

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 440**

51 Int. Cl.:

H04B 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2010** **E 10701671 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **19.10.2011** **EP 2377249**

54 Título: **Recepción de señal de radio**

30 Prioridad:

03.02.2009 DE 102009007245

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

31.01.2013

73 Titular/es:

**INNOVATIONSZENTRUM FÜR
TELEKOMMUNIKATIONSTECHNIK GMBH IZT
(100.0%)
Am Weichselgarten 5
91058 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

PERTHOLD, RAINER

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 394 440 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

Recepción de señal de radio

[0001] La presente invención se refiere a un sistema de recepción de señales de radio y a un procedimiento de recepción de señales de radio.

5 **[0002]** Los dispositivos para detectar, analizar o buscar señales de radio comprenden normalmente un sensor capaz de realizar un primer procesamiento de señal (receptor), y además a menudo medios de procesamiento separados del mismo con un segundo procesamiento de señales asistido por ordenador (dispositivo de procesamiento de señal). Entre el primer procesamiento de la señal y el segundo procesamiento de la señal, suele haber una interfaz de datos capaz de utilizar Ethernet o USB, por ejemplo, o un proceso de almacenamiento que almacena los datos detectados por el primer procesamiento de la señal en un soporte de datos, por ejemplo.

10 **[0003]** El primer procesamiento de señal en el receptor, por ejemplo, puede incluir una conversión A/ D (conversión analógico/ digital), una conversión de frecuencia por medio de un NCO (oscilador controlado numéricamente), una limitación de banda, un convertidor de velocidad de muestreo, así como un cálculo de la PSD (densidad espectral de potencia) de los espectros, o una transformada rápida de Fourier compleja (FFT), si es necesario.

[0004] El segundo procesamiento de señal, por ejemplo, puede comprender datos de grabación en un medio de almacenamiento, más un filtrado (de banda aún más estrecha) y conversión de frecuencia, la detección de señales en el espectro, y desmodulación.

20 **[0005]** El ancho de banda con el que los datos grabados de señal de radio pueden ser transmitidos a través de la interfaz y/ o almacenados se limita, por supuesto, a saber, por el ancho de banda de transmisión, la velocidad de almacenamiento y/ o, en el caso de la transformada, la potencia de cálculo de los procesamientos de señal.

25 **[0006]** Un receptor convencional del estado de la técnica, por ejemplo, emite señales a través de Ethernet o bien como señales de banda de base compleja (CBB), FFT compleja, o también como PSD (en decibelios). El procedimiento utilizado implica una serie de desventajas. A menudo, se desea marcar, extraer y desmodular una señal en la segunda etapa de procesamiento, por ejemplo, en un espectrograma almacenado. La visualización del espectrograma se lleva a cabo generalmente sobre la base de los datos PSD o FFT que el receptor da como salida. Para la extracción de una señal, sin embargo, es necesario utilizar los datos CBB, ya que no se pueden utilizar los datos FFT como tales en el procesamiento ulterior directo. Un filtro en el dominio de la frecuencia (por medio de una convolución rápida, por ejemplo) sólo es posible si el ancho de banda no se utiliza completamente. Aquí, el filtrado puede, por ejemplo, referirse a marcar una señal en el dominio del tiempo (por ejemplo, por medio de una función de ventana).

[0007] Esto provoca un esfuerzo adicional necesario, ya que ambos datos PSD/ FFT y CBB deben ser transmitidos a través de la interfaz y almacenados, por ejemplo.

35 **[0008]** WO 0137265 A1 describe un procedimiento de supresión de ruido para suprimir ruido en señales que contienen ruido de fondo en un camino de comunicación entre una red de comunicación de teléfono móvil y un terminal móvil. En particular, el documento se refiere a señales de habla y la supresión de ruido que contiene.

40 **[0009]** US 2004/0218699 A1 se refiere a un receptor inalámbrico que explora, de manera asíncrona y secuencialmente durante un tiempo de inicialización, una pluralidad de frecuencias predeterminadas para el identificador de mensaje o preámbulo especializado.

[0010] US 7,428,270 B1 se refiere a la monitorización de espectros de comunicación de radio y sugiere reenviar una señal de banda de base compleja a una sección de clasificación de modulación en el dominio del tiempo.

45 **[0011]** A partir de este estado de la técnica, es objeto de la presente invención proporcionar un receptor de señales de radio, un sistema de recepción y un procedimiento correspondiente, de modo que se aprovecha mejor el ancho de banda disponible.

[0012] Este objeto se consigue mediante sistema de recepción según la reivindicación 1 y un procedimiento para recibir según la reivindicación 10.

50 **[0013]** La presente invención se basa en el hallazgo de que la recepción y/ o la extracción de una señal de radio es más eficaz si la primera etapa de procesamiento añade una señal constante o una parte solapada de una trama de tiempo vecina por trama de tiempo, y a continuación se realiza una transformada rápida de Fourier y se hace que el resultado esté a disposición de la segunda etapa de procesamiento a través de la interfaz y/ o un proceso de almacenamiento interno. Las realizaciones de la invención también describen un formato para la transmisión de los datos entre los procesamientos de la señal primero y segundo, lo que reduce el esfuerzo de cálculo en las etapas habituales (por ejemplo, cuando se filtra) del segundo procesamiento de señal, sin

aumentar significativamente el volumen de datos y la complejidad de cálculo en el lado receptor. La serie de valores complementarios añadidos a los valores de la muestra puede ser, por ejemplo, incluir un complemento cero (un así llamado relleno cero) o también una superposición, que permita que el procedimiento de solape-suma o solape-guardar. Sólo después de que se complete la serie de valores de muestra tendrá lugar entonces una transformada de Fourier o el cálculo de los espectros PSD.

[0014] En contraste con esto, en los receptores convencionales, tanto la FFT y el PSD se calculan sin solapamiento y/ o material de relleno cero. Así, en el procedimiento propuesto, un número de ceros ajustable (o también fijo) (es decir, valores de muestra, cuyos valores de nivel desaparecen) se insertan (relleno cero) en el flujo de datos antes del cálculo de la FFT, en contraste con lo que se hacía anteriormente. Como alternativa, las ventanas de tiempo de la muestra pueden superponerse, lo que significa que un número ajustable o también fijo de valores de muestras ocurren varias veces en segmentos sucesivos. Después de la FFT, ahora los datos de salida del cálculo de FFT se transmiten a través de las interfaces.

[0015] De acuerdo con una realización, el sistema de recepción utiliza la así llamada convolución rápida (la así llamada convolución de alta velocidad), con el fin de ser capaz de calcular dichos filtros de canal de banda estrecha de una manera claramente más eficaz que en el dominio del tiempo. Como ya se ha mencionado, es ventajoso aquí calcular la primera DFT (transformada discreta de Fourier) en el propio receptor, por ejemplo para un procedimiento de solape-suma o un procedimiento de solape-guardar.

[0016] La señal así generada sigue siendo adecuada para la visualización de los espectrogramas, ya que los ceros insertados (es decir, los ceros de relleno) o la adición de proporciones superpuestas de tramas de tiempo vecinas sólo aumenta la resolución de frecuencia, sin por ello cambiar la señal.

[0017] Por lo tanto, en particular, las señales de banda estrecha parciales, por ejemplo, pueden ser adquiridas de la señal con poco esfuerzo de cálculo comparativamente con la ayuda de una variante de la convolución de alta velocidad mediante la multiplicación de los datos FFT completados por una función de filtro adecuada y luego suministrarlas a una transformada inversa rápida de Fourier (IFFT). Las señales de salida de la IFFT se pueden combinar, en función de la variante que completa, es decir el relleno con ceros o la adición de proporción superpuesta, por medio de los llamados procedimiento de solape y suma o procedimiento de solape y guardar.

[0018] El esfuerzo de post-procesamiento se reduce drásticamente comparativamente - en particular porque la capacidad de cálculo en el segundo procesamiento de señales, que está generalmente basado en un microprocesador, es claramente más caro que en la primera etapa de procesamiento de señales, que por lo general está basado en FPGA (FPGA = *field programmable gate array*).

[0019] Algunas realizaciones preferidas de la presente invención se explicarán con mayor detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1a es un diagrama de bloques de un receptor para una señal de radio de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 1b es un diagrama de bloques de un sistema de recepción con un receptor de acuerdo con una realización y un dispositivo de procesamiento posterior;

La figura 2 es una ilustración esquemática de una convolución circular de dos señales;

La figura 3 es una ilustración esquemática de una convolución circular de dos señales complementadas;

La figura 4 es una ilustración esquemática del procedimiento de solape-suma; y

La figura 5 es una ilustración esquemática del procedimiento de solape-guardar.

[0020] Con respecto a la siguiente descripción, se ha de señalar que, en las diferentes formas de realización, los elementos funcionales iguales o que actúan de manera similar tienen los mismos números de referencia, y por lo tanto las descripciones de estos elementos funcionales en las distintas realizaciones ilustradas posteriormente son mutuamente intercambiables.

[0021] La figura 1a muestra un diagrama de bloques de un receptor 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. El receptor 100 para una señal de radio 105 comprende medios para proporcionar 110, medios para generar 120, medios para calcular 130, y medios para añadir 140.

[0022] Los medios para proporcionar 110 proporcionan una serie de valores de muestras 115 a partir de la señal de radio 105. Se encarga de la digitalización de la señal de radio analógica, se materializa en forma cableada, por ejemplo, y puede incluir una antena 300, un terminal 103 para una antena externa 300, un oscilador, un mezclador y/ o un convertidor D/ A, por ejemplo.

[0023] Los medios para proporcionar 110, por ejemplo, pueden realizar el muestreo de una señal de radio 105 continua, en el que el muestreo se realiza a una frecuencia de muestreo determinada. Los valores de la muestra, segmentados en intervalos de tiempo y/ o tramas de tiempo, pueden ser procesados más tarde.

[0024] Los medios para generar 120 generan una señal muestreada complementaria 125 mediante la extensión de la serie de valores de muestras 115, a nivel de trama de tiempo con una señal constante de valores complementarios, tales como ceros, o una porción que se solapa de una trama de tiempo vecina.

[0025] En el primer caso, la extensión se puede realizar mediante la adición de una serie de valores cero (un valor de muestra o valor de nivel que va desapareciendo) a la serie de valores de muestras en la trama de tiempo respectivo, ya sea en el borde frontal o posterior de la trama de tiempo. Por ejemplo, las tramas temporales quedan entonces dispuestas de forma contigua temporalmente sin ningún solapamiento.

[0026] En el segundo caso, la extensión se puede hacer añadiendo un número predeterminado de valores de muestras de la serie de valores de muestra desde la trama de tiempo anterior hasta el borde frontal de la trama de tiempo respectiva, o un número predeterminado de valores de muestras de la serie de valores de muestra desde la trama de tiempo posterior hasta el borde posterior de la trama de tiempo respectiva. De este modo, las tramas de tiempo así extendidas se solapan temporalmente con el número predeterminado.

[0027] Por ejemplo, los medios para generar 120 funcionan de modo que la longitud de las tramas de tiempo complementadas y/ o extendidas es una potencia de dos.

[0028] Los medios para calcular 130 calculan una transformada de Fourier de la señal muestreada 135 y, en particular, están configurados para realizar una transformada rápida de Fourier en la señal de muestra complementada 125 trama de tiempo por trama de tiempo.

[0029] Los medios para añadir 140 añaden finalmente la transformada de Fourier de la señal muestreada 135 a un flujo de datos 145, a fin de emitir el flujo de datos a través de una interfaz externa del receptor 100 a un dispositivo externo, o almacenar el flujo de datos en una memoria interna del receptor 100.

[0030] Preferentemente, los medios 120, 130 y 140 están cableados o se implementan en una lógica programable.

[0031] Por lo tanto, el flujo de datos generado 145 contiene los datos redundantes que resultan de la serie de valores complementarios y es capaz de ser utilizado por la segunda etapa de procesamiento de una manera ventajosa, para formar la extracción descrita anteriormente de una señal de la señal de radio 105 (por ejemplo, a través de la convolución de alta velocidad), por ejemplo. Esto se explicará con mayor detalle a continuación.

[0032] Antes, sin embargo, se describe un sistema de recepción con el receptor de la figura 100 sobre la base de la figura 1b. El sistema de recepción incluye el receptor 100 de la figura 1a con una etapa de recepción 110 como medios para proporcionar 110, un convertidor serie/ paralelo 120 como medios para generar 120, un módulo FFT 130 como medios para calcular 130, una memoria opcional 140a, y una interfaz externa 140b, a la cual el módulo FFT 130 puede emitir los datos calculados en los mismos, y que por lo tanto funcionan como medios para añadir 140 mediante la adición de los datos que se van obteniendo a los datos previamente obtenidos.

[0033] A través de la interfaz externa 140b, que por ejemplo puede incluir una interfaz USB o una interfaz Ethernet, el receptor 100 está acoplado al dispositivo de procesamiento posterior 200. Este último está formado preferentemente como un procesador programable 210, con el fin de ser capaz de procesar posteriormente los datos transmitidos desde el receptor 100 tal como se describe después. En particular, está formado de manera que multiplica las tramas de tiempo transformadas (complementadas) en el dominio espectral por la función de transferencia de un filtro o la transformada de Fourier de una señal buscada, por ejemplo, con el fin de someter entonces el resultado a una IFFT, después de lo cual las tramas temporales se ensamblan en el dominio del tiempo. Los detalles se describen a continuación. Opcionalmente, el dispositivo de post-procesamiento 200 también puede comprender una memoria 220 (por ejemplo, un disco duro).

[0034] La transmisión del flujo de datos 145 entre el receptor 100 y el dispositivo de post-procesamiento 200, por ejemplo, puede tener lugar por medio de un cable con conexiones de enchufe o también en forma inalámbrica, por ejemplo por medio de WLAN.

[0035] La transformada discreta de Fourier (DFT) $S[m]$ de una serie de tiempo discreto finita $s[k]$ de la longitud K se puede escribir generalmente como

$$S[m] = \sum_{k=0}^{K-1} s[k] W_K^{mk}$$

[0036] La DFT inversa se calcula entonces correspondientemente según

$$s[k] = \frac{1}{K} \sum_{m=0}^{K-1} S[m] W_K^{-mk}$$

donde $W_K = e^{-j2\pi/K}$. El teorema de desfase de la DFT establece que un cambio en el dominio del tiempo provoca una multiplicación del espectro de una serie no desplazada en el tiempo por un término de fase lineal, es decir

$$s[k-i] \xrightarrow{\text{DFT}} W_K^{m \cdot i} S[m].$$

5

Sin embargo, el desplazamiento debe ser un número entero de muestras, es decir $i \in \mathbb{Z}$. Un desplazamiento del espectro de la frecuencia angular en el dominio del tiempo también corresponde una modulación con esta frecuencia, es decir,

$$W_K^{-k \cdot l} s[k] \xrightarrow{\text{DFT}} S[m-l].$$

- 10 **[0037]** Con el fin de filtrar las señales de banda base complejas $s_1[k]$ a $s_L[k]$ cada una con un filtro pasa bajos con una respuesta de impulso finito $h_i[k]$, se puede utilizar convolución de alta velocidad a nivel de bloque, donde la señal $s_n[k]$ ($n = 1, \dots, L$) a filtrar se divide en segmentos de longitud N cada uno. Puede hacerse la convolución de cada segmento con la respuesta de impulso finito $h_i[k]$ de la longitud M , y a continuación los segmentos filtrados pueden ser de nuevo unidos de manera apropiada. Si un segmento $S_N[k]$ ($n = 1, \dots, L$) de la señal a filtrar tiene la longitud N , y la respuesta de impulso $h_i[k]$ tiene la longitud M , la convolución lineal de estas dos series tiene longitud finita de $(N + M - 1)$. Puesto que la DFT de la convolución de las dos series, que tiene una longitud de $(N + M - 1)$ valores de muestra, está para describir la DFT de la convolución lineal de $s_n[k]$ y $h_i[k]$, la DFT de un segmento de la señal $s_n[k]$ ($n = 1, \dots, L$) a filtrar y $h_i[k]$ para esta longitud $(N + M - 1)$ se debe calcular en cada caso. Es decir, tanto los segmentos de $s_n[k]$ ($n = 1, \dots, L$) como de $h_i[k]$ se extienden ventajosamente con una serie de
- 15
20

[0038] Este problema se describe con un poco más de detalle a continuación.

- [0039]** La figura 2 muestra una ilustración esquemática de una convolución de una primera señal muestreada A con una segunda señal B. La primera señal A puede, por ejemplo, incluir la serie de valores de muestra 115, que se ilustran en su secuencia temporal en la figura 2. En el ejemplo mostrado, un segmento de tiempo comprende N valores de muestra (donde $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ numeran los valores de tiempo discretos). Un primer valor de muestra 115a, un segundo valor de muestra 115b hasta un quinto valor de muestra 115e comprenden un valor $A=1$. A continuación, hay tres valores de muestras que tienen un valor cero. El ejemplo mostrado se refiere al caso de los ocho valores de muestra que se están adoptando por segmento de tiempo. Esto es meramente un ejemplo, en el que a menudo es ventajoso que el número de valores de muestras por cada segmento de tiempo sea una potencia de 2, es decir, $N = 2^1, 2^2, 2^3, \dots$
- 25
30

[0040] La segunda señal B también comprende cinco muestras distintas de cero, en la que los valores de las muestras en la señal B tienen el valor de 1 en los instantes de tiempo $n = 3$ a $n = 7$, y en los valores restantes son cero. En la parte inferior de la figura 2, finalmente, se muestra el resultado de la convolución C ($C = A * B$), que se calcula mediante:

$$C(n) = \sum_{m=0}^{N-1} B(m) \cdot A(n - m).$$

35

- [0041]** En la ejecución por segmentos de la convolución, se realiza típicamente una convolución circular, lo que significa que los valores de muestra representados en el segmento de tiempo $n = 0$ a $n = N$ se siguen periódicamente, lo que es equivalente a la suposición de que estos valores de muestra están sobre un círculo. Mientras las señales dentro del segmento estén suficientemente localizadas, los bordes tienen una influencia casi nula o nula en el resultado. Tal como se muestra en la figura 2, sin embargo, el así llamado efecto envolvente hace que las señales se envuelvan alrededor del círculo y corrompan el resultado de convolución.
- 40

Esta corrupción de la señal C está dada por la señal en la ubicación $n = 3$, que se obtiene mediante la adición de dos formas de onda ilustradas con líneas de trazos. Esta adición de valores debido a la "envolvente de señales" alrededor del círculo es indeseada y corrompe el resultado. Con el fin de obtener los artefactos que de ello se derivan, se utilizan los así llamados relleno de ceros o complementos de ceros.

[0042] La figura 3 ofrece una ilustración esquemática de un relleno con ceros que no comprende el artefacto descrito en la figura 2. En comparación con las señales muestreadas que se ilustran en la figura. 2, el número de valores de muestra en la figura 3 se ha aumentado de $N = N_1$ a N_2 . Los valores de muestra adicionales (=valor complementario) se rellenan con ceros, de manera que los valores cero para las señales A y B fueron tomados entre cada uno de los instantes de tiempo $n = N_1$ y $n = N_2$. Las señales muestreadas complementadas A y B así obtenidas se ilustran en los dos gráficos superiores de la figura 3. Cuando se realiza la convolución, con la utilización de estas señales complementadas en la muestra, se puede ver que no se produce la superposición que se ilustra en la figura 2, y que en su lugar el resultado de la convolución tiene un máximo de $C = 5$ en la ubicación $n = 7$, y la señal de convolución cae monótonamente a ambos lados, a partir de este máximo hasta llegar a cero en $n = 2$ y/ o en $n = 12$. En el ejemplo mostrado en la figura 3, el segmento de tiempo comprende $N_1 = 8$ muestras de tiempo, y el segmento de tiempo complementado comprende $n_2 = 16$ muestras. Igual que en la figura 2, también se asume en la figura 3 que las señales complementadas son otra vez periódicas en el tiempo, lo que a su vez equivale a que los valores de la muestra están sobre un círculo.

[0043] La convolución ilustrada, por ejemplo, puede ser necesaria si la señal de tiempo debe separarse dentro de una ventana de tiempo determinada (que se encuentra dentro de un segmento de tiempo, por ejemplo). La separación puede tener lugar aquí por medio de una función de ventana, que corta la ventana de tiempo de interés y establece todas las demás muestras de tiempo a cero. Después de la transformación en el dominio de la frecuencia, la aplicación de la función de ventana corresponde a una convolución, donde la transformada de Fourier de la señal de salida tiene que ser convolucionada con la transformada de Fourier de la función de ventana. Si la señal o el filtro llena completamente la banda de frecuencia en el dominio de la frecuencia, se desarrolla el artefacto ilustrado en la figura 2. Este es el problema descrito al principio, que se resolvió con anterioridad gracias a que las señales de banda de base se tienen que transmitir al mismo tiempo junto con los valores de muestra transformados con Fourier a la segunda etapa de procesamiento para extraer una señal de tiempo. Por lo tanto, la inserción de los ceros tiene el efecto de permitir realizar correctamente la convolución en el dominio de la frecuencia, sin producir artefactos.

[0044] La figura 4 ilustra el procedimiento de solape-suma, que se aplica, en una realización, por los medios para generar 120 una señal muestreada complementada 125 (tal como se muestra en la figura 3). Los medios para proporcionar 110 proporcionan una serie de valores de muestras 115, que incluyen la serie de valores de muestras segmentos de tiempo (tramas temporales) las cuales, a su vez, se pueden ensamblar para la señal de radio completa 105. La señal de radio muestreada incluye por lo tanto los valores de la muestra $x(n)$, que son segmentados en segmentos de tiempo, y con cada uno de los segmentos de tiempo que comprenden N_1 muestras. Los valores de muestras segmentados $x_k(n)$ ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$) se tratan individualmente. En formas de realización, los valores de muestra adicionales se añaden a cada segmento de tiempo, de modo que un segmento dado no sólo incluye los valores de la muestra $x_k(n)$, si no, además, también un número de ceros. Específicamente, pueden haber, por ejemplo, N_1 valores de muestra x_k en un segmento, y los segmentos se amplían a un total de N_2 valores de muestras mediante la adición de ceros adicionales a los N_1 valores de muestra. Los valores cero insertados o complementados pueden insertarse, por ejemplo, en el borde temporalmente posterior del segmento después del último valor de muestra. De este modo, cada uno de los segmentos se hace mayor, de modo que se desarrolla la superposición que se muestra en la figura 4.

[0045] La figura 4 muestra una primera serie de valor de muestra complementado 125a en un primer segmento X_1 , una segunda serie de señales muestreadas complementadas 125b en un segundo segmento de X_2 , y una tercera serie de señales muestreadas complementadas 125C en un tercer segmento X_3 .

[0046] Los segmentos de tiempo complementados X se solapan por M valores de muestra que han sido puestos a cero. Por lo tanto, los valores cero no desempeñan ningún papel en la adición de los X segmentos de tiempo. Sin embargo, puesto que el procesamiento adicional en el dispositivo de procesamiento de señal 200 se lleva a cabo continuamente usando los X segmentos de tiempo, los valores cero son importantes a fin de evitar el efecto de borde que se describe en la figura 2. En otras realizaciones, los valores cero no pueden ser añadidos en el borde posterior temporalmente, si no que también es posible añadir los ceros en el borde temporal anterior. Del mismo modo, también se pueden añadir ceros en la parte posterior temporalmente y en el borde frontal temporalmente. El efecto de los ceros añadidos consiste generalmente en el hecho de que, en cierto modo, los bordes se desplazan más lejos, de modo que pueden evitarse los efectos de borde.

[0047] Para cada uno de los segmentos de tiempo complementados X, se puede calcular ahora una transformada de Fourier, o también los espectros PSD. Como resultado, se obtiene la transformada de Fourier de señales muestreadas, que a su vez se combinan en una serie de segmentos. Esta serie de segmentos forma la corriente de datos 145, que se reenvía al dispositivo de procesamiento de señal 200 con el fin de realizar allí el filtrado, por ejemplo. Después del filtrado, los datos pueden volver a transformarse en el dominio del tiempo mediante una transformada inversa de Fourier. Todas estas operaciones se pueden realizar de una manera por

segmentos y se obtienen como resultado los segmentos $Y_1, Y_2, Y_3, \dots$. En la transformada discreta de Fourier, se calcula el mismo número predeterminado de valores de transformada de Fourier para un número predeterminado de valores de muestra, donde los números predeterminados coinciden en ambos casos. Esto conduce a que los segmentos transformados también contienen N_2 valores, donde los valores transformados se calculan a partir de todos los X valores de la muestra, de modo que las señales muestreadas transformados por Fourier no incluyen ningún cero. Sin embargo, puesto que la transformada de Fourier, el filtrado, la transformada inversa de Fourier y la complementación de la serie de valores de muestra representan operaciones lineales, los valores de los Y segmentos individuales también pueden añadirse de nuevo con el fin de obtener de nuevo una señal de tiempo.

[0048] La multiplicidad de los segmentos transformados pueden, por ejemplo, ser transmitidos sucesivamente (sin solapamiento) y forman así el formato de datos de acuerdo con una forma de realización entre el procesamiento de señal primero y segundo.

[0049] A fin de evitar el efecto de borde negativo ilustrado en la figura 2, tiene sentido que los M valores de muestra adicionales (valores cero) se elijan con el fin de ser lo suficientemente grande, y también que el número resultante N_2 de valores de muestra represente de nuevo una potencia de 2. Por ejemplo, N_2 puede representar 4.096 valores de muestra, donde N_1 incluye sólo 1.024 valores de muestras.

[0050] La figura 5 ilustra el procedimiento de solape-guardar, que se realiza por los medios 120 para generar una señal muestreada 125 complementada, en una realización adicional. Aquí, se generan de nuevo segmentos de tiempo complementados X , en el que los M valores de muestra adicionales no son valores cero en esta forma de realización, sino que corresponden a los valores muestreados de la señal de radio 105 en este instante de tiempo. Esto conduce al hecho de que los M valores de muestras se muestrean dos veces. Por ejemplo, los últimas M valores de muestras de la señal de radio se insertan en el primer segmento de tiempo X_1 . Los mismos M valores de muestras también se encuentran en el segundo segmento de tiempo X_2 como los primeros M valores de muestras. Los segmentos de tiempo complementados así generados pueden ser de nuevo suministrados a una transformada de Fourier o una transformación en espectros PSD y luego ser combinados para el flujo de datos 145 y suministrados al dispositivo de procesamiento de señal 200. En el dispositivo de procesamiento de la señal 200, por ejemplo, el filtrado puede llevarse a cabo de nuevo, seguido por una transformada inversa de Fourier. Estas operaciones también pueden ser ejecutadas de una manera por segmentos como antes, con los segmentos $Y_1, Y_2, Y_3, \dots$ desarrollándose en el dominio del tiempo al final. En la realización mostrada en la figura 4, los segmentos transformados o los valores de muestra transformados en los segmentos se podrían simplemente añadir, lo cual no es posible aquí debido a que los M valores de muestras se han muestreado dos veces. Con el fin de compensar esto, se descartan las primeras M muestras en el procedimiento de solape-guardar después del filtrado.

[0051] En ambas realizaciones, tal como se ha indicado, los datos de salida obtenidos a partir de la transformada discreta de Fourier se pueden transmitir a un ordenador (segunda etapa de procesamiento 200), que realiza el post-procesamiento mediante la interfaz 140b. El procesamiento posterior puede, por ejemplo, incluir aquí la multiplicación por una función de filtro $H(z)$, una transformada inversa en el dominio del tiempo, y también la aplicación del correspondiente procedimiento solape-suma o solape-guardar.

[0052] El formato de datos de acuerdo con formas de realización incluye por lo tanto los datos de salida de las X señales transformadas en el dominio de la frecuencia ($x_{k-i}(n)$ más los valores complementarios).

[0053] Así, las realizaciones también describen particularmente un formato de datos para el almacenamiento de señales digitalizadas de radio para proporcionarlas para un procesamiento posterior. Mediante la adición de la redundancia adicional (muestreo doble o valores cero adicionales), es posible extraer señales del dominio del tiempo, por ejemplo en el dominio de la frecuencia (por ejemplo, con medios de convolución), sin requerir la transmisión adicional de la señal de banda base. Así, las realizaciones difieren de los dispositivos convencionales en que los datos de banda de base I/Q se utilizan para los contenidos, y los espectros (PSD o FFT) se utilizan para la visualización y detección de señales. Este procedimiento es una práctica común en los fabricantes, en particular para dispositivos y receptores de inteligencia de señales. Así, las realizaciones difieren de este enfoque convencional en que un receptor emite valores de FFT después de relleno con ceros y registra y/ o transmite estos valores. Un receptor 100 de señales de radio 105 de acuerdo con la invención ofrece así datos FFT rellenos con ceros a su salida de interfaz 140b para su posterior procesamiento.

[0054] Para el caso en que se tiene que calcular un filtro de banda comparativamente estrecha, la función de transferencia $H(z)$ puede elegirse de manera que tenga muchos ceros hacia los bordes. En este caso, se puede calcular una transformada inversa acortada, y por lo tanto se evita un esfuerzo de cálculo adicional. Por ejemplo, si se calculan 4096 puntos en la transformada de Fourier en el receptor, sólo tienen que ser calculados 1024 puntos en la transformada de Fourier inversa durante la evaluación. Por lo tanto, estas realizaciones también describen una división del trabajo entre el receptor (relleno con ceros y transformada en el dominio de la frecuencia) y el post-procesado, que incluye ponderar con la función de filtro $H(z)$, transformadas inversas en los dominios de tiempo, así como el solape-adición.

[0055] Las realizaciones se pueden usar así para la monitorización de radio (el almacenamiento y la evaluación de las señales de radio, por ejemplo), y también para la inteligencia de la señal. Como ya se ha descrito anteriormente, las realizaciones evitan la desventaja de los procedimientos convencionales, en los que el filtrado en el dominio de la frecuencia es posible sólo si el ancho de banda no se utiliza completamente, de modo que se evitan los efectos de borde descritos anteriormente. La transformada discreta de Fourier utilizada aquí no es lineal (es decir, infinitamente larga y no periódica), sino más bien circular. Los valores de ejemplo para el número de valores de muestras puede indicarse tal como sigue: N_1 puede incluir 1024, 2048 o 3072 valores de muestras, por ejemplo, y N_2 puede incluir 3.072, 4.096 o 5.220 valores de muestras, por ejemplo. Por lo tanto, con el fin de ser capaz de realizar la convolución de alta velocidad, tiene sentido aquí que N_1 y N_2 , sean potencias de dos, y generalmente N_2 debe elegirse de modo que sea suficientemente grande, donde al mismo tiempo hay que señalar que si N_2 se elige demasiado grande aumenta claramente la cantidad de datos, sin ofrecer ninguna ventaja adicional. Correspondientemente, debe encontrarse un compromiso con el fin de evitar los efectos de borde descritos, por un lado, y no dejar que el flujo de datos sea demasiado grande, por otro lado. La frecuencia de muestreo puede, por ejemplo, comprender un valor de 30 MHz o estar en el intervalo de 10 a 100 MHz. La frecuencia de la señal de radio puede estar, por ejemplo, en el rango de 1 a 80 MHz o ser menor que 80 MHz.

[0056] En particular, se señala que, dependiendo de las circunstancias, el esquema de la invención también puede ser implementado en software. La aplicación puede tener lugar en un medio de almacenamiento digital, en particular un disco o un CD con señales de control legibles electrónicamente, capaces de cooperar con un sistema informático programable de modo que se ejecuta el correspondiente procedimiento. En general, la invención también consiste en un producto de programa informático con un código de programa almacenado en un soporte legible por máquina para realizar el procedimiento inventivo, cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. En otras palabras, la invención puede ser realizado como un programa informático con un código de programa para realizar el procedimiento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de recepción, que comprende un receptor (100) para una señal de radio (105), que comprende:

medios (110) para proporcionar una serie de valores de muestras (115) de una señal de banda de base compleja de la señal de radio (105), que se subdividen en tramas temporales;

5 medios (120) para proporcionar, por trama de tiempo, los valores de muestras de la trama de tiempo respectiva por una señal constante de valores complementarios o por una porción que se solapa de una trama de tiempo vecina, para obtener una señal muestreada complementaria (125);

medios (130) para calcular una señal muestreada transformada (135) aplicando, por trama de tiempo, una transformada de Fourier rápida a la señal muestreada complementaria (125) o determinar una
10 distribución de energía espectral de la señal muestreada complementaria (125); y

medios (140) para añadir la señal muestreada transformada (135) a un flujo de datos (145) y dar como salida el flujo de datos (145) a través de una interfaz externa a un dispositivo externo o almacenar el flujo de datos (145) en una memoria interna,

caracterizado por el hecho de que

15 los medios (110) para proporcionar está configurado para proporcionar la serie de valores de muestras (115) de la señal de banda de base compleja de la señal de radio (105) a la velocidad de muestreo comprendida en un intervalo que va desde 10 a 100 MHz, los medios para proporcionar, calcular y añadir están cableados o implementados en una lógica programable, y los medios (110) para proporcionar, los medios (120) para proporcionar, los medios (130) para calcular, y los medios (140)
20 para añadir y dar como salida o almacenar están configurados para transmitir el flujo de datos (145) en tiempo real; y en el que el sistema de recepción también comprende un dispositivo de procesamiento de la señal (200), que está basado en un microprocesador y configurado para extraer la señal muestreada transformada del flujo de datos (145), y multiplicar la señal muestreada transformada por tramas temporales por una función de transferencia de filtro para obtener una señal transformada filtrada.

25 2. Sistema de recepción según la reivindicación 1, en el que los medios (120) para proporcionar están configurados para añadir una serie de valores cero delante de los valores de muestras de la trama de tiempo respectiva como una señal constante, en el que las tramas temporales son temporalmente adyacentes.

3. Sistema de recepción según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los medios (120) para generar están configurados de manera que las tramas temporales de la señal muestreada tengan una longitud de N_1 valores de muestras y una longitud de las tramas temporales de la señal muestreada complementaria de $N_2 = M + N_1$ y N_2 es una potencia de 2.
30

4. Sistema de recepción según la reivindicación 3, en el que tanto N_1 como N_2 son una potencia de 2.

5. Sistema de recepción según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios (140) para añadir y dar como salida o almacenar están configurados para transmitir el flujo de datos (145) al dispositivo
35 externo de manera cableada a través de una conexión con toma de cable del receptor (100) o de manera inalámbrica.

6. Sistema de recepción (100) según las reivindicaciones 1 a 5, en el que el receptor está configurado para recibir señales de radio (105) en un intervalo de frecuencias entre 1 MHz y 80 MHz.

7. Sistema de recepción según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de procesamiento de la señal (200) está configurado para transformar inversamente la señal transformada filtrada en el dominio del tiempo para obtener segmentos de trama de tiempo solapados (Y), y para ensamblar los
40 segmentos de trama de tiempo solapados (Y) a una señal de radio muestreada filtrada.

8. Sistema de recepción según la reivindicación 7, en el que los medios (120) para proporcionar, por trama de tiempo, los valores de muestras de la trama de tiempo respectiva están configurados para complementar mediante una señal constante de valores complementarios, y el dispositivo de procesamiento de la señal (200) está configurado para realizar el ensamblado mediante una adición de porciones que se solapan de segmentos de trama de tiempo solapados (Y).
45

9. Sistema de recepción según la reivindicación 7, en el que los medios (120) para proporcionar, por trama de tiempo, los valores de muestras de la trama de tiempo respectiva están configurados para complementar mediante una porción que se solapa de una trama de tiempo vecina, y el dispositivo de procesamiento de la señal (200) está configurado para realizar el ensamblado omitiendo porciones que se solapan de los segmentos de trama de tiempo solapados (Y).
50

10. Procedimiento para recibir una señal de radio (105), que comprende:

proporcionar una serie de valores de muestras (115) de una señal de banda de base compleja de la señal de radio (105) que se subdividen en tramas temporales;

5 complementar, por trama de tiempo, los valores de muestras de la trama de tiempo respectiva por una señal constante de valores complementarios o por una porción que se solapa de una trama de tiempo vecina, para obtener una señal muestreada complementaria (125);

calcular una señal muestreada transformada (135) aplicando, por trama de tiempo, una transformada de Fourier rápida a la señal muestreada complementaria (125) o determinar una distribución de energía espectral de la señal muestreada complementaria (125); y

10 añadir la señal muestreada transformada (135) a un flujo de datos (145) y dar como salida el flujo de datos (145) a través de una interfaz externa a un dispositivo externo o almacenar el flujo de datos (145) en una memoria interna,

caracterizado por el hecho de que

15 el suministro de la serie de valores de muestras (115) se realiza de modo que la serie de valores de muestras (115) de la señal de banda de base compleja de la señal de radio (105) se suministra a una velocidad de muestreo comprendida en un intervalo que va desde 10 a 100 MHz, las etapas de complementar, calcular y añadir se realizan de forma cableada o en una lógica programable, y las etapas de proporcionar, complementar, calcular, añadir y dar como salida o almacenar se realizan en tiempo real, y

20 el procedimiento también comprende extraer la señal muestreada transformada del flujo de datos (145), y multiplicar la señal muestreada transformada por tramas temporales por una función de transferencia de filtro para obtener una señal transformada filtrada, realizándose la extracción y multiplicación basándose en un microprocesador.

25 **11.** Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la etapa de complementar comprende añadir una serie de valores cero delante de los valores de muestras de la trama de tiempo respectiva como una señal constante, en el que las tramas temporales son temporalmente adyacentes.

12. Procedimiento según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que añadir y dar como salida o almacenar comprende transmitir el flujo de datos (145) a un dispositivo externo en un cable a través de una conexión con toma de cable del receptor (100) o de manera inalámbrica.

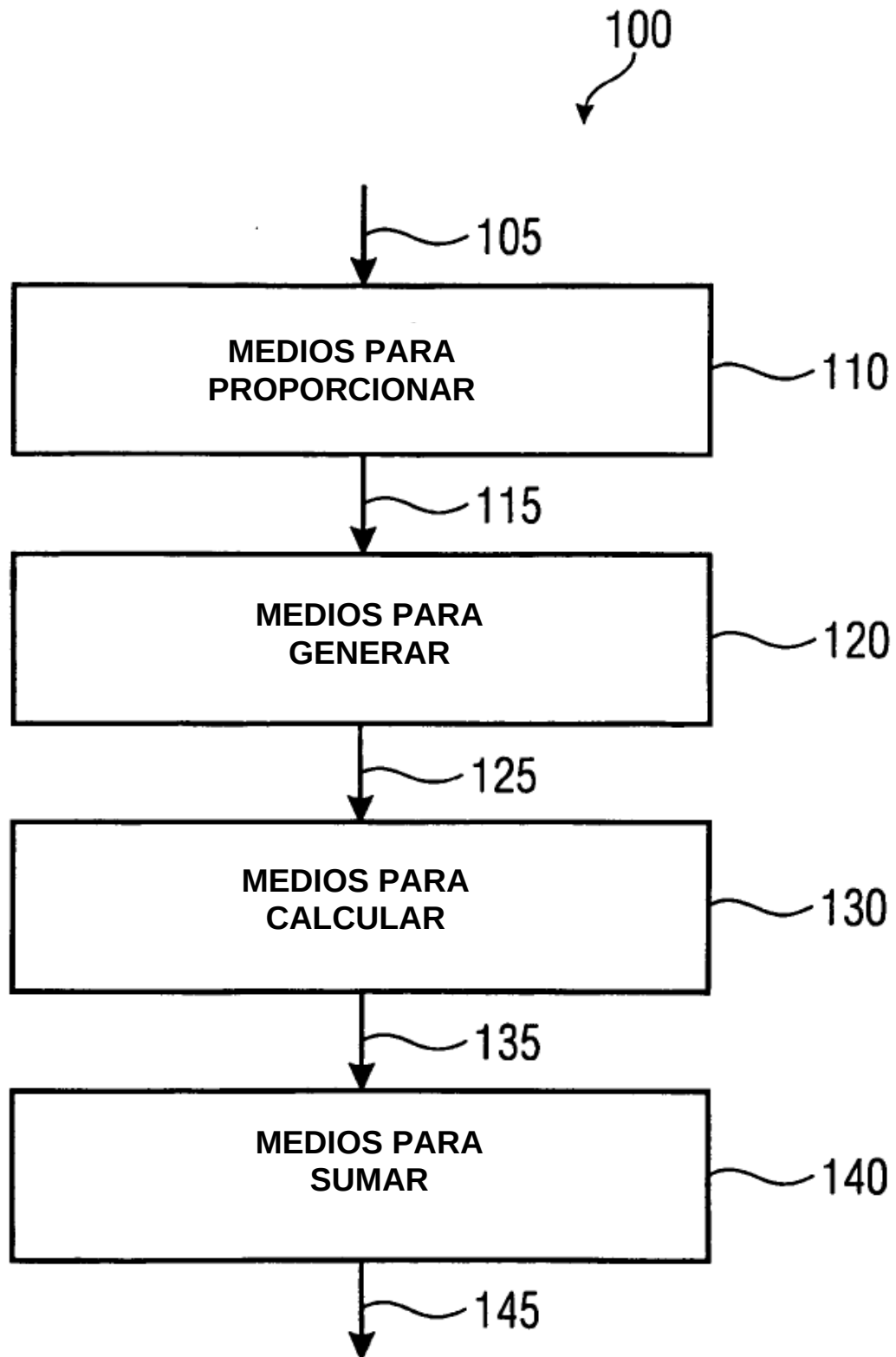


FIGURA 1A

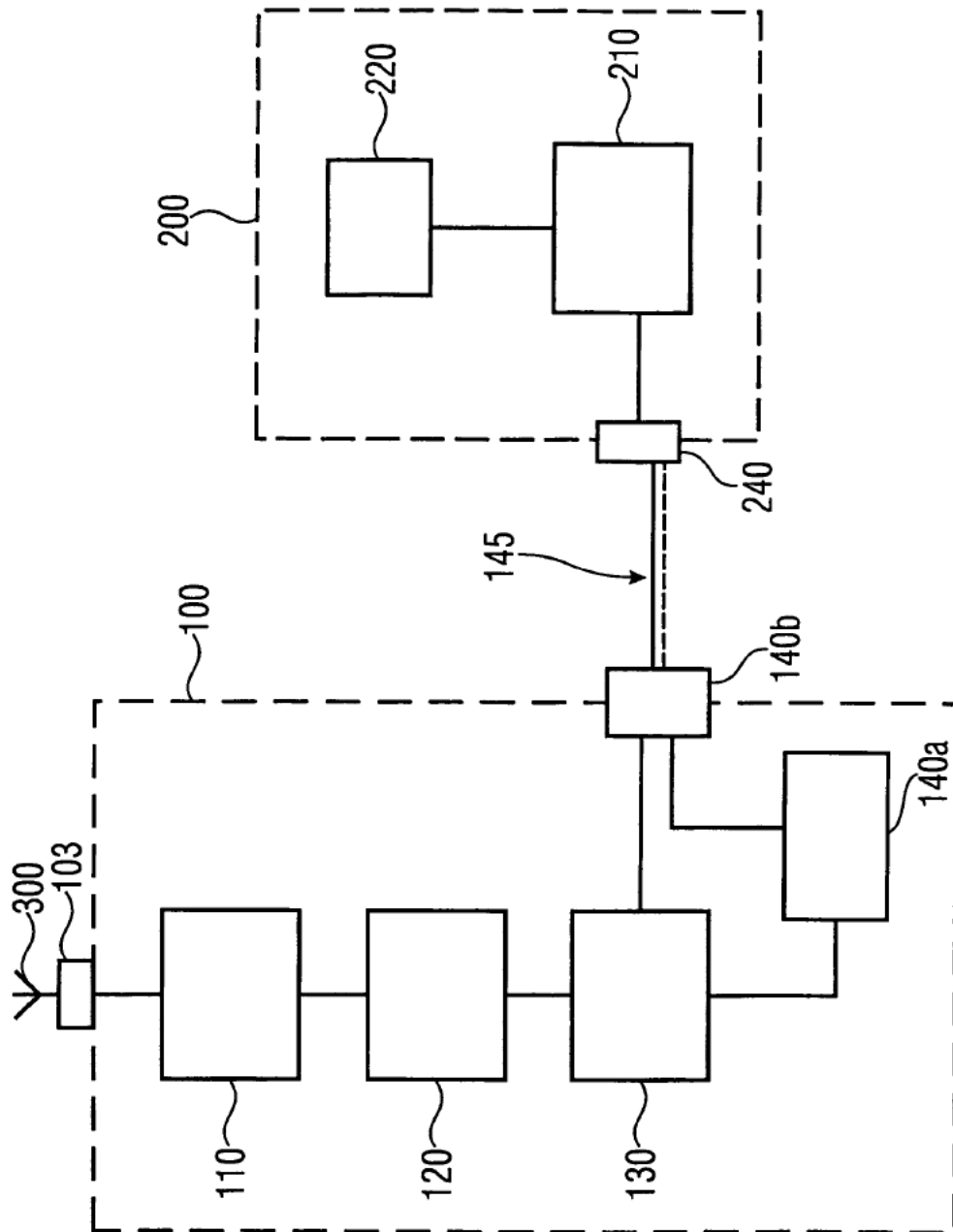


FIGURA 1B

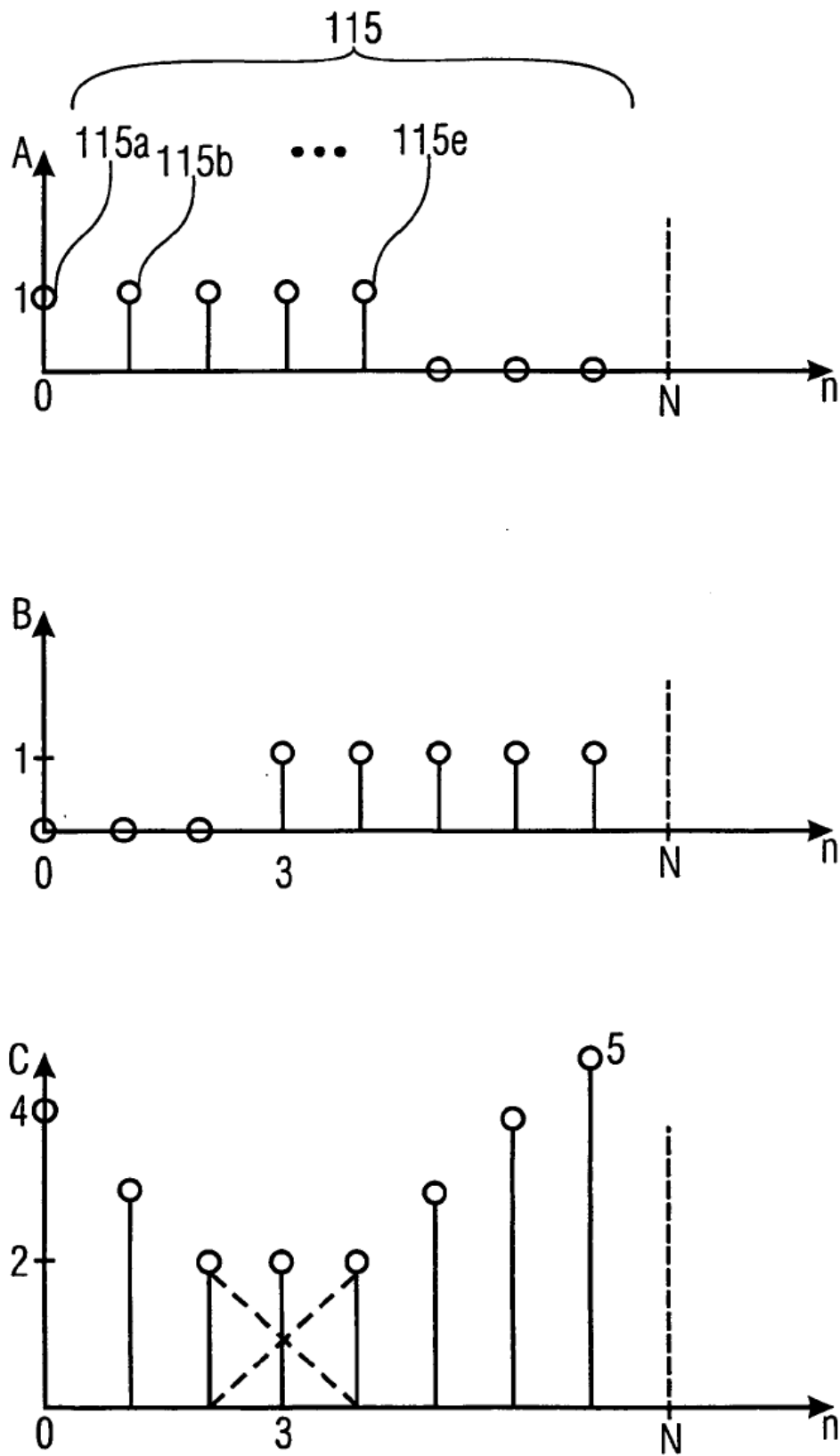


FIGURA 2

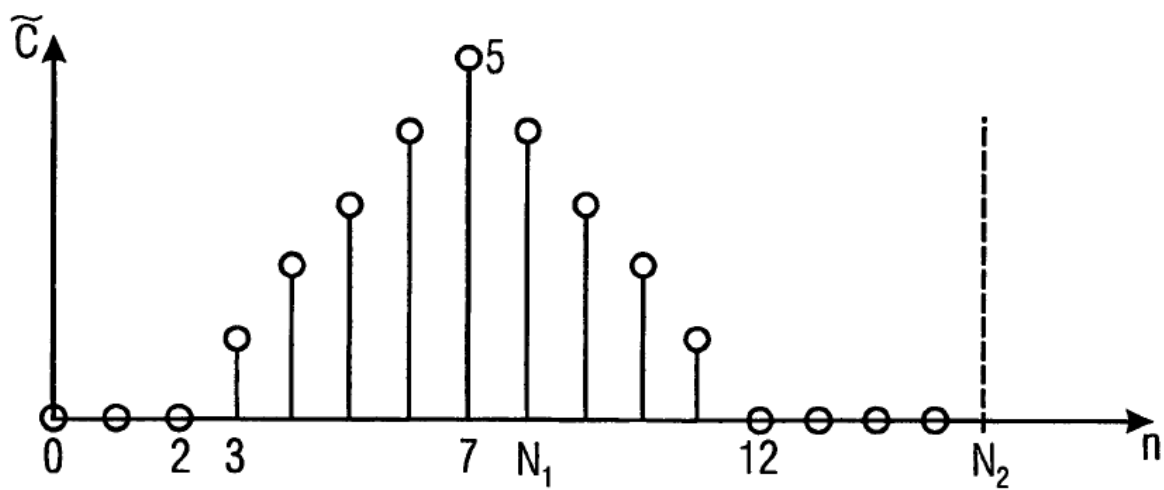
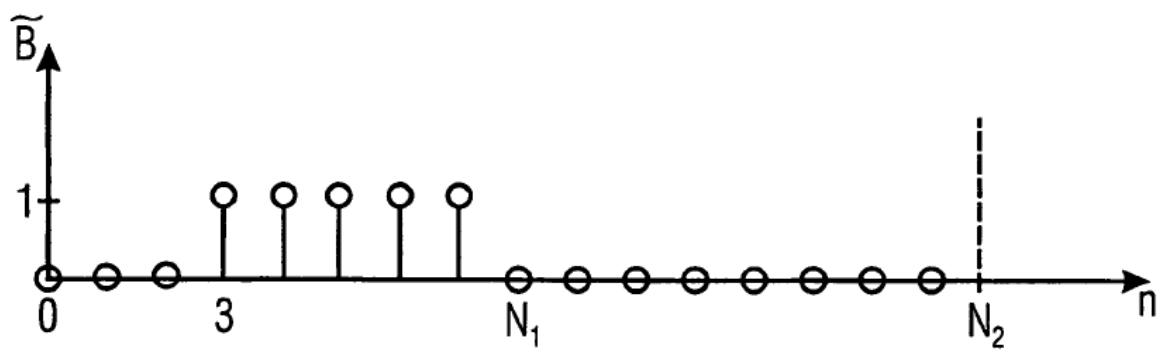
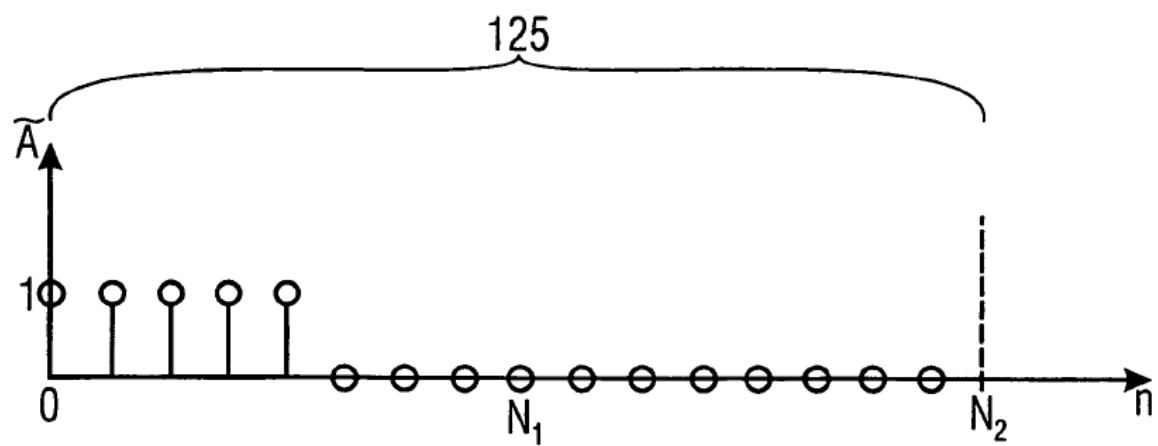


FIGURA 3

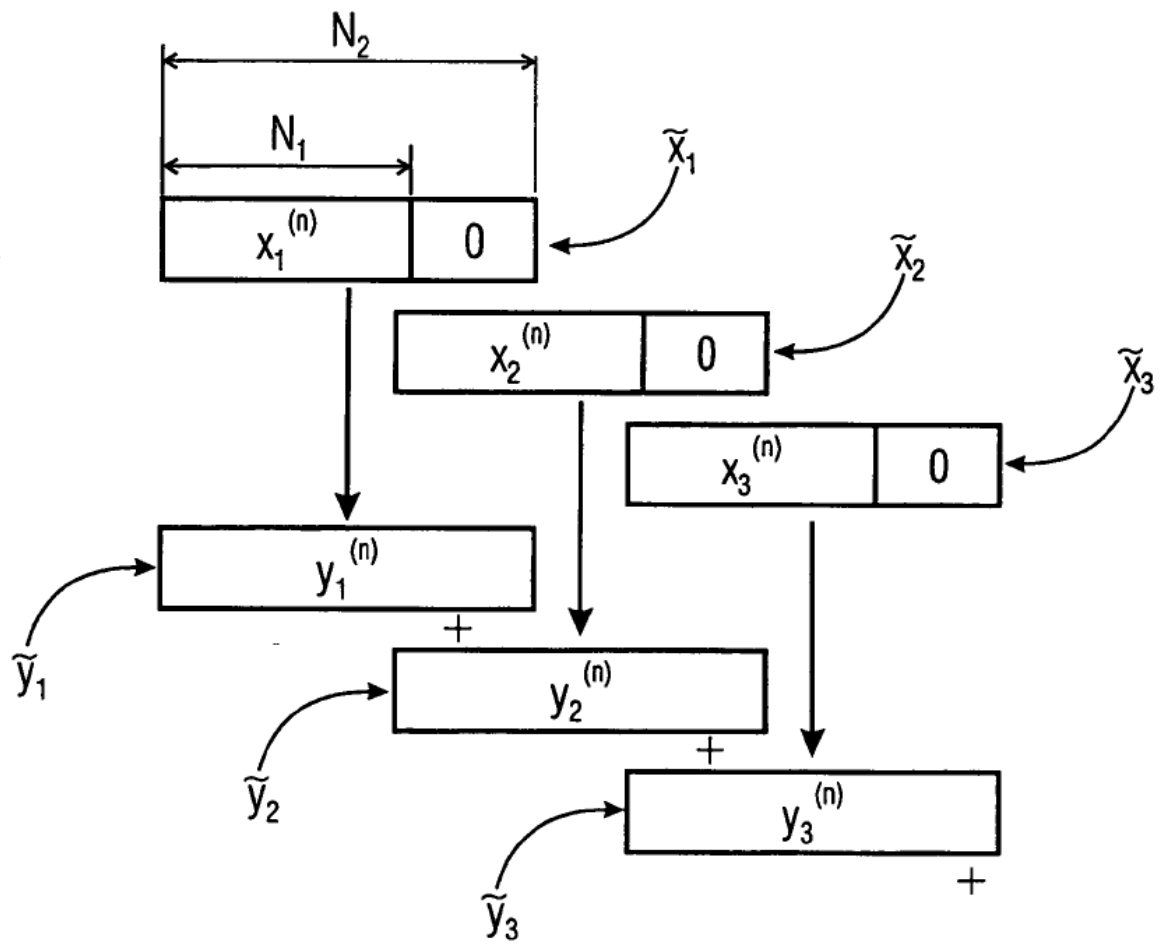


FIGURA 4

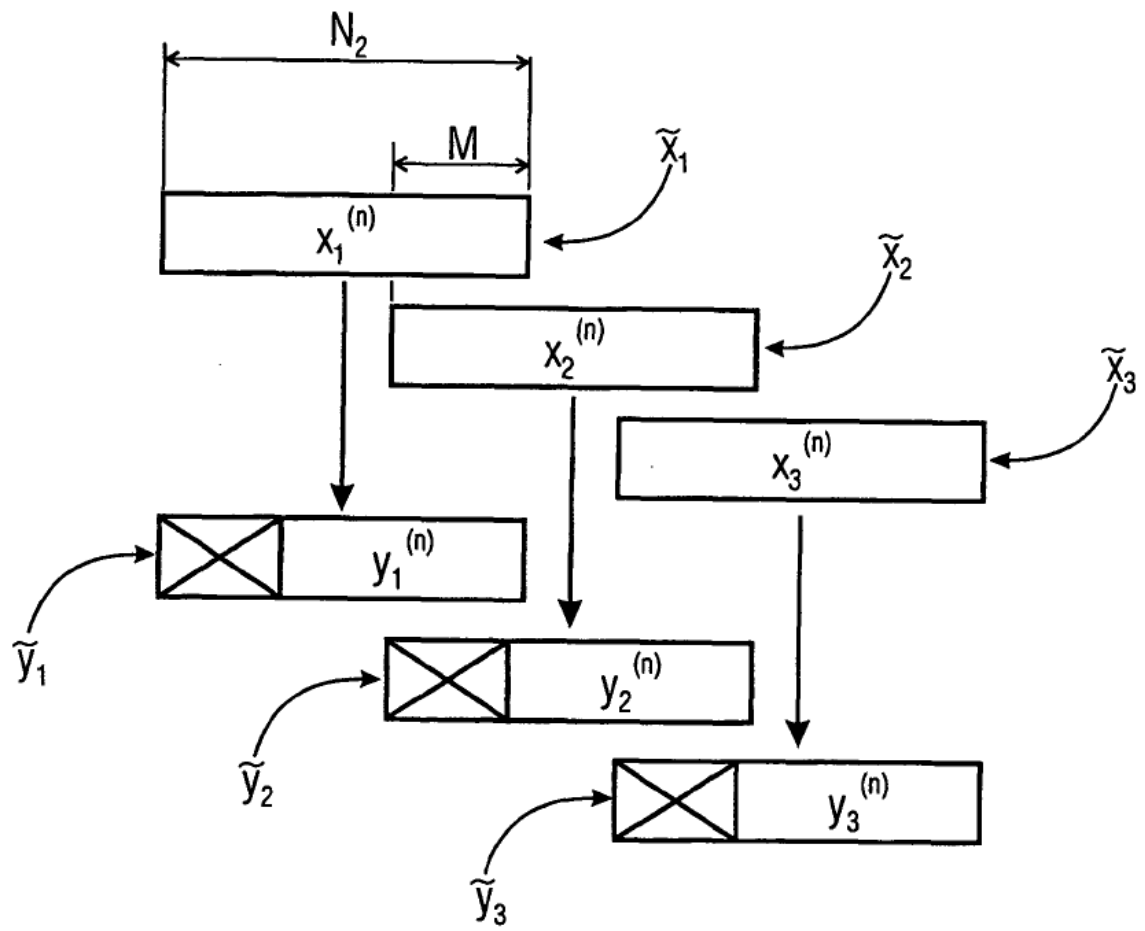


FIGURA 5