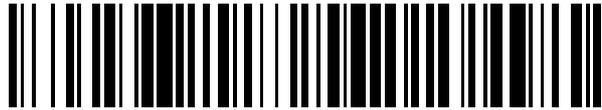


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 209**

51 Int. Cl.:

H04B 3/04 (2006.01)

H04L 5/14 (2006.01)

H04B 3/32 (2006.01)

H04M 11/06 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2009 E 09732966 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2013 EP 2237437**

54 Título: **Método, equipo y sistema de línea de abonado digital para optimización de espectro.**

30 Prioridad:

18.04.2008 CN 200810095410

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

16.12.2013

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building Bantian
Longgang District, Shenzhen
Guangdong 518129 , CN**

72 Inventor/es:

**CENDRILLON, RAPHAEL;
FANG, LIMING y
LIU, LIHE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 435 209 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, equipo y sistema de línea de abonado digital para optimización de espectro.

Campo de la invención

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren al campo de la tecnología de las comunicaciones y, particularmente, a un método y un equipo y un sistema de línea de abonado digital para optimización de espectro.

Antecedentes de la invención

10 La tecnología de línea de abonado digital (DSL) es una tecnología de transmisión de alta velocidad que realiza la transmisión de datos por una línea telefónica de par retorcido, es decir, un par retorcido no blindado (UTP), incluyendo la línea de abonado digital asimétrica (ADSL), la línea de abonado digital de muy alta tasa de bits (VDSL), la línea de abonado digital basada en la red digital de servicios integrados (ISDN) (línea de abonado digital ISDN, IDSL) y la línea de abonado digital de alta tasa de bits de un solo par (SHDSL), etc.

15 Con las mejoras de las bandas de frecuencia utilizadas por diversas tecnologías DSL (xDSL) se suscitan cada vez más problemas de diafonía, especialmente diafonía en banda de alta frecuencia. Los canales de enlace ascendente y enlace descendente de la xDSL utilizan multiplexado por división de frecuencia (FDM), y la influencia de la diafonía de extremo cercano (NEXT) puede reducirse en gran medida a través del filtro y así no se perjudicará demasiado a las prestaciones del sistema; pero debido a la banda de frecuencia de la diafonía de extremo lejano (FEXT) y a la señal recibida en el sistema que está dentro de la misma banda de frecuencia, resultarán seriamente afectadas las prestaciones de transmisión del sistema. Cuando múltiples canales de abonados en un mazo de cables requieren todos ellos la activación del servicio xDSL, algunas líneas tendrán bajas tasas y prestaciones inestables e incluso no podrán conducirse debido a la FEXT, y finalmente la tasa de activación de línea del multiplexor de acceso DSL (DSLAM) es baja.

20 La técnica anterior utiliza una tecnología de gestión de espectro dinámica (DSM) para reducir la influencia de la diafonía. La tecnología DSM reduce la diafonía ajustando automáticamente la potencia de transmisión en cada línea de la red. La figura 1 es el modelo de referencia de la red para implementar la DSM en la técnica anterior.

25 En la técnica anterior se optimiza generalmente la ecuación siguiente por equilibrado de espectro óptimo (OSB), equilibrado de espectro iterativo (ISB) y relleno de agua iterativo (IWF) a fin de maximizar una suma de tasas ponderadas de todos los abonados ajustando el valor de potencia de transmisión de todos los abonados en cada subportadora, respectivamente, con la condición de que la potencia de transmisión total de cada abonado no exceda de un umbral.

$$30 \quad \max \sum_{n=1}^N \omega_n \sum_{k=1}^K b_k^n - \sum_{n=1}^N \lambda \sum_{k=1}^K S_k^n$$

En donde s_k^n es la potencia de transmisión del n° abonado en la k^{a} subportadora; P_n es un umbral de la potencia total del n° abonado; ω_n es un coeficiente de ponderación de tasa del n° abonado; λ es un multiplicador de Lagrange; N es un número total de abonados; y K es un número total de puntos de frecuencia.

35 Durante el proceso de implementación de la presente invención, el inventor ha encontrado que la técnica anterior tiene los defectos siguientes:

40 En la actual tecnología DSM de Nivel 2 la mayoría de los algoritmos tienen necesidad de buscar el coeficiente de ponderación de tasa ω_n . Pero el rango de variación del coeficiente de ponderación de tasa puede ser muy extenso y es difícil hacer que converja, y a veces una ligera variación del coeficiente de ponderación de tasa puede hacer que la tasa aumente o disminuya en gran medida; por tanto, es difícil buscar el coeficiente de ponderación de tasa y existe así una cierta dificultad para optimizar la tasa a una tasa diana con los algoritmos anteriores.

45 El documento WO 2008/044975 A1 revela un método y una unidad transmisora en un sistema de transmisión basado en multitonos y multilínea, tal como un sistema de línea de abonado digital, para determinar una densidad espectral de potencia (PSD) de una pluralidad de usuarios sobre un canal físico para al menos un tono, en donde cada uno de dicha pluralidad de usuarios tiene una tasa de datos mínima requerida y en donde hay una potencia máxima permitida de cada usuario. Su idea básica se implementa formulando matemáticamente el problema de minimización de potencia (PMP), introduciendo multiplicadores de Lagrange y utilizando un enfoque de descomposición doble de la función objetivo de PMP con el fin de resolver el PMP sobre una base por tonos.

50 El documento US 2004/264559 A1 revela un método de control de potencia para unidades transceptoras que transportan datos sobre tonos discretos. Tiene aplicación, entre otras cosas, al servicio de comunicación remotamente desplegado y consigue unas significativas ganancias de prestaciones en comparación con métodos

existentes, comprendiendo: determinar una potencia de transmisión sobre un canal físico para cada tono individual de tal manera que esta potencia de transmisión maximice una función ponderada de tasas de datos obtenibles con este tono sobre el canal físico y sobre canales vecinos modelados, con la limitación de que esta transmisión de potencia se confirme frente a una máscara de potencia de transmisión, sumar las tasas de datos sobre todo el juego de tonos y ajustar los pesos de tal manera que las tasas de datos totales sobre los canales vecinos modelados alcancen algunas tasas de datos diana y de tal manera que se maximice la tasa de datos total sobre el canal físico, con la limitación de que con cada peso sea idéntico en todo el conjunto de tonos.

RAPHAEL CEDRILLON ET AL: "Autonomous Spectrum Balancing for Digital Subscriber Lines (Equilibrado de espectro autónomo para líneas de abonado digitales)", IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, IEEE SERVICE CENTER, NUEVA YORK, NY, US, vol. 55, n.º. 8, 1 de agosto de 2007, XP011187878, revela una nueva serie de algoritmos DSM (gestión de espectro dinámica) para modelos de canal de interferencia DSL llamados equilibrado de espectro autónomo (ASB). Los algoritmos ASB utilizan el concepto de una "línea de referencia" que mimetiza una línea víctima típica en el canal de interferencia. En ASB cada modem trata de minimizar el daño que él causa a la línea de referencia bajo la limitación de conseguir su propia tasa de datos diana. Dado que la línea de referencia se basa en las estadísticas de toda la red y no en algún conocimiento específico del enlace en el que opera un modem, el ASB se puede implementar de manera autónoma sin la necesidad de un centro de gestión de espectro centralizado.

JAGANNATHAN S ET AL; "Distributed adaptive bit-loading for spectrum optimization in multi-user multicarrier systems (Carga de bits adaptativa distribuida para optimización de espectro en sistemas multiusuario y multiportadora)", PHYSICAL COMMUNICATION, vol. 1, no. 1, 1 de marzo de 2008, XP022603666, revela un algoritmo de carga de bits discreto de baja complejidad para sistemas multiusuario y multiportadora con aplicación al equilibrado del espectro en líneas de abonado digitales. El algoritmo puede implementarse de una manera distribuida utilizando una información limitada enviada a los modems por un centro de gestión de espectro (SMC). El SMC clasifica a los usuarios de la red como fuertes o débiles, basándose en sus condiciones de canal y de ruido. Los usuarios débiles ejecutan un algoritmo de carga de bits discreto que se aproxima a un relleno de agua, tal como el algoritmo de Levin-Campello (LC), mientras que los usuarios fuertes utilizan una tabla de penalizaciones de tasa junto con un algoritmo LC modificado para limitar su interferencia con los usuarios débiles. Los resultados de simulación demuestran que el algoritmo propuesto puede conseguir unas prestaciones casi óptimas. Además, se desarrollan corteses algoritmos de adaptación de bits y de ganancia utilizando la estructura del algoritmo de carga de bits propuesto, lo que permite una adaptación fácil y rápida a las variaciones de canal y de ruido.

Sumario de la invención

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un método, un equipo y un sistema de línea de abonado digital para optimización de espectro que pueden superar el problema de la técnica anterior consistente en que es difícil que converja el coeficiente ponderado de tasa y mejorar la tasa de una línea de abonado dada, mientras se reduce la diafonía causada por la línea de abonado dada con otras líneas de abonado en el mismo mazo de cables, y al mismo tiempo evitar la pérdida de potencia de ella misma.

Con el fin de conseguir los objetos anteriores, las realizaciones de la presente invención proporcionan un método de optimización de espectro según la reivindicación 1, un dispositivo de optimización de espectro según la reivindicación 8 y un sistema DSL según la reivindicación 11. Las reivindicaciones subordinadas definen características ventajosas.

En comparación con la técnica anterior, las realizaciones de la presente invención tienen las ventajas siguientes:

Adoptando el método, el dispositivo y el sistema DSL anteriores, las realizaciones de la presente invención superan el problema de la técnica anterior consistente en que es difícil hacer que converja el coeficiente ponderado de tasa y mejorar la tasa de una línea de abonado dada, mientras se reduce la pérdida de potencia causada por la línea de abonado dada a otras líneas de abonado en el mismo mazo de cables.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de describir más claramente las realizaciones de la presente invención o la solución tecnológica de la técnica anterior se introducirán brevemente como siguen los dibujos que han de utilizarse en las descripciones de las realizaciones o de la técnica anterior. Evidentemente, los dibujos descritos como sigue son justamente algunas representaciones de la presente invención, y un experto en la materia puede adquirir otros dibujos basados en estos dibujos, con la precondition de que no se aporte ningún esfuerzo creativo.

La figura 1 es un modelo de referencia de red para implementar la DSM en la técnica anterior;

La figura 2 es un diagrama de flujo de la realización de un método de optimización de espectro de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama estructural de la realización de un dispositivo de optimización de espectro de la presente invención; y

La figura 4 es un diagrama estructural de la realización de un sistema DSL de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones

5 Las soluciones técnicas de la realización de la presente invención se describen más detalladamente con ayuda de los dibujos y ejemplos siguientes.

La figura 2 es un diagrama de flujo de la realización de un método de optimización de espectro de la presente invención. Como se muestra en la figura 2, el método de optimización de espectro incluye específicamente lo siguiente:

10 Paso 201: Cálculo para obtener una potencia de transmisión optimizada de una subportadora a optimizar en una línea DSL a optimizar; los detalles son los siguientes:

Se obtiene una matriz de relaciones beneficio-coste calculando según la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar, la cual incluye tres cualesquiera de entre potencia de transmisión mínima, potencia de transmisión máxima, longitud de paso y cantidad total de potencia de transmisión optimizada aconsejable. Por ejemplo, se obtiene una matriz de relaciones beneficio-coste calculando con arreglo a la potencia de transmisión mínima, la potencia de transmisión máxima y la longitud de paso. Una potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea a optimizar se obtiene con arreglo a la matriz de relaciones beneficio-coste. La longitud de paso es un intervalo de la potencia de transmisión optimizada aconsejable.

El paso de cálculo de la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea a optimizar con arreglo a la matriz de relaciones beneficio-coste incluye concretamente: adquisición de una relación beneficio-coste máxima y una potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima con arreglo a la matriz de relaciones beneficio-coste; adquirir una potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar con arreglo a la matriz de relaciones beneficio-coste, la relación beneficio-coste máxima y la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima, en donde la subportadora a optimizar es una subportadora correspondiente a la relación beneficio-coste máxima.

La potencia de transmisión mínima y la potencia de transmisión máxima de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar pueden ser especificadas por los estándares de comunicación, la potencia de transmisión mínima podría ser -120dBm/HZ y la longitud de paso puede ajustarse basándose en condiciones reales; por ejemplo, puede tomarse una longitud de paso de 20dB para el cálculo del segmento de -120dBm/HZ a -40dBm/HZ.

Los respectivos valores en la matriz de relaciones beneficio-coste se comparan para obtener el valor máximo como la relación beneficio-coste máxima, y se adquiere la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima. Con respecto a la línea a optimizar, se pueden materializar unas prestaciones optimizadas óptimas optimizando la subportadora correspondiente a la relación beneficio-coste máxima con la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima. Un número de columna correspondiente a la relación beneficio-coste máxima es un índice de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar, y la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar es la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima.

En las realizaciones de la presente invención el paso de comparar los respectivos valores en la matriz de relaciones beneficio-coste puede incluir: comparar primeramente los respectivos vectores de columna en la matriz de relaciones beneficio-coste para adquirir los valores máximos de los respectivos vectores de columna, y luego comparar los valores máximos de los respectivos vectores de columna para adquirir el valor máximo de la matriz completa, es decir, la relación beneficio-coste máxima. Comparado con el método que realiza directamente una comparación para adquirir la relación beneficio-coste máxima, este método reduce la complejidad aritmética.

En la matriz de relaciones beneficio-coste, la relación beneficio-coste ($v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$) de cada potencia de transmisión aconsejable (por ejemplo, s_b) de cada una de las respectivas subportadoras a optimizar (por ejemplo, la k^a subportadora) en la línea a optimizar representa una relación beneficio-coste $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ cuando se incrementa la potencia de transmisión de la subportadora desde la potencia de transmisión mínima s_1 hasta la potencia de transmisión aconsejable s_b . La relación beneficio-coste $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es proporcional al número de la carga de bits $r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ para una ganancia de la subportadora cuando se incrementa la potencia de transmisión de la subportadora desde la potencia de transmisión mínima s_1 hasta la potencia de transmisión aconsejable s_b , y la relación beneficio-coste $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es inversamente proporcional a un coste $c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ de una línea DSL de referencia en la subportadora cuando se incrementa la potencia de transmisión de la subportadora desde la potencia

de transmisión mínima s_1 hasta la potencia de transmisión aconsejable s_b .

Concretamente, la matriz de relaciones beneficio-coste puede representarse como sigue:

$$\begin{pmatrix} v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \cdots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \cdots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_b) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \cdots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \cdots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_b) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_1) & \cdots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_1) & \cdots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_1) \end{pmatrix}$$

- 5 En la expresión de la matriz de relaciones beneficio-coste, n es un número de serie de la línea DSL a optimizar; K es un número total de subportadoras en la línea DSL a optimizar; k es un número de serie o índice de una subportadora, es decir, la k^a subportadora de la línea DSL; B es una cantidad total de la potencia de transmisión optimizada aconsejable de la subportadora de la línea DSL a optimizar; b es un número de serie o índice de la potencia de transmisión optimizada aconsejable, indicando el nivel de potencia de transmisión optimizada aconsejable entre la potencia de transmisión mínima y la potencia de transmisión máxima; s_b es la potencia de transmisión optimizada aconsejable de cada una de las respectivas subportadoras de la línea DSL y es una variable; por ejemplo, si se toma una longitud de paso de 20dB para el cálculo del segmento de la potencia de transmisión mínima -120dBm/Hz a la potencia de transmisión máxima -40dBm/Hz, s_b puede tomar un valor de -120dBm/Hz, -100dBm/Hz, -80dBm/Hz, -60dBm/Hz o -40dBm/Hz; s_1 es la potencia de transmisión máxima de la k^a subportadora en la n^a línea DSL; s_b es la potencia de transmisión máxima de la k^a subportadora en la n^a línea DSL es s_b , y se calcula con una ecuación $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)/c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$, en donde $r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es el número de la carga de bits para una ganancia de la n^a línea DSL en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b ; $c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es un coste de la línea DSL de referencia en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b . La línea DSL de referencia es preferiblemente la línea DSL más larga activada en un terminal de la oficina central DSL y puede ser la línea aproximadamente más larga dentro de un rango de error admisible. El llamado "activado" significa que la banda de frecuencia de trabajo de la línea DSL cubre la k^a subportadora. Si no se activa ninguna línea DSL en una cierta subportadora, entonces la línea DSL de referencia en la cierta subportadora será la línea DSL de referencia de la subportadora de trabajo anterior.
- 25 Una línea de débil capacidad portadora y/o una línea bajo sería diafonía pueden ser una línea física en un sistema o una línea virtual (es decir, una línea supuesta en el sistema). Si se ha de seleccionar la línea física en el sistema, puede seleccionarse una línea más larga que otras como la línea de referencia de acuerdo con la longitud de línea, debido a que cuanto más larga sea la línea tanto más débil será la capacidad de portar servicio; y si ha de seleccionarse la línea virtual, la longitud de la línea virtual seleccionada puede ser más larga que cualquier línea física en el sistema, y la longitud de la línea virtual seleccionada puede ser también, después de una solicitud real, un valor entre las longitudes de dos líneas físicas cualesquiera en el sistema. Se pueden seleccionar líneas diferentes como líneas de servicio de referencia en subportadoras diferentes. El objetivo de las realizaciones de la presente invención es reducir hasta donde sea posible el daño causado por cada línea DSL a otras líneas DSL en cada subportadora, al tiempo que se permite que cada línea DSL alcance su tasa diana bajo la limitación de la potencia de transmisión total. En las realizaciones de la presente invención una línea DSL de referencia $m(k)$ es la línea que tiene la capacidad más débil de antidiafonía, y así el daño causado por cada línea DSL a otras líneas DSL en cada subportadora puede reducirse reduciendo el daño causado por cada línea DSL a la línea DSL de referencia $m(k)$ en cada subportadora.

40 La línea DSL de referencia en las realizaciones de la presente invención puede ser también la línea DSL más larga en el terminal de la oficina central DSL, y esta disposición tan directa puede reducir la complejidad aritmética.

$$c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = b_k^{m(k)}(s_k^1 \cdots s_k^{n-1}, s_b, s_k^{n+1} \cdots s_k^N) - b_k^{m(k)}(s_k^1 \cdots s_k^{n-1}, s_1, s_k^{n+1} \cdots s_k^N) + \lambda(s_b - s_1)$$

en donde $m(k)$ es la línea DSL de referencia,

$$b_k^{m(k)}(s_k^1 \cdots s_k^{n-1}, s_b, s_k^{n+1} \cdots s_k^N) - b_k^{m(k)}(s_k^1 \cdots s_k^{n-1}, s_1, s_k^{n+1} \cdots s_k^N)$$

- 45 es el número de la carga de bits perdida en la línea DSL de referencia en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a es subportadora en la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b , $\lambda(s_b - s_1)$ es una potencia de transmisión total incrementada controlada por el multiplicador de Lagrange λ , y cuando P_n es menor que P_n^{max} , el multiplicador de Lagrange λ es 0, mientras que cuando P_n es igual a P_n^{max} , λ es mayor que 0, en donde P_n es la

potencia total de la n^a línea DSL y P_n^{max} es un umbral de potencia total de la n^a línea DSL. El multiplicador de Lagrange λ se utiliza para controlar P_n de tal manera que P_n no sea mayor que P_n^{max}, y esto puede determinarse por dicotomía; los detalles son como sigue:

- 5 Suponiendo que un límite superior λ_{max} del multiplicador de Lagrange λ es 1, un límite inferior λ_{min} del mismo es 0, y suponiendo λ = λ_{max} se realiza primero una optimización de espectro basada en este λ y luego se calcula P_n basándose en la potencia de transmisión después de la optimización; si P_n > P_n^{max}, se incrementa entonces el valor λ, suponiendo λ_{min} = λ_{max} y λ_{max} = 2λ_{max}, hasta que λ haga P_n ≤ P_n^{max}, con el proceso anterior se puede determinar el límite superior del multiplicador de Lagrange λ; después de eso, si λ_{max} - λ_{min} > ε, en donde ε es un número positivo arbitrariamente pequeño, se supone entonces λ = (λ_{max} + λ_{min})/2 y se calcula P_n basándose en este λ; si P_n > P_n^{max}, entonces se supone que λ_{min} = λ, y si P_n ≤ P_n^{max}, entonces se supone λ_{max} = λ, hasta que ε sea un valor infinitamente pequeño; en ese momento, el multiplicador de Lagrange λ converge en un cierto valor.

$$r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = b_k^n(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_b, s_k^{n+1} \dots s_k^N) - b_k^n(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_1, s_k^{n+1} \dots s_k^N)$$

- 15 en donde N es un número total de líneas DSL, b_kⁿ(s_k¹...s_k^N) es el número de la carga de bits para la n^a DSL en la k^a subportadora; cuando las potencias de transmisión de N líneas DSL en la k^a subportadora es s_k¹...s_k^N sucesivamente, b_kⁿ(s_k¹...s_k^N) puede calcularse en una ecuación

$$b_k^n(s_k^1 \dots s_k^N) = \log_2 \left(1 + \frac{1}{\Gamma_n} \frac{|h_k^{n,n}|^2 s_k^n}{\sum_{m \neq n} |h_k^{n,m}|^2 s_k^m + \sigma_k^n} \right)$$

- 20 en la que h_k^{n,n} es una función de transferencia de canal de la n^a DSL en la k^a subportadora; h_k^{n,m} es la función de transferencia de canal del transmisor de la m^a línea DSL al receptor de la n^a DSL en la k^a subportadora; σ_kⁿ es la potencia de ruido de fondo de la n^a DSL en la k^a subportadora; Γ_n es la capacidad de intersticio de la relación de señal a ruido (SNR); s_kⁿ es la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL.

- 25 Además, en las realizaciones de la presente invención la potencia de transmisión, después de la optimización de la subportadora a optimizar, puede ajustarse como la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar o calcularse mediante una ecuación matemática; por ejemplo, se la ajusta como 1,1 veces la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar. Mediante la operación se completa la optimización de la subportadora a optimizar.

Paso 202: Cálculo de una tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar, siendo los detalles como sigue:

- 30 cálculo de la tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar de acuerdo con la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar, es decir, la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar; en donde la tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar puede adquirirse convirtiendo el número de la carga de bits para la línea DSL a optimizar calculado con la ecuación

$$b_k^n(s_k^1 \dots s_k^N) = \log_2 \left(1 + \frac{1}{\Gamma_n} \frac{|h_k^{n,n}|^2 s_k^n}{\sum_{m \neq n} |h_k^{n,m}|^2 s_k^m + \sigma_k^n} \right)$$

- 35 en la ecuación anterior h_k^{n,n} es una función de transferencia de canal de la n^a línea DSL en la k^a subportadora; h_k^{n,m} es la función de transferencia de canal del transmisor de la m^a línea DSL al receptor de la n^a DSL en la k^a subportadora; σ_kⁿ es la potencia de ruido de fondo de la n^a DSL en la k^a subportadora; Γ_n es la capacidad de intersticio de la relación de señal a ruido (SNR); s_kⁿ es la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL.

Paso 203: Comparación de la tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar con una tasa diana de la línea DSL a optimizar, y si la tasa de transmisión no es menor que la tasa diana, finalización entonces de la operación; y si la tasa de transmisión es menor que la tasa diana, ejecución entonces del paso 204;

- 40 en donde la tasa diana es una tasa objeto a conseguir por la optimización de la DSL y es un valor predeterminado.

Paso 204: Actualización de la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea DSL a optimizar y retorno al paso 201 para recalculer la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar; esta iteración se repite hasta que la tasa de transmisión de la línea a optimizar alcance la tasa diana;

- 45 en donde se actualiza la información adquirida de las subportadoras optimizadas en la línea DSL a optimizar, es

decir, se actualiza la potencia de transmisión mínima en la información adquirida de las subportadoras optimizadas como la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar, y luego se recalculan un índice y una potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar.

5 En las realizaciones de la presente invención, dado que solamente se actualiza la potencia de transmisión mínima en la información de la subportadora optimizada, y durante cada iteración, en la matriz de relaciones beneficio-coste calculada de acuerdo con la potencia de transmisión mínima adquirida, la potencia de transmisión máxima y la longitud del paso de cada subportadora en la línea DSL a optimizar, solamente se cambia un valor de columna correspondiente al índice de la subportadora optimizada en la matriz de relaciones beneficio-coste, se cumple así que durante el proceso de recálculo solamente deberá calcularse un valor de columna correspondiente al índice de una subportadora previamente optimizada en la matriz de relaciones beneficio-coste y, por tanto, se reduce la complejidad aritmética. Durante el proceso de cálculo del valor de columna correspondiente al índice de la subportadora previamente optimizada en la matriz de relaciones beneficio-coste, si la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar es mayor que la potencia de transmisión optimizada opcional, $v_{k,n}(s_1 \rightarrow sb)$ se ajustará como 0 para asegurar que no se retracte el método; por ejemplo, no puede retirarse la potencia que haya sido añadida en una cierta subportadora. Si el nivel de potencia de transmisión es más alto que la potencia de transmisión máxima, $v_{k,n}(s_1 \rightarrow sb)$ se ajustará como un valor negativo para asegurar que no se seleccione nunca tal nivel de transmisión de potencia.

La subportadora en las realizaciones de la presente invención puede ser no solo una subportadora única, sino también un pequeño conjunto de subportadoras.

20 El método dado en las realizaciones de la presente invención es un método para optimizar una sola línea DSL siempre que el multiplicador de Lagrange λ sea fijo. En la práctica, si todas las líneas necesitan ser optimizadas, se deberá repetir el método hasta que estén optimizadas todas las líneas DSL.

25 Durante cada iteración en las realizaciones del método de optimización de espectro de la presente invención solamente deberá actualizarse el valor de columna correspondiente al índice de la subportadora optimizada en la matriz de relaciones beneficio-coste, y así hay KB iteraciones a lo sumo, en donde B es una cantidad de la potencia de transmisión optimizada aconsejable, lo que significa que la complejidad del método está linealmente relacionada con K, la complejidad para realizar iteraciones para todos los abonados es el cuadrado de N y así la complejidad total es $O(KN^2)$. Esta complejidad tiene la misma potencia que el algoritmo de equilibrio de espectro iterativo y el control es fácil incluso con respecto a centenares de líneas de abonado. Además, visto desde un aspecto de demanda de almacenaje, en cada subportadora deberá registrarse solamente la potencia de transmisión optimizada correspondiente a la relación beneficio-coste máxima, lo que significa que la demanda de almacenaje total del algoritmo es muy baja.

35 Gracias al método anterior, las realizaciones de la presente invención pueden superar el problema de la técnica anterior consistente en que es difícil hacer que converja el coeficiente ponderado de tasa y mejorar la tasa de una línea de abonado dada mientras se reduce la pérdida de potencia causada por la línea de abonado dada a otras líneas de abonado en el mismo mazo de cables.

Realización de un dispositivo de optimización de espectro

40 La figura 3 es la realización de un dispositivo de optimización de espectro 401 según la presente invención; como se muestra en la figura 3, el dispositivo de optimización de espectro 401 incluye un primer módulo de cálculo 301, un segundo módulo de cálculo 302 y un módulo de comparación 303.

45 El primer módulo de cálculo 301 está configurado para calcular con arreglo a la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en una línea DSL a optimizar a fin de obtener una potencia de transmisión optimizada de una subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar; en donde la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar incluye tres cualesquiera de entre potencia de transmisión mínima, potencia de transmisión máxima, longitud de paso y cantidad total de potencia de transmisión optimizada aconsejable de cada una de las respectivas subportadoras en la línea a optimizar. El primer módulo de cálculo 301 está configurado para calcular la obtención de una matriz de relaciones beneficio-coste con arreglo a la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras de la línea DSL a optimizar, tal como la potencia de transmisión mínima, la potencia de transmisión máxima y la longitud de paso, y adquiere una relación beneficio-coste máxima y una potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste, y adquirir luego la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea a optimizar de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste, la relación beneficio-coste máxima y la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima. Un número de columna correspondiente a la relación beneficio-coste máxima es un índice de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar, y la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar es la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima. El procesamiento detallado realizado por el primer módulo de

cálculo 301 se refiere a la descripción del método anterior y no se darán descripciones innecesarias en esta memoria.

El segundo módulo de cálculo 302 está configurado para calcular una tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar de acuerdo con la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar; y

5 El módulo de comparación 303 está configurado para comparar la tasa de datos de la línea DSL a optimizar con una tasa diana de la línea DSL a optimizar, y si la tasa de transmisión es menor que la tasa diana, actualizar entonces la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea DSL a optimizar y recalculer la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar; y si la tasa de transmisión no es menor que la tasa diana, finalizar entonces la operación.

10 El modo de actualizar la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea DSL a optimizar incluye concretamente los pasos siguientes: actualizar la potencia de transmisión mínima en la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea DSL a optimizar como la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar.

15 En las realizaciones de la presente invención el primer módulo de cálculo 301 puede incluir un submódulo de cálculo y un submódulo de adquisición. El submódulo de cálculo está configurado para calcular una matriz de relaciones beneficio-coste de acuerdo con la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar, tal como tres cualesquiera de entre la potencia de transmisión mínima, la potencia de transmisión máxima, la longitud de paso y la cantidad total de potencia de transmisión optimizada, y adquirir la relación beneficio-coste máxima y la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste. El submódulo de adquisición está configurado para adquirir la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea a optimizar de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste, la relación beneficio-coste máxima y la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima.

20 El modo de calcular la matriz de relaciones beneficio-coste de acuerdo con la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar, tal como tres cualesquiera de entre la potencia de transmisión mínima, la potencia de transmisión máxima, la longitud de paso y la cantidad total de potencia de transmisión optimizada aconsejable, y adquirir la relación beneficio-coste máxima y la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste incluye concretamente los pasos siguientes: calcular la matriz de relaciones beneficio-coste de acuerdo con tres cualesquiera de entre la potencia de transmisión mínima, la potencia de transmisión máxima, la longitud de paso y la cantidad total de potencia de transmisión optimizada aconsejable de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar con una ecuación $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)/C_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$, comparar valores respectivos en la matriz de relaciones beneficio-coste para obtener el valor máximo como la relación beneficio-coste máxima y adquirir la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima;

35 $r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ representa el número de la carga de bits para una ganancia de la n^a línea DSL en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora en la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b , y $C_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ representa un coste de una línea DSL de referencia en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b ; la línea DSL de referencia es preferiblemente la línea DSL más larga en un sistema DSL o la línea DSL más larga activada en el sistema DSL.

Mediante el dispositivo anterior, las realizaciones de la presente invención pueden superar el problema de la técnica anterior consistente en que es difícil hacer que converja el coeficiente ponderado de tasa y mejorar la tasa de una línea de abonado dada mientras se reduce la pérdida de potencia causada por la línea de abonado dada a otras líneas de abonado en el mismo mazo de cables.

45 Realización de un sistema de optimización de espectro

La figura 4 es una realización de un sistema DSL de acuerdo con la presente invención; como se muestra en la figura 4, el sistema DSL incluye un dispositivo de optimización de espectro 401 y un multiplexor de acceso DSL (DSLAM) 402; el dispositivo de optimización de espectro 401 está configurado para calcular una potencia de transmisión optimizada de una subportadora a optimizar en una línea DSL a optimizar de acuerdo con la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea DSL a optimizar; calcular una tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar de acuerdo con la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar; comparar la tasa de transmisión de la línea DSL a optimizar con una tasa diana de la línea DSL a optimizar, y si la tasa de transmisión es menor que la tasa diana, actualizar entonces la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea DSL a optimizar y recalculer la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar en la línea DSL a optimizar; y si la tasa de transmisión no es menor que la tasa diana, finalizar entonces la operación. El DSLAM 402 ajusta la potencia de transmisión de la línea DSL de acuerdo con la potencia de transmisión optimizada de la subportadora a optimizar, la cual es ajustada por el dispositivo de

optimización de espectro 401.

5 Mediante el sistema anterior, las realizaciones de la presente invención pueden superar el problema de la técnica anterior consistente en que es difícil hacer que converja el coeficiente ponderado de tasa y mejorar la tasa de una línea de abonado dada mientras se reduce la pérdida de potencia causada por la línea de abonado dada a otras líneas de abonado en el mismo mazo de cables.

10 Gracias a las descripciones de las realizaciones anteriores un experto en la materia puede entender claramente que la presente invención puede ser implementada por hardware o por software y una plataforma de hardware necesaria. Sobre la base de este entendimiento, la solución técnica de la presente invención puede reflejarse en forma de un producto de software, y el producto de software puede almacenarse en cualquier medio de almacenaje no volátil, por ejemplo, CD-ROM, disco U, disco duro móvil, etc.), incluyendo varias instrucciones para permitir que un dispositivo ordenador (por ejemplo, PC, servidor, dispositivo de red, etc.) ejecute el método de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método de optimización de espectro para un sistema de línea de abonado digital, DSL, que comprende:

calcular una potencia de transmisión optimizada de una subportadora en una línea a optimizar de acuerdo con la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea (201);

5 calcular una tasa de transmisión de la línea de acuerdo con la potencia de transmisión optimizada (202); y

comparar la tasa de transmisión con una tasa diana de la línea (203), y si la tasa de transmisión es menor que la tasa diana, actualizar la información adquirida de una subportadora optimizada en la línea y recalculer la potencia de transmisión optimizada de la subportadora en la línea (204);

en donde el cálculo de la potencia de transmisión optimizada comprende concretamente:

10 calcular una matriz de relaciones beneficio-coste de acuerdo con la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras de la línea y obtener la potencia de transmisión optimizada correspondiente a la relación beneficio-coste máxima de dicha matriz de relaciones beneficio-coste;

en donde, en la matriz de relaciones beneficio-coste, una relación beneficio-coste para una potencia de transmisión aconsejable de una subportadora de la línea a optimizar, s_b , representa una relación beneficio-coste cuando se incrementa la potencia de transmisión de la subportadora desde la potencia de transmisión mínima s_1 hasta la potencia de transmisión aconsejable s_b ;

15

la matriz de relaciones de beneficio-coste se representa de la manera siguiente:

$$\begin{pmatrix} v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_B) & \cdots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_B) & \cdots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_B) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \cdots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \cdots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_b) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_1) & \cdots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_1) & \cdots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_1) \end{pmatrix}$$

en donde, en la expresión de la matriz de relaciones beneficio-coste, n es un número de serie de la línea DSL a optimizar, K es el número total de subportadoras en la línea DSL a optimizar; k es un número de serie o índice de una subportadora; B es una cantidad total de la potencia de transmisión optimizada aconsejable de la subportadora de la línea DSL a optimizar; b es un número de serie o índice de la potencia de transmisión optimizada aconsejable; s_1 es la potencia de transmisión mínima de la k^a subportadora en la n^a línea DSL; s_B es la potencia de transmisión máxima de la k^a subportadora en la n^a línea DSL; $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es una relación beneficio-coste cuando la potencia de transmisión optimizada aconsejable en la k^a subportadora en la n^a línea DSL es s_b , y se calcula con una ecuación $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)/c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$, en donde $r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es el número de la carga de bits para una ganancia de n^a línea DSL en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b ; $c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ comprende el número de la carga de bits perdida por la línea DSL de referencia en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b .

20
25
30

2. El método de optimización de espectro para un sistema DSL según la reivindicación 1, en el que la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras en la línea comprende tres cualesquiera de entre potencia de transmisión mínima, potencia de transmisión máxima, longitud de paso y cantidad total de potencia de transmisión optimizada aconsejable de cada subportadora en la línea a optimizar.

35 3. El método de optimización de espectro para un sistema DSL según la reivindicación 1, en el que la línea DSL de referencia es la línea DSL más larga dentro de líneas DSL con bandas de frecuencias de trabajo que cubren la subportadora a optimizar.

40 4. El método de optimización de espectro para un sistema DSL según la reivindicación 1, en el que el método comprende además: calcular un coste $c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ de la línea DSL de referencia en la subportadora cuando se incrementa la potencia de transmisión de la subportadora desde la potencia de transmisión mínima s_1 hasta la potencia de transmisión aconsejable s_b , en donde n es un número de serie de la línea a optimizar y k es un número de serie de la subportadora a optimizar;

el coste $c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ se calcula con una ecuación:

$$c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = b_k^{m(k)}(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_b, s_k^{n+1} \dots s_k^N) - b_k^{m(k)}(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_1, s_k^{n+1} \dots s_k^N) + \lambda(s_b - s_1)$$

en donde N es un número total de líneas DSL;

$$b_k^{m(k)}(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_b, s_k^{n+1} \dots s_k^N) - b_k^{m(k)}(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_1, s_k^{n+1} \dots s_k^N)$$

5 es el número de la carga de bits perdida por la línea DSL de referencia en la kª subportadora cuando la potencia de transmisión de la kª subportadora de la nª línea DSL se incrementa de s₁ a s_b; λ(s_b - s₁) es la potencia de transmisión totalmente incrementada; m(k) es una DSL de referencia correspondiente a la kª subportadora; y λ es un multiplicador de Lagrange.

10 5. El método de optimización de espectro para un sistema DSL según la reivindicación 4, en el que se utiliza el multiplicador de Lagrange λ para controlar P_n de tal manera que P_n no sea mayor que P_n^{max}, en donde P_n es la potencia total de la nª línea DSL y P_n^{max} es un umbral de potencia total de la nª línea DSL.

6. El método de optimización de espectro para un sistema DSL según la reivindicación 4, en el que el número de la carga de bits r_{k,n}(s₁ → s_b) de la ganancia de la nª línea DSL en la kª subportadora se calcula con una ecuación

$$r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = b_k^n(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_b, s_k^{n+1} \dots s_k^N) - b_k^n(s_k^1 \dots s_k^{n-1}, s_1, s_k^{n+1} \dots s_k^N)$$

15 en la que N es un número total de líneas DSL; b_kⁿ(s_k¹...s_k^N) es el número de la carga de bits para la nª línea DSL en la kª subportadora cuando la potencia de transmisión de N líneas DSL en la kª subportadora es s_k¹...s_k^N sucesivamente.

7. El método de optimización de espectro para un sistema DSL según la reivindicación 1, en el que la actualización de la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea a optimizar comprende concretamente:

20 actualizar la potencia de transmisión mínima en la información adquirida de la subportadora optimizada en la línea a optimizar como la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora a optimizar.

8. Un dispositivo de optimización de espectro que comprende:

un primer módulo de cálculo (301) configurado para calcular una potencia de transmisión optimizada de una subportadora en una línea de abonado digital, DSL, a optimizar de acuerdo con la información adquirida de cada una de las respectivas subportadoras de la línea;

25 un segundo módulo de cálculo (302) configurado para calcular una tasa de transmisión de la línea de acuerdo con la potencia de transmisión optimizada; y

un módulo de comparación (303) configurado para comparar la tasa de transmisión con una tasa diana de la línea DSL, y si la tasa de transmisión es menor que la tasa diana, actualizar la información adquirida de una subportadora optimizada en la línea DSL y recalculer la potencia de transmisión optimizada de la subportadora en la línea DSL;

30 en donde el primer módulo de cálculo (301) está configurado, además, para calcular una matriz de relaciones beneficio-coste de acuerdo con la información requerida de cada una de las respectivas subportadoras de la línea y obtener la potencia de transmisión optimizada correspondiente a la relación beneficio-coste máxima de dicha matriz de relaciones beneficio-coste;

35 en donde, en la matriz de relaciones beneficio-coste, una relación beneficio-coste para una potencia de transmisión aconsejable de una subportadora en la línea a optimizar, que es s_b, representa una relación beneficio-coste cuando se incrementa la potencia de transmisión de la subportadora desde la potencia de transmisión mínima s₁ hasta la potencia de transmisión aconsejable s_b;

la matriz de relaciones beneficio-coste puede representarse como sigue:

$$\begin{pmatrix} v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_B) & \dots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_B) & \dots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_B) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \dots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) & \dots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_b) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{1,n}(s_1 \rightarrow s_1) & \dots & v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_1) & \dots & v_{K,n}(s_1 \rightarrow s_1) \end{pmatrix}$$

5 en donde, en la expresión de la matriz de relaciones beneficio-coste, n es un número de serie de la línea DSL a optimizar; K es un número total de subportadoras en la línea DSL a optimizar; k es un número de serie o índice de una subportadora; B es una cantidad total de la potencia de transmisión optimizada aconsejable de la subportadora de la línea DSL a optimizar; b es un número de serie o índice de la potencia de transmisión optimizada aconsejable; s_1 es la potencia de transmisión mínima de la k^a subportadora en la n^a línea DSL; s_b es la potencia de transmisión máxima de la k^a subportadora en la n^a línea DSL; $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es una relación beneficio-coste cuando la potencia de transmisión optimizada aconsejable en la k^a subportadora en la n^a línea DSL es s_b , y se calcula con una ecuación $v_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b) = r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)/c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$, en donde $r_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ es el número de la carga de bits para una ganancia de la n^a línea DSL en la k^a subportadora cuando la transmisión de potencia de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b ; $c_{k,n}(s_1 \rightarrow s_b)$ comprende el número de la carga de bits perdida por la línea DSL de referencia en la k^a subportadora cuando la potencia de transmisión de la k^a subportadora de la n^a línea DSL se incrementa de s_1 a s_b .

9. El dispositivo de optimización de espectro según la reivindicación 8, en el que el módulo de cálculo comprende:
 15 un submódulo de cálculo configurado para calcular la matriz de relaciones beneficio-coste de acuerdo con tres cualesquiera de entre potencia de transmisión mínima, potencia de transmisión máxima, longitud de paso y cantidad total de la potencia de transmisión optimizada aconsejable adquiridas de cada subportadora en la línea DSL a optimizar, y adquirir una relación beneficio-coste máxima y una potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste; y
 20 un submódulo de adquisición configurado para adquirir una potencia de transmisión optimizada de la subportadora en la línea de acuerdo con la matriz de relaciones beneficio-coste, la relación beneficio-coste máxima y la potencia de transmisión optimizada aconsejable correspondiente a la relación beneficio-coste máxima.

10. El método de optimización de espectro según la reivindicación 9, en el que la línea DSL de referencia es la línea DSL más larga dentro de líneas DSL con bandas de frecuencia de trabajo que cubren la subportadora a optimizar.

11. Un sistema de línea de abonado digital, DSL, que comprende un multiplexor de acceso DSL, en donde el sistema comprende además: un dispositivo de optimización de espectro según las reivindicaciones 8 a 10; y
 25 el multiplexor de acceso DSL está configurado para ajustar la potencia de transmisión de la línea DSL de acuerdo con la potencia de transmisión después de la optimización de la subportadora, en donde la potencia de transmisión es obtenida por el dispositivo de optimización de espectro.

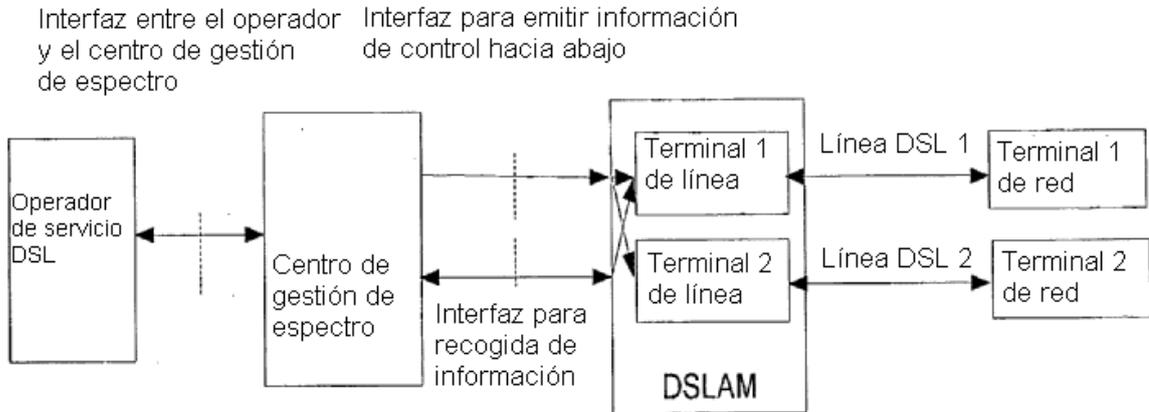


FIG.1

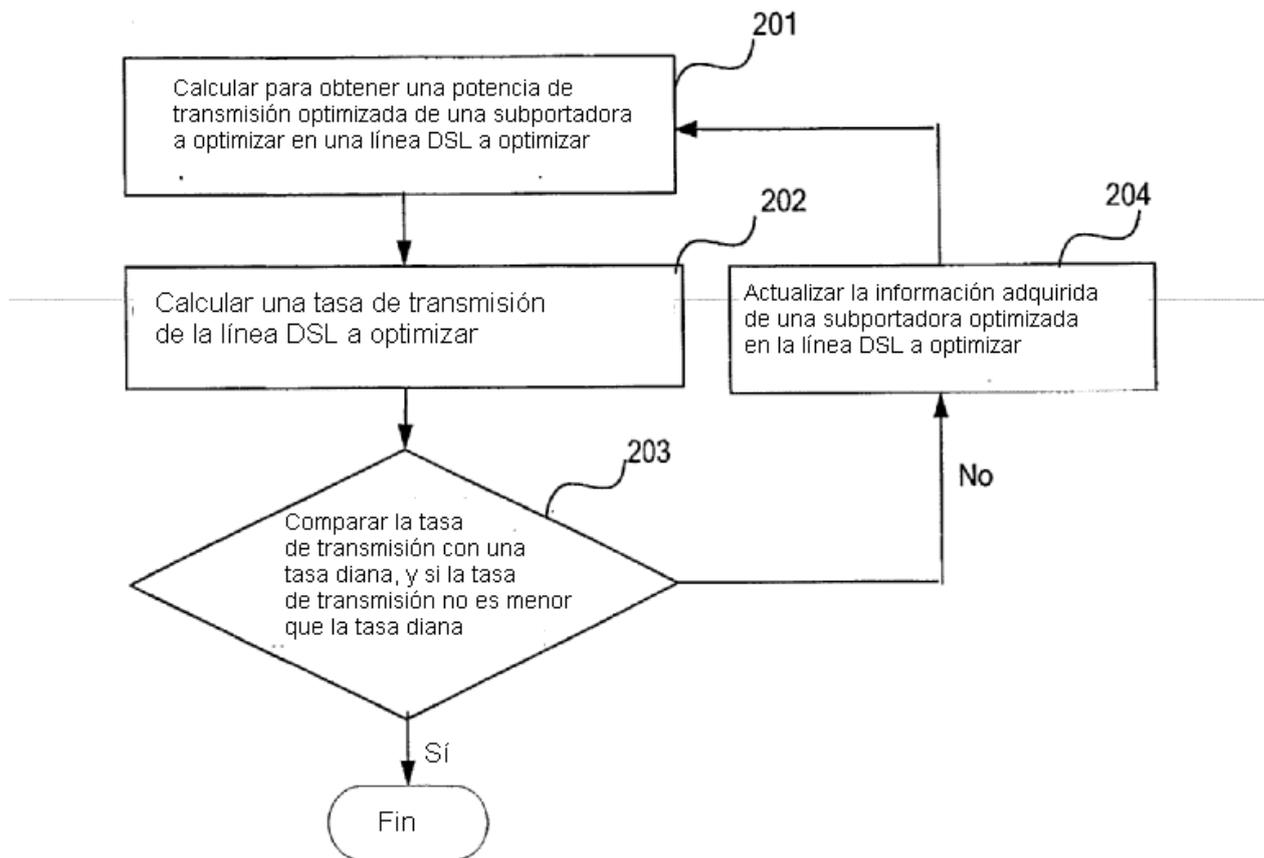


FIG.2

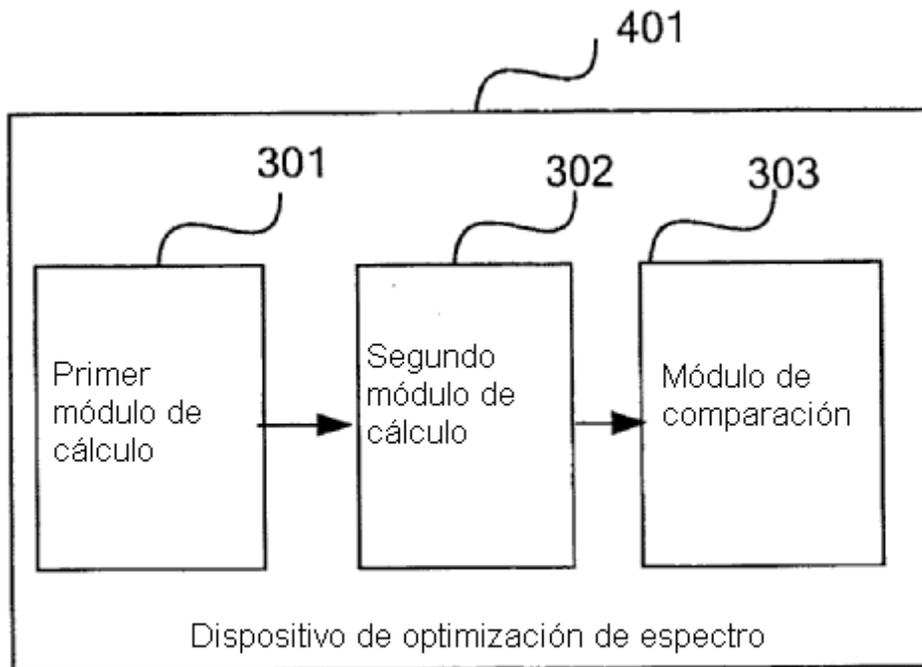


FIG3

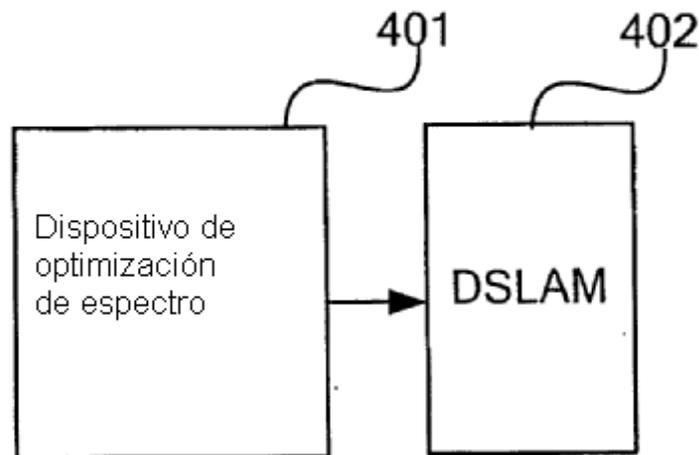


FIG.4