

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 903**

51 Int. Cl.:
H04J 14/08 (2006.01)
H04J 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06791180 .0**
96 Fecha de presentación: **30.09.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **2067290**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.06.2009**

54 Título: **Sistema de demodulación de identificación óptica**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.09.2012

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

72 Inventor/es:
SHEN, Shuqiang y
LI, Congqi

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 386 903 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

Sistema de demodulación de identificación óptica

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en general, a las redes de comunicaciones ópticas y más en particular, a un método de identificación óptica mejorado para redes de comunicaciones ópticas.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Una red de comunicación óptica, que utiliza la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) puede transmitir simultáneamente una pluralidad de señales ópticas o de canales ópticos a longitudes de onda diferentes. Cada canal óptico puede ser modulado por los datos (texto, voz, vídeo, etc.) que se transmiten. Además, para la identificación de cada canal, se puede modular también una señal de identificación en el canal. Cuando el canal ha de identificarse posteriormente, una parte de la señal óptica modulada mezclada se puede recuperar y demodularse la señal de identificación.

La señal de identificación utilizada para modular la señal óptica comprende una señal de multifrecuencia de división de tiempo y las transiciones entre frecuencias sucesivas pueden inducir una perturbación de señal indeseable que haga difícil la demodulación de la señal de identificación. Los intentos de resolver el problema de la perturbación causada por dicha conmutación de frecuencias siguen siendo insatisfactorios. Por ejemplo, algunas propuestas han sido costosas exigiendo un hardware adicional innecesario o han causado una degradación de la propia señal óptica. Por lo tanto, existe una necesidad de un método mejorado para la demodulación de identificación óptica en una red de comunicación óptica.

El documento WO 03/032548 da a conocer que los canales en una red WDM óptica son identificados cada uno por al menos dos tonos *Dither* con los que se modula el canal, alternándose los tonos *Dither* con una periodicidad predeterminada, de modo que, en cualquier instante, cada canal es modulado por solamente un tono *Dither*. Los tonos *Dither* se generan continuamente a frecuencias precisas. La detección del canal detectando los tonos *Dither*, para canales que tengan potencias ópticas por encima de un amplio margen dinámico, hace uso de un proceso FFT que puede detectar tonos *Dither* para canales de alta potencia en una operación única. Una promediación coherente de los resultados de FFT, en el transcurso del tiempo, se utiliza para detectar tonos *Dither* para canales de baja potencia a través de múltiples operaciones de FFT.

35 SUMARIO DE LA INVENCION

En un aspecto de la idea inventiva, formas de realización de la invención comprenden una componente de red de telecomunicaciones que incluye: un procesador configurado para poner en práctica un método que comprende: la recepción de una señal óptica que incluye al menos una señal de identificación, comprendiendo la señal de identificación una serie de partes de frecuencia que se alternan, por turno, en función de un intervalo de frecuencia definido para cada una de la serie de partes de frecuencia, la partición de la señal de identificación por intermedio de una pluralidad de ventanas, la realización de una Transformada de Fourier Rápida (FFT) en cada una de la pluralidad de ventanas, la determinación de cuál de la pluralidad de ventanas comprende un número mínimo relativo de componentes de frecuencia y la detección de un canal óptico en función de los resultados de la FFT realizada en cada una de la pluralidad de ventanas, que comprenden el número mínimo relativo de componentes de frecuencia.

Estas y otras características y ventajas serán más evidentes a partir de la descripción detallada siguiente tomada con referencia a los dibujos adjuntos y las reivindicaciones pertinentes.

50 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para un conocimiento más completo de la presente invención y para conocer sus ventajas, se hace ahora referencia a la breve descripción siguiente, tomada en relación con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde las referencias numéricas similares representan componentes similares.

La Figura 1 es un ejemplo de una señal de identificación óptica según formas de realización de la invención;

La Figura 2 es una vista esquemática de una primera señal de identificación óptica según formas de realización de la invención;

La Figura 3 es una vista esquemática de una segunda señal de identificación óptica según formas de realización de la invención;

La Figura 4 es una vista esquemática de dos señales de identificación ópticas, según formas de realización de la invención;

La Figura 5 es una vista esquemática de una tercera señal de identificación óptica según formas de realización de la invención;

5 La Figura 6 es una vista esquemática de una cuarta señal de identificación óptica según formas de realización de la invención;

La Figura 7 es un ejemplo de un sistema según formas de realización de la invención;

10 La Figura 8 es un primer método según ejemplo de la invención;

La Figura 9 es un segundo método según formas de realización de la invención y

15 La Figura 10 ilustra un sistema informático ejemplo para uso general adecuado para poner en práctica las varias formas de realización de la invención.

FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

20 Debe entenderse que aún cuando se ilustra a continuación una puesta en práctica ilustrativa de una forma de realización de la presente invención, el sistema actual se puede poner en práctica utilizando cualquier número de técnicas, actualmente conocidas o en existencia. La presente invención no debe limitarse, en forma alguna, a las formas de realización ilustrativas, dibujos y técnicas ilustradas a continuación, incluyendo el diseño y la puesta en práctica ejemplo que aquí se ilustran y describen, sino que pueden modificarse dentro del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

25 Lo que se describe a continuación es un método mejorado para identificación de canales ópticos en una red de comunicación óptica por intermedio de un sistema de demodulación de señales de identificación óptica que evita el efecto de la conmutación de frecuencias. En lugar de efectuar la demodulación realizando una Transformada de Fourier Rápida (FFT) sobre una parte de la señal de identificación óptica que contiene un punto de conmutación de frecuencias definido por el límite de dos señales de frecuencias distintas, el presente método de demodulación efectúa la partición de la señal de identificación óptica en una pluralidad de ventanas, algunas de las cuales no contienen un punto de conmutación de frecuencias. Seleccionando las ventanas que no contienen un punto de conmutación de frecuencia y utilizando los resultados de la transformada FFT a partir de dichas ventanas para demodulación, es posible evitar el efecto de la conmutación de frecuencias para la identificación de canales ópticos. De este modo, los métodos de demodulación de identificación óptica pueden describirse, además, como un método para seleccionar una ventana temporal para cada una de la pluralidad de ventanas y como un método para la determinación de cuál de la pluralidad de ventanas no contiene un punto de conmutación de frecuencias.

40 Como se describió anteriormente, las redes de multiplexación por división de longitud de onda óptica (WDM) pueden transmitir simultáneamente datos (texto, voz, vídeo, etc.) por intermedio de una pluralidad de señales ópticas o de canales ópticos. Para fines de identificación de canales, los canales ópticos pueden modularse por una señal de identificación que comprende, por ejemplo, una señal de multifrecuencia por división de tiempo (TDMF). Los canales ópticos pueden identificarse, posteriormente, en la capa óptica por intermedio de la extracción de una parte de la señal óptica y la recuperación de la señal de identificación. La demodulación de la señal de identificación puede comprender una secuencia de etapas tales como la transformación fotoeléctrica, el filtrado y la realización de una transformada FFT.

50 La Figura 1 ilustra una señal de identificación ejemplo 10 utilizada para la modulación de un canal óptico. Según se indica la señal de identificación 10 comprende una primera parte de frecuencia 12 y una segunda parte de frecuencia 16 y las primera y segunda partes de frecuencia se alternan en secuencia. En algunas formas de realización, la señal de identificación 10 puede comprender más de dos (2) señales con frecuencias distintas. La primera parte de frecuencia 12 y la segunda parte de frecuencia 16 pueden proporcionarse, por ejemplo, por una pluralidad de fuentes de frecuencias programables, tales como sintetizadores digitales directos (DDS) y las señales se pueden, luego, modular alternativamente en el canal óptico. Un punto de conmutación de frecuencias 20 se define como la transición entre partes de frecuencias sucesivas (esto es, la transición desde la primera parte de frecuencia 12 a la segunda parte de frecuencia 16 o desde la segunda parte de frecuencia 16 a la primera parte de frecuencia 12) y el número de puntos de conmutación y la posición temporal de cada uno de los puntos de conmutación puede variar en función de la duración de la primera parte de frecuencia 12 y/o la segunda parte de frecuencia 16. En consecuencia, la duración de la primera parte de frecuencia 12 se define por un primer intervalo de frecuencia T_1 y la duración de la segunda parte de frecuencia 16 se define por un segundo intervalo de frecuencia T_2 . En algunas formas de realización, los intervalos de frecuencia (p.e., T_1 y T_2) asociados con cada parte de frecuencia son iguales. En otras formas de realización, los intervalos de frecuencia asociados con cada parte de frecuencia son desiguales.

65 Cuando se realiza la identificación de canal óptico, se selecciona una parte de la señal para demodulación mediante el procesamiento de FFT, cuyo resultado puede comprender un espectro de potencia de FFT (en adelante, denominado un espectro FFT) que comprende un máximo que coincide con la frecuencia de la señal de identificación 10. Haciendo referencia a la Figura 1, la parte de la señal seleccionada para procesamiento FFT se encierra por una ventana de línea

de trazos 22, que tiene una ventana temporal (es decir, una duración) T_w . Según se ilustra, la parte de la señal seleccionada para demodulación puede tener un punto de comunicación de frecuencias. El desplazamiento de fase presente en dicho punto de conmutación causará frecuencias de perturbación a generarse en el procesamiento de FFT, haciendo difícil la demodulación de identificación óptica de la señal de identificación. Además, el espectro de FFT asociado con la señal de identificación 10 disminuirá y degradará la relación de señal a ruido (SNR).

Varios métodos se han utilizado en un intento de resolver el problema de los resultados de la demodulación de identificación óptica que son afectados por las frecuencias perturbadoras introducidas por los desplazamientos de fase debido a la conmutación de frecuencias. Por ejemplo, un DDS (en lugar de una pluralidad según se describió anteriormente) se ha utilizado para generar la primera parte de frecuencia 12 y la segunda parte de frecuencia 16 en un intento de hacer lo más continua posible la fase en el punto de conmutación. Otros métodos han mezclado la señal de identificación 10 con una señal de baja frecuencia (p.e., de 0,25 Hz), de modo que se produzcan puntos de conmutación de frecuencias cuando la amplitud de la señal de baja frecuencia esté próxima a cero. Sin embargo, este método utiliza un DDS adicional para la generación de la señal de baja frecuencia. A pesar de las ventajas evidentes de estos métodos, siguen siendo soluciones inadecuadas por cuanto que se aumentan los costes exigiendo componentes de hardware adicionales y/o el espectro de FFT de la señal de identificación óptica se degrada debido a tener dos frecuencias contenidas en una ventana única 22.

En formas de realización de la presente invención, los problemas causados por la conmutación de frecuencias así como los problemas asociados con los diversos otros métodos anteriormente descritos, han sido resueltos dando a conocer métodos para la selección de una ventana temporal T_w para cada una de una pluralidad de ventanas (p.e., Figura 1, ventana 22) que sirven para la partición de la señal de identificación óptica, dando a conocer métodos para determinar cuál de la pluralidad de ventanas no contiene un punto de conmutación de frecuencias y dando a conocer un sistema rentable que puede utilizarse en formas de realización de la presente invención. La selección adecuada de la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas garantiza que algunas de las ventanas no incluirán un punto de conmutación de frecuencias. De este modo, se puede realizar una transformada FFT exclusivamente en las ventanas que no comprenden un punto de conmutación o solamente los resultados de FFT de las ventanas que no comprenden un punto de conmutación se pueden seleccionar para utilizarse como los resultados de demodulación de la señal de identificación 10.

Las redes WDM ópticas, que utilizan señales de TDMF para la modulación de canales ópticos, pueden utilizar una diversidad de puesta en práctica de señales TDMF tales como: división de tiempo igual a multifrecuencia de canal único; división de tiempo igual a multifrecuencia multicanal; división de tiempo desigual de multifrecuencia de canal único o división de tiempo desigual de multifrecuencia multicanal, entre otros. A continuación se describirán varias formas de realización de la presente invención con respecto a cada una de estas puestas en práctica de señales de TDMF.

Comenzando con la división de tiempo igual a la multifrecuencia de canal único, se considera el caso de división de tiempo igual de dos frecuencias de canal único, según se ilustra en la Figura 2. En particular, la Figura 2 ilustra una vista esquemática de una señal de identificación óptica 30 que comprende una primera parte de frecuencia (f_1) y una segunda parte de frecuencia (f_2) que se alternan en secuencia, definir una pluralidad de puntos de conmutación de frecuencia 42 y tener intervalos de frecuencia T_1 iguales. Además se muestra una pluralidad de ventanas (32, 34, 36, 38 y 40) que efectúan una partición esquemática de la señal de identificación óptica 30 y algunas de la pluralidad de ventanas no coinciden con algunos de los puntos de conmutación de frecuencias 42. Por ejemplo, la ventana 34 y la ventana 38 no coinciden con un punto de conmutación 42. Además, cada una de la pluralidad de ventanas tiene una duración igual definida por una ventana temporal T_w . En formas de realización alternativas, las ventanas pueden tener cada una ventanas temporales distintas.

Según se indicó anteriormente, una selección adecuada de la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas garantizará que algunas de las ventanas no comprenderán un punto de conmutación de frecuencias 42. Para el presente ejemplo de división de tiempo igual a dos frecuencias, la selección adecuada de la ventana temporal T_w está regida por la ecuación siguiente:

$$T_w \leq \frac{T_1}{2} \quad (1)$$

en donde T_1 es el intervalo de frecuencia. De este modo, si una pluralidad de ventanas que tenga cada una ventana temporal T_w , se define por la ecuación 1, se utilizan para muestrear la señal de identificación óptica 30 y luego al menos una ventana en cada intervalo de frecuencia T_1 solamente comprenderá una frecuencia única (esto es, sin un punto de conmutación de frecuencias 42). En algunas formas de realización, una pluralidad de ventanas en cada intervalo de frecuencia T_1 solamente comprenderá una frecuencia única.

En una forma de realización ejemplo, después de que se haya definido la ventana temporal T_w y la señal de identificación óptica haya sido objeto de una partición consecuente, una transformada FFT se puede realizar en la totalidad de la pluralidad de ventanas (p.e., ventanas 32, 34, 36, 38 y 40). En adelante, solamente los resultados de FFT de las ventanas que no comprendan un punto de conmutación 42 (p.e., ventanas 34 y 38) se seleccionan para utilizarse como

resultados de la demodulación de la señal de identificación óptica 30. En algunas formas de realización, las ventanas que no comprenden un punto de conmutación 42 se determinan por un método que comprende la etapa de clasificar dichas ventanas que tengan resultados de FFT "limpios". Para las formas de realización de la presente invención, un resultado de FFT limpio comprende un espectro de FFT que presenta un máximo claro limpio a la frecuencia de la señal de identificación 30 sin bandas laterales ni picos espúreos que estarían presentes, de no ser así, si la ventana comprendiera un punto de conmutación 42. Un resultado de FFT limpio puede comprender, ventanas que contengan un número mínimo de componentes de frecuencia en comparación con otras ventanas. Por ejemplo, ventanas que tengan un punto de conmutación y por consiguiente, tengan un ruido adicional, tendrán más componentes de frecuencia presentes en sus resultados de la FFT a las frecuencias correspondientes al ruido. De este modo, la clasificación de ventanas que tengan resultados FFT limpios puede comprender la clasificación de dichas ventanas que tengan un número mínimo relativo de componentes de frecuencia en sus resultados de FFT. En algunas formas de realización, los resultados de FFT que no hayan sido determinados como siendo resultados limpios se pueden desechar.

En otra forma de realización ejemplo, después de que se haya definido la ventana temporal T_w y la señal de identificación óptica 30 haya sido objeto de partición consecuente, necesita realizarse una transformada FFT en la totalidad de la pluralidad de ventanas. Por el contrario, al encontrar la primera ventana que no tenga un punto de conmutación 42, lo que se realiza encontrando, en correspondencia, el primer resultado de FFT limpio, el resto de las ventanas de la pluralidad de ventanas que no tengan tampoco un punto de conmutación 42 se pueden determinar por métodos matemáticos. De este modo, las transformadas FFTs realizadas en el resto de ventanas están garantizadas para tener resultados FFT limpios. Haciendo referencia de nuevo a la Figura 2, una transformada FFT se realizaría en la ventana 32 y la presencia del punto de conmutación 42 generaría un resultado FFT con bandas laterales, picos espúreos u otro ruido. En adelante, se realizaría una transformada FFT en la ventana 34 y la ausencia de un punto de conmutación 42 generaría un resultado de FFT limpio. De este modo, la ventana 34 sería la primera ventana para proporcionar un resultado FFT limpio y por lo tanto, la ventana 34 se determinaría como siendo la primera ventana sin un punto de conmutación 42. Una vez que se haya determinado esta circunstancia, el resto de las ventanas, que no tengan un punto de conmutación 42, se pueden definir como cada ventana que tenga un retardo según se define por:

$$\text{Retardo} = n * T_1 \quad (2)$$

en donde n comprende el conjunto de números enteros positivos (p.e., 1, 2, 3,...) y en donde el retardo se toma con respecto a la primera ventana que no tenga un punto de conmutación 42 (esto es, la ventana 34). A partir de la ecuación 2 y de la Figura 2, se deduce que habida cuenta que la segunda ventana (esto es, la ventana 34) es la primera ventana que no tiene un punto de conmutación 42, entonces el conjunto de todas las ventanas que no tengan un punto de conmutación 42 comprenderán ventanas 34, 38 y en general, cada $2n$ -ésima ventana sucesiva. De forma similar, si la ventana 32 era, en cambio, la primera ventana que no tenía un punto de conmutación 42, entonces el conjunto de todas las ventanas que no tengan un punto de conmutación 42 comprendería las ventanas 32, 36, 40 y general, cada $(2n + 1)$ -ésima ventana en lo sucesivo. A continuación, una transformada FFT se puede realizar, de forma selectiva, en cada una del resto de ventanas que no tengan un punto de conmutación 42, siendo los resultados utilizados para la demodulación de la señal de identificación óptica 30. De esta manera, la perturbación introducida por los puntos de conmutación de frecuencias 42 así como el problema de degradación del espectro FFT causada por una sola ventana que contiene más de una frecuencia podrá evitarse mediante esta disposición operativa.

Como una ampliación del ejemplo de dos frecuencias de canal único anteriormente descrito, se considera el ejemplo de demodulación de una señal de identificación óptica de división de tiempo igual de multifrecuencia de canal único (que comprende más de dos frecuencias), según se ilustra en la Figura 3. Más concretamente la Figura 3 muestra una vista esquemática de una señal de identificación óptica 50 que comprende una primera parte de frecuencia (f_1), una segunda parte de frecuencia (f_2), una tercera parte de frecuencia (f_3) una $(n-1)$ -ésima parte de frecuencia (f_{n-1}) y una n -ésima parte de frecuencia (f_n) en secuencia y que tiene intervalos T_1 de frecuencia iguales. En particular, los cambios sucesivos en partes de frecuencia pueden seguir un modelo periódico definido que tenga intervalos de tiempo definidos. La pluralidad de ventanas utilizadas para la partición de la señal de identificación óptica 50 no se ilustra. Sin embargo, la selección de la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas es análoga a la del ejemplo anteriormente descrito y definido por la ecuación 1. De nuevo, se puede realizar una transformada FFT en la totalidad de la pluralidad de ventanas y solamente las ventanas que tengan resultados FFT limpios se seleccionan para utilizarse como los resultados de la demodulación de la señal de identificación óptica 50. Como alternativa, como en el ejemplo anterior, una vez que se encuentre la primera ventana con un resultado de FFT limpio, se puede realizar, de forma selectiva, una transformada FFT en cada una del resto de las ventanas que no tengan un punto de conmutación 52 y este resto de ventanas se determina mediante métodos matemáticos, tales como los descritos por la ecuación 2.

Formas de realización de la presente invención se pueden aplicar también a la detección simultánea de múltiples canales ópticos. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra un caso de división de tiempo igual de dos frecuencias de dos canales, que ilustra concretamente una vista esquemática de dos señales de identificación ópticas 60 y 62 (correspondientes al canal óptico 1 y al canal óptico 2, respectivamente) y el canal 1 comprende una primera parte de frecuencia (f_1) y una segunda parte de frecuencia (f_2) y el canal 2 comprende una tercera parte de frecuencia (f_3) y una cuarta parte de frecuencia (f_4) y cada una de las partes de frecuencia tienen los mismos intervalos de frecuencia T_1 . Según se ilustra, existe más puntos de conmutación de frecuencias 64 dentro de un intervalo de tiempo dado, en comparación con el caso de canal único, para identificación simultánea del canal 1 y del canal 2. La selección adecuada de la ventana temporal T_w para cada una de

una pluralidad de ventanas (no ilustradas) que corresponden a la partición de señales de identificación óptica (60 y 62) del canal 1 y del canal 2 es algo diferente a los ejemplos anteriores. Más concretamente, con el fin de evitar el mayor números de puntos de conmutación de frecuencias 64, la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas debe ser la mayor de las dos ecuaciones siguientes:

5

$$T_w \leq \frac{\Delta T}{2} \quad (3)$$

$$T_w \leq \frac{(T_1 - \Delta T)}{2} \quad (4)$$

10 en donde ΔT es el tiempo de desviación entre las señales de identificación óptica (60 y 62) de los canales 1 y 2. Esta circunstancia garantizará que habrá una pluralidad de ventanas que no comprendan un punto de conmutación 64 y que ninguna frecuencia de identificador (es decir, la frecuencia de cada una de las partes de frecuencia f1-f4) quede sin considerarse. El mayor valor de las ecuaciones 3 y 4 se selecciona preferentemente con el fin de obtener la resolución del espectro FFT más alta para una frecuencia de muestreo dada. Además, puesto que ΔT es una variable, la mayor ventana seleccionable es más pequeña cuando $\Delta T = T_1/2$. De este modo, para poder garantizar que existe siempre una pluralidad de ventanas que no contienen un punto de conmutación 64 independiente del valor de ΔT , la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas sería:

15

$$T_w \leq \frac{T_1}{4} \quad (5)$$

20

Dicha selección de la ventana temporal T_w garantiza que exista una secuencia de ventanas que no contengan un punto de conmutación 64 y que se muestreen todas las frecuencias de identificadores. Generalizando la ecuación 5, se puede establecer, además, que la mayor ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas que debe seleccionarse es:

25

$$T_w \leq \frac{T_1}{2 * N} \quad (6)$$

en donde N es el número de canales ópticos a detectarse simultáneamente.

30

Cuando se demodulan las señales de identificación óptica (60 y 62), los resultados de FFT correspondientes a cada ventana dentro de un intervalo de frecuencia particular T_1 se puede comparar para encontrar el resultado de FFT más limpio (es decir, el espectro FFT más limpio) que puede utilizarse luego como la frecuencia del identificador dentro de este tiempo T_1 para la finalidad de identificación del canal óptico. Se pueden utilizar también métodos matemáticos, según se indicó anteriormente, para simplificar la demodulación de señal de identificación óptica. por ejemplo, $2*N$ ventanas (dentro de un intervalo de frecuencia particular T_1) se pueden examinar continuamente con el fin de encontrar una ventana que tenga el resultado de FFT más limpio. La ventana que tiene el espectro FFT más limpio puede utilizarse, de este modo, como una base y las ventanas restantes seleccionadas son ventanas que tengan un múltiplo entero de T_1 retardos con respecto a la ventana base. De este modo, se pueden evitar todos los puntos de conmutación de frecuencias 64. En algunas formas de realización ejemplo, el número de canales N en un punto de detección física (en donde se realiza la demodulación) puede ser desconocido. En tal caso, el mayor número posible de canales en el sistema se puede utilizar como el valor de N. Esto garantizará que se obtenga una secuencia de ventanas sin ningún punto de conmutación de frecuencias 64.

35

40

45

La Figura 5 ilustra un ejemplo de división de tiempo desigual multifrecuencia de canal único. Más concretamente, la Figura 5 ilustra una vista esquemática de una señal de identificación óptica 70 que comprende una primera parte de frecuencia (f1), una segunda parte de frecuencia (f2) y una tercera parte de frecuencia (f3) en secuencia y que tienen intervalos de frecuencia desiguales T_1 , T_2 y T_3 . También se ilustran una pluralidad de ventanas (72, 74, 76, 78, 80 y 82) que representan una partición esquemática de la señal de identificación óptica 70 y parte de la pluralidad de ventanas no coinciden con un punto de conmutación de frecuencias 84. Más concretamente, las ventanas 74, 76, 78 y 82 no coinciden con un punto de conmutación 84. Además, cada ventana de la pluralidad de ventanas tiene una duración igual definida por una ventana temporal T_w . En este ejemplo particular, la ventana temporal adecuada T_w para cada una de la pluralidad de ventanas se puede definir como:

50

$$T_w \leq \frac{T_{MIN}}{2} \quad (7)$$

en donde T_{MIN} se define como el más pequeño de T_1 , T_2 y T_3 . Dicha selección de la ventana temporal T_w garantiza que existe una secuencia de ventanas que comprenden una frecuencia única (esto es, sin punto de conmutación 84) y que todas las frecuencias de identificadores (p.e., correspondientes a las partes de frecuencia f_1 , f_2 y f_3) son objeto de muestreo. Cuando se demodula la señal de identificación óptica 70, las ventanas con los resultados de FFT más limpios, se pueden utilizar la finalidad de identificación de canal óptico y los resultados de FFT se pueden desechar. Como alternativa, según se describe con respecto a otras formas de realización, el proceso de demodulación se puede simplificar utilizando métodos matemáticos para determinar el conjunto de ventanas que no comprenden un punto de conmutación de frecuencias 84. Por ejemplo, haciendo referencia de nuevo a la Figura 5, el intervalo de frecuencias de frecuencias individuales (T_1 , T_2 y T_3) se puede dividir por la más pequeña de las tres ventanas temporales. En este ejemplo, $T_1 = 0,1$ segundos, $T_2 = 0,2$ s y $T_3 = 0,3$ s. Por lo tanto, dividiendo los tres intervalos de frecuencias por 0,1 s se obtiene la secuencia de números enteros positivos: 1, 2, 3. En adelante, el mayor divisor común de cada número en esta secuencia de números enteros se encuentra (1 en este caso), dividido por dos (2) y multiplicado por la unidad de tiempo mínimo (T_1 , en este ejemplo). Para el caso ilustrado en la Figura 5: $(1/2) * 0,1$ s = 0,05 s. De este modo, una vez que se encuentre la primera ventana que tenga un resultado de FFT limpio, esto es, la primera ventana sin un punto de conmutación de frecuencias 84 puede utilizarse como la base y el resultado del presente cálculo se puede utilizar para encontrar las restantes ventanas sin un punto de conmutación de frecuencias 84 seleccionando las ventanas que estén temporalmente situadas en múltiplos enteros del resultado del cálculo (p.e., 0,5 s) con respecto a la ventana base. Para el ejemplo de la Figura 5, puesto que la ventana 74 es la primera ventana sin un punto de conmutación 84, será la primera ventana seleccionada para la demodulación de identificación de canal óptico. A partir la descripción anterior, la ventana 74 servirá como la ventana base y las otras ventanas seleccionadas serán la ventana 78 y la ventana 82. Siguiendo este modelo, todas las ventanas seleccionadas para identificación de canal óptico comprenderán una frecuencia única.

Para el caso de identificación de división de tiempo desigual de multifrecuencia multicanal, la detección simultánea de múltiples canales es similar a la de la identificación de división de tiempo igual de multifrecuencia de canal único. En este caso, la totalidad de la pluralidad de ventanas para cada uno de la pluralidad de canales ópticos debe ser transformada (mediante un procesamiento de transformada FFT) y los resultados de la transformación de las ventanas que no tengan un espectro FFT limpio deben rechazarse. Haciendo referencia a la Figura 6, para simplificar todavía más el proceso de demodulación, el mayor divisor común de las duraciones (T_1 , T_2 y T_3) se puede utilizar para dividir las partes de frecuencia del identificador (f_1 , f_2 y f_3) en partes de intervalo de tiempo iguales 92, al mismo tiempo que se trata el límite de cada intervalo como si fuera un punto de conmutación de frecuencias 94 verdadero. Al hacerlo así, es posible que, en algunas circunstancias, la frecuencia siguiente al punto de conmutación 94 sea la misma que la que precede al punto de conmutación 94, pero esta circunstancia no afectará al resultado de la demodulación de identificación de la pluralidad de canales ópticos. Después de la división de las frecuencias de identificador (según se ilustra en la Figura 6), la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas se puede definir como el mayor divisor común multiplicado por la más pequeña unidad de tiempo (según se indicó anteriormente) dividido por $2*N$ (en donde N es el número de canales) y se pueden utilizar métodos matemáticos para seleccionar las ventanas que no tengan un punto de conmutación 94. Esto garantizará que una secuencia de ventanas que no contengan un punto de conmutación 94 se obtenga sin perder ninguna frecuencia de identificador.

La Figura 7 ilustra un ejemplo de un sistema 100 para demodulación de una señal de identificación óptica, que se puede utilizar en ejemplo de la invención según aquí se describe. Haciendo referencia a la Figura 7, una fuente de luz modulada se proporciona a una derivación óptica 110 por intermedio de una ruta óptica 105. La derivación óptica 110 funciona para extraer una pequeña fracción de luz que se proporciona a un convertidor fotoeléctrico 120 a través de una ruta óptica 115, mientras que el resto de la fuente de luz modulada pasa a una ruta óptica saliente 125. El convertidor fotoeléctrico 120 transforma, de forma fotoeléctrica, la fracción de la señal óptica modulada que ha recibido y más adelante, envía la señal convertida a una unidad de filtro 130 a través de una ruta eléctrica 135 y la unidad de filtro 130 funciona para eliminar el ruido de la señal. La unidad de filtro 130 puede comprender un filtro de paso de banda, de paso bajo o de paso alto, entre otros. Más adelante, un convertidor de módulos 140 procesa la señal según se recibe desde la unidad de filtro 130 (a través de una ruta eléctrica 145) y posteriormente, envía la señal a la unidad de transformada FFT 150 (a través de una ruta eléctrica 155) para el procesamiento de transformada FFT. La unidad de transformada FFT 150 recibe entradas (a través de una ruta eléctrica 165) y se controla por una unidad de control 160 y la unidad de control 160 funciona para seleccionar y proporcionar a la salida los resultados de transformada FFT adecuados para las frecuencias de identificador de canal óptico. La unidad de control 160 sirve también para comparar los resultados de FFT de una pluralidad de ventanas que se han utilizado para la partición de la señal de identificación óptica y selecciona las ventanas con espectros FFT limpios a la salida. Como alternativa, una vez que se encuentra la primera ventana con un espectro limpia, la unidad de control 160 puede utilizar métodos matemáticos para determinar el resto de las ventanas de la pluralidad de ventanas que no comprenden un punto de conmutación utilizando un método de conteo o de retardo. De este modo, una transformada FFT puede realizarse en las ventanas restantes determinadas que no tengan un punto de conmutación de frecuencias. Esto evita el problema de la interferencia de espectros causada por la conmutación de frecuencias.

Puede deducirse del análisis anterior que cuando la ventana temporal T_w de cada una de la pluralidad de ventanas sea igual o menor que $T_{\text{MIN}}/2N$ (para el caso de intervalos de frecuencia iguales, $T_{\text{MIN}} = T_1$) está asegurado que existe al menos una ventana que no contiene un punto de conmutación de frecuencias en la identificación óptica del tiempo de cada frecuencia que se está realizando. Cuanto más corta es la ventana temporal T_w de la ventana, tantas más ventanas no contienen ningún punto de conmutación. Sin embargo, con la frecuencia de muestreo no cambiada, la reducción de la ventana temporal T_w hará que disminuya el número de puntos de muestreo, que dan lugar a una resolución de frecuencia más baja. Por lo tanto, la ventana temporal T_w de cada ventana debe ser lo mayor posible. Puesto que la frecuencia de muestreo simultánea (que está en un intervalo desde unas decenas de KHz a varias centenas de KHz) es mucho más alta que la frecuencia de conmutación de la pluralidad de ventanas, la resolución del espectro no será demasiado baja bajo condiciones normales y por lo tanto, no afectará al resultado de la detección de frecuencia del identificador o a la identificación de canales ópticos.

La relación entre la ventana temporal T_w , la frecuencia de muestreo y el valor de la frecuencia del identificador se pueden describir con más detalle. Más concretamente, para conseguir resultados de FFT calculados que contengan valores de frecuencia que sean los mismos que el valor de la frecuencia del identificador, cualquier valor de frecuencia de identificador dividido por $1/T_w$ debe ser un número entero distinto de cero, en donde $1/T_w$ es la resolución del espectro. Para garantizar que se pueda encontrar correctamente cada frecuencia de las frecuencias de identificador en los resultados de FFT, la resolución del espectro debe ser menor o igual a la diferencia mínima de los valores de frecuencia de la frecuencia del identificador. Además, puesto que valores discretos en el dominio del tiempo se utilizan para conseguir los resultados de FFT, la resolución del espectro puede ser un número entero de veces de la frecuencia de muestreo.

La Figura 8 ilustra un diagrama de flujo de un método en conformidad con los ejemplos de la invención. En particular la Figura 8 muestra un método ejemplo para encontrar resultados FFT limpios y utilizar solamente los resultados de FFT limpios como el resultado de salida de la identificación del canal óptico.

El método se inicia (bloque 800) y se desplaza a la inicialización de un identificador óptico W , n , N y la ventana temporal T_w (bloque 810), en donde se establece inicialmente a uno (1) (y comprende el conjunto de números enteros positivos, 1, 2, 3, ...) N se establece al número de canales ópticos a detectarse, la ventana temporal T_w corresponde a la pluralidad de ventanas utilizadas para la partición de la señal de identificación óptica y se establece inicialmente a, por ejemplo, un valor que sea menor que o igual a $T_{\text{MIN}}/2N$ y el identificador óptico W se establece a un valor grande que tenga una magnitud que sea mayor que la mayor magnitud prevista del espectro FFT de cualquiera de las frecuencias de identificador que modulan el canal óptico. El identificador óptico W se establece inicialmente mayor que cualquier valor FFT previsto en una frecuencia dada para tener en cuenta las bandas laterales posibles, picos espúreos u otro ruido operativo. Después de la inicialización de estos parámetros, el método prosigue realizando una transformada FFT de la N -ésima ventana (comenzando con la primera ventana, puesto que n es igual inicialmente a 1), cuyo resultado de transformación se indica como F_n (bloque 812). El resultado F_n de FFT se compara posteriormente con el identificador óptico W (bloque 814). Si F_n es menor que W (lo que significa que la ventana actual es más limpia que el valor de W que tiene ruido y otros factores a tener en cuenta), el valor de W se establece en el valor de F_n (bloque 816). En adelante, el método prosigue para determinar si la ventana actual que se procesa es la $2N$ -ésima ventana (bloque 820). Si no es así, el valor de n se incrementa en uno (1) (bloque 822) y la transformada FFT de la siguiente ventana, en secuencia, se realiza en este momento (bloque 812). Volviendo a la comparación de F_n y W (bloque 814), si el valor de F_n no es menor que W (lo que significa que la ventana actual no es más limpia que el valor de W que puede ser el resultado de ruido adicional o imprevisto, etc.), el valor de W permanece sin cambiar (bloque 818) y el método prosigue directamente para la determinación de si la ventana actual que se procesa es la $2N$ -ésima ventana (bloque 820). Si la ventana que se procesa es la $2N$ -ésima ventana, el resultado de la identificación óptica W es proporcionada a la salida y memorizada (bloque 824) y el método retorna a la iniciación de valores (bloque 810). El método que se acaba de describir asegura que los resultados de FFT limpios serán encontrados y que solamente los resultados de FFT limpios se utilizarán como los resultados de salida para la identificación del canal óptico.

La Figura 9 ilustra un diagrama de flujo de un método en conformidad con formas de realización alternativas de la invención. En particular, la Figura 9 ilustra un método ejemplo para la demodulación de una señal de identificación óptica o de una pluralidad de señales de identificación ópticas. El método se inicia (bloque 900) y se desplaza para recibir una señal de identificación óptica que comprende una pluralidad (dos o más) de partes de frecuencia que tienen cada una un intervalo de frecuencia (bloque 910). Una vez que se reciba la señal de identificación óptica, la señal de identificación óptica es objeto de partición a través de una pluralidad de ventanas que tiene cada una una ventana temporal T_w (bloque 912). La ventana temporal T_w se define entonces para cada una de la pluralidad de ventanas (bloque 914). Según se describió anteriormente, el valor de T_w puede depender de varios factores tales como el número de intervalos de frecuencia diferentes, si la división de tiempo es igual o desigual y si han de detectarse un canal único o múltiples canales. El método puede proseguir luego a lo largo de una de dos rutas. En un primer caso, el método puede proseguir para realizar una transformada FFT en cada una de la pluralidad de ventanas (bloque 916). De este modo, el método continuaría determinando cuáles de los datos FFT mantener determinando cuál de la pluralidad de ventanas no tiene un punto de conmutación (bloque 920). Las ventanas que no tengan un punto de conmutación se pueden distinguir sobre la base de su espectro FFT limpio. Los resultados de FFT para las ventanas que no tengan un punto de conmutación se mantendrán luego y el resto se puede desechar. En un segundo caso el método puede proseguir realizando una

transformada FFT en cada una de la pluralidad de ventanas solamente hasta que se encuentre la primera ventana que tenga un espectro FFT limpio (bloque 918). A continuación, se pueden utilizar métodos matemáticos para determinar el resto de las ventanas que no tienen un punto de conmutación y un FFT se puede realizar, de forma selectiva, en cada una de dichas ventanas (bloque 922). Sin importar cuál de las dos rutas (según se describió anteriormente) es seguida, el método prosigue con la detección de un canal óptico o de una pluralidad de canales ópticos sobre la base de los resultados de FFT de las ventanas que tengan un espectro FFT limpio (bloque 924) y finaliza el método (bloque 926).

Los métodos y sistemas para la demodulación de una señal de identificación óptica, según se describió anteriormente, se pueden poner en práctica en su totalidad o en parte en cualquier ordenador de uso general con capacidad de procesamiento suficiente, recursos de memoria y capacidad de rendimiento de la red para gestionar la carga de trabajo necesaria que incide en dicho sistema. La Figura 10 ilustra un sistema informático para uso general típico adecuado para poner en práctica una o más formas de realización aquí dadas a conocer. El sistema informático 1080 incluye un procesador 1082 (que puede referirse como una unidad central de proceso o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen una memoria secundaria 1084, memoria de lectura solamente (ROM) 1086, memoria de acceso aleatorio (RAM) 1088 dispositivos de entrada/salida (I/O) 1090 y dispositivos de conectividad de red 1092. El procesador puede ponerse en práctica como uno o más circuitos integrados de la CPU.

La memoria secundaria 1084 suele comprender una o más unidades de disco o unidades de cinta y se utiliza para la memorización no volátil de datos y como un dispositivo de memoria de datos de desbordamiento de capacidad si la memoria RAM 1088 no es suficientemente grande para mantener todos los datos de trabajo. La memoria secundaria 1084 se puede utilizar para memorizar programas que se carguen en la memoria RAM 1088 cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución. La memoria ROM 1086 se utiliza para memorizar instrucciones y quizás datos que sean objeto de lectura durante la ejecución del programa. La memoria ROM 1086 es un dispositivo de memoria no volátil que suele tener una pequeña capacidad de memoria relativa a la mayor capacidad de memoria de la memoria secundaria. La memoria RAM 1088 se utiliza para memorizar datos volátiles y quizás para memorizar instrucciones. El acceso a la memoria ROM 1086 y a la memoria RAM 1088 suele ser más rápido que para la memoria secundaria 1084.

Los dispositivos de entrada/salida 1090 pueden incluir impresoras, monitores de vídeo, pantallas de cristal líquido (LCDs), pantallas táctiles, teclados, soportes de teclados, conmutadores, cuadrantes, ratón, mandos esféricos de seguimiento, reconocedores de la voz, lectores de tarjetas, lectores de cintas de papel u otros dispositivos de entrada bien conocidos. Los dispositivos de conectividad de red 1092 pueden adoptar la forma de módems, bancos de módems, tarjetas de Ethernet, tarjetas de interfaz de bus serie universal (USB), interfaces serie, tarjetas de tipo *token ring*, tarjetas de interfaz de datos distribuidos de fibras (FDDI), tarjetas de red de área local inalámbrica (WLAN), tarjetas de transceptor de radio, tal como tarjetas de transceptor de radio CDMA y/o GSM y otros dispositivos de red bien conocidos. Estos dispositivos de conectividad de red 1092 pueden habilitar al procesador 1082 para comunicarse con una red Internet o una o más Intranets. Con dicha conexión de red, se considera que el procesador 1082 podría recibir información desde la red o podría proporcionar información de salida a la red en el curso de realización de las etapas del método anteriormente descrito. Dicha información, que suele estar representada como una secuencia de instrucciones a ejecutarse utilizando el procesador 1082, se pueden recibir desde la red y proporcionarse a su salida, por ejemplo, en la forma de una señal de datos de ordenador insertada en una onda portadora.

Dicha información, que puede incluir datos o instrucciones a ejecutarse utilizando el identificador 1082 puede recibirse desde y a la salida a la red, por ejemplo, en la forma de una señal de banda base de datos informáticos o una señal insertada en una onda portadora. La señal de banda base o la señal insertada en la onda portadora, generada por los dispositivos de conectividad de red 1092, puede propagarse en o sobre la superficie de conductores eléctricos, en cables coaxiales, en guías de ondas, en medios ópticos, por ejemplo fibra óptica, o en el aire o espacio libre. La información contenida en la señal de banda base o la señal insertada en la onda portadora se pueden ordenar en función de secuencias diferentes, según pueda ser deseable para el procesamiento o la generación de la información o la transmisión o recepción de la información. La señal de banda base o la señal insertada en la onda portadora u otros tipos de señales actualmente utilizadas o desarrolladas en lo sucesivo, referidas aquí como el medio de transmisión, se pueden generar según varios métodos bien conocidos para los expertos en esta materia.

El procesador 1082 ejecuta instrucciones, códigos, programas informáticos, scripts que accede desde disco duro, disco flexible, disco óptico (estos varios sistemas basados en disco pueden considerarse todos como memoria secundaria 1084), memoria ROM 1086, memoria RAM 1088 o dispositivos de conectividad de red 1092.

Aunque varias formas de realización se han dado a conocer en la presente invención, debe entenderse que los sistemas dados a conocer y sus métodos se pueden realizar en muchas otras formas específicas sin desviarse por ello del alcance de protección de la presente invención. Los presentes ejemplos han de considerarse como ilustrativos y no restrictivos y su intención no ha de limitarse a los detalles aquí proporcionados. Por ejemplo, los diversos elementos o componentes se pueden combinar o integrar en otro sistema o se pueden omitir algunas características o no ponerse en práctica.

Además, las técnicas, los sistemas, los subsistemas y los métodos descritos e ilustrados en las diversas formas de realización como discretos o separados se pueden combinar o integrarse con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin desviarse por ello del alcance de protección de la presente invención, según se indica en las reivindicaciones adjuntas. Otros elementos ilustrados o descritos como directamente acoplados o en comunicación entre

sí se pueden acoplar a través de alguna interfaz o dispositivo, de modo que dichos elementos ya no puedan considerarse directamente acoplados entre sí, sino que pueden estar indirectamente acoplados y en comunicación, bien sea por medios eléctricos, por medios mecánicos o de cualquier otro modo entre sí. Otros ejemplos de cambios, sustituciones y alteraciones son discernibles por los expertos en esta materia y podrían realizar sin desviarse por ello del alcance de protección de las reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Una componente de red de telecomunicaciones que comprende un procesador configurado para poner en práctica un método que comprende:
- 10 la recepción (910) de una señal óptica que comprende al menos una señal de identificación, comprendiendo la al menos una señal de identificación una serie de partes de frecuencia que se alternan en función de un intervalo de frecuencia determinado;
- 15 la partición (912) de la al menos una señal de identificación por medio de una pluralidad de ventanas;
- la realización (916, 918), de una Transformada de Fourier Rápida, FFT, en cada una de la pluralidad de ventanas;
- la determinación (920, 922) de cuáles de la pluralidad de ventanas comprenden un número mínimo relativo de componentes de frecuencia y
- 20 la detección (924) de un canal óptico sobre la base de los resultados de la FFT realizada en cada una de la pluralidad de ventanas que comprenden el número mínimo relativo de componentes de frecuencia.
- 25 **2.** La componente de red de telecomunicaciones según la reivindicación 1, en donde cada una de la serie de partes de frecuencia tiene un intervalo de frecuencia, siendo el intervalo de frecuencia de cada una de la serie de partes de frecuencia igual o desigual, en donde se detecta un canal óptico y en donde una ventana temporal es menor o igual a aproximadamente la mitad del más pequeño intervalo de frecuencias entre cada una de la serie de partes de frecuencia.
- 30 **3.** La componente de red de telecomunicaciones según la reivindicación 1, en donde cada una de la serie de partes de frecuencia tiene un intervalo de frecuencia siendo el intervalo de frecuencia de cada una de la serie de partes de frecuencia igual o desigual, en donde se detecta una pluralidad de canales ópticos y en donde una ventana temporal es menor o igual que aproximadamente la mitad del más pequeño intervalo de frecuencia entre cada una de la serie de partes de frecuencia dividido por el número de canales ópticos que se detecta.
- 35 **4.** La componente de red de telecomunicaciones según la reivindicación 1 que comprende, además, la derivación de una parte de la señal óptica, en donde la al menos una señal de identificación es detectada a partir de la parte de la señal óptica derivada.
- 40 **5.** La componente de red de telecomunicaciones según la reivindicación 1 que comprende, además: el examen de los resultados de la FFT realizada en cada una de la pluralidad de ventanas y la determinación de las ventanas que comprenden el número mínimo relativo de componentes de frecuencia.
- 6.** La componente de red de telecomunicaciones según la reivindicación 1 que comprende, además, encontrar una primera ventana que incluya un número mínimo relativo de componentes de frecuencia y más adelante, la determinación del resto de las ventanas que comprenden el número mínimo relativo de componentes de frecuencia.

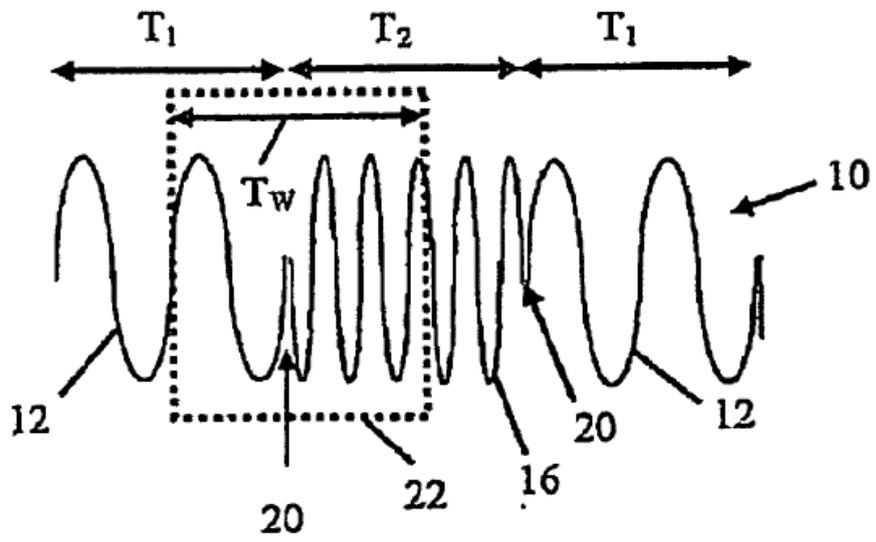


Figura 1

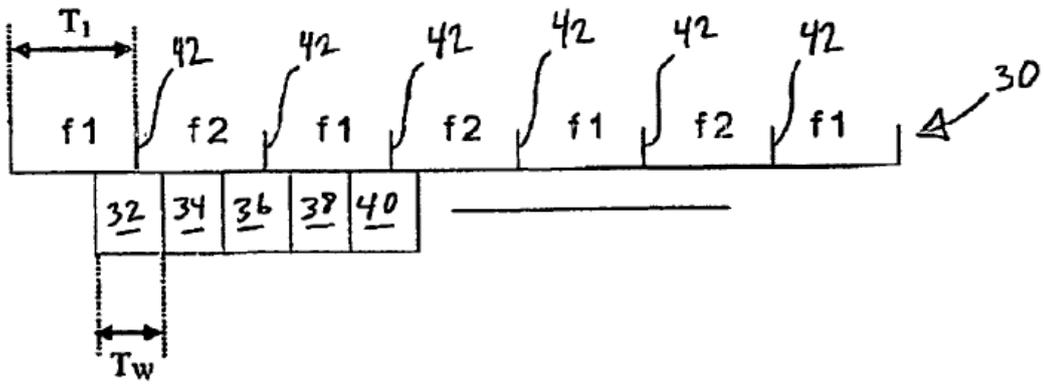


Figura 2

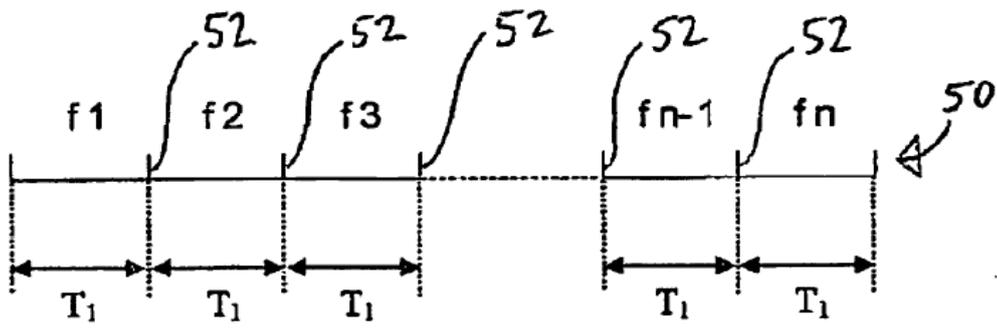


Figura 3

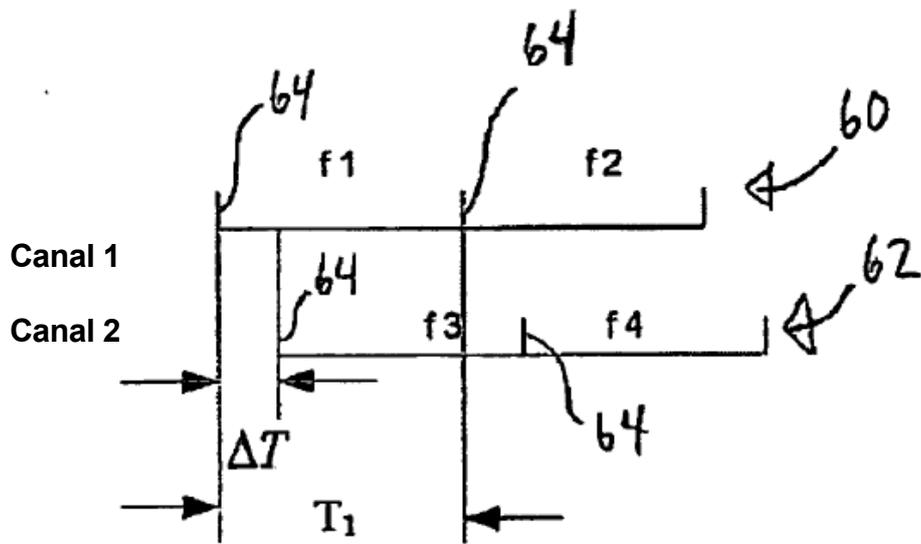


Figura 4

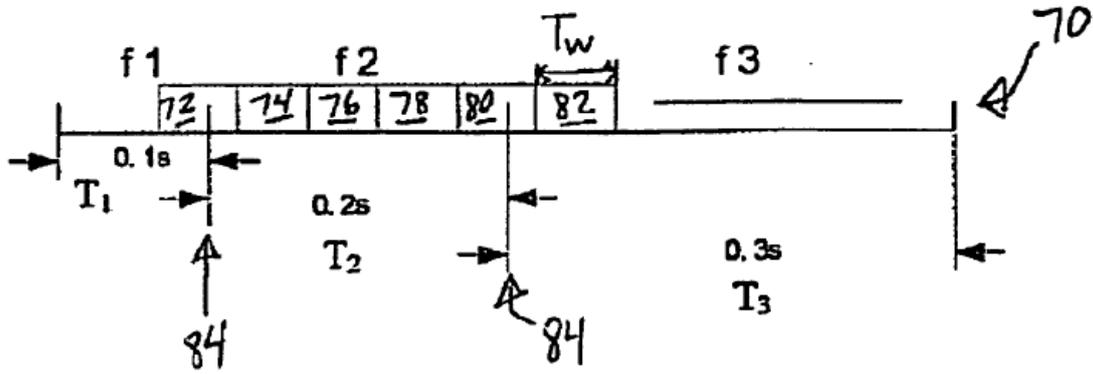


Figura 5

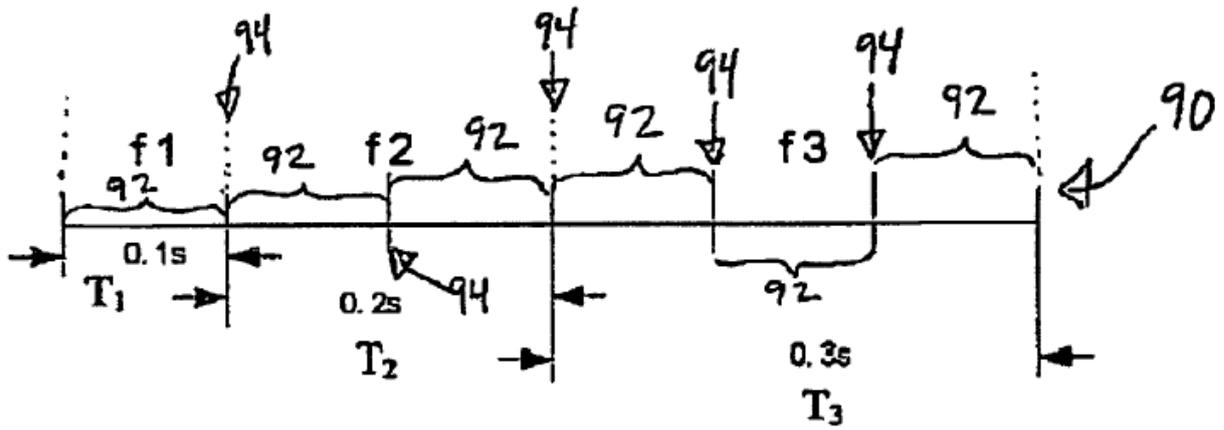


Figura 6

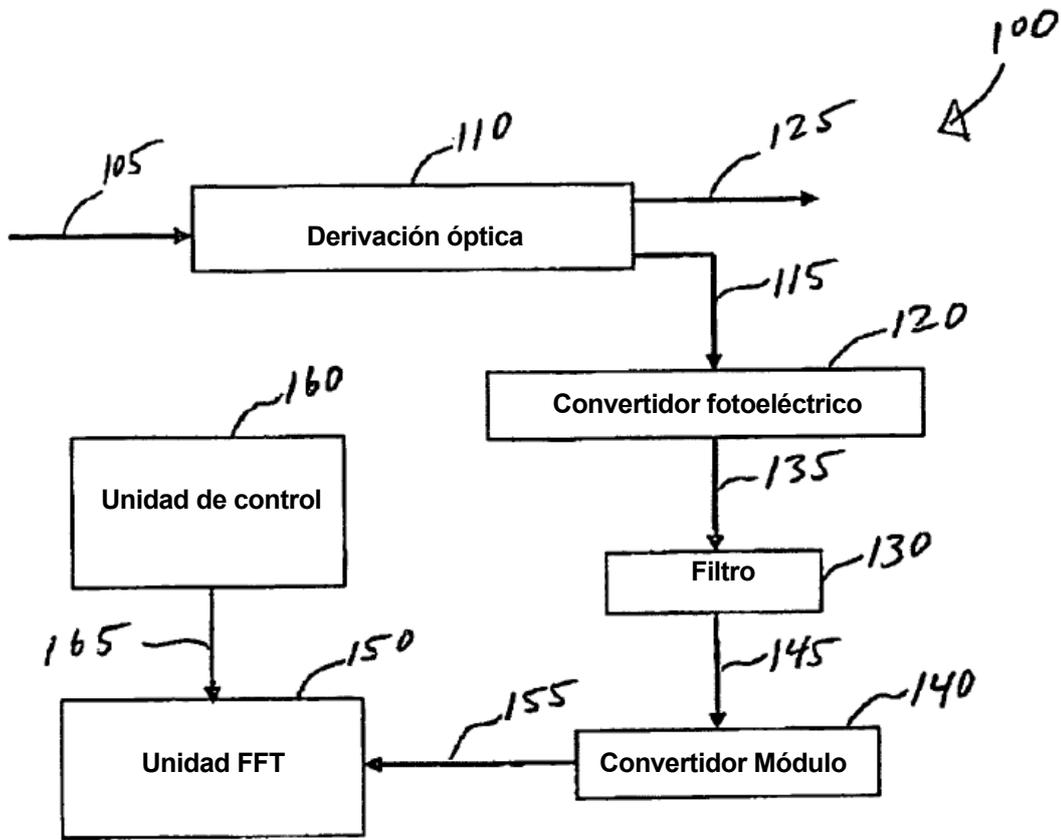


Figura 7

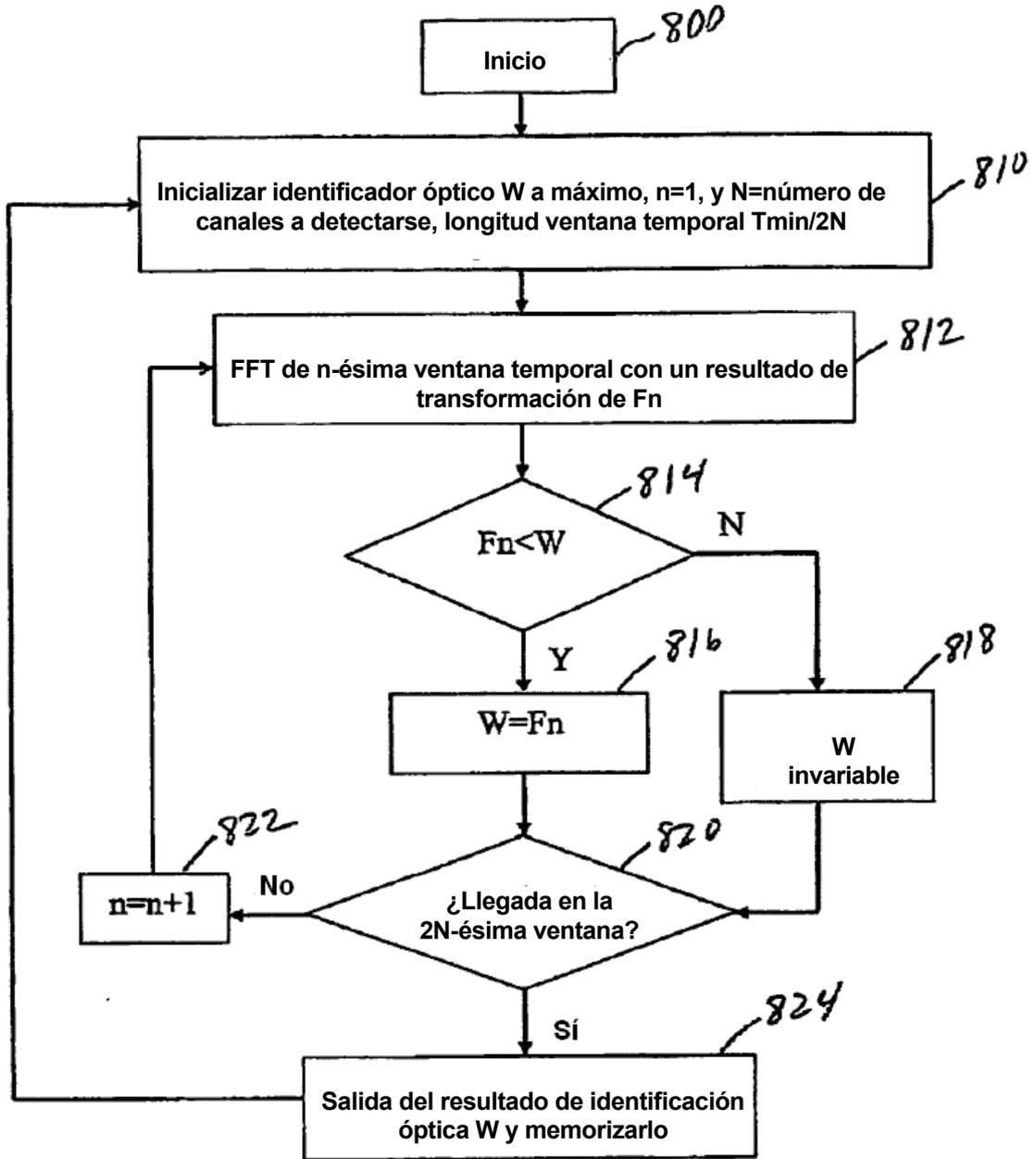


Figura 8

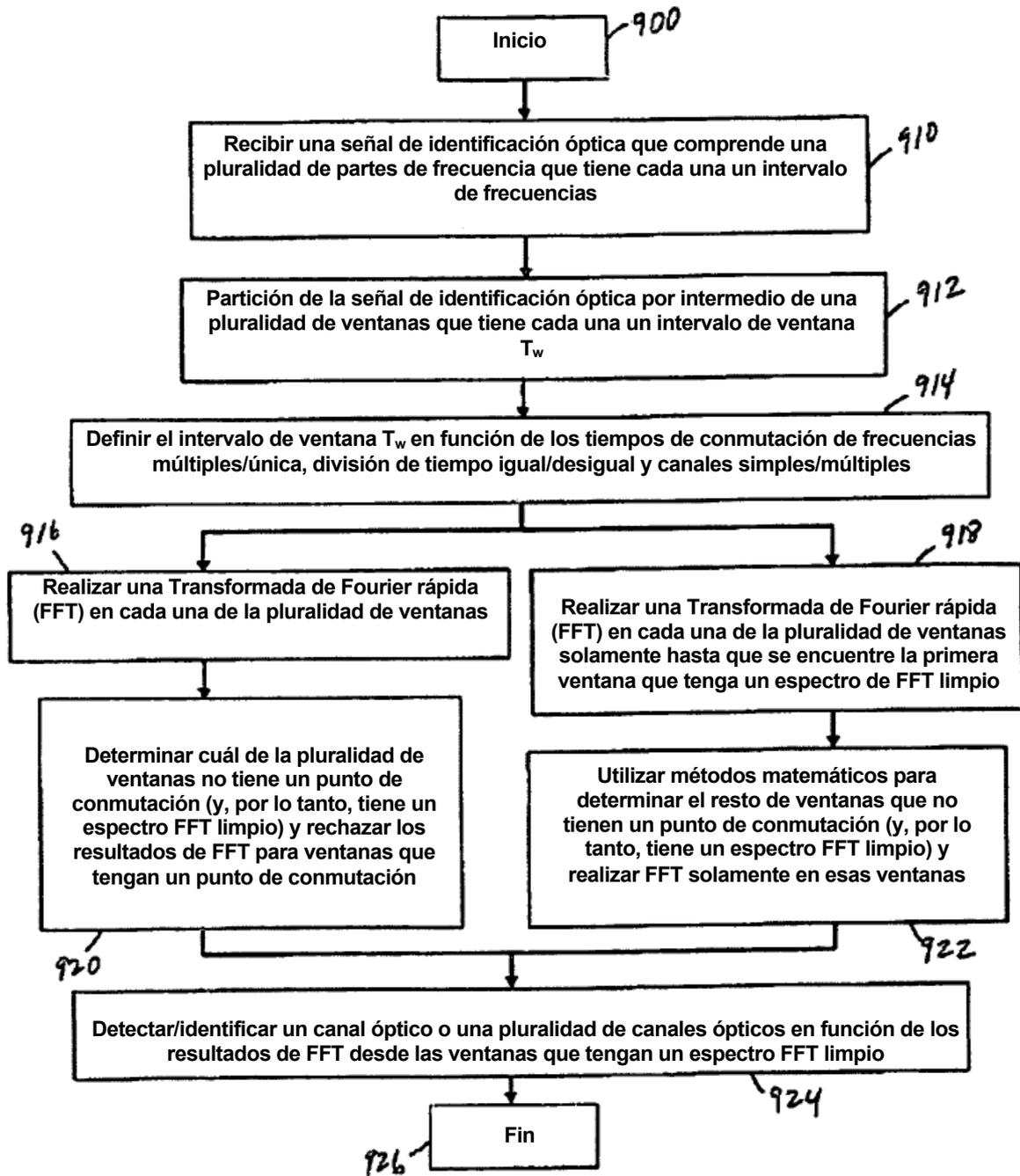


Figura 9

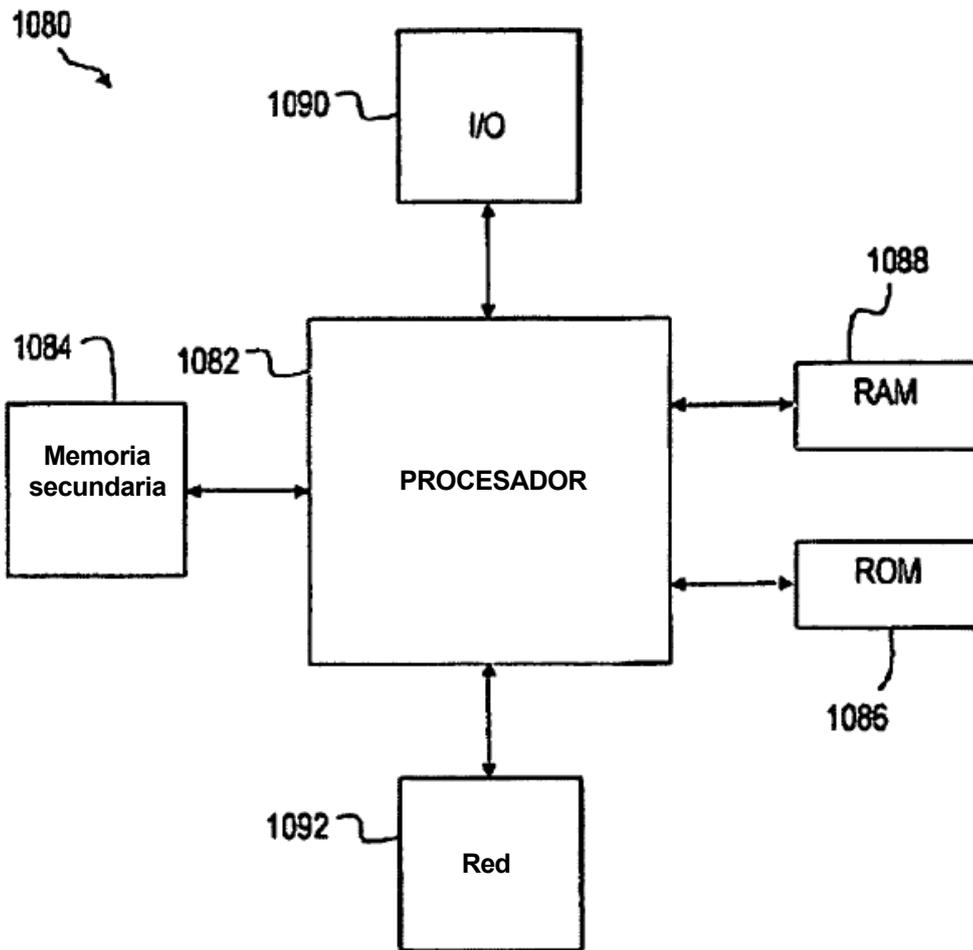


Figura 10