

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 496**

51 Int. Cl.:

**G01S 13/90** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2014** **E 14003841 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018** **EP 3021135**

54 Título: **Reducción de datos de recepción de un radar, en particular de un radar de apertura sintética**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.11.2018**

73 Titular/es:

**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)**  
**Willy-Messerschmitt-Straße 1**  
**82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 691 496 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**

Reducción de datos de recepción de un radar, en particular de un radar de apertura sintética

5 La invención se refiere a un procedimiento para la reducción de datos de recepción de un radar, en particular de un radar de apertura sintética (SAR) y a un receptor para datos de un radar, en particular de un SAR, según las reivindicaciones independientes.

10 En las plataformas de radar aerotransportadas la reducción de los datos de radar recibidos es una necesidad producida, por un lado, por los requisitos de la misión y por el otro lado, por las capacidades limitadas de enlace descendente. También para sistemas radar en otras aplicaciones puede resultar ventajoso reducir los datos para, por ejemplo, reducir el esfuerzo de archivado.

15 Un ejemplo de plataforma de radar aerotransportada es el SAR, que muestrea un objeto como por ejemplo la superficie terrestre por medio de una antena móvil. Para el muestreo, el SAR emite pulsos de emisión y recibe las señales de eco de radar, es decir, los pulsos de emisión reflejados en los objetos (objetivos) muestreados. Para cada zona iluminada y muestreada por la antena del SAR, un procesador SAR calcula una representación de la zona muestreada mediante un procesamiento de datos correspondiente de las señales de eco (ecos del objetivo).  
 20 Un SAR se emplea por ejemplo para la medición y representación de la superficie terrestre. Por regla general, los pulsos de emisión emitidos por un SAR son pulsos de tipo *chirp*, en particular pulsos modulados linealmente en frecuencia. Como plataforma aerotransportada para un SAR puede servir un satélite, pero también un avión u otro objeto volador que vuele a una altura suficiente por encima de la superficie terrestre o la superficie de un planeta.

25 La figura 1 ilustra los aspectos relevantes para una plataforma de SAR aerotransportada para una reducción de datos de las señales de eco (de radar) o datos de recepción. Dentro del área 14 iluminada por el pulso de emisión 10 de un sistema SAR 12 (zona ovalada en la figura 1) se define un área 16 deseada para la formación de imágenes (zona rectangular en la figura 1, que se sitúa dentro de la zona ovalada). A partir de aquí se obtiene un objetivo 18 o 20 más próximo y más alejado, este último también puede estar presente múltiples veces en función de la geometría del escenario, lo que sin embargo carece de importancia en este caso. En el receptor del sistema SAR 12 se obtiene  
 30 del objetivo más próximo y del más alejado en cada caso una señal de eco 22 o 24, tal como se generó en el emisor del sistema SAR 12. En este caso puede ignorarse un posible desplazamiento de Doppler. Entremedias se encuentran todos los ecos procedentes de objetivos situados en medio. Los objetivos que se sitúan por fuera del área deseada aunque todavía dentro del área iluminada forman en la señal de recepción pulsos de tipo *chirp*, que se sitúan "delante" del del objetivo más próximo o "detrás" del del objetivo más alejado.

35 La figura 2 ilustra la asociación de los objetivos a la señal de recepción en un diagrama de frecuencia-tiempo del espectro de frecuencia de las señales de eco de radar recibidas. El ancho de banda se determina mediante el espectro de las señales de tipo chirp utilizadas como señales de radar. La ventana de recepción para las señales de eco de radar depende del área deseada 16. Dicho de otro modo, dentro de la ventana de recepción se reciben  
 40 señales de eco de radar desde el área deseada 16. Para la evaluación de las señales (de eco) de radar sólo es necesaria la componente de señal de color oscuro en la figura 2. Las dos franjas claras, que delimitan lateralmente la componente de señal de color oscuro, incluyen ecos del objetivo de objetivos por fuera del área deseada 16; la energía de señal a partir de estas zonas no pasa a los productos SAR. Las zonas claras, sombreadas (triangulares) en la figura 2 incluyen sólo ruidos de receptor y nada de energía de señal de ecos del objetivo.

45 Hasta ahora, los procedimientos digitales para la reducción de datos sólo se han empleado en las misiones espaciales en una medida muy reducida. El motivo para ello es que hasta ahora los componentes electrónicos resistentes a la radiación y necesarios para la reducción de datos digital para las tasas de datos necesarias no estaban disponibles.

50 Un procedimiento prácticamente natural para la reducción de datos es la adaptación de la tasa de muestreo del eco de radar y de los filtros antisolapamiento correspondientes al ancho de banda de señal utilizado. Este procedimiento se aplica por ejemplo en los satélites TerraSAR-X, TanDEM-X y PAZ. Aquí están disponibles tres tasas de muestreo diferentes:

- 55 • 110 MHz para un ancho de banda de señal de 100 MHz,
- 165 MHz para un ancho de banda de señal de 150 MHz y
- 60 • 330 MHz para un ancho de banda de señal de 300 MHz.

Unos filtros antisolapamiento analógicos dispuestos aguas arriba se encargan de la limitación espectral del ruido de receptor.

65 Otro procedimiento de reducción de datos utilizado desde hace tiempo es el estrechamiento (*de-ramping*), que corresponde a una transformación en el plano de tiempo-frecuencia, que permite extraer la señal "deseada"

mediante filtrado paso bajo. Desafortunadamente el estrechamiento sólo es adecuado para casos muy especiales, como muestra la figura 3 a modo de ilustración. La superficie blanca identifica en los diagramas de frecuencia-tiempo o espectrogramas los datos útiles de un eco de SAR en el dominio de frecuencia-tiempo, el rectángulo gris identifica los datos que deben registrarse. Si la relación de longitud de pulso de tipo *chirp* con respecto al ancho de barrido del SAR es grande (en el diagrama arriba a la izquierda) entonces, mediante estrechamiento puede reducirse claramente la cantidad de datos (en el diagrama abajo a la izquierda). Con un barrido ancho (derecha) no se obtienen beneficios.

Los dos procedimientos descritos anteriormente aprovechan la característica de la señal de recepción sólo en una medida reducida. Para un instrumento con muchos modos SAR muy diferentes es necesario un procedimiento claramente más flexible para la reducción de datos.

M. Sack *et al.*: "Application of efficient linear FM matched filtering algorithms to synthetic aperture radar processing" describe la aplicabilidad de dos algoritmos de filtro óptimo de modulación de frecuencia para el procesamiento de datos de radar SAR.

S. Albrecht *et al.*: "Application of momentary Fourier transform to SAR processing" describe el caso de aplicación en el que se mueve una ventana un valor de muestreo a lo largo de la señal entre transformaciones consecutivas.

Josef Mittermayer: "Simulation eines Spotlight-Bildes aus Stripmap-Rohdaten" describe procedimientos de ajuste a escala de frecuencia para el procesamiento eficiente y preciso de datos SAR de haz concentrado (*spotlight*) sin interpolación.

Ahora, un objetivo en el que se basa la presente invención consiste en permitir una reducción mejorada de datos de un radar como un SAR.

Este objetivo se alcanza mediante los objetos con las características de las reivindicaciones independientes. Son objeto de las reivindicaciones dependientes configuraciones adicionales de la invención.

Una idea en la que se basa la presente invención consiste en fijar, para una señal de eco de radar recibida de una señal de radar emitida, que es una señal de emisión similar a *chirp*, una ventana de recepción temporal en función de una zona que se detectará mediante el radar, en particular en función de un barrido de un SAR, dividir la señal de eco de radar recibida en subbandas espectrales y determinar, para cada subbanda espectral una ventana de subbanda, que se sitúe dentro de la ventana de recepción temporal fijada anteriormente. De este modo todo el contenido de información de interés de la señal de eco de radar recibida está incluido en las ventanas de subbanda. Las ventanas de subbanda se activan dentro de la ventana de recepción temporal en función del tiempo de recepción de la señal de eco de radar. La tasa de muestreo para muestrear la señal de eco de radar recibida se ajusta entonces en función del número de ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo. Por tanto, dicho de otro modo, mediante el procedimiento según la invención descrito anteriormente se implementa una tasa de muestreo variable, con lo que pueden reducirse los datos del radar. En este caso, por señal de emisión similar a *chirp* se entiende una señal de emisión que cubre uno o varios intervalos de frecuencia, es decir, que presenta una frecuencia de emisión en función del tiempo. Ejemplos típicos de ello son *chirps* o señales de tipo *chirp*, lineales y no lineales, en particular exponenciales. Sin embargo, de manera muy general, a efectos de la presente invención son adecuadas señales de emisión, cuyo espectrograma presenta un recorrido determinístico por uno o varios intervalos de frecuencia. Por ejemplo, para la invención también sería adecuada una señal cuyo espectro no tenga un recorrido lineal, sino en forma de nube. En este sentido sólo es esencial que el espectro de corta duración de la señal de emisión se desplace de manera determinística en el recorrido del pulso de emisión, de modo que sea posible fijar de manera adecuada las ventanas de subbanda según la señal de recepción recibida y procedente de la señal de emisión similar a *chirp* de tal modo que en la medida de lo posible todo el contenido de información de interés de la señal de eco de radar recibida esté incluido en las ventanas de subbanda, y a este respecto, al menos una parte de las ventanas de subbanda sea más corta que toda la señal de eco de radar.

Una forma de realización de la invención se refiere ahora a un procedimiento para la reducción de datos de recepción de un radar con las etapas siguientes: recibir una señal de eco de radar partiendo de una señal de emisión similar a *chirp*, fijar una ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función de una zona que se detectará mediante el radar, dividir la señal de eco de radar recibida en varias subbandas espectrales, determinar ventanas de subbanda para cada subbanda espectral, activar las ventanas de subbanda dentro de la ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función del tiempo de recepción de la señal de eco de radar y muestrear la señal de eco de radar con una tasa de muestreo variable, que se ajusta en función del número de ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo.

En particular, los instantes de encendido y apagado para la activación de las respectivas ventanas de subbanda se seleccionan de tal modo que cada ventana de subbanda cubre una zona de recepción temporal de la señal de eco de radar, en la que la señal de eco de radar en la respectiva ventana de subbanda incluye información con respecto a la zona que se detectará mediante el radar.

Las subbandas espectrales pueden seleccionarse de tal modo que presenten zonas espectrales aproximadamente igual de grandes.

5 Además puede fijarse una tasa de muestreo base  $F_s/M$  en función del espectro de la señal de eco de radar y del número  $M$  de subbandas espectrales y ajustarse la tasa de muestreo en función de la tasa de muestreo base.

La división de la señal de eco de radar recibida en varias subbandas espectrales puede realizarse de tal modo que cada subbanda espectral limite directamente con al menos una subbanda espectral adyacente.

10 Como datos de recepción reducidos se emiten en particular los valores de muestreo de la señal de eco de radar junto con los instantes de encendido y apagado para la activación de las ventanas de subbanda.

Los datos de recepción reducidos pueden reducirse adicionalmente mediante una cuantificación adaptativa de bloques.

15 Otra forma de realización de la invención se refiere a un procedimiento para el procesamiento de datos de recepción de un radar, reducidos con un procedimiento según la invención y como se describe en el presente documento, en el que se filtra digitalmente la señal representada mediante los datos de recepción con un banco de filtros, que está configurado para dividir la señal en las subbandas espectrales y reducir la tasa de muestreo de manera correspondiente al número de subbandas espectrales.

Como banco de filtros se utiliza en particular un banco de filtros de DFT modificada.

25 Otra forma de realización de la invención se refiere a un programa informático con código de programa para la realización de todas las etapas de procedimiento según la invención y como se describe en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

30 Además una forma de realización de la invención se refiere a un soporte de datos, en el que está almacenado el código de programa del programa informático que puede ejecutarse por un ordenador según la invención y como se describió anteriormente.

35 Otra forma de realización de la invención se refiere a un dispositivo para la reducción de datos de recepción de un radar con un receptor para una señal de eco de radar partiendo de una señal de emisión similar a *chirp*, estando configurado el receptor de tal modo que se fija una ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función de una zona que se detectará mediante el radar, y medios de reducción de datos para dividir la señal de eco de radar recibida en varias subbandas espectrales, determinar ventanas de subbanda para cada subbanda espectral, activar las ventanas de subbanda dentro de la ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función del tiempo de recepción de la señal de eco de radar y muestrear la señal de eco de radar con una tasa de muestreo variable, que se ajusta en función del número de ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo.

En particular, los medios de reducción de datos pueden estar configurados para realizar un procedimiento según la invención y como se describe en el presente documento.

45 Otra forma de realización de la invención se refiere a un dispositivo para el procesamiento de datos de recepción de un radar, que se han reducido con un dispositivo para la reducción de datos de recepción de un radar según la invención y como se describe en el presente documento, con un banco de filtros para el filtrado digital de la señal representada mediante los datos de recepción, estando configurado el banco de filtros para dividir la señal en las subbandas espectrales y reducir la tasa de muestreo de manera correspondiente al número de subbandas espectrales.

En particular el banco de filtros es un banco de filtros de DFT modificada.

55 A partir de la siguiente descripción en relación con los ejemplos de realización representados en los dibujos se deducen ventajas y posibilidades de aplicación adicionales de la presente invención.

En la descripción, en las reivindicaciones, en el resumen y en los dibujos se utilizan los términos utilizados en la lista de números de referencia indicada más adelante y los números de referencia asociados.

60 Los dibujos muestran en

la figura 1, la geometría de una captura de imágenes SAR generada mediante un sistema SAR aerotransportado;

65 la figura 2, un diagrama de frecuencia-tiempo o espectrograma con la asociación de objetivos a la señal de recepción de radar de un sistema SAR;

la figura 3, espectrogramas de los datos útiles de un eco de radar recibido mediante un sistema SAR antes y después del estrechamiento;

5 la figura 4, espectrogramas de los datos útiles de un eco de radar recibido mediante un sistema SAR antes y después de una reducción de la cantidad de datos mediante filtrado, que según la presente invención se produce mediante una adaptación de la tasa de muestreo al ancho de banda instantáneo del eco de radar;

10 la figura 5, un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de un procedimiento para la reducción de datos de recepción de un sistema SAR según la invención;

la figura 6, un espectrograma de un eco de radar o señal de recepción de radar, produciéndose una división de la señal de recepción en subbandas espectrales y una división temporal en ventanas de las subbandas según la presente invención;

15 la figura 7, el solapamiento de un banco de filtros de MDFT, que se utiliza según la presente invención para procesar una señal de recepción de radar con reducción de datos según la presente invención;

20 la figura 8, espectrogramas de un pulso de radar con datos SAR originales sin y con una reducción de datos según la presente invención; y

la figura 9, un diagrama de bloques de un sistema SAR, que comprende un ejemplo de realización de un dispositivo para la reducción de datos de recepción de un radar según la invención.

25 En la siguiente descripción los elementos iguales, funcionalmente iguales y funcionalmente interconectados pueden estar dotados de los mismos números de referencia. A continuación los valores absolutos se proporcionan sólo a modo de ejemplo y no deberán entenderse como limitativos de la invención.

30 El procedimiento descrito a continuación no se limita a la detección de objetivos puntuales, sólo se mencionan en el presente documento para ilustrar la característica de señal. En la siguiente descripción los términos señal de radar, (señal) de eco (de radar), señal de recepción (de radar), eco del objetivo, señal recibida designan una señal de radar recibida.

35 Mediante la adaptación según la invención de la tasa de muestreo de una señal de eco de radar recibida al ancho de banda instantáneo del eco de radar puede optimizarse la cantidad de datos producida de la señal de radar recibida. La cantidad de datos dibujada (rectángulo gris, izquierda en la figura 4) se limitará en la medida de lo posible a los datos útiles (superficie blanca, izquierda en la figura 4). En particular, mediante filtrado de las zonas gris claro se reducirá considerablemente la cantidad de datos producida, como se muestra en la figura 4 a la derecha.

40 Ahora se explicará un procedimiento para la reducción de datos de recepción de un sistema SAR según la invención mediante el diagrama de flujo mostrado en la figura 5, que muestra las etapas de procedimiento individuales. Este procedimiento puede implementarse por ejemplo en forma de un algoritmo en un programa informático, que se ejecuta por un procesador de un ordenador, que por ejemplo puede estar previsto a bordo de un satélite SAR para un procesamiento previo y en particular la reducción de datos. El procedimiento también puede implementarse mediante un dispositivo, que presente un receptor para señales de eco de radar y medios de reducción de datos, que implementen las etapas de procedimiento descritas a continuación. En este sentido, partes del receptor y los medios de reducción de datos pueden implementarse al menos en parte en software, que se ejecuta por un procesador. Sin embargo, también pueden emplearse componentes de aplicación específica para la implementación de al menos algunas funciones.

50 Mediante la reducción de los datos con el procedimiento según la invención es posible aprovechar de manera eficiente el ancho de banda entre el satélite SAR y un procesador SAR, es decir, un dispositivo para el procesamiento de los datos SAR para la generación de imágenes. En la siguiente descripción del procedimiento se hace referencia además al espectrograma de un eco de radar mostrado en la figura 6.

55 En primer lugar, en la etapa S10, se recibe una señal de eco de radar, véase también la figura 1, números de referencia 22 y 24. La señal de eco de radar recibida es una señal con un ancho de banda de frecuencia, que corresponde al ancho de banda de la señal de radar emitida, que es una señal de emisión similar a *chirp*, en particular una señal de tipo *chirp*. En el diagrama superior de la figura 6 se muestra un ejemplo de un espectrograma típico de una señal de eco de radar de este tipo. El espectrograma representado mediante el diagrama muestra la señal de recepción en el plano de tiempo-frecuencia.

60 Como se ha explicado al principio mediante la situación mostrada en la figura 1, como sólo se detectará una zona determinada mediante el radar, en la etapa S12 se determina una ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función de la zona que se detectará mediante el radar, que se determina por el eco del objetivo más próximo y más alejado dentro de la zona que se detectará, véase también la figura 2.

En la etapa S14 se divide la señal o el eco de radar recibido en subbandas espectrales, en particular mediante un filtro correspondiente. La división puede producirse de tal modo que las subbandas espectrales presenten zonas espectrales aproximadamente igual de grandes, es decir, zonas con un ancho de frecuencia aproximadamente igual de grande. Además, la división puede producirse de tal modo que cada subbanda espectral limite directamente con al menos una subbanda espectral, comprendiendo limitar también un solapamiento parcial de subbandas adyacentes o un pequeño espacio de frecuencia entre subbandas adyacentes. Mediante una división de este tipo es posible dividir el espectro de frecuencia de la señal de eco de radar de manera continua en subbandas. También son concebibles otras divisiones, por ejemplo con distancias determinadas entre subbandas adyacentes, con lo que la pendiente de los filtros puede ser menor. La división del espectro de la señal de eco de radar tampoco tiene que estar interconectada sino que puede estar compuesta por una pluralidad de componentes. En la figura 6 la división del espectro de frecuencia  $F_s$  de la señal de eco de radar se produce en  $M=6$  subbandas. En principio, el procedimiento según la invención también es adecuado para manejar señales que presenten espacios espectrales. En particular, cuando coinciden con los límites de subbanda, entonces las subbandas tampoco tienen que limitar directamente entre sí, sino que entre las subbandas individuales puede haber espacios de manera correspondiente a los espacios espectrales de la señal. En este sentido, para la reconstrucción posterior de la señal recibida es importante que las subbandas cubran el espectro de la señal de entrada o señal recibida.

Dentro de la ventana de recepción, en la etapa S16 las ventanas de subbanda se determinan de tal modo que todo el contenido de información del eco de radar en las subbandas correspondientes está incluido en las respectivas ventanas de subbanda. Como se muestra en la figura 6, las ventanas de subbanda individuales de las respectivas subbandas están desplazadas temporalmente entre sí. Pueden desecharse los segmentos de las señales de subbanda por fuera de las ventanas de subbanda (en la figura 6 sombreados en oscuro).

Las ventanas de subbanda se activan en la etapa S18 dentro de la ventana de recepción en función del tiempo de recepción de la señal de eco de radar. En la figura 6 se muestra que las 6 ventanas de subbanda se activan y desactivan de nuevo en diferentes instantes. En este sentido, los instantes de activación de cada ventana de subbanda dependen de la zona que se detectará mediante el radar y los instantes de recepción de los ecos reflejados desde esta zona en la respectiva subbanda. Los instantes de encendido de cada ventana de subbanda están desplazados en el tiempo en la figura 6 partiendo del tiempo de inicio  $T_0$  de la ventana de recepción en cada caso por un múltiplo de un mismo periodo de tiempo  $dT$  (desde abajo, sólo se enumeran las cinco ventanas de subbanda para la detección de todo el contenido de información del eco de radar):

instante de encendido de primera ventana de subbanda  $t=T_0 + 0*dT$

instante de encendido de segunda ventana de subbanda  $t= T_0 + 1*dT$

instante de encendido de tercera ventana de subbanda  $t= T_0 + 2*dT$

instante de encendido de cuarta ventana de subbanda  $t= T_0 + 3*dT$

instante de encendido de quinta ventana de subbanda  $t= T_0 + 4*dT$

Los instantes de apagado de cada ventana de subbanda están desplazados en el tiempo en la figura 6 partiendo del tiempo de inicio  $T_0$  de la ventana de recepción y un periodo de tiempo  $dTw$  para un cambio de segmento en cada caso por un múltiplo de un mismo periodo de tiempo  $dT$  (desde abajo, sólo se enumeran las cinco ventanas de subbanda para la detección de todo el contenido de información del eco de radar):

instante de apagado de primera ventana de subbanda  $t=T_0+4*dT+dTw+0*dT$

instante de apagado de segunda ventana de subbanda  $t= T_0+4*dT+dTw+1*dT$

instante de apagado de tercera ventana de subbanda  $t= T_0+4*dT+dTw+2*dT$

instante de apagado de cuarta ventana de subbanda  $t= T_0+4*dT+dTw+3*dT$

instante de apagado de quinta ventana de subbanda  $t= T_0+4*dT+dTw+4*dT$

La división temporal en ventanas de las subbandas mostrada en la figura 6 es sólo un ejemplo y el mismo periodo de tiempo  $dT$  también puede ser variable.

En la etapa S20 se muestrea la señal de eco de radar. En este sentido, la tasa de muestreo se aproxima al ancho de banda de señal instantáneo, ajustándose en función del número de ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo. La tasa de muestreo puede ajustarse en función de una tasa de muestreo base, que a su vez puede fijarse en función del espectro de la señal de eco de radar y del número de subbandas espectrales. En la figura 6 se ha fijado por ejemplo una tasa de muestreo base  $F_s/M$  para  $M=6$  subbandas espectrales y un ancho de banda  $F_s$  de la señal de eco de radar y la tasa de muestreo se ajusta en función de las ventanas de subbanda

activas a un valor  $F_s/6$ ,  $2^* F_s/6$ ,  $3^* F_s/6$ ,  $4^* F_s/6$  o  $5^* F_s/6$ . Por tanto, la tasa de muestreo varía de forma escalonada a lo largo del tiempo. En particular ocurre que la tasa de muestreo se obtiene “de manera implícita” por la selección de las subbandas y la tasa de muestreo es la suma de las tasas de muestreo de subbanda de las subbandas activas.

5 Como datos de recepción reducidos de la señal de eco de radar se emiten los valores de muestreo junto con los instantes de encendido y apagado para la activación de las ventanas de subbanda en la etapa S22. Ahora es posible seguir transportando o almacenando los datos reducidos de este modo.

10 Mediante una determinación adecuada de los instantes de encendido y apagado de las señales de subbanda o ventanas de subbanda también pueden utilizarse señales de tipo *chirp* moduladas no linealmente en frecuencia. Del mismo modo el espectro de señal tampoco tiene que estar interconectado sino que puede estar compuesto por una pluralidad de componentes.

15 Es posible una reducción adicional de la cantidad de datos mediante cuantificación adaptativa de bloques (BAQ) de las señales de subbanda, como se describe en el libro técnico “Synthetic Aperture Radar Systems and Signal Processing”, Curlander John C. y McDonough Robert N., Nueva York, John Wiley & Sons, Inc., 1991.

20 Para el procesamiento adicional de la señal de radar las señales de subbanda tienen que volver a reconstruirse de manera adecuada para obtener una única señal. La descomposición de la señal de recepción en subbandas y la reconstrucción para obtener una señal de salida se produce por medio de un banco de filtros. En este sentido la señal se divide en por ejemplo  $M = 16$  subbandas con el mismo ancho y se reduce la tasa de muestreo de las subbandas por  $M$  (diezmado crítico).

25 En principio, con el diezmado se forman señales de solapamiento, que llevan a interferencias no justificables de la señal útil. Por tanto, puede utilizarse un denominado “banco de filtros de DFT (*Discrete Fourier Transformation*, transformada discreta de Fourier) modificada” (véase el documento científico “Modified DFT filter banks with perfect reconstruction”, Karp T. y Fliege N.J., IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, - 1999. - vol. 46. - págs. 1404-1414.), que por su estructura elimina una parte de las señales de solapamiento. Las señales de solapamiento restantes o bien se suprimen de manera suficiente por la atenuación de filtro o bien se trata de señales espejo, lo que tiene dos efectos:

1. Estas señales sólo aparecen en el borde externo del espectro de las subbandas externas.

35 2. El signo de la modulación de frecuencia de estas señales es al revés en comparación con las señales de radar nominales.

A continuación se esbozará brevemente el primer punto haciendo referencia a la figura 7, que muestra un solapamiento de un banco de filtros de MDFT: el espectro de la señal de radar se indica en gris oscuro. Para ello se utilizan las subbandas 1..4 (numeración arbitraria). Ahora, desde la zona espectral por encima de la subbanda 4 y por debajo de la subbanda 1 se transmite energía a las subbandas 4 o 1. A este respecto, puede tratarse de ruidos de receptor u otras señales no deseadas. Debido a la característica de filtro y la estructura especial de este banco de filtros esta transmisión de señal sólo se produce en los bordes de estas subbandas. Si el ancho de banda de la señal útil es tal y como se muestra en la figura 7, entonces no se produce solapamiento espectral. En caso de que el ancho de banda de la señal útil sea mayor, entonces también tienen que transmitirse las siguientes subbandas a continuación. El punto exacto, además de las densidades de potencia de señal y ruido, también depende de la pendiente de los flancos de filtro, la atenuación de retención así como la relación de señal a ruido deseada.

50 El segundo punto adquiere importancia en la zona de los escalones en la figura 6. En este caso, concretamente, en las zonas espectrales de las subbandas no transmitidas se encuentra energía de señal, que procede de ecos del objetivo por fuera del área deseada (compárese con la figura 1). Sin embargo, como ahora se trata de señales espejo, el signo de la modulación de frecuencia es al revés al caso de la señal de radar nominal. En el procesamiento siguiente de la señal de radar esta señal espejo no experimenta ninguna ganancia de correlación y se manifiesta en el producto de radar final únicamente como ruido. Teniendo en cuenta la pendiente de filtro y la atenuación de retención, pueden encontrarse instantes de conmutación adecuados para las señales de subbanda, de modo que no se quede por debajo de la relación señal a ruido deseada.

60 Un procedimiento para procesar los datos de recepción reducidos con un procedimiento según la invención y como se explicó anteriormente puede implementarse en forma de un algoritmo en un programa informático, que se ejecuta por un procesador de un ordenador, que por ejemplo se utiliza como procesador SAR para el procesamiento de imágenes. El procedimiento también puede implementarse mediante un dispositivo, que presenta un banco de filtros para el filtrado digital de la señal representada mediante los datos de recepción, en particular un banco de filtros de DFT modificada, que está configurado para dividir la señal en las subbandas espectrales y reducir la tasa de muestreo de manera correspondiente al número de subbandas espectrales, como se describió anteriormente. En este sentido, partes del banco de filtros pueden implementarse al menos en parte en software, que se ejecuta por un procesador. Sin embargo, también es posible utilizar componentes de aplicación específica para la implementación

de al menos algunas funciones, por ejemplo FPGA (*Field Programmable Gate Arrays*, disposiciones de puertas programables en campo).

5 Como ejemplo en la figura 8 se muestran los espectrogramas de una señal de eco de radar recibida sin y con reducción de datos, concretamente el espectrograma de (un pulso de) señal de eco de radar con datos SAR originales a partir de una imagen de TerraSAR sin reducción de datos (arriba) y con reducción de datos (abajo). La frecuencia es en este caso  $\pm\pi$  y el tiempo se ha ajustado a escala de manera arbitraria. En el ejemplo seleccionado la magnitud de la reducción de datos asciende al 43%.

10 En la figura 9 se muestra un sistema SAR, en el que se utiliza un dispositivo de reducción de datos según la invención. El dispositivo de reducción de datos presenta un dispositivo de análisis espectral 50, que divide una señal de eco de radar recibida en varias subbandas espectrales, y un dispositivo de selección de subbanda 52, que determina ventanas de subbanda para cada subbanda espectral, activa las ventanas de subbanda dentro de la ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función del tiempo de recepción de la señal de eco de radar y muestrea la señal de eco de radar con una tasa de muestreo, que se ajusta en función del número de  
15 ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo. Los datos de recepción reducidos así generados de la señal de eco de radar se transmiten a través de un trayecto de transmisión 54, en particular un trayecto de transmisión de radio, a un dispositivo de síntesis SAR 56, que se implementa mediante un procesador SAR y a partir de los datos de recepción reducidos de la señal de eco de radar reconstruye la señal de eco de radar  
20 original como se describió anteriormente.

Números de referencia y acrónimos

- 10      señal de tipo *chirp*
- 25      12      sistema SAR
- 14      área iluminada por el sistema SAR 12
- 30      16      área deseada para la formación de imágenes mediante el sistema SAR 12
- 18      objetivo más próximo en el área 16 con respecto al sistema SAR 12
- 20      objetivo más alejado en el área 16 con respecto al sistema SAR 12
- 35      22      señal de eco de radar del objetivo 18
- 24      señal de eco de radar del objetivo 20
- 40      50      dispositivo de análisis espectral
- 52      dispositivo de selección de subbanda
- 54      trayecto de transmisión para datos SAR reducidos
- 45      56      dispositivo de síntesis SAR

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la reducción de datos de recepción de un radar con las etapas siguientes:
- 5 - recibir una señal de eco de radar (S10) partiendo de una señal de emisión similar a *chirp*,
- fijar una ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función de una zona que se detectará mediante el radar (S12),
- 10 - dividir la señal de eco de radar recibida en varias subbandas espectrales (S14),
- determinar ventanas de subbanda para cada subbanda espectral (S16),
- activar las ventanas de subbanda dentro de la ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función del tiempo de recepción de la señal de eco de radar (S18), y
- 15 - muestrear la señal de eco de radar con una tasa de muestreo variable, que se ajusta en función del número de ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo (S20).
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los instantes de encendido y apagado para la activación de las respectivas ventanas de subbanda se seleccionan de tal modo que cada ventana de subbanda cubre una zona de recepción temporal de la señal de eco de radar, en la que la señal de eco de radar en la respectiva ventana de subbanda incluye información con respecto a la zona que se detectará mediante el radar.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las subbandas espectrales se seleccionan de tal modo que presentan zonas espectrales aproximadamente igual de grandes.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 o 3, caracterizado por que se fija una tasa de muestreo base FS/M en función del espectro de la señal de eco de radar y del número M de subbandas espectrales y se ajusta la tasa de muestreo en función de la tasa de muestreo base.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la división de la señal de eco de radar recibida se produce en varias subbandas espectrales de tal modo que cada subbanda espectral limita directamente con al menos una subbanda espectral adyacente.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como datos de recepción reducidos se proporcionan los valores de muestreo de la señal de eco de radar junto con los instantes de encendido y apagado para la activación de las ventanas de subbanda (S22).
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que los datos de recepción reducidos se reducen adicionalmente mediante una cuantificación adaptativa de bloques.
8. Procedimiento para el procesamiento de datos de recepción de un radar, reducidos con un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se filtra digitalmente la señal representada mediante los datos de recepción con un banco de filtros, que está configurado para dividir la señal en las subbandas espectrales y reducir la tasa de muestreo de manera correspondiente al número de subbandas espectrales.
- 45 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que como banco de filtros se utiliza un banco de filtros de DFT modificada.
- 50 10. Programa informático con código de programa para la realización de todas las etapas de procedimiento de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, cuando el programa informático se ejecuta por un ordenador.
- 55 11. Soporte de datos, en el que está almacenado el código de programa del programa informático según la reivindicación 10 que puede ejecutarse por un ordenador.
12. Dispositivo para la reducción de datos de recepción de un radar con
- 60 - un receptor para una señal de eco de radar partiendo de una señal de emisión similar a *chirp*, estando configurado el receptor de tal modo que se fija una ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función de una zona que se detectará mediante el radar, y
- medios de reducción de datos (50, 52) para dividir la señal de eco de radar recibida en varias subbandas espectrales, determinar ventanas de subbanda para cada subbanda espectral, activar las ventanas de subbanda dentro de la ventana de recepción temporal de la señal de eco de radar en función del tiempo de recepción de la
- 65

señal de eco de radar y muestrear la señal de eco de radar con una tasa de muestreo variable, que se ajusta en función del número de ventanas de subbanda activas en el respectivo instante de muestreo.

5 13. Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado por que los medios de reducción de datos están configurados para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 7.

10 14. Dispositivo para el procesamiento de datos de recepción de un radar, que se han reducido con un dispositivo según la reivindicación 12 o 13, con un banco de filtros para el filtrado digital de la señal representada mediante los datos de recepción, estando configurado el banco de filtros para dividir la señal en las subbandas espectrales y reducir la tasa de muestreo de manera correspondiente al número de subbandas espectrales.

15. Dispositivo según la reivindicación 14, caracterizado por que el banco de filtros es un banco de filtros de DFT modificada.



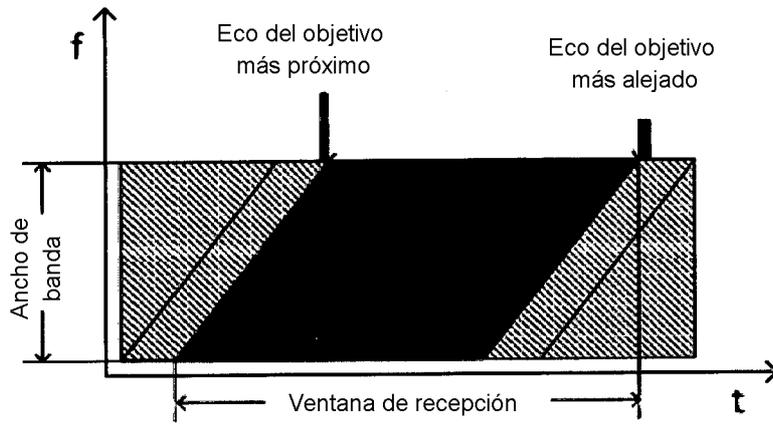


Fig. 2

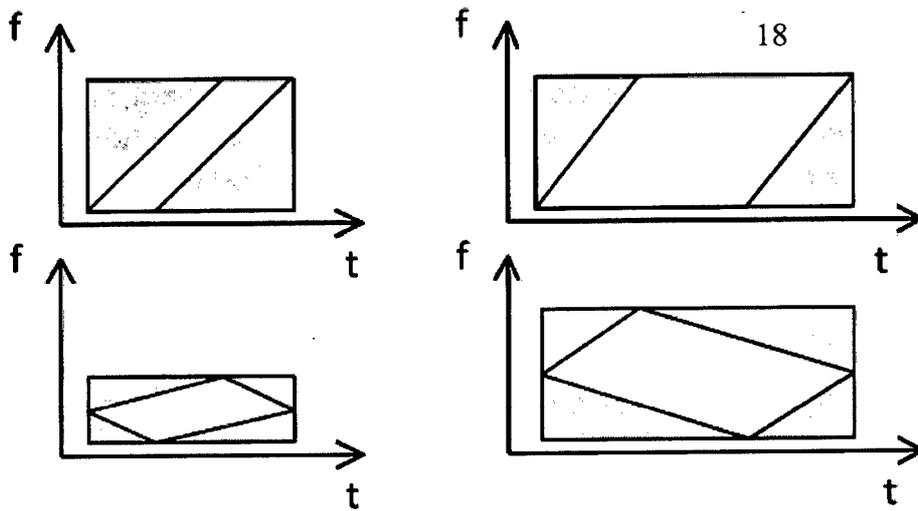


Fig. 3

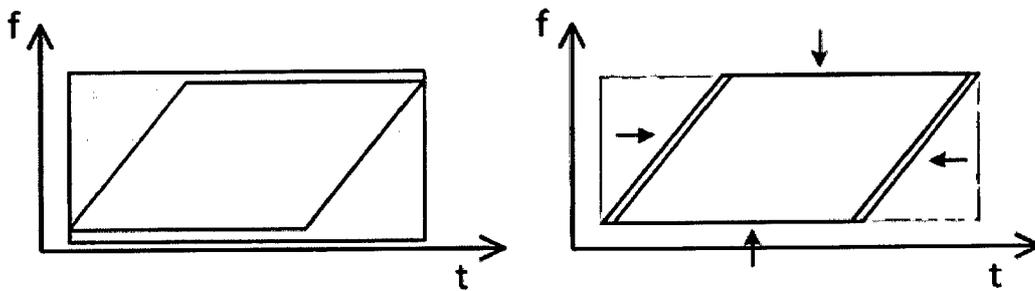


Fig. 4

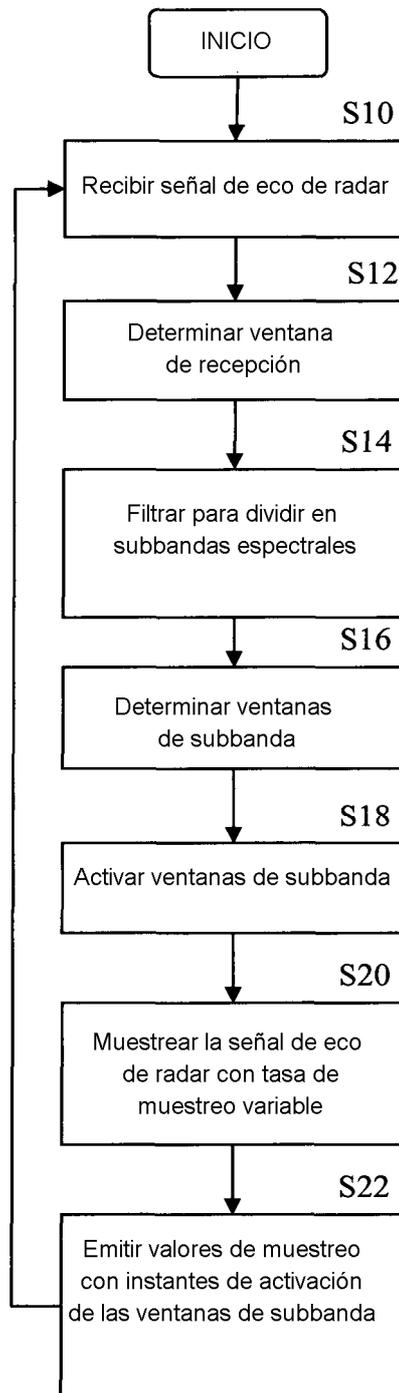


Fig. 5

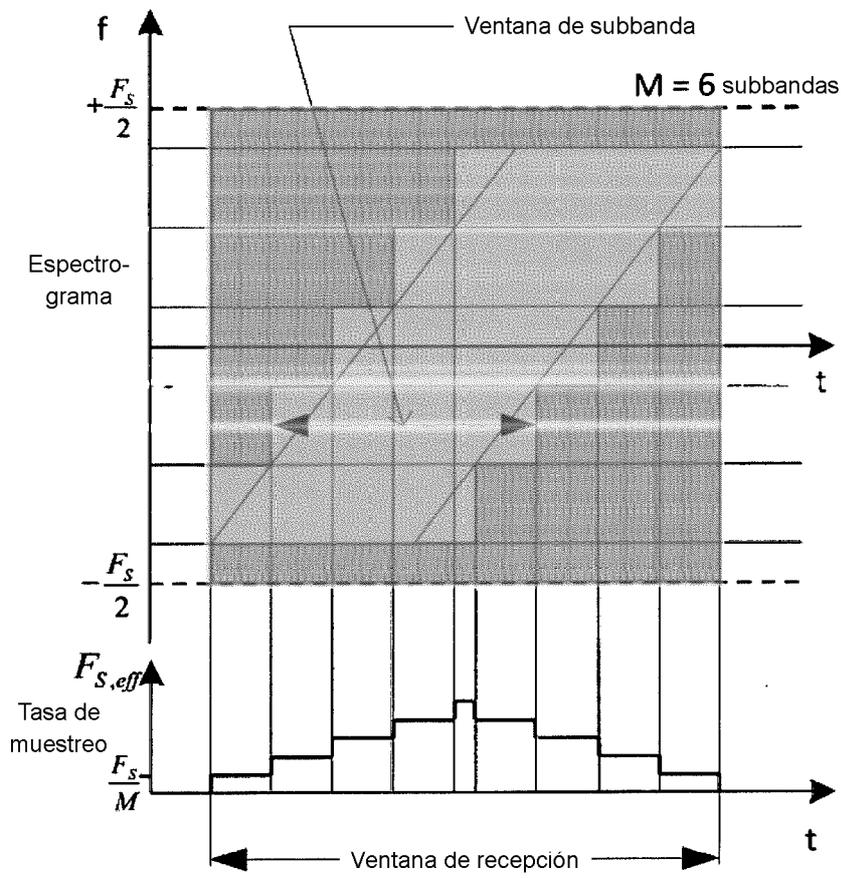


Fig. 6

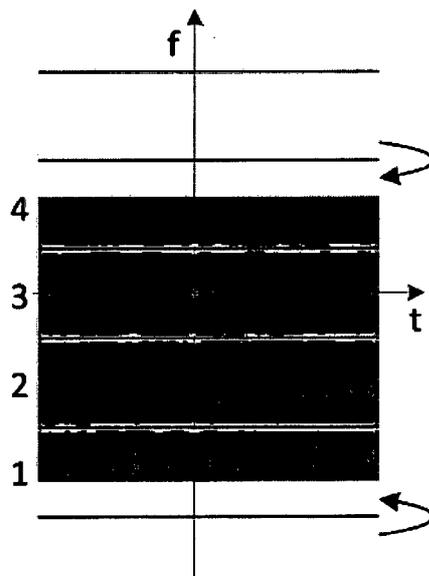


Fig. 7

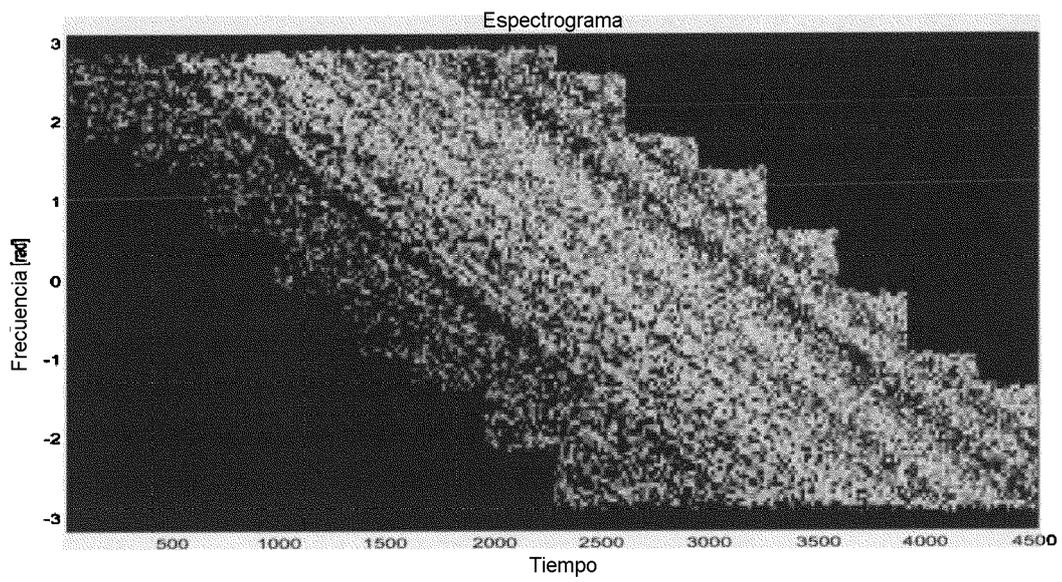
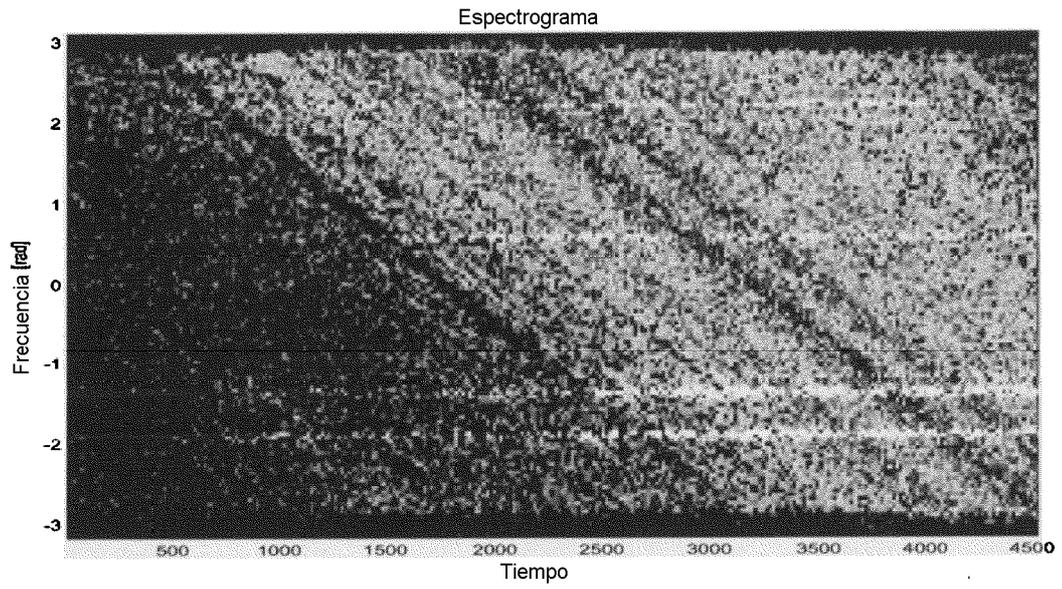


Fig. 8

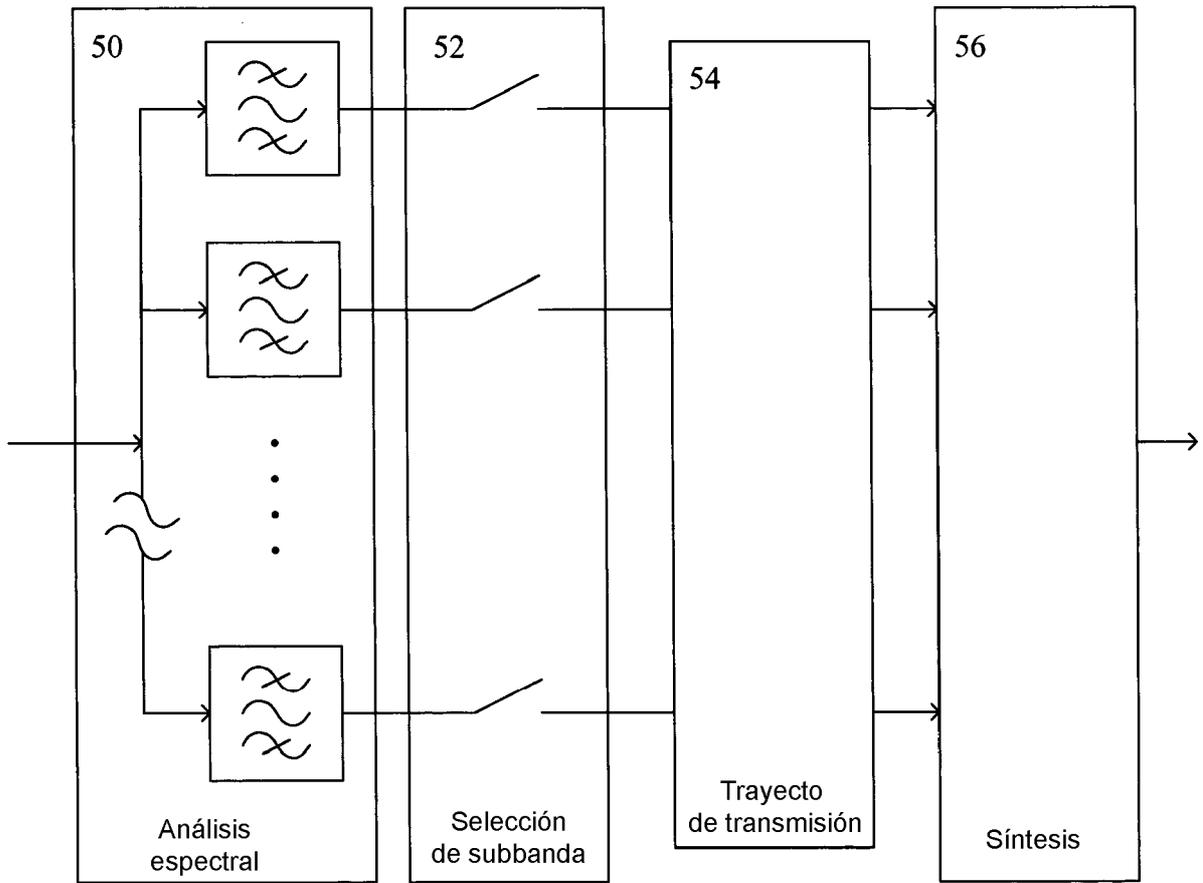


Fig. 9