(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 330 667**

(51) Int. Cl.:
H04B 1/707 (2006.01)
H04L 27/36 (2006.01)
H04B 14/08 (2006.01)
G01S 1/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **06701122 .1**
(96) Fecha de presentación : **12.01.2006**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1836778**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **26.09.2007**

(54) Título: **Señal de espectro ensanchado.**

(30) Prioridad: **13.01.2005 EP 05290083**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.12.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.12.2009

(73) Titular/es:
Centre National d'Etudes Spatiales (C.N.E.S.)
2, place Maurice Quentin
75039 Paris Cédex 01, FR

(72) Inventor/es: **Ries, Lionel;**
Hein, Guenter, W.;
Lestarquit, Laurent;
Avila-Rodriguez, Jose-Angel y
Issler, Jean-Luc

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Señal de espectro ensanchado.

La presente invención se refiere, en general, al campo de la modulación de señales, en particular a sistemas de navegación por satélite. La invención se refiere además a un procedimiento para la producción de una señal de espectro ensanchado y a técnicas apropiadas para recibir una señal de espectro ensanchado de este tipo, en particular con respecto a sistemas de navegación por satélite.

Antecedentes de la invención

La utilización de técnicas de espectro ensanchado para radionavegación o comunicación se conoce bien en la ingeniería eléctrica. Esta tecnología es ventajosa, por ejemplo, en aplicaciones que requieren alta fiabilidad en un entorno con ruido. Además, debido a la limitada disponibilidad de asignaciones de espectro, se ha convertido en algo deseable la utilización eficaz de las bandas de frecuencia.

La implementación de nuevas señales en una banda de frecuencia dada debe satisfacer la restricción de causar una distorsión mínima de las señales existentes. La cuestión del aislamiento espectral, por ejemplo, es un asunto importante con respecto a la interoperabilidad del sistema por satélite Galileo y el sistema de posicionamiento global existente. Se propusieron diversas técnicas de espectro ensanchado, incluyendo el salto de frecuencia o espectro ensanchado por secuencia directa.

Algunas técnicas de modulación en el campo de los sistemas de navegación por satélite emplean señales de portadora desplazada binaria (BOC). Estas señales son resultado de la modulación de un código de ruido pseudoaleatorio sin retorno a cero por una forma de onda cuadrada. Una modulación BOC que presenta una frecuencia de la subportadora de mx1,023 MHz y modulada por un código de ruido pseudoaleatorio a la tasa de nx1,023 Mcps (10^6 elementos de código por segundo) se denomina BOC(m, n). Se logra una BOC(10, 5), por ejemplo, modulando una forma de onda cuadrada que presenta una frecuencia de la subportadora de 10,23 MHz con un código de ruido pseudoaleatorio que presenta una tasa de elementos de código de 5,115 Mcps; se sincronizan las transiciones de elementos de código con las transiciones de la forma de onda cuadrada. Por tanto, cada elemento de código del código de ruido pseudoaleatorio se aplica a m/n ciclos de la forma de onda cuadrada. Las señales de espectro ensanchado obtenidas mediante la modulación BOC de una onda portadora muestran una densidad de potencia espectral muy baja a la frecuencia de la portadora. Como resultado, cuando se transmiten sobre L1, son compatibles con la señal C/A de GPS, que presenta un pico a la frecuencia central de la banda L1. No obstante, puesto que la banda de frecuencia L1 se asigna a la señal P(Y) de GPS y al código M de GPS, han de realizarse grandes esfuerzos con el fin de mantener baja la interferencia de nuevas señales con las señales existentes.

En *BOC Modulation waveforms*, A. R. Pratt *et al*., ION GPS *septiembre de 2003*, se comenta la utilización de formas de onda, que son aproximaciones de forma escalonada de una sinusoide para modular la onda portadora. Una forma de onda binaria puede considerarse como una aproximación de forma escalonada bruta de una sinusoide. Introduciendo más niveles, Pratt *et al*. consiguen formas de onda de ensanchamiento que presentan una forma más próxima a una sinusoide. Dicho ensanchamiento muestra armónicos atenuados, a veces eliminados, de la forma de onda de la subportadora con respecto a una forma de onda BOC(m, n); en otras palabras, se reduce el nivel de potencia de determinados lóbulos secundarios. Cuanto mayor es el número de niveles de la forma de onda, más armónicos se filtran. Cuando el número de niveles tiende a infinito, la forma de onda de ensanchamiento se aproxima a una sinusoide, lo que da como resultado una señal LOC (portadora desplazada lineal) sin armónicos. La técnica descrita se aplica a la modulación de envolvente constante usando una subportadora de 5 niveles. En este caso, la modulación completa adopta la forma de una modulación 8PSK (modulación por desplazamiento de 8 fases).

Se conoce bien en el campo de la radionavegación que el filtrado o la reducción de los lóbulos secundarios de una señal también degrada las capacidades de sincronización (o rendimientos de seguimiento) de esta señal, lo que reduce la precisión de posicionamiento. La técnica comentada anteriormente y similares no escapan a esta regla. Aunque la aproximación de una forma de onda sinusoidal proporciona una manera eficaz y elegante de mejorar el aislamiento espectral de algunas señales (por ejemplo el código M de GPS cuando se aplica a una señal BOC(2,2)), lo hace con el inconveniente para los rendimientos de seguimiento globales.

En “Status of Galileo Frequency and Signal Design”, G.W. Hein *et al*., ION GPS septiembre de 2002, se describe el esquema de modulación de Hexephase modificado para la señal E2-L1-E1. Según este esquema, se combinan linealmente dos formas de onda para modular las componentes de coseno de la onda portadora, y se combinan dos formas de onda para modular la componente de seno.

Un reto adicional en las técnicas de modulación de señales es la eliminación de componentes de amplitud variable en el tiempo de la modulación. Las variaciones de amplitud dan lugar a distorsiones AM a AM y AM a PM cuando se procesa la señal mediante componentes no lineales (por ejemplo, amplificadores).

Sumario de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una señal de espectro ensanchado, que combina un alto nivel de control espectral con buenas capacidades de sincronización globales. Este objetivo se alcanza mediante un espectro ensanchado según se reivindica en la reivindicación 1.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para generar una señal de espectro ensanchado de este tipo.

Aún otro objetivo de la invención es proporcionar un receptor que pueda adquirir una señal de espectro ensanchado de este tipo.

Una señal de espectro ensanchado comprende por lo menos una forma de onda de ensanchamiento, que modula una onda portadora. Según un aspecto importante de la invención, la forma de onda de ensanchamiento comprende una combinación lineal real de una primera forma de onda binaria a una primera tasa de forma de onda y por lo menos una segunda forma de onda binaria a una segunda tasa de forma de onda, siendo ambas tasas de forma de onda diferentes y distintas de cero. La amplitud de la segunda forma de onda difiere preferentemente de la amplitud de la primera forma de onda. La combinación lineal de la primera y la segunda forma de onda se modula con por lo menos una secuencia binaria que comprende un código de identificación de señal.

La expresión "combinación lineal real" en el contexto de la presente invención ha de entenderse como equivalente a la siguiente propiedad: $\alpha \cdot w_1(t) + \beta \cdot w_2(t)$ que representa dicha combinación lineal real de la primera forma de onda $w_1(t)$ y la segunda forma de onda $w_2(t)$, con los coeficientes α y β y la variable temporal t, $[\alpha \cdot w_1(t)]/[\beta \cdot w_2(t)]$ es un número real en cualquier momento t y ambos coeficientes α, β son distintos de cero.

En comparación con una forma de onda BOC convencional a la primera tasa de forma de onda, la presente forma de onda de ensanchamiento presenta capacidades de seguimiento mejoradas debido a la presencia de la segunda forma de onda a una tasa de forma de onda superior. El espectro de la forma de onda de ensanchamiento depende de los espectros respectivos de la primera y la segunda forma de onda. Variando las amplitudes relativas de la primera y la segunda forma de onda, puede ajustarse la forma del espectro de forma de onda de ensanchamiento. Con respecto a los planteamientos anteriores de conformación espectral, la presente señal presenta la ventaja adicional de que puede accederse individualmente a diferentes lóbulos en el espectro de la forma de onda de ensanchamiento. Esto garantiza el aislamiento espectral con respecto a otras señales en la misma banda de frecuencia mientras se mantienen los rendimientos de seguimiento. En comparación con una señal modulada mediante BOC, incluso se mejoran los rendimientos de seguimiento. Se apreciará que las amplitudes relativas de la primera y la segunda forma de onda pueden variar a su vez en el tiempo o permanecer constantes. La escala temporal de esta variación es mucho mayor que la escala temporal de las oscilaciones de señal. Preferentemente, tales variaciones se producen a una tasa sustancialmente menor que la tasa de la secuencia binaria, por ejemplo, 1 Hz. Por tanto, en la escala a corto plazo, puede ignorarse la dependencia con respecto al tiempo de los coeficientes en la combinación lineal.

La primera forma de onda y/o la segunda forma de onda son preferentemente formas de onda portadora desplazada binaria (BOC) o formas de onda de símbolos codificados binarios (BCS). Por tanto, la forma de onda de ensanchamiento adopta la forma de una forma de onda almenada. Si se eligen adecuadamente las amplitudes relativas, la forma de onda de ensanchamiento sigue aproximadamente el contorno de la primera forma de onda. Un receptor sencillo diseñado para adquirir y realizar un seguimiento de una señal binaria a la frecuencia de la primera forma de onda puede realizar un seguimiento de la señal de espectro ensanchado compuesta. Con el fin de beneficiarse de las capacidades de sincronización completa de la forma de onda de ensanchamiento, el receptor debe ser también compatible con el ancho de banda de la segunda forma de onda.

Ventajosamente, la segunda tasa de forma de onda es un múltiplo entero de la primera tasa de forma de onda y, más ventajosamente, la segunda tasa de forma de onda está entre 2 y 24 veces la primera tasa de forma de onda. Las transiciones en las formas de onda primera y segunda pueden sincronizarse o desfasarse deliberadamente.

Se apreciará que la secuencia binaria puede comprender además datos de información, tales como por ejemplo, datos de navegación por satélite, datos de integridad de señal o datos comerciales. La información puede codificarse a una tasa de bits sustancialmente inferior a la tasa de elementos de código de la secuencia binaria pseudoaleatoria. La secuencia binaria puede producirse proporcionando una secuencia binaria determinada o indicada, que se modula con una secuencia de mensaje.

La secuencia binaria puede comprender elementos de código a una determinada tasa de elementos de código Rc, siendo la primera tasa de forma de onda Fsc tal que $Fsc = m \cdot Rc/2$, siendo m un número entero. La primera tasa de forma de onda es preferentemente superior o igual a la tasa de elementos de código y las transiciones de código se sincronizan preferentemente con transiciones de la primera forma de onda.

En una forma de realización preferida de la señal de espectro ensanchado, una componente en fase de la onda portadora se modula con una primera forma de onda de ensanchamiento $s_1(t)$ de la forma

$$s_1(t) = [a \cdot w_1(t) + b \cdot w_2(t)] \cdot PRN_1(t)$$

y una componente en cuadratura de la portadora se modula con una segunda forma de onda de ensanchamiento s_2 (t) de la forma

$$s_2(t) = [a \cdot w_1(t) - b \cdot w_2(t)] \cdot PRN_2(t) .$$

En estas ecuaciones, t es una variable temporal, a y b son coeficientes reales, distintos de cero, $w_1(t)$ es una primera forma de onda binaria a una primera tasa de forma de onda, $w_2(t)$ es una segunda forma de onda binaria a una segunda tasa de forma de onda. La primera tasa de forma de onda es diferente de la segunda tasa de forma de onda. PRN_1 (t) representa una primera secuencia binaria y $PRN_2(t)$ una segunda secuencia binaria. Las dos secuencias binarias pueden ser iguales o diferentes entre sí. La forma de onda de modulación compleja s(t) viene dada por $s(t)= s_1(t)+i \cdot s_2$ (t), representando i la unidad imaginaria, a partir de la que se deduce inmediatamente que la envolvente de s(t) es invariable en el tiempo: $|s(t)| = \sqrt{2(a^2 + b^2)}$. La modulación de envolvente constante es importante para evitar las distorsiones AM a AM y AM a PM en un componente no lineal, por ejemplo, un amplificador. Tal como se mencionó anteriormente, los coeficientes a y b pueden variar en una escala temporal es que larga en comparación con las variaciones típicas de las formas de onda de ensanchamiento.

En otra forma de realización preferida de la señal de espectro ensanchado, la componente en fase de la onda portadora se modula con una primera forma de onda de ensanchamiento $s_1(t)$, que viene dada por la ecuación

$$\begin{aligned} s_1(t) = {} & PRN_1(t) \cdot (\cos\theta_1 \cdot w_1(t) + \cos\theta_2 \cdot w_2(t))/2 \\ & + PRN_2(t) \cdot (\cos\theta_1 \cdot w_1(t) - \cos\theta_2 \cdot w_2(t))/2 \end{aligned} ,$$

y la componente en cuadratura de la portadora se modula con una segunda forma de onda de ensanchamiento s_2 (t), que viene dada por la ecuación

$$\begin{aligned} s_2(t) = {} & (\text{sen}\theta_1 + \text{sen}\theta_2) \cdot PRN_3(t) \cdot w_3(t)/2 \\ & - PRN_1(t) \cdot PRN_2(t) \cdot PRN_3(t) \cdot w_3(t) \cdot (\text{sen}\theta_2 - \text{sen}\theta_1)/2 \end{aligned}$$

En estas ecuaciones, t es una variable temporal, θ_1 y θ_2 son ángulos reales, $w_1(t)$ es una primera forma de onda binaria a una primera tasa de forma de onda, $w_2(t)$ es una segunda forma de onda binaria a una segunda tasa de forma de onda, $w_3(t)$ es una tercera forma de onda binaria, $PRN_1(t)$ es una primera secuencia binaria, $PRN_2(t)$ es una segunda secuencia binaria y $PRN_3(t)$ es una tercera secuencia binaria. La primera tasa de forma de onda es diferente de la segunda tasa de forma de onda. Se apreciará que esta modulación compleja $s(t)=s_1(t)+i \cdot s_2(t)$ también presenta una envolvente constante $|s(t)|$. θ_1 y θ_2 pueden cambiar lentamente con respecto a la forma de onda de ensanchamiento.

La invención proporciona además un sistema de señales de navegación, por ejemplo, un sistema global de navegación por satélite con una señal de espectro ensanchado tal como se comentó anteriormente, en el que dicha primera forma de onda es una BOC(1, 1) y dicha segunda forma de onda es una forma de onda binaria que presenta una tasa de 10,23 Mcps, 12,276 Mcps, 15,345 Mcps o 30,69 Mcps (por ejemplo, una BOC(5, 1), una BCS([1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1], 1), una BCS([1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1], 1), respectivamente una BOC(15, 1)). La secuencia binaria puede comprender datos de identificación de la fuente de la señal, que puede ser terrestre (por ejemplo, pseudosatélites) o aérea: en el caso de un sistema de señales de navegación por satélite global o regional, la secuencia binaria puede comprender datos de identificación de satélite, por ejemplo códigos de distancia y datos de información de satélite, tales como por ejemplo, datos de navegación para su utilización en un algoritmo de posicionamiento.

Se proporciona además un procedimiento para producir una señal de espectro ensanchado, que presenta las etapas siguientes:

proporcionar una primera forma de onda a una primera tasa de forma de onda y una segunda forma de onda a una segunda tasa de forma de onda; la primera tasa de forma de onda se elige diferente de la segunda tasa de forma de onda y ambas tasas de forma de onda son distintas de cero;

proporcionar una secuencia binaria con por lo menos un código de identificación de señal;

formar una combinación lineal de la primera forma de onda y la segunda forma de onda, modulándose la combinación lineal con la secuencia binaria y

utilizar la forma de onda resultante como forma de onda de ensanchamiento para modular la onda portadora.

Tal como resultará evidente, formar una combinación lineal modulada de la primera y la segunda forma de onda puede lograrse de dos maneras equivalentes: o bien se combinan en primera lugar las formas de onda primera y segunda sin modular y se modula la suma o diferencia resultante con la secuencia binaria, o bien se modulan las formas de onda primera y segunda y posteriormente se combinan linealmente.

El procedimiento permite la conformación del espectro de señal de modo que se respetan determinados umbrales de aislamiento espectral (por ejemplo, un determinado coeficiente de separación espectral (SSC) con respecto a otra señal), mientras aumentan sus capacidades de sincronización.

La primera forma de onda y/o la segunda forma de onda son preferentemente formas de onda portadora desplazada binaria o formas de onda de símbolos codificados binarios (BCS).

El procedimiento puede comprender la etapa de modular la segunda forma de onda con una segunda secuencia binaria diferente de la secuencia binaria que modula la combinación lineal de las formas de onda. Así, es posible combinar dos secuencias binarias o pseudoaleatorias diferentes en una señal.

Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para recibir una señal de espectro ensanchado, que comprende las etapas siguientes:

generar una réplica de código local de la secuencia binaria;

generar una réplica local de la primera forma de onda y una réplica local de la segunda forma de onda;

realizar una primera correlación de ondas electromagnéticas entrantes con la réplica local de la primera forma de onda y la réplica de código local;

realizar una segunda correlación de ondas electromagnéticas entrantes con la réplica local de la segunda forma de onda y la réplica de código local;

combinar linealmente la primera correlación y la segunda correlación.

Alternativamente, el procedimiento para recibir una señal de espectro ensanchado puede comprender las etapas siguientes:

generar una réplica de código local de dicha secuencia binaria;

generar una réplica local de dicha primera forma de onda y una réplica local de dicha segunda forma de onda;

realizar una combinación lineal de dicha réplica local de dicha primera forma de onda con dicha réplica local de dicha segunda forma de onda;

correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con la combinación lineal de réplicas locales y la réplica de código local.

Según todavía otro aspecto importante de la presente invención, se proporciona un receptor para adquirir una señal de espectro ensanchado. El receptor comprende medios para generar una réplica de código local de la secuencia binaria, un primer generador de forma de onda para generar una réplica local de la primera forma de onda, un segundo generador de forma de onda para generar una réplica local de la segunda forma de onda, medios para correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con la réplica local de la primera forma de onda y la réplica de código local para formar un primer resultado de correlación, medios para correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con la réplica local de la segunda forma de onda y la réplica de código local para formar un segundo resultado de correlación y medios para combinar linealmente los resultados de correlación primero y segundo.

Alternativamente, el receptor puede comprender unos medios para generar una réplica de código local de la secuencia binaria, un primer generador de forma de onda para generar una réplica local de la primera forma de onda, un segundo generador de forma de onda para generar una réplica local de la segunda forma de onda, unos medios para formar una combinación lineal de la réplica local de la primera forma de onda y la réplica local de la segunda forma de onda y medios para correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con la combinación lineal de réplicas locales y la réplica de código local.

Tal como se apreciará, la réplica de código local de la secuencia binaria puede ser una copia exacta de la parte conocida de la secuencia binaria utilizada para la modulación; si la secuencia binaria comprende un mensaje no determinado *a priori*, este mensaje no aparecerá en la réplica de código local. Se mantiene la misma observación para las réplicas de la primera o la segunda forma de onda.

En una forma de realización preferida, el receptor comprende un lazo de seguimiento, por ejemplo un lazo de enganche de retardo y/o un lazo de enganche de fase para realizar un seguimiento de la señal recibida y/o un lazo de

enganche de frecuencia. El lazo de seguimiento puede estar dispuesto en el receptor de modo que puede realizar un seguimiento de la primera forma de onda y/o la segunda forma de onda y/o una combinación lineal de las mismas. Opcionalmente, el lazo de seguimiento también puede realizar un seguimiento de la onda portadora. Un lazo de enganche de retardo puede estar dispuesto de modo que puede realizar un seguimiento de la primera, o respectivamente la segunda forma de onda y un lazo de enganche de fase y/o un lazo de enganche de frecuencia puede estar dispuesto de modo que puede realizar un seguimiento de la segunda, o respectivamente la primera forma de onda. Alternativamente, el lazo de enganche de fase y/o el lazo de enganche de frecuencia está dispuesto de modo que puede realizar un seguimiento de una combinación lineal de la primera y la segunda forma de onda.

El receptor puede implementarse en un receptor de señales de navegación por satélite global. En este caso, el primer generador de forma de onda puede generar ventajosamente una forma de onda BOC(1, 1) mientras que el segundo generador de forma de onda puede generar una forma de onda binaria que presenta una tasa de 10,23 Mcps o 12,276 Mcps, 15,345 Mcps o 30,69 Mcps (por ejemplo, una BOC(5, 1), una BCS([1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1], 1), una BCS([1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1], 1), respectivamente, una BOC(15, 1)). La réplica de código local comprende preferentemente datos de identificación de satélite, tales como por ejemplo los códigos de distancia.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán a continuación formas de realización preferidas de los diversos aspectos de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama esquemático de una forma de onda de ensanchamiento utilizada para modular una onda portadora;

la figura 2 es un diagrama de fases de una modulación 8PSK;

la figura 3 es un diagrama de bloques que muestra una primera arquitectura de receptor;

la figura 4 es un diagrama de bloques que muestra una arquitectura de receptor alternativa;

la figura 5 es un diagrama de bloques de una primera configuración de seguimiento de señal para la arquitectura de receptor de la figura 4;

la figura 6 es un diagrama de bloques de una segunda configuración de seguimiento de señal para la arquitectura de receptor de la figura 4.

Descripción de formas de realización preferidas

Haciendo referencia a la figura 1, se comenta más detalladamente un ejemplo de una forma de onda de ensanchamiento 10 para modular una onda portadora. En esta forma de realización, la forma de onda de ensanchamiento 10 se obtiene sumando de forma coherente una primera forma de onda binaria 12 formada por una BOC(m1, n) multiplicada por un primer coeficiente a, y una segunda forma de onda binaria 14 formada por una BOC(m2, n) multiplicada por un segundo coeficiente b. La forma de onda BOC(m2, n) podría sustituirse ventajosamente por una forma de onda binaria más general, como una BCS, por ejemplo una BCS([1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1], 1]). Tal como puede verse en la figura 1, la forma de onda de ensanchamiento 10 presenta una forma almenada. Se aplica el mismo código 16 a ambas formas de onda. En otras palabras, la primera forma de onda 12 y la segunda forma de onda 14 se modulan con una única secuencia de código binario 16 según la fórmula:

$$s(t) = (a \cdot w_1(t) + b \cdot w_2(t)) \cdot PRN(t).$$

También se escribe como:

$$s(t) = a \cdot w_1(t) \cdot PRN(t) + b \cdot w_2(t) \cdot PRN(t),$$

en la que t representa una variable temporal, s(t) es la forma de onda de ensanchamiento resultante 10, $w_1(t)$ es la primera forma de onda binaria 12, $w_2(t)$ es la segunda forma de onda binaria 14, PRN(t) es una secuencia de ruido pseudoaleatorio binaria 16 y a y b son coeficientes. En la presente descripción, se utiliza la convención de que las secuencias o funciones binarias adoptan el valor +1 o -1. Por consiguiente, la multiplicación de dos valores binarios en esta convención corresponde a la operación lógica XOR (O exclusiva) o "adición módulo 2" en otras convenciones, donde los valores binarios son VERDADERO o FALSO, respectivamente 0 ó 1.

En el presente ejemplo, la tasa de forma de onda de la segunda forma de onda binaria 14 es cinco veces mayor que la tasa de forma de onda de la primera forma de onda binaria 12. El desfase de sincronismo entre un flanco ascendente 18 de la primera forma de onda 12 y un flanco ascendente 19 de la segunda forma de onda 14 puede seleccionarse en el intervalo $[-T_2/2, T_2/2]$, en el que T_2 representa la duración de un ciclo de la segunda forma de onda binaria 14. En la figura 1, el desfase se ajusta a 0.

Las amplitudes relativas de las dos formas de onda binarias 12, 14 pueden variarse. En el caso de una BOC(1, 1) y una BOC (5, 1), la elevación de la amplitud de la BOC(5, 1) con relación a la amplitud de la BOC(1, 1) da como resultado principalmente un aumento de la potencia espectral del quinto armónico de la BOC(1, 1). En el presente ejemplo, la amplitud b de la segunda forma de onda binaria 14 se seleccionó para ser menor que la amplitud a de la primera forma de onda binaria 12, de modo que la forma de onda de ensanchamiento resultante 10 mantiene una alta similitud con la primera forma de onda binaria 12. En este caso, un receptor diseñado para realizar un seguimiento de la primera forma de onda binaria 12 sola normalmente puede realizar un seguimiento de la forma de onda de ensanchamiento 10 que comprende la combinación lineal de la primera forma de onda binaria 12 y la segunda forma de onda binaria 14. Por tanto, eligiendo adecuadamente las amplitudes relativas a, b, la forma de onda de ensanchamiento 10 de este ejemplo se mantiene compatible con receptores diseñados para una forma de onda cuadrada a la tasa de forma de onda de la primera forma de onda 12. Sin embargo, ha de observarse que no puede accederse al aumento de las capacidades de sincronización de la forma de onda de ensanchamiento compuesta 10 con un receptor que no está adaptado a ambas formas de onda 12, 14. Los rendimientos mejorados de la forma de onda de ensanchamiento 10 pueden expresarse con la rms de ancho de banda (rms: raíz cuadrática media). Considérese

$$\int f^2 \cdot DSP_{w_2}(f)\,df >> \int f^2 \cdot DSP_{w_1}(f)\,df \ ,$$

siendo $DSP_{w1}(f)$, o respectivamente $DSP_{w2}(f)$ el espectro de una señal procesada con la primera forma de onda 12, o respectivamente la segunda forma de onda 14. La rms de ancho de banda de la forma de onda de ensanchamiento combinada 10 es por tanto mayor que la rms de ancho de banda de la primera forma de onda 12.

Puede utilizarse una forma de onda de ensanchamiento 10 tal como se presentó anteriormente para la modulación de envolvente constante de una onda portadora. Mientras que la modulación de envolvente no constante de una onda portadora es relativamente sencilla, la modulación de envolvente constante es más compleja, ya que el esquema de modulación depende del número de canales útiles que van a transmitirse en la modulación.

Tal como se comenta en *Binary Coded Symbol Modulation for GNSS*, C. Hegarty *et al*., ION GPS junio de 2004, la modulación de envolvente constante de un único canal con una subportadora compleja de 4 niveles puede alcanzarse utilizando modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) asimétrica con una forma de onda en fase y la otra en cuadratura como en la siguiente expresión:

$$s(t) = \left[a \cdot w_1(t) + i \cdot b \cdot w_2(t)\right] \cdot PRN(t) \ ,$$

en la que i representa la unidad imaginaria, t es una variable temporal, s(t) es la forma de onda resultante, $w_1(t)$ es una primera, $w_2(t)$ es una segunda forma de onda binaria, a y b son coeficientes reales y PRN(t) es una secuencia binaria pseudoaleatoria. Se deduce que $|s(t)| = \sqrt{a^2 + b^2}$, que es independiente del tiempo.

Existen otras soluciones si va a transmitirse más de un canal. En el caso de que vayan a modularse dos señales reales $s_1(t)$ y $s_2(t)$, que presentan una forma de onda de 4 niveles, sobre una onda portadora utilizando una modulación de envolvente constante, se propone la siguiente solución, en la que la componente en fase de la onda portadora se modula con una primera forma de onda de ensanchamiento $s_1(t)$ y la componente de fase en cuadratura de la onda portadora se modula con una segunda forma de onda de ensanchamiento $s_2(t)$:

$$s_1(t) = \left[a_1 \cdot w_1(t) + b_1 \cdot w_2(t)\right] \cdot PRN_1(t),$$
$$s_2(t) = \left[a_2 \cdot w_1(t) - b_2 \cdot w_2(t)\right] \cdot PRN_2(t),$$

en la que $w_1(t)$ y $w_2(t)$ son formas de onda binarias, t es una variable temporal, a_1, a_2, b_1 y b_2 son coeficientes reales, y donde $PRN_1(t)$ y $PRN_2(t)$ son secuencias binarias pseudoaleatorias. Al venir dada la forma de onda de modulación compleja resultante s(t) por la ecuación:

$$s(t) = s_1(t) + i \cdot s_2(t) \ ,$$

se deduce que la envolvente de s(t) es invariable en el tiempo, por ejemplo, si $a_1=a_2$ y $b_1=b_2$, es decir,

$$|s(t)| = \sqrt{2(a_1^2 + b_1^2)}\,.$$

De manera similar, la modulación de envolvente constante también es posible con tres formas de onda de ensanchamiento reales moduladas sobre una onda portadora. Considérese

$$s_1(t) = [a \cdot w_1(t) + b \cdot w_2(t)] \cdot PRN_1(t),$$
$$s_2(t) = [a \cdot w_1(t) - b \cdot w_2(t)] \cdot PRN_2(t),$$
$$s_3(t) = w_3(t) \cdot PRN_3(t),$$

en la que $w_1(t)$, $w_2(t)$ y $w_3(t)$ son formas de onda binarias, a y b son coeficientes reales, y donde $PRN_1(t)$, $PRN_2(t)$, $PRN_3(t)$ son secuencias binarias pseudoaleatorias. Puede suponerse para a y b: $a=\cos(\theta_1)/2$ y $b=\cos(\theta_2)/2$. Por tanto, la forma de onda de modulación compleja s(t) puede escribirse en la forma:

$$\begin{aligned} s(t) = {} & PRN_1(t) \cdot [\cos\theta_1 \cdot w_1(t) + \cos\theta_2 \cdot w_2(t)]/2 \\ & + PRN_2(t) \cdot [\cos\theta_1 \cdot w_1(t) - \cos\theta_2 \cdot w_2(t)]/2 \\ & + i \cdot [PRN_3(t) \cdot w_3(t) \cdot (\mathrm{sen}\theta_1 + \mathrm{sen}\theta_2)/2 + IM(t)], \end{aligned}$$

en la que IM(t) es el producto de intermodulación dado por

$$IM(t) = -PRN_1(t) \cdot PRN_2(t) \cdot PRN_3(t) \cdot w_3(t) \cdot (\mathrm{sen}\theta_2 - \mathrm{sen}\theta_1)/2\,.$$

A partir de la ecuación anterior, se deriva la siguiente expresión para s(t):

$$\begin{aligned} s(t) = {} & (PRN_1(t) + PRN_2(t)) \cdot \cos\theta_1 \cdot w_1(t)/2 + (PRN_1(t) - PRN_2(t)) \cdot \cos\theta_2 \cdot w_2(t)/2 \\ & + i \cdot [PRN_3(t) \cdot w_3(t) \cdot (\mathrm{sen}\theta_1 + \mathrm{sen}\theta_2)/2 + IM(t)] \end{aligned}$$

Haciendo referencia a la figura 2, se deduce que si $PRN_1(t)=PRN_2(t)$, se cancela el segundo término y la señal en fase oscila como $w_1(t)$ indicado por la flecha 22; si $PRN_1(t)= -PRN_2(t)$, se cancela el primer término y la señal en fase oscila como $w_2(t)$ indicado por la flecha 21. Esto corresponde a una modulación por desplazamiento de 8 fases (8PSK), lo que se indica en el diagrama de fases de la figura 2 mediante los ángulos θ_1 y θ_2. Los ángulos θ_1 y θ_2 permiten el ajuste de la distribución de potencia entre las dos formas de onda binarias $w_1(t)$ y $w_2(t)$. Como en los ejemplos anteriores, la modulación compleja s(t) presenta una envolvente constante.

En el caso específico de una modulación E2-L1-E1 de Galileo de la portadora L1, van a transmitirse tres señales, una señal que lleva el mensaje del servicio abierto de L1 (OS), una señal piloto para el servicio abierto de L1 y una señal binaria para el servicio público regulado. Para cada una de las dos señales de servicio abierto puede utilizarse una señal de espectro ensanchado optimizada tal como se describió anteriormente. Se describe un esquema de modulación de envolvente constante adecuado para esta aplicación en el ejemplo anterior con tres formas de onda de ensanchamiento.

Suponiendo que se aplica la siguiente notación:

- $código_{OSP}(t)$ es el código de ensanchamiento piloto del servicio abierto;
- $código_{OSD}(t)$ es el código de ensanchamiento de mensaje o datos del servicio abierto, multiplicado por el mensaje;
- $w_1(t)$ es una forma de onda cuadrada sinusoidal de 1,023 MHz;
- $w_2(t)$ es una forma de onda cuadrada sinusoidal de 5,115 MHz o una forma de onda binaria más general;
- PRS(t) es la señal de servicio público regulado.

La modulación compleja resultante puede expresarse como

$$s(t) = (\text{código}_{OSP}(t) + \text{código}_{OSD}(t)) \cdot \cos\theta_1 \cdot w_1(t)/2 + (\text{código}_{OSP}(t) - \text{código}_{OSD}(t)) \cdot \cos\theta_2 \cdot w_2(t)/2 + i \cdot [PRS(t) \cdot (\text{sen}\theta_1 + \text{sen}\theta_2)/2 + IM(t)],$$

en el que el producto de intermodulación IM(t) viene dado por

$$IM(t) = \text{código}_{OSP}(t) \cdot \text{código}_{OSD}(t) \cdot PRS(t) \cdot (\text{sen}\theta_2 - \text{sen}\theta_1)/2 .$$

Al nivel del receptor, pueden concebirse diversas implementaciones para adquirir y realizar un seguimiento de una señal de espectro ensanchado tal como se observa en las figuras 3 a 6. La arquitectura de receptor 30 mostrada en la figura 3 permite la generación de una réplica local de la forma de onda de ensanchamiento 10 utilizada para modular la onda portadora. Las señales de difusión entrantes 302 se mezclan con la réplica local de la forma de onda de ensanchamiento: en primer lugar, se mezcla una réplica de código local 304 con las señales entrantes 302 en un primer mezclador 306; luego, se mezcla una réplica de la forma de onda de ensanchamiento sin modular 308 con las señales entrantes 302 en un segundo mezclador 310. La señal resultante 312 se integra durante un determinado periodo de tiempo en una etapa de integración 314. Se realiza una correlación entre las ondas electromagnéticas entrantes y la réplica local de la forma de onda de ensanchamiento. El resultado de correlación 316 puede utilizarse en un bucle de realimentación que controla la generación de la réplica local.

Un oscilador controlado numéricamente NCO proporciona una señal de reloj 318 a un generador de código 320, y a dos generadores de forma de onda 322, 324. El generador de código 320 produce una réplica de código local 304, que es una copia de una parte conocida de la secuencia binaria utilizada para modular la combinación lineal de las formas de onda primera y segunda de la señal que va a recibirse. Esta secuencia binaria puede ser, por ejemplo, un código de distancia de un sistema global de navegación por satélite como GPS o Galileo. Básicamente, el receptor comprende una memoria en la que se almacena la secuencia binaria como tal o se implementa en la misma un algoritmo para reproducir la secuencia binaria. También es posible una combinación de una secuencia almacenada y un algoritmo. El generador de código local 320 produce la réplica local de la secuencia binaria 304 como una tensión, basándose en datos almacenados o ejecutando un algoritmo apropiado. El algoritmo podría implementarse, por ejemplo, por medio de uno o más registros de desplazamiento con realimentación lineal (LFSR) u otro hardware apropiado.

La señal del oscilador 318 se proporciona también a un primer generador de forma de onda 322 y a un segundo generador de forma de onda 324, que reproducen copias locales de las partes conocidas de la primera forma de onda, o respectivamente la segunda, combinadas linealmente en la señal que va a recibirse. La réplica de la primera forma de onda local 326 y la réplica de la segunda forma de onda local 328 se combinan linealmente en una etapa de combinación 330 según el esquema de combinación utilizado para modular la señal. La salida de la etapa de combinación 330 se mezcla con las ondas electromagnéticas entrantes en un mezclador 310. La combinación lineal permite seleccionar las amplitudes relativas a, b de las réplicas de forma de onda y si se realiza una suma o una resta.

Las señales que van a detectarse generalmente están desfasadas en el tiempo con respecto a la réplica local de la forma de onda de ensanchamiento; de este modo, integrando la señal entrante mezclada con la forma de onda de ensanchamiento local, se calcula la correlación de la señal entrante 302 y la forma de onda de ensanchamiento local. El resultado de correlación 316 indica por tanto si la señal entrante y la forma de onda de ensanchamiento local se solapan en el tiempo. También puede utilizarse el resultado de correlación 316 como entrada para un bucle de realimentación, que actúa sobre el desfase de sincronismo de la forma de onda de ensanchamiento local con respecto a un reloj de receptor interno. Por tanto, este desfase de sincronismo puede optimizarse con respecto al resultado de correlación 316.

En la arquitectura de receptor 30 es importante el número de niveles de cuantificación utilizados para la forma de onda de ensanchamiento local. El número de niveles de cuantificación afecta a las amplitudes relativas de la réplica de la primera forma de onda y la réplica de la segunda forma de onda ya que limita el número de combinaciones para combinar las réplicas de la forma de onda primera y segunda. En un receptor de posicionamiento por satélite típico, las etapas antes de la integración utilizan señales cuantificadas en un número reducido de niveles de cuantificación de modo que se limita la complejidad del sistema y el consumo de energía de estas etapas. La arquitectura de receptor 40 mostrada en la figura 4 muestra una manera de cómo sortear el problema de la cuantificación antes de la integración.

En la figura 4, un generador de código 420 produce una réplica de código local 404, que es una copia de una parte conocida de la secuencia binaria. El primer generador de forma de onda 422 y el segundo generador de forma de onda 424 producen copias locales de las partes conocidas de la primera forma de onda, o respectivamente la segunda. En esta realización, se correlaciona la señal de difusión entrante 402 con la réplica de código local 404 y la réplica de la primera forma de onda 426 en una primera rama de correlación y con la réplica de código local 404 y la réplica de la segunda forma de onda 428 en una segunda rama de correlación. El primer resultado de correlación 416 y el segundo

resultado de correlación 417 se combinan entonces linealmente según la señal de espectro ensanchado recibida. Desde un punto de vista matemático, la combinación lineal y la correlación pueden realizarse en cualquier orden, ya que la propia correlación es una operación lineal. Sin embargo, en la arquitectura de procesamiento de señales, el número de niveles de cuantificación para la generación de réplicas puede reducirse ahora en la etapa que precede a la integración. Si las formas de onda de réplica primera y segunda son formas de onda binarias, son suficientes dos niveles de cuantificación. El número de niveles de cuantificación tras la etapa de integración normalmente es mucho mayor, como resultado de lo cual son menos importantes los efectos de la cuantificación sobre las amplitudes relativas de los resultados de correlación. Los resultados de correlación pueden alimentarse a uno o más lazos de seguimiento, que controlan el desfase de sincronismo de las réplicas de forma de onda con respecto a un reloj de receptor, tal como se detalla a continuación.

Para el servicio abierto de Galileo transmitido en la banda de frecuencia L1, una forma de onda de ensanchamiento que comprende una combinación lineal de una BOC(1, 1) y una forma de onda binaria a una tasa de 10,23 Mcps, 15,345 Mcps o 30,69 Mcps parece ser una elección ventajosa debido a los buenos rendimientos de seguimiento y al buen aislamiento espectral con respecto a la señal M de GPS. Los parámetros de las arquitecturas de receptor presentadas en la figura 3 y la figura 4 pueden adaptarse para recibir específicamente una señal de posicionamiento global de este tipo. Como ejemplo, el primer generador de forma de onda genera una forma de onda cuadrada de 1,023 MHz, mientras que el segundo generador de forma de onda genera una forma de onda cuadrada de 5,115 MHz. Si se busca la interoperabilidad con la señal de GPS, puede preferirse una arquitectura de receptor según la figura 4 frente a la arquitectura de receptor según la figura 3.

La figura 5 y la figura 6 muestran diferentes arquitecturas de seguimiento de señal, que pueden implementarse en un receptor. En la arquitectura de la figura 5, la señal de difusión entrante 502 se multiplica por una onda portadora local 503 producida por el generador de portadora local 521 con el fin de borrar la onda portadora de la señal entrante. La señal resultante 505 se correlaciona entonces con la réplica de código local 504 y la réplica de la primera forma de onda en una primera rama de correlación 550. De manera similar, tras la multiplicación por la onda portadora local, la señal de difusión entrante 502 también se correlaciona con la réplica de código local 504 y la réplica de la segunda forma de onda en una segunda rama de correlación 552. Las dos señales de correlación y su combinación lineal se proporcionan a un lazo de seguimiento 554 que comprende un lazo de enganche de fase y un lazo de enganche de retardo. La señal de realimentación se alimenta al primer correlador 551, al segundo correlador 553, al generador de código 520 y al generador de portadora local 521. Tal como se apreciará, esta arquitectura de seguimiento puede proporcionar sincronización entre las réplicas de forma de onda locales y la señal de difusión.

En la figura 6, cada resultado de correlación puede tratarse por separado: el primer resultado de correlación 556 se alimenta a un lazo de enganche de fase 558, mientras que el segundo resultado de correlación 560 se alimenta a un lazo de enganche de retardo 562. Se proporciona un conmutador 564 que permite la combinación del primer y segundo resultado de correlación, combinación que se alimenta entonces al lazo de enganche de fase 558. La señal de realimentación del lazo de enganche de retardo 562 puede realimentarse al primer correlador 551 y al segundo correlador 553 y al oscilador local, que controla la generación de réplicas. La señal de realimentación del lazo de enganche de fase 558 puede utilizarse para la eliminación de la onda portadora (no mostrado).

Tal como apreciarán los expertos en la materia, un receptor de señales de navegación puede comprender más de una arquitectura de receptor tal como las mostradas en las figuras 3 a 6. En un receptor de este tipo pueden generarse varias réplicas de código local, réplicas de forma de onda primera y segunda, respectivamente en paralelo, con diferentes retardos con respecto a la señal de reloj local. Los resultados de correlación correspondientes a los diferentes retardos se alimentan entonces al lazo de seguimiento, lo que hace más rápido y más eficaz en general el hallar el retardo correcto.

A partir de diversas consideraciones, a veces puede parecer apropiado adaptar el ancho de banda de procesamiento del receptor a la tasa de forma de onda menor sólo. En este caso, sólo puede adquirirse y procesarse la primera forma de onda. La señal de referencia en el receptor sería la réplica de la primera forma de onda. Esta técnica de adquisición ofrece mayor simplicidad y menor consumo de energía. Una vez adquirida la primera forma de onda, el receptor puede cambiar al modo de procesamiento óptimo, en el que se adquieren las dos formas de onda.

REIVINDICACIONES

1. Señal de espectro ensanchado, que comprende por lo menos una forma de onda de ensanchamiento, que modula una onda portadora,

comprendiendo dicha forma de onda de ensanchamiento una combinación lineal real de una primera forma de onda binaria a una primera tasa de forma de onda y una segunda forma de onda binaria a una segunda tasa de forma de onda; siendo dicha primera tasa de forma de onda distinta de dicha segunda tasa de forma de onda y siendo ambas tasas de forma de onda distintas de cero;

modulándose dicha combinación lineal con una secuencia binaria que comprende un código de identificación de señal y

caracterizada porque

dicha combinación lineal modulada es de la forma

$$[\alpha \cdot w_1(t) + \beta \cdot w_2(t)] \cdot PRN(t),$$

en la que t representa una variable temporal, $w_1(t)$ dicha primera forma de onda binaria, $w_2(t)$ dicha segunda forma de onda binaria, α y β coeficientes distintos de cero y PRN(t) dicha secuencia binaria que comprende el código de identificación de señal.

2. Señal de espectro ensanchado según la reivindicación 1, en la que dicha primera forma de onda y/o dicha segunda forma de onda son formas de onda portadora desplazada binaria (BOC) o formas de onda de símbolos codificados binarios.

3. Señal de espectro ensanchado según la reivindicación 1 ó 2, en la que dicha segunda tasa de forma de onda es un múltiplo entero de dicha primera tasa de forma de onda.

4. Señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que dicha secuencia binaria comprende además datos de información.

5. Señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dicha secuencia binaria comprende unos elementos de código a una determinada tasa de elementos de código Rc, siendo dicha primera tasa de forma de onda Fsc tal que Fsc=m·Rc/2, siendo m un número entero.

6. Señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, presentando dicha onda portadora una componente en fase y una componente en cuadratura, en la que dicha componente en fase se modula con una primera forma de onda de ensanchamiento $s_1(t)$, que es de la forma

$$s_1(t) = [a \cdot w_1(t) + b \cdot w_2(t)] \cdot PRN_1(t)$$

y en la que dicha componente en cuadratura se modula con una segunda forma de onda de ensanchamiento $s_2(t)$, que es de la forma

$$s_2(t) = [a \cdot w_1(t) - b \cdot w_2(t)] \cdot PRN_2(t) \ ,$$

siendo t una variable temporal, siendo a y b coeficientes reales, distintos de cero, siendo $w_1(t)$ una primera forma de onda binaria a una primera tasa de forma de onda, siendo $w_2(t)$ una segunda forma de onda binaria a una segunda tasa de forma de onda, siendo dicha primera tasa de forma de onda distinta de dicha segunda tasa de forma de onda, siendo $PRN_1(t)$ una primera secuencia binaria y siendo $PRN_2(t)$ una segunda secuencia binaria.

7. Señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, presentando dicha onda portadora una componente en fase y una componente en cuadratura, en la que dicha componente en fase se modula con una primera forma de onda de ensanchamiento $s_1(t)$, que es de la forma

$$\begin{aligned} s_1(t) = {} & PRN_1(t) \cdot (\cos\theta_1 \cdot w_1(t) + \cos\theta_2 \cdot w_2(t))/2 \\ & + PRN_2(t) \cdot (\cos\theta_1 \cdot w_1(t) - \cos\theta_2 \cdot w_2(t))/2 \ , \end{aligned}$$

en la que dicha componente en cuadratura se modula con una segunda forma de onda de ensanchamiento $s_2(t)$, que es de la forma

$$s_2(t) = (\text{sen}\,\theta_1 + \text{sen}\,\theta_2)\cdot PRN_3(t)\cdot w_3(t)/2 - PRN_1(t)\cdot PRN_2(t)\cdot PRN_3(t)\cdot w_3(t)\cdot(\text{sen}\,\theta_2 - \text{sen}\,\theta_1)/2,$$

siendo t una variable temporal, siendo θ_1 y θ_2 unos ángulos reales, siendo $w_1(t)$ una primera forma de onda binaria a una primera tasa de forma de onda, siendo $w_2(t)$ una segunda forma de onda binaria a una segunda tasa de forma de onda, siendo dicha primera tasa de forma de onda distinta de dicha segunda tasa de forma de onda, siendo $w_3(t)$ una tercera forma de onda binaria, siendo $PRN_1(t)$ una primera secuencia binaria, siendo $PRN_2(t)$ una segunda secuencia binaria y siendo $PRN_3(t)$ una tercera secuencia binaria.

8. Sistema de señales de navegación que comprende una señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicha primera forma de onda es una BOC(1, 1) y dicha segunda forma de onda es una forma de onda binaria que presenta una tasa de 10,23 Mcps o 12,276 Mcps o 15,345 Mcps o 30,69 Mcps.

9. Sistema global de señales de navegación por satélite según la reivindicación 8, en el que dicha secuencia binaria comprende unos datos de identificación de satélite.

10. Sistema global de señales de navegación por satélite según la reivindicación 8 ó 9, en el que dicha secuencia binaria comprende además datos de información de satélite.

11. Procedimiento para producir una señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende la etapa de:

modular una onda portadora con una forma de onda de ensanchamiento,

proporcionar una primera forma de onda a una primera tasa de forma de onda y una segunda forma de onda a una segunda tasa de forma de onda; siendo dicha primera tasa de forma de onda distinta de dicha segunda tasa de forma de onda;

proporcionar una secuencia binaria que comprende por lo menos un código de identificación de señal;

caracterizado porque presenta las etapas siguientes:

formar una combinación lineal modulada de dicha primera forma de onda y dicha segunda forma de onda, siendo dicha combinación lineal modulada de la forma

$$\left[\alpha\cdot w_1(t) + \beta\cdot w_2(t)\right]\cdot PRN(t),$$

en la que t representa una variable temporal, $w_1(t)$ dicha primera forma de onda binaria, $w_2(t)$ dicha segunda forma de onda binaria, α y β coeficientes distintos de cero y PRN(t) dicha secuencia binaria que comprende el código de identificación de señal; y

utilizar la combinación lineal modulada como forma de onda de ensanchamiento para modular la onda portadora.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que dicha primera forma de onda y/o dicha segunda forma de onda son formas de onda portadora desplazada binaria o formas de onda de símbolos codificados binarios.

13. Procedimiento según la reivindicación 11 ó 12, que comprende la etapa de modular dicha segunda forma de onda con una secuencia binaria secundaria diferente de la secuencia binaria que modula dicha combinación lineal de formas de onda.

14. Procedimiento para recibir una señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende las etapas siguientes:

generar una réplica de código local de dicha secuencia binaria;

generar una réplica local de dicha primera forma de onda y una réplica local de dicha segunda forma de onda;

realizar una primera correlación de ondas electromagnéticas entrantes con dicha réplica local de dicha primera forma de onda y dicha réplica de código local;

realizar una segunda correlación de ondas electromagnéticas entrantes con dicha réplica local de dicha segunda forma de onda y dicha réplica de código local;

combinar linealmente dicha primera correlación y dicha segunda correlación.

15. Procedimiento para recibir una señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende las etapas siguientes:

generar una réplica de código local de dicha secuencia binaria;

generar una réplica local de dicha primera forma de onda y una réplica local de dicha segunda forma de onda;

realizar una combinación lineal de dicha réplica local de dicha primera forma de onda con dicha réplica local de dicha segunda forma de onda;

correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con dicha combinación lineal de réplicas locales y dicha réplica de código local.

16. Receptor para adquirir una señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende:

unos medios para generar una réplica de código local de dicha secuencia binaria;

un primer generador de forma de onda para generar una réplica local de dicha primera forma de onda;

un segundo generador de forma de onda para generar una réplica local de dicha segunda forma de onda;

unos medios para correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con dicha réplica local de la primera forma de onda y dicha réplica de código local para formar un primer resultado de correlación;

unos medios para correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con dicha réplica local de la segunda forma de onda y dicha réplica de código local para formar un segundo resultado de correlación;

unos medios para combinar linealmente dichos resultados de correlación primero y segundo.

17. Receptor para adquirir una señal de espectro ensanchado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende:

unos medios para generar una réplica de código local de dicha secuencia binaria;

un primer generador de forma de onda para generar una réplica local de dicha primera forma de onda;

un segundo generador de forma de onda para generar una réplica local de dicha segunda forma de onda;

unos medios para formar una combinación lineal de dicha réplica local de la primera forma de onda y dicha réplica local de la segunda forma de onda,

unos medios para correlacionar ondas electromagnéticas entrantes con dicha combinación lineal de réplicas locales y dicha réplica de código local.

18. Receptor según la reivindicación 16 ó 17, que comprende un lazo de seguimiento para realizar un seguimiento de dicha señal recibida.

19. Receptor según la reivindicación 18, en el que dicho lazo de seguimiento comprende un lazo de enganche de retardo y/o un lazo de enganche de fase y/o un lazo de enganche de frecuencia.

20. Receptor según la reivindicación 19, en el que dicho lazo de seguimiento comprende un lazo de enganche de retardo dispuesto de modo que puede realizar un seguimiento de dicha primera forma de onda y un lazo de enganche de fase o un lazo de enganche de frecuencia dispuesto de modo que puede realizar un seguimiento de dicha segunda forma de onda.

21. Receptor según la reivindicación 19, en el que dicho lazo de seguimiento comprende un lazo de enganche de retardo dispuesto de tal modo que puede realizar un seguimiento de dicha primera o dicha segunda forma de onda y un lazo de enganche de fase o un lazo de enganche de frecuencia dispuesto de tal modo que puede realizar un seguimiento de dicha combinación lineal de dicha primera y segunda forma de onda.

22. Receptor de señales de navegación por satélite global, que comprende un receptor según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 21, en el que dicho primer generador de forma de onda puede generar una forma de onda BOC (1, 1), en el que dicho segundo generador de forma de onda puede generar una forma de onda binaria que presenta una tasa de 10,23 Mcps o 12,276 Mcps o 15,345 Mcps o 30,69 Mcps y en el que dicha réplica de código local comprende datos de identificación de satélite.

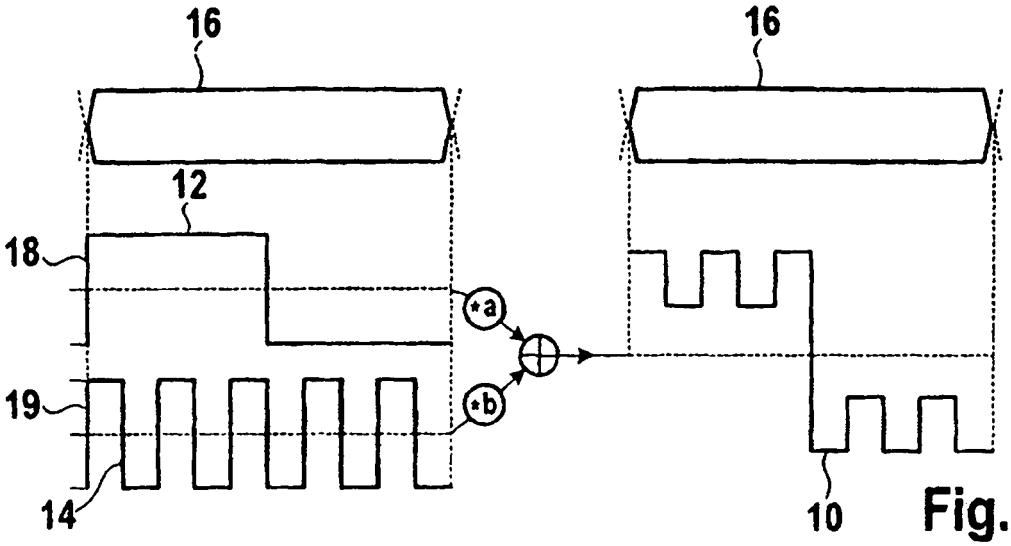


Fig. 1

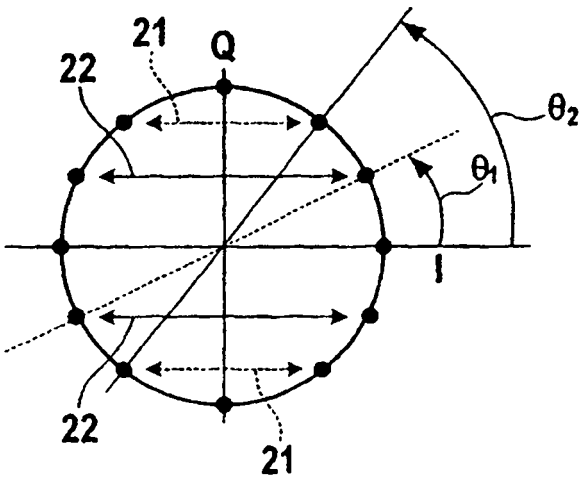
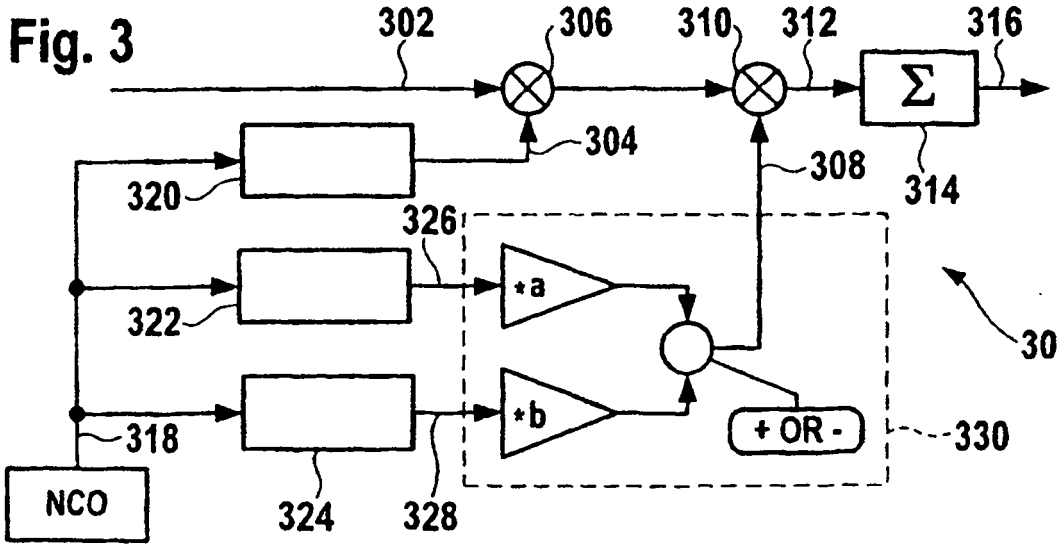


Fig. 2

Fig. 3



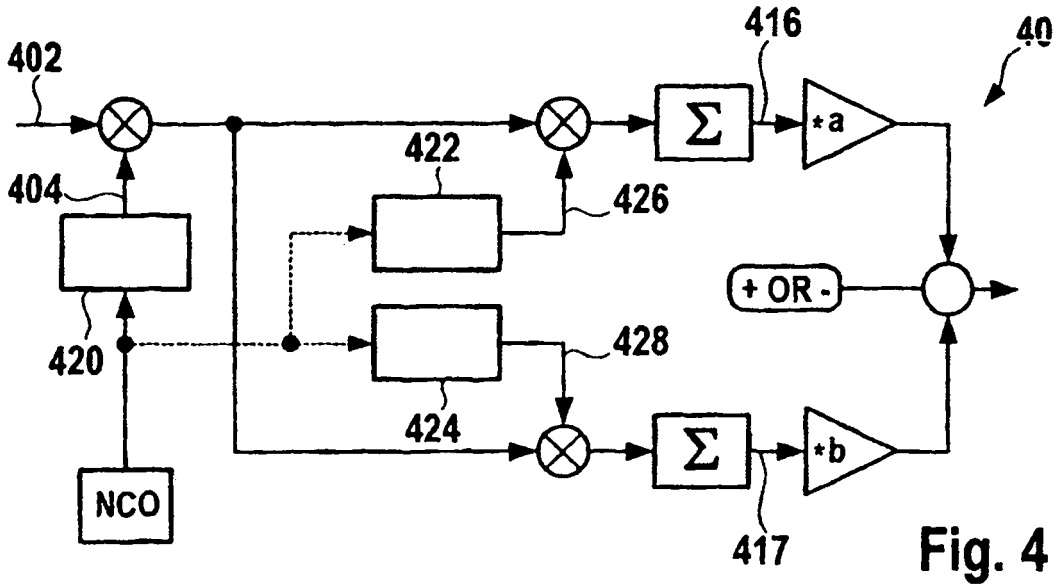


Fig. 4

Fig. 5

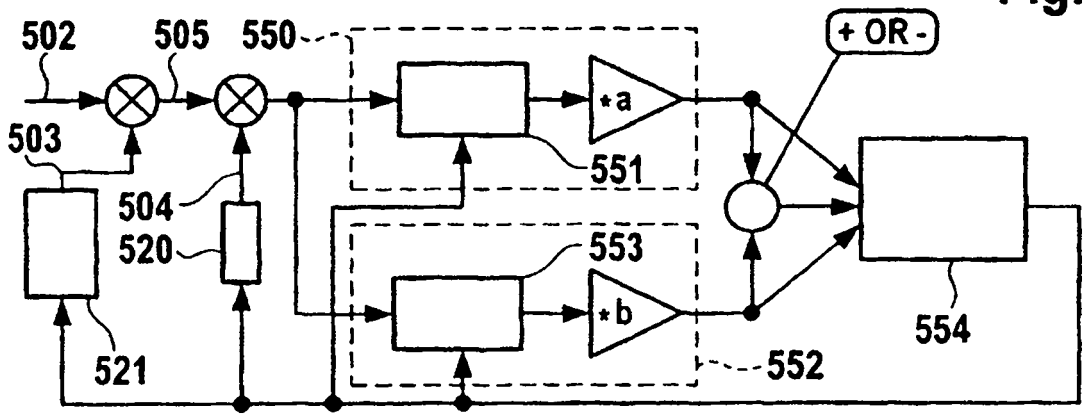


Fig. 6

