplica la presente invención es de tipo estocástico, que se basa en pares de red actualmente de transmisión continua. De ese modo, la información estadística debe considerarse de manera que se pueda formar una distribución de probabilidad que represente el comportamiento de pares en la red de transmisión continua en directo P2P. Dada la distribución de probabilidad $p(d)$ de los niveles de distribución de los pares con respecto al servidor de transmisión continua, se pueden calcular los ahorros previstos en la carga del ancho de banda del servidor de transmisión continua. Por tanto, mediante el establecimiento de un nivel que siga la distribución $p(d)$ para cada par entrante, los ahorros del servidor de transmisión continua se acercarán a los ahorros previstos calculados utilizando la distribución. O, para decirlo de otra manera: mediante la determinación de un nivel adecuado en el que se va a disponer el par entrante en la red, puede aumentar la probabilidad de encontrar un par de la red a partir del cual pueda descargar contenido de datos demandado el par entrante. Por tanto, los ahorros en el ancho de banda del servidor de transmisión continua están directamente relacionados con la probabilidad de que un par de red pueda cargar el contenido de datos demandado para el par entrante.

Con referencia a la figura 3, el dispositivo de registro de seguimiento T para realizar el método de disposición de pares en una red P2P de acuerdo con realizaciones de la presente invención, así como el dispositivo de pares p_i de acuerdo con realizaciones de la invención, están normalmente equipados con una o más unidades de procesamiento 15 incorporadas en forma de uno o más microprocesadores dispuestos para ejecutar un programa informático 17 descargado para un medio de almacenamiento adecuado 16 asociado al microprocesador, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria Flash o una unidad de disco duro. La unidad de procesamiento 15 está dispuesta para llevar a cabo al menos en parte el método de acuerdo con realizaciones de la presente invención cuando el programa informático apropiado 17 que comprende instrucciones ejecutables por ordenador se descarga para el medio de almacenamiento 16 y es ejecutado por la unidad de procesamiento 15. El medio de almacenamiento 16 también puede ser un producto de programa informático que comprende el programa informático 17. Alternativamente, el programa informático 17 puede ser transferido al medio de almacenamiento 16 mediante un producto de programa informático adecuado, tal como un disco compacto o un lápiz de memoria. Como alternativa adicional, el programa informático 17 puede ser descargado para el medio de almacenamiento 16 a través de una red. La unidad de procesamiento 15 puede incorporarse alternativamente en la forma de un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de puerta programable en campo (FPGA), un dispositivo lógico programable complejo (CPLD), etc.

La figura 4 muestra un organigrama que ilustra el método de disposición de una pluralidad de pares en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua, de acuerdo con una realización de la presente invención. En un primer paso S201, al menos uno de los pares que tiene una mayor capacidad de carga se dispone en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua. A partir de entonces, en el paso S202, los pares restantes se disponen en niveles de distribución posteriores en orden descendente de la capacidad de carga de tal manera que cada par tiene una capacidad de carga que no sobrepasa la capacidad de carga de cualquier par en un nivel inmediatamente anterior. Sin embargo, un par en un nivel particular puede tener la misma capacidad de carga que el par en el nivel inmediatamente anterior desde el que carga datos. Por razones de utilización un de ancho de banda efectivo, un primer par que tiene una capacidad de carga mayor que un segundo par no debe ser colocado aguas abajo del segundo par de menor capacidad. En el paso S202, los pares restantes se disponen además de manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución sea igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior.

Ahora, cuando se disponen los pares en la red P2P de acuerdo con las realizaciones de la presente invención, se establece un número máximo de niveles de distribución permitido en la red con el fin de garantizar un límite superior para el retardo de reproducción de pares. Si después de una primera iteración de disposición de pares en la red se supera este número máximo permitido de niveles de distribución y los pares se colocan en un nivel de distribución

más alto que el máximo permitido, el dispositivo de registro de seguimiento se mueve al paso S203. En el paso S203, al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior se mueve al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua y además una pluralidad de pares de los niveles posteriores se conecta al par con la capacidad inmediatamente superior a fin de aprovechar al máximo su capacidad de carga. Cabe señalar que el par con la capacidad inmediatamente superior puede tener la misma capacidad de carga que el par con la máxima capacidad anteriormente mencionado que se colocó en un principio en el nivel más cercano a la fuente de transmisión continua. Cuando inicialmente se dispone un par con la capacidad más alta en el nivel más alto aguas arriba, la pluralidad de pares a disponer puede comprender una serie de pares con la mayor capacidad que tienen la misma capacidad de carga, lo que significa que al menos un par con la capacidad más alta es recogido y colocado en el primer nivel, mientras que uno o más pares que tienen la misma capacidad más alta se pueden colocar en el segundo nivel (y así sucesivamente). Por otra parte, en el paso S204, al menos un par seleccionado en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua se vuelve a disponer y se conecta al par que tiene la mayor capacidad de carga de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga del par que tiene la capacidad de carga más alta. Este paso se repite hasta que ya no se sobrepasa el número máximo predeterminado de niveles de distribución. A medida que se añaden pares a la red P2P, los pasos S203 y S204 se repiten continuamente.

El método de disposición de pares de acuerdo con la realización de la presente invención ilustrada en la figura 4 se analizará más detalladamente con referencia a las figuras 5 a 8. En esta realización ejemplar particular, 41 pares están dispuestos en una red P2P. La capacidad de carga de los pares se indica con u . En este contexto, u se define como el número de cargas simultáneas por par y se determina mediante la distribución del ancho de banda p_{bw} y la tasa binaria br . El número de cargas simultáneas por par es así calculado como $u = p_{bw}/br$. A modo de ejemplo, si a un par dado se asigna a un ancho de banda de 1 Mb/s y la tasa binaria de transmisión continua es de 200 kB/s, el par puede efectuar la carga simultáneamente para otros cinco pares. Con referencia a la figura 5, un par p_1 puede efectuar la carga para otros cuatro pares ($u = 4$), cuatro pares p_2 a p_5 tienen una capacidad de carga de $u = 3$, cada uno de doce pares p_6 a p_{17} es capaz de efectuar una carga para otros dos pares ($u = 2$), y, finalmente, 24 pares p_{18} a p_{41} pueden conseguir puesto para un solo par ($u = 1$). En la realización ejemplar de las figuras 5 a 8, el máximo número permitido de niveles de distribución, m_{fila} , es tres.

Por tanto, en un primer paso, el par p_1 que tiene la mayor capacidad de carga, $u = 4$, se dispone en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua SS. A partir de entonces, los pares restantes se disponen en niveles de distribución posteriores en orden descendente de la capacidad de carga de tal manera que cada par tiene una capacidad de carga que no supera la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior. Por tanto, los cuatro pares p_2 a p_5 que tienen $u = 3$ se disponen aguas abajo del par p_1 con la capacidad más alta, aunque aguas arriba de los doce pares p_6 a p_{17} que tienen $u = 2$, etc.

Además, los pares se disponen de manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución sea igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posteriormente. Por ejemplo, la demanda total de descarga de los pares p_{18} a p_{41} en el cuarto nivel de distribución no debe sobrepasar la capacidad de carga de los pares p_6 a p_{17} en el tercer nivel. Además, para mantener ahorros óptimos, la capacidad de carga de cualquier par en cualquier nivel de distribución dado no debe ser menor que la de un par en un nivel posterior, como se ha analizado previamente. Como puede verse en la figura 5, el máximo número de niveles de distribución permitidos en la red $m_{fila} = 3$, se supera.

Así, con referencia a la figura 6, se emprende una segunda iteración en la que un par p_2 con una capacidad inmediatamente superior se mueve al primer nivel en el que inicialmente se colocó el par p_1 con la capacidad de carga más alta, mientras que se mantiene la conexión con los pares p_6 a p_8 (e indirectamente con los pares p_{18} a p_{23}) en los que el par p_2 con una capacidad inmediatamente superior carga contenido de datos para los niveles posteriores. Cabe señalar que este mantenimiento de conexiones no es estrictamente necesario, aunque puede ser deseable dado que se cumplen las demás condiciones para la disposición de los pares. Además, al menos un par seleccionado p_{17} en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelve a disponer y se conecta al par p_1 que tiene la mayor capacidad de carga de manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 4$) del par p_1 mientras que la conexión de los pares p_{17} con los pares p_{40} , p_{41} se mantiene. Además, el par p_{39} se mueve aguas arriba para conectarse al par p_5 . Dado que todavía se sobrepasa el número máximo de niveles permitidos, se emprende una tercera iteración.

Con referencia a la figura 7, un par p_3 con una capacidad de carga inmediatamente superior se mueve así al primer nivel en el que se colocó inicialmente el par p_2 con la capacidad de carga más alta, mientras que se mantiene la conexión con los pares p_9 – p_{11} (e indirectamente con los pares p_{24} – p_{29}) en los que el par p_3 con una capacidad inmediatamente superior carga contenido de datos para los niveles posteriores (de nuevo no es estrictamente necesario). Además, al menos un par seleccionado p_{12} en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelve a disponer y se conectada al par p_1 que tiene la mayor capacidad de carga de manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 4$) del par p_1 mientras que la conexión de los pares p_{12} con los pares p_{30} , p_{31} se mantiene. Además, el par p_{38} se mueve aguas arriba para conectarse al par p_4 . Dado que todavía se sobrepasa el número máximo de niveles permitidos, se emprende una cuarta iteración.

Con referencia a la figura 8, un par p_4 con una capacidad de carga inmediatamente superior se mueve así al primer nivel en el que se colocó inicialmente el par p_1 con la capacidad de carga más alta. En este caso, como se puede deducir de la figura 7, no es posible mantener la conexión con los pares p_{13} , p_{14} y p_{38} para los que el par p_3 con una capacidad inmediatamente superior carga contenido de datos en los niveles posteriores, ya que el par p_{38} se colocaría entonces en el segundo nivel de distribución, mientras que uno de los pares con mayor capacidad p_{15} y p_{16} permanecería en el tercer nivel (uno de ellos se movería al segundo nivel y se conectaría al par p_1 con la mayor capacidad). De ese modo, ya que la condición de que cada par debe tener una capacidad de carga que no supere la capacidad de carga de cualquier par en un nivel inmediatamente anterior no se cumpliría, la conexión con los pares aguas abajo puede no mantenerse en este caso. En consecuencia, el par p_4 con la capacidad de carga inmediatamente superior se mueve al primer nivel mientras mantiene su conexión con los pares p_{13} y p_{14} (e indirectamente con los pares p_{32} a p_{35}), aunque el par p_{15} (junto con sus pares aguas abajo p_{36} y p_{37}) se mueve aguas arriba hasta el segundo nivel y se conecta al par p_4 con la capacidad de carga inmediatamente superior de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga del par p_4 . Además, al menos un par seleccionado p_{16} en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelve a disponer y se conecta al par p_1 que tiene la mayor capacidad de carga de manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 4$) del par p_1 . Además, el par p_{38} (que se ha desconectado del par p_4 con la capacidad de carga inmediatamente superior) se mueve aguas arriba para conectarse al par p_5 , aunque podría haberse movido alternativamente aguas arriba para conectarse al par p_{16} . Como puede verse en la figura 8, con esta cuarta iteración, el número máximo de niveles permitidos ($m_{\text{fila}} = 3$) ya no es sobrepasado, y el proceso termina. A medida que se añaden más pares a la red P2P, el proceso se repite continuamente.

En una realización de la presente invención, como se ha analizado con referencia a las figuras 5 a 8, cuando un par con una capacidad de carga inmediatamente superior se mueve (ejemplificado mediante p_2 , p_3 y p_4) aguas arriba al primer nivel en el que se colocó inicialmente el par p_1 con la capacidad de carga más alta, resulta ventajoso mantener la conexión con los pares en los niveles posteriores para los que dicho al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior carga contenido de datos, ya que un lote de pares se puede mover aguas arriba en una sola acción. Con referencia, por ejemplo, a la figura 6, la conexión entre el par p_2 y los pares aguas abajo p_6 , p_7 y p_8 se mantiene (e indirectamente la conexión con los pares p_{18} a p_{23}). Sin embargo, las conexiones sólo se pueden mantener si se cumple la condición de que un par colocado en cualquier nivel tiene una capacidad de carga que no sobrepasa la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior. Por ejemplo, con referencia a la figura 7, al moverse el par p_4 aguas arriba, las conexiones con los pares p_{13} , p_{14} y p_{38} no podrían mantenerse, ya que esta condición no se cumplió.

En otra realización de la presente invención, el contenido de datos en forma de, por ejemplo, una secuencia de vídeo, se divide en una serie de subsecuencias o franjas. Por ejemplo, en lugar de tener un par que descarga un contenido de datos dado desde un par vecino como un solo elemento de datos, puede descargar la mitad del contenido como una subsecuencia desde un primer par vecino y la otra mitad del contenido como una subsecuencia desde un segundo par vecino. Tal división de contenido de datos en subsecuencias tiene la ventaja de que el sistema puede ser más resistente a fallos si la topología está construida cuidadosamente. Por ejemplo, una topología podría ser diseñada de manera que el fallo de un solo par derivaría en la pérdida de una sola franja entre sus pares de descarga. Si las subsecuencias se construyen utilizando esquemas que permiten redundancia, tales como múltiples descriptores codificados (MDC) y corrección de errores hacia adelante (FEC), la pérdida de una sola franja no causará una interrupción importante en la experiencia de visualización de un usuario final.

Por ejemplo, si el régimen de secuencias de contenido es de 1 Mbps, y se utilizan 4 franjas para distribuir el contenido, cada franja constituiría una subsecuencia de 256 kbps. Dado un par con una capacidad de carga de 1,5 Mbps que distribuye datos a otros seis pares con una capacidad máxima de carga de 256 kbps, se dice que este par tiene seis "puestos" ya que puede cargar seis franjas simultáneamente para otros pares con un ancho de banda de carga predeterminado. Así, de acuerdo con el ejemplo dado anteriormente de la capacidad de carga, o en este ejemplo particular ascendería a 6.

La división de ancho de banda y de puestos se hace de manera que un dispositivo de disposición de pares en la red superpuesta P2P está provisto de un modelo sencillo de las capacidades de ancho de banda/carga de los pares. En un caso en el que se dispersen datos de una secuencia original sobre varias subsecuencias, en el que ninguna de las subsecuencias comprende datos superpuestos, cada par tiene que estar descargando todas las subsecuencias con el fin de ser capaz de reconstruir por completo la secuencia original. Tal sistema aprovecha de manera más efectiva la capacidad de todos y cada uno de los pares en la red. Además, permite de manera ventajosa que un par cargue un subconjunto de una secuencia de contenido, es decir, una o más franjas, incluso aunque su ancho de banda de carga sea menor que el régimen de secuencias de reproducción. Por tanto, dado que el tamaño de una franja está dimensionado adecuadamente, se puede utilizar el ancho de banda de todos los pares en la red; incluso pares con un ancho de banda de carga pequeño.

Con el fin de encontrar la asignación de par óptimo (o casi óptimo), se propone un modelo de programación entera mixta (MIP) para llevar a cabo una asignación eficaz de pares en niveles de distribución. En el modelo, m_u se define como el número de tipos de ancho de banda de carga para los pares en la red P2P y m_{fila} como el número máximo

de filas permitidas en la red. En la realización ejemplar descrita en relación a las figuras 5 a 8, $m_u = 4$ y $m_{fila} = 3$. En este modelo, el valor de m_{fila} establece las limitaciones de la calidad de la experiencia del usuario con respecto al retardo de reproducción. Teniendo en cuenta que hay N pares en la red, N_i se define como el número de pares con el tipo de ancho de banda de carga i y, por tanto $\sum_i N_i$ debería ser igual a N . Cada tipo de ancho de banda i está asociado a una capacidad de carga u_i expresada en unidades de subsecuencias.

Por tanto, la variable del problema MIP x_{ij} puede definirse como el número de pares en el nivel de distribución j y el tipo de capacidad de carga i . Además, x_s se define como el ancho de banda requerido desde el servidor de transmisión continua. El objetivo principal es reducir al mínimo la carga en el servidor de transmisión continua. Un objetivo secundario es reducir al mínimo tanto como sea posible el número total de filas, es decir, es preferible colocar los pares en los niveles aguas arriba cerca de la fuente de transmisión continua que en los niveles aguas abajo de la red.

Una limitación, es decir, una condición que debe cumplirse como se ha descrito anteriormente, es que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución dado debe ser mayor que o igual a la demanda de descarga total de los pares dispuestos en el nivel inmediatamente posterior:

$$x_s \geq h \sum_{i=1}^{m_u} x_{i1}$$

$$\sum_{i=1}^{m_u} u_i x_{i(j-1)} \geq h \sum_{i=1}^{m_u} x_{ij} \quad \forall j \in \{2, \dots, m_{fila}\} \quad (1)$$

Otra limitación es que el número total de pares en la red P2P con el tipo de ancho de banda i a través de todos los niveles de distribución debe ser igual al número total predeterminado de pares del mismo tipo:

$$\sum_{j=1}^{m_{fila}} x_{ij} = N_i \quad \forall i \in \{1, \dots, m_u\}$$

En una realización de la presente invención, con el fin de compensar el fallo u oscilación de pares, se introducirá un factor de seguridad que es la relación entre toda la capacidad de carga para los pares de un nivel de distribución particular y la demanda de descarga requerida de los pares en el nivel de distribución inmediatamente posterior. Así, la desigualdad en la ecuación (1) se modifica para incluir el factor de seguridad. El factor de seguridad S_f se determina en base al exceso de capacidad requerida entre los dos niveles de distribución, es decir, si se desea más 20% de exceso de capacidad, entonces el factor de seguridad se establece en 1,2. De manera ventajosa, puede haber un valor de factor de seguridad diferente para cada fila j y su valor sería $S_f(j)$. Por lo tanto, la desigualdad modificada (1) sería:

$$\sum_{i=1}^{m_u} \frac{u_i x_{i(j-1)}}{S_f(j)} \geq h \sum_{i=1}^{m_u} x_{ij} \quad \forall j \in \{2, \dots, m_{fila}\}$$

Como se puede deducir, a cada nivel se le asigna más ancho de banda de lo que sería requerido por los pares en el siguiente nivel. La idea de tener un factor de seguridad es que los pares pueden ser redirigidos a franjas de factores de seguridad disponibles si un par de carga en un nivel particular no ha proporcionado un par demandante con contenido de datos. Esto se puede hacer de manera instantánea sin necesidad de realizar ningún cambio en la estructura de árbol de la red.

Como se ha muestra en la realización ejemplar del método de acuerdo con la presente invención descrita con referencia a las figuras 5 a 8, los pares con la capacidad de carga más alta se sitúan en los niveles aguas arriba más cercanos a la fuente de transmisión continua mientras que el número de niveles de distribución en la red P2P se mantiene bajo para reducir el retardo de reproducción. Un número máximo permitido de niveles de distribución m_{fila} no debe ser sobrepasado cuando los pares se han dispuesto en la red P2P. De ese modo, se ha desarrollado una

heurística que funciona con una lista de pares ordenados en orden descendente con respecto a su capacidad de carga. Se añaden pares de manera gradual procedentes de la lista a la primera fila. Después de cada adición de pares, se comprueba si la colocación resultante de los pares sobrepasa el número máximo predeterminado de niveles de distribución m_{fila} .

5 En una realización de la presente invención, en lugar de añadir un par al nivel de distribución más próximo a la fuente de transmisión continua, se puede usar cualquier número 2, 3, 4, etc., para acelerar el proceso de disposición de pares. De ese modo, en lugar de añadir (o mover hacia arriba) un solo par al primer nivel, se añaden/mueven 2, 3, 4 o más pares para cada iteración emprendida si se desea un aumento lineal. Además, en caso de que se desee un aumento exponencial, el número de pares añadidos/movidos puede, por ejemplo, duplicarse para cada iteración.

10 Aún en otra realización, un límite superior en el número de pares en el primer nivel requeridos para transmitir a todos los pares de la red se puede calcular dado el número máximo permitido de niveles m_{filas} . Este valor se calcula suponiendo que el número de pares en el primer nivel es n_1 , los pares en el segundo nivel ascienden a $n_1 f$, y el número de pares en el tercer nivel es $n_1 f^2$, y así sucesivamente, en donde f indica el denominador grado de cargabilidad de salida, es decir, la capacidad media de carga de pares en la red, que se calcula como:

$$f = \sum_i \frac{u_i N_i}{N}$$

15

La suma de los pares dispuestos en la red que tienen niveles de distribución de m_{filas} puede calcularse así como:

$$N = n_1 \sum_{i=1}^{m_{\text{fila}}} f^i$$

Por tanto, si la red P2P va a comprender N pares, entonces el número máximo de pares en la fila del primer nivel de distribución debe ser:

$$n_1 = \frac{N}{\sum_{i=1}^{m_{\text{fila}}} f^i}$$

20

Esto pondría de manera ventajosa un límite superior en el número de pares requeridos en el primer nivel de distribución, ya que este es el nivel al que se mueven los pares desde el nivel posterior (como se ha mostrado en las figuras 5 a 8) cuando los pares se disponen de manera que no se sobrepasa m_{fila} . Esto es ventajoso, especialmente en grandes redes con, por ejemplo, cientos de miles de pares. En lugar de comenzar con un pequeño número de pares en el primer nivel y luego añadir más pares de forma gradual, el número máximo de pares se coloca en el primer nivel.

25

Una vez que se determina x_{ij} , es decir, el número de pares en el nivel j con el tipo de ancho de banda i , esto puede ser usado para deducir una probabilidad conjunta de nivel de distribución y capacidad de carga $p(u, d)$ con la que se ajustan los pares de la red P2P al dividir x_{ij} entre $\sum_i \sum_j x_{ij}$, donde d representaría el nivel de distribución j y u representaría el tipo de ancho de banda i .

30

La figura 9 ilustra la probabilidad conjunta de nivel de distribución y capacidad de carga $p(u, d)$. La parte izquierda superior de la figura 12 muestra una red P2P en la que se disponen pares en los niveles primero, segundo, tercero y cuarto con respecto a una fuente de transmisión continua. Además, los pares de la red tienen una capacidad de carga de entre $u = 0$ y $u = 3$. La parte inferior izquierda de la figura 9 ilustra la probabilidad conjunta $p(u, d)$ en el eje z , mientras que el eje y representa la capacidad de carga y el eje x representa el nivel de distribución de los pares en la red P2P. La parte inferior derecha de la figura 12 muestra una versión discreta de una distribución $p(d)$ (ilustrada previamente en la figura 4) derivada de la distribución $p(u, d)$ que se muestra en la parte inferior izquierda. Es decir, la distribución $p(d)$ se forma agregando las masas de probabilidad en cada nivel de distribución. De forma análoga, una distribución $p(u)$ podría formarse agregando las masas de probabilidad en cada medida de capacidad de carga.

35

Si el nivel de distribución y la capacidad de carga se modelan como variables de probabilidad conjunta, es posible lograr incluso mejores resultados en la determinación de nivel de distribución de un par entrante. La distribución de

40

probabilidad de nivel de distribución d_i , con respecto a la fuente de transmisión continua es la suma u de la probabilidad conjunta $p(u, d_i)$ como sigue:

$$p(d_i) = \sum_u p(u, d_i)$$

- 5 Por tanto, en otra realización de la presente invención, la probabilidad conjunta se tiene en cuenta al determinar en qué nivel de distribución se va a disponer un par que entra en el par de red P2P. Al tener el dispositivo de registro de seguimiento que determina el nivel en el que se van a disponer los pares en base a esta probabilidad conjunta, se puede variar en consecuencia la probabilidad prevista de una descarga correcta; cuanto más aguas abajo esté el nivel, mayor será la probabilidad de descarga correcta. Sin embargo, esto, por una parte, implica más demora desde el punto de reproducción en tiempo real de los datos de contenido a representar.
- 10 Esto se realiza, por ejemplo, al tener el dispositivo de registro de seguimiento muestreando una distribución de probabilidad condicional de nivel y una capacidad de carga $p(d | u)$ para los pares de red. Por tanto, el dispositivo de registro de seguimiento da a cada par de unión su posición en la red en lo que se refiere a nivel de distribución d desde la fuente de transmisión continua en base a su capacidad de carga u de acuerdo con la distribución condicional $p(d | u) = p(u, d)/p(u)$, es decir, la probabilidad de que un par entrante sea dispuesto en un nivel d dado que tiene una capacidad de carga de u . Esto también es ventajoso porque los pares que tienen una mayor capacidad de carga pueden disponerse en un nivel más bajo, es decir, se pueden colocar más cerca de la fuente de transmisión continua SS. Por tanto, la distribución conjunta $p(u, d)$ es la distribución deseada en la que finalmente se va a colocar la red P2P. Para permitir esto, en una realización, cada par entrante ofrece su capacidad de carga al dispositivo de registro de seguimiento.
- 15 En otra realización de la presente invención, con el fin de mejorar la calidad de transmisión continua, los pares se disponen de manera que a cada par sólo se le permite cargar un tipo de franja. En este caso, el sistema es altamente resistente a fallos si se utiliza un algoritmo de corrección de errores tal como múltiples descriptores codificados (MDC) y corrección de errores hacia adelante (FEC). Si alguno de los pares en la red falla cuando se utilizan tales algoritmos de corrección de errores, los pares que se descargan de este par no se verán afectados, ya que descargan sólo una franja desde cualquier par y por tanto pueden generar la franja que falta a partir del resto de las franjas hasta que se encuentre otro cargador. Con el fin de hacer que cada par cargue sólo un tipo de franja, a los pares que estén en el mismo nivel de distribución se les debe permitir cargar entre sí. De ese modo, cualquier par que sea responsable de una franja dada la cargará para pares que no sean responsables de esta franja dada en su nivel, así como para pares responsables de esta franja en el nivel inmediatamente posterior.
- 20 Esta realización del método de la presente invención se ilustra con referencia a la figura 10. Para cada nivel de distribución d_i , los pares se agrupan en una serie h de conjuntos indicados como $\Psi(d_i, k)$, donde k pertenece a $\{1, \dots, h\}$ para todo k . Como se entiende, h es el número de franjas distribuidas que forman el elemento de contenido de datos a ser representado por los pares. En el conjunto $\Psi(d_i, k)$, los pares son responsables de cargar la franja k para los pares que están en el nivel inmediatamente posterior d_{i+1} así como para aquellos que están en el mismo nivel d_i . En consecuencia, cada par individual establecido en un nivel determinado es responsable de la distribución de una determinada franja. El dispositivo de registro de seguimiento asigna esta tarea a los pares para que los pares se adapten a esta limitación.
- 25
- 30
- 35

40 A continuación, el dispositivo de registro de seguimiento efectúa la conectividad entre pares de manera que cada par en el conjunto $\Psi(d_i, k)$, recibe una franja k de los pares $\Psi(d_{i-1}, k)$ responsables de esa franja en particular en el nivel inmediatamente anterior y recibe además cualquier otra franja k' de los pares $\Psi(d_i, k')$ responsables de la franja k' al mismo nivel. Por lo tanto, el dispositivo de registro de seguimiento manda instrucciones a cada par en el conjunto de pares correspondiente para descargar una de las franjas de un par en un nivel de distribución inmediatamente anterior y para descargar las franjas restantes de los pares de otro conjunto de pares dispuestos en el mismo nivel.

45 Como ya se ha descrito anteriormente, ya que los pares en el conjunto $\Psi(d_i, k)$ son responsables de cargar franjas k para pares en el mismo nivel d_i así como para pares seleccionados $\Psi(d_{i+1}, k)$ en el nivel inmediatamente posterior, los niveles en la red P2P se forman de manera que la suma de la capacidad de carga de los pares en el conjunto $\Psi(d_i, k)$ debe ser al menos igual a $|\Psi(d_{i+1}, k)| + \sum_{k', k' \neq k} |\Psi(d_{i+1}, k')|$.

50 Con referencia a la figura 10 donde $h = 3$, los pares en el conjunto $\Psi(d_i, 1)$ cargan la subsecuencia 1 para los pares en el conjunto $\Psi(d_i, 2)$, $\Psi(d_i, 3)$ y $\Psi(d_{i+1}, 1)$. Además, los pares en el conjunto $\Psi(d_i, 2)$ cargarán la subsecuencia 2 para los pares en el conjunto $\Psi(d_i, 1)$, $\Psi(d_i, 3)$ y $\Psi(d_{i+1}, 2)$, mientras que los pares en el conjunto $\Psi(d_i, 3)$ cargarán la subsecuencia 3 para los pares en conjunto $\Psi(d_i, 1)$, $\Psi(d_i, 2)$ y $\Psi(d_{i+1}, 3)$.

Esta realización se describirá más detalladamente con referencia a las figuras 10 a 12. En esta realización ejemplar particular, el máximo número permitido de niveles de distribución es 2 ($m_{\text{fila}} = 2$).

Como puede verse en la realización ejemplar de la figura 11, 36 pares se disponen en una red P2P. Dos tipos diferentes de franjas son distribuidas por la fuente de transmisión continua: franja 1 y franja 2. A menos que se aplique una corrección de errores, ambas franjas normalmente deben ser cargadas por un par para presentar un elemento de contenido de datos demandado formado por las franjas.

- 5 En un primer paso, el par p_1 que tiene la mayor capacidad de carga, $u = 4$, está dispuesto en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua SS junto con un par p_2 que tiene la capacidad de carga inmediatamente superior $u = 3$. En caso de que haya un par más con $u = 4$, este par tendría que haber sido dispuesto en el primer nivel junto con el par p_1 , en vez de con el par p_2 . Como puede verse, el par p_1 es el responsable exclusivamente de la distribución de la franja 1, mientras que el par p_2 es responsable exclusivamente de la distribución de la franja 2. Así, el par p_1 distribuye franja 1 al par p_2 , así como a un primer conjunto de pares PS, que comprende pares p_3 a p_9 en el nivel inmediatamente posterior (siendo dicho conjunto de pares a su vez responsable de la distribución de la franja 1 a un segundo conjunto de pares PS_2 en el mismo nivel y a un tercer conjunto de pares PS_3 en el siguiente nivel). En comparación con la realización ejemplar ilustrada en las figuras 5 a 8, una capacidad de carga $u = 4$ implica que se pueden cargar 8 franjas ya que cada elemento de datos de contenido se divide en dos franjas. El par p_2 distribuye la franja 2 al par p_1 , así como al segundo conjunto de pares PS_2 que comprende pares p_{10} a p_{14} en el nivel inmediatamente posterior. El par con capacidad inmediatamente superior p_2 es capaz de cargar 6 franjas. De ese modo, se utiliza toda la capacidad de carga del par correspondiente p_1 , p_2 dispuesto en el primer nivel de distribución. Cabe señalar que, al menos al principio, un conjunto de pares en el primer nivel de distribución puede comprender un único par.
- 20 A partir de entonces, los pares restantes se disponen en niveles de distribución posteriores en orden descendente de capacidad de carga de tal manera que cada par tiene una capacidad de carga que no supera la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior. Además, los pares se disponen de tal manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución es igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior. Por ejemplo, la demanda de descarga total de los pares p_{18} a p_{41} en el cuarto nivel de distribución no debe sobrepasar la capacidad de carga de los pares p_6 a p_{17} en el tercer nivel. Como puede verse en la figura 11, el número máximo de niveles de distribución permitidos en la red, $m_{fila} = 2$, se sobrepasa.

- 30 Por tanto, con referencia a la figura 12, se emprende una segunda iteración en la que dos pares p_{10} , p_{14} con una capacidad inmediatamente superior se mueven al primer nivel en el que inicialmente se colocó el par p_1 con la capacidad de carga más alta, formando los dos pares p_{10} , p_{14} conjuntos de pares con los pares p_1 y p_2 , respectivamente (los dos conjuntos de pares en el primer nivel se indican mediante un cuadro de líneas discontinuas correspondiente). Por otra parte, una serie de pares p_{15} a p_{20} del tercer conjunto de pares PS^3 en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelve a disponer y se conecta al par p_1 que tiene la capacidad de carga más alta, de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 4$) del par p_1 que tiene la capacidad de carga más alta (así como la del par p_{10} en el mismo conjunto de pares). Además, una serie de pares p_{31} a p_{36} del cuarto conjunto de pares PS_4 en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelve a disponer y se conecta al par p_2 que tiene la capacidad de carga inmediatamente superior, de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 3$) del par p_2 que tiene la capacidad de carga más alta (así como la del par p_{14} en el mismo conjunto de pares). Por último, un par de pares p_9 y p_{26} se mueven lateralmente para una mejor utilización de la capacidad de carga. Dado que todavía se supera el número máximo de niveles permitidos, se lleva a cabo una tercera iteración.

- 45 Con referencia a la figura 13, dos pares p_8 , p_{11} que tienen una capacidad de carga inmediatamente superior se mueven al primer nivel, formando los dos pares p_8 , p_{11} conjuntos de pares con los pares p_1 , p_{10} y p_2 , p_{14} , respectivamente (los dos conjuntos de pares en el primer nivel se indican mediante un cuadro de líneas discontinuas correspondiente). Por otra parte, una serie de pares p_{21} a p_{24} del tercer conjunto de pares PS_3 en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelven a disponer y se conectan al conjunto de pares que comprende el par p_1 que tiene la capacidad de carga más alta, de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 4$) del par p_1 que tiene la capacidad de carga más alta (así como la de los pares p_8 y p_{10} en el mismo conjunto de pares). Además, una serie de pares p_{26} a p_{30} del cuarto conjunto de pares PS_4 (y el par p_{25} del tercer conjunto de pares PS_3) en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua SS se vuelven a disponer y se conectan al par p_2 que tiene la capacidad de carga inmediatamente superior de tal manera que se utiliza toda la capacidad de carga ($u = 3$) del par p_2 que tiene la capacidad de carga más alta (así como la de los pares p_{11} y p_{14} en el mismo conjunto de pares). Como puede verse en la figura 13, con esta tercera iteración, ya no se sobrepasa el número máximo de niveles permitidos ($m_{fila} = 2$), y el proceso termina. A medida que se añaden más pares a la red P2P, el proceso se repite continuamente.

Para terminar, dada la ubicación de pares descrita anteriormente en este documento con referencia a las diversas realizaciones de la presente invención, se puede calcular una medida alternativa de los ahorros en el ancho de banda de carga de fuente de transmisión continua como el porcentaje de los pares dispuestos en la primera distribución de todos los pares N en la red P2P:

$$\text{ahorros} = \frac{N_f}{N}$$

donde N_f indica el número de pares en el primer nivel.

5 A pesar de que la invención ha sido descrita con referencia a realizaciones ejemplares específicas de la misma, muchas alteraciones, modificaciones y equivalentes diferentes quedarán claras para los expertos en la técnica. Las realizaciones descritas, por tanto no están destinadas a limitar el ámbito de aplicación de la invención, como se define en las reivindicaciones que se acompañan.

REIVINDICACIONES

1. Método para disponer una pluralidad de pares en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua, comprendiendo el método:

5 disponer (S201) al menos un par de la pluralidad de pares que tienen una capacidad de carga más alta en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua;

10 disponer (S202) los pares restantes de la pluralidad de pares en niveles de distribución posteriores en orden descendente de capacidad de carga, de manera que cada par tenga una capacidad de carga que no supere la capacidad de carga de cualquier par en un nivel inmediatamente anterior, estando los pares dispuestos además de tal manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución sea igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior, y si se ha superado un número máximo permitido predeterminado de niveles de distribución; el método se caracteriza por que comprende:

15 mover (S203) al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar una pluralidad de pares de niveles posteriores a dicho al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior de manera que se utiliza toda la capacidad de carga inmediatamente superior; y además

20 volver a disponer (S204) al menos un par seleccionado dispuesto en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar el al menos un par seleccionado a dicho al menos un par que tiene la mayor capacidad de carga de manera que la mayor capacidad de carga se utiliza completamente, hasta que ya no se supere el número máximo predeterminado de niveles de distribución.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso de mover al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua comprende:

25 mantener la conexión con los pares en los niveles posteriores para los que dicho al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior, carga contenido de datos, a menos que el mantenimiento de la conexión de como resultado un par colocado en cualquier nivel que tenga una capacidad de carga que sobrepase la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior.

3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el paso de volver a disponer al menos un par seleccionado dispuesto en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua y de conectar el al menos un par seleccionado a dicho al menos un par que tiene la capacidad de carga más alta de manera que se utiliza toda la capacidad de carga más alta, comprende:

30 mantener la conexión con los pares en los niveles posteriores para los que dicho al menos un par seleccionado carga contenido de datos, a menos que el mantenimiento de la conexión de como resultado un par colocado en cualquier nivel que tenga una capacidad de carga que supere la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior.

35 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que para cada dos niveles de distribución consecutivos, se establece un factor de seguridad y los pares se disponen de manera que toda la capacidad de carga de los pares en un primero de los dos niveles de distribución consecutivos sobrepasa la demanda total de descarga de los pares en el siguiente de los niveles de distribución mediante el factor de seguridad establecido.

40 5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además:

agrupar los pares en una serie de conjuntos de pares, agrupándose cada conjunto de pares para comprender pares de un mismo nivel de distribución y estando dispuestos además para ser responsables de la distribución de una subsecuencia de contenido correspondiente; y

45 asignar a cada conjunto de pares la tarea de distribuir dicha subsecuencia de contenido correspondiente a los pares de otros conjuntos de pares dispuestos en la misma capa de distribución y a los pares dispuestos en una capa de distribución inmediatamente posterior, que pertenecen además a un conjunto de pares que son responsables de la respectiva subsecuencia de contenidos distribuida.

6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

recibir la capacidad de carga de cada uno de la pluralidad de pares.

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los pasos de disponer los pares en los niveles de distribución comprende:

determinar el nivel de distribución en el que se va a disponer cada uno de los pares mediante el muestreo del nivel de distribución determinado a partir de una distribución de probabilidad condicional del nivel de distribución y la capacidad de carga para la pluralidad de pares.

8. Dispositivo (T) para disponer una pluralidad de pares ($p_1, p_2, \dots, p_N$) en niveles de distribución en una red P2P con respecto a una fuente de transmisión continua (SS), comprendiendo el dispositivo una unidad de procesamiento (15) configurada para:

disponer al menos un par de la pluralidad de pares que tienen una capacidad de carga más alta en el nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua;

disponer los pares restantes de la pluralidad de pares en niveles de distribución posteriores en orden descendente de capacidad de carga, de manera que cada par tiene una capacidad de carga que no supera la capacidad de carga de cualquier par en un nivel inmediatamente anterior, estando los pares dispuestos además de tal manera que toda la capacidad de carga de los pares en cualquier nivel de distribución es igual que o superior a la demanda de descarga total de los pares en un nivel inmediatamente posterior, y si se ha superado un número máximo permitido predeterminado de niveles de distribución; la unidad de procesamiento se caracteriza por que está configurada para:

mover al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar una pluralidad de pares de niveles posteriores a dicho al menos uno de los pares que tiene una capacidad de carga inmediatamente superior de manera que se utiliza toda la capacidad de carga inmediatamente superior; y además para volver a disponer al menos un par seleccionado dispuesto en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua y conectar el al menos un par seleccionado a dicho al menos un par que tiene la mayor capacidad de carga de manera que la mayor capacidad de carga se utiliza completamente, hasta que ya no se supere el número máximo predeterminado de niveles de distribución.

9. Dispositivo (T) de acuerdo con la reivindicación 8, estando la unidad de procesamiento (15) además configurada para, al mover al menos uno de los pares que tienen la capacidad de carga inmediatamente superior al nivel de distribución más cercano a la fuente de transmisión continua (SS):

mantener la conexión con los pares en los niveles posteriores para los que dicho al menos uno de los pares que tiene la capacidad de carga inmediatamente superior carga contenido de datos, a menos que el mantenimiento de la conexión de como resultado un par colocado en cualquier nivel que tenga una capacidad de carga que supere la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior.

10. Dispositivo (T) de acuerdo con las reivindicaciones 8 o 9, estando la unidad de procesamiento (15) configurada además para, al volver a disponer al menos un par seleccionado dispuesto en un nivel posterior al más cercano a la fuente de transmisión continua (SS) y conectar el al menos un par seleccionado a dicho al menos un par que tiene la mayor capacidad de carga de manera que la mayor capacidad de carga se utiliza completamente:

mantener la conexión con los pares en los niveles posteriores para los que dicho al menos un par seleccionado carga contenido de datos, a menos que el mantenimiento de la conexión de como resultado un par colocado en cualquier nivel que tenga una capacidad de carga que supere la capacidad de carga de un par en un nivel inmediatamente anterior.

11. Dispositivo (T) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, estando la unidad de procesamiento (15) configurada además para, por cada dos niveles de distribución consecutivos, establecer un factor de seguridad y disponer los pares de manera que toda la capacidad de carga de los pares en un primero de los dos niveles de distribución consecutivos sobrepase la demanda total de descarga de los pares en el siguiente de los niveles de distribución mediante el factor de seguridad establecido.

12. Dispositivo (T) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, estando la unidad de procesamiento (15) configurada además para:

agrupar los pares en una serie de conjuntos de pares, estando agrupado cada conjunto de pares para comprender pares del mismo nivel de distribución y estando dispuesto además para ser responsable de distribuir una subsecuencia de contenidos correspondiente; y

asignar a cada conjunto de pares la tarea de distribuir dicha subsecuencia de contenidos correspondiente a los pares de otros conjuntos de pares dispuestos en la misma capa de distribución y a los pares dispuestos en una capa de distribución inmediatamente posterior, que pertenecen además a un conjunto de pares que son responsables de la respectiva subsecuencia de contenidos distribuida.

13. Dispositivo (T) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, estando la unidad de procesamiento (15) configurada además para:

5 determinar el nivel de distribución en el que cada uno de los pares se va a disponer mediante el muestreo del nivel de distribución determinado a partir de una distribución de probabilidad condicional del nivel de distribución y la capacidad de carga para la pluralidad de pares.

14. Programa informático (17) que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para hacer que un dispositivo (T, p_i) lleve a cabo los pasos citados en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 cuando las instrucciones ejecutables por ordenador se ejecutan en una unidad de procesamiento (15) incluida en el dispositivo.

10 15. Producto de programa informático (16) que comprende un medio legible por ordenador, teniendo el medio legible por ordenador contenido en el mismo el programa informático (17) de acuerdo con la reivindicación 14.

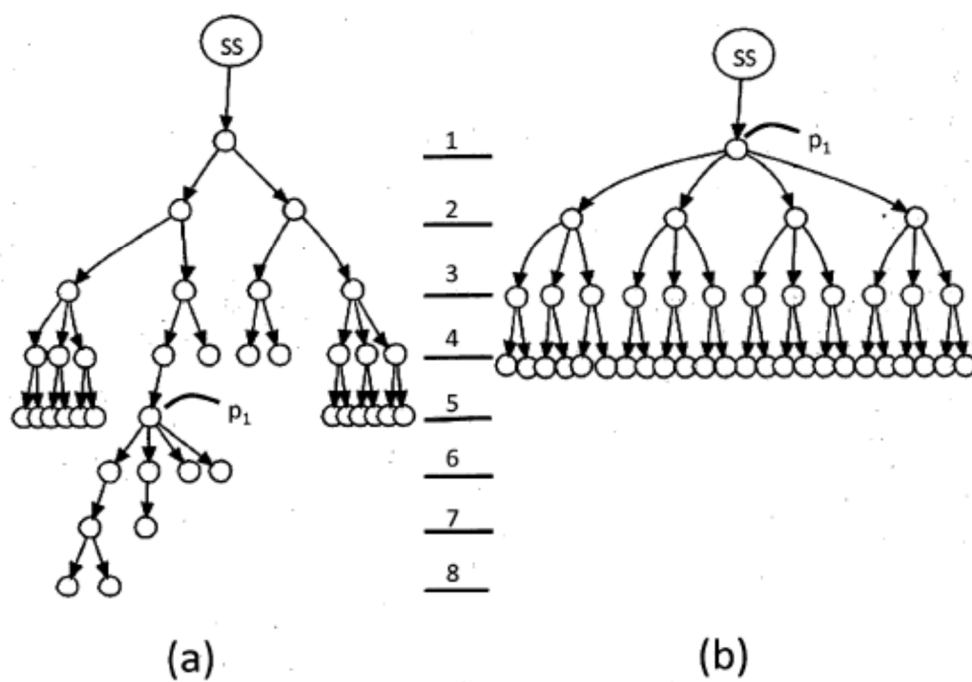


Figura 1

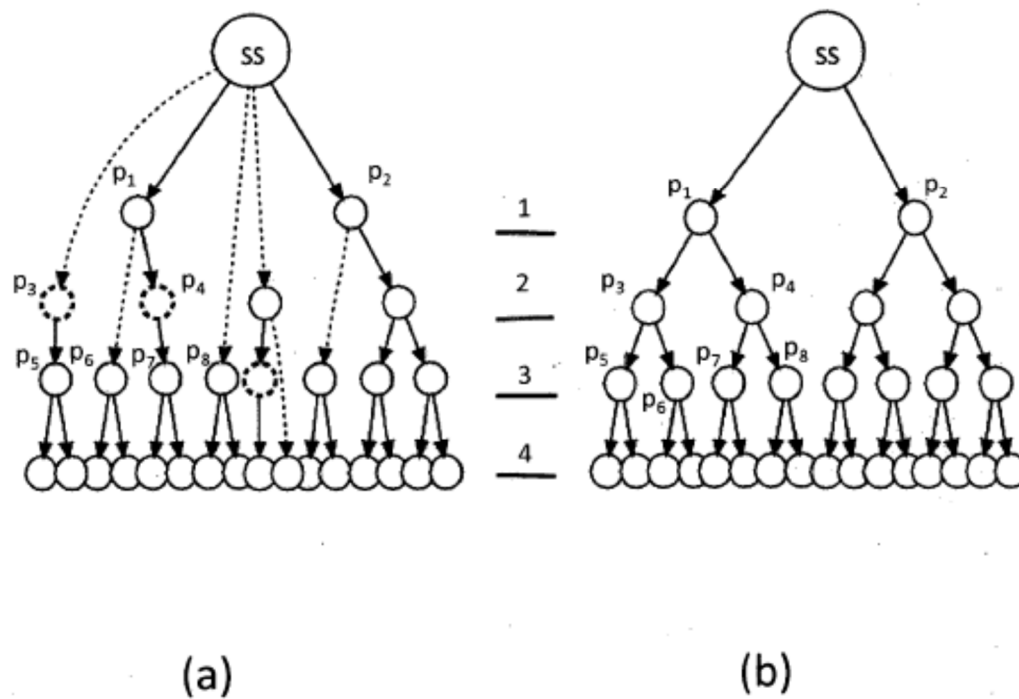


Figura 2

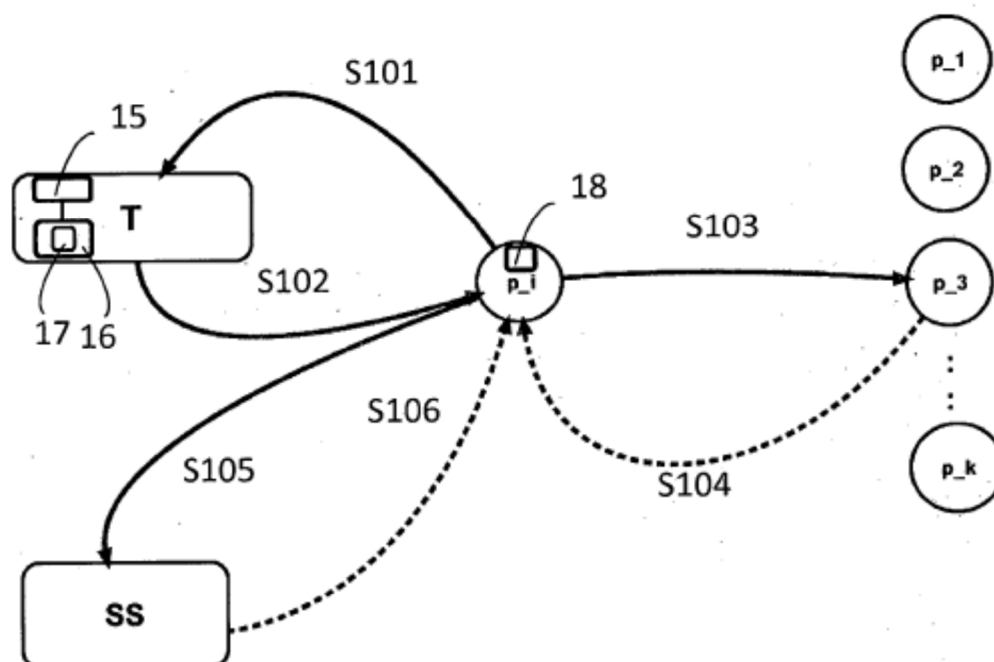


Figura 3

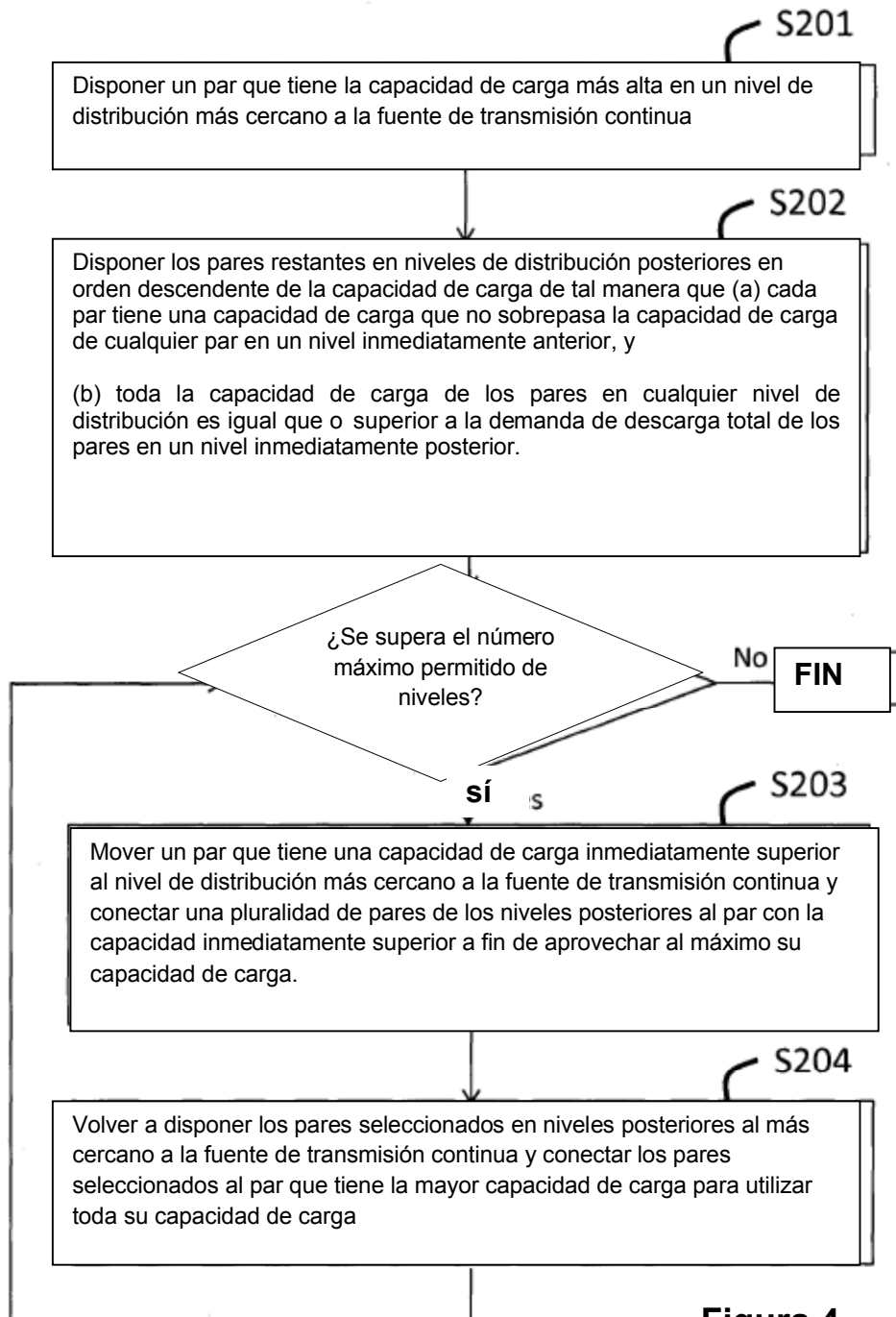


Figura 4

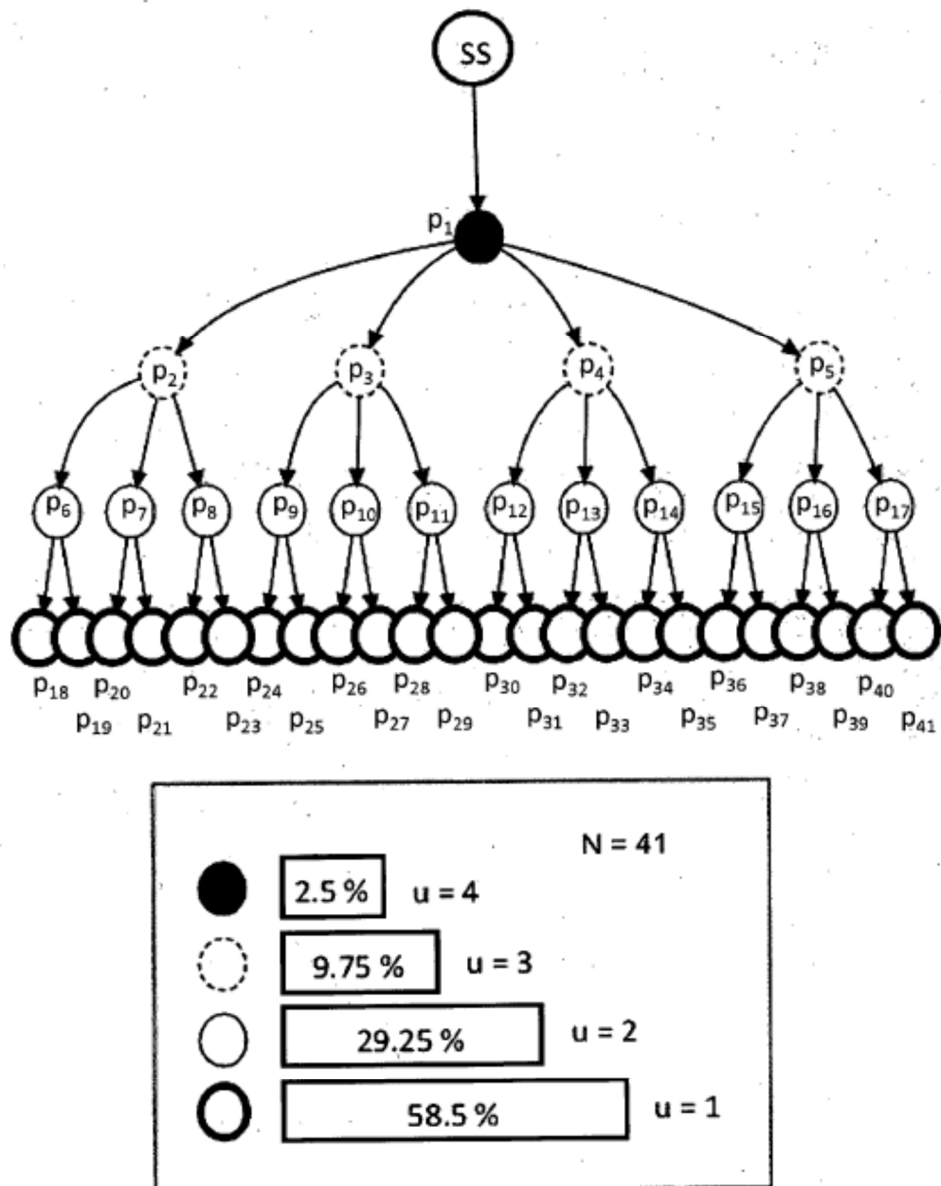


Figura 5

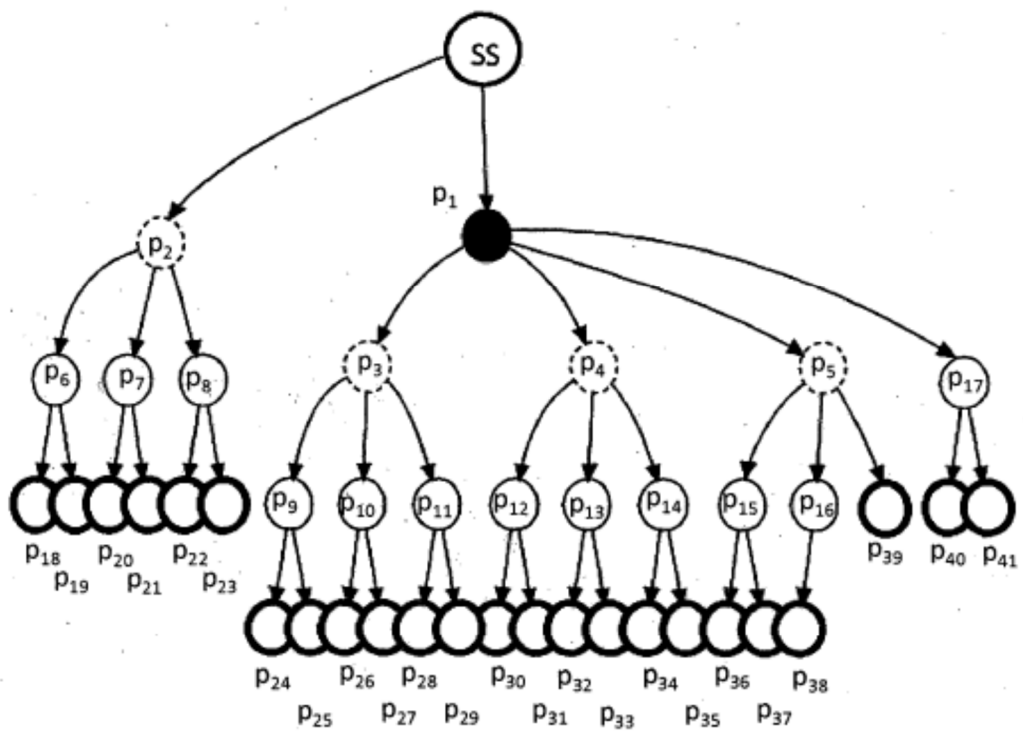


Figura 6

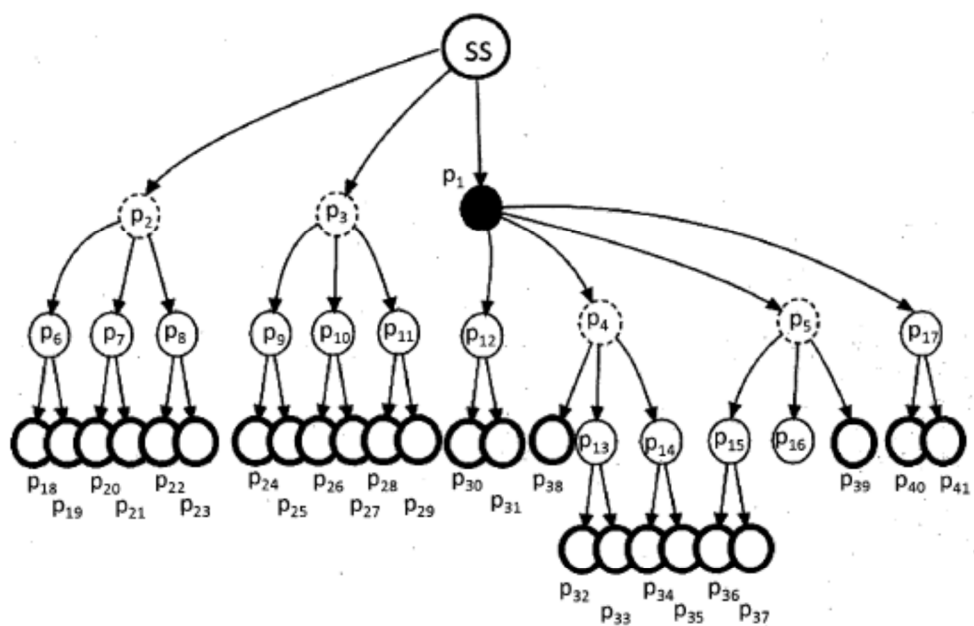


Figura 7

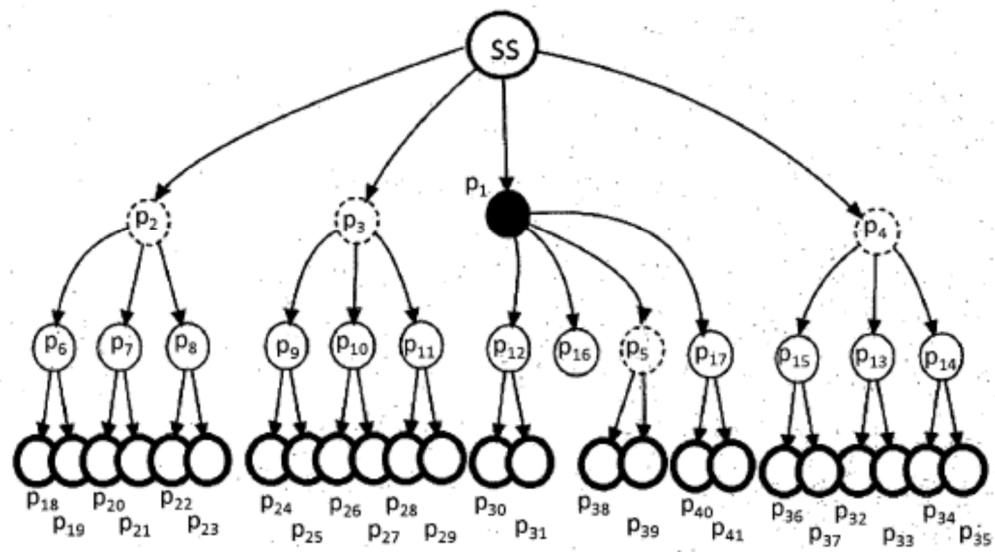


Figura 8

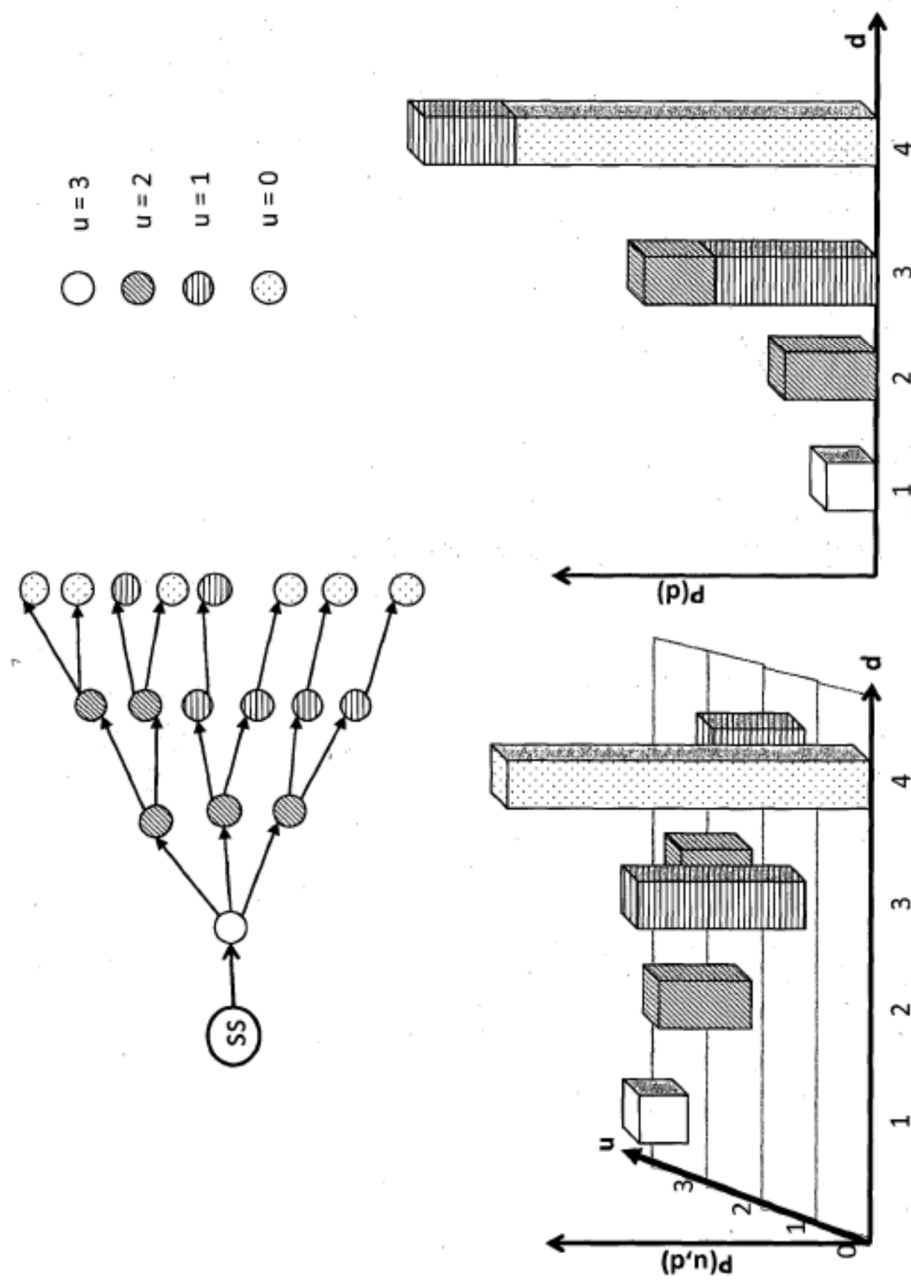


Figura 9

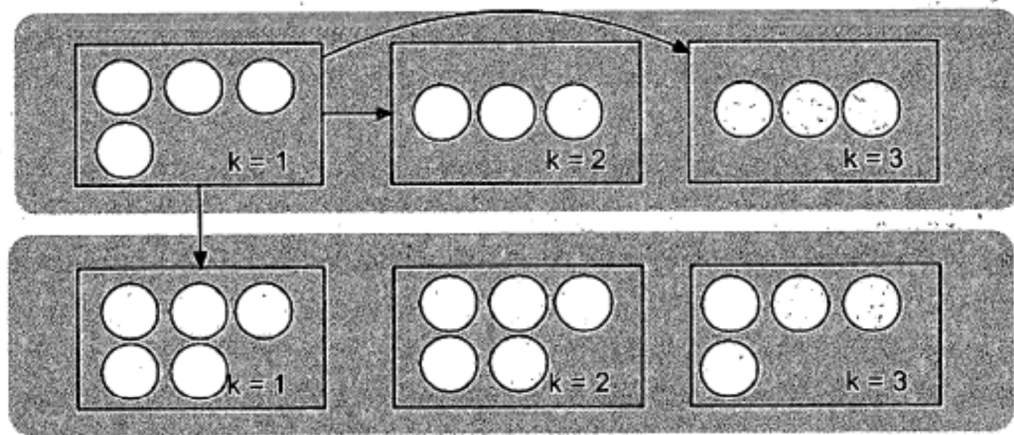


Figura 10

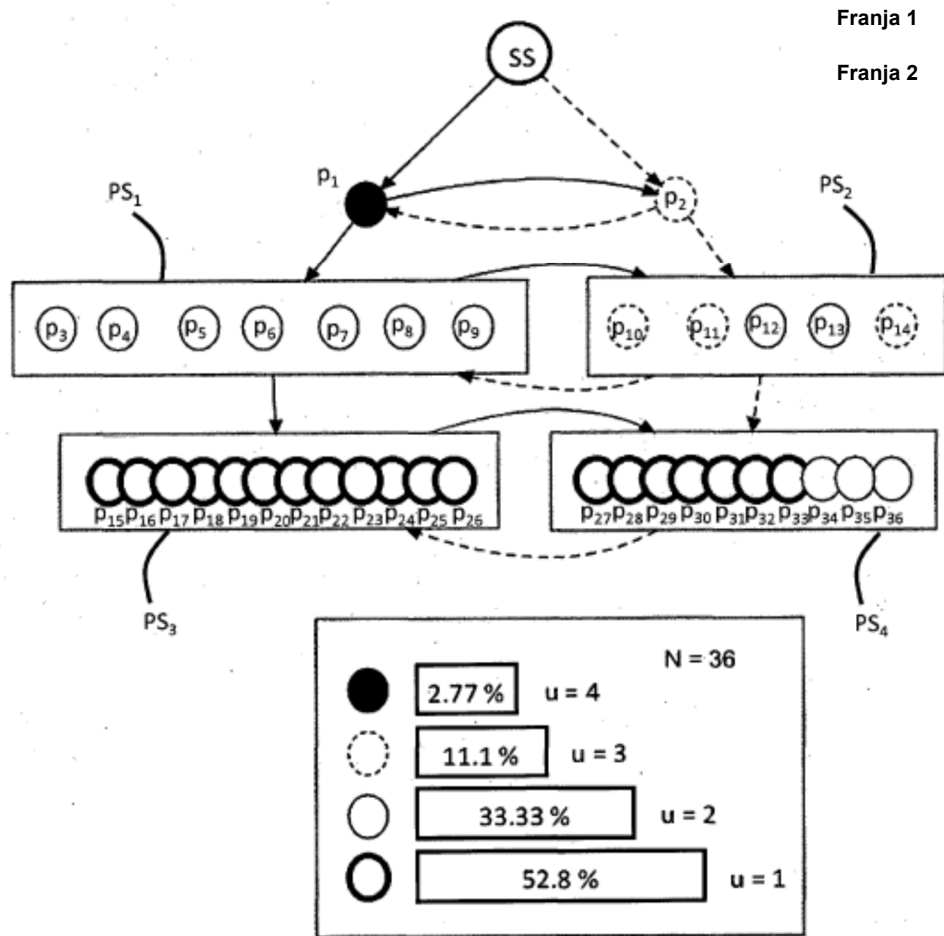


Figura 11

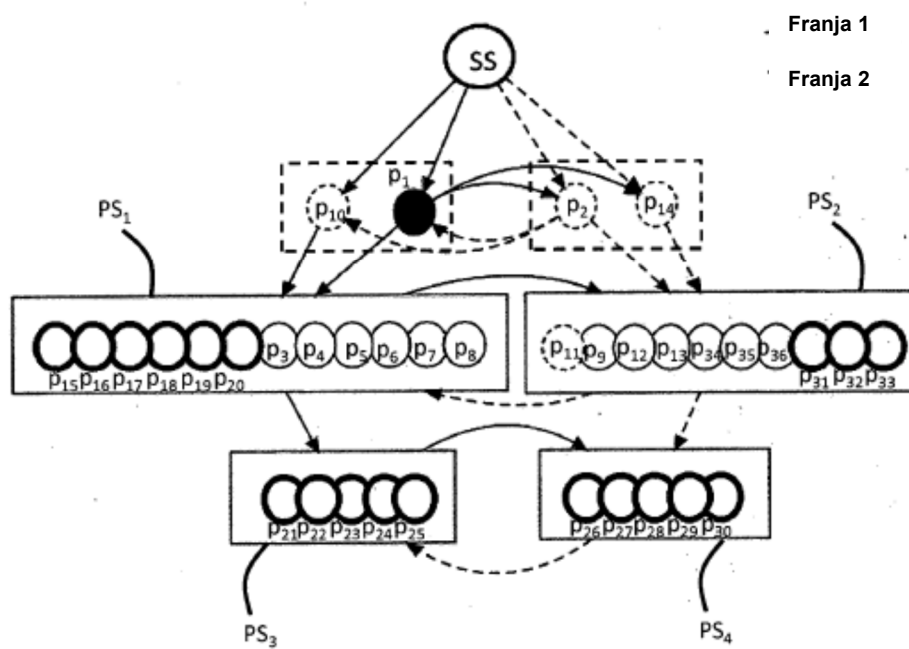


Figura 12

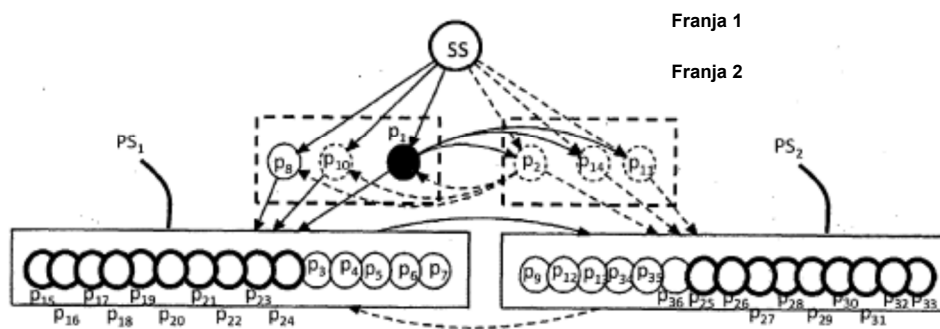


Figura 13