

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 637**

51 Int. Cl.:

H04L 27/18 (2006.01)

H03M 13/45 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H04B 10/61 (2013.01)

H04L 25/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2013** **PCT/CN2013/078164**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014** **WO14205737**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2013** **E 13887851 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** **EP 2999181**

54 Título: **Método y equipo de procesamiento de señalización, y receptor de señal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
29.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

XIAO, ZHIYU y
CHANG, DEYUAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 644 637 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 de procesamiento de señalización, y receptor de señal

Campo técnico

La presente invención está relacionada con el campo de los ordenadores y las tecnologías de las comunicaciones, y en particular, con un método de procesamiento de señal, un equipo y un receptor de señal.

Antecedentes

Con el desarrollo de las tecnologías de las comunicaciones, la tasa de transmisión de un sistema de transmisión de fibra óptica de alta velocidad progresa de 40 Gb/s a 100 Gb/s, o incluso hasta 400 Gb/s, aplicándose ampliamente una tecnología de recepción coherente. En la FIG. 1 se ilustra la estructura principal de un sistema de recepción coherente. En el extremo de transmisión, después de someter un flujo codificado de la señal digital a una codificación con corrección de errores en destino realizada por un módulo de codificación con corrección de errores en destino y a una modulación de fase realizada por un módulo de modulación de fase, se envía el flujo codificado de la señal digital a un enlace de fibra óptica. En el extremo de recepción, un módulo de recepción realiza una recepción coherente utilizando el enlace de fibra óptica y realiza la demodulación para recuperar una señal analógica de banda base; un módulo de conversión analógico-digital muestrea la señal analógica de banda base con el fin de obtener una señal digital multinivel; un módulo de ecualización realiza una ecualización de la señal digital multinivel en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia; a continuación, un módulo de estimación de fase y recuperación realiza una estimación de fase de portadora (CPE) y recuperación de la señal digital multinivel ecualizada; y por último, un módulo de descodificación de decisión aplica la descodificación y la decisión con el fin de obtener un flujo codificado de la señal digital recuperada.

No obstante, en el sistema de recepción coherente anterior y en un sistema de comunicaciones similar ocurren a menudo problemas de salto de fase en la señal sobre la que se realiza la estimación de fase de portadora y recuperación, esto es, después de la estimación de fase de portadora y recuperación, en un segmento de datos de la señal obtenida se produce un salto de fase de 90 grados, un salto de fase de -90 grados o un salto de fase de 180 grados. En un sistema de comunicaciones, un salto de fase es inaceptable, porque el salto de fase provoca continuos errores de ráfagas de bits, y el segmento de los continuos errores de ráfagas de bits afecta en gran medida o incluso invalida la función de descodificación con corrección de errores en destino, por lo que se produce un gran número de errores de bit en el sistema de comunicaciones. Sin embargo, el requisito más elemental de un sistema de comunicaciones es implementar la transmisión sin errores de bit.

El documento US 2010/138722 A1 divulga métodos y técnicas para corregir el efecto de los deslizamientos de ciclo en un sistema de comunicación coherente. Se recibe una señal que comprende ráfagas SYNC con una periodicidad predeterminada y una pluralidad de símbolos conocidos en posiciones predeterminadas entre ráfagas SYNC sucesivas. La señal recibida se segmenta en bloques de datos. Cada bloque de datos incluye como mínimo símbolos de datos y un conjunto de símbolos de comprobación correspondientes a la pluralidad de símbolos conocidos en posiciones predeterminadas entre los respectivos pares de ráfagas SYNC sucesivas de la señal. Se procesa cada uno de los bloques de datos con el fin de detectar un posible deslizamiento de ciclo. Cuando se detecta un deslizamiento de ciclo, se examina el conjunto de símbolos de comprobación del bloque de datos con el fin de identificar un primer símbolo de comprobación deslizado, y se le aplica una corrección de fase a los símbolos de datos del bloque de datos situados entre el primer símbolo de comprobación deslizado y el final del bloque de datos.

El documento EP2538596 A1 divulga un método para descodificar una señal óptica de datos modulada en PSK codificada mediante codificación diferencial que contiene valores de datos con codificación FEC. La señal óptica se corrige mediante un desplazamiento de fase estimado. A partir de la señal corregida, se obtienen unos valores de verosimilitud respectivos para los valores de datos codificados con FEC, utilizando un algoritmo de estimación que responde a una regla de codificación diferencial utilizada para la codificación diferencial de la señal óptica. Los valores de verosimilitud obtenidos están limitados a un rango de valores predeterminado. A partir de los valores de verosimilitud limitados se obtienen los valores de datos descodificados con FEC utilizando un algoritmo que responde a una regla de codificación FEC utilizada para codificar con FEC los valores de datos codificados con FEC.

Resumen

Los modos de realización de la presente invención proporcionan un método y un equipo de procesamiento de señal, y un receptor de señal, con el fin de resolver el problema de un error de bit ocasionado por un salto de fase de una señal en la técnica anterior.

Con el fin de resolver el problema técnico anterior, los modos de realización de la presente invención divulgan las siguientes soluciones técnicas:

De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un método de procesamiento de señal, en donde el método incluye los siguientes pasos:

detectar, de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, la ocurrencia de un salto de fase en un segmento de datos de una señal y el número de grados del salto de fase que se ha producido;

5 realizar, en función del número de grados del salto de fase, la corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase;

aplicar una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase, en donde la corrección de confianza se refiere a una reducción de la confianza; y

10 realizar la descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos sobre el que se ha realizado la corrección de confianza y basada en la confianza del segmento de datos, con el fin de generar el segmento de datos procesado.

15 En una primera forma posible de implementación del primer aspecto, el paso de detectar, de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, si se ha producido un salto de fase en un segmento de datos de una señal y el número de grados del salto de fase que se ha producido comprende:

realizar por separado un desplazamiento de fase de -90 grados, un desplazamiento de fase de 90 grados y un desplazamiento de fase de 180 grados en el segmento de datos de la señal con el fin de obtener un segmento de datos desplazado -90 grados, un segmento de datos desplazado 90 grados y un segmento de datos desplazado 180 grados;

20 calcular por separado las cantidades de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que el segmento de datos, el segmento de datos desplazado -90 grados, el segmento de datos desplazado 90 grados y el segmento de datos desplazado 180 grados no satisfacen; y

25 comparar la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados, y la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados; y si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos es la menor, determinar que no se ha producido un salto de fase en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 90 grados en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de -90 grados en el segmento de datos; o si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 180 grados en el segmento de datos.

En una segunda forma posible de implementación del primer aspecto, los métodos para realizar la corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase incluyen corrección lineal, corrección no lineal, y corrección mediante búsqueda en una tabla.

40 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un equipo de procesamiento de señal, que incluye:

un módulo de detección de salto, configurado para detectar, de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, la ocurrencia de un salto de fase en un segmento de datos de una señal, y el número de grados del salto de fase que se ha producido;

45 un módulo de corrección de fase, configurado para realizar, en función del número de grados del salto de fase, una corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase;

un módulo de corrección de confianza, configurado para aplicar una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase, en donde la corrección de confianza se refiere a una reducción de la confianza; y

50 un módulo de descodificación de decisión, configurado para realizar una descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos en el que se ha realizado la corrección de confianza y basada en la confianza del segmento de datos, con el fin de generar el segmento de datos procesado.

En una primera forma posible de implementación del segundo aspecto, el módulo de detección de salto incluye:

una unidad de desplazamiento, configurada para realizar por separado un desplazamiento de fase de -90 grados, un desplazamiento de fase de 90 grados y un desplazamiento de fase de 180 grados en el segmento de datos de la

señal con el fin de obtener un segmento de datos desplazado -90 grados, un segmento de datos desplazado 90 grados y un segmento de datos desplazado 180 grados;

una unidad de cálculo de comprobación, configurada para calcular por separado las cantidades de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisfacen el segmento de datos, el segmento de datos desplazado -90 grados, el segmento de datos desplazado 90 grados, y el segmento de datos desplazado 180 grados; y

una unidad de comparación, configurada para: comparar la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados, y la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados; y si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos es la menor, determinar que no se ha producido un salto de fase en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 90 grados en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de -90 grados en el segmento de datos; o si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 180 grados en el segmento de datos.

En una segunda forma posible de implementación del segundo aspecto, los métodos para que el módulo de corrección de confianza realice la corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase incluyen corrección lineal, corrección no lineal, y corrección mediante búsqueda en una tabla.

De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un receptor de señal, que incluye un equipo de recuperación de señal y el equipo de procesamiento de señal descrito en el segundo aspecto, en donde

el equipo de recuperación de señal incluye:

un módulo de recepción configurado para recibir una señal y recuperar una señal analógica de banda base;

un módulo de conversión analógico-digital, configurado para convertir la señal analógica de banda base en una señal digital multinivel;

un módulo de ecualización, configurado para realizar una ecualización en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia de la señal digital multinivel; y

un módulo de estimación de fase y recuperación, configurado para realizar una estimación de fase en la señal digital multinivel, y a continuación recuperar una señal, en donde

el módulo de estimación de fase y recuperación está conectado al equipo de procesamiento de señal y la señal recuperada por el módulo de estimación de fase y recuperación se envía al equipo de procesamiento de señal para su procesamiento.

En los modos de realización de la presente invención se detecta el número de grados de un salto de fase que se ha producido en un segmento de datos de una señal, se realiza una corrección de fase en el segmento de datos en función del número de grados del salto de fase con el fin de eliminar el impacto del salto de fase, y se aplica una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase, lo cual reduce en gran medida el impacto de una interpretación incorrecta del salto de fase al descodificar la decisión, resolviéndose de este modo el problema de un error de bit ocasionado por el salto de fase.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de describir más claramente las soluciones técnicas de los modos de realización de la presente invención o de la técnica anterior, a continuación se presentan brevemente los dibujos adjuntos necesarios para describir los modos de realización o la técnica anterior. Evidentemente, los dibujos que acompañan a la siguiente descripción muestran algunos modos de realización de la presente invención, y una persona con un conocimiento normal de la técnica puede aún derivar otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin esfuerzos creativos.

La FIG. 1 es un diagrama de la estructura de un sistema de recepción coherente, de acuerdo con la técnica anterior;

la FIG. 2 es un diagrama de flujo de un método de procesamiento de señal, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama de flujo del paso S1 de un método de procesamiento de señal, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama de la estructura de un equipo de procesamiento de señal, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

5 la FIG. 5 es un diagrama de la estructura de un módulo de detección de salto de un equipo de procesamiento de señal, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama de la estructura de un sistema de comunicaciones, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

10 la FIG. 7 es un diagrama de la estructura de un sistema de comunicaciones que incluye un módulo de entrelazado y un módulo de desentrelazado, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención; y

la FIG. 8 es un diagrama de la estructura de un equipo de procesamiento de señal, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

Descripción de los modos de realización

15 Con el fin de hacer más claros los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de los modos de realización de la presente invención, a continuación se describen de forma clara las soluciones técnicas de los modos de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los modos de realización de la presente invención. Evidentemente, los modos de realización descritos son una parte pero no todos los modos de realización de la presente invención. Cualesquiera otros modos de realización obtenidos sin esfuerzos creativos por una persona con un conocimiento normal de la técnica a partir de los modos de realización de la presente invención se considerarán dentro del alcance de protección de la presente invención.

20 Las formas específicas de implementación de la presente invención se describen además en detalle a continuación haciendo referencia a los dibujos adjuntos y a los modos de realización. Los siguientes modos de realización pretenden describir la presente invención, pero no limitar el alcance de la presente invención.

25 Tal como se ilustra en la FIG. 2, el método de procesamiento de señal que se proporciona en un primer aspecto incluye los siguientes pasos:

S1: Detectar, de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, si se ha producido un salto de fase en un segmento de datos de una señal, y el número de grados del salto de fase que se ha producido.

30 En un sistema de comunicaciones, una señal de comunicaciones se encapsula en varios segmentos de datos para su transmisión. En el extremo de transmisión, cuando se realiza la codificación con corrección de errores en destino en la señal se establecen generalmente varios grupos de reglas de comprobación para cada uno de los segmentos de datos de la señal, con el fin de que el extremo de recepción compruebe la corrección de la transmisión de los datos. Después de recibir el segmento de datos, el extremo de recepción realiza, de acuerdo con las diversas reglas de comprobación, una comprobación en el segmento de datos recibido. Cuanto menor sea la cantidad de grupos de reglas de comprobación que el segmento de datos no satisface, más alta es la tasa de transmisiones correctas que alcanza el segmento de datos.

De acuerdo con el principio anterior, tal como se ilustra en la FIG. 3, el paso S1 se puede implementar mediante los siguientes pasos:

40 S11: realizar por separado un desplazamiento de fase de -90 grados, un desplazamiento de fase de 90 grados y un desplazamiento de fase de 180 grados en el segmento de datos de la señal con el fin de obtener tres segmentos de datos desplazados: un segmento de datos desplazado -90 grados, un segmento de datos desplazado 90 grados y un segmento de datos desplazado 180 grados.

45 S12: Calcular por separado las cantidades de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que el segmento de datos, el segmento de datos desplazado -90 grados, el segmento de datos desplazado 90 grados y el segmento de datos desplazado 180 grados no satisfacen.

50 S13: Comparar la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados, y la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados, y si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos es la menor, determinar que no se ha producido un salto de fase en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados es la menor, determinar que se ha

producido un salto de fase de 90 grados en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de -90 grados en el segmento de datos; o si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 180 grados en el segmento de datos.

S2: Realizar, en función del número de grados del salto de fase, una corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase.

Un método para la corrección de fase del paso S2 es la siguiente:

si en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de -90 grados, se desplaza 90 grados la fase del segmento de datos con el fin de para compensar el salto de fase de -90 grados;

si en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de 90 grados, se desplaza -90 grados la fase del segmento de datos con el fin de para compensar el salto de fase de 90 grados;

si en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de 180 grados, se desplaza 180 grados la fase del segmento de datos con el fin de para compensar el salto de fase de 180 grados;

S3: Aplicar una corrección de confianza del segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase.

La confianza se refiere a la fiabilidad de un segmento de datos. La corrección de confianza se refiere a la reducción de la confianza de un segmento de datos en el que se ha producido un salto de fase. Como en la posterior descodificación de la decisión de corrección de errores en destino, la descodificación se realiza basándose en la confianza del segmento de datos, la corrección de confianza permite una determinación correcta de la fiabilidad del segmento de datos en el proceso de la posterior descodificación de la decisión de corrección de errores en destino, lo que aumenta la credibilidad de la posterior descodificación de la decisión de corrección de errores en destino, resolviéndose de este modo el problema de un error de bit ocasionado por un salto de fase. Es más, la corrección de fase y la corrección de confianza se realizan en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y, en consecuencia, cuando se detecta el salto de fase tiende a cumplirse en la medida de lo posible un principio que permite la detección errónea, pero no permite la ausencia de detección.

Un algoritmo de corrección de confianza está muy relacionado con el algoritmo posterior de descodificación de la decisión de corrección de errores en destino y, en general, el algoritmo de corrección de confianza incluye corrección lineal, corrección no lineal y corrección mediante búsqueda en una tabla.

Una fórmula de corrección lineal puede ser:

$$LLR_{out} = LLR_{in} \times k$$

LLR_{out} es la confianza corregida, LLR_{in} es la confianza antes de la corrección, y k es un coeficiente de corrección. Esto es, la confianza corregida es igual a la confianza antes de la corrección multiplicada por el coeficiente de corrección k .

Una fórmula de corrección no lineal puede ser:

$$LLR_{out} = LLR_{in}^k$$

LLR_{out} es la confianza corregida, LLR_{in} es la confianza antes de la corrección, y k es un coeficiente de corrección. Esto es, la confianza corregida es igual a la confianza antes de la corrección elevada a la potencia del coeficiente de corrección.

Una fórmula de corrección mediante búsqueda en una tabla puede ser:

$$LLR_{out} = LUT(LLR_{in})$$

LLR_{out} es la confianza corregida, LLR_{in} es la confianza antes de la corrección, y LUT es una tabla de corrección de confianza. Esto es, la confianza corregida es igual al valor de confianza obtenido mediante búsqueda en la tabla de corrección de confianza que corresponde a la confianza antes de la corrección.

En los tres métodos de corrección de confianza anteriores, la corrección lineal es simple y común, la corrección no lineal es complicada y aplicable a un escenario especial, y la corrección mediante búsqueda en una tabla es aplicable a cualquier corrección de confianza.

S4: Realizar una descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos en el que se ha realizado la corrección de confianza, para generar el segmento de datos procesado.

El método para realizar la descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el paso S4 es

consistente con un método para la descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en la técnica anterior, por lo que los detalles no se vuelven a describir en la presente solicitud.

Tal como se ilustra en la FIG. 4, un equipo para el procesamiento de señal proporcionado en un segundo aspecto incluye los siguientes módulos:

- 5 un módulo de detección de salto, configurado para detectar, de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, si se ha producido un salto de fase en un segmento de datos de una señal, y el número de grados del salto de fase que se ha producido;

un módulo de corrección de fase, configurado para realizar, en función del número de grados del salto de fase, una corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase;

- 10 un módulo de corrección de confianza, configurado para aplicar una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase; y

un módulo de descodificación de decisión, configurado para realizar una descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos en el que se ha realizado la corrección de confianza, para generar el segmento de datos procesado.

- 15 Tal como se ilustra en la FIG. 5, el módulo de detección de salto puede incluir:

una unidad de desplazamiento, configurada para realizar por separado un desplazamiento de fase de -90 grados, un desplazamiento de fase de 90 grados y un desplazamiento de fase de 180 grados en el segmento de datos de la señal con el fin de obtener tres segmentos de datos desplazados: un segmento de datos desplazado -90 grados, un segmento de datos desplazado 90 grados y un segmento de datos desplazado 180 grados;

- 20 una unidad de cálculo de comprobación, configurada para calcular por separado las cantidades de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que el segmento de datos, el segmento de datos desplazado -90 grados, el segmento de datos desplazado 90 grados y el segmento de datos desplazado 180 grados no satisfacen; y

- 25 una unidad de comparación, configurada para comparar: la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados, y la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados; y si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos es la menor, determinar que no se ha producido un salto de fase en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 90 grados en el segmento de datos; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de -90 grados en el segmento de datos; o si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados es la menor, determinar que se ha producido un salto de fase de 180 grados en el segmento de datos.

- 40 Los métodos utilizados por el módulo de corrección de confianza para realizar la corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase pueden incluir corrección lineal, corrección no lineal y corrección mediante búsqueda en una tabla.

Un receptor de señal proporcionado en un tercer aspecto incluye un equipo de recuperación de señal y el equipo de procesamiento de señal descrito en el segundo aspecto.

El equipo de recuperación de señal incluye:

un módulo de recepción, configurado para recibir una señal, y recuperar una señal analógica de banda base;

- 45 un módulo de conversión analógico-digital, configurado para convertir la señal analógica de banda base en una señal digital multinivel;

un módulo de ecualización, configurado para realizar una ecualización en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia de la señal digital multinivel; y

- 50 un módulo de estimación de fase y recuperación, configurado para realizar una estimación de fase de la señal digital multinivel, y a continuación recuperar la señal, en donde

el módulo de estimación de fase y recuperación está conectado al equipo de procesamiento de señal y la señal recuperada por el módulo de estimación de fase y recuperación es enviada al equipo de procesamiento de señal

para su procesamiento.

Por otro lado, la presente invención se describe mediante el siguiente modo de realización.

El receptor de señal de este modo de realización se utiliza para un sistema de transmisión de fibra óptica de alta velocidad de multiplexación por división en polarización-modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (PDM-QPSK). Tal como se ilustra en la FIG. 6, un sistema de comunicaciones incluye un transmisor de señal y el receptor de señal.

El transmisor de señal incluye un módulo de codificación con corrección de errores en destino, un módulo de modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), y un módulo de multiplexación por división en polarización, en donde el módulo de codificación con corrección de errores en destino está configurado para realizar una codificación con corrección de errores en destino de un flujo codificado de entrada para generar un flujo codificado de salida con un anexo para corrección de errores en destino; el módulo de modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura está configurado para realizar una modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura del flujo codificado tras la codificación con corrección de errores en destino; y el módulo de multiplexación por división en polarización está configurado para realizar un procesamiento de multiplexación por división en polarización del flujo codificado en el que se ha realizado la modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, y enviarle el flujo codificado a un enlace de fibra óptica.

El receptor de señal incluye un equipo de recuperación de señal y un equipo de procesamiento de señal.

El equipo de recuperación de señal incluye un módulo de desmultiplexación por división en polarización, un módulo de recepción, un módulo de conversión analógico-digital, un módulo de ecualización y un módulo de estimación de fase y recuperación. El módulo de desmultiplexación por división en polarización, correspondiente al módulo de multiplexación por división en polarización del transmisor de señal, está configurado para realizar un procesamiento de desmultiplexación por división en polarización; el módulo de recepción está configurado para realizar una recepción coherente, con el fin de generar una señal eléctrica analógica de banda base; el módulo de conversión analógico-digital está configurado para muestrear la señal eléctrica analógica de banda base, con el fin de generar una señal digital multinivel; el módulo de ecualización está configurado para realizar una ecualización en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo de la señal digital multinivel; y el módulo de estimación de fase y recuperación está configurado para realizar una estimación de fase de portadora, recuperar la fase de los datos y generar una señal en la que se puede producir un salto de fase.

El equipo de procesamiento de señal incluye un módulo de detección de salto, un módulo de corrección de fase, un módulo de corrección de confianza, y un módulo de descodificación de decisión. Los módulos anteriores son los mismos que los módulos del equipo de procesamiento de señal proporcionados en la presente invención, en donde el módulo de corrección de confianza realiza la corrección de confianza en forma de corrección mediante búsqueda en una tabla.

Tal como se ilustra en la FIG. 7, el transmisor de señal del sistema de comunicaciones anterior puede incluir, además, un módulo de entrelazado, y el equipo de procesamiento de señal del receptor de señal puede incluir además un módulo de desentrelazado. Las estructuras concretas son como se indica a continuación:

El transmisor de señal incluye un módulo de codificación con corrección de errores en destino, un módulo de entrelazado, un módulo de modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), y un módulo de multiplexación por división en polarización. El módulo de codificación con corrección de errores en destino está configurado para realizar una codificación con corrección de errores en destino de un flujo codificado de entrada, para generar un flujo codificado con añadidos para corrección de errores en destino; el módulo de entrelazado, que corresponde al módulo de desentrelazado en un extremo del receptor de señal, está configurado para realizar un procesamiento de entrelazado en el flujo codificado generado por el módulo de codificación con corrección de errores en destino; el módulo de modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura está configurado para realizar una modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura del flujo codificado en el que se ha realizado el procesamiento de entrelazado; y el módulo de multiplexación por división en polarización está configurado para realizar un procesamiento de multiplexación por división en polarización del flujo codificado en el que se ha realizado la modulación mediante modulación por desplazamiento de fase en cuadratura y enviarle el flujo codificado a un enlace de fibra óptica.

El receptor de señal incluye un equipo de recuperación de señal y el equipo de procesamiento de señal.

El equipo de recuperación de señal incluye un módulo de desmultiplexación por división en polarización, un módulo de recepción, un módulo de conversión analógico-digital, un módulo de ecualización y un módulo de estimación de fase y recuperación. El módulo de desmultiplexación por división en polarización, que corresponde al módulo de multiplexación por división en polarización del transmisor de señal, está configurado para realizar un procesamiento de desmultiplexación por división en polarización; el módulo de recepción está configurado para realizar una recepción coherente, con el fin de generar una señal eléctrica analógica de banda base; el módulo de conversión analógico-digital está configurado para muestrear la señal eléctrica analógica de banda base, para generar una

señal digital multinivel; el módulo de ecualización está configurado para realizar una ecualización en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo de la señal digital multinivel; y el módulo de estimación de fase y recuperación está configurado para realizar una estimación de fase de portadora, recuperar la fase de los datos y generar una señal en la que se puede producir un salto de fase.

- 5 El equipo de procesamiento de señal incluye un módulo de detección de salto, un módulo de corrección de fase, un módulo de corrección de confianza, un módulo de desentrelazado y un módulo de descodificación de decisión, en donde el módulo de desentrelazado está configurado para realizar un procesamiento de desentrelazado en el segmento de datos después de la corrección de confianza. El proceso de desentrelazado consiste en realizar un procesamiento descentralizado de los datos de entrada continuos, para descomponer un segmento de datos de ráfaga en múltiples segmentos de datos seleccionando una profundidad de entrelazado apropiada, eliminando de ese modo el impacto de errores continuos en la descodificación de la decisión de software de corrección de errores en destino. Los demás módulos del equipo son los mismos que los módulos del equipo de procesamiento de señal proporcionado en la presente invención, en donde el módulo de corrección de confianza realiza la corrección de confianza en forma de corrección mediante búsqueda en una tabla.
- 10
- 15 Por otro lado, el equipo de procesamiento de señal de este modo de realización se puede observar en la FIG. 8, el cual incluye al menos un procesador, al menos una memoria y al menos un bus (canal común) de comunicaciones, en donde el bus de comunicaciones se utiliza para la conexión y comunicación entre la memoria y el procesador. El procesador está configurado para ejecutar un módulo ejecutable almacenado en la memoria, por ejemplo, un programa de ordenador. La memoria puede incluir una memoria de acceso aleatorio (RAM) de alta velocidad, y también puede incluir, además, una memoria no volátil (non volátil memory), por ejemplo, al menos una memoria de disco magnético.
- 20

En algunos modos de implementación, la memoria almacena un programa de procesamiento de señal, en donde el programa de procesamiento de señal puede ser ejecutado por el procesador, y el programa de procesamiento de señal incluye:

- 25 detectar, de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, la ocurrencia de un salto de fase en un segmento de datos de una señal, y el número de grados del salto de fase que se ha producido; realizar, en función del número de grados del salto de fase, una corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase; aplicar una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase; y realizar una descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos sobre el que se ha realizado la corrección de confianza, para generar el segmento de datos procesado.
- 30

- Una persona con un conocimiento normal de la técnica puede entender que, cada uno de los aspectos de la presente invención, o una posible forma de implementación de cada uno de dichos aspectos, se puede implementar específicamente como un sistema, un método o un producto de programa de ordenador. Por consiguiente, cada uno de los aspectos de la presente invención, o una posible forma de implementación de cada uno de dichos aspectos, puede utilizar formas de modos de realización mediante sólo hardware, modos de realización mediante sólo software (incluyendo firmware, software residente y similares), o modos de realización con una combinación de software y hardware, designados indistintamente en la presente solicitud como "circuito", "módulo" o "sistema". Además, cada uno de los aspectos de la presente invención, o la posible forma de implementación de cada uno de dichos aspectos puede adoptar la forma de un producto de programa de ordenador, en donde el producto de programa de ordenador se refiere a código de programa legible por un ordenador, almacenado en un medio legible por un ordenador.
- 35
- 40

- El medio legible por un ordenador puede ser un medio de señal legible por un ordenador o un medio de almacenamiento legible por un ordenador. El medio de almacenamiento legible por un ordenador incluye, pero no se limita a, un sistema, dispositivo o equipo electrónico, magnético, óptico, electromagnético, de infrarrojos o semiconductor, o cualquier combinación apropiada de los mismos, como por ejemplo una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura borrable programable (EPROM o memoria flash), una fibra óptica, y una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM).
- 45

- En un ordenador, un procesador lee un código de programa legible por un ordenador almacenado en un medio legible por un ordenador, con el fin de que el procesador pueda realizar una función y una acción especificadas en cada uno de los pasos o una combinación de pasos de un diagrama de flujo; se incluye un equipo para implementar una función y una acción especificadas en cada uno de los bloques o una combinación de bloques de un diagrama de bloques.
- 50

- Todo el código de programa legible por un ordenador se puede ejecutar en un ordenador del usuario, o una parte se puede ejecutar en un ordenador del usuario como un paquete de software independiente, o una parte se puede ejecutar en un ordenador del usuario mientras que otra parte se puede ejecutar en un ordenador remoto, o la totalidad del código se puede ejecutar en un equipo remoto o un servidor. También se debe observar que, en algunas soluciones de implementación alternativas, cada uno de los pasos de los diagramas de flujo o las funciones especificados en cada uno de los bloques de los diagramas de bloques puede no ocurrir en el orden indicado. Por ejemplo, dos pasos o dos bloques consecutivos de los indicados, que dependen de una función involucrada, pueden
- 55

de hecho ejecutarse sustancialmente de forma simultánea, o dichos bloques pueden ejecutarse eventualmente en orden inverso.

5 Obviamente, una persona experimentada en la técnica puede realizar diversas modificaciones y variaciones a la presente invención sin apartarse del alcance de la presente invención. La presente invención pretende abarcar esas modificaciones y variaciones siempre que se encuentren dentro del alcance de protección definido por las siguientes reivindicaciones y sus tecnologías equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Un método de procesamiento de señal, que comprende:

detectar (S1), de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, si se ha producido un salto de fase en un segmento de datos de una señal, y el número de grados del salto de fase que se ha producido;

realizar (S2), en función del número de grados del salto de fase, una corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase;

realizar (S3) una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase, en donde la corrección de confianza se refiere a una reducción de la confianza; y

realizar (S4) una descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos sobre el que se ha realizado la corrección de confianza y basada en la confianza del segmento de datos, con el fin de generar el segmento de datos procesado.

2. El método de procesamiento de señal de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el paso de detectar (S1), de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, si se ha producido un salto de fase en un segmento de datos de una señal y el número de grados del salto de fase que se ha producido, comprende:

realizar (S11) por separado un desplazamiento de fase de -90 grados, un desplazamiento de fase de 90 grados y un desplazamiento de fase de 180 grados en el segmento de datos de la señal con el fin de obtener un segmento de datos desplazado -90 grados, un segmento de datos desplazado 90 grados y un segmento de datos desplazado 180 grados;

calcular (S12) por separado las cantidades de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que el segmento de datos, el segmento de datos desplazado -90 grados, el segmento de datos desplazado 90 grados y el segmento de datos desplazado 180 grados no satisfacen; y

comparar (S13) la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados, y la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados; y si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos es la menor, determinar que en el segmento de datos no se ha producido ningún salto de fase; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados es la menor, determinar que en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de 90 grados; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados es la menor, determinar que en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de -90 grados; o si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados es la menor, determinar que en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de 180 grados;

3. El método de procesamiento de señal de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los métodos para aplicar (S3) la corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase comprenden corrección lineal, corrección no lineal y corrección mediante búsqueda en una tabla.

4. Un equipo de procesamiento de señal, que comprende:

un módulo de detección de salto, configurado para detectar (S1), de acuerdo con una regla de comprobación establecida durante la codificación con corrección de errores en destino, si se ha producido un salto de fase en un segmento de datos de una señal, y el número de grados del salto de fase que se ha producido

un módulo de corrección de fase, configurado para realizar (S2), en función del número de grados del salto de fase, una corrección de fase en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase;

un módulo de corrección de confianza, configurado para aplicar (S3) una corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase, en donde la corrección de confianza se refiere a una reducción de la confianza; y

un módulo de descodificación de decisión, configurado para realizar (S4) una descodificación de la decisión de corrección de errores en destino en el segmento de datos en el que se ha realizado la corrección de confianza, y basada en la confianza del segmento de datos, con el fin de generar el segmento de datos procesado.

5. El equipo de procesamiento de señal de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el módulo de detección de salto comprende:

una unidad de desplazamiento, configurada para realizar (S11) por separado un desplazamiento de fase de -90 grados, un desplazamiento de fase de 90 grados y un desplazamiento de fase de 180 grados en el segmento de datos de la señal con el fin de obtener un segmento de datos desplazado -90 grados, un segmento de datos desplazado 90 grados y un segmento de datos desplazado 180 grados;

una unidad de cálculo de comprobación, configurada para calcular (S12) por separado las cantidades de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que el segmento de datos, el segmento de datos desplazado -90 grados, el segmento de datos desplazado 90 grados y el segmento de datos desplazado 180 grados no satisfacen; y

una unidad de comparación, configurada para: comparar (S13) la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados, la cantidad de grupos de reglas de comprobación, establecidas durante la codificación con corrección de errores en destino, que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados, y la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados; y si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos es la menor, determinar que en el segmento de datos no se ha producido ningún salto de fase; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado -90 grados es la menor, determinar que en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de 90 grados; si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 90 grados es la menor, determinar que en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de -90 grados; o si la cantidad de grupos de reglas de comprobación que no satisface el segmento de datos desplazado 180 grados es la menor, determinar que en el segmento de datos se ha producido un salto de fase de 180 grados.

6. El equipo de procesamiento de señal de acuerdo con la reivindicación 4, en el que los métodos para que el módulo de corrección de confianza realice la corrección de confianza en el segmento de datos en el que se ha producido el salto de fase y en el que se ha realizado la corrección de fase comprenden corrección lineal, corrección no lineal y corrección mediante búsqueda en una tabla.

7. Un receptor de señal, que comprende un equipo de recuperación de señal, y el equipo de procesamiento de señal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en donde

el equipo de recuperación de señal comprende:

un módulo de recepción, configurado para recibir una señal y recuperar una señal analógica de banda base;

un módulo de conversión analógico-digital, configurado para convertir la señal analógica de banda base en una señal digital multinivel;

un módulo de ecualización, configurado para realizar una ecualización en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia de la señal digital multinivel; y

un módulo de estimación de fase y recuperación, configurado para realizar la estimación de fase de la señal digital multinivel, y a continuación recuperar una señal, en donde

el módulo de estimación de fase y recuperación está conectado al equipo de procesamiento de señal, y la señal recuperada por el módulo de estimación de fase y recuperación se envía al equipo de procesamiento de señal para su procesamiento.

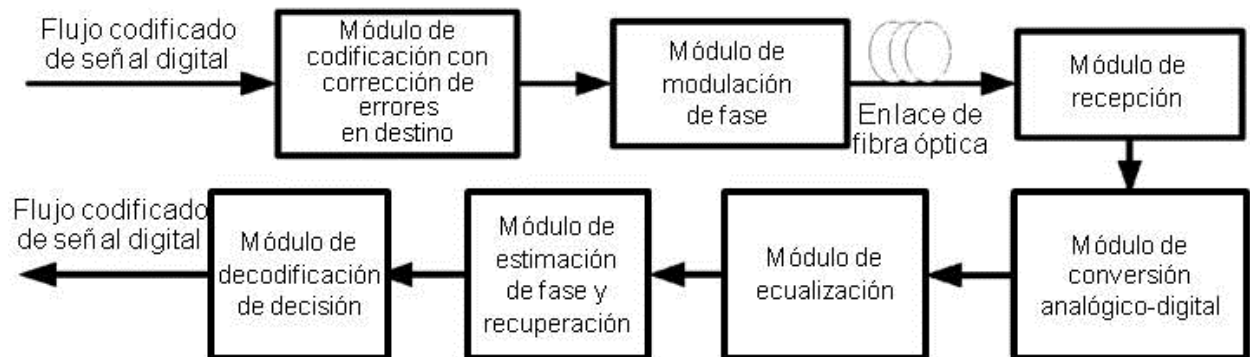


FIG. 1

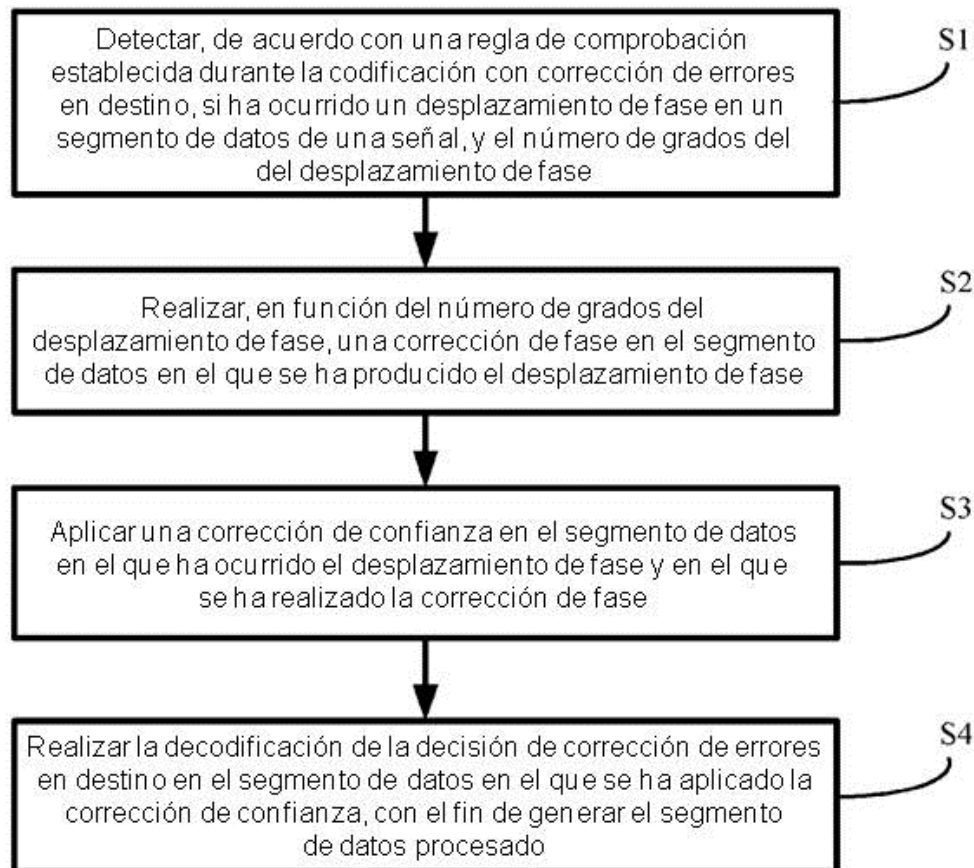


FIG. 2

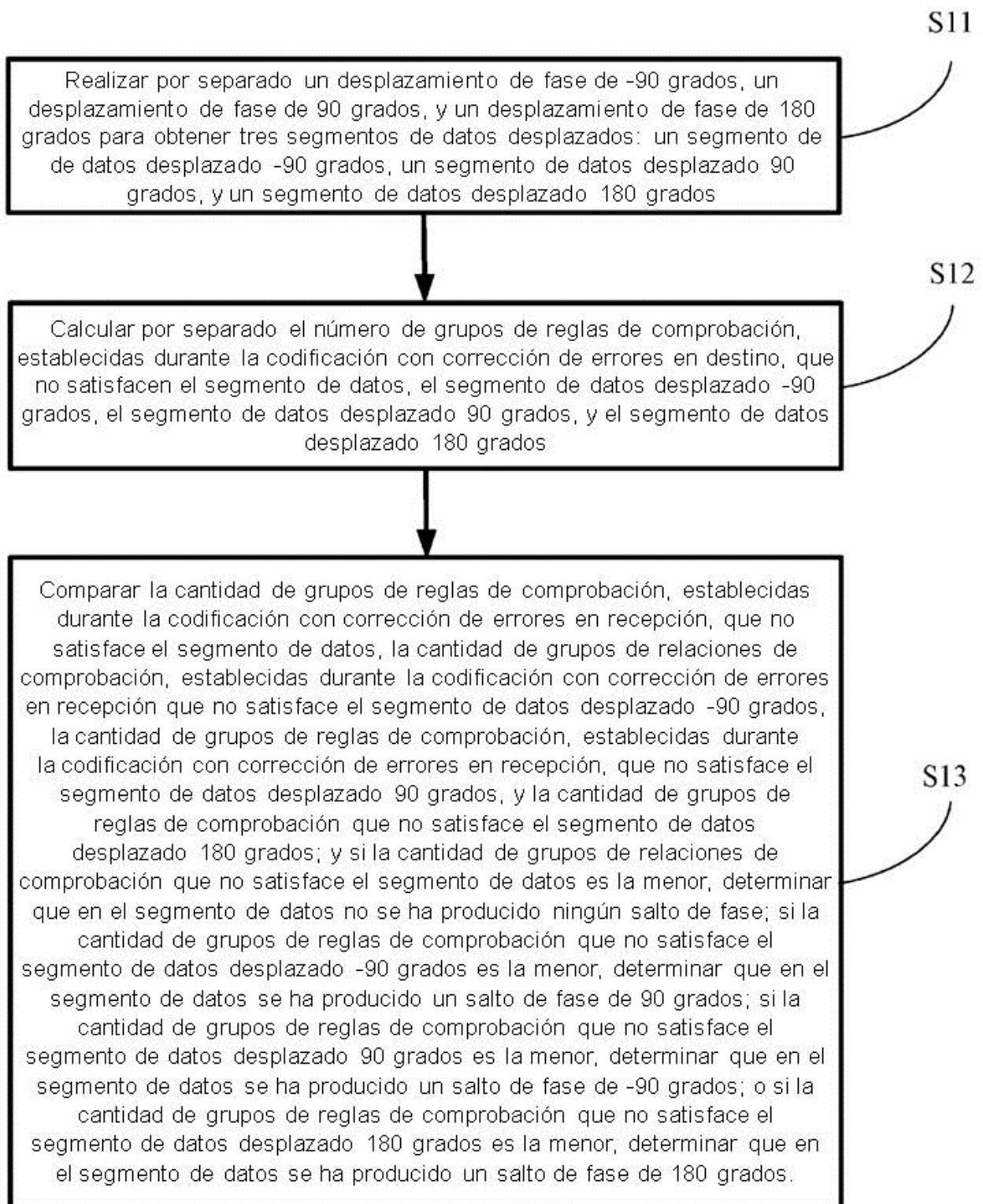


FIG. 3

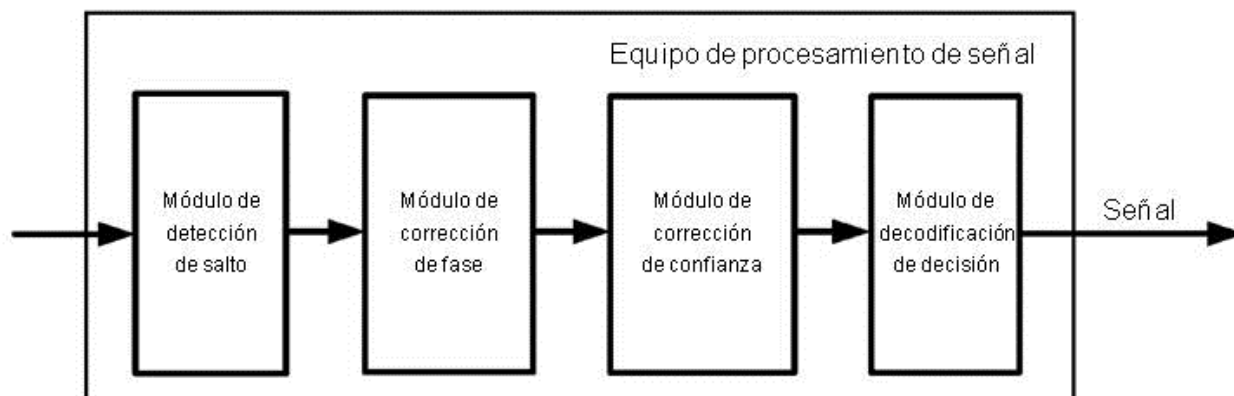


FIG. 4

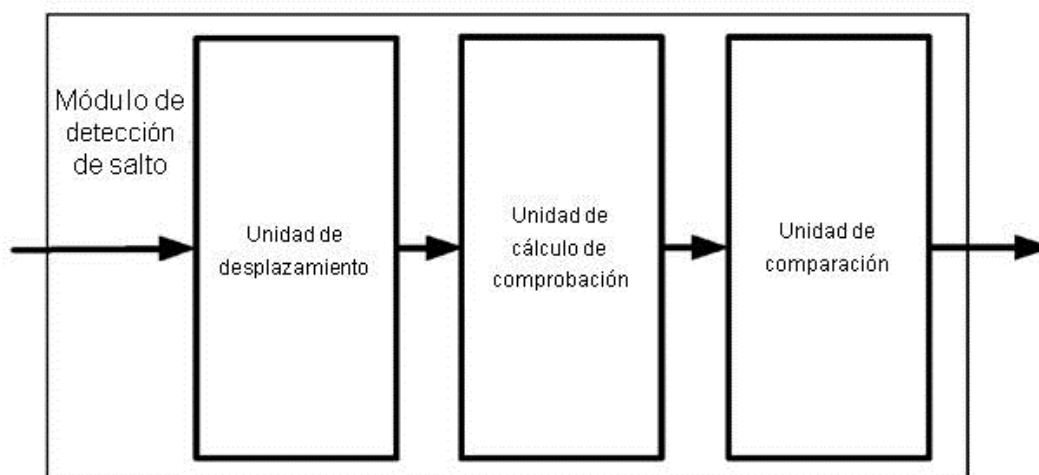


FIG. 5

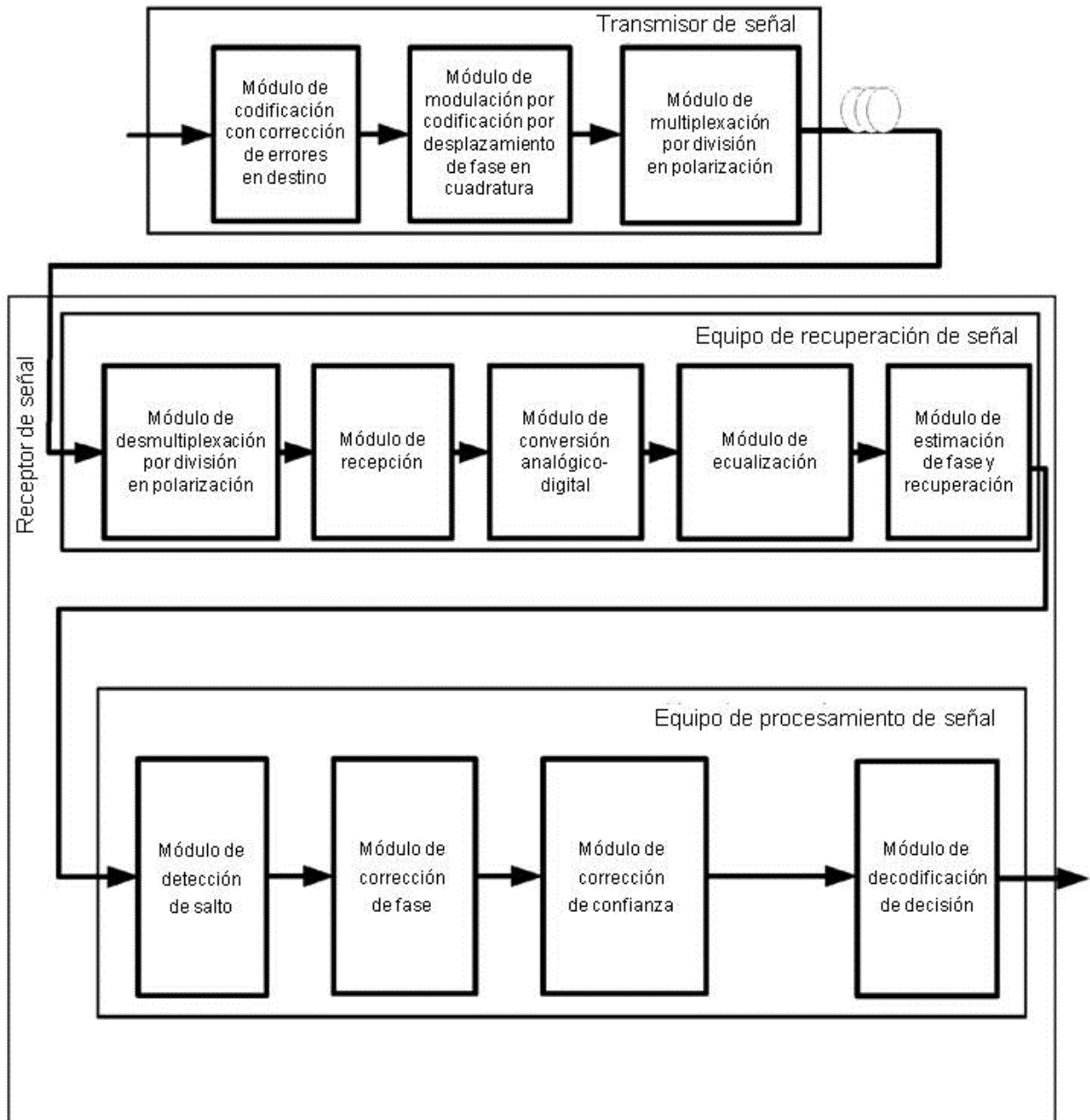


FIG. 6

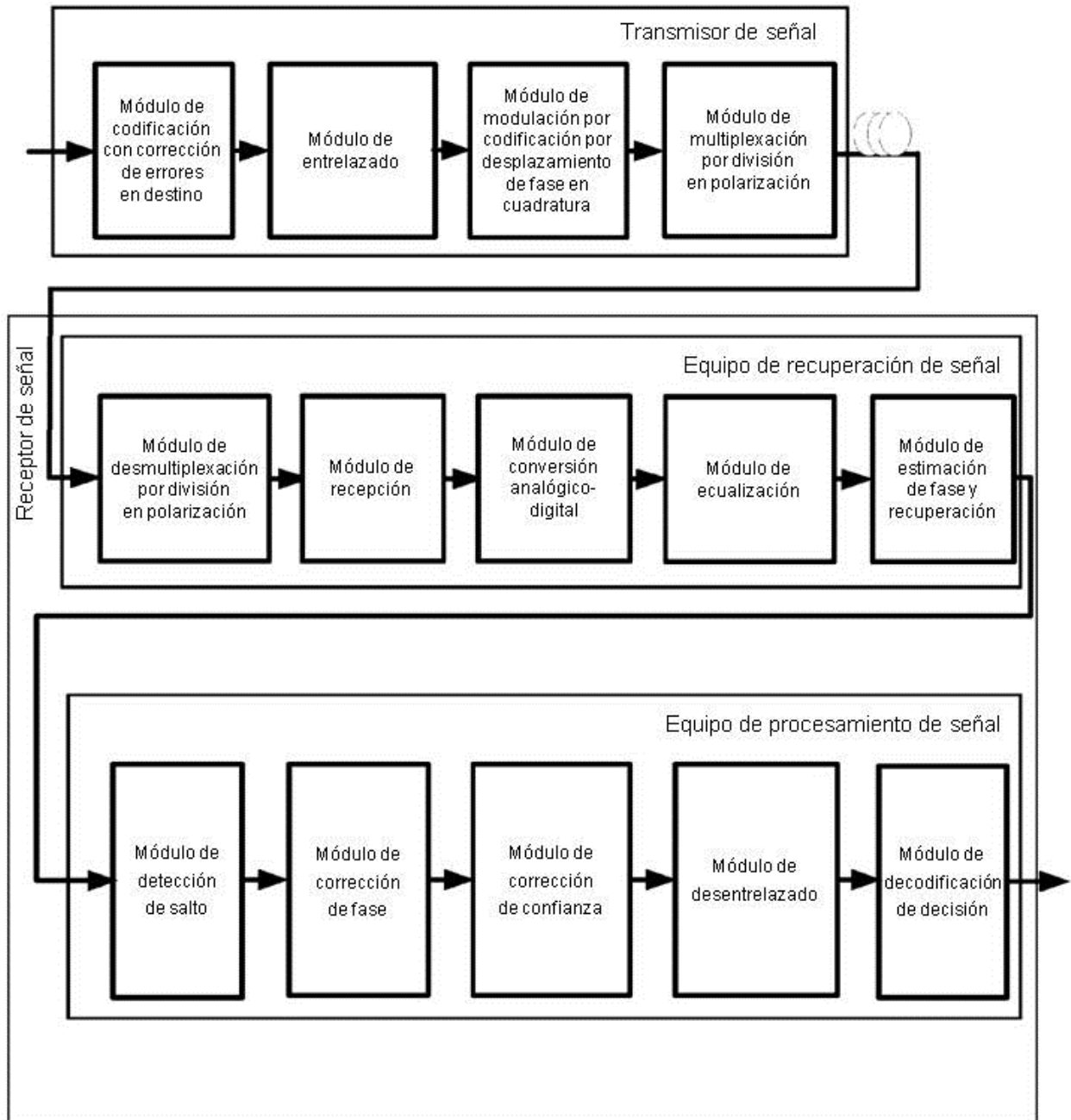


FIG. 7

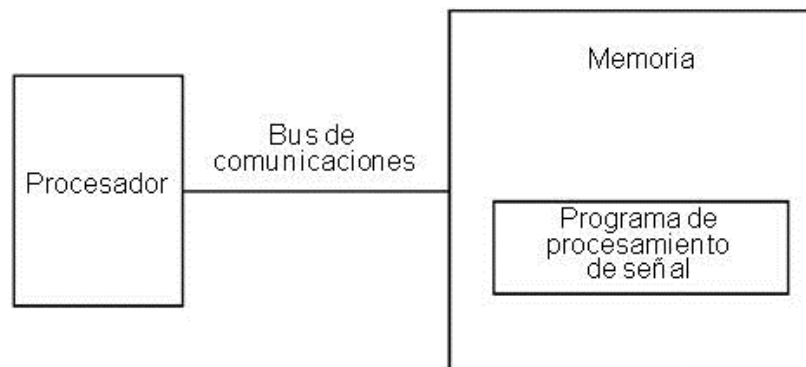


FIG. 8