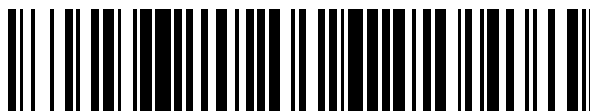


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 325**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

H04J 11/00 (2006.01)

H04B 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.11.2010 PCT/US2010/055883**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2011 WO11068636**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2010 E 10834922 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2507916**

54 Título: **Sistema y método para eliminar señales dentro de banda no deseadas de una señal de comunicación recibida**

30 Prioridad:

03.12.2009 US 266312 P
02.04.2010 US 753644

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.02.2018

73 Titular/es:

GLOWLINK COMMUNICATIONS TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
333 Distel Circle
Los Altos, CA 94022, US

72 Inventor/es:

DOWNEY, MICHAEL, L. y
CHU, JEFFREY C.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 652 325 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 y método para eliminar señales dentro de banda no deseadas de una señal de comunicación recibida

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional de Estados Unidos N.º 61/266,312, presentada el 3 de diciembre de 2009.

Campo de la invención

10 La invención se refiere a un sistema novedoso para y método de eliminar señales dentro de banda no deseadas de una señal de comunicación recibida, mejorando de este modo la calidad de la comunicación recibida.

Antecedentes

15 Información puede transmitirse a través de distancias codificando la información en una portadora y transmitiendo la señal de comunicación resultante a través de diferentes tipos de medios por cable o inalámbricos. En el extremo de recepción, se recibe una señal compuesta que incluye tanto la señal de comunicación deseada, así como otras señales que se añaden ya sea voluntaria o involuntariamente a y dentro del ancho de banda de la señal de comunicación deseada. Estas otras señales pueden incluir ruido, interferencias o cualquier otra señal no deseada y
20 generalmente no se desean porque colectiva e individualmente contribuyen a la degradación de la calidad de la señal de comunicación recibida. Porque están presentes dentro del intervalo de frecuencia (es decir ancho de banda) de la señal de comunicación deseada, estas otras señales se denominan como que están "dentro de banda."

La calidad de una señal de comunicación recibida, tales como la llevada en un canal de TV o un canal de radio,
25 pueden expresarse como una relación de potencia de portadora (C) a potencia de ruido (N), donde C representa la potencia de la señal de comunicación recibida deseada y N representa la potencia agregada de todas las señales no deseadas presentes en el ancho de banda de la portadora. Esta invención se dirige hacia la mejora de la calidad de la señal de comunicación recibida eliminando estas señales no deseadas de la señal de comunicación recibida.

30 El documento CA2516910 propone técnicas de demodulación conjuntas para cálculo de interferencia. El documento US2006/223479 propone un método para separar múltiples señales FM de cocanal usando técnicas de supresión de interferencia paralelas.

Sumario

35 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema como se expone en la reivindicación 1. De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método como se expone en la reivindicación 15. De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un medio legible por ordenador como se expone en la reivindicación 17.

40 En realizaciones descritas en este documento, la señal dentro de banda o señales pueden comprender ruido, señales de interferencia o cualquier otra señal no deseadas que puede impactar adversamente en la calidad de las comunicaciones subyacentes. Un receptor recibe una señal compuesta que incluye una señal de comunicación recibida deseada y una o más señales dentro de banda. Un procesador de señal procesa la señal compuesta
45 recibida para formar una estimación de la señal de comunicación deseada y una estimación de las señales dentro de banda. La estimación de las señales dentro de banda se elimina de este modo de la señal compuesta recibida. Adicionalmente, la estimación de la señal de comunicación recibida deseada y la estimación de las señales dentro de banda se forman sin conocimiento previo de características de las señales dentro de banda y sin obtener una copia de ninguna de las señales dentro de banda de cualquier fuente distinta de la señal recibida. Como se usa en el
50 presente documento después, el término "características" incluye, pero sin limitación, frecuencia, ancho de banda, potencia, esquema de codificación y tipo de modulación.

Breve descripción de los dibujos

55 la Figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un eliminador de señal dentro de banda de acuerdo con una realización de la presente invención;
la Figura 2 ilustra un sistema para recibir y procesar una señal de comunicación de acuerdo con una realización de la presente invención;
la Figura 3 ilustra un diagrama de constelación de una señal de comunicación recibida de acuerdo con una
60 realización de la presente invención;
la Figura 4 ilustra un diagrama de constelación de la señal de la Figura 2 después haberse procesado de acuerdo con una realización de la presente invención;
la Figura 5 ilustra un diagrama de constelación de una señal de comunicación recibida junto con una señal no deseada de acuerdo con una realización de la presente invención; y
65 la Figura 6 ilustra un diagrama de constelación de la señal de la Figura 5 después haberse procesado de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción de una realización de la invención

Se describe un sistema nuevo y método para eliminar señales dentro de banda no deseadas de una señal de comunicación recibida mejorando de este modo la calidad de la señal de comunicación. Como se usa en el presente documento, la expresión "señal de comunicación recibida" se refiere a una señal compuesta que incluye tanto una señal de comunicación transportando información (también denominada como señal de comunicación "deseada") y otras señales que ocupan simultáneamente el mismo ancho de banda que son o bien imprevistas o indeseadas (también denominadas como señales "no deseadas"). Estas señales no deseadas incluyen ruido, interferencias y cualquier otra señal dentro de banda que no es la señal de comunicación deseada. Estas señales son "no deseadas" porque colectiva e individualmente contribuyen a la degradación de la calidad de la señal de comunicación recibida. Mientras señales fuera de banda indeseadas pueden filtrarse fácilmente mediante un filtro selectivo de frecuencia, estas señales dentro de banda no deseadas generalmente no pueden filtrarse. Por lo tanto, las señales dentro de banda son más difíciles de eliminar, especialmente si no hay disponible conocimiento previo de las características de las señales dentro de banda.

El método no requiere conocimiento previo de características de las señales dentro de banda no deseadas, ni requiere que una copia de cualquiera de las señales dentro de banda no deseadas esté disponible de cualquier fuente distinta de la propia señal compuesta. Por lo tanto, todo el procesamiento se realiza solamente a partir de la señal recibida compuesta, que tienen tanto la señal de comunicación deseada como las señales no deseadas en la misma. Debido a esto, puede eliminarse ruido aleatorio además de eliminar otras señales dentro de banda, tales como interferentes.

Para ayudar a ilustrar esta invención, considerar la siguiente señal de comunicación recibida

$$S = C + I1 + I2 + \dots + In + NoB \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde,

- S representa la señal recibida compuesta que incluye tanto la señal de comunicación deseada como las señales dentro de banda no deseadas
- C representa la señal de comunicación deseada
- I1 representa la primera señal no deseada
- In representa la n^{ésima} señal no deseada y NoB representa el ruido aleatorio recibido

Como tal, se puede describir el rendimiento de portadora a ruido recibido de esta señal como

$$\text{Portadora a ruido} = C/(I1+I2+\dots+In+NoB) \quad (\text{ecuación 2})$$

Usando esta invención, los componentes de señal no deseada, I1, I2, ..., In y NoB pueden estimarse a partir de la señal recibida S. Estas estimaciones pueden describirse como se indica a continuación

- I1* - Estimación de primer componente de señal no deseada
- I2* - Estimación de segundo componente de señal no deseada
- In* - Estimación de n^{ésimo} componente de señal no deseada
- NoB* - Estimación de ruido aleatorio recibido

Si se usan estas estimaciones para suprimir los componentes de señal no deseada, entonces se presenta lo siguiente

$$\epsilon = I1-I1* + I2-I2* + \dots + In - In* + NoB - NoB* \quad (\text{ecuación 3})$$

Donde ϵ representa el error residual después de la supresión. Usando este enfoque, el rendimiento de portadora a ruido recibido de nuestra señal de comunicación puede expresarse como C/ϵ , donde $\epsilon \ll (I1 + I2 + \dots + In + NoB)$ si las estimaciones de los componentes indeseados están lo suficientemente cerca de los propios componentes actuales.

Esta técnica novedosa puede usarse de varias formas diferentes para mejorar la calidad de una señal de comunicación recibida, así como la capacidad de un canal de comunicaciones. En una formulación de esta invención, puede usarse para mejorar la relación portadora a ruido recibida efectiva cuando una señal de comunicación se recibe con ruido aleatorio no deseado, tal como estática. Estimando y a continuación eliminando el ruido dentro del intervalo del error, ϵ , puede mejorarse la relación portadora a ruido recibida. Este aspecto de la invención ahorraría potencia -y por lo tanto consumo de energía- permitiendo que señales de comunicación se transmitan a potencias inferiores y aún se reciban con la misma calidad.

En otro aspecto de esta invención, esta técnica puede usarse para eliminar una o más señales interferentes no deseadas que se reciben dentro del ancho de banda de la señal de comunicación deseada. Estimando las señales

interferentes y a continuación eliminando las mismas dentro del intervalo del error, ϵ , puede mejorarse la calidad de la señal de comunicación recibida.

5 En un tercer aspecto de esta invención, puede usarse para aumentar la capacidad de comunicación de un canal permitiendo que dos o más señales de comunicación se transmitan simultáneamente en el mismo ancho de banda. En esta formulación de la invención, tanto la portadora deseada (C) como una señal interferente dentro de banda son señales de comunicación. Pero, desde el punto de vista de la portadora deseada (C), la señal dentro de banda es un interferente no deseado. Sin embargo, desde el punto de vista de la señal dentro de banda (que es a su vez una señal de comunicación deseada), la portadora (C) es un interferente no deseado. La invención puede usarse para separar estas diversas señales de comunicación entre sí, permitiendo de forma efectiva que múltiples portadoras compartan simultáneamente el mismo canal de comunicaciones y resultando de este modo en una ganancia neta en la capacidad del canal de comunicaciones. El aumento de capacidad que puede ganarse usando esta técnica, para un esquema de modulación dado, puede describirse como se muestra en la Ecuación 4 a continuación

15
$$C_i = (M-1) * 100 \% \quad (\text{ecuación 4})$$

Donde C_i es la mejora de capacidad de canal y M es el número de señales de comunicación solapadas. Por ejemplo, dos señales de comunicación ($M=2$) transmitidas de esta forma resultaría en un aumento del 100 % en capacidad (es decir, $(2-1) * 100 \%$).

Una ventaja de este método es que no necesita una copia de una señal no deseada dada para eliminar la misma y obtener la señal deseada.

25 La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de sistema de un eliminador de señal 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se muestra en la figura 1, la señal de entrada S_1 representa la señal de comunicación deseada y S_2 las señales no deseadas que se reciben simultáneamente en el mismo canal. S_1 y S_2 pueden ser completamente independientes, significando que S_2 no tiene que estar relacionada con S_1 de ninguna forma tal como, por ejemplo, cuando S_2 es una versión modificada de S_1 .

30 Las señales S_1 y S_2 pueden preprocesarse antes de procesarse mediante el eliminador de señal 100. Esto puede incluir, pero sin limitación, recibir simultáneamente las señales S_1+S_2 combinadas y digitalizar, filtrar y remuestrear las señales.

35 En una realización de la presente invención, se presume que S_1 y S_2 son diferentes de alguna forma como, por ejemplo, la siguiente:

$$P_{s2} < P_{s1}$$

40 donde

$$P_{s1} = \text{Potencia recibida de } S_1$$

$$P_{s2} = \text{Potencia recibida de } S_2$$

45 Usando este contexto, ahora se revisa el diagrama de bloques de la Figura 1. Empezando por la parte superior izquierda, S_1 y S_2 se reciben juntas e introducen a un primer bloque (102). Las etapas de procesamiento se describen en orden a continuación:

50 La señal S_1 se demodula usando un procesador, tales como un ecualizador adaptativo o un filtro adaptado. La Figura 1 muestra un ecualizador adaptativo 102, pero también puede usarse un filtro adaptado o cualquier otro esquema de procesamiento. Por lo tanto, haciendo referencia a la Figura 1, la demodulación se realiza mediante el ecualizador adaptativo 102, un bucle de enganche de fase (PLL) 104, un bloque de decisión de símbolo 106 y un bloque convertidor de símbolos a bits 108. Con la condición de que $P_{s2} < P_{s1}$, esta fase de demodulación demodulará la señal S_1 (si la condición fuera tal que $P_{s2} > P_{s1}$, entonces la señal demodulada sería S_2). En algunas circunstancias, la fase de demodulación también puede demodular la señal S_1 incluso en la presencia de señales S_2 de mayor potencia. Un ejemplo de esto sería si S_2 estuviera únicamente solapando frecuencia con S_1 .

60 El ecualizador adaptativo 102 recibe las señales S_1+S_2 combinadas. Los coeficientes de filtro adaptativos se actualizan usando un algoritmo adaptativo tal como el algoritmo de error Cuadrático Medio Mínimo (LMS), que intenta minimizar la señal de realimentación E del bloque de totalización 110. El filtro adaptativo genera en su salida una estimación ecualizada de símbolos de S_1 . Esta estimación ecualizada se aplica a un multiplicador 112 junto con una señal de diferencia de fase del PLL 104 para generar una estimación de fase compensada de símbolos de S_1 en la salida del multiplicador 112 (esta señal se etiqueta "Y" en la Figura 1). Esta estimación de fase compensada de símbolos de S_1 se proporciona al bloque de decisión de símbolo 106 que emite símbolos de S_1 de un mapa de símbolos basándose en la estimación de fase compensada de símbolos de S_1 (la señal de salida se etiqueta "D" en

la Figura 1). En una realización de esta invención, el mapa de símbolos para la señal S1 puede conocerse por adelantado u obtenerse de la señal recibida S1, tal como se describe en la Patente de Estados Unidos N.º 7.639.761.

5 La salida D del bloque de decisión de símbolo 106 se aplica al bloque de símbolos a bits 108, al bloque de totalización 110 y al PLL 104. El bloque de totalización 110 determina una diferencia entre cada símbolo de S1 emitido desde el bloque de decisión de símbolo 106 y el correspondiente símbolo de S1 que se introdujo en el bloque de decisión de símbolo 106 para formar la señal de realimentación E que se usa para ajustar los parámetros de ecualizador. El PLL 104 usa los símbolos de S1 compensados de fase del multiplicador 112 y los símbolos
10 emitidos desde el bloque de decisión de símbolo 106 para formar la corrección de fase que se aplica al multiplicador 112. Por lo tanto, el PLL 104 provoca que la fase de demodulación bloquee a la señal S1 rastreado y ajustando la compensación de fase de la salida de ecualizador. La mayor potencia de S1 resulta en bloquear a S1 en vez de a S2.

15 El bloque de símbolos a bits 108 convierte la estimación de fase compensada de los símbolos (la señal "D") a un flujo de bits de salida de S1. Este flujo de bits representa la estimación demodulada de bits de S1.

Corrección de error puede realizarse en la señal S1 demodulada para corregir algunos o todos los errores incurridos durante el proceso de demodulación si información de corrección de error hacia delante se embebe en S1. Haciendo
20 referencia a la Figura 1, corrección de error se realiza mediante un bloque de corrección de error 114. La salida del bloque de corrección de error 114 es una versión corregida de errores de la estimación S1 y es diferente de la señal demodulada en que se reducen los errores de bits. Se ha de observar que, en una realización de esta invención, puede omitirse el bloque de corrección de error 108. Corrección de error puede omitirse donde la señal S1 no incluye información de corrección de error hacia delante.

25 Los bits se convierten en símbolos usando el mapa de símbolos para señal S1. Este proceso se realiza mediante un bloque de bits a símbolos 116 mostrado en la Figura 1 y puede usar el mapa de símbolos conocido o un mapa de símbolos que se obtiene de la señal recibida S1, como se ha descrito anteriormente.

30 Conformación de impulsos y sobremuestreo también pueden realizarse. El sobremuestreo se usa para igualar la tasa de muestreo de la señal S1 en la entrada. La tasa de muestreo de entrada debería ser un múltiplo de la tasa de símbolo de S1 tales como 2 muestras/símbolo. Haciendo referencia a la Figura 1, esto se realiza mediante un bloque de sobremuestra y forma de impulso 118. La conformación de impulsos aplicada debería igualar la conformación de impulsos de transmisión de S1. La salida de esta etapa es una estimación de S1. Esta señal estimada se representa
35 como S1*. Si la conformación de impulsos de S1 se desconoce, entonces puede omitirse la etapa de conformación de impulsos. Esto es porque un supresor de ruido adaptativo 120, analizado a continuación, también intentará conformar de impulsos la estimación, S1*, para igualar la de la señal de entrada S1. Por lo tanto, donde se conoce la conformación de impulsos de S1, puede aplicarse a la señal estimada; de otra manera, puede omitirse conformación de impulsos.

40 La estimación de S1* se introduce a continuación en el bloque de supresor de ruido adaptativo 120. El supresor de ruido adaptativo 120 suprime adaptativamente la estimación de S1 de la señal recibida S1+S2 combinada. El supresor de ruido adaptativo 120 puede proporcionar dos resultados:

- 45
- a. La señal de error del supresor adaptativo 120, que en este caso es una estimación de S2, que se denomina como S2**.
 - b. Una estimación revisada de S1, que se denomina como S1**. El supresor de ruido adaptativo 120 genera esta estimación revisada S1** intentando minimizar el error ϵ que es la diferencia entre S1** y S1.

50 La señal S1** del supresor de ruido adaptativo 120 se aplica a un bloque de totalización 122. Las señales de entrada S1+S2 se aplican a un bloque de retardo 124 y, a continuación, al bloque de totalización 122. El bloque de retardo 124 retarda la señal de entrada combinada (que incluye S1 y S2) con respecto a la salida de señal S1** del supresor de ruido 120 mediante una cantidad de tiempo igual al tiempo que se retarda la señal S1** de modo que las señales aplicadas al bloque de totalización 122 se alinean en tiempo.

55 El bloque de totalización 122 determina una diferencia entre la señal S1+S2 combinada retardada y la señal estimada S1**. Esta diferencia es la señal S2**. La señal S2** se usa como una señal de error por el supresor de ruido adaptativo 120 en bucle de realimentación que minimiza S2**. Por consiguiente, la estimación de las señales no deseadas, representadas mediante S2**, se elimina de la señal recibida S1+S2 combinada. Los parámetros del supresor de ruido adaptativo pueden actualizarse usando un algoritmo adaptativo tal como el LMS u otros algoritmos adaptativos adecuados.
60

Ya que S1** es una estimación de S1, entonces la relación entre S1 y S1** puede expresarse como se indica a continuación

65

$$S1^{**} = S1 + \epsilon \quad (\text{ecuación 5})$$

A partir del diagrama de bloques se puede obtener que

$$S2^{**} = (S1 + S2) - S1^{**} \quad (\text{ecuación 6})$$

5 Esto puede simplificarse como se indica a continuación sustituyendo la Ecuación 5

$$S2^{**} = S1 + S2 - S1 - \varepsilon = S2 - \varepsilon \quad (\text{ecuación 7})$$

10 A partir de las Ecuaciones 5 y 7 se observa que la señal recibida $S1+S2$ se ha separado en estimaciones $S1^{**}$ y $S2^{**}$ y que la fidelidad de la separación se indica mediante el error ε . Por lo tanto, una señal recibida compuesta que incluye tanto una señal de comunicación deseada como una o más señales dentro de banda no deseadas se procesa de tal forma que las señales dentro de banda no deseadas se eliminan de la señal recibida dejando la señal deseada disponible para uso adicional. Adicionalmente, las señales dentro de banda eliminadas están disponibles separadamente para uso adicional.

15 La Figura 2 ilustra sistema 200 para recibir y procesar una señal de comunicación de acuerdo con una realización de la presente invención. Un ejemplo de un sistema de comunicación 200 de este tipo incluye un satélite 202 que transmite una señal 204 que es a continuación recibida por una antena parabólica 206. El sistema de comunicación 200 puede incluir equipo distinto del satélite 202 y la antena parabólica 206; por ejemplo, el sistema de comunicación puede incluir, pero sin limitación, un transmisor de radio, un transmisor de cable, una torre de células, un transmisor de microondas, un transmisor de óptico; una antena, una antena de microondas o un receptor óptico. La presente invención es aplicable a cualquier sistema de comunicación que comunica una señal de comunicación desde un transmisor hasta un receptor, independientemente del medio o la frecuencia de señal de comunicación.

25 Una señal 208 que incluye una señal de comunicación deseada y señales no deseadas se recibe mediante un receptor 210. Desde el receptor 210, una señal 212 se pasa a un procesador de señal 214 que incluye un eliminador de señal no deseada 216 (que puede ser idéntico al eliminador de señal 100 en la Figura 1). El procesador de señal 214 puede realizar procesamiento de señal en la señal además del procesamiento mediante el eliminador de señal no deseada 216, aunque esto no es necesario. Por ejemplo, el procesador de señal 214 puede realizar preprocesamiento en la señal recibida antes de procesarse mediante el eliminador 216. Una señal 218 emitida desde el procesador de señal 214 es una estimación de la señal de comunicación deseada $S1$ (que se denomina en este documento anteriormente como la señal $S1^{**}$). Otra señal 220 puede emitirse desde el eliminador 216 y procesador de señal 214. Esta señal 220 corresponde a la señal de error $S2^{**}$ que como se ha analizado anteriormente es una estimación de señal $S2$. La señal 220 puede incluir ruido, interferencia u otras señales no deseadas.

35 Cualquiera o ambas de las señales 218 y 220 pueden proporcionarse a un visualizador de sistema informático de modo que pueden verse o introducirse a otro equipo que hace uso de las señales de salida 218 y/o 220, tales como módems de comunicación. Por ejemplo, las señales 218 y/o 220 pueden procesarse para determinar, y posiblemente también para visualizar, sus propiedades, tales como propiedades espectrales (por ejemplo, sus espectros de frecuencia) o parámetros de comunicación (por ejemplo, frecuencia central o esquema de codificación). Por lo tanto, como un ejemplo adicional, el sistema 200 puede usarse para detectar y extraer señales de interferencia para el propósito de supervisión de señal. Por lo tanto, las señales de salida 218 y 220 pueden procesarse adicionalmente para determinar sus propiedades espectrales que a continuación pueden visualizarse con un visualizador de espectro. Las señales de salida 218 y 220 también pueden almacenarse en un almacenamiento de datos informático para posterior uso.

45 El receptor 210 y el procesador de señal 214 se implementan cada uno con circuitos de hardware y también puede incluir software relacionado que controla al menos una porción del hardware. Mientras la señal recibida se está procesando mediante el eliminador de señal 216, al menos porciones o componentes de la señal que está siendo activamente procesada se almacenan al menos temporalmente en la circuitería de hardware que realiza las etapas de procesamiento de señal. Adicionalmente, el mapa de símbolos analizado en este documento también puede almacenarse al menos temporalmente en el hardware.

55 **Ejemplo 1 - S2 como Ruido Aleatorio**

En una formulación de la invención, se considera que $S1$ es la señal portadora de comunicaciones deseada y $S2$ es ruido aleatorio no correlacionado recibido con la señal. Si se sigue este escenario a través del diagrama de bloques se terminará con lo siguiente a partir de las Ecuaciones 5 y 7

60

$$S1^{**} = S1 + \varepsilon$$

$$S2^{**} = S2 + \varepsilon$$

65 En este caso, sin embargo, $S2$ es ruido aleatorio. Si se sustituye $S2$ por la notación N , se consigue lo siguiente

$$N^{**} = N + \varepsilon \quad (\text{ecuación 8})$$

Si ε es más pequeño que N , entonces se ha mejorado de forma efectiva la relación portadora a ruido recibida de $S1$. A partir del diagrama de bloques, la entrada es $S1 + N$. que tendría una tasa de portadora a ruido de $S1/N$. A partir de la Ecuación 5, la señal de salida del sistema es $S1 + \varepsilon$, resultando en la siguiente causa y efecto:

$$\text{Si } \varepsilon < N, \text{ entonces } S1/\varepsilon > S1/N \quad (\text{ecuación 9})$$

A partir de la Ecuación 9, se observa que la relación portadora a ruido recibida se ha mejorado. Los siguientes diagramas muestran un ejemplo específico de cómo esta invención puede usarse para ganar una mejora en la relación portadora a ruido recibida de una señal de comunicación.

La Figura 3 muestra un diagrama de constelación de una señal portadora de comunicaciones QPSK recibida con una relación portadora a ruido recibida de aproximadamente 17 dB. Por lo tanto, la Figura 3 muestra una señal recibida que puede representarse como $S1 + N$. La Figura 4 muestra una visualización en constelación de la señal de salida, $S1 + \varepsilon$, después de ejecutar esta señal a través de las etapas de procesamiento de esta invención. La señal de salida puede representarse como $S1^{**}$ donde $S1^{**} = S1 + \varepsilon$. Cualitativamente, es fácil ver que el rendimiento recibido se ha mejorado. En este caso particular, ε es 7 dB más pequeño que N y por lo tanto la relación portadora a ruido recibida se mejoró a 24 dB. Para este ejemplo particular, $S1$ no incluye ninguna información de corrección de error hacia delante y por lo tanto la ganancia de supresión demostrada es algo conservadora.

Ejemplo 2 - S2 como una Señal Interferente no Deseada

En una segunda formulación de esta invención, se considera que $S1$ es nuestra señal portadora de comunicaciones codificada y $S2$ es una señal de interferencia no deseada. A partir de la entrada, se sabe que la relación portadora a ruido recibida de $S1$ se limitará mediante la señal interferente $S2$ y no será mejor que $S1/S2$. A partir de la Ecuación 5, se sabe que después del proceso de supresión,

$$S1^{**} = S1 + \varepsilon$$

Para ilustrar la invención en este escenario, se ha usado la misma señal portadora de comunicación $S1$ que se usó en el Ejemplo 1 (una portadora QPSK con un rendimiento base de 17 dB - sin $S2$ presente). Para $S2$, se ha inyectado un interferente que es una portadora de comunicación que también es QPSK. $S2$ tiene un ancho de banda que es similar a $S1$ y es totalmente solapante en frecuencia con $S1$. La potencia total de portadora $S1$ es mayor que la potencia total de la señal interferente $S2$.

Las Figuras 5 y 6 muestran el rendimiento recibido de $S1$ antes y después de ejecutarse a través del sistema. Más específicamente, la Figura 5 ilustra el rendimiento recibido de $S1$ con $S2$ presente. La Figura 5 ilustra el rendimiento recibido de $S1$ después de que $S2$ se ha eliminado usando esta invención. La señal de salida puede representarse como $S1^{**}$ donde $S1^{**} = S1 + \varepsilon$. Intuitivamente, es fácil ver la mejora de rendimiento. En este escenario, el rendimiento portadora a ruido recibido de nuestra estimación, $S1^{**}$, está dentro de 1/2 dB del caso base, significando que la degradación de $S1$ debido a $S2$ se ha erradicado casi completamente. Para este ejemplo, $S1$ no incluye ninguna información de corrección de error hacia delante. Con corrección de error hacia delante, la ganancia de rendimiento demostrada debería ser incluso mayor.

Ejemplo 3 - S2 como otra Portadora de Comunicaciones

En una tercera formulación de esta invención, se considera que ambas $S1$ y $S2$ son portadoras de comunicaciones planeadas. A partir de la Ecuación 5 y 7 se sabe que $S1$ y $S2$ estarán separadas y emitirán como se indica a continuación.

$$\begin{aligned} S1^{**} &= S1 + \varepsilon \\ S2^{**} &= S2 + \varepsilon \end{aligned}$$

En este escenario, $S1$ y $S2$ son ambas señales de comunicación que se solapan tanto en frecuencia como tiempo. Ambas son señales de comunicación deseadas por derecho propio. Sin embargo, también cada una parece ser un interferente no deseado de la otra (como en el Ejemplo 2). En la práctica, transmitiendo $S1$ y $S2$ de esta forma, puede ganarse una mejora en la capacidad. Por ejemplo, se considera el anterior ejemplo donde dos portadoras QPSK están transmitiendo en el mismo ancho de banda. Si $S1$ y $S2$ están separadas dentro de un error, ε , aceptable entonces puede transmitirse el doble de la cantidad de información por el mismo canal. En esencia, la capacidad del canal se dobla mediante esta invención.

En el caso donde la invención se está usando para mejorar la capacidad de canal, el proceso de separación descrito en este documento puede ejecutarse de forma recurrente para separar más de dos portadoras. Por ejemplo, se asume que $S2$ representa dos señales de comunicaciones distintas. Después del primer pase de separación de

señal, la salida sería como en la Ecuación 7. Si esta salida se realimenta entonces en la entrada del diagrama de bloques mostrado en la Figura 1 (que puede realizarse mediante el mismo hardware o mediante hardware duplicado), este proceso puede repetirse para separar S2 en las dos señales distintas. Por lo tanto, esta invención puede usarse para separar de forma recurrente múltiples señales de comunicación deseadas que se solapan en frecuencia y tiempo. Cuando se aplica de esta forma, la invención puede mejorar la capacidad de canal para un esquema de modulación dado como se muestra en la Ecuación 4.

La descripción anterior ilustra operación de realizaciones de la invención y no pretende limitar el alcance de la invención. Será evidente a un experto en la materia que variaciones se incluirán mediante el espíritu y alcance de la invención y que la invención puede practicarse en otras realizaciones. El sistema descrito en este documento puede implementarse a través de una combinación de hardware y software o en su totalidad en elementos de hardware. También, la división particular de funcionalidad entre los diversos componentes de sistema descritos en este documento es meramente ilustrativa. Por lo tanto, los métodos y operaciones presentes en este documento no están intrínsecamente relacionados con ningún ordenador particular u otro aparato. Funciones realizadas mediante un único componente de sistema pueden en su lugar realizarse mediante múltiples componentes y funciones realizadas mediante múltiples componentes pueden en su lugar realizarse mediante un único componente. También será evidente que etapas de proceso descritas en este documento pueden realizarse en software, firmware o hardware. Por lo tanto, la presente invención o porciones de la misma pueden implementarse mediante aparato para realizar las operaciones en este documento. Este aparato puede construirse o configurarse especialmente, tales como circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) o Campos de Matriz de Puertas Programables (FPGA), como una parte de un ASIC, como una parte de FPGA, o puede comprender un ordenador de fin general activado selectivamente o reconfigurado mediante un programa informático almacenado en un medio legible por ordenador que puede accederse y ejecutarse mediante el ordenador. Un programa informático de este tipo puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador, tales como, pero sin limitación, cualquier tipo de disco incluyendo discos flexibles, discos ópticos, CD-ROM, discos magnéticos ópticos, memorias de solo lectura (ROM), memorias de acceso aleatorio (RAM), EPROM, EEPROM, tarjetas magnéticas u ópticas o cualquier tipo de medio adecuado para almacenar instrucciones electrónicas y/o acoplado a un bus de sistema informático. Adicionalmente, los métodos descritos en la memoria descriptiva pueden implementarse mediante un único procesador o implementarse en arquitecturas que emplean múltiples diseños de procesador para capacidad de cálculo aumentada. Por consiguiente, la divulgación de la presente invención se concibe para ser ilustrativa, pero no limitante, del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para eliminar una o más señales dentro de banda de una señal de comunicación recibida, que comprende:
- 5 un receptor configurado para recibir una señal que incluye una señal de comunicación deseada y una o más señales dentro de banda no deseadas, en donde la potencia de la señal de comunicación recibida deseada es mayor que la potencia recibida agregada de las señales dentro de banda; y
- 10 un procesador de señal configurado para procesar la señal recibida para formar una estimación de la señal de comunicación deseada y una estimación de las señales dentro de banda y de este modo eliminar la estimación de las señales dentro de banda de la señal recibida,
- 15 en donde el procesador de señal está configurada para formar la estimación de la señal de comunicación deseada demodulando la señal recibida para formar una señal demodulada y remodulando la señal demodulada para formar la estimación de la señal de comunicación deseada, y
- 20 en donde el procesador de señal está configurado para usar la mayor potencia de la señal de comunicación deseada para bloquear a la señal de comunicación deseada para formar la señal demodulada; y
- en donde el procesador de señal está configurado para formar la estimación de la señal de comunicación deseada y la estimación de las señales dentro de banda sin conocimiento previo de características de las señales dentro de banda y sin obtener una copia de ninguna de las señales dentro de banda de cualquier fuente distinta de la señal recibida.
2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procesador de señal está configurado para formar la estimación de la señal de comunicación deseada y la estimación de las señales dentro de banda usando únicamente la señal recibida como entrada.
- 25 3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se realiza supresión de ruido adaptativa en la estimación de la señal de comunicación deseada para formar la estimación de la una o más señales dentro de banda y para eliminar la estimación de las señales dentro de banda de la señal recibida.
- 30 4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procesador de señal está configurado para al menos temporalmente almacenar una porción de la señal recibida durante dicho procesamiento de la señal recibida.
5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema está configurado para procesar la estimación de la una o más señales dentro de banda para determinar sus propiedades.
- 35 6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el sistema está configurado para visualizar las propiedades de la una o más señales dentro de banda.
- 40 7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la señal de comunicación deseada es una primera señal de comunicación deseada y la una o más señales dentro de banda comprenden una segunda señal de comunicación deseada que solapa la primera señal de comunicación deseada tanto en frecuencia como en tiempo y en donde la estimación de las señales dentro de banda comprende una estimación de la segunda señal de comunicación deseada con lo que la primera y la segunda señales de comunicación deseadas se recuperan ambas de la señal recibida o
- 45 en donde la señal de comunicación deseada es una primera señal de comunicación deseada y la una o más señales dentro de banda comprenden dos o más señales de comunicación deseadas adicionales que solapan la primera señal de comunicación deseada tanto en frecuencia como en tiempo y en donde la estimación de la una o más señales dentro de banda se procesa recurrentemente para recuperar cada una de las dos o más señales de comunicación deseadas adicionales.
- 50 8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procesador de señal está configurado para procesar la señal recibida e: demodulando la señal recibida para formar una señal demodulada; remodulando la señal demodulada para formar una señal estimada, siendo la señal estimada una estimación de la señal de comunicación deseada; y realizando supresión de ruido adaptativa en la señal estimada para formar una estimación revisada de la señal de comunicación deseada y una estimación de las señales dentro de banda.
- 55 9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha demodulación se realiza mediante un ecualizador adaptativo o un filtro adaptado.
- 60 10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la señal de comunicación deseada incluye información de corrección de error hacia delante y el procesador de señal está configurado para realizar corrección de error hacia delante en la estimación de la señal de comunicación deseada.
- 65 11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el sistema está configurado para remuestrear la estimación de la señal de comunicación deseada para igualar una tasa de muestreo de la señal de comunicación deseada y/o en donde el sistema está configurado para realizar conformación de impulsos en la estimación de la

señal de comunicación deseada.

5 12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha supresión de ruido adaptativa se realiza mediante un supresor de ruido adaptativo y en el que el supresor de ruido adaptativo forma una señal de error, siendo la señal de error la estimación de la una o más señales dentro de banda.

10 13. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la una o más señales dentro de banda comprenden ruido aleatorio o en el que la una o más señales dentro de banda comprenden una señal interferente que tiene una fuente que es independiente de la de la señal de comunicación deseada.

15 14. El sistema de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la una o más señales dentro de banda comprenden una señal interferente que tiene una fuente que es independiente de la de la señal de comunicación deseada; en donde el sistema está configurado para procesar la señal interferente para determinar sus propiedades, comprendiendo las propiedades de la señal interferente propiedades espectrales o parámetros de comunicación.

20 15. Un método de eliminar una o más señales dentro de banda de una señal de comunicación recibida, que comprende:

25 obtener una señal de comunicación recibida, incluyendo la señal de comunicación recibida una señal de comunicación deseada y una o más señales dentro de banda, en donde la potencia de la señal de comunicación recibida deseada es mayor que la potencia recibida agregada de las señales dentro de banda; y

30 procesar la señal de comunicación recibida usando un procesador de señal para formar una estimación de la señal de comunicación deseada y una estimación de las señales dentro de banda y para eliminar de este modo la estimación de las señales dentro de banda de la señal de comunicación recibida, en donde

35 dicho procesamiento comprende: demodular la señal recibida para formar una señal demodulada y remodular la señal demodulada para formar una señal estimada, siendo la señal estimada una estimación de la señal de comunicación deseada;

40 en donde el procesador de señal usa la mayor potencia de la señal de comunicación deseada para bloquear la señal de comunicación deseada para formar la señal demodulada; y

en donde el procesador de señal forma la estimación de la señal de comunicación deseada y la estimación de las señales dentro de banda sin conocimiento previo de características de las señales dentro de banda y sin obtener una copia de ninguna de las señales dentro de banda de cualquier fuente distinta de la señal recibida.

16. Un método de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende adicionalmente: realizar supresión de ruido adaptativa en la señal estimada para formar una estimación revisada de la señal de comunicación deseada, en el que el procesador de señal al menos temporalmente almacena al menos una porción de la señal recibida durante dicho procesamiento.

17. Un medio legible por ordenador que ha almacenado en él código informático que cuando se ejecuta mediante un procesador provoca que el procesador realice un método de acuerdo con las reivindicaciones 15 o 16.

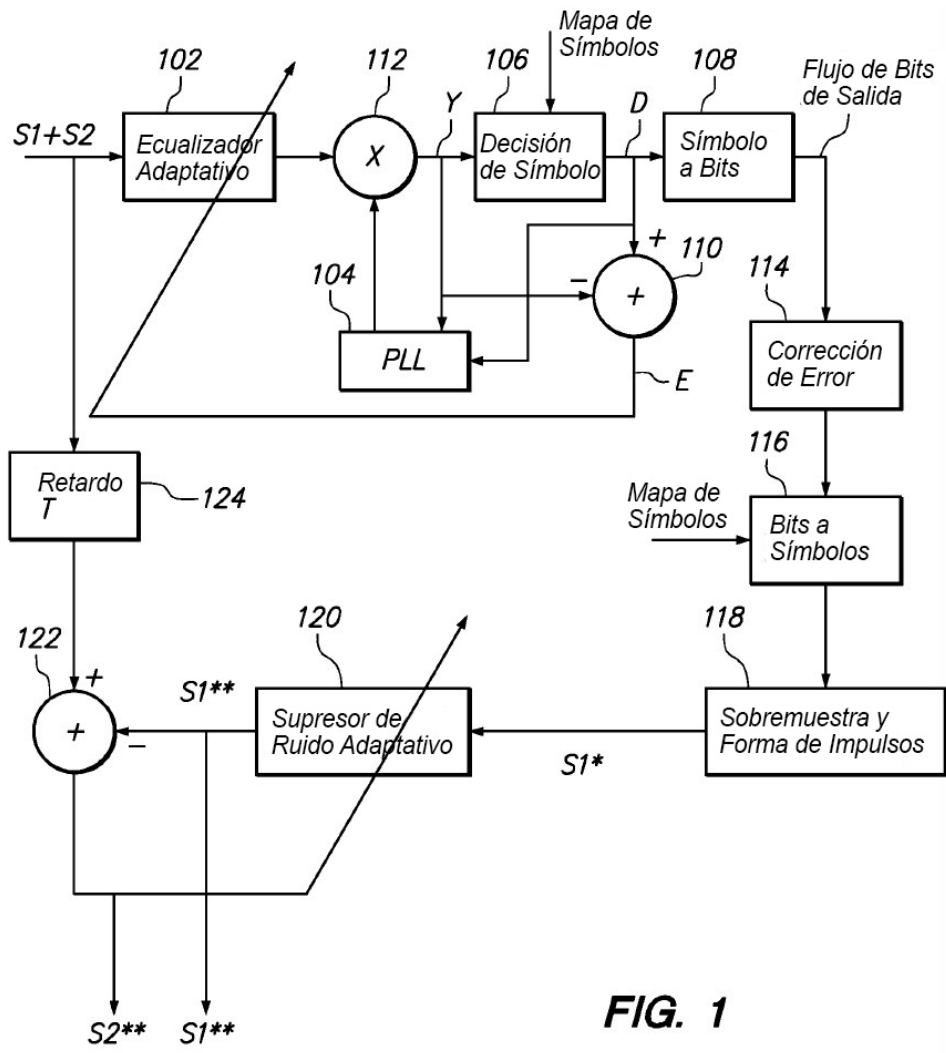
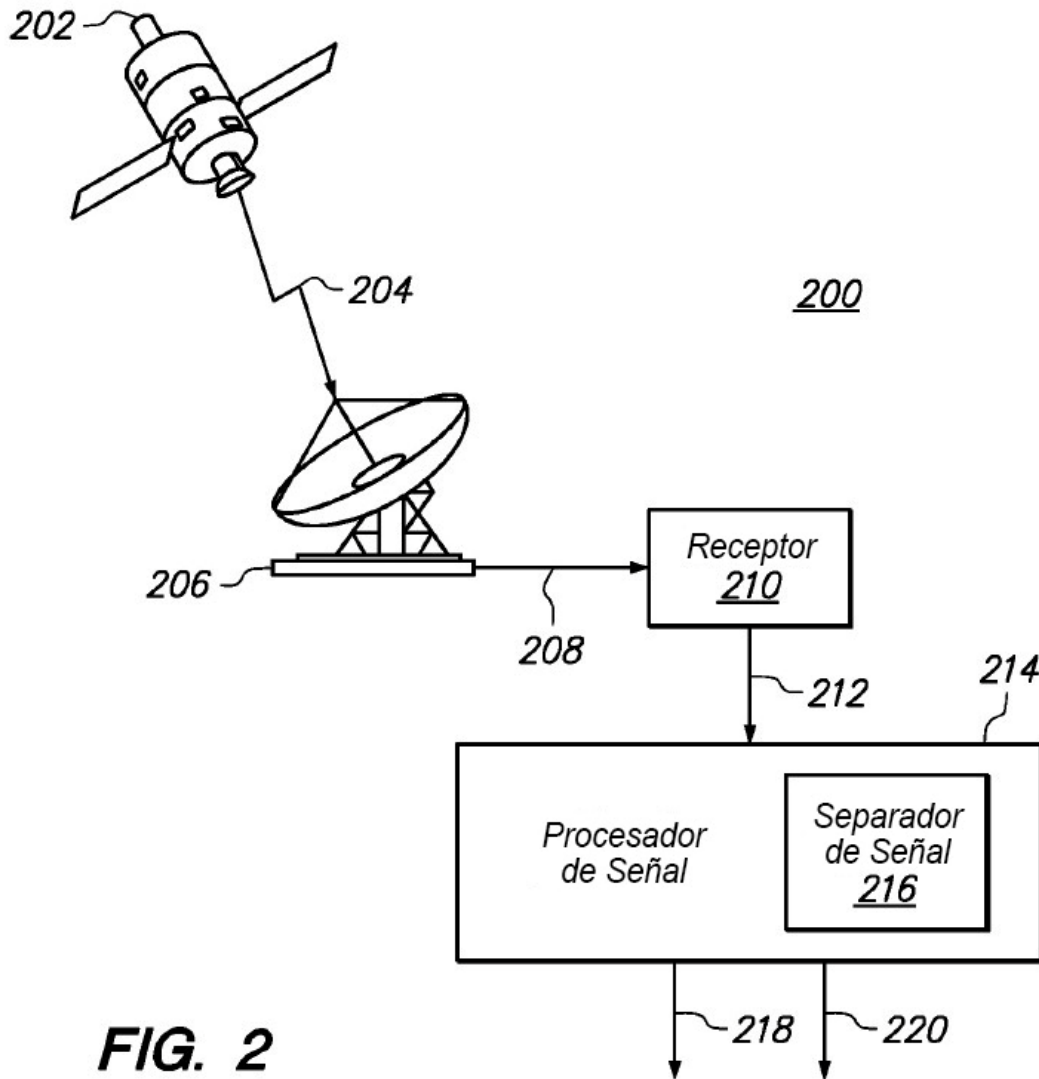


FIG. 1



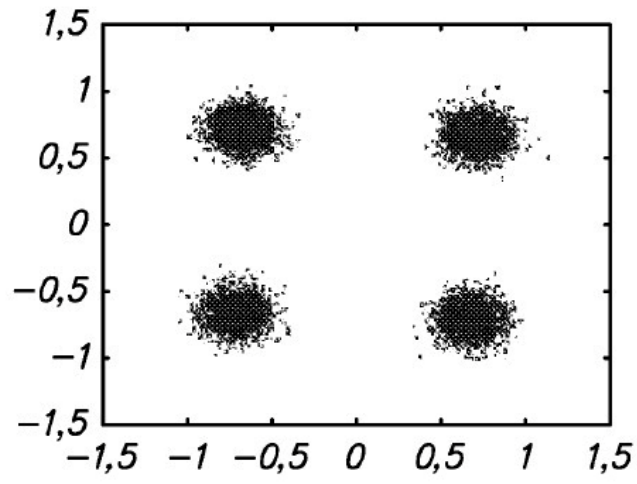


FIG. 3

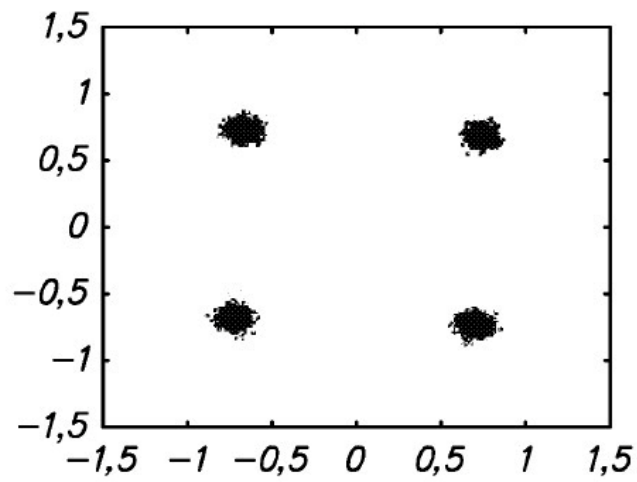


FIG. 4

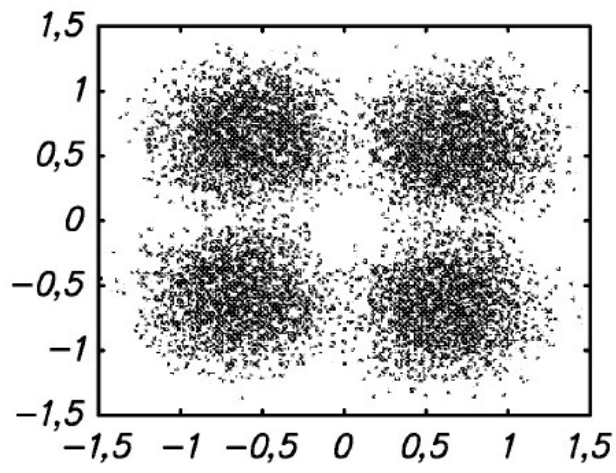


FIG. 5

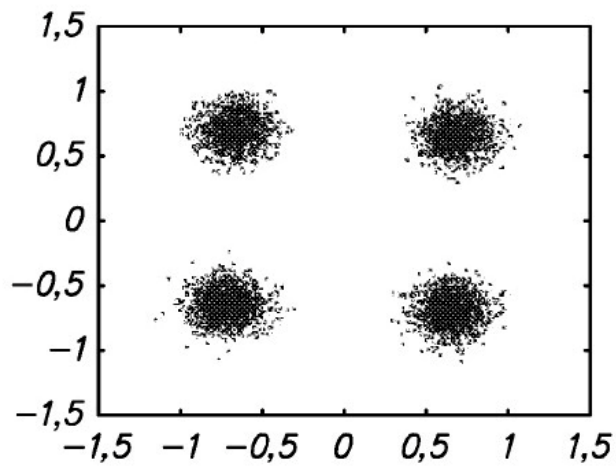


FIG. 6