

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 303**

51 Int. Cl.:  
**H04B 3/46**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06791005 .9**

96 Fecha de presentación: **15.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1919093**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **MÉTODO Y EQUIPO PARA EL AJUSTE ADAPTATIVO DE POTENCIA BASADOS EN LA REDUCCIÓN DE LA INTERFERENCIA ENTRE DSLS.**

30 Prioridad:  
**21.09.2005 CN 200510104836**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.02.2012**

73 Titular/es:  
**Huawei Technologies Co., Ltd.  
Huawei Administration Building Bantian  
Longgang District, Shenzhen  
Guangdong 518129 , CN**

72 Inventor/es:  
**ZHOU, Ju**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 374 303 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 equipo para el ajuste adaptativo de potencia basados en la reducción de la interferencia entre DSLs

### Campo de la invención

5 La invención está relacionada con el campo de las comunicaciones de redes y, en particular, con un método y un equipo para el ajuste adaptativo de potencia basados en la reducción de la interferencia entre Líneas Digitales de Abonado (DSL).

### Antecedentes de la invención

10 En los sistemas de comunicación existentes, la Línea Digital de Abonado (xDSL) es una técnica para la transmisión de datos a alta velocidad sobre un par trenzado de teléfono (p.e. Par Trenzado sin Apantallar, UTP). Además de la transmisión DSLs en banda base, como por ejemplo la DSL (IDSL) en la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) y la DSL de Alta velocidad (HDSL), la transmisión xDSL paso banda utiliza la técnica de multiplexación por división de la frecuencia (FDM) de modo que el servicio xDSL puede coexistir con el POTS (Servicio Telefónico Convencional) en el mismo par trenzado. El servicio xDSL ocupa la banda de frecuencias más altas mientras que el POTS ocupa la banda base por debajo de 4 KHz. Como se muestra en la Figura 1, la señal POTS y la señal xDSL se pueden separar entre sí mediante un filtro. Un sistema que proporciona múltiples accesos xDSL se denomina un Multiplexor de Accesos DSL (DSLAM).

15 Debido a que las señales xDSL se transmiten sobre UTP, diseñado originalmente para la transmisión de voz, pueden existir muchos factores que perjudiquen las señales de alta frecuencia, como por ejemplo interferencia externa, ruido, interferencia entre conductores incluidos en el mismo cable, y alteraciones de los parámetros de la línea debido a variaciones del entorno. Estos factores pueden provocar un funcionamiento inestable de un sistema xDSL.

20 Después de años de desarrollo, la técnica xDSL ha evolucionado desde la primera generación, i.e. Línea Digital Asimétrica de Abonado (ADSL), hasta la segunda generación, i.e. ADSL2, ADSL2+ y Línea Digital de Muy Alta Velocidad de Abonado 2 (VDSL2), incrementándose de forma gradual el ancho de banda y el número de bandas de frecuencia. ADSL y ADSL2 utilizan un ancho de banda del enlace descendente inferior a 1,1 MHz, proporcionando velocidades del enlace descendente de hasta 8 Mbps. En ADSL2+, el ancho de banda del enlace descendente aumenta hasta los 2,2 MHz, proporcionando una velocidad del enlace descendente de hasta 24 Mbps. VDSL2 utiliza un ancho de banda de hasta 30 MHz, proporcionando velocidades de hasta 100 Mbps de forma simultánea tanto en la dirección descendente como en la ascendente. La interferencia en las bandas de alta frecuencia se está convirtiendo en algo cada vez más significativo debido a la expansión del ancho de banda en la técnica xDSL.

25 Como se muestra en la Figura 2 y en la Figura 3, la interferencia en el extremo próximo no provoca mucho perjuicio al rendimiento de un sistema xDSL debido a que en xDSL se utiliza multiplexación por división de la frecuencia para los canales del enlace ascendente y descendente. Sin embargo, la interferencia en el extremo remoto tiene un impacto significativo en el rendimiento de las líneas de transmisión. En otras palabras, cuando múltiples usuarios solicitan poner en funcionamiento servicios en un mazo de cables, algunas líneas pueden tener una baja velocidad, rendimiento inestable o incluso pueden no funcionar debido a la interferencia en el extremo remoto, provocando una menor tasa de activación de líneas DSLAM. En la hipótesis de utilización que se muestra en la Figura 3, pueden ocurrir interferencias mucho más intensas.

30 En vista de lo anterior, muchos operadores han definido sus propias especificaciones de aplicaciones de gestión del espectro para especificar la planificación del espectro en varias hipótesis de utilización para prevenir un deterioro del rendimiento debido a interferencias mutuas entre dispositivos de varios puntos. Se puede encontrar un ejemplo en EP1429508 (Alcatel).

35 En la actualidad, para prevenir la interferencia se pueden desactivar portadoras de algunas bandas de frecuencia. Como se muestra en la Figura 4, para reducir la interferencia del enlace descendente de las portadoras al ADSL de la Central Telefónica Local (CO) se desactivando las portadoras ADSL2+ del extremo remoto que se solapan con las bandas de frecuencia del enlace descendente ADSL. Desactivando las portadoras se puede prevenir la interferencia de las señales del enlace descendente de un módulo remoto al módulo de la central telefónica, ya que dejan de solaparse los anchos de banda.

40 En el método anterior de desactivación de portadoras en bandas de frecuencia se deben cumplir los requisitos de gestión del espectro y compatibilidad del espectro. Sin embargo, como se muestra en la Figura 4, únicamente se utilizan portadoras en la banda de frecuencia por encima de 1,1 MHz en el DSLAM del extremo remoto (i.e. el módulo remoto), y la atenuación en la banda de frecuencia por encima de 1,1 MHz es mayor que en la banda de frecuencia inferior a 1,1 MHz. Por lo tanto, se puede deteriorar rápidamente el rendimiento de la transmisión con la prolongación de la distancia de transmisión, causando en consecuencia una limitación importante del rendimiento del módulo remoto.

Además, debido a que en el método anterior de desactivación de portadoras se utiliza una configuración del espectro fija, resulta imposible una variación dinámica adaptativa en función de las variaciones del espectro en las líneas, provocando una utilización baja del espectro.

5 Además, en el método anterior de desactivación de portadoras, se necesita configurar de forma manual el espectro correspondiente. En otras palabras, en el método anterior es imposible una configuración automática. Esto provoca una gran carga de trabajo de configuración manual en el caso de líneas complicadas.

**Resumen de la invención**

10 Un objeto de la invención es proporcionar un método y un equipo para el ajuste adaptativo de la potencia basado en la reducción de la interferencia entre las Líneas Digitales de Abonado (DSLs), para administrar el espectro de forma dinámica al mismo tiempo que se reduce de forma efectiva la interferencia en el sistema de comunicación.

El objeto de la invención se consigue mediante la siguiente solución técnica.

Se proporciona un método para el ajuste adaptativo de la potencia basado en la reducción de la interferencia entre las Líneas Digitales de Abonado (DSLs). El método puede incluir:

15 calcular una densidad del espectro de potencia de la interferencia en una línea inducida por las líneas adyacentes, y determinar una función de interferencia;

calcular y determinar una densidad del espectro de potencia de transmisión de un dispositivo local en función de la densidad del espectro de potencia calculada de la interferencia y de la función de interferencia; y

controlar, mediante un dispositivo local, una potencia de transmisión en función de la densidad del espectro de potencia de transmisión.

20 Antes de calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia en la línea inducida por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia, el método puede incluir, además:

determinar un valor de longitud eléctrica de la línea del dispositivo local, y calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia en la línea inducida por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia si el valor de la longitud eléctrica es mayor que un valor predeterminado.

25 El valor predeterminado puede configurarse en función de las características de transmisión de la línea o en función del entorno de utilización real.

El cálculo y determinación de la densidad del espectro de potencia de transmisión del dispositivo local pueden incluir:

30 calcular un valor de la densidad del espectro de potencia en función de un valor del ruido de fondo y un valor adicional del ruido blanco Gaussiano;

calcular una función de atenuación de la línea y calcular un valor de la función de interferencia de acuerdo con la función de atenuación; y

35 calcular un valor de la densidad del espectro de potencia de transmisión en función del valor de la densidad del espectro de potencia y el valor de la función de interferencia, y controlar la potencia de transmisión en función del valor de la densidad del espectro de potencia de transmisión.

El valor de la densidad del espectro de potencia puede ser:

$$X_{ilk}(f) = \begin{cases} SNR(f) & SNR(f) > n(f) \\ -\infty & SNR(f) \leq n(f) \end{cases} \quad dB,$$

$n(f)$  es un ruido blanco Gaussiano adicional.

La función de atenuación de la línea puede ser:

40  $LOS(L, f) = k_0L + k_1L\sqrt{f} + k_2Lf \quad dB,$

$k_0 k_1 k_2$  son constantes, teniendo cada una un valor dentro de un rango entre  $\pm 15$ .

La función de interferencia puede ser:

$$|H_{xtalk}(f)|^2 = 10 \times \log_{10} \left( 10^{\frac{LOS(L,f)}{5}} \times m \times L \times f^2 \right)$$

$m$  es una constante de acoplamiento de interferencias que tiene un valor de  $9,877 \times 10^{-21}$ ,  $LOS(L,f)$  es la función de atenuación de la línea.

La densidad del espectro de potencia de transmisión puede ser:

$$TxPSD_3(L, f) = \begin{cases} (X_{tik}(f) + |H_{xtalk}(f)|^2) + PSD_0(f) & SNR(f) > n(f) \\ PSD(f) & SNR(f) \leq n(f) \end{cases} \quad dB,$$

5  $PSD_0(f)$  es una función de frecuencia que es una función de densidad del espectro de potencia arbitraria que cumple las especificaciones de los estándares,  $X_{tik}(f)$  es la densidad del espectro de potencia,  $H_{xtalk}(f)$  es la función de interferencia.

10 En la invención, antes de calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia en la línea inducida por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia, el método puede incluir, además:

determinar un valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local, utilizando el principio de asignación de frecuencias a partir desde las frecuencias bajas hasta las frecuencias altas si el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local es mayor que un valor preestablecido, o utilizar el principio de asignación de frecuencias a partir de las frecuencias altas hasta las frecuencias bajas si el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local es menor o igual que un valor preestablecido.

El método puede incluir, además:

utilizar una potencia estándar como potencia de transmisión del dispositivo local si están completamente ocupados los recursos de banda de bajas frecuencias reservados; y/o

20 calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia en la línea inducida por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia si están completamente ocupados los recursos de banda de altas frecuencias reservados.

En la invención, antes de determinar el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local, el método puede incluir, además:

25 evaluar si es constante una velocidad del dispositivo local, si la velocidad es constante determinar el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local, o si la velocidad no es constante calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia en la línea inducida por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia, y utilizar una potencia estándar como la potencia de transmisión del dispositivo local cuando el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local es mayor que un valor preestablecido.

El método puede incluir, además:

30 evaluar si ha cambiado un ruido de fondo de la línea del dispositivo local, si el ruido de fondo de la línea del dispositivo local no ha cambiado continuar el funcionamiento normal o, si el ruido de fondo de la línea del dispositivo local ha cambiado, calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia en la línea inducida por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia.

Se proporciona un equipo para el ajuste adaptativo de la potencia. El equipo puede incluir:

35 un módulo para calcular la densidad del espectro de potencia, adaptado para calcular un valor de densidad del espectro de potencia de una interferencia en una línea de un dispositivo local inducida por las líneas adyacentes;

un módulo para calcular la función de interferencia, adaptado para calcular una función de interferencia en la línea del dispositivo local inducida por las líneas adyacentes; y

40 un módulo para calcular la densidad del espectro de potencia de transmisión, adaptado para calcular una densidad del espectro de potencia de transmisión del dispositivo local en función del valor de la densidad del espectro de potencia de la interferencia y un valor de la función de interferencia.

El equipo puede incluir, además:

un módulo para calcular la función de atenuación, adaptado para calcular una función de atenuación de la línea del dispositivo local, y proporcionar la función de atenuación a un módulo para calcular la función de interferencia para

utilizarla como base para el cálculo de la función de interferencia.

El equipo puede incluir, además:

5 un módulo para procesar la asignación de frecuencias adaptado para determinar, en función de una relación entre una longitud eléctrica de una nueva línea añadida y un valor predeterminado, para utilizar un principio de asignación de bits desde las frecuencias bajas hasta las frecuencias altas cuando la longitud eléctrica es mayor que el valor predeterminado, o utilizar un principio de asignación de bits desde las frecuencias altas hasta las frecuencias bajas cuando la longitud eléctrica es menor o igual que el valor predeterminado, y activar el módulo de cálculo de la densidad del espectro de la potencia de transmisión cuando se ha completado la asignación de bits en la banda de frecuencia.

10 El equipo puede incluir, además:

un módulo para determinar la velocidad adaptado para evaluar si una velocidad es constante. Si la velocidad es constante, activar el módulo de proceso de asignación de frecuencias o, si la velocidad no es constante, activar directamente el módulo de cálculo de la densidad del espectro de la potencia de transmisión.

El equipo se puede instalar en un Multiplexor de Acceso de Líneas Digitales de Abonado (DSLAM).

15 Como se puede observar de lo anterior, en la invención se proporciona un método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de la interferencia entre DSLs. El método se puede adaptar dinámicamente a las variaciones en las líneas, como por ejemplo variaciones del espectro, variaciones de la relación señal-ruido y las longitudes eléctricas en las líneas.

20 En consecuencia, con la invención, ya no se necesita configurar el espectro de forma manual. De este modo, se reduce la carga de trabajo del proceso en situaciones complejas, se puede aprovechar la utilización del espectro en las líneas, y se puede ajustar de forma adaptativa.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un modelo de referencia de un sistema xDSL;

La Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una interferencia en el extremo remoto;

25 La Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra una interferencia en el extremo remoto;

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra un método en EP 1370057;

La Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra la transmisión de línea de un sistema DSL;

La Figura 6 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método para el ajuste adaptativo de la potencia basado en la reducción de la interferencia entre DSLs;

30 La Figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra un principio de asignación de bits de una política de control de potencia en el extremo remoto cuando la velocidad de datos es fija;

La Figura 8 es un diagrama esquemático que ilustra un principio de asignación de bits de una política de control de potencia de una Central Telefónica (CO) cuando la velocidad de datos es fija; y

La Figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra la estructura de un equipo de acuerdo con la invención.

#### **35 Descripción detallada de los modos de realización**

En la invención, el espectro se puede gestionar de forma automática a la vez que se atenúa la incidencia adversa derivada de la interferencia entre xDSLs, sin necesidad del control o información del sistema. En particular, en líneas en funcionamiento normales, se puede eliminar o reducir suficientemente la incidencia severa derivada de la interferencia en hipótesis de utilización en el extremo remoto.

40 En la invención, la potencia se regula mediante el ajuste dinámico de la relación señal-ruido de las líneas. De acuerdo con las hipótesis aplicables, establecidas en función de la longitud eléctrica de una nueva línea añadida en una red y de las variaciones del ruido de fondo de la línea detectadas en tiempo real, se ajusta automáticamente la potencia de transmisión aplicando repetidamente un plan hipotético para mitigar o eliminar la incidencia adversa derivada de la interferencia entre líneas.

45 Para que se entienda mejor la invención, a continuación se describe un método de acuerdo con la invención junto con los dibujos adjuntos.

- El método de acuerdo con la invención es particularmente aplicable a la hipótesis de utilización que se muestra en la Figura 5. En la Figura 5, una primera línea (5) y una segunda línea (6) están dispuestas en un cable en la parte próxima al usuario. De este modo, la transmisión sobre la línea entre un primer Multiplexor de Acceso DSL (DSLAM) (1) y el primer equipamiento en la instalación del cliente (CPE) (2) puede causar una primera interferencia (8) remota en la línea entre un segundo DSLAM (3) y un segundo CPE (4). De igual modo, la transmisión sobre la línea entre el segundo DSLAM (3) y el segundo CPE (4) puede causar una segunda interferencia (7) remota entre el primer DSLAM (1) y el primer CPE (2). En la utilización real, la última puede dar lugar a una incidencia más severa. En la invención, la incidencia severa sobre la primera línea (5) derivada de la segunda interferencia (7) remota en la hipótesis de utilización que se muestra en la Figura 5 se puede eliminar o disminuir suficientemente.
- 5
- 10 La Figura 6 ilustra un ejemplo de implementación del método de acuerdo con la invención. Basado en la hipótesis de utilización que se muestra en la Figura 5, el método puede ser como sigue.
- En el paso 61 se obtiene una longitud eléctrica  $L$  y un ruido de fondo  $SNR(f)$  de una nueva línea añadida.
- Para obtener los dos parámetros anteriores se puede utilizar una solución de Descubrimiento de Canal del estándar G.993.2. El método para obtener los dos parámetros anteriores no se limita a ésta.
- 15 En el paso 62, se determina una hipótesis de aplicación más probable en función de la longitud eléctrica  $L$  y las situaciones prácticas.
- De acuerdo con las características de varios DSLs se puede elegir un valor de la longitud por defecto  $L_0(x)$ , o un operador puede establecer un valor de la longitud  $L(x)$  de acuerdo con hipótesis de utilización reales. "x" representa diferentes valores de longitud correspondientes a diferentes DSLs.
- 20 La hipótesis de utilización más probable se determina comparando la longitud eléctrica  $L$  con el valor de  $L_0(x)$  o  $L(x)$ , para elegir una política de control de potencia apropiada. En particular,
- (1) cuando  $L > L_0(x)$  o cuando  $L > L(x)$ , se determina que la hipótesis de utilización más probable es una hipótesis del extremo de Central Telefónica (CO), y se aplica una política de control de potencia del extremo CO a la nueva línea añadida; el proceso continúa en el paso 6a.
- 25 (2) cuando  $L \leq L_0(x)$  o cuando  $L \leq L(x)$ , se determina que la hipótesis de utilización más probable es una hipótesis del extremo remoto, y se aplica una política de control de potencia del extremo remoto a la nueva línea añadida; el proceso continúa en el paso 63.
- El estado de la primera línea (5) tal como se muestra en la Figura 5 se denomina hipótesis de extremo CO, y a la primera línea (5) se le aplica la política de control de potencia de extremo CO. El estado de la segunda línea (6) tal como se muestra en la figura (5) se denomina hipótesis del extremo remoto, y a la segunda línea (6) se le aplica la política de control de potencia del extremo remoto.
- 30 En el paso 63, suponiendo que la primera línea (5) entre el primer DSLAM (1) y el primer CPE (2) se encuentre en funcionamiento normal y que la segunda línea (6) entre el segundo DSLAM (3) y el segundo CPE (4) sea la nueva línea añadida, entonces la segunda línea (6) se establece como línea a ser detectada, la hipótesis del extremo remoto se establece como la hipótesis de utilización más probable, y se aplica la política de control de potencia del extremo remoto. El proceso continúa en el paso 64.
- 35 En el paso 64, se detecta la configuración de velocidad de la segunda línea (6), y se evalúa si la velocidad es constante. Si la velocidad es constante, el proceso continúa en el paso 65; si la velocidad no es constante, el proceso continúa en el paso 67.
- 40 En el paso 65, la asignación de bits de la política de control de potencia del extremo remoto sigue un principio de asignación desde la frecuencia alta hasta la frecuencia baja. La Figura 7 ilustra un modo de asignación de bits específica.
- En el paso 66 se evalúa si se han asignado los bits en las bandas de frecuencia donde  $SNR(f) < n(f)$ .  $n(f)$  representa un ruido blanco Gaussiano adicional. En otras palabras, se evalúa si los recursos de banda de alta frecuencia reservados se han ocupado por completo o no. Si los recursos de banda de alta frecuencia reservados se han ocupado por completo, el proceso continúa en el paso 68; si los recursos de banda de alta frecuencia reservados no se han ocupado por completo el proceso continúa en el paso 67.
- 45 En el paso 67, cuando  $SNR(f) > n(f)$ , la línea de los dispositivos del extremo local transporta una señal de transmisión con las mismas frecuencias que la de una línea adyacente por lo que el espectro del enlace descendente de la nueva línea añadida se solapa con el de la línea en funcionamiento normal y por lo tanto se provocan interferencias. Por ello, es necesario calcular la potencia deseada de transmisión de la línea. La potencia de transmisión de línea de la nueva línea añadida se ajusta automáticamente de en función de la potencia deseada de transmisión de la línea.
- 50

A continuación se describe un proceso para calcular la potencia deseada de transmisión de la línea.

En un primer paso, la densidad del espectro de la potencia  $X_{ik}(f)$  de la primera interferencia (8) remota se calcula mediante la siguiente Ecuación (1). Grosso modo, se puede considerar que la  $SNR(f)$  incluye la primera interferencia (8) remota y el ruido blanco Gaussiano adicional (AWGN).

5

$$\text{Ecuación (1): } X_{ik}(f) = \begin{cases} SNR(f) & SNR(f) > n(f) \\ -\infty & SNR(f) \leq n(f) \end{cases} \text{ dB;}$$

En la Ecuación (1),  $n(f)$  representa el ruido blanco Gaussiano adicional.  $n(f)$  puede ser una función asociada a frecuencias configuradas de acuerdo con cada entorno concreto de utilización. En general, se puede asignar a  $n(f)$  un valor de  $-140 \text{ dBm/Hz}$ .

10 En un segundo paso, se puede estimar una función de atenuación  $LOS(L,f)$  de la segunda línea (6) mediante la siguiente Ecuación (2):

$$\text{Ecuación (2): } LOS(L,f) = k_0L + k_1L\sqrt{f} + k_2Lf \text{ dB;}$$

En la Ecuación (2),  $k_0$ ,  $k_1$  y  $k_2$  son números constantes. Los valores de  $k_0$ ,  $k_1$  y  $k_2$  se pueden encontrar en un rango entre  $\pm 15$  en función de diferentes condiciones (como por ejemplo un medidor de línea, grado de envejecimiento) de la línea.

15

En un tercer paso, se estima una función de interferencia  $|H_{xtalk}(f)|^2$  inducida por la primera línea (5) en la segunda línea (6) mediante la siguiente Ecuación (3):

$$\text{Ecuación (3): } |H_{xtalk}(f)|^2 = 10 \times \log_{10} \left( 10^{\frac{LOS(L,f)}{5}} \times m \times L \times f^2 \right);$$

20 En la Ecuación (3), "m" representa una constante de acoplamiento de interferencia con un valor de  $9,877 \times 10^{-21}$ .

En un cuarto paso, se calcula una densidad del espectro de potencia de transmisión  $TxPSD_3(L,f)$  de un puerto correspondiente del segundo DSLAM □ mediante la siguiente Ecuación (4), y el proceso continúa en el paso 68.

$$\text{Ecuación (4): } TxPSD_3(L,f) = \begin{cases} X_{ik}(f) + |H_{xtalk}(f)|^2 + PSD_0(f) & SNR(f) > n(f) \\ PSD(f) & SNR(f) \leq n(f) \end{cases} \text{ dB;}$$

25 En la Ecuación (4),  $PSD_0(f)$  es una función de la frecuencia.  $PSD(f)$  es una función de la densidad del espectro de la potencia arbitraria que cumple con las especificaciones del estándar, y es la densidad del espectro de la potencia original cuando se altera de forma dinámica la densidad del espectro de la potencia de una línea.

Como se puede observar a partir de la Ecuación (4), el espectro de transmisión del segundo DSLAM □ se divide en dos partes del siguiente modo.

30 (1) En una parte del espectro que cumple el requisito de  $SNR(f) \geq n(f)$ , el espectro del enlace descendente de la primera línea (5) se solapa con el de la segunda línea (6). Por lo tanto, el espectro de la potencia de transmisión del segundo DSLAM □ en la parte del espectro puede disminuir adecuadamente para reducir la interferencia inducida por la segunda línea (6) en la primera línea (5).

35 (2) En una parte del espectro que cumple el requisito de  $SNR(f) < n(f)$ , la potencia de transmisión en esta parte del espectro de la nueva línea añadida se puede elegir de forma arbitraria dentro de un rango especificado por los estándares debido a que la línea en funcionamiento normal no transmite en esta parte del espectro. En el ejemplo, en la segunda línea 6, la potencia de transmisión en esta parte del espectro se puede elegir de forma arbitraria dentro de un rango especificado por los estándares sin que la segunda línea (6) produzca ninguna interferencia en la primera línea (5), debido a que la primera línea (5) no transmite en esta parte del espectro.

40 De acuerdo con la densidad del espectro de potencia de transmisión  $TxPSD_3(L,f)$  del puerto correspondiente del segundo DSLAM □, i.e. la potencia de transmisión deseada de la línea, calculada mediante la Ecuación (4), el sistema ajusta automáticamente la potencia de transmisión del puerto correspondiente del segundo DSLAM □.

45 En el paso 68, el sistema determina la potencia de transmisión deseada de la línea y reduce o elimina la interferencia entre líneas mediante la utilización de la potencia de transmisión deseada de la línea para permitir el funcionamiento normal de las líneas.

En el paso 69, el sistema continúa detectando automáticamente si ha cambiado el ruido de fondo  $SNR(f)$  de la nueva línea añadida. Si el ruido de fondo  $SNR(f)$  de la nueva línea añadida ha cambiado, el proceso continúa en el paso

63. Si el ruido de fondo  $SNR(f)$  de la nueva línea añadida no ha cambiado, el proceso continúa en el paso 68. De este modo el sistema se puede adaptar dinámicamente a las variaciones de las líneas, i.e. el sistema tiene una propiedad adaptativa.

5 También con referencia a la Figura 6, se describe a continuación un proceso para el ajuste adaptativo de la potencia utilizando la política de control de potencia del extremo CO.

En el paso 6a, si la segunda línea  $\square$  entre el segundo DSLAM  $\square$  y el segundo CPE  $\square$  se encuentra en funcionamiento normal, y la primera línea (5) entre el primer DSLAM (1) y el primer CPE (2) es una nueva línea añadida, la primera línea (5) se fija como la línea a detectar, la hipótesis de extremo CO como la hipótesis de utilización más probable de acuerdo con la longitud  $L$  de la primera línea (5), y se aplica una política de control de potencia de CO.

10 En el paso 6b, se detecta la configuración de velocidad de la primera línea (5), y se evalúa si la velocidad es constante. Si la velocidad es constante, el proceso continúa en el paso 6c. Si la velocidad no es constante, el proceso continúa en el paso 6e.

15 En el paso 6c, la asignación de bits de la política de control de potencia del extremo CO se ajusta a un principio de asignación desde la frecuencia baja hasta la frecuencia alta. La Figura 8 ilustra un modo de asignación de bits específico.

En el paso 6d, se evalúa si se han asignado los bits en las bandas de frecuencia en las que  $SNR(f) \leq n(f)$ . En otras palabras, se evalúa si se han ocupado por completo o no los recursos de bandas de baja frecuencia reservados.

20 Si se han ocupado por completo los recursos de bandas de baja frecuencia reservados, la potencia de transmisión en esta banda de frecuencia en la nueva línea añadida se puede elegir de forma arbitraria dentro de un rango especificado por los estándares debido a que la línea en funcionamiento normal no transmite en esta parte del espectro. En este ejemplo, en la primera línea (5), la potencia de transmisión en esta frecuencia se puede elegir de forma arbitraria dentro de un rango especificado por los estándares sin ninguna interferencia en la segunda línea (6) debido a que la segunda línea (6) no transmite en esta parte del espectro. Después, el proceso continúa en el paso 6f.

25 Si los recursos de bandas de baja frecuencia reservados no están ocupados por completo, el proceso continúa en el paso 6e.

En el paso 6e, cuando  $SNR(f) > n(f)$ , el proceso se puede realizar de acuerdo con varios estándares xDSL existentes y se puede calcular la relación señal-ruido  $SNR_w(f)$  de la nueva línea añadida. La potencia de transmisión de la nueva línea añadida, i.e. la primera línea (5), se puede ajustar de acuerdo con la relación señal-ruido  $SNR_w(f)$ .

30 Además, en la banda de frecuencia que cumple la condición  $SNR(f) > n(f)$ , la potencia de transmisión de la segunda línea (6) puede disminuirse adecuadamente para reducir la interferencia entre líneas (p.e. la segunda interferencia  $\square$ , como se muestra en la Figura 5). En un ejemplo, la potencia de transmisión se puede procesar de acuerdo con la política de control de potencia del extremo remoto, i.e. la potencia de transmisión se puede calcular mediante el paso 67 tal como se describe más arriba.

35 En el paso 6f, el sistema determina la potencia ajustada de transmisión de la línea y reduce o elimina la interferencia entre líneas utilizando la potencia ajustada de transmisión de la línea para permitir el funcionamiento normal de las líneas.

40 En el paso 6g, el sistema continúa detectando automáticamente si ha cambiado el ruido de fondo  $SNR(f)$  de la nueva línea añadida. Si ha cambiado el ruido de fondo  $SNR(f)$  de la nueva línea añadida, el proceso continúa en el paso 6a. Si no ha cambiado el ruido de fondo  $SNR(f)$  de la nueva línea añadida, el proceso continúa en el paso 6f. De este modo, el sistema se puede adaptar dinámicamente a las variaciones de las líneas, i.e. el sistema tiene una propiedad adaptativa.

La Figura 9 ilustra una estructura de un equipo para el ajuste adaptativo de la potencia de acuerdo con la invención. Como se muestra en la Figura 9, el equipo incluye:

45 un módulo para el cálculo de la densidad del espectro de la potencia, adaptado para calcular un valor de la densidad del espectro de la potencia de una interferencia en una línea de un dispositivo local inducida por las líneas adyacentes. El cálculo se puede hacer como se ha descrito más arriba y no se repite aquí;

50 un módulo para calcular la función de atenuación, adaptado para calcular una función de atenuación de la línea del dispositivo local, y proporcionar la función de atenuación a un módulo para calcular la función de interferencia para utilizarla como base para el cálculo de la función de interferencia. El cálculo se puede hacer como se ha descrito más arriba y no se repite aquí;

un módulo para calcular la función de interferencia, adaptado para calcular una función de interferencia en la línea

del dispositivo local inducida por las líneas adyacentes. El cálculo se puede hacer como se ha descrito más arriba y no se repite aquí;

- 5 un módulo para calcular la densidad del espectro de la potencia de transmisión, adaptado para calcular una densidad del espectro de la potencia de transmisión del dispositivo local de acuerdo con el valor de la densidad del espectro de potencia de la interferencia y los valores de la función de interferencia. El cálculo se puede hacer como se ha descrito más arriba y no se repite aquí.

- 10 En la invención, el equipo para el ajuste adaptativo de la potencia puede incluir, además, un módulo para procesar la asignación de frecuencias. El módulo para procesar la asignación de frecuencias se adapta para determinar de acuerdo con una relación entre una longitud eléctrica de una nueva línea añadida y un valor predeterminado, la utilización de un principio de asignación de bits desde la frecuencia baja hasta la frecuencia alta (i.e. una política de control de potencia del extremo CO) cuando la longitud eléctrica es mayor que un valor predeterminado, o utilizar un principio de asignación de bits desde la frecuencia alta hasta la frecuencia baja (i.e. una política de control de potencia del extremo remoto) cuando la longitud eléctrica es menor o igual que un valor predeterminado, y activar el módulo de cálculo de la densidad del espectro de la potencia de transmisión cuando termine la asignación de bits en la banda de frecuencia para ajustar y controlar una potencia de transmisión.

En la invención, el equipo para el ajuste adaptativo de la potencia puede incluir, además, un módulo para determinar la velocidad. El módulo para determinar la velocidad se adapta para evaluar si una velocidad es constante. Si la velocidad es constante activa el módulo de proceso de la asignación de frecuencias o, si la velocidad no es constante, activa directamente el módulo para calcular la densidad del espectro de la potencia de transmisión.

- 20 En la invención, el equipo para el ajuste adaptativo de la potencia se puede instalar en un Multiplexor de Acceso de Líneas Digitales de Abonado (DSLAM), para ajustar de forma adaptativa la potencia en función de la reducción de la interferencia entre DSLs.

En resumen, en la invención se puede gestionar automáticamente el espectro dinámico y se puede atenuar la incidencia adversa derivada de la interferencia entre líneas, sin necesidad del control o información del sistema.

- 25 Aunque algunos modos de realización de la presente invención se han descrito más arriba, no se pretende limitar a estos el alcance de la presente invención. Cualesquiera modificaciones y sustituciones fácilmente reconocidas por una persona conocedora de la técnica dentro del alcance de la presente invención se entienden comprendidas en el alcance de protección de la presente invención definido por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de la interferencia entre Líneas Digitales de Abonado, DSLs, que comprende:

5 calcular un valor de una densidad del espectro de potencia de interferencia inducida en una línea por las líneas adyacentes, y determinar una función de interferencia;

calcular una función de atenuación de la línea, y calcular un valor de la función de interferencia de acuerdo con la función de atenuación; y

calcular un valor de una densidad del espectro de potencia de transmisión de acuerdo con el valor de la densidad del espectro de potencia y el valor de la función de interferencia; y

10 controlar, mediante un dispositivo local, una potencia de transmisión de acuerdo con la densidad del espectro de potencia de transmisión,

caracterizado por que: el valor de la densidad del espectro de potencia se calcula de acuerdo con un valor del ruido de fondo y un valor de ruido blanco Gaussiano adicional;

el valor de la densidad del espectro de potencia es:

15 
$$X_{itk}(f) = \begin{cases} SNR(f) & SNR(f) > n(f) \\ -\infty & SNR(f) \leq n(f) \end{cases} \text{ dB,}$$

siendo  $SNR(f)$  un ruido de fondo; siendo  $n(f)$  un ruido blanco Gaussiano adicional.

2. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, antes de calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia y determinar la función de interferencia, el método comprende, además:

20 determinar un valor de longitud eléctrica de la línea del dispositivo local, y calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia inducida en la línea por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia si el valor de la longitud eléctrica es menor que un valor predeterminado.

3. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que, el valor predeterminado se configura de acuerdo con las características de transmisión de la línea o de acuerdo con el entorno de utilización real.

4. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, la función de atenuación de la línea es:

$$LOS(L, f) = k_0 L + k_1 L \sqrt{f} + k_2 L f \quad \text{dB,}$$

siendo  $k_0$   $k_1$   $k_2$  constantes, teniendo cada una un valor dentro de un rango entre  $\pm 15$ .

30 5. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, la función de interferencia es:

$$|H_{xtalk}(f)|^2 = 10 \times \log_{10} \left( 10^{\frac{LOS(L, f)}{5}} \times m \times L \times f^2 \right)$$

siendo  $m$  una constante de acoplamiento de interferencias que tiene un valor de  $9,877 \times 10^{-21}$ , siendo  $LOS(L, f)$  la función de atenuación de la línea.

35 6. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, la densidad del espectro de potencia de transmisión es:

$$TxPSD_3(L, f) = \begin{cases} (X_{itk}(f) + |H_{xtalk}(f)|^2) + PSD_0(f) & SNR(f) > n(f) \\ PSD(f) & SNR(f) \leq n(f) \end{cases} \text{ dB,}$$

40 siendo  $PSD_0(f)$  una función de frecuencia que es una función de densidad del espectro de potencia arbitraria que se ajusta a las especificaciones de los estándares, siendo  $X_{itk}(f)$  la densidad del espectro de potencia, siendo  $H_{xtalk}(f)$  la

función de interferencia.

5 7. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que, antes de calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia inducida en la línea por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia, el método comprende, además:

10 determinar un valor de longitud eléctrica de la línea del dispositivo local utilizando un principio de asignación de frecuencias desde la frecuencia baja hasta la frecuencia alta si el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local es mayor que un valor predeterminado, o utilizando un principio de asignación de frecuencias desde la frecuencia alta hasta la frecuencia baja si el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local es menor o igual que un valor predeterminado.

8. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por comprender, además:

15 la utilización de una potencia estándar como la potencia de transmisión del dispositivo local si están ocupados por completo los recursos de banda de baja frecuencia; y/o  
 el cálculo de la densidad del espectro de potencia de la interferencia inducida en la línea por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia si están ocupados por completo los recursos de banda de alta frecuencia.

9. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que, antes de determinar el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local, el método comprende, además:

20 evaluar si una velocidad del dispositivo local es constante, determinar el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local si la velocidad es constante, o calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia inducida en la línea por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia si la velocidad no es constante, y utilizar una potencia estándar como potencia de transmisión del dispositivo local cuando el valor de la longitud eléctrica de la línea del dispositivo local es mayor que el valor predeterminado.

25 10. El método para el ajuste adaptativo de potencia basado en la reducción de interferencia entre Líneas Digitales de Abonado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por comprender, además:

30 evaluar si ha cambiado un ruido de fondo de la línea del dispositivo local, continuar el funcionamiento normal si no ha cambiado el ruido de fondo de la línea del dispositivo local, o calcular la densidad del espectro de potencia de la interferencia inducida en la línea por las líneas adyacentes y determinar la función de interferencia si ha cambiado el ruido de fondo de la línea del dispositivo local.

11. Un equipo para el ajuste adaptativo de potencia, que comprende:

un módulo para el cálculo de la densidad del espectro de potencia, adaptado para calcular un valor de la densidad del espectro de potencia de una interferencia inducida en una línea de un dispositivo local por las líneas adyacentes;

35 un módulo para el cálculo de la función de interferencia, adaptado para calcular una función de interferencia inducida en la línea del dispositivo local por las líneas adyacentes; y

un módulo para calcular la densidad del espectro de potencia de transmisión, adaptado para calcular una densidad del espectro de potencia de transmisión del dispositivo local de acuerdo con el valor de la densidad del espectro de potencia de la interferencia y un valor de la función de interferencia,

40 caracterizado por que: el valor de la densidad del espectro de potencia se calcula de acuerdo con un valor de ruido de fondo y un valor de ruido blanco Gaussiano adicional.

12. El equipo para el ajuste adaptativo de potencia de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por comprender, además:

45 un módulo para calcular la función de atenuación, adaptado para calcular una función de atenuación de la línea del dispositivo local, y proporcionar la función de atenuación a un módulo para calcular la función de interferencia para utilizarla como base para el cálculo de la función de interferencia.

13. El equipo para el ajuste adaptativo de potencia de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por comprender, además:

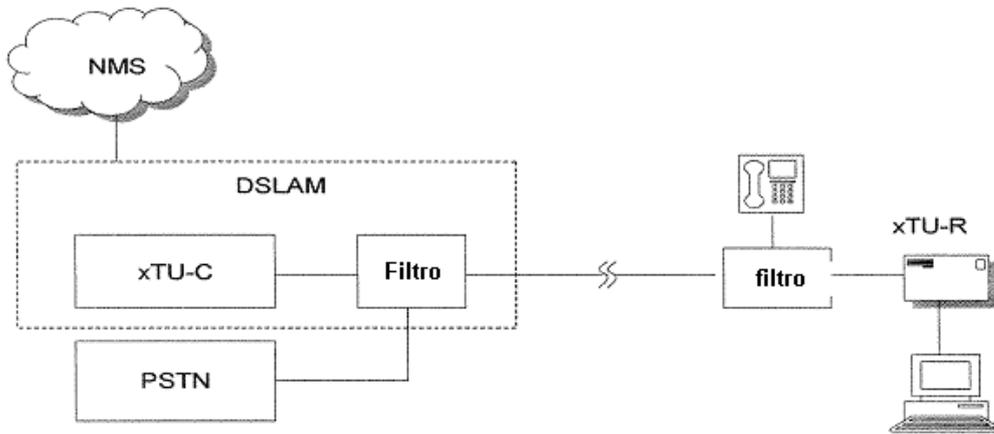
un módulo para procesar la asignación de frecuencias, adaptado para determinar, de acuerdo con una relación entre una longitud eléctrica de una nueva línea añadida y un valor predeterminado, la utilización de un principio de

asignación de bits desde la frecuencia baja hasta la frecuencia alta cuando la longitud eléctrica es mayor que el valor predeterminado, o la utilización de un principio de asignación de bits desde la frecuencia alta hasta la frecuencia alta cuando la longitud eléctrica es menor o igual al valor predeterminado, y activar el módulo para calcular la densidad del espectro de potencia de transmisión cuando termina la asignación de bits en la banda de frecuencias.

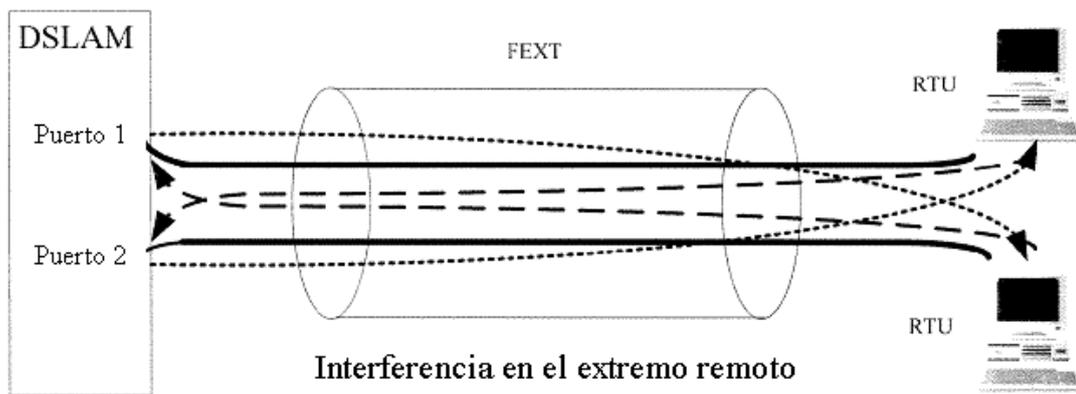
- 5 14. El equipo para el ajuste adaptativo de potencia de acuerdo con la reivindicación 13, caracterizado por comprender, además:

un módulo para identificar la velocidad, adaptado para evaluar si una velocidad es constante, activar el módulo para procesar la asignación de frecuencias si la velocidad es constante, o activar directamente el módulo para calcular la densidad del espectro de potencia de transmisión si la velocidad no es constante.

- 10 15. El equipo para el ajuste adaptativo de potencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11-14, caracterizado por que, el equipo para el ajuste adaptativo de potencia se instala en un Multiplexor de Acceso de Líneas Digitales de Abonado, DSLAM.



**Figura 1**



**Figura 2**

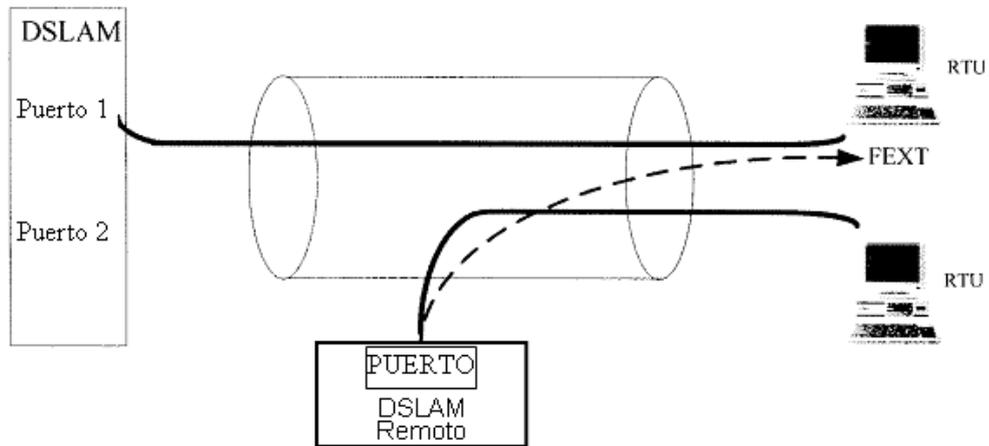


Figura 3

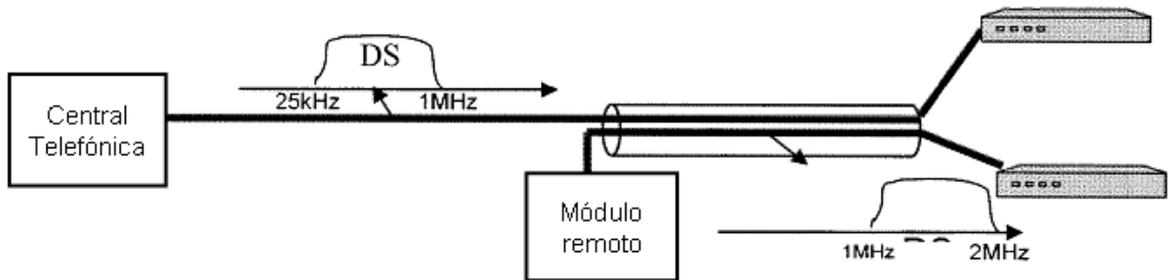


Figura 4

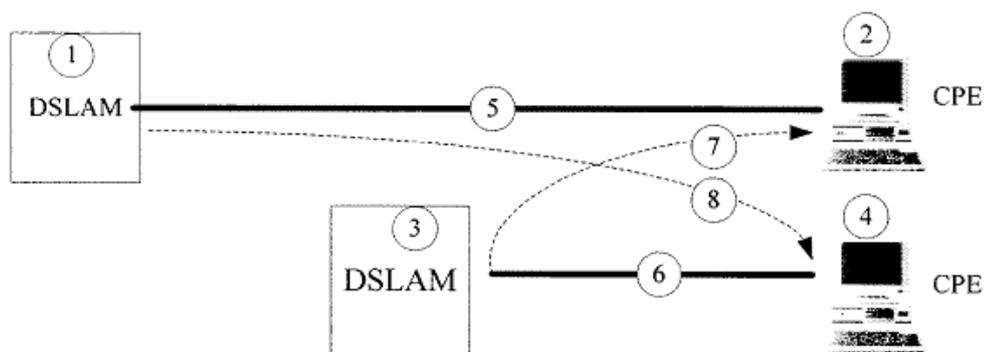


Figura 5

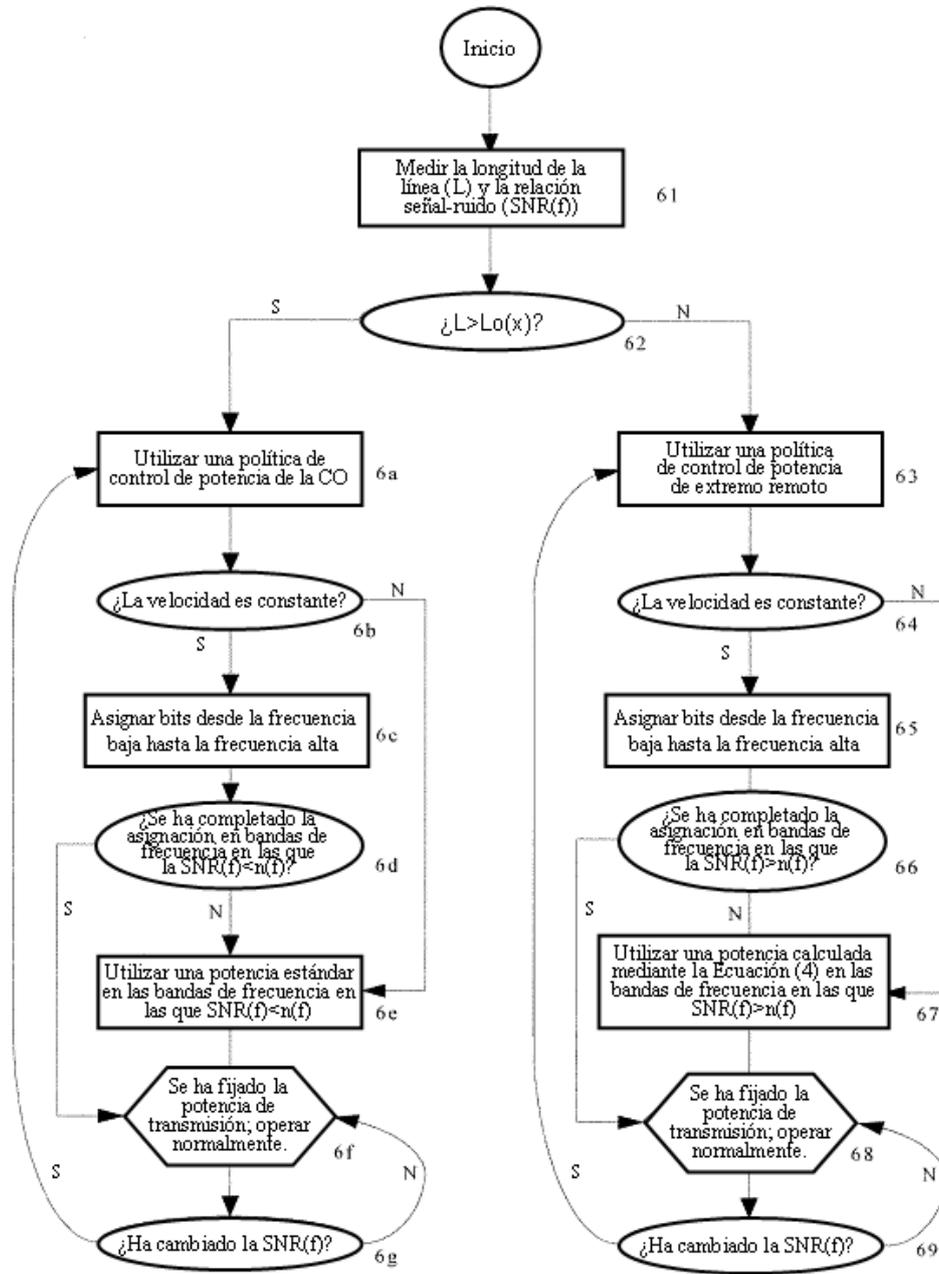
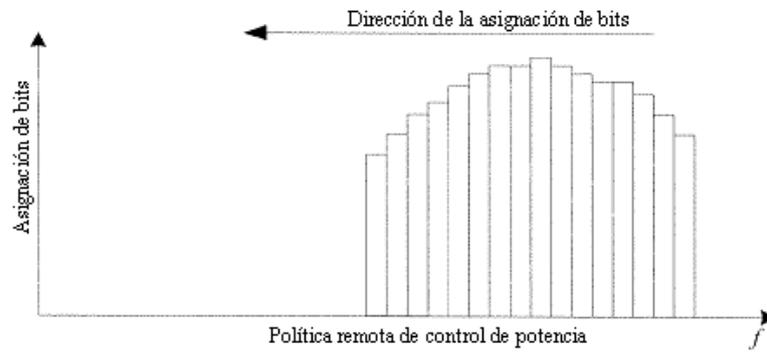
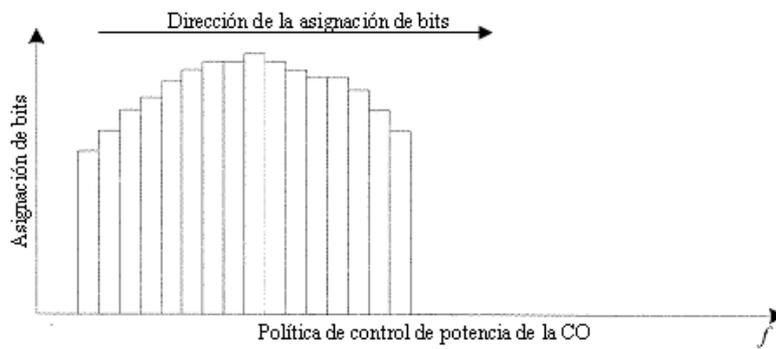


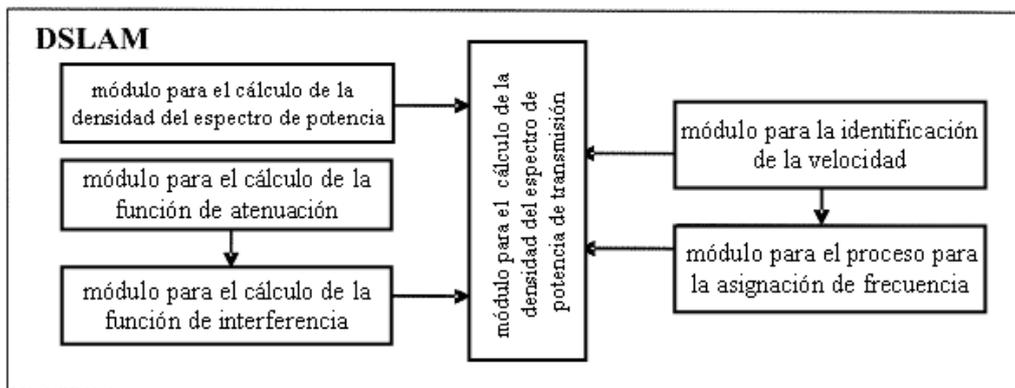
Figura 6



**Figura 7**



**Figura 8**



**Figura 9**