

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 987**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

H04L 27/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2015 E 15174837 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2963881**

54 Título: **Procedimiento mejorado de modulación por fase continua y emisor que implementa el procedimiento**

30 Prioridad:

04.07.2014 FR 1401507

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

30.06.2017

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**BAPTISTE, FRANÇOIS;
LE NAOUR, ADRIEN;
DENICOURT, ALBAN;
VINCENT, CÉLIEN y
FELIX, VALENTIN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 620 987 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

Procedimiento mejorado de modulación por fase continua y emisor que implementa el procedimiento

La invención se refiere al campo de los sistemas de comunicación digital, más particularmente a los emisores de datos digitales que utilizan, para dar forma a la señal digital a transmitir, una modulación por fase continua.

5 En un sistema de comunicación digital, la utilización de modulaciones de amplitud constante, por ejemplo unas modulaciones por fase continua, se prefiere porque estas últimas permiten maximizar el alcance de la señal transmitida. En efecto, las modulaciones de envolvente constante presentan el interés de permitir a la señal emitida tener una potencia casi constante. La continuidad de la fase permite a la señal ocupar una banda pasante menor, y la envolvente constante de la señal permite resistir mejor a las no linealidades del canal de transmisión y permitir a los amplificadores del sistema funcionar próximos a su punto de saturación.

10 De ese modo, para paliar las limitaciones sobre la dimensión espectral de la señal transmitida, particularmente su anchura de banda de frecuencia ocupada así como la perturbación potencialmente aportada a los canales adyacentes, se conoce la utilización de procedimientos de modulación por fase continua tales como la modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

15 Las modulaciones por fase continua, aunque eficaces presentan como inconveniente introducir una gran interferencia entre símbolos en la señal recibida. El símbolo recibido en el instante t es perturbado al menos por sus vecinos emitidos en los instantes $t-1$ y $t+1$, lo que hace más difícil la decisión que debe efectuar un receptor para determinar el estado inicial de dicho símbolo. Por ejemplo, en el caso de una modulación binaria, un símbolo puede tomar ocho estados diferentes. El receptor deberá por tanto efectuar una decisión entre estas ocho posibilidades para discriminar el bit correspondiente. La interferencia entre símbolos es todavía más perturbadora y el receptor será todavía más complejo cuanto mayor sea el número de estados posibles para un símbolo. Además los procedimientos conocidos por el experto en la materia para demodular una señal transmitida según una modulación por fase continua presentan el inconveniente de ser complejos porque implementan frecuentemente un igualador así como un estimador del máximo de verosimilitud conocidos bajo la abreviatura anglosajona "MLSE" (Maximum Likelihood Sequence Estimator) implementado, por ejemplo, a través de un algoritmo de Viterbi.

20 La solicitud de patente francesa del presente Solicitante publicada bajo número FR 2938988 describe un procedimiento de modulación por fase continua que permite mejorar la interferencia entre símbolos en la recepción.

El procedimiento descrito en esta solicitud se basa en la implementación en la emisión de una combinación lineal de los símbolos a emitir antes de su filtrado.

30 Aunque el procedimiento antes mencionado mejora el nivel de interferencias inter símbolos con relación a una modulación por fase continua usual, no permite suprimir totalmente este fenómeno.

Existe por tanto una necesidad de un procedimiento de modulación por fase continua mejorado que permita la supresión casi total de las interferencias inter símbolos.

35 Un objetivo de la presente invención es ofrecer un procedimiento de modulación por fase continua que permita suprimir cuasi integralmente toda interferencia entre símbolos en la recepción de la señal.

La invención tiene así por objeto un procedimiento de modulación por fase continua que comprende las etapas siguientes:

- Recibir una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales a emitir,
- Transformar la secuencia de símbolos $a(n)$ a emitir en una secuencia de símbolos $b(n)$ transformada, en la que cada símbolo $b(n)$ es igual a la suma de un símbolo a emitir $a(n)$ y de un factor correctivo igual a una transformación T_f aplicada a una pluralidad de desviaciones ($a(n)-a(n-1)$) entre dos símbolos consecutivos a emitir, siendo la transformación T_f aplicada a una combinación c de al menos dos desviaciones entre dos símbolos consecutivos de la secuencia a emitir, transformados mediante la aplicación de una función no lineal f ,
- Filtrar la secuencia de símbolos $b(n)$ transformados mediante un filtro de conformación,
- Modular la secuencia de símbolos filtrados mediante un modulador de fase para obtener una secuencia de símbolos modulados,
- Siendo determinada dicha transformación T_f de manera que minimice la interferencia entre los símbolos modulados y filtrados mediante un filtro de recepción.

40 Según un aspecto particular de la invención, dicha transformación T_f se determina mediante la aplicación de las etapas iterativas siguientes:

- Generar una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales, denominada secuencia de prueba,
- Filtrar la secuencia de prueba mediante un filtro de conformación,
- Modular la secuencia de los símbolos filtrados,
- Filtrar la secuencia de los símbolos modulados mediante un filtro de recepción,

- Demodular la secuencia de los símbolos filtrados en la recepción,
- Modificar el valor de cada símbolo $a(n)$ de la secuencia de prueba con un valor predeterminado de manera que se obtenga un símbolo $b(n)$ de prueba transformado,
- 5 • Detener el proceso iterativo cuando el error entre cada símbolo demodulado y el símbolo correspondiente en la secuencia de prueba ha convergido hacia un valor mínimo,
- Identificar la combinación c y la función no lineal f de la transformación T_f como aquellas que permiten a la secuencia de prueba transformada ser sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación T_f .

10 Según un aspecto particular de la invención, dichas etapas iterativas comprenden además una etapa de determinación del error entre cada símbolo demodulado y el símbolo correspondiente en la secuencia a emitir, siendo corregido el valor de cada símbolo $a(n)$ de la secuencia de prueba con un valor dependiente de dicho error.

Según un aspecto particular de la invención, dichas etapas iterativas se ejecutan para una pluralidad de secuencias de prueba diferentes y la identificación de la combinación c y de la función no lineal f se realiza con la ayuda de una pluralidad de pares de secuencia de prueba y de secuencia de prueba transformada.

15 Según un aspecto particular de la invención, la identificación de la combinación c y de la función no lineal f de la transformación T_f se realiza aplicando las etapas sucesivas siguientes:

- Limitar la combinación c a dos coeficientes de valores iguales,
- Determinar la función no lineal f y la combinación c a aplicar para que la secuencia de prueba transformada sea sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación T_f ,
- 20 • Fijar la función no lineal f y extender el número de coeficientes de la combinación c ,
- Determinar la combinación c a aplicar para que la secuencia de prueba transformada sea sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante la aplicación de dicha transformación T_f .

25 Según un aspecto particular de la invención, la identificación de la combinación c y de la función no lineal f de la transformación T_f se realiza con ayuda de un procedimiento de resolución numérica del tipo procedimiento de Montecarlo.

Según un aspecto particular de la invención, la función no lineal f se toma igual a una función impar.

30 Según un aspecto particular de la invención, los valores posibles de los símbolos $b(n)$ transformados se precálculan a partir de los valores posibles de los símbolos $a(n)$ a emitir y de la definición de la combinación c y de la función no lineal f .

Según un aspecto particular de la invención, los símbolos $a(n)$ a emitir son tomados en una constelación que comprende una pluralidad de estados.

35 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento, implementado mediante ordenador, de generación de una transformación matemática T_f destinada a ser utilizada en un procedimiento de modulación por fase continua según la invención, comprendiendo dicho procedimiento de generación de una transformación las etapas iterativas siguientes:

- Generar una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales, denominada secuencia de prueba,
- Filtrar la secuencia de prueba mediante un filtro de conformación,
- 40 • Modular la secuencia de los símbolos filtrados,
- Filtrar la secuencia de los símbolos modulados mediante un filtro de recepción,
- Demodular la secuencia de los símbolos filtrados en la recepción,
- Modificar el valor de cada símbolo $a(n)$ de la secuencia de prueba con un valor predeterminado de manera que se obtenga un símbolo $b(n)$ de prueba transformado,
- 45 • Detener el proceso iterativo cuando el error entre cada símbolo demodulado y el símbolo correspondiente en la secuencia de prueba ha convergido hacia un valor mínimo,
- Identificar la combinación c y la función no lineal f de la transformación T_f como aquellas que permiten a la secuencia de prueba transformada ser sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación T_f .

50 Le invención tiene igualmente por objeto un emisor destinado a emitir una señal modulada por fase continua que comprende:

- Unos medios para recibir una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales a emitir,
- Unos medios de cálculo configurados para transformar la secuencia de símbolos $a(n)$ a emitir en una secuencia de símbolos $b(n)$ transformados, en la que cada símbolo $b(n)$ es igual a la suma de un símbolo a emitir $a(n)$ y de un factor correctivo igual a una transformación T_f aplicada a una pluralidad de desviaciones ($a(n)-a(n-1)$) entre dos símbolos consecutivos a emitir, siendo la transformación T_f aplicada a una combinación c de al menos dos

desviaciones entre dos símbolos consecutivos de la secuencia a emitir, transformados mediante la aplicación de una función no lineal f,

- Un filtro de conformación para filtrar la secuencia de símbolos b(n) transformados,
 - Un modulador de fase para modular la secuencia de símbolos filtrados,
- 5 • Siendo determinada dicha transformación Tf de manera que minimice la interferencia entre los símbolos modulados y filtrados mediante un filtro de recepción.

Surgirán mejor otras características y ventajas de la presente invención con la lectura de la descripción que sigue con relación a los dibujos adjuntos que representan:

- 10 - la figura 1, un organigrama que esquematiza las etapas de implementación del procedimiento de modulación por fase continua según la invención,
- la figura 2, un organigrama que esquematiza las etapas de implementación del procedimiento, según la invención, que permite determinar la función de transformación a aplicar a los símbolos a emitir,
- la figura 3, un sinóptico de un emisor que comprende unos medios adaptados para implementar la invención,
- 15 - la figura 4, una ilustración de la función no lineal f() obtenida mediante una modulación por fase continua de parámetros particulares,
- la figura 5, una ilustración de la función de combinación lineal c() obtenida para una modulación de los mismos parámetros que en la figura 4,
- la figura 6, una ilustración de la evolución de la fase de los símbolos con el transcurso del tiempo, en emisión y en recepción, con y sin aplicación de la invención.

20 Las modulaciones por fase continua, denominadas modulaciones CPM (Continuous Phase Modulation) son una familia de modulaciones actualmente utilizada para transmitir unos datos digitales particularmente en el marco de comunicaciones inalámbricas. Por oposición a otros procedimientos de modulación para los que la fase de la señal modulada está sometida a transiciones abruptas, las modulaciones CPM permiten modular la fase de los símbolos transmitidos de manera continua.

25 La modulación CPM de una secuencia de datos binarios incluye clásicamente las etapas siguientes.

Los datos binarios a transmitir se transforman inicialmente en símbolos a(n) a través de una operación de correspondencia, o mapping (mapeado) en inglés. Esa etapa permite asociar uno o varios bits a un símbolo a transmitir. Los símbolos obtenidos pueden caracterizarse mediante la representación en el plano complejo de su constelación. Si el símbolo a(n) transporta un bit de información, su constelación incluirá dos estados, si transporta dos bits de información, su constelación incluirá cuatro estados, y de manera general, si dicho símbolo transporta n bits de información, su constelación incluirá 2ⁿ estados. Los puntos de la constelación son, por ejemplo, igualmente repartidos sobre el círculo unidad. Los símbolos a(n) se transmiten a través de una serie de impulsos de Dirac espaciados entre sí con una duración igual a T, en la que T es la duración de un símbolo. El impulso de Dirac en el instante n se representa por el término a(n) δ(t-nT). La serie de impulsos de Dirac se filtra a continuación mediante un filtro de respuesta a impulsos definido por la función h(t), y posteriormente se transmite a un modulador de fase. El impulso h(t) se define sobre la duración LT, en la que L es generalmente un entero superior o igual a 1. Los valores de este impulso son nulos fuera del intervalo [0, LT] y su integral entre 0 y LT vale 1. El modulador de fase proporciona en la salida una señal S(t) que puede representarse mediante la fórmula siguiente, en la que h es el índice de la modulación:

40
$$S(t) = \cos(2\pi F_0 t + 2\pi h \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a(n)\delta(t - nT) * h(t)) \quad (1)$$

Con el fin de luchar contra la interferencia entre símbolos inherente a este tipo de esquema de modulación, la invención consiste en reemplazar los símbolos a(n) por unos símbolos b(n) transformados mediante una función matemática particular.

45 El procedimiento según la invención se describe en la figura 1. Según una primera etapa 101, se recibe un conjunto de símbolos a(n) a emitir. Como se ha indicado anteriormente, los símbolos a(n) pueden transportar varios bits de información y pertenecer a un conjunto de símbolos según una constelación predefinida. Por ejemplo, en el caso de una modulación de ocho estados, los símbolos a(n) pueden tomar ocho valores distintos. Los símbolos de información a(n) corresponden a las transiciones de fase entre dos símbolos modulados.

50 Según una segunda etapa 102, los símbolos a(n) se transforman en símbolos b(n) por medio de una operación de transformación Tf descrita en el presente documento a continuación. Cada símbolo b(n) se obtiene mediante la aplicación de la transformación Tf a varios símbolos a(n) consecutivos. Para realizar la etapa 102, una solución posible consiste en memorizar, en una línea de retardo que comprende K células, K símbolos a(n),... a(n-K) consecutivos a emitir. El símbolo b(n) transformado se obtiene mediante la aplicación de la transformada Tf a los K símbolos a(n),... a(n-K) memorizados. Posteriormente, para generar el símbolo transformado b(n+1) siguiente, se introduce un nuevo símbolo a(n+1) en la línea de retardo desplazando una célula los símbolos a(n),... a(n-K+1). La línea de retardo se utiliza como un registro de desplazamiento.

El símbolo transformado $b(n)$ obtenido para el instante n (en tiempo discreto) se obtiene con ayuda de la relación siguiente:

$$b(n) = a(n) + \sum_{j=-p}^p c(j) \cdot f(a(n-j) - a(n-j+1)) \quad (2)$$

- 5 $K=2(p+1)$ es el número de símbolos $a(n)$ guardados,
 $c()$ es una combinación lineal, por ejemplo un filtro de respuesta a impulsos finita,
 $f()$ es una función no lineal que toma en la entrada la diferencia entre dos símbolos consecutivos $(a(n-j)-a(n-j+1))$
 y devuelve en la salida un valor modificado mediante una operación no lineal.

Sin salirse del marco de la invención, la expresión dada por la relación (2) puede escribirse también bajo la forma siguiente, siendo p y p' dos enteros positivos diferentes:

10
$$b(n) = a(n) + \sum_{j=-p}^{p'} c(j) \cdot f(a(n-j) - a(n-j+1))$$

La introducción de una función no lineal asociada a la combinación lineal de varios símbolos permite luchar eficazmente contra la interferencia entre símbolos en la recepción limitando la anchura espectral de la señal modulada mientras se garantizan buenos rendimientos de desmodulación.

- 15 En efecto, para luchar eficazmente contra el fenómeno de interferencias entre símbolos, la compensación a aportar a cada símbolo a emitir depende del valor mismo del símbolo. De ese modo, una transformación puramente lineal no permite corregir integralmente la interferencia entre símbolos.

- 20 Al ser el filtro digital de recepción un filtro paso bajo (en banda base), atenúa los desplazamientos de fase de los símbolos en función de sus amplitudes de manera no lineal. Este fenómeno genera interferencia entre símbolos y se necesita por tanto la aplicación, en la emisión, de una corrección a los símbolos a emitir $a(n)$ en función de la desviación entre símbolos $(a(n-j) - a(n-j+1))$.

Según una tercera etapa 103, los símbolos transformados $b(n)$ se filtran mediante un filtro de conformación $h(t)$ y posteriormente, en una cuarta etapa 104, se modulan mediante un modulador de fase o un modulador de frecuencia con el fin de generar una señal modulada por fase continua.

- 25 Se describe ahora un procedimiento que permite determinar numéricamente los coeficientes de la combinación lineal $c()$ y los valores de la función no lineal $f()$ a los valores que pueden tomar las desviaciones entre dos símbolos consecutivos $(a(n) - a(n-1))$ en función de la constelación a la que pertenecen los símbolos $a(n)$.

- 30 El procedimiento consiste en medir, a partir de una o varias secuencias de símbolos $a(n)$ predefinidas, por ejemplo unas secuencias generadas aleatoriamente, la desviación, en la recepción, entre los símbolos demodulados y los símbolos emitidos y ajustar iterativamente los valores de los símbolos $b(n)$ de la secuencia transformada de manera que se obtengan en la recepción, unos símbolos demodulados que presenten una interferencia inter símbolos casi nula. Los filtros de conformación en la emisión y en la recepción son tenidos en cuenta para generar los símbolos demodulados. Sin salirse del marco de la invención, es posible tener en cuenta el impacto de los filtros de radio o de amplificadores o cualquier otro elemento de la cadena de transmisión que introduzca unas no linealidades.

- 35 La figura 2 describe las etapas de implementación que permiten generar, para una secuencia de símbolos $a(n)$ dados, la secuencia de símbolos transformados $b(n)$ óptima que permite suprimir la interferencia inter símbolos en la recepción.

Según una primera etapa 201, se genera una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales cuyos valores pertenecen al conjunto de los valores posibles de la constelación asociada a la modulación elegida.

- 40 Se aplica a continuación en una segunda etapa 202 a la secuencia generada el conjunto de los tratamientos de la cadena de transmisión, dicho de otra manera, el filtrado mediante el filtro de conformación, la modulación de fase y posteriormente el filtrado mediante el filtro adaptado de recepción y la desmodulación de los símbolos.

Se mide a continuación, en una tercera etapa 203, la desviación entre cada símbolo demodulado y el símbolo emitido correspondiente en la secuencia.

- 45 Se introduce a continuación una etapa 205 de modificación de los valores de los símbolos $a(n)$ de la secuencia generada inicialmente. La corrección aplicada puede depender de la desviación medida entre símbolos demodulados y emitidos. Por ejemplo, la corrección aplicada puede ser igual a esta desviación. Las etapas 201, 202, 203, 205 se iteran hasta que se verifica la prueba 204 siguiente. La prueba 204 consiste en verificar que la desviación entre símbolos demodulados y símbolos emitidos es sustancialmente nula o inferior a un umbral predeterminado.

Cuando se verifica esta prueba 204, se conserva la secuencia de símbolos modificados que corresponde a la secuencia transformada $b(n)$ y se busca entonces identificar numéricamente la función de transformación T_f bajo la forma expuesta en la relación (2).

5 Por supuesto, el procedimiento descrito en la figura 2 se reproduce sobre varias secuencias generadas de manera que se puedan aproximar mejor numéricamente los parámetros de la transformación T_f .

Para determinar los procedimientos precisos de la transformación T_f , se puede utilizar un procedimiento de resolución del tipo procedimiento de Montecarlo.

10 Un procedimiento posible consiste en limitar en un primer tiempo la combinación $c()$ a un filtro simétrico de 2 coeficientes idénticos y en determinar los valores de la función no lineal $f()$ a los valores que pueden tomar las desviaciones entre símbolos $a(n) - a(n-1)$.

Una vez determinada la función no lineal $f()$, se puede extender el número de coeficientes de la combinación $c()$ y determinar estos coeficientes mediante identificación. Ventajosamente la combinación $c()$ es un filtro simétrico de respuesta a impulsos finita.

15 La precisión obtenida para los parámetros de la transformación T_f depende particularmente del número de estados de la constelación de los símbolos $a(n)$.

Según una variante de realización particular, la función no lineal $f()$ se toma igual a una función impar. Utilizando una función impar, los símbolos $a(n)$ del mismo valor absoluto se transforman en símbolos $b(n)$ del mismo valor absoluto.

20 Sin salirse del marco de la invención, puede concebirse por el experto en la materia cualquier procedimiento de identificación numérica que permita identificar los parámetros del modelo de transformación T_f dado por la relación (2) a partir de una pluralidad de pares que incluye una secuencia de símbolos $a(n)$ y una secuencia correspondiente de símbolos $b(n)$ supuestamente transformados mediante la aplicación de la transformación T_f .

La figura 3 describe un sinóptico de un emisor que comprende unos medios adaptados para implementar la invención.

25 El emisor 300 es un emisor inalámbrico que puede emplearse en un sistema de comunicación inalámbrico, por ejemplo un sistema celular o de radiofrecuencia.

El emisor 300 incluye unos medios 301 para recibir una secuencia de símbolos $a(n)$ a emitir. Estos símbolos son el resultado de bits de información que se han convertido en símbolos según la constelación de la modulación elegida. Los medios 301 pueden realizarse, por ejemplo, mediante una aplicación de software y/o un procesador genérico o específico.

30 Se configuran unos medios 302 de cálculo para transformar la secuencia de símbolos $a(n)$ a emitir en una secuencia transformada $b(n)$ mediante aplicación de la función de transformación T_f que se habrá calculado. Los medios 302 de cálculo pueden aplicar por ejemplo un procesador y una memoria en la que están tabulados los valores de la transformación T_f . El procesador puede ser un procesador genérico, un procesador específico, un circuito integrado de aplicación específica (conocido también bajo nombre inglés de ASIC por "Application-Specific Integrated Circuit")
35 o una matriz de puertas programables en campo (conocida también bajo nombre inglés de FPGA por "Field-Programmable Gate Array").

El emisor 300 incluye además un filtro 303 de conformación y un modulador 304 de fase que produce en la salida unos símbolos modulados que se convierten a continuación analógicamente y se conforman mediante filtrado y amplificación con el fin de la transformación de la señal para vía radio.

40 Las figuras 4, 5 y 6 ilustran los resultados obtenidos mediante la aplicación de la invención para un ejemplo particular no limitativo de una modulación por fase continua que utiliza unos símbolos que transportan 4 bits por símbolo, dicho de otra manera que pertenecen a una constelación de 16 estados. El impulso de conformación $h(t)$ empleado es un impulso gaussiano de desviación tipo igual a 0,45 veces la duración de un símbolo. La memoria de la modulación es de longitud L igual a 8 veces la duración de un símbolo.

45 La figura 4 ilustra la función no lineal $f()$ obtenida sobre un diagrama cuya abscisa corresponde a los valores de las desviaciones entre símbolos de la constelación de 16 estados, estando limitadas las desviaciones medidas a unas desviaciones de fase equivalentes tomadas entre $-\pi$ y π .

La figura 5 ilustra la combinación lineal $c()$ obtenida que incluye 10 coeficientes.

50 La figura 6 representa la evolución de la fase en el transcurso del tiempo para una secuencia de símbolos emitidos representados mediante unos círculos en la figura 6. Las curvas 601 y 602 representan respectivamente la fase de la señal modulada en la emisión y la recepción (es decir después del filtrado adaptado en la recepción) en el caso en el que no se implementa la invención, dicho de otra manera aplicando un modulador por fase continua usual, sin transformación de los símbolos a emitir.

Las curvas 603 y 604 representan respectivamente la fase de la señal modulada en la emisión y en la recepción en el caso en el que se implementa la invención, se ve que la fase de la señal en la recepción 604 es idéntica o próxima a la de los símbolos emitidos cuando se utiliza la invención. Cuando la invención no se utiliza, la interferencia entre símbolos es grande lo que implica una diferencia entre la fase de los símbolos recibidos y la de los símbolos emitidos.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de modulación por fase continua que comprende las etapas siguientes:
 - Recibir (101) una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales a emitir,
 - Transformar (102) la secuencia de símbolos $a(n)$ a emitir en una secuencia de símbolos $b(n)$ transformada, en la que cada símbolo $b(n)$ es igual a la suma de un símbolo a emitir $a(n)$ y de un factor correctivo igual a una transformación T_f aplicada a una pluralidad de desviaciones ($a(n) - a(n-1)$) entre dos símbolos consecutivos a emitir, siendo la transformación T_f aplicada a una combinación c de al menos dos desviaciones entre dos símbolos consecutivos de la secuencia a emitir, transformados mediante la aplicación de una función no lineal f ,
 - Filtrar (103) la secuencia de símbolos $b(n)$ transformados mediante un filtro de conformación,
 - Modular (104) la secuencia de símbolos filtrados mediante un modulador de fase para obtener una secuencia de símbolos modulados,
 - Siendo determinada dicha transformación T_f de manera que minimice la interferencia entre los símbolos modulados y filtrados mediante un filtro de recepción.

2. Procedimiento de modulación por fase continua según la reivindicación 1, en el que dicha transformación T_f se determina mediante la aplicación de las etapas iterativas siguientes:
 - Generar (201) una secuencia de símbolos $a(n)$ de datos digitales, denominada secuencia de prueba,
 - Filtrar (202) la secuencia de prueba mediante un filtro de conformación,
 - Modular (202) la secuencia de los símbolos filtrados,
 - Filtrar (202) la secuencia de los símbolos modulados mediante un filtro de recepción,
 - Demodular (202) la secuencia de los símbolos filtrados en la recepción,
 - Modificar (203) el valor de cada símbolo $a(n)$ de la secuencia de prueba con un valor predeterminado de manera que se obtenga un símbolo $b(n)$ de prueba transformado,
 - Detener (204) el proceso iterativo cuando el error entre cada símbolo demodulado y el símbolo correspondiente en la secuencia de prueba ha convergido hacia un valor mínimo,
 - Identificar (205) la combinación c y la función no lineal f de la transformación T_f como aquellas que permiten a la secuencia de prueba transformada ser sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación T_f .

3. Procedimiento de modulación por fase continua según la reivindicación 2, en el que dichas etapas iterativas comprenden además una etapa de determinación del error entre cada símbolo demodulado y el símbolo correspondiente en la secuencia a emitir, siendo corregido el valor de cada símbolo $a(n)$ de la secuencia de prueba con un valor dependiente de dicho error.

4. Procedimiento de modulación por fase continua según una de las reivindicaciones 2 o 3, en el que dichas etapas iterativas se ejecutan para una pluralidad de secuencias de prueba diferentes y la identificación de la combinación c y de la función no lineal f se realiza con la ayuda de una pluralidad de pares de secuencia de prueba y de secuencia de prueba transformada.

5. Procedimiento de modulación por fase continua según una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que la identificación de la combinación c y de la función no lineal f de la transformación T_f se realiza aplicando las etapas sucesivas siguientes:
 - Limitar la combinación c a dos coeficientes de valores iguales,
 - Determinar la función no lineal f y la combinación c a aplicar para que la secuencia de prueba transformada sea sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación T_f ,
 - Fijar la función no lineal f y ampliar el número de coeficientes de la combinación c ,
 - Determinar la combinación c a aplicar para que la secuencia de prueba transformada sea sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación T_f .

6. Procedimiento de modulación por fase continua según una de las reivindicaciones 2 a 5, en el que la identificación de la combinación c y de la función no lineal f de la transformación T_f se realiza con ayuda de un procedimiento de resolución numérica del tipo procedimiento de Montecarlo.

7. Procedimiento de modulación por fase continua según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la función no lineal f se toma igual a una función impar.

8. Procedimiento de modulación por fase continua según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los valores posibles de los símbolos $b(n)$ transformados se precaculan a partir de los valores posibles de los símbolos $a(n)$ a emitir y de la definición de la combinación c y de la función no lineal f .

9. Procedimiento de modulación por fase continua según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los símbolos $a(n)$ a emitir son tomados en una constelación que comprende una pluralidad de estados.

10. Procedimiento, implementado mediante ordenador, de generación de una transformación matemática Tf destinada a ser utilizada en un procedimiento de modulación por fase continua según la reivindicación 1, comprendiendo dicho procedimiento de generación de una transformación las etapas iterativas siguientes:

- 5 • Generar (201) una secuencia de símbolos a(n) de datos digitales, denominada secuencia de prueba,
- Filtrar (202) la secuencia de prueba mediante un filtro de conformación,
- Modular (202) la secuencia de los símbolos filtrados,
- Filtrar (202) la secuencia de los símbolos modulados mediante un filtro de recepción,
- Demodular (202) la secuencia de los símbolos filtrados en la recepción,
- 10 • Modificar (203) el valor de cada símbolo a(n) de la secuencia de prueba con un valor predeterminado de manera que se obtenga un símbolo b(n) de prueba transformado,
- Detener (204) el proceso iterativo cuando el error entre cada símbolo demodulado y el símbolo correspondiente en la secuencia de prueba ha convergido hacia un valor mínimo,
- Identificar (205) la combinación c y la función no lineal f de la transformación Tf como aquellas que permiten a la secuencia de prueba transformada ser sustancialmente idéntica a la secuencia de prueba generada y posteriormente transformada mediante aplicación de dicha transformación Tf.

11. Emisor (300) destinado a emitir una señal modulada por fase continua que comprende:

- Unos medios (301) para recibir una secuencia de símbolos a(n) de datos digitales a emitir,
- Unos medios (302) de cálculo configurados para transformar la secuencia de símbolos a(n) a emitir en una secuencia de símbolos b(n) transformada, en la que cada símbolo b(n) es igual a la suma de un símbolo a emitir a(n) y de un factor correctivo igual a una transformación Tf aplicada a una pluralidad de desviaciones (a(n) – a(n-1)) entre dos símbolos consecutivos a emitir, siendo la transformación Tf aplicada a una combinación c de al menos dos desviaciones entre dos símbolos consecutivos de la secuencia a emitir, transformados mediante la aplicación de una función no lineal f,
- 20 • Un filtro (303) de conformación para filtrar la secuencia de símbolos b(n) transformados,
- Un modulador (304) de fase para modular la secuencia de símbolos filtrados,
- 25 • Siendo determinada dicha transformación Tf de manera que minimice la interferencia entre los símbolos modulados y filtrados mediante un filtro de recepción.

12. Emisor según la reivindicación 11, en el que dicha transformación Tf se determina ejecutando el procedimiento según la reivindicación 10.

30

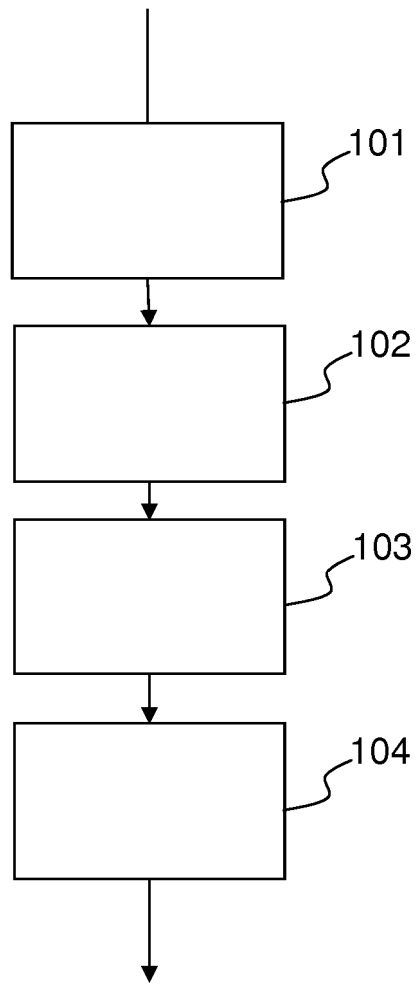


FIG.1

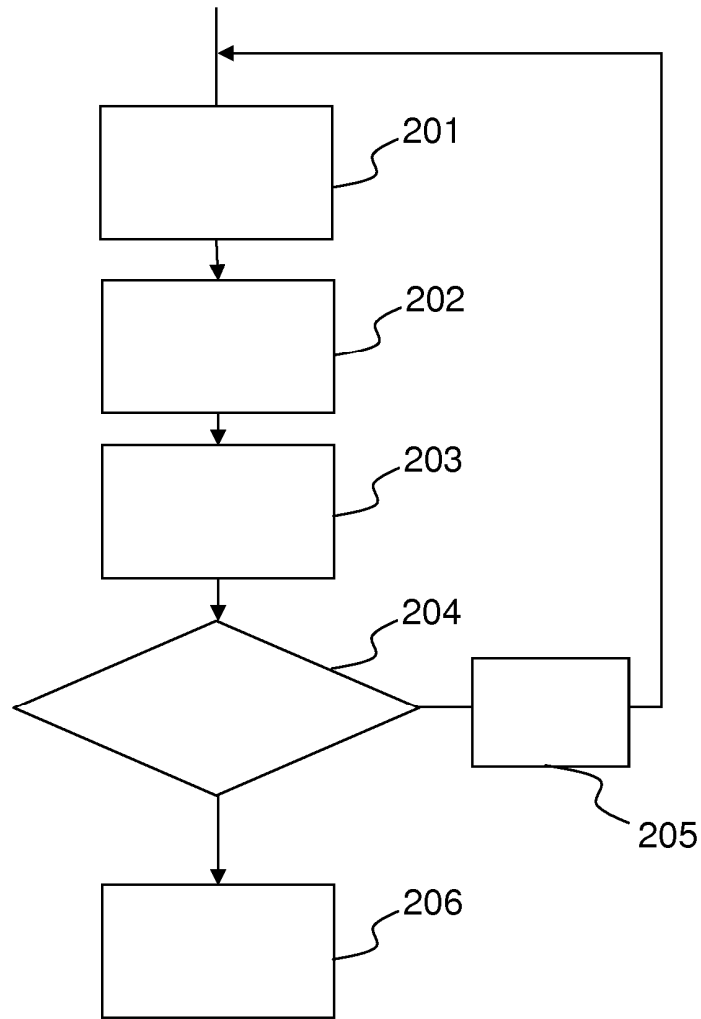


FIG.2

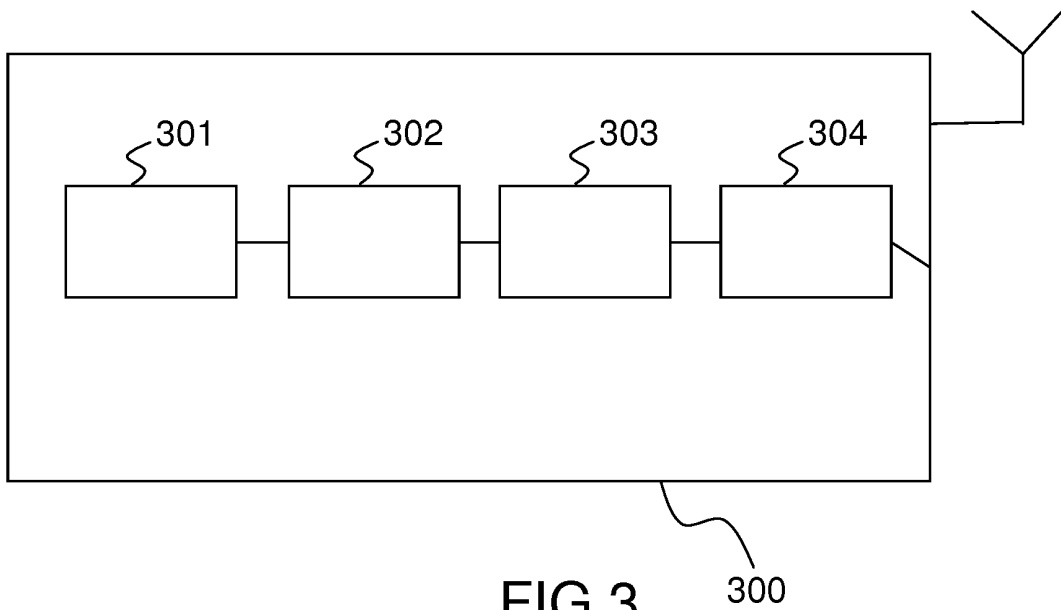


FIG.3

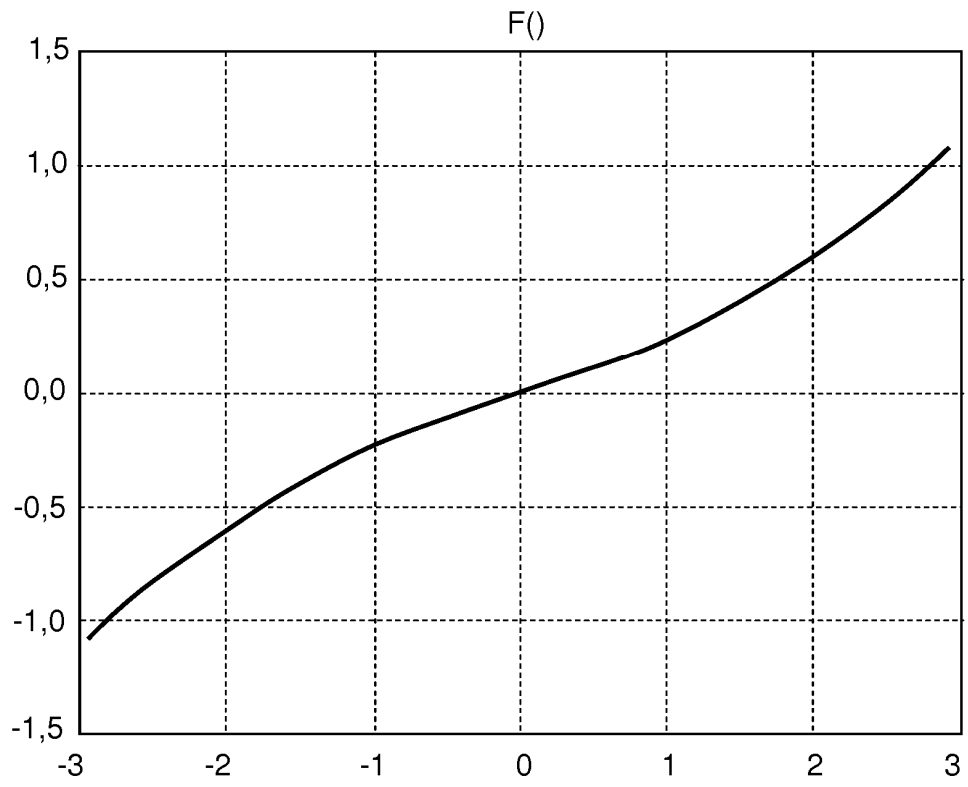


FIG.4

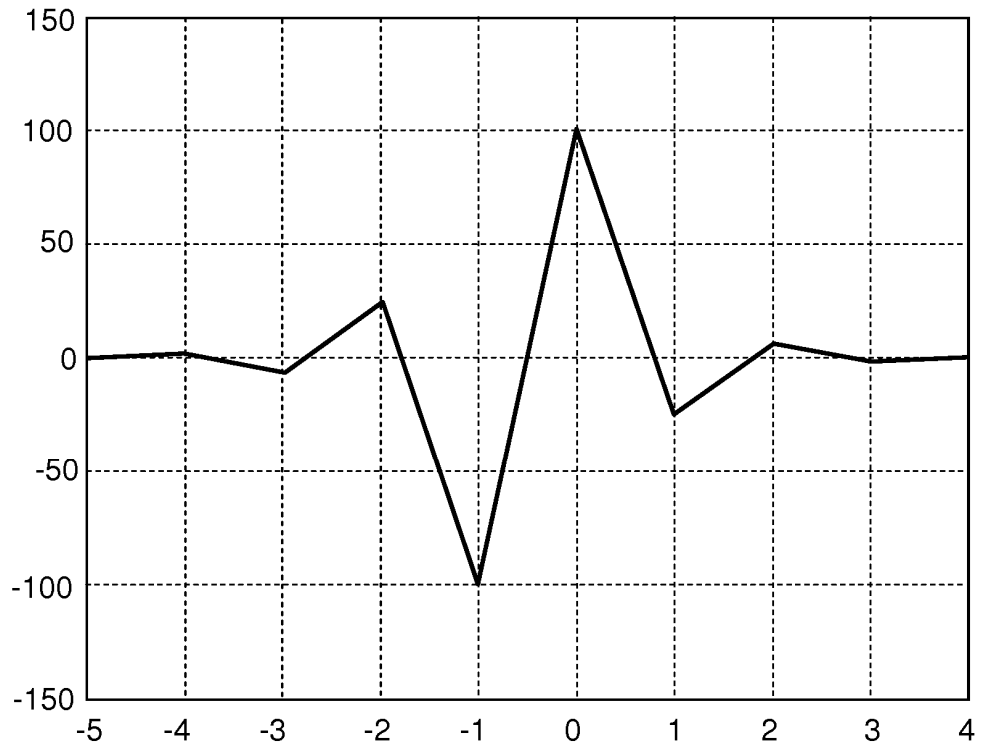
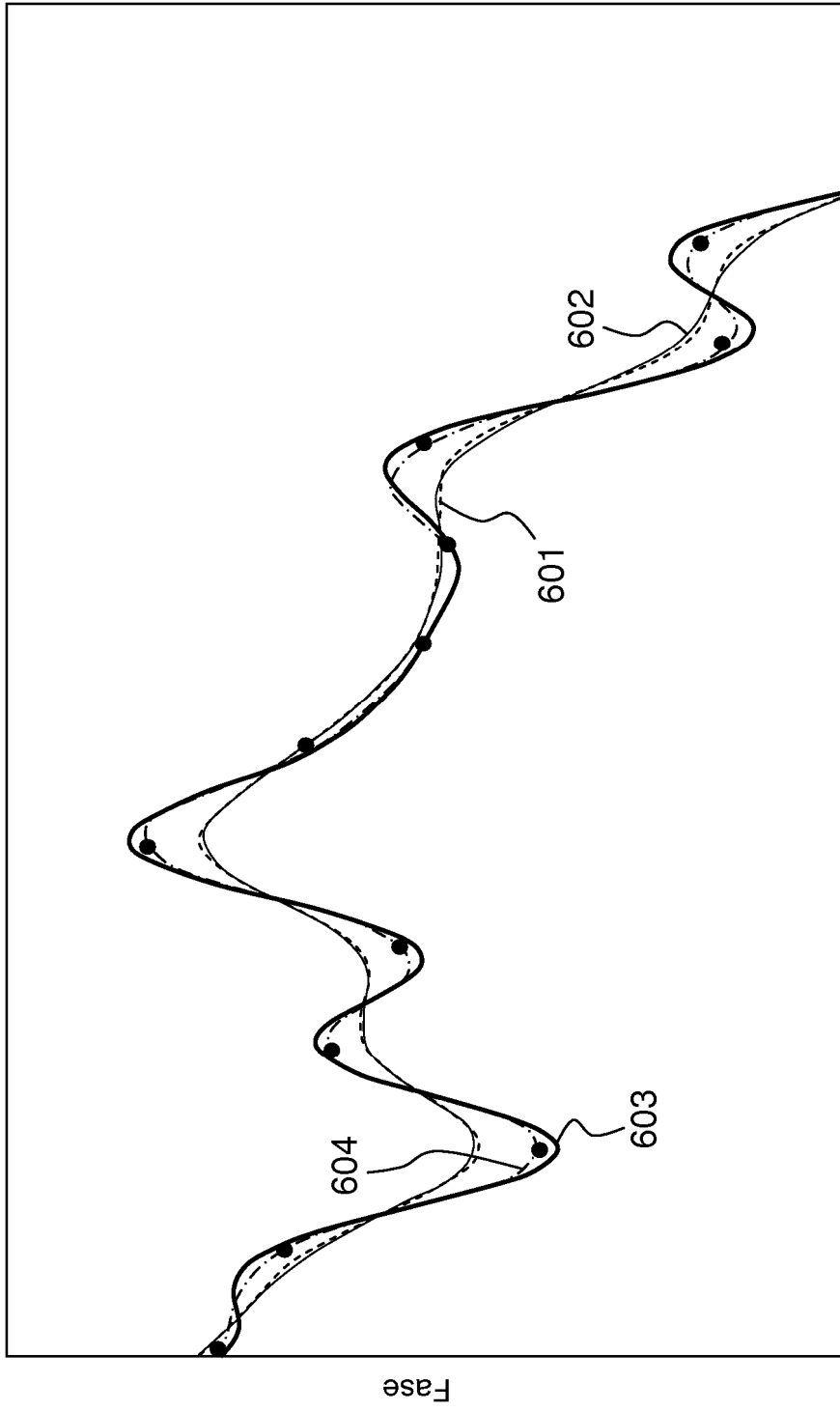


FIG.5



Tiempo
FIG.6