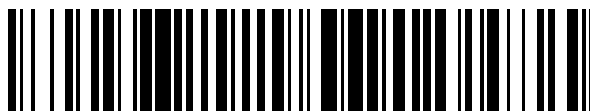


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 931**

51 Int. Cl.:

G01S 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2005** **E 05850666 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013** **EP 1949124**

54 Título: **Eliminación de portadora con desplazamiento binario y submuestreo de señal recibida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
16.09.2013

73 Titular/es:

CORE WIRELESS LICENSING S.À.R.L. (100.0%)
16, avenue Pasteur
2310 Luxembourg, LU

72 Inventor/es:

VALIO, HARRI y
ZHENGDI, QIN

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 422 931 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

Eliminación de portadora con desplazamiento binario y submuestreo de señal recibida.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método para procesar una secuencia de muestras de una señal, comprendiendo dicha señal una portadora que se modula mediante un código de ensanchamiento. La invención se refiere también a un componente de procesamiento correspondiente, a un dispositivo electrónico correspondiente, a un sistema correspondiente, a un código de programa de software correspondiente y a un producto de programa de software correspondiente.

Antecedentes de la invención

Para una comunicación de espectro ensanchado en su forma básica, una unidad de transmisión usa una secuencia de datos para modular una portadora sinusoidal, y a continuación el ancho de banda de la señal resultante se ensancha a un valor mucho mayor. Para ensanchar el ancho de banda, la portadora de una sola frecuencia se puede multiplicar, por ejemplo, por una secuencia de código de ruido pseudoaleatorio (PN) binaria, de alta velocidad, que comprende valores de -1 y 1, siendo conocida dicha secuencia de código para un receptor. Un periodo de código de PN comprende típicamente 1.023 segmentos (*chips*), usándose el término segmentos para designar los bits del código transportados por la señal transmitida, por contraposición a los bits de la secuencia de datos.

Los códigos de ensanchamiento se utilizan, por ejemplo, aunque no de forma exclusiva, en el Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).

Para el GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de GNSS americano, por ejemplo, más de 20 satélites están orbitando la tierra. Cada uno de los satélites transmite dos señales portadoras L1 y L2. Una de estas señales portadoras L1 tiene una frecuencia de 1.575,42 MHz y se utiliza para transportar un mensaje de navegación y señales de código de un servicio de posicionamiento estándar (SPS). La fase de la portadora L1 es modulada por cada satélite con un código de C/A (Aproximación/Adquisición) diferente. De este modo, se obtienen diferentes canales para la transmisión por parte de los diferentes satélites. El código de C/A es un código de ruido pseudoaleatorio (PN), que ensancha el espectro sobre un ancho de banda nominal de 20,46 MHz. Se repite cada 1.023 bits, siendo 1 ms la época del código. La frecuencia portadora de la señal L1 se modula adicionalmente con la información de navegación a una velocidad de bits de 50 bit/s.

Un receptor GPS cuya posición va a ser determinada recibe las señales transmitidas por los satélites disponibles en ese momento, y detecta y realiza un seguimiento de los canales usados por diferentes satélites basándose en los diferentes códigos de C/A comprendidos. Para la adquisición y el seguimiento de una señal de satélite, una señal recibida por una porción de radiofrecuencia (RF) del receptor GPS se convierte primero a banda base. A continuación, la señal se muestrea en una conversión analógica-a-digital (A/D), y las muestras se correlacionan con las muestras de códigos de réplica que están disponibles para todos los satélites. La correlación se puede llevar a cabo, por ejemplo, usando un filtro adaptado. Un valor de correlación que supere un valor de umbral indica el código de C/A y la fase del código, que se requieren para demodular en ensanchamiento la señal y así recuperar la información de navegación.

Por lo tanto, aunque las señales de satélite GPS comprenden un componente de datos, un componente de PN, y un componente de portadora sinusoidal, otras señales de espectro ensanchado pueden incluir una modulación de subportadora adicional.

Por ejemplo, para el GALILEO de GNSS europeo, se han seleccionado cuatro señales portadoras E5a, E5b, E6 y L1. El uso básico de estas señales portadoras es similar al descrito para la señal portadora L1 del GPS. No obstante, el espectro de las señales portadoras sinusoidales E6 y L1 se ensancha usando una modulación de portadora con desplazamiento binario (BOC), la cual se compone de una subportadora BOC y un código de PN. Esta modulación se indica como BOC (n,m), donde m indica la velocidad de transmisión de segmentos del código de PN y n la frecuencia subportadora en 1,023 MHz. A la subportadora BOC se le hará referencia también simplemente como portadora BOC en adelante.

A la señal portadora L1 del GALILEO se le ha asignado una modulación BOC(1,1). La Figura 1 presenta el principio de modulación. Un primer diagrama ilustra el progreso de la portadora BOC(1,1) con respecto al tiempo. La portadora BOC(1,1) consta de subsegmentos que presentan valores alternos de +1 y -1, teniendo cada subsegmento una duración de 0,5 segmento. Un segundo diagrama ilustra el progreso de un código de PN ejemplificativo con respecto al tiempo. El código de PN consta de una secuencia de segmentos que tienen un valor de +1 o -1. El comienzo de cada segmento del código de PN coincide con un flanco de subida de la portadora BOC(1,1). Un tercer diagrama ilustra la señal BOC(1,1), la cual se obtiene mezclando la portadora BOC(1,1) con el código de PN, con respecto al tiempo.

La figura 2 es un diagrama que compara un ensanchamiento de la señal portadora L1 usando una modulación BOC(1,1) del GALILEO y una modulación de código de C/A GPS. El diagrama muestra la amplitud del espectro de la portadora modulada en un intervalo de -4 MHz a +4 MHz en torno a la frecuencia de la señal portadora. Puede observarse que, con la modulación BOC(1,1), la banda de la señal es más del doble en comparación con la modulación de código de C/A. Con la modulación BOC(1,1), la mayoría de la energía se concentra en dos lóbulos principales en dos laterales de un único lóbulo principal que se obtiene como resultado con la modulación de código de C/A. Los lóbulos laterales que se obtienen como resultado con la modulación BOC(1,1) tienen también intensidad cuando se comparan con los resultantes con la modulación de código de C/A. En la siguiente tabla se muestra la distribución de energía de la modulación de código de C/A y de la modulación BOC(1,1):

	Lóbulo(s) principal(es)	Lóbulos de primer orden	Lóbulos de segundo orden
C/A	90%	4,9% (2x2,4%)	1,7% (2x0,84%)
BOC(1,1)	86% (2x43%)	7,1% (2x3,6%)	2,7% (2x1,33%)

Una adquisición de señales BOC(1,1) se puede lograr también por medio de un filtro adaptado. Con este fin, una señal de RF recibida se convierte en sentido descendente y se muestrea. Con el fin de aprovechar la energía de la señal considerablemente y minimizar la interferencia de solapamiento, la velocidad de muestreo debería ser suficientemente alta para cubrir los lóbulos laterales de primer orden. La velocidad de muestreo mínima debería ser 4 muestras por segmento (complejo), lo cual se corresponde con 2 muestras por subsegmento (complejo). La Figura 3 es un diagrama de una salida típica de filtro adaptado, que se obtiene como resultado con una señal BOC(1,1) del tipo mencionado.

Una desventaja de la adquisición de señales basada en una señal BOC(1,1) es que la modulación BOC(1,1) dobla la velocidad de muestreo requerida y, por lo tanto, el número de correladores requeridos. La velocidad de muestreo más alta se usa durante toda la cadena de adquisición, con el fin de limitar la reducción de la precisión cuando la señal se sitúa entre las alineaciones de los códigos de réplica de los correladores. Como resultado, la complejidad del hardware será aproximadamente cuatro veces mayor que la complejidad del hardware para una señal que no sea BOC.

A la señal portadora E6 del GALILEO, se le ha asignado una modulación BOC(10,5). Una modulación BOC(10,5) es un ejemplo de una modulación BOC(n,m), con $n = 2m$. Para este tipo de modulación BOC, la relación entre segmentos y subsegmentos es la misma que para la BOC(2,1).

La Figura 4 presenta el principio de modulación para la modulación BOC(2,1) representativa. Un primer diagrama ilustra el progreso de la portadora BOC(2,1) con respecto al tiempo. La portadora BOC(2,1) consta de subsegmentos que tienen valores alternos de +1 y -1, presentando cada subsegmento una duración de 0,25 segmento. Un segundo diagrama ilustra el progreso de un código de PN ejemplificativo con respecto al tiempo. El código de PN consta de una secuencia de segmentos que tienen un valor de +1 ó -1. El comienzo de cada segmento del código de PN coincide con un flanco de subida de la portadora BOC(2,1). Un tercer diagrama ilustra la modulación BOC(2,1) con respecto al tiempo, la cual se obtiene mezclando la portadora BOC(2,1) con el código PN.

La Figura 5 es un diagrama que compara un ensanchamiento de la señal portadora L1 usando una modulación BOC(2,1) del GALILEO y una modulación de código de C/A GPS. El diagrama muestra la amplitud del espectro de la señal portadora modulada en un intervalo de -8 MHz a +8 MHz en torno a la frecuencia de la señal portadora. Puede observarse que, con la modulación BOC(2,1), con el fin de cubrir los dos lóbulos principales de la señal BOC(2,1), el ancho de banda mínimo es ± 3 MHz. La mínima velocidad de muestreo utilizable para el BOC(2,1) es 4 MHz (complejo) y si también se tiene interés en los primeros lóbulos laterales, entonces debería usarse una velocidad de muestreo de 8 MHz. Con una velocidad de muestreo de 8 MHz, la complejidad requerida del hardware de adquisición será evidentemente todavía mayor que con una velocidad de muestreo de 4 MHz.

Debe entenderse que puede que se requiera una complejidad de hardware relativamente alta también para el procesamiento de otras señales que comprendan una portadora o una subportadora que se module mediante un código de ensanchamiento.

Puesto que una señal BOC es una señal simétrica a ambos lados de la frecuencia portadora, se podrían usar estructuras de receptores de banda dual con el fin de reducir el ancho de banda que debe procesar el filtro adaptado o los correladores. En la Figura 6 se ilustra una adquisición correspondiente. La señal simétrica 60 se proporciona, por un lado, a un filtro de banda lateral superior 61 y, por otro lado, a un filtro de banda lateral inferior 65. El filtro de banda lateral superior 61 proporciona la señal de banda lateral superior a un conversor descendente 62 para llevar a cabo una conversión descendente. A continuación, la señal convertida en sentido descendente se proporciona a un primer filtro adaptado o a un primer banco de correladores 63. El filtro de banda lateral inferior 65 proporciona la señal de banda lateral inferior a un segundo conversor descendente 66 para llevar a cabo una conversión descendente. A continuación, la señal convertida en sentido descendente se proporciona a un segundo filtro adaptado o a un segundo banco de correladores 67. A continuación, el sumador 69 suma la salida de ambos filtros adaptados o ambos bancos de correladores 63, 67 para obtener el resultado final de la correlación.

Este planteamiento es eficiente para una señal ensanchada amplia, tal como una señal BOC(5,1), puesto que se puede lograr una señal de banda base estrecha en el filtrado de banda lateral para cada banda lateral. No obstante, para una señal BOC(1,1), por ejemplo, la ventaja no es significativa puesto que las dos bandas laterales están próximas entre sí, la pérdida de los filtros es un problema, y la interferencia de solapamiento podría ser alta en el entorno Doppler.

El documento EP 1 315 308 A1 presenta una unidad de seguimiento de señales, la cual utiliza una eliminación de la subportadora de una modulación BOC, con el fin de conseguir que el seguimiento de la señal de radiocomunicaciones recibida sea más robusto. La eliminación se basa en una multiplicación de la subportadora con una réplica de la subportadora en fase y en cuadratura.

Aún así, la alta velocidad de muestreo evita un procesamiento eficiente.

El documento de MARRADI ET AL: "The Galileo Ground Segment reference receiver Development: Architecture and Critical Design Issues", da a conocer un método de procesamiento de una señal BOC (n,m) recibida. Las muestras incluidas en lo que dura un subsegmento de subportadora BOC se acumulan, el resultado se multiplica por la subportadora BOC para eliminar el efecto de la subportadora BOC, a continuación el resultado de esto se acumula con respecto a lo que dura un segmento de código de PN.

Sumario de la invención

La invención es tal como se define en las reivindicaciones independientes.

La invención posibilita un procesamiento más eficiente de una señal, la cual comprende una portadora que se modula por medio de un código de ensanchamiento.

Breve descripción de las figuras

Se pondrán de manifiesto otros objetivos y características de la presente invención, a partir de la siguiente descripción detallada haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra una modulación BOC(1,1);

la Fig. 2 es un diagrama que compara el espectro de L1 resultante con una modulación de código de C/A y con una modulación BOC(1,1);

la Fig. 3 es un diagrama que ilustra una salida de filtro adaptado resultante con una señal BOC(1,1);

la Fig. 4 es un diagrama que ilustra una modulación BOC(2,1);

la Fig. 5 es un diagrama que compara el espectro de L1 resultante con una modulación de código de C/A y con una modulación BOC(2,1);

la Fig. 6 es un diagrama esquemático que ilustra una adquisición de señales usando una recepción de banda lateral dual;

la Fig. 7 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de acuerdo con una forma de realización de la invención;

la Fig. 8 es un diagrama de bloques esquemático de una primera forma de realización ejemplificativa del receptor GALILEO en el sistema de la Figura 7;

la Fig. 9 es un diagrama de flujo que ilustra una operación en el receptor de la Figura 8;

la Fig. 10 es un diagrama que ilustra un muestreo de una señal BOC(1,1);

la Fig. 11 es un diagrama que ilustra una eliminación ejemplificativa de portadora BOC(1,1) en el receptor de la Figura 8;

la Fig. 12 es un diagrama de flujo que ilustra otra operación en el receptor de la Figura 8;

la Fig. 13 es un diagrama que ilustra una eliminación ejemplificativa de portadora BOC(2,1) en el receptor de la Figura 8;

- la Fig. 14 es un diagrama de bloques esquemático, correspondiente a componentes de una segunda forma de realización ejemplificativa del receptor GALILEO en el sistema de la Figura 7;
- la Fig. 15 es un diagrama de flujo que ilustra una operación en el receptor de la Figura 14; y
- la Fig. 16 es un diagrama que ilustra una salida de filtro adaptado resultante en el receptor de la Figura 14.

Descripción detallada de la invención

La Figura 7 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema ejemplificativo, que permite una eliminación de portadora y, por lo tanto, una reducción de las capacidades de procesamiento requeridas de acuerdo con una forma de realización de la invención.

El sistema comprende una estación móvil 71, satélites (SV) GALILEO 75 y una red de comunicaciones móviles representada por un elemento de red 77.

La estación móvil 71 incluye un receptor GALILEO 72 y un motor celular 73.

La Figura 8 presenta componentes seleccionados del receptor GALILEO 72. El receptor GALILEO 72 comprende una antena 80, la cual está conectada por medio de un filtro de RF 81 a un mezclador de conversión descendente 82. El mezclador de conversión descendente 82 está conectado además, por medio de un conversor A/D 83, a una sección de eliminación de portadora BOC y de submuestreo 84. La salida de la sección de eliminación de portadora BOC y de submuestreo 84 está conectada a un filtro adaptado 85. La salida del filtro adaptado 85 se proporciona a una unidad de adquisición de señales y demodulación de datos 86. La unidad de adquisición de señales y de demodulación de datos 86, está conectada finalmente a algún procesador de navegación 87. Debe indicarse que se pueden proporcionar componentes de procesamiento adicionales, por ejemplo, un mezclador que elimine errores de frecuencia debidos al efecto Doppler, etcétera. Además, algunos de los componentes presentados se podrían realizar de una manera diferente. Por ejemplo, en lugar del filtro adaptado 85 se podría utilizar un banco de correladores. En general, el receptor GALILEO 72 se puede corresponder con cualquier receptor GALILEO convencional 72, excepto por la sección de eliminación de portadora BOC y de submuestreo 84, la cual se añade para llevar a cabo una forma de realización de la invención. Por otra parte, el receptor GALILEO 72 se puede llevar a cabo en hardware y/o en software. Por ejemplo, para la adquisición y el seguimiento de señales recibidas de satélites GALILEO 75, se podrían llevar a cabo tareas de medición de señales, incluyendo tareas de correlación, por medio de hardware bajo el control de un código de software que es ejecutado por una unidad de procesamiento del receptor GALILEO 72.

El motor celular 73 de la estación móvil 71 es un módulo, el cual comprende todos los componentes requeridos para una comunicación móvil convencional entre el teléfono móvil 71 y la red de comunicaciones móviles, y el cual se puede mejorar además con funciones adicionales. El motor celular 73 puede comprender, por ejemplo, una unidad de procesamiento de datos que pueda llevar a cabo el procesamiento de navegación en lugar del receptor GALILEO 72, basándose en datos de navegación y resultados de medición proporcionados por el receptor GALILEO 72. Además, el mismo podría adaptarse para ocuparse del reenvío de datos de navegación, resultados de medición o resultados de procesamiento de navegación hacia la red de comunicaciones móviles para su posterior uso.

El elemento de red 77 de la red de comunicaciones móviles puede ser cualquier elemento de red convencional 77. Comprende una unidad de procesamiento 78, que también se puede adaptar para llevar a cabo un procesamiento de navegación, sobre la base de datos de navegación y resultados de medición proporcionados por el receptor GALILEO 72 y reenviados por el motor celular 73. De forma alternativa o adicional, la unidad de procesamiento 78 se podría adaptar para soportar el funcionamiento del receptor GALILEO 72 proporcionando datos de asistencia.

A continuación, haciendo referencia al diagrama de flujo de la Figura 9, se describirá una posible adquisición de señales GALILEO usando una modulación BOC(1,1) en el receptor GALILEO 72 de las Figuras 7 y 8.

El receptor GALILEO 72 recibe una señal de satélite por medio de su antena 80 (etapa 101).

La señal recibida en primer lugar es filtrada por el filtro de RF 81 en una banda de frecuencias GALILEO seleccionada (etapa 102), por ejemplo, en una banda de frecuencias asociada a la señal portadora L1.

A continuación, la señal filtrada se convierte en sentido descendente por medio del mezclador 82 en una frecuencia intermedia IF (103).

La señal convertida en sentido descendente, analógica, se convierte al dominio digital por medio del conversor A/D 83, el cual muestrea la señal analógica, con este fin, con una velocidad de muestreo de 4 MHz (etapa 104).

El conversor A/D 83 da salida a la siguiente secuencia de muestras X:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\} \quad (1)$$

El muestreo se ilustra también en la Figura 10. La Figura 10 es un diagrama que muestra una señal BOC(1,1) con respecto al tiempo. La señal alterna entre valores de +1 y -1. Se indican la duración del segmento y del subsegmento. La velocidad de muestreo seleccionada de 4 MHz da como resultado cuatro muestras por segmento o dos muestras por subsegmento. Se indican las muestras x_{4n+1} a x_{4n+4} .

Se lleva a cabo a continuación una eliminación de la portadora BOC a través de la parte de submuestreo y eliminación de portadora BOC 84 (etapas 105 a 107).

La eliminación de la portadora BOC se basa en la siguiente consideración.

En la portadora BOC(1,1), los signos de dos muestras vecinas son o bien iguales o bien opuestos entre sí. Además, si dos muestras vecinas tienen el mismo signo, las siguientes dos muestras vecinas también tienen el mismo signo, los signos están únicamente en la dirección opuesta. Consecuentemente, también si dos muestras vecinas en la secuencia X tienen el mismo signo, las siguientes dos muestras vecinas tienen el mismo signo. Debido al código de PN, en este caso los signos pueden estar o no en la dirección opuesta. Si dos muestras vecinas de la portadora BOC(1,1) tienen signos diferentes, también las siguientes dos muestras vecinas tienen signos diferentes, únicamente que con una asociación invertida. Si dos muestras vecinas en la secuencia X tienen signos diferentes, las dos siguientes muestras vecinas pueden tener consecuentemente también signos diferentes, posiblemente con una asociación invertida.

Se define la provisión de un primer caso A, cuando las dos primeras muestras vecinas de la secuencia X y las dos siguientes muestras vecinas respectivas tienen el mismo signo. Se define la provisión de un segundo caso B cuando cualquiera de dos muestras vecinas consecutivas de la secuencia X, comenzando con las dos primeras muestras vecinas, tienen signos diferentes.

Además, si la secuencia X se desplaza en una muestra - o bien hacia atrás o bien hacia adelante -, el caso A y el caso B cambian su posición. Por tanto, únicamente deben considerarse dos casos posibles.

Las muestras de la secuencia de entrada X se pueden agrupar tomando cada cuatro muestras consecutivas como un grupo:

$$X = \{[x_1, x_2, x_3, x_4], \dots, [x_{4n+1}, x_{4n+2}, x_{4n+3}, x_{4n+4}], \dots\} \quad (n=0,1,2,3,\dots) \quad (2)$$

A continuación, la demodulación de la señal BOC(1,1) se realiza aplicando el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$Y = \{[y_1, y_2], \dots, [y_{2n+1}, y_{2n+2}], \dots\}$$

donde

$$\begin{aligned} y_{2n+1} &= (x_{4n+1} + x_{4n+2})/2 \\ y_{2n+2} &= -(x_{4n+3} + x_{4n+4})/2 \end{aligned} \quad (n=0,1,2,3,\dots)$$

Es decir, respectivamente dos muestras consecutivas x_i se combinan por adición, y la suma resultante se divide por dos. Además, al resultado se le proporciona alternativamente un signo positivo y negativo para obtener una muestra y_i . Las muestras resultantes y_i forman una secuencia nueva Y. (etapa 105)

Para la secuencia nueva Y, se comprueba si la misma comprende una muestra y_i que tiene un valor igual a cero (etapa 106), lo cual únicamente puede producirse en la situación del caso B antes definida. Si no se detecta ninguna muestra y_i que tenga un valor de cero, se proporciona inmediatamente la secuencia nueva Y para un procesamiento adicional. Si se detecta una muestra y_i que tiene un valor de cero, la secuencia completa X se desplaza una muestra hacia atrás o delante (etapa 107), con el fin de obtener una situación del caso A, y la combinación se inicia de nuevo (etapa 105). La secuencia Y que da como resultado la nueva combinación se proporciona para un procesamiento adicional.

La secuencia Y que se proporciona para un procesamiento adicional es una secuencia en la cual se ha limpiado la portadora BOC. Por otra parte, la velocidad de muestreo se reduce en dos a 2 MHz. Se garantizará, sin embargo, que la precisión de salida sea la misma que en la relación de datos original. La ecuación (3) actúa también como un filtro pasabajo. Esto es importante cuando se submuestran los datos en un entorno con ruido para reducir el ancho de banda del ruido.

La eliminación de la portadora BOC se ilustra con mayor detalle con un ejemplo presentado en la Figura 11.

En la Figura 11, una primera fila presenta la portadora BOC(1,1) para una duración de 4 ms.

Una segunda fila presenta un código de PN ejemplificativo que tiene una duración de segmento con una longitud dos veces la duración del subsegmento de la portadora BOC(1,1).

Una tercera fila presenta la señal BOC(1,1), es decir, la combinación de la portadora BOC(1,1) y el código de PN. Esto se corresponde con la señal que se proporciona al conversor A/D 83.

Una cuarta fila presenta una secuencia X de muestras de datos obtenidas para esta señal BOC(1,1) en el conversor A/D 83. Tal como se ha mencionado anteriormente, existen dos muestras por cada subsegmento. La secuencia presentada es $\{(+1 +1 -1 -1) (-1 -1 +1 +1) (+1 +1 -1 -1) (-1 -1 +1 +1) (-1 -1 +1 +1) (-1 -1 \dots)\}$

La ecuación (3) se aplica en la etapa 105 a esta secuencia X para la eliminación de la portadora BOC. Puesto que existen cuatro muestras por segmento para el código de PN, un punto de inicio arbitrario de la secuencia y, por lo tanto, para aplicar la ecuación, puede ser la primera muestra de un segmento, la segunda muestra de un segmento, la tercera muestra de un segmento o la cuarta muestra de un segmento.

Estas cuatro posibles situaciones se ilustran en las filas cinco a ocho de la Figura 11, como los casos A, B, A' y B', respectivamente.

En la Figura 11, puede observarse que en el caso A y en el caso A', todos los resultados de la combinación son o bien +1 ó bien -1. Más específicamente, se limpia la portadora BOC(1,1) y se recupera el código de PN. Existe solamente una diferencia de signo entre el caso A y el caso A', que se corresponde con un desplazamiento de fase constante de 180°. Por lo tanto, los casos A y A' pueden considerarse como el mismo caso para la decodificación de PN.

Para los casos B y B', los resultados de la combinación comprenden también valores de cero. Si no hay ninguna codificación de PN, todos los resultados serán igual a cero. La salida es el diferencial del código de PN.

En la etapa 105 de la Figura 9, el procedimiento es por lo tanto el siguiente:

En caso de que la eliminación de la portadora BOC comience con el caso A o el caso A', se indica en la etapa 106 que los resultados de la combinación no comprenden ningún valor de cero. Por lo tanto, la secuencia resultante Y se proporciona inmediatamente para un uso posterior.

En caso de que la eliminación de la portadora BOC comience con el caso B o el caso B', se indica en la etapa 106 que los resultados de la combinación comprenden un valor de cero. Por lo tanto, la secuencia nueva Y no se proporciona para un uso posterior. En su lugar, la secuencia X se desplaza en una muestra, y el procesamiento de la combinación se inicia de nuevo con la secuencia desplazada X.

La nueva secuencia Y que resulta con la secuencia desplazada será automáticamente o bien el caso A o bien el caso A' y se proporcionará para un uso posterior. Debe indicarse que también la primera secuencia Y que da como resultado el caso B podría usarse para mejorar la señal, aunque esto se omite en la forma de realización ejemplificativa presentada.

La nueva secuencia Y se puede usar para una decodificación convencional del código de PN por medio del filtro adaptado 85 comparando la secuencia Y con códigos de réplica disponibles en diversos desplazamientos de fase (etapa 108).

Debido a la velocidad de muestreo reducida, el máximo poder de cálculo necesario es solamente dos veces el correspondiente al decodificador de PN normal sin la modulación BOC.

Una vez que se ha determinado la fase del código por medio de la operación del filtro adaptado, los datos se pueden demodular de manera que los datos de navegación se extraigan (etapa 109) y se usen, por ejemplo, en el ámbito de cálculos de posicionamiento (etapa 110).

Por ejemplo, una aplicación ejecutada por una unidad de procesamiento del receptor 72, del motor celular 73 o del elemento de red 77 puede determinar el tiempo de transmisión del código transmitido por una pluralidad de satélites 75, en particular, basándose en datos contenidos en los mensajes de navegación decodificados y en recuentos de épocas y segmentos de los códigos de PN. El tiempo de transmisión y el tiempo medido de llegada de una señal al receptor 72 permiten determinar el tiempo de vuelo requerido por la señal para propagarse desde el satélite respectivo 75 al receptor 72. Multiplicando este tiempo de vuelo con la velocidad de la luz, el mismo se puede convertir en la distancia, o alcance (*range*), entre el receptor 72 y el satélite respectivo 75. Además, la aplicación puede estimar las posiciones de los satélites 75 en el momento de la transmisión, en particular basándose en los parámetros de efemérides en los mensajes de navegación decodificados. A continuación, las distancias calculadas y las posiciones estimadas de los satélites 75 permiten un cálculo de la posición actual del receptor 72, puesto que el receptor 72 está ubicado en una intersección de los alcances con respecto a un conjunto de satélites 75.

En general, la adquisición de señales GALILEO recibidas se puede llevar a cabo con cualquier método convencional, excepto para las etapas de eliminación de portadora BOC 105 a 107, las cuales se añaden para obtener una forma de realización de la invención.

El efecto de la frecuencia Doppler sobre la eliminación de la portadora BOC presentada se puede evaluar en simulaciones. La salida directa del filtro adaptado se puede usar con este fin como referencia, en comparación con la salida del filtro adaptado resultante con el método presentado. Los resultados de la simulación para ambos métodos se pueden comparar sobre la base de la probabilidad de adquisición así como la resolución temporal, es decir, la precisión de la estimación del retardo. Parece que ambos métodos obtienen el mismo resultado si, para la adquisición, se usa una detección de valor de pico. Las simulaciones muestran que, cuando se cambia el desplazamiento Doppler de cero a $\pm\pi$, los picos de salida de ambos métodos son exactamente idénticos. Esto significa que el efecto Doppler es el mismo para ambos métodos. No obstante, si se usa en cambio una detección triangular, el método presentado es mejor que el método de filtro MF directo. Más específicamente, la propiedad triangular parece mantenerse mejor en un entorno con ruido si la portadora BOC se limpia antes de aplicar el filtro adaptado.

La modulación BOC(1,1) que se consideró en el ejemplo anterior se basaba en una frecuencia de segmentos de código de PN de 1 MHz. La modulación BOC(1,1) básica representa realmente todas las modulaciones BOC(n,m) en las que $n = m$. Es decir, la relación de segmentos y de subsegmentos así como la estructura son las mismas con estas modulaciones que con una modulación BOC(1,1). La única diferencia es la velocidad de segmentos básica. Por lo tanto, el método presentado para una eliminación de portadora BOC(1,1) se puede aplicar directamente a cualquier señal BOC(n,m), donde $n = m$, por ejemplo, a una señal BOC(2, 2).

Debe entenderse además que una eliminación de portadora de acuerdo con la invención se puede utilizar también para otras modulaciones BOC. El agrupamiento de muestras y la combinación de muestras en un grupo respectivo únicamente deben adaptarse de una manera apropiada.

A continuación se describirá, haciendo referencia al diagrama de flujo de la Figura 12, una posible adquisición de señales GALILEO usando una modulación BOC(n,m) con $n = 2m$, tal como una modulación BOC(10,5). La adquisición se puede implementar también en el receptor GALILEO 72 de las Figuras 7 y 8. La parte de submuestreo y eliminación de portadora BOC 84 de la Figura 8 únicamente debe diseñarse en este caso de tal manera que soporte una modulación BOC(n,m) con $n = 2m$, de manera alternativa o adicional a una modulación BOC(n,m) con $n = m$, tal como BOC(1,1).

Para una modulación BOC(n,m) con $n = 2m$, la relación de segmentos y subsegmentos es siempre igual que para una modulación BOC(2,1). De este modo, en adelante se considerará únicamente una modulación BOC(2,1), representativa de todas las posibles modulaciones BOC(n,m) con $n = 2m$.

El receptor GALILEO 72 recibe una señal de satélite por medio de su antena 80 (etapa 201).

La señal recibida en primer lugar se filtra por medio del filtro de RF 81 en una banda de frecuencias GALILEO seleccionada (etapa 202), por ejemplo, en una banda de frecuencias asociada a la señal portadora E6.

A continuación, la señal filtrada se convierte en sentido descendente por medio del mezclador 82, a una frecuencia intermedia IF (203).

La señal convertida en sentido descendente, analógica, se convierte al dominio digital por medio del conversor A/D 83, el cual muestrea la señal analógica con este fin (etapa 204). Para cubrir los dos lóbulos principales de la señal BOC(2,1), el ancho de banda mínimo es ± 3 MHz. La mínima velocidad de muestreo utilizable para el BOC(2,1) es 4 MHz (complejo), y si también interesan los primeros lóbulos laterales, entonces debería usarse una velocidad de muestreo de 8 MHz. En el ejemplo presentado, se selecciona una velocidad de muestreo de 4 MHz. No obstante, debe entenderse que el principio se puede ampliar también a otras velocidades de muestreo.

El muestreo da como resultado nuevamente una secuencia:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$$

A continuación, la parte de submuestreo y eliminación de portadora BOC 84 lleva a cabo una eliminación de portadora BOC (etapas 205 a 208).

La eliminación de la portadora BOC se basa en la consideración de que únicamente deben tenerse en cuenta dos casos A y B también para la eliminación de la portadora BOC(2,1). Los dos casos comparten la misma secuencia de datos muestreada de entrada, aunque con una diferencia de muestras (hacia atrás o hacia delante) con respecto a la otra. En la secuencia de entrada X, dos muestras vecinas se agrupan respectivamente de la manera siguiente:

$$X = \{[x_1, x_2], \dots [x_{2n+1}, x_{2n+2}], \dots\} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (4)$$

En el caso A, las dos muestras en todos los grupos de la secuencia X tienen signos diferentes. En el caso B, las muestras en algunos grupos de la secuencia X tienen los mismos signos, siempre que exista un código de PN presente.

A continuación, la portadora BOC se puede limpiar aplicando la siguiente ecuación:

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots\}$$

donde (5)

$$y_n = (x_{2n+1} - x_{2n+2})/2 \quad (n = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Es decir, respectivamente dos muestras consecutivas se combinan por sustracción, y la diferencia resultante se divide por dos. Las muestras resultantes y_i forman una nueva secuencia Y. (etapa 205)

Después de cada combinación de dos muestras x_i, x_{i+1} , se comprueba si el resultado es igual a cero (etapa 206), lo cual es solo posible en el caso B. Siempre que no se detecte ningún resultado de cero, se continúa con la combinación usando las siguientes muestras vecinas (etapas 207, 205). No obstante, en cuanto se detecta un resultado de cero, la secuencia completa X se desplaza una muestra hacia atrás o hacia delante, con el fin de obtener una situación del caso A (etapa 208), y se inicia de nuevo la combinación desde el principio mismo (etapa 205).

La secuencia resultante Y de valores combinados es una secuencia en la cual se ha limpiado la portadora BOC. Por otra parte, la velocidad de muestreo se reduce en dos. A continuación, la velocidad del flujo de datos se puede submuestrear adicionalmente en dos. No obstante, se garantizará que la precisión de salida sea la misma que en la velocidad de datos original.

La eliminación de la portadora BOC(2,1) se ilustra con mayor detalle con un ejemplo presentado en la Figura 13.

En la Figura 13, una primera fila presenta la portadora BOC(2,1) para una duración de 4 ms.

Una segunda fila presenta un código de PN ejemplificativo que tiene una duración de segmento que es cuatro veces la duración de subsegmento de la portadora BOC(2,1).

Una tercera fila presenta la señal BOC(2,1), es decir, la combinación de la portadora BOC(2,1) y el código de PN. Esto se corresponde con la señal que se proporciona al conversor A/D 83.

Una cuarta fila presenta una secuencia X de muestras de datos obtenidas para esta señal BOC(2,1) en el conversor A/D 83. Con la velocidad de muestreo seleccionada, existe una muestra por subsegmento. La secuencia presentada es $\{(+1 -1 +1 -1) (-1 +1 -1 +1) (+1 -1 +1 -1) (-1 +1 -1 +1) (-1 +1 \dots)\}$

La ecuación (5) se aplica en la etapa 205 a esta secuencia X para la eliminación BOC(2,1). Existen cuatro muestras por segmento para el código de PN, y un punto de inicio arbitrario para aplicar la ecuación puede ser cualquiera de las cuatro muestras de un segmento. No obstante, en este caso, las dos primeras muestras de un segmento serán siempre iguales que las dos segundas muestras de un segmento. Por lo tanto, únicamente es necesario considerar la situación en la que la secuencia comienza con la primera o la segunda muestra de un segmento.

Estas dos situaciones se ilustran en las filas cinco y seis de la Figura 13 como los casos A y B, respectivamente.

Puede observarse en la Figura 13 que, en el caso A, todos los resultados de combinación son o bien +1 o bien -1. Más específicamente, se limpia la modulación BOC(2,1) y se recupera el código de PN, representándose cada segmento por dos muestras de datos del mismo valor, consecutivas. Por lo tanto, tal como se ha indicado anteriormente, la velocidad del flujo de datos se puede submuestrear adicionalmente en dos.

Para el caso B, los resultados de la combinación comprenden también valores de cero, en caso de que haya presente un código de PN en la señal BOC(2,1).

En la etapa 205 de la Figura 12, el procedimiento es por lo tanto el siguiente:

En caso de que la eliminación de la portadora BOC comience con el caso A, se procesa la secuencia completa (etapas 206, 205) y la misma se proporciona como una nueva secuencia Y para un uso posterior.

En caso de que la eliminación de la portadora comience con el caso B, en la etapa 206 se indica en algún instante de tiempo – en el presente ejemplo, después de la segunda combinación – que el resultado de la combinación tiene

un valor de cero. Así, el proceso de combinación se interrumpe, la secuencia X se desplaza en una muestra (etapa 208), y el proceso de combinación se inicia de nuevo con la secuencia desplazada X (etapa 205).

A continuación, el resultado para la secuencia desplazada será el caso A y se proporcionará como una nueva secuencia Y para un uso posterior.

La nueva secuencia Y se puede usar para una decodificación convencional de código de PN por medio del filtro adaptado 85 comparando la secuencia Y con códigos de réplica disponibles con varios desplazamientos de fase (etapa 209). Una vez que se ha determinado la fase del código mediante la operación del filtro adaptado, los datos de navegación se pueden recuperar (etapa 210) y se pueden usar, por ejemplo, en el ámbito de cálculos de posicionamiento (etapa 211), por ejemplo tal como se ha mencionado anteriormente haciendo referencia a las etapas 109 y 110.

Con la eliminación de la BOC descrita haciendo referencia a las Figuras 9 y 12, el filtro adaptado da salida a solamente la mitad del número de valores de correlación en comparación con un filtro adaptado que procese la señal sin eliminación de la BOC, ya que el número de muestras de entrada se divide por dos. Sin embargo, en algunos casos, puede que se desee hacer que esté disponible el número total de valores de correlación.

Esto se puede lograr con una implementación alternativa del receptor GALILEO 72 de la Figura 7.

La Figura 14 presenta, a título de ejemplo, componentes seleccionados de dicho receptor GALILEO alternativo 72. El receptor GALILEO 72 comprende de nuevo una antena, un filtro de RF, un mezclador de conversión descendente y un conversor A/D, los cuales no se representan. La salida del conversor A/D se conecta en paralelo a una primera parte de submuestreo y eliminación de portadora BOC 91 y a una segunda parte de submuestreo y eliminación de portadora BOC 92. La salida de la primera sección de eliminación de portadora BOC 91 se conecta, por medio de un primer filtro adaptado o correlador 93, a un combinador 95. La salida de la segunda parte de submuestreo y eliminación de portadora BOC 92 se conecta, por medio de un segundo filtro adaptado o correlador 94, al combinador 95. La salida del combinador 95 se conecta a una unidad de adquisición de señales y demodulación de datos 96. La unidad de adquisición de señales y de demodulación de datos 96 se puede conectar nuevamente a algún procesador de navegación (no representado).

A continuación se describirá, haciendo referencia al diagrama de flujo de la Figura 15, una posible adquisición de señales GALILEO usando esta implementación alternativa.

Una señal de satélite es recibida, filtrada, convertida en sentido descendente y convertida al dominio digital según se describe haciendo referencia a las Figuras 9 y 12, dando como resultado nuevamente la siguiente secuencia de muestras X:

$$X = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \dots\}$$

La primera parte de submuestreo y de eliminación de portadora BOC 91 lleva a cabo una eliminación de la portadora BOC aplicando las ecuaciones (3) o (5) a esta secuencia de muestras X, en función de si se usó una modulación BOC(n,n) o BOC(2n,n) (etapa 301). Los valores resultantes se proporcionan al primer filtro adaptado o correlador 93 (etapa 301).

Adicionalmente, la secuencia se desplaza en una muestra (etapa 303). La segunda parte de submuestreo y de eliminación de portadora BOC 92 lleva a cabo una eliminación de la portadora BOC aplicando las ecuaciones (3) o (5) a esta secuencia desplazada de muestras X, en función de si se usó una modulación BOC (n,n) o BOC(2n,n) (etapa 301). Los valores resultantes se proporcionan al segundo filtro adaptado o correlador 94 (etapa 305).

La salida del primer filtro adaptado o correlador 93 y del segundo filtro adaptado o correlador 94 se combina por medio de la sección de combinación 95 (etapa 306).

A continuación, los valores de correlación combinados resultantes se pueden usar de una manera convencional para la adquisición de señales, etcétera.

Las Figuras 16a a 16c ilustran la diferencia entre, por un lado, la salida del filtro adaptado resultante con el planteamiento de las Figuras 9 y 12, y, por otro lado, la salida del filtro adaptado combinada resultante con el planteamiento de la Figura 15.

La Figura 16a muestra el conocido triángulo, cuyo pico indica el desplazamiento de código entre el código de PN y el código de réplica disponible, en caso de una señal sin modulación BOC.

Este triángulo representa también la salida de filtro adaptado resultante con los planteamientos de las Figuras 9 y 12.

Además, la Figura 16a representa la salida del filtro adaptado 93 ó 94 en el planteamiento de la Figura 15, que trata sobre un "caso A" definido anteriormente. La Figura 16b representa la salida del otro respectivo de los filtros adaptados o correladores 94 o 93 en el planteamiento de la Figura 15, que trata sobre un "caso B" definido anteriormente. La Figura 16c representa la salida combinada de los filtros adaptados o correladores 94 y 93, es decir, la salida de la sección de combinación 95.

Puede observarse que la salida combinada se corresponde con la salida convencional del filtro adaptado de N puntos ilustrada en la Figura 3. Si la salida convencional de filtro adaptado de N puntos ilustrada en la Figura 3 se separa en dos grupos, uno por sus números impares en la secuencia de salida y otro por sus números pares, las dos salidas resultantes del filtro adaptado de N/2 puntos son equivalentes en realidad a las representadas en las Figuras 16a y 16b, respectivamente. Por lo tanto, las mismas se pueden combinar, si fuera necesario, para formar la salida de MF directa de N puntos tal como se ilustra en la Figura 16c.

Finalmente, se explicará el ahorro de área de silicio o potencia que se puede lograr con la forma de realización de la Figura 14 por medio de un ejemplo, en el cual una señal modulada por BOC(1,1), entrante, tiene una subportadora de onda cuadrada de 1 MHz y un código de ensanchamiento con una longitud de 4.092 segmentos y una velocidad de transmisión de segmentos de 1 MHz. En un receptor BOC convencional, se usa una velocidad de muestreo de 4 MHz por toda la cadena de adquisición. Esto significa que es necesario un total de 16.368 correladores funcionando a 4 MHz para adquirir la señal.

En la forma de realización de la Figura 14, se limpia la portadora BOC y al mismo tiempo se reduce la velocidad de muestreo. Esta parte se debería ejecutar también a una velocidad de muestreo de 4 MHz. Debe indicarse que solamente son necesarios dos desplazamientos, ya que no es necesario saber si el resultado final después de las multiplicaciones de correlación está invertido o no, en la medida en la que esta inversión se puede eliminar tomando solamente un valor absoluto, es decir, la magnitud, de la señal compleja resultante antes de una adición no coherente. Después de la eliminación de la portadora, la velocidad de muestreo es solamente 2 MHz en las dos ramas. Esto significa que sigue siendo necesario un total de 16.368 correladores para cubrir el código completo, a saber, 2×4.092 correladores en ambas ramas, con el fin de no soltar demasiada señal. Sin embargo, estos correladores están funcionando en este momento a una velocidad de muestreo de 2 MHz. Esta velocidad de muestreo inferior se puede utilizar a continuación o bien para ahorrar potencia o bien, si se va a seguir usando la frecuencia de reloj superior de 4 MHz, cualquier hardware utilizado para el procesado después de la eliminación de la portadora puede ser multiplex en el tiempo, lo cual significa que se requiere menos hardware y que se economiza área de silicio.

Debe indicarse que las formas de realización descritas constituyen solamente parte de una variedad de posibles formas de realización de la invención. En particular, la eliminación de la portadora se puede implementar también para señales BOC que se utilicen en otro sistema que no sea el GALILEO o incluso para señales que usen otra portadora diferente a una portadora BOC.

REIVINDICACIONES

1. Método para procesar una secuencia de muestras de una señal, comprendiendo dicha señal una portadora con desplazamiento binario compuesta por una secuencia de subsegmentos que se modula por medio de un código de ruido pseudoaleatorio compuesto por una secuencia de segmentos, siendo dicha portadora con desplazamiento binario una BOC(a*n,n), siendo a y n números naturales, y presentando dicha secuencia de muestras una velocidad de muestreo que se corresponde con un número natural de muestras por subsegmento de dicha portadora con desplazamiento binario, comprendiendo dicho método:

a) limpiar una influencia, por parte de dicha portadora, sobre dicha secuencia de muestras, y submuestrear dicha secuencia de muestras (etapa 105; etapa 205; etapa 301); y

b) utilizar dicha secuencia de muestras submuestreada como una secuencia nueva de muestras para un procesamiento adicional (etapa 108; etapa 209; etapa 302)

caracterizado porque

dicha eliminación y submuestreo comprenden combinar las muestras consecutivas respectivas de un número predeterminado de dicha secuencia de muestras y aprovechar las regularidades en dicha secuencia de muestras en dicha combinación, para obtener una secuencia de valores combinados como dicha secuencia de muestras submuestreada (etapa 105; etapa 205; etapa 301), en el que un valor combinado respectivo se encuentra dentro de un intervalo predeterminado o fuera de un intervalo predeterminado (etapa 105; etapa 205), comprendiendo además dicho método la acción siguiente que precede a la acción b) en caso de que un valor combinado se encuentre dentro de dicho intervalo predeterminado: desplazar dicha secuencia de muestras en una muestra y combinar las muestras consecutivas respectivas de un número predeterminado de dicha secuencia de muestras desplazada para obtener una secuencia de valores combinados (etapas 106/107; etapas 206/208).

2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho intervalo predeterminado comprende solamente un único valor de cero.

3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha portadora con desplazamiento binario es una BOC(n,n), siendo n un número natural, en el que dicha velocidad de muestreo es cuatro muestras por segmento de dicho código de ruido pseudoaleatorio, indicándose dicha secuencia de muestras por

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$, y en el que dicha combinación se lleva a cabo aplicando la siguiente ecuación sobre dicha secuencia de muestras:

$$Y = \{[y_1, y_2], \dots, [y_{2n+1}, y_{2n+2}], \dots\}$$

en la que

$$\begin{aligned} y_{2n+1} &= (x_{4n+1} + x_{4n+2})/2 \\ y_{2n+2} &= -(x_{4n+3} + x_{4n+4})/2 \end{aligned} \quad (n=0,1,2,3,\dots)$$

siendo Y dicha secuencia de valores combinados.

4. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que dicha portadora con desplazamiento binario es una BOC(2n,n), siendo n un número natural, en el que dicha velocidad de muestreo es cuatro muestras por segmento de dicho código de ruido pseudoaleatorio, indicándose dicha secuencia de muestras por

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$, y en el que dicha combinación se lleva a cabo aplicando la siguiente ecuación sobre dicha secuencia de muestras:

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots\}$$

en la que

$$y_n = (x_{2n+1} - x_{2n+2})/2 \quad (n = 0,1,2,3,\dots)$$

siendo Y dicha secuencia de valores combinados.

5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho procesamiento adicional de la acción b) comprende una decodificación que utiliza por lo menos uno de entre un filtro adaptado y un correlador (85; 93, 94).

6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha señal se origina a partir de una señal del Sistema Global de Navegación por Satélite, que se modula con dicha portadora modulada.

7. Aparato (71, 72) para procesar una secuencia de muestras de una señal, comprendiendo dicha señal una portadora con desplazamiento binario compuesta por una secuencia de subsegmentos que se modula por medio de un código de ruido pseudoaleatorio compuesto por una secuencia de segmentos, siendo dicha portadora con desplazamiento binario una BOC(a*n,n), siendo a y n números naturales, y presentando dicha secuencia de muestras una velocidad de muestreo que se corresponde con un número natural de muestras por subsegmento de dicha portadora con desplazamiento binario, comprendiendo dicho aparato (71, 72):

- una parte de submuestreo y eliminación de portadora (84) adaptada para limpiar una influencia, por parte de dicha portadora, sobre dicha secuencia de muestras y para submuestrear dicha secuencia de muestras; y
- un componente de procesamiento adaptado para utilizar una secuencia de muestras submuestreada proporcionada por dicha parte de submuestreo y eliminación de portadora (84) como una secuencia nueva de muestras para un procesamiento adicional

caracterizado porque

dicha parte de submuestreo y eliminación de portadora (84) está adaptada para combinar las muestras consecutivas respectivas de un número predeterminado de dicha secuencia de muestras y para aprovechar las regularidades en dicha secuencia de muestras en dicha combinación, con el fin de obtener una secuencia de valores combinados como una secuencia de muestras submuestreada, en el que un valor combinado respectivo se encuentra dentro de un intervalo predeterminado o fuera de un intervalo predeterminado, y en el que dicha parte de submuestreo y eliminación de portadora (84) está adaptada para desplazar dicha secuencia de muestras en una muestra y combinar las muestras consecutivas respectivas de un número predeterminado de dicha secuencia desplazada de muestras con el fin de obtener una secuencia de valores combinados, en caso de que un valor combinado se encuentre dentro de dicho intervalo predeterminado.

8. Aparato (71, 72) según la reivindicación 7, en el que dicho intervalo predeterminado comprende solamente un único valor de cero.

9. Aparato (71, 72) según la reivindicación 7 u 8, en el que dicha portadora con desplazamiento binario es una BOC(n,n), siendo n un número natural, en el que dicha velocidad de muestreo es cuatro muestras por segmento de dicho código de ruido pseudoaleatorio, indicándose dicha secuencia de muestras por

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$, y en el que dicha parte de submuestreo y de eliminación de portadora (84) está adaptada para llevar a cabo dicha combinación aplicando la siguiente ecuación sobre dicha secuencia de muestras:

$$Y = \{[y_1, y_2], \dots, [y_{2n+1}, y_{2n+2}], \dots\}$$

en el que

$$\begin{aligned} y_{2n+1} &= (x_{4n+1} + x_{4n+2})/2 \\ y_{2n+2} &= -(x_{4n+3} + x_{4n+4})/2 \end{aligned} \quad (n=0,1,2,3,\dots)$$

siendo Y dicha secuencia de valores combinados.

10. Aparato (71, 72) según la reivindicación 7 u 8, en el que dicha portadora con desplazamiento binario es una BOC(2n,n), siendo n un número natural, en el que dicha velocidad de muestreo es cuatro muestras por segmento de dicho código de ruido pseudoaleatorio, indicándose dicha secuencia de muestras por

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$, y en el que dicha parte de submuestreo y de eliminación de portadora (84) está adaptada para llevar a cabo dicha combinación aplicando la siguiente ecuación sobre dicha secuencia de muestras:

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots\}$$

en la que

$$y_n = (x_{2n+1} - x_{2n+2})/2 \quad (n = 0,1,2,3,\dots)$$

siendo Y dicha secuencia de valores combinados.

11. Aparato (71, 72) según una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que dicho componente de procesamiento comprende un filtro adaptado y un correlador (85; 93, 94) configurados para aplicar una decodificación como procesamiento adicional.

12. Aparato (71, 72) según una de las reivindicaciones 7 a 11, en el que dicha señal se origina a partir de una señal del Sistema Global de Navegación por Satélite, que se modula con dicha portadora modulada.

13. Dispositivo electrónico (71) que comprende un aparato (72) según una de las reivindicaciones 7 a 12.

14. Código de programa de software para procesar una secuencia de muestras de una señal, comprendiendo dicha señal una portadora con desplazamiento binario compuesta por una secuencia de subsegmentos que se modula por medio de un código de ruido pseudoaleatorio compuesto por una secuencia de segmentos, siendo dicha portadora con desplazamiento binario una BOC(a*n,n), siendo a y n números naturales, y presentando dicha secuencia de muestras una velocidad de muestreo que se corresponde con un número natural de muestras por subsegmento de dicha portadora con desplazamiento binario, estando adaptado dicho código de programa de software para realizar lo siguiente cuando es ejecutado por una unidad de procesamiento:

- a) limpiar una influencia, por parte de dicha portadora, sobre dicha secuencia de muestras y submuestrear dicha secuencia de muestras (etapa 105; etapa 205; etapa 301), en el que dicha eliminación y submuestreo comprenden combinar las muestras consecutivas respectivas de un número predeterminado de dicha secuencia de muestras y aprovechar las regularidades en dicha secuencia de muestras en dicha combinación, para obtener una secuencia de valores combinados como dicha secuencia de muestras submuestreada (etapa 105; etapa 205; etapa 301), en el que un valor combinado respectivo se encuentra dentro de un intervalo predeterminado o fuera de un intervalo predeterminado (etapa 105; etapa 205), comprendiendo además dicho método la siguiente acción que precede a la acción b) en caso de que un valor combinado se encuentre dentro de dicho intervalo predeterminado: desplazar dicha secuencia de muestras en una muestra y combinar las muestras consecutivas respectivas de un número predeterminado de dicha secuencia de muestras desplazada para obtener una secuencia de valores combinados (etapas 106/107; etapas 206/208); y
- b) utilizar dicha secuencia de muestras submuestreada como una secuencia nueva de muestras para un procesamiento adicional (etapa 108; etapa 209; etapa 302).

15. Código de programa de software según la reivindicación 14, en el que dicho intervalo predeterminado comprende solamente un único valor de cero.

16. Código de programa de software según la reivindicación 14 o 15, en el que dicha portadora con desplazamiento binario es una BOC(n,n), siendo n un número natural, en el que dicha velocidad de muestreo es cuatro muestras por segmento de dicho código de ruido pseudoaleatorio, indicándose dicha secuencia de muestras por

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$, y en el que dicha combinación se lleva a cabo aplicando la siguiente ecuación sobre dicha secuencia de muestras:

$$Y = \{[y_1, y_2], \dots, [y_{2n+1}, y_{2n+2}], \dots\}$$

en la que

$$\begin{aligned} y_{2n+1} &= (x_{4n+1} + x_{4n+2})/2 \\ y_{2n+2} &= -(x_{4n+3} + x_{4n+4})/2 \end{aligned} \quad (n=0,1,2,3,\dots)$$

siendo Y dicha secuencia de valores combinados.

17. Código de programa de software según la reivindicación 14 o 15, en el que dicha portadora con desplazamiento binario es una BOC(2n,n), siendo n un número natural, en el que dicha velocidad de muestreo es cuatro muestras por segmento de dicho código de ruido pseudoaleatorio, indicándose dicha secuencia de muestras por

$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots\}$, y en el que dicha combinación se lleva a cabo aplicando la siguiente ecuación sobre dicha secuencia de muestras:

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots\}$$

en la que

$$y_n = (x_{2n+1} - x_{2n+2})/2 \quad (n = 0,1,2,3,\dots)$$

siendo Y dicha secuencia de valores combinados.

18. Producto de programa de software en el que se almacena un código de programa de software según una de las reivindicaciones 14 a 17.

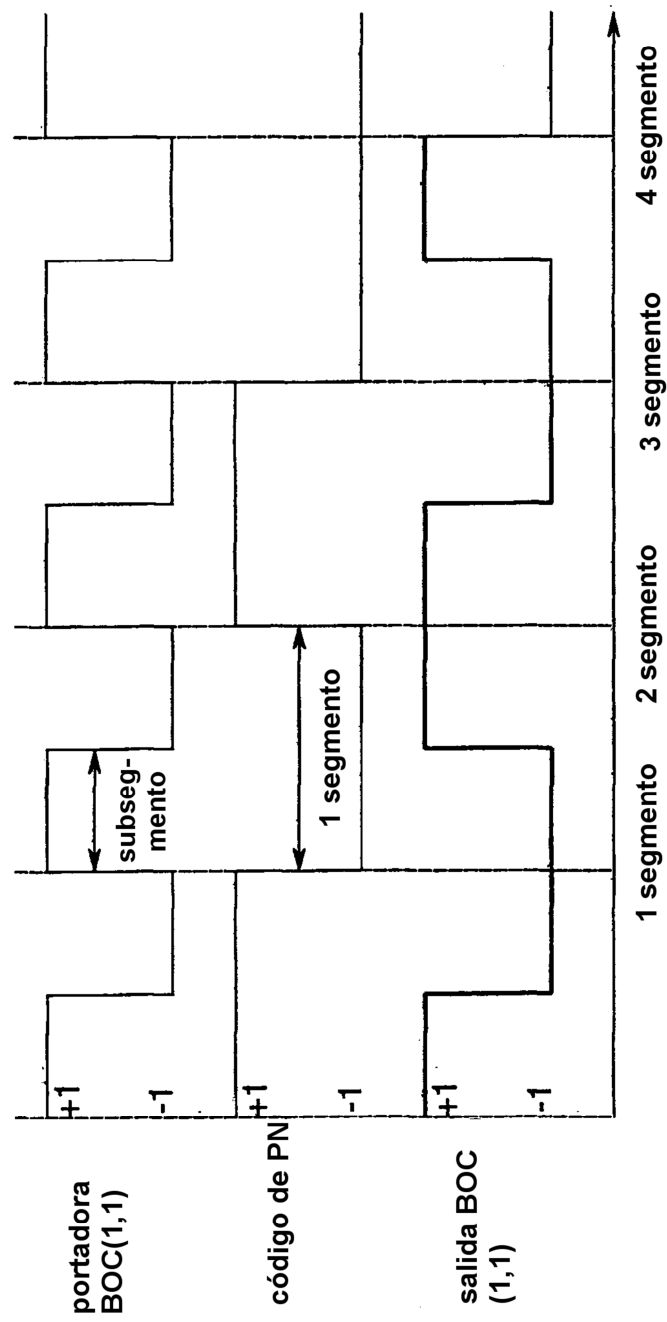


Fig. 1

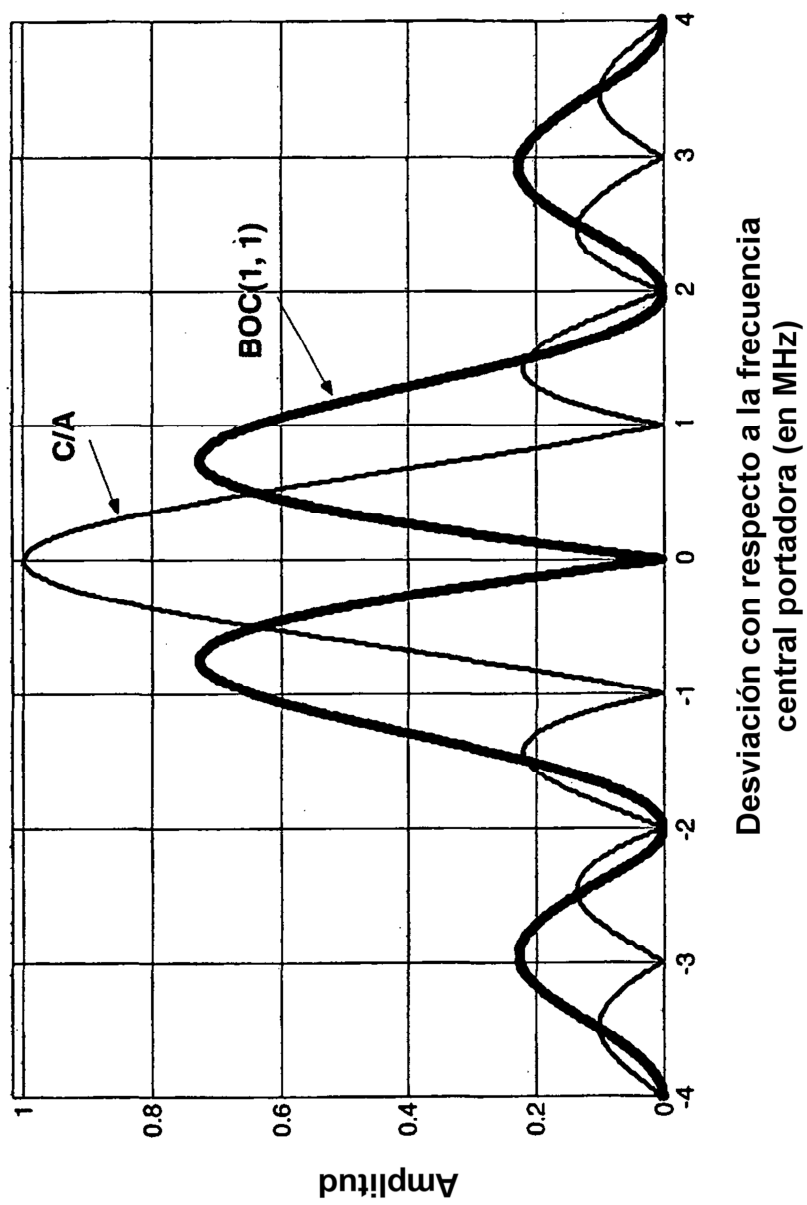


Fig. 2

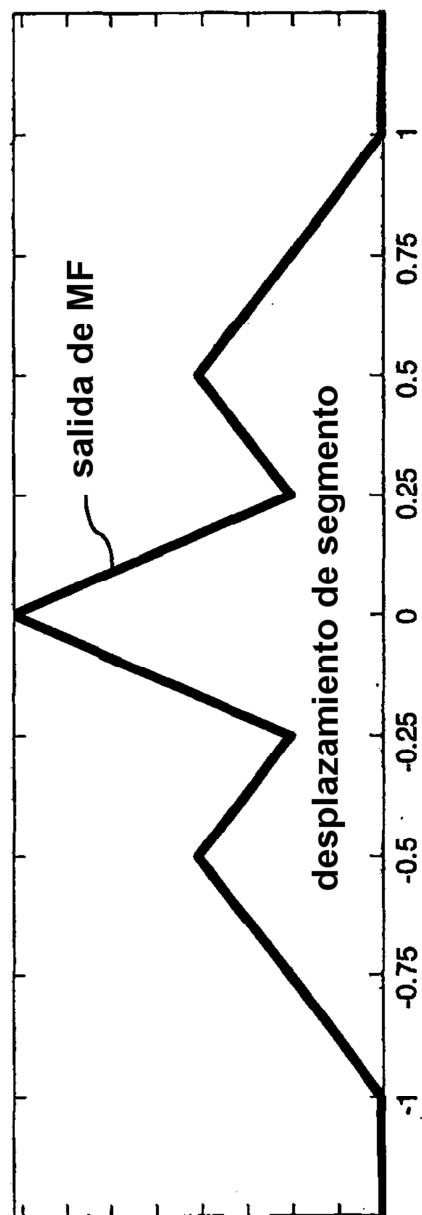


Fig. 3

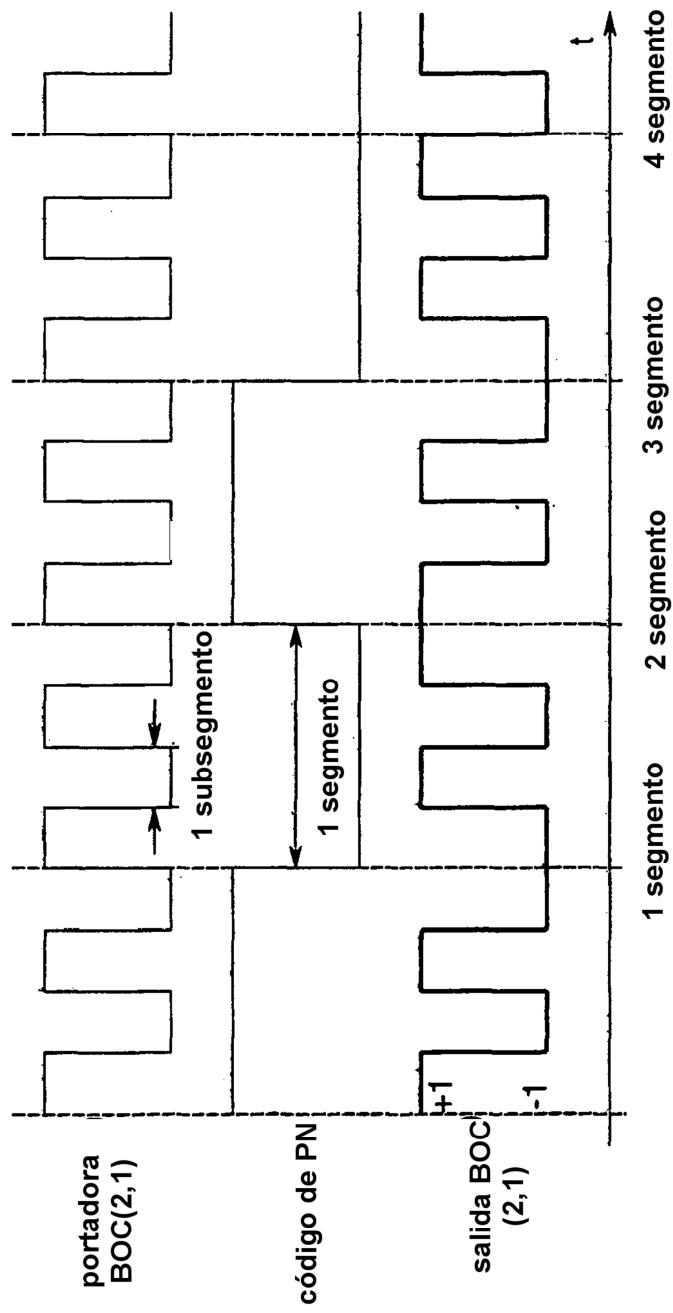


Fig. 4

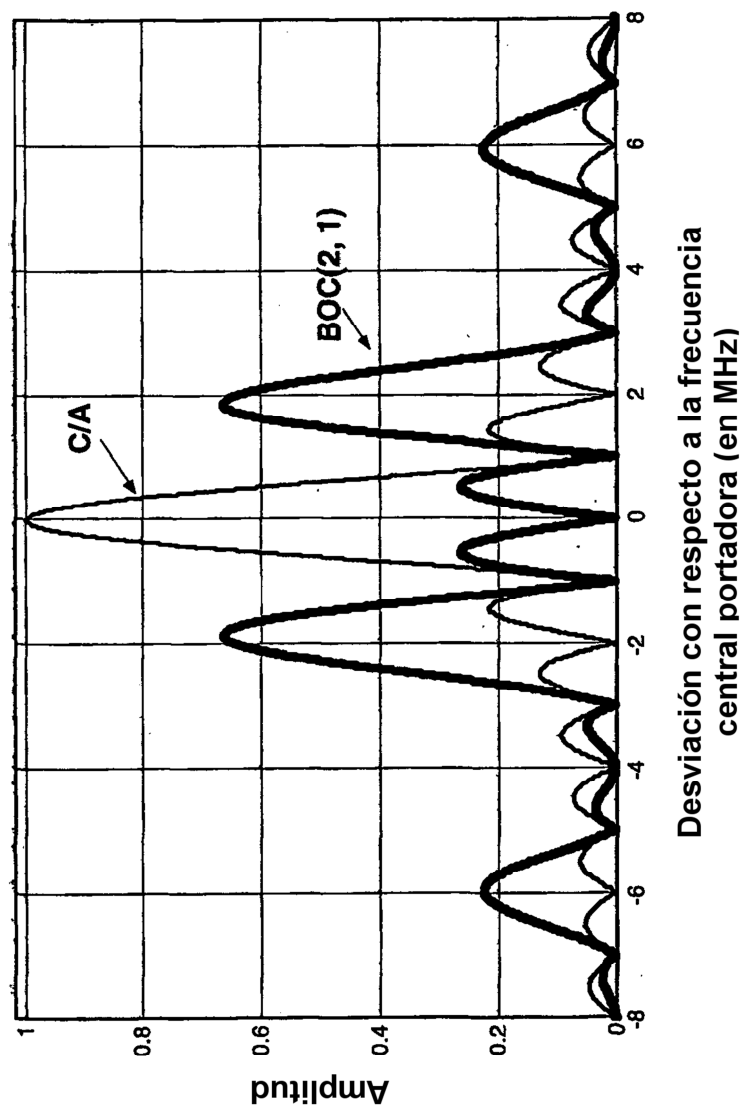


Fig. 5

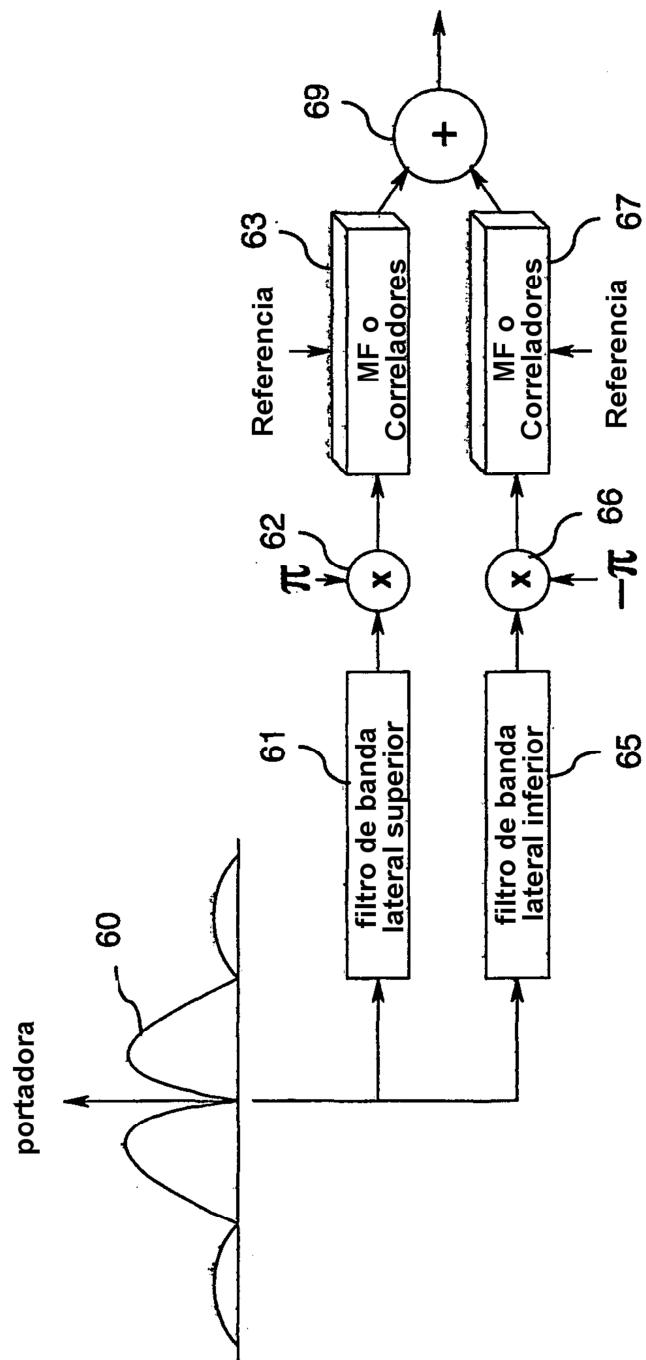


Fig. 6

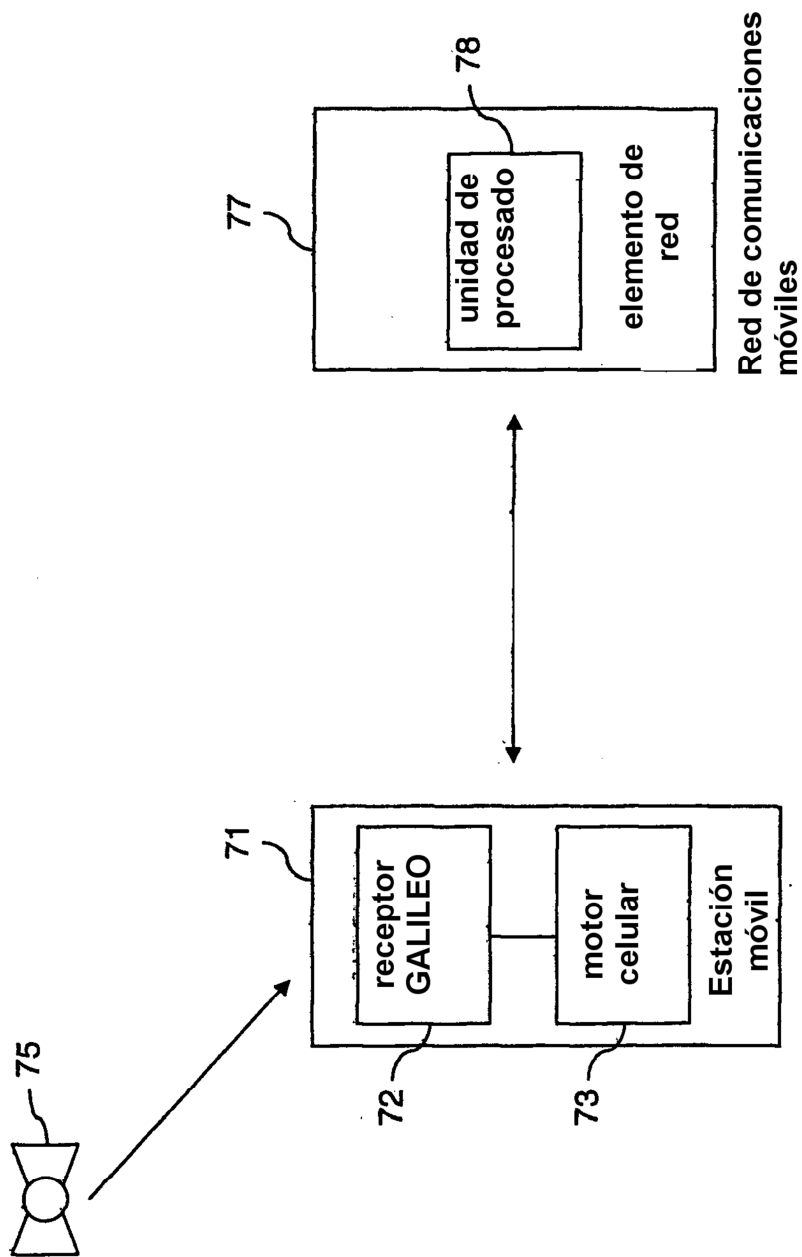


Fig. 7

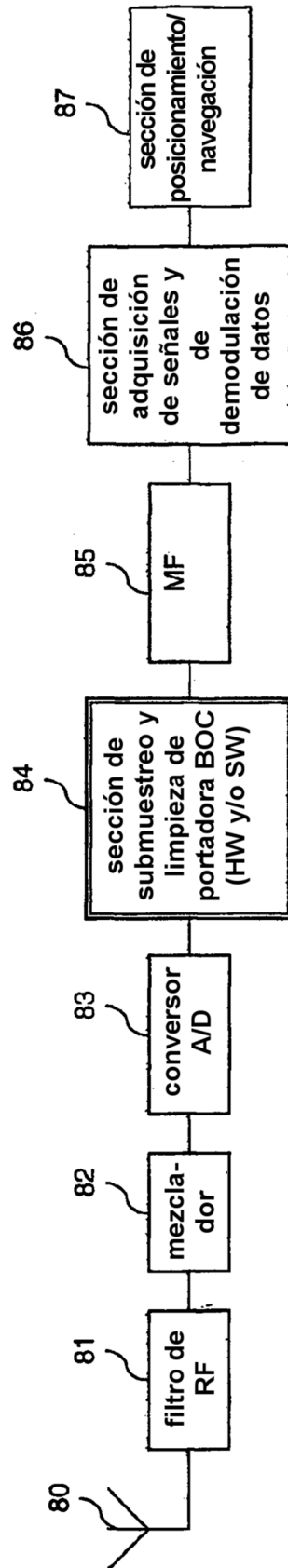


Fig. 8

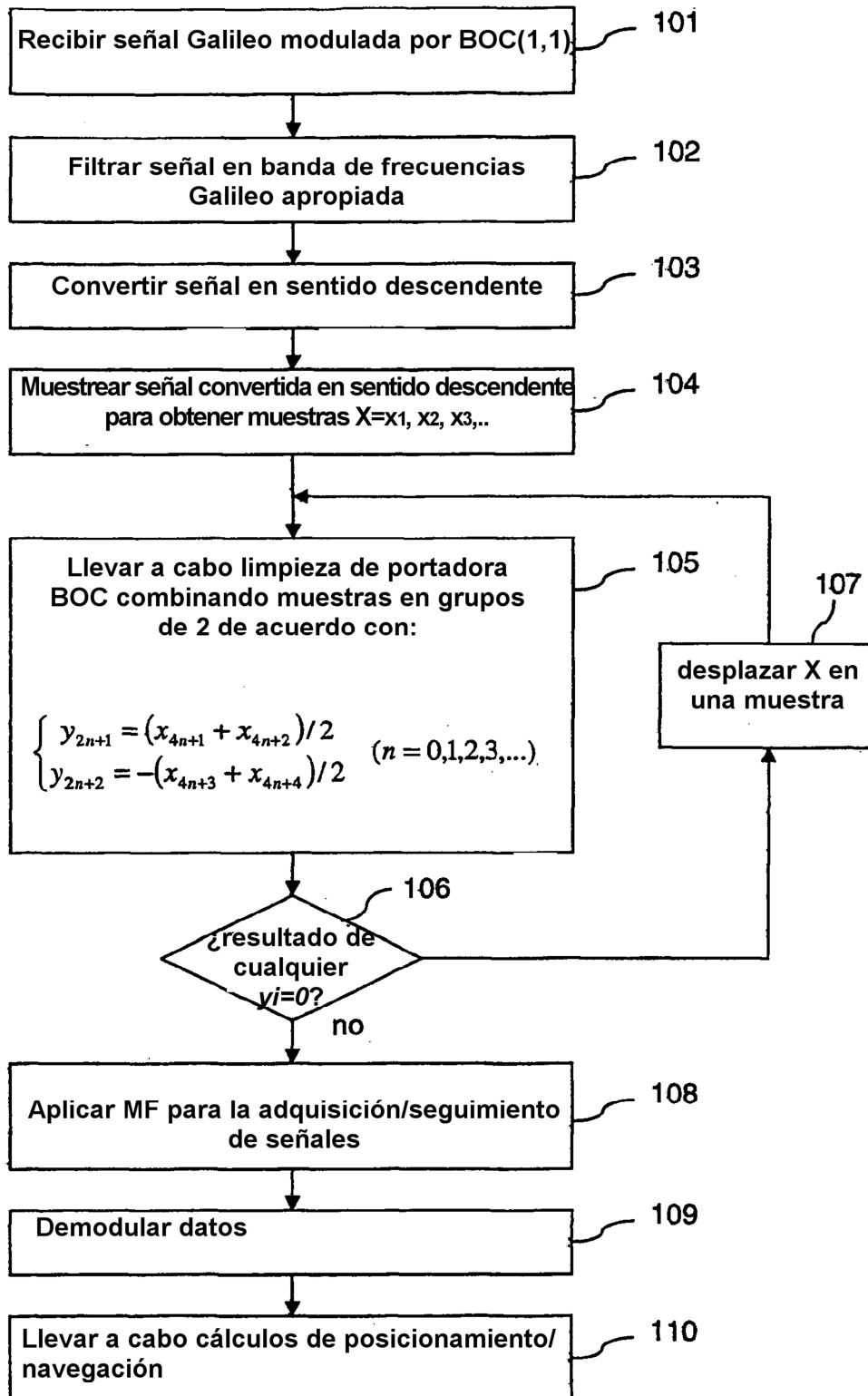


Fig. 9

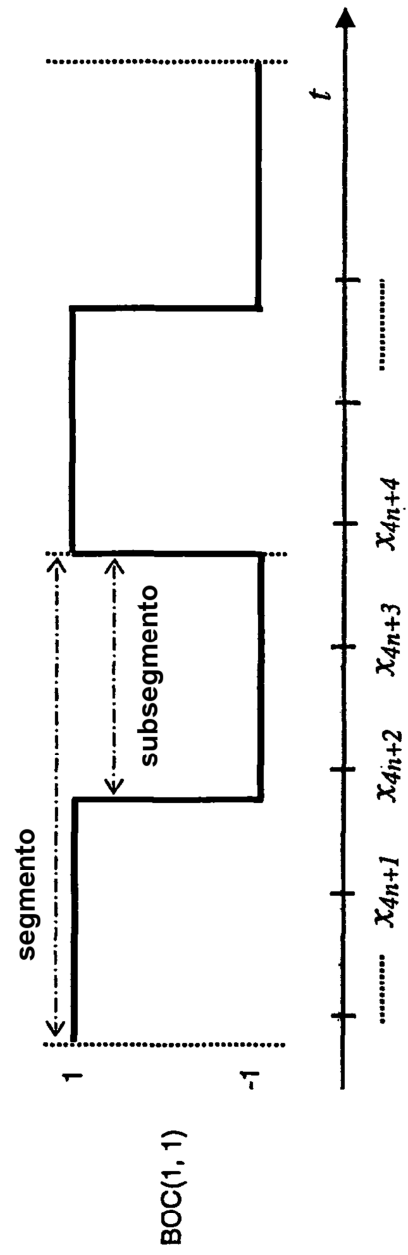


Fig. 10

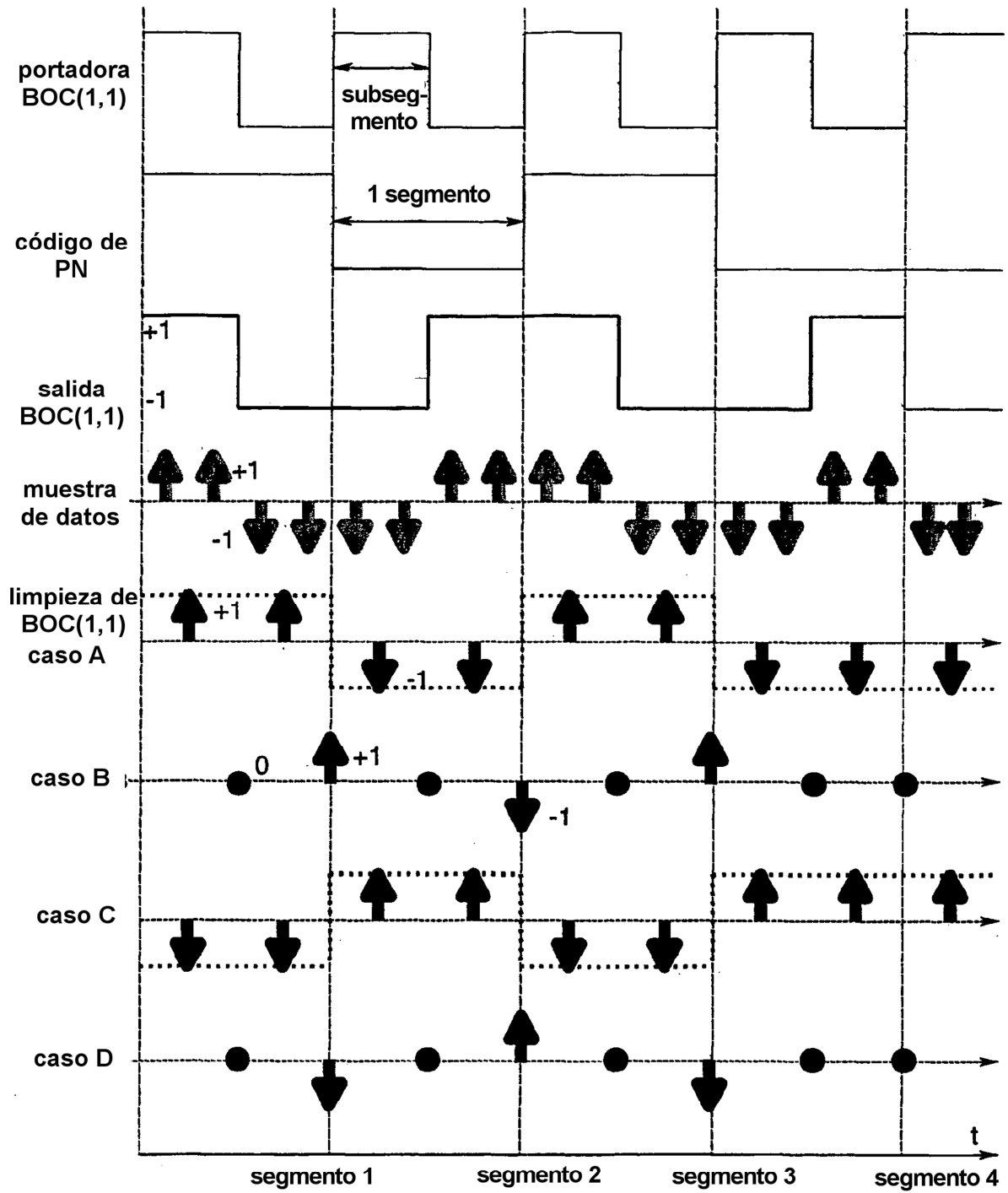


Fig. 11

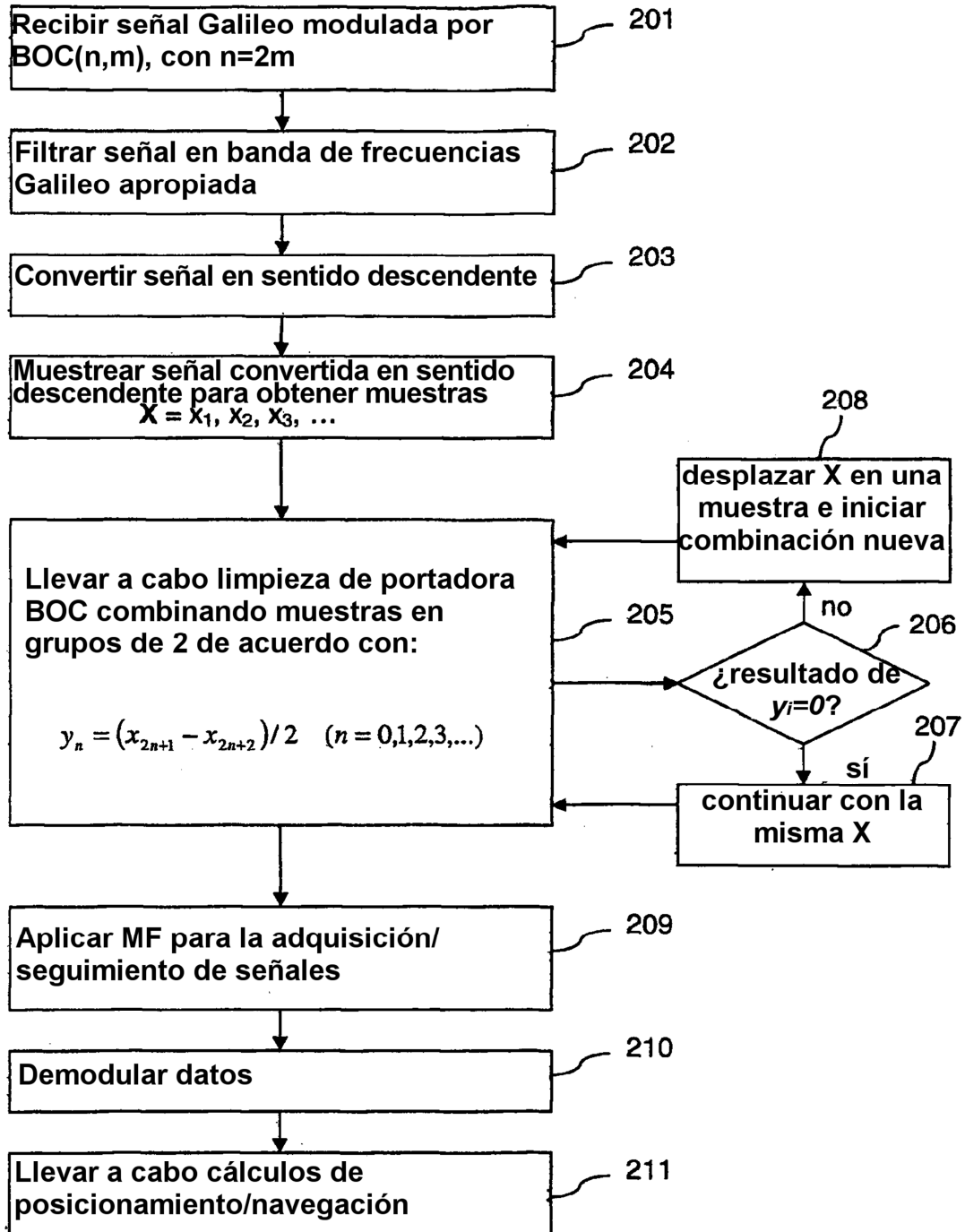


Fig. 12

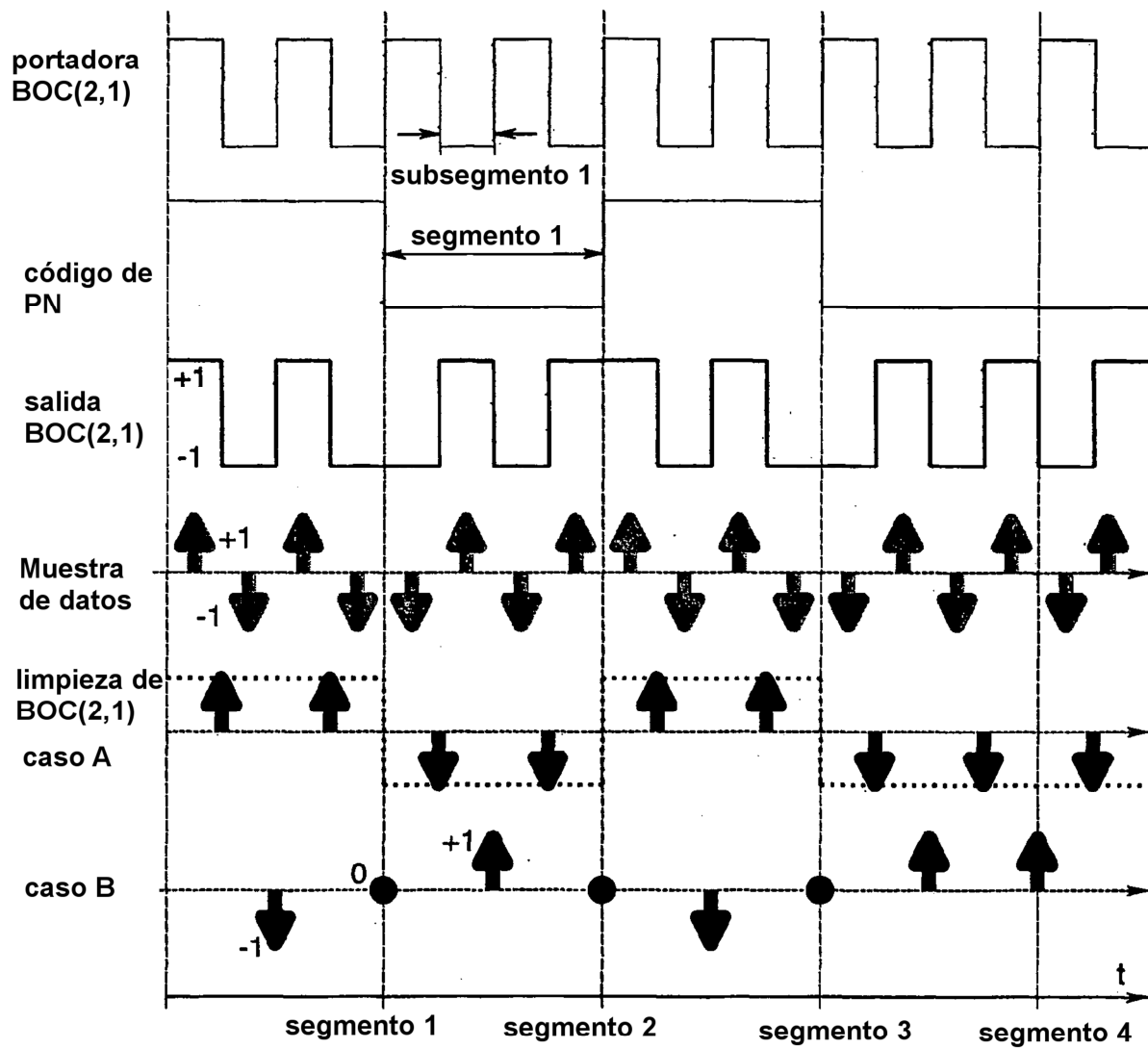


Fig. 13

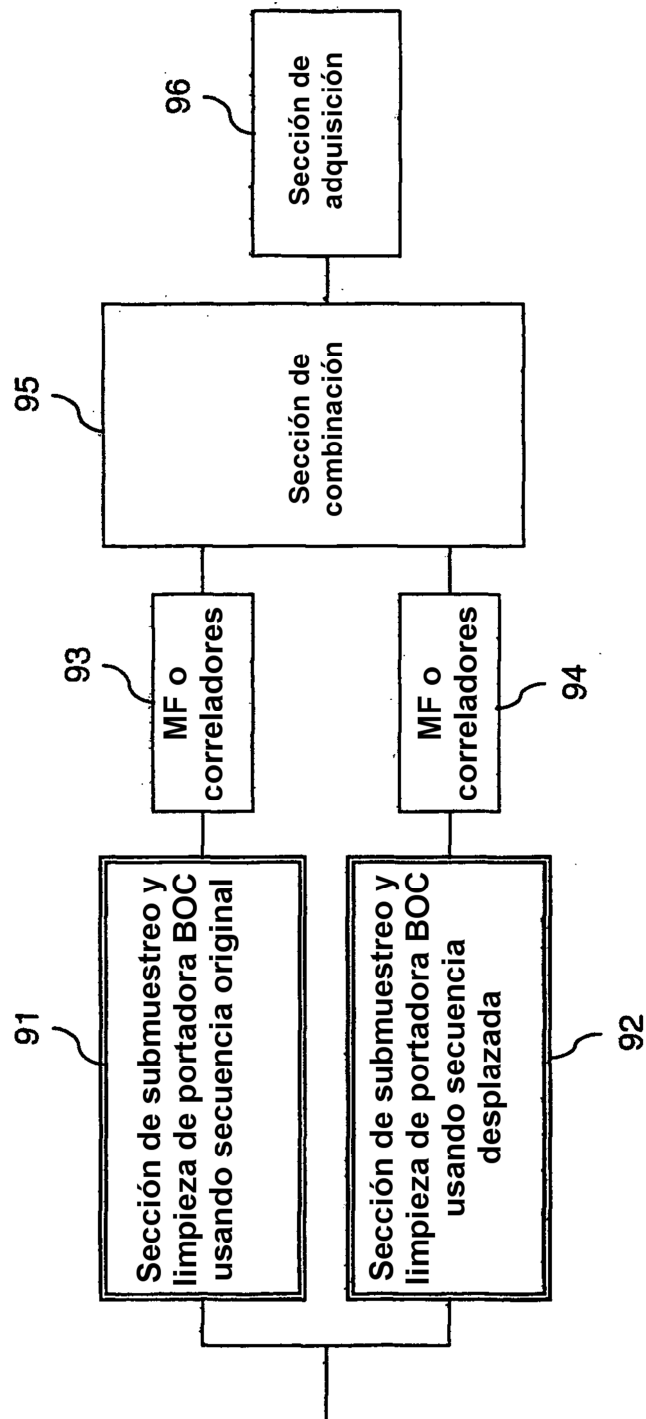


Fig. 14

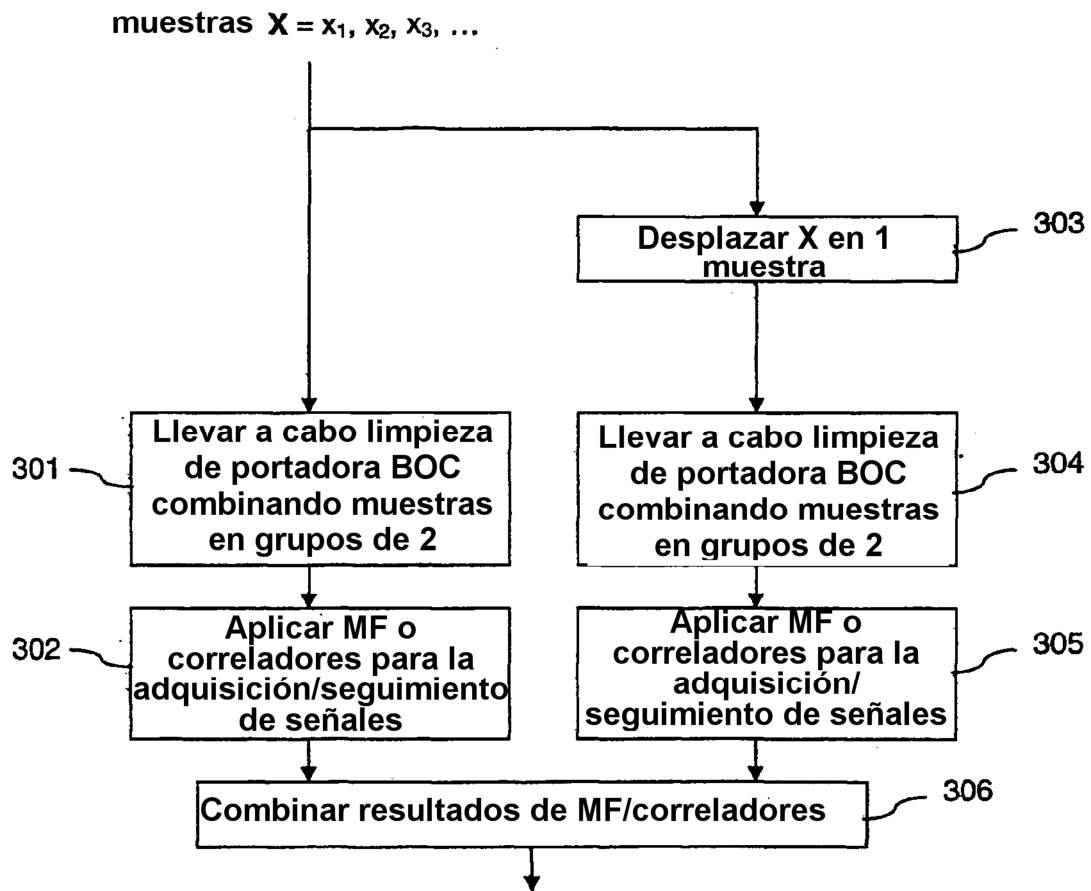


Fig. 15

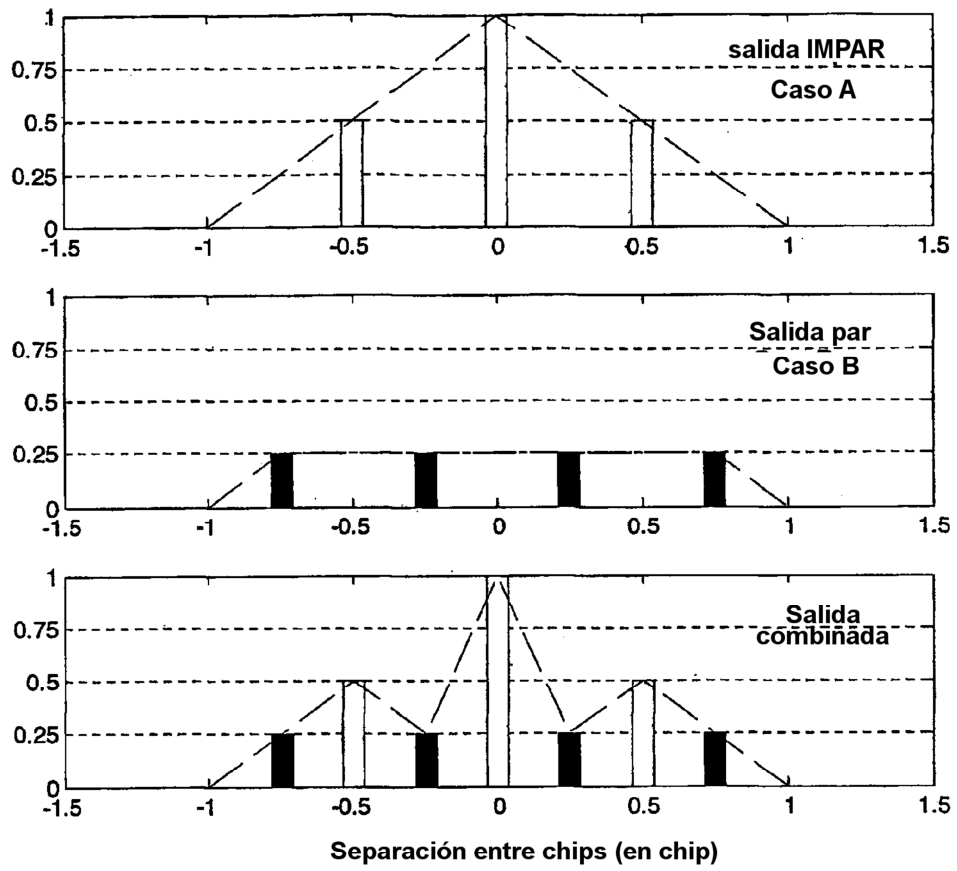


Fig. 16