

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 626**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2010 E 10704830 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **04.01.2012 EP 2401823**

54 Título: **Aparato de compensación**

30 Prioridad:

27.02.2009 EP 09275010
19.06.2009 US 488211

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.02.2013

73 Titular/es:

ASTRIUM LIMITED (100.0%)
Gunnels Wood Road
Stevenage, Hertfordshire, SG1 2AS, GB

72 Inventor/es:

BROWN, STEPHEN, PHILLIP;
HUGHES, ROBERT, JULIAN, FRANCIS y
CRAIG, ANTONY, DUNCAN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PALMERO, Fe

ES 2 394 626 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

Aparato de compensación

5 Campo de la invención

La invención se refiere al procesamiento de señales sujetas a variación del retardo de grupo y/o variación de la atenuación. En particular, pero no en exclusiva, la invención se refiere a compensación digital para variación del retardo de grupo y/o de la atenuación no deseada.

10

Antecedentes de la invención

Los sistemas de comunicación por satélite procesan cada vez más señales, tanto en el ámbito analógico como en el digital. Las señales son a menudo filtradas y pre-procesadas en el ámbito analógico antes de digitalizarlas. En el ámbito digital, las señales pueden desmultiplexarse en una pluralidad de colectores de frecuencia, que a continuación son procesados y enrutados por separado. Los colectores de frecuencia se multiplexan de nuevo a continuación para formar las señales de enlace a tierra requeridas antes de la conversión de vuelta al ámbito analógico.

15

Los diferentes componentes implicados en el procesamiento de las señales están diseñados para cumplir estrictos requisitos sobre la calidad de la señal. La variación de la ganancia y del retardo de grupo en función de la frecuencia puede causar degradación de la señal. Es deseable, por lo tanto, que los componentes implicados en el procesamiento de señales se muestren cercanos a la planeidad de retardo de grupo y la planeidad de ganancia cuando sea posible. Sin embargo, las consideraciones de masa, coste y potencia no siempre hacen esto posible, especialmente para componentes que operan en el ámbito analógico. El problema de planeidad de retardo de grupo y de ganancia es muy preocupante en el caso de portadores de ancho de banda más amplio que padecerán la mayor degradación de rendimiento.

25

La invención se realizó en este contexto.

30

Resumen de la invención

Según la invención, se proporciona un aparato para un sistema de comunicación por satélite que comprende: medios para determinar al menos una de una desviación de fase para un canal de frecuencia de una pluralidad de canales de frecuencia desmultiplexados a partir de un portador para compensar la variación del retardo de grupo dentro del portador y una desviación de ganancia para el canal de frecuencia para compensar la variación de ganancia con el portador; y medios para aplicar las determinadas al menos una de desviación de fase y desviación de ganancia al canal de frecuencia antes de que el portador se forma de nuevo a partir de dicha pluralidad de canales de frecuencia.

35

40

Los medios de determinación pueden estar configurados para determinar una desviación de fase para cada canal de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia dependiendo de la fase de otros canales de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia para proporcionar una aproximación a la planeidad de retardo de grupo a través del ancho de banda del portador.

45

La determinada al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia puede ser constante a través del ancho de banda de un canal de frecuencia.

50

El aparato puede comprender una red formadora de haces que proporciona una pluralidad de trayectorias para enrutar señales que representan al portador, comprendiendo la pluralidad de trayectorias una primera trayectoria para recibir a dicho canal de frecuencia y en la que los medios de determinación están configurados para determinar una desviación de fase para que dicho canal de frecuencia iguale el retardo de grupo del portador en la primera trayectoria y el retardo de grupo del portador en otra trayectoria de la pluralidad de trayectorias.

55

Los medios de determinación pueden estar configurados, además, para determinar una desviación de ganancia para que dicho canal de frecuencia proporcione una aproximación a la planeidad de ganancia a través del portador.

La invención proporciona, por lo tanto, una manera de compensar de forma digital la variación de la ganancia y del retardo de grupo. Típicamente, los componentes que operan sobre la señal en el ámbito analógico introducen la

mayor variación de la ganancia y del retardo de grupo. Dado que la invención permite que la variación de la ganancia y del retardo de grupo sea compensada en el ámbito digital, las características de retardo de grupo y de ganancia de los componentes analógicos pueden relajarse significativamente dando la oportunidad para una solución de procesador integrado global mejorada en términos de masa, potencia, riesgo y coste.

5 Los medios de determinación pueden estar configurados para determinar una desviación de ganancia y de fase para compensar una variación de la ganancia y del retardo de grupo no deseada introducida antes, después o tanto antes como después de la aplicación de las desviaciones de ganancia y de fase determinadas.

10 Los medios de determinación pueden estar configurados para determinar una desviación de ganancia y de fase dependiendo de perfiles almacenados de respuesta de ganancia y de fase de al menos un componente del sistema de comunicación por satélite. El aparato puede comprender, además, una tabla que almacena desviaciones de ganancia y de fase para cada canal de frecuencia y los medios para determinar una desviación de ganancia y de fase pueden estar configurados para buscar la desviación de ganancia y de fase en dicha tabla.

15 El aparato puede comprender, además, un sensor de temperatura y los medios para determinar una desviación de ganancia y de fase pueden estar configurados para determinar una desviación de ganancia y de fase dependiendo de datos detectados desde del sensor de temperatura.

20 Adicionalmente, el aparato puede comprender, además, al menos un filtro de paso de banda para filtrar una señal de interés y los medios de determinación pueden estar configurados para determinar una desviación de ganancia y de fase y aplicar las desviaciones de ganancia y de fase determinadas para compensar el retardo de grupo y la variación de ganancia dentro del portador introducidos por el filtro de paso de banda.

25 El aparato puede comprender, además, un desmultiplexor para desmultiplexar un portador en una pluralidad de canales de frecuencia; un procesador para procesar los canales de frecuencia, comprendiendo el procesador los medios de determinación y los medios de aplicación; y un multiplexor para volver a formar el portador a partir de los canales de frecuencia procesados y compensados.

30 Según la invención, también se proporciona un sistema de comunicación por satélite que comprende el aparato descrito anteriormente.

35 Según la invención, también se proporciona un método de procesamiento de señales en un sistema de comunicación por satélite que comprende: determinar al menos una de una desviación de fase para un canal de frecuencia de una pluralidad de canales de frecuencia desmultiplexados a partir de un portador para compensar cualquier variación del retardo de grupo dentro del portador y una desviación de ganancia para el canal de frecuencia para compensar cualquier variación de la ganancia en el portador; y aplicar la determinada al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia al canal de frecuencia antes de volver a formar el portador a partir de dicha pluralidad de canales de frecuencia.

40 Determinar una desviación de fase para un canal de frecuencia puede comprender determinar una desviación de fase para cada canal de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia, dependiendo de la fase de otros canales de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia para proporcionar una aproximación a la planeidad de retardo de grupo a través del portador.

45 La determinada al menos una de una desviación de ganancia y de fase puede ser constante a través del ancho de banda de un canal de frecuencia.

50 El método puede comprender, además, enrutar señales que representan a dicho portador a lo largo de una pluralidad de trayectorias en una red formadora de haces; en el que determinar una desviación de fase para dicho canal de frecuencia comprende determinar una desviación de fase para un canal de frecuencia enrutado a lo largo de una primera trayectoria para igualar el retardo de grupo del portador en la primera trayectoria y el retardo de grupo del portador en una segunda trayectoria de la pluralidad de trayectorias.

55 Determinar al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia puede comprender determinar tanto una desviación de fase como una desviación de ganancia. La desviación de fase y la desviación de ganancia pueden determinarse para obtener una aproximación tanto a la planeidad de retardo de grupo como a la planeidad de ganancia a través del portador.

Determinar desviaciones de ganancia y de fase puede comprender determinar desviaciones de ganancia y de fase para compensar una variación de la ganancia y del retardo de grupo no deseada introducida antes, después o tanto antes como después de la aplicación de las desviaciones de ganancia y de fase determinadas.

5 Determinar desviaciones de ganancia y de fase puede comprender determinar desviaciones de ganancia y de fase dependiendo de perfiles de respuestas de ganancia y de fase de al menos un componente del sistema de comunicación por satélite. Como alternativa o adicionalmente, determinar una desviación de ganancia y de fase puede comprender buscar la desviación de ganancia y de fase en una tabla. Determinar una desviación de ganancia y de fase puede comprender, además, determinar una desviación de ganancia y de fase dependiendo de datos de temperatura detectados de un sensor de temperatura en el sistema de comunicación por satélite.

Breve descripción de los dibujos

15 A continuación se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, en referencia a las figuras 1 a 10 de los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de comunicación por satélite;

20 La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de los componentes del preprocesador analógico de la figura 1;

Las figuras 3a y 3b ilustran esquemáticamente cómo una señal deseada es filtrada por paso de banda y se convierte en bajada en el preprocesador analógico de la figura 2;

25 La figura 4 ilustra el retardo de grupo y la variación de ganancia de un filtro de paso de banda típico;

La figura 5 es un diagrama de bloques esquemático del procesador digital de la figura 1;

30 Las figuras 6a, 6b, 6c y 6d ilustran esquemáticamente cómo una señal es desmultiplexada y multiplexada en el procesador digital de la figura 4;

La figura 7 ilustra esquemáticamente cómo un portador de banda ancha es procesado en el procesador digital de la figura 5;

35 La figura 8 ilustra esquemáticamente cómo una variación de ganancia no deseada dentro de un portador puede compensarse digitalmente;

La figura 9 ilustra esquemáticamente cómo la variación del retardo de grupo dentro de un portador puede compensarse digitalmente; y

40 La figura 10 ilustra esquemáticamente cómo un retardo de grupo no deseado dentro del portador, como resultado de diferentes perfiles de retardo de grupo de diferentes trayectorias de una red formadora de haces, puede compensarse digitalmente.

Descripción detallada

45 En referencia a la figura 1, un sistema de comunicación por satélite 1 comprende un subsistema de antena receptora 2 para recibir haces de enlace hacia satélite, un amplificador de bajo ruido 3 para amplificar la señal recibida en los haces de enlace hacia satélite, un procesador integrado 4 para procesar la señal, un amplificador de alta potencia 5 para amplificar la señal procesada y un subsistema de antena transmisora 6 para transmitir la señal en haces de enlace a tierra. El subsistema de antena receptora 2 puede estar configurado para recibir una pluralidad de haces desde una pluralidad de ubicaciones suscriptoras o un único haz desde una estación terrestre de interconexión. Análogamente, el subsistema de antena transmisora 6 puede estar configurado para transmitir una pluralidad de haces a una pluralidad de ubicaciones suscriptoras o un único haz a una estación terrestre de interconexión. El sistema de comunicación por satélite puede estar basado en una arquitectura de red formadora de haces o una arquitectura conmutada espacialmente. Debe observarse que la figura 1 es solamente esquemática y los subsistemas receptor y transmisor 2, 6 pueden implementarse como un único subsistema con una única antena usada tanto para recibir como para transmitir haces.

El procesador integrado 4 comprende un preprocesador analógico 7, un conversor analógico a digital 8, un

- 5 procesador digital 9, un conversor digital a analógico 10 y un postprocesador analógico 11. El conversor analógico a digital 8 está provisto para digitalizar la señal, el conversor digital a analógico 10 está provisto para convertir la señal digital de vuelta al ámbito analógico y el post-procesador 11 está provisto para rechazar imágenes no deseadas después de la conversión digital a analógico y para convertir en subida la señal en una frecuencia adecuada para los haces de enlace a tierra. Los otros componentes se describirán con más detalle a continuación. El procesador integrado 4 también comprende una interfaz de control conectada al procesador digital 9. La interfaz de control 12 proporciona una interfaz con una estación terrestre (no se muestra) para permitir que el procesador digital 9 sea controlado desde tierra.
- 10 En referencia a la figura 2, el preprocesador analógico 7 comprende una pluralidad de filtros de paso de banda 13 para aislar las bandas de interés en la radiación recibida y una pluralidad de conversores de bajada 14 para convertir en bajada las bandas filtradas en una frecuencia a la cual puede realizarse el procesamiento de la señal digital. El intervalo de frecuencia entrante puede comprender señales deseadas en diferentes bandas de frecuencia. Cada filtro de paso de banda 13 del preprocesador analógico pasa diferentes bandas de frecuencia deseadas.
- 15 En referencia a las figuras 3a y 3b, se muestran un intervalo de frecuencia de la radiación entrante y la señal deseada convertida en bajada. La radiación entrante comprende una señal deseada 15 y señales no deseadas 16a y 16b. Uno de los filtros de paso de banda 13 se usa para dejar pasar a la señal deseada 15 y rechazar todas las señales no deseadas. En la figura 3a, la señal deseada se proporciona en una única banda de frecuencia. Sin embargo, la radiación recibida puede comprender otras señales de interés en otras bandas de frecuencia a las que dejan pasar los otros filtros de paso de banda 13 del preprocesador analógico 7. La señal filtrada se convierte en bajada a continuación a una frecuencia menor mediante un conversor de bajada 14 del preprocesador analógico 7 tal como se muestra en la figura 3b. La señal deseada comprende una pluralidad de portadores 17. Los portadores pueden tener diferente anchura dependiendo del tipo y la cantidad de información que está siendo comunicada por el portador.
- 20 El filtro de paso de banda analógico 13 en el preprocesador analógico no es un filtro perfecto. La señal filtrada experimenta cierta variación de la atenuación no deseada, especialmente en los bordes de la banda de paso. Adicionalmente, el filtro de paso de banda también tiene un retardo de grupo en banda no constante. El retardo de grupo es la primera derivada de la respuesta de fase con respecto a la frecuencia. El filtro ideal proporcionaría un perfil de ganancia con una parte superior completamente plana y una fase que varía de forma lineal con la frecuencia, es decir un retardo de grupo constante. En su lugar, el perfil de ganancia y la fase del filtro de paso de banda pueden variar tal como se muestra en la figura 4. La parte superior del perfil de ganancia no es completamente plana y la fase se desvía de una variación lineal con la frecuencia. Estas imperfecciones no son específicas de filtros de paso de banda, sino que están presentes para cualquier componente analógico en el sistema de comunicación por satélite 1. El retardo de grupo y la variación de la atenuación causan degradación de la señal. La degradación es más significativa para portadores más anchos dado que, cuanto más ancha sea la amplitud de frecuencia del portador, mayores serán la variación de ganancia y la variación del retardo de grupo a través del portador. Además, la degradación puede ser peor si el portador está en el borde de la banda de paso debido al perfil de ganancia en pendiente y la mayor variación del retardo de grupo en el borde de la banda filtrada. La invención proporciona un método y un aparato para compensar la variación de la ganancia y del retardo de grupo del filtro de paso de banda y otros componentes tanto antes como después del procesador digital que introduce variaciones de la ganancia y del retardo de grupo, tal como se describirá con más detalle a continuación.
- 30 El filtro de paso de banda analógico 13 en el preprocesador analógico no es un filtro perfecto. La señal filtrada experimenta cierta variación de la atenuación no deseada, especialmente en los bordes de la banda de paso. Adicionalmente, el filtro de paso de banda también tiene un retardo de grupo en banda no constante. El retardo de grupo es la primera derivada de la respuesta de fase con respecto a la frecuencia. El filtro ideal proporcionaría un perfil de ganancia con una parte superior completamente plana y una fase que varía de forma lineal con la frecuencia, es decir un retardo de grupo constante. En su lugar, el perfil de ganancia y la fase del filtro de paso de banda pueden variar tal como se muestra en la figura 4. La parte superior del perfil de ganancia no es completamente plana y la fase se desvía de una variación lineal con la frecuencia. Estas imperfecciones no son específicas de filtros de paso de banda, sino que están presentes para cualquier componente analógico en el sistema de comunicación por satélite 1. El retardo de grupo y la variación de la atenuación causan degradación de la señal. La degradación es más significativa para portadores más anchos dado que, cuanto más ancha sea la amplitud de frecuencia del portador, mayores serán la variación de ganancia y la variación del retardo de grupo a través del portador. Además, la degradación puede ser peor si el portador está en el borde de la banda de paso debido al perfil de ganancia en pendiente y la mayor variación del retardo de grupo en el borde de la banda filtrada. La invención proporciona un método y un aparato para compensar la variación de la ganancia y del retardo de grupo del filtro de paso de banda y otros componentes tanto antes como después del procesador digital que introduce variaciones de la ganancia y del retardo de grupo, tal como se describirá con más detalle a continuación.
- 35 En referencia a la figura 5, el procesador digital 9 comprende un desmultiplexor 18 para separar la señal deseada en una pluralidad de canales de frecuencia, un procesador de señales 19 para procesar los canales de frecuencia por separado y un multiplexor de frecuencias 20 para multiplexar los diferentes canales de frecuencia juntos de nuevo. El desmultiplexor 20 recibe la señal desde el conversor analógico a digital 8 y el multiplexor 18 envía la señal multiplexada al conversor digital a analógico 10. El procesador de señales 19 también comprende una unidad de compensación 21 para compensar al menos una de la variación de la ganancia y del retardo de grupo en banda introducidas por los componentes analógicos a lo largo de la trayectoria de la señal, tal como se describirá con más detalle a continuación.
- 40 En referencia a la figura 5, el procesador digital 9 comprende un desmultiplexor 18 para separar la señal deseada en una pluralidad de canales de frecuencia, un procesador de señales 19 para procesar los canales de frecuencia por separado y un multiplexor de frecuencias 20 para multiplexar los diferentes canales de frecuencia juntos de nuevo. El desmultiplexor 20 recibe la señal desde el conversor analógico a digital 8 y el multiplexor 18 envía la señal multiplexada al conversor digital a analógico 10. El procesador de señales 19 también comprende una unidad de compensación 21 para compensar al menos una de la variación de la ganancia y del retardo de grupo en banda introducidas por los componentes analógicos a lo largo de la trayectoria de la señal, tal como se describirá con más detalle a continuación.
- 45 En referencia a la figura 5, el procesador digital 9 comprende un desmultiplexor 18 para separar la señal deseada en una pluralidad de canales de frecuencia, un procesador de señales 19 para procesar los canales de frecuencia por separado y un multiplexor de frecuencias 20 para multiplexar los diferentes canales de frecuencia juntos de nuevo. El desmultiplexor 20 recibe la señal desde el conversor analógico a digital 8 y el multiplexor 18 envía la señal multiplexada al conversor digital a analógico 10. El procesador de señales 19 también comprende una unidad de compensación 21 para compensar al menos una de la variación de la ganancia y del retardo de grupo en banda introducidas por los componentes analógicos a lo largo de la trayectoria de la señal, tal como se describirá con más detalle a continuación.
- 50 En referencia a la figura 5, el procesador digital 9 comprende un desmultiplexor 18 para separar la señal deseada en una pluralidad de canales de frecuencia, un procesador de señales 19 para procesar los canales de frecuencia por separado y un multiplexor de frecuencias 20 para multiplexar los diferentes canales de frecuencia juntos de nuevo. El desmultiplexor 20 recibe la señal desde el conversor analógico a digital 8 y el multiplexor 18 envía la señal multiplexada al conversor digital a analógico 10. El procesador de señales 19 también comprende una unidad de compensación 21 para compensar al menos una de la variación de la ganancia y del retardo de grupo en banda introducidas por los componentes analógicos a lo largo de la trayectoria de la señal, tal como se describirá con más detalle a continuación.
- 55 En referencia a la figura 6a a 6d, el desmultiplexor 18 puede comprender una pluralidad de filtros adyacentes que dividen la señal digitalizada en una pluralidad de canales de frecuencia 22. Por ejemplo, el desmultiplexor puede separar la señal en K canales de frecuencia 22 de igual anchura tal como se muestra en la figura 6a y 6b. El procesador de señales 19 procesa a continuación las señales en los canales de frecuencia por separado. Por ejemplo, el procesador de señales 19 puede realizar traslación de frecuencia y/o enrutamiento de canales de frecuencia a un haz particular. El procesador de señales 19 puede transformar los K canales de frecuencia en L

nuevos canales de frecuencia 23, tal como se muestra en las figuras 6c y 6d.

Un portador desmultiplexado por el desmultiplexor 18 puede ser más ancho o más estrecho que un canal de frecuencia 23. En algunas realizaciones, los filtros de canal adyacentes del desmultiplexor 18 están diseñados de modo que se sumen para dar una banda de paso continua. Esto puede usarse para volver a formar un portador que abarca múltiples canales de frecuencia. El procesamiento de un portador de banda ancha, que abarca múltiples canales de frecuencia, se ilustra en la figura 7. El desmultiplexor filtra el portador de banda ancha 17 en una pluralidad de canales de frecuencia de banda estrecha que se solapan parcialmente. Los canales de frecuencia constituyentes son enrutados a continuación juntos por el procesador de señales 19. En el desmultiplexor 20, los canales de frecuencia procesados 23 se suman a continuación para proporcionar una respuesta plana matemáticamente exacta 24 para formar de nuevo el portador de banda ancha 17.

Según algunas realizaciones de la invención, durante el procesamiento de los canales de frecuencia constituyentes, se aplican correcciones para la variación de la atenuación y del retardo de grupo a través del portador de banda ancha. La unidad de compensación 21 en el procesador digital 19 determina una desviación de fase y de ganancia para cada canal de frecuencia considerando la fase y la ganancia de canales de frecuencia vecinos para obtener la mejor aproximación global a la planeidad de ganancia y de retardo de grupo a través del portador cuando se aplican las desviaciones de fase y de ganancia. En otras palabras, la corrección de fase para cada canal se determina de modo que la fase siga una relación efectivamente lineal con respecto a la frecuencia a través del portador y las correcciones de ganancia se determinan para proporcionar una respuesta de ganancia plana a través del portador. La degradación a la señal debida a la variación de la ganancia y del retardo de grupo puede minimizarse por lo tanto. Además, al hacer posible compensar digitalmente la variación de la ganancia y del retardo de grupo introducida por los componentes analógicos, el diseño de los componentes analógicos, tales como los filtros de paso de banda en el preprocesador analógico 7, puede simplificarse.

La unidad de compensación 21 puede usarse para aplicar desviaciones de fase y de ganancia en cada canal de frecuencia para corregir disfunciones introducidas a lo largo de toda la trayectoria de la señal, tanto antes como después del procesador de señales 19. Por lo tanto, pueden añadirse distorsiones al portador en la unidad de compensación para proporcionar una respuesta de ganancia y de retardo de grupo que no es plana para compensar distorsiones introducidas por componentes situados después del procesador digital 9 en la trayectoria de la señal. Las distorsiones aplicadas por la unidad de compensación 21 se seleccionan de modo que la ganancia y el retardo de grupo a través del portador sean constantes en el extremo de la trayectoria de la señal en el sistema de comunicación por satélite. Por ejemplo, si los componentes en el postprocesador analógico 11 aumentan de forma desproporcionada el retardo de grupo en una serie de canales de frecuencia en comparación con los otros canales de frecuencia del portador, la unidad de compensación 21 disminuirá el gradiente de fase en el conjunto de canales de frecuencia con una cantidad igual al gradiente de fase introducido por el postprocesador para el conjunto de canales de frecuencia, de modo que el retardo de grupo en el conjunto de canales de frecuencia aumenta para tener el mismo retardo de grupo que los otros canales de frecuencia cuando pasan a través del postprocesador analógico 11.

La figura 8 muestra la variación de amplitud de los canales de frecuencia de banda estrecha constituyentes de un portador de banda ancha. El portador de banda ancha ha sido desmultiplexado y procesado en nueve canales de frecuencia 23. La figura 8 muestra un portador en el extremo de frecuencia más baja de la banda de paso y la señal en los canales de frecuencia en el extremo de frecuencia más baja del portador se ha atenuado más que la señal en los canales de frecuencia en el extremo de frecuencia más alta del portador. La unidad de compensación 21 en el procesador de señales 19 determina un ajuste de amplitud apropiado para cada canal de frecuencia 23 y aplica el ajuste de amplitud. En algunas realizaciones, el ajuste de amplitud es constante a través de cada colector de frecuencia. Tal como se muestra en la figura 8, la amplitud de todos los canales de frecuencia en el extremo de frecuencia más baja de la banda portadora se ajusta al alza. La amplitud de los otros canales de frecuencia puede modificarse para dar una respuesta más plana. Los canales de frecuencia se multiplexan a continuación para volver a formar el portador de banda ancha.

La figura 9 muestra la variación del retardo de grupo de canales de frecuencia de banda estrecha constituyentes 23 de otro portador de banda ancha. El portador de banda ancha ha sido desmultiplexado y procesado en ocho canales de frecuencia. La fase real 25 a través del portador de banda ancha muestra una relación no lineal con respecto a la frecuencia. En otras palabras, el retardo de grupo no es constante. Un retardo de grupo constante daría una fase ideal lineal 26. La corrección del retardo de grupo obedece al mismo principio que la corrección de ganancia descrita anteriormente. La unidad de compensación 21 aplica correcciones de fase por tramos a cada colector de frecuencia para crear una variación de fase correlacionada 27 a través del portador. Un único ajuste de fase se aplica a todo el

ancho de banda de un canal de frecuencia dado. La corrección de fase linealiza efectivamente la variación de fase de forma similar a escalones. Los bordes de los escalones pueden suavizarse mediante la anchura de transición finita de los filtros entre canales de frecuencia vecinos.

5 Los ajustes de amplitud y de fase apropiados pueden basarse en un perfil almacenado de la respuesta de ganancia y de fase de los componentes analógicos. Por ejemplo, una desviación de ganancia y de fase diferente para cada canal de frecuencia puede almacenarse en base a simulaciones previas de los componentes del sistema o datos reales obtenidos de señales procesadas por el sistema. Las desviaciones de ganancia y de fase para cada componente pueden determinarse como la diferencia entre la ganancia y la fase para un componente ideal y la ganancia y la fase para el componente real. Las desviaciones de ganancia y de fase calculadas para todos los componentes pueden combinarse para dar una desviación de ganancia y de fase para toda la trayectoria de la señal, incluyendo componentes analógicos tanto antes como después del procesador. La unidad de compensación 21 puede estar programada con las desviaciones de ganancia y de fase antes de que el sistema de comunicación por satélite sea lanzado o puede programarse a distancia desde una estación terrestre mediante la interfaz de control 12. Por ejemplo, las desviaciones de ganancia y de fase pueden incluirse en una tabla cargada en la unidad de compensación 21 antes de que se lance el sistema de comunicación por satélite o a distancia desde que la estación terrestre se lanza. Debe observarse que la tabla no tiene que estar almacenada en la unidad de compensación 21. Puede almacenarse en cualquier otra parte en el satélite o incluso almacenarse en la estación terrestre y puede accederse a ella a distancia.

20 Se contempla que el sistema pueda recalibrarse de vez en cuando para determinar cualesquiera cambios en los perfiles de respuesta de los componentes como resultado de, por ejemplo, la edad. La unidad de compensación 21 puede reprogramarse para tener en cuenta cualesquiera cambios de los perfiles de respuesta de los componentes. La unidad de compensación 21 también puede programarse para seleccionar una desviación apropiada dependiendo de la temperatura del sistema de comunicación por satélite 1. Las características de los filtros pueden cambiar con la temperatura. Se contempla que la carga útil del satélite comprenda un termómetro que proporcione a la unidad de compensación 21 datos de temperatura. La unidad de compensación selecciona una desviación dependiendo de la temperatura detectada. La unidad de compensación 21 puede almacenar, por lo tanto, una tabla con diferentes desviaciones para diferentes canales de frecuencia a diferentes temperaturas.

30 En algunas realizaciones, la desviación de ganancia y de fase apropiada puede determinarse no con respecto a una respuesta de ganancia y de fase ideal sino con respecto a la ganancia y la fase medidas de todos los canales de frecuencia del portador. Por ejemplo, la unidad de compensación 21 puede determinar la amplitud promedio a través del portador y ajustar la amplitud en cada colector de frecuencia para que corresponda a la amplitud promedio. Análogamente, la unidad de compensación 21 puede determinar un retardo de grupo promedio a través del portador, es decir la variación promedio de la fase con respecto a frecuencia a través del portador, y ajustar la fase de cada canal de frecuencia para que corresponda al retardo de grupo promedio.

40 En algunos sistemas, la frecuencia de un portador puede trasladarse al procesador de señales 19. La cantidad de desplazamiento de ganancia y de fase que se produce antes de la traslación de frecuencia dependerá de la frecuencia antes de la traslación de frecuencia y la cantidad de desplazamiento de ganancia y de fase que se produce después de la traslación de frecuencia dependerá de la frecuencia después de la traslación de frecuencia. La unidad de compensación 21 puede almacenar, por lo tanto, una tabla que especifica desviaciones diferentes para compensar las traslaciones de ganancia y de fase introducidas antes de la traslación de frecuencia y para la traslación de ganancia y de fase introducidas después de la traslación de frecuencia. Para una señal enrutada a lo largo de una trayectoria específica en el sistema del satélite, la unidad de compensación buscará las desviaciones de ganancia y de fase para la frecuencia original y las desviaciones de ganancia y de fase para la frecuencia final y combinará cada una de las desviaciones de ganancia y de fase para determinar una desviación de ganancia y de fase global para una trayectoria.

50 La invención puede usarse en cualquier carga útil de satélite para compensar el retardo de grupo y la variación de ganancia a través de un portador. Particularmente, la compensación puede aplicarse tanto en una arquitectura de red formadora de haces digital, con antenas en fase o un reflector alimentado por un conjunto de antenas, o en una arquitectura conmutada espacialmente. Una arquitectura de red formadora de haces digital típicamente implica una pluralidad de elementos de alimentación y un procesador de señales digital que enruta la señal a lo largo de una pluralidad de trayectorias y establece la amplitud y la fase de cada trayectoria para formar y dirigir una pluralidad de haces a una pluralidad de ubicaciones suscriptoras. La red formadora de haces digital ya tiene, por lo tanto, la funcionalidad para establecer la fase y la amplitud para cada trayectoria y la invención puede implementarse fácilmente. En una arquitectura conmutada espacialmente típica, el procesador de señales tiene la capacidad de

ajustar la amplitud de cada canal de frecuencia, pero se requerirán modificaciones para incluir la funcionalidad requerida para establecer la fase de cada canal de frecuencia.

5 En una red formadora de haces digital, además de o como alternativa a aplanar el retardo de grupo para una trayectoria de señal dada, la invención también puede usarse para igualar el retardo de grupo entre diferentes trayectorias de señal. Con más detalle, en el enlace de recepción de una red formadora de haces digital, un haz puede ser formado por el procesador de señales 10 combinando dos o más señales que representan el mismo ancho de banda de frecuencia física pero procedentes de diferentes trayectorias de señal. Además, en el enlace de transmisión, puede formarse un haz enrutando diferentes partes de una señal a lo largo de diferentes trayectorias para la transmisión por diferentes elementos de transmisión. Pueden usarse diferentes componentes analógicos, tales como filtros, en las diferentes trayectorias. Incluso aunque los filtros usados en estas diferentes trayectorias fueran ideales, podrían no ser idénticos y, por lo tanto, el retardo de grupo para el portador podría no ser igual en las diferentes trayectorias. Este tipo de deficiencia también podría corregirse mediante la invención.

15 La unidad de compensación 21 puede estar configurada para ajustar la fase de canales de frecuencia individuales para asegurarnos de que el retardo de grupo a través del portador es igual en cada trayectoria. Las fases reales de dos canales de frecuencia en dos trayectorias diferentes no tienen que ser iguales, solamente el gradiente a través de los canales de frecuencia.

20 En las realizaciones en las que se aplica una corrección constante a cada canal de frecuencia, el gradiente real calculado en un único canal de frecuencia en una trayectoria puede no ser igual que el gradiente calculado en el canal de frecuencia correspondiente en otra trayectoria. Sin embargo, el gradiente global tomado en una serie de canales de frecuencia vecinos de una trayectoria puede corregirse para que sea igual al gradiente global tomado en los canales de frecuencia correspondientes en la otra trayectoria.

25 Las desviaciones de fase a aplicar a los canales de frecuencia en las diversas trayectorias pueden almacenarse en tablas de consulta. Las desviaciones pueden derivarse de perfiles de respuesta de fase de los componentes en las trayectorias de la señal. Como alternativa, las desviaciones de fase pueden determinarse comparando el retardo de grupo a través de un portador con el retardo de grupo a través del portador en una trayectoria de referencia. La fase de cada canal de frecuencia en cada trayectoria puede ajustarse, de modo que el retardo de grupo en cada trayectoria coincida con el retardo de grupo en la trayectoria de referencia. El retardo de grupo en la trayectoria de referencia puede haber sido ajustado para ser constante, de modo que todos los portadores tengan un retardo de grupo constante en todas las trayectorias. Como alternativa, si se usan tablas de consulta, la aplicación de las desviaciones en las tablas puede hacer que la variación de fase a través del portador en cada trayectoria sea aproximadamente lineal con respecto a la frecuencia y que el gradiente de la relación lineal sea igual en cada trayectoria.

40 En referencia a la figura 10, se muestra la fase 25a, 25b con respecto a la frecuencia a través de dos partes del mismo portador en dos trayectorias diferentes. En aras de la claridad, se supone que ambas trayectorias tienen respuestas de fase lineales ideales, es decir retardos constantes. Sin embargo, el gradiente es diferente en cada trayectoria. Por lo tanto, se aplican correcciones de fase a los canales de frecuencia del portador en ambas trayectorias para obtener una aproximación 27a, 27b en cada trayectoria a un retardo de grupo plano deseado 26 que es igual para ambas trayectorias. Aunque el gradiente a través de canales de frecuencia correspondientes 23, después de que las correcciones se hayan aplicado, no son exactamente iguales en las dos trayectorias, el gradiente promedio a través de una serie de canales de frecuencia en una de las trayectorias es igual que el gradiente promedio a través de una serie de canales de frecuencia correspondientes en la otra trayectoria.

50 La unidad de compensación 21 puede implementarse como un conjunto de instrucciones en el procesador de señales 19. La unidad de compensación 21 puede almacenar datos en una tabla para buscar la fase y amplitud apropiadas de un canal o acceder a datos en una tabla almacenados en otro sitio. Las instrucciones para realizar la compensación pueden implementarse usando *hardware*, *software* o una combinación de *hardware* y *software*.

55 Además, la invención se ha descrito con respecto a un portador de banda ancha, dado que los efectos del retardo de grupo y la variación de ganancia son preocupantes al máximo en el caso de portadores de ancho de banda más amplio que padecerán la mayor degradación del rendimiento. Sin embargo, la compensación también puede aplicarse a portadores de ancho de banda más estrecho, siempre que los colectores de frecuencia sean más estrechos que el portador. El sistema puede estar diseñado para hacer a los canales de frecuencia más estrechos para permitir, también, la compensación para portadores más estrechos.

Aunque se han descrito ejemplos específicos de la invención, el alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas y no está limitado a los ejemplos. La invención podría implementarse, por lo tanto, de otras maneras, según apreciarán los expertos en la materia.

- 5 Por ejemplo, aunque el preprocesador analógico 7, el conversor analógico a digital 8, el procesador digital 9, el conversor digital a analógico 10 y el postprocesador analógico 11 del sistema por satélite se han descrito para proporcionarlos en un procesador integrado 4, los componentes también podrían proporcionarse, por supuesto, por separado. Además, los componentes solamente se han descrito para proporcionar un ejemplo de un sistema en el cual la invención podría implementarse y el ejemplo no debe interpretarse como limitante. Además, aunque la
- 10 invención se ha descrito con respecto a un sistema de comunicación por satélite, debe observarse que la invención podría usarse en cualquier sistema adecuado para procesar señales en el ámbito digital.

- Adicionalmente, aunque se han descrito correcciones tanto de ganancia como de fase, debe observarse que la
- 15 unidad de la compensación 21 puede compensar solamente una variación de la ganancia, solamente una variación del retardo de grupo o una variación tanto de la ganancia como del retardo de grupo.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para un sistema de comunicación por satélite (1) que comprende:
 - 5 medios (21) para determinar al menos una de
 - una desviación de fase para un canal de frecuencia de una pluralidad de canales de frecuencia (23) desmultiplexados a partir de un portador (17) para compensar la variación del retardo de grupo dentro del portador (17) y
 - 10 una desviación de ganancia para el canal de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia (23) para compensar la variación de ganancia dentro del portador (17); y
 - medios para aplicar (21) la determinada al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia al canal de frecuencia antes de que el portador (17) se forme de nuevo a partir de dicha pluralidad de canales de frecuencia (23).
 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que los medios de determinación (21) están configurados para determinar una desviación de fase para cada canal de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia (23) dependiendo de la fase de otros canales de frecuencia de dicha pluralidad de canales de frecuencia (23) para proporcionar una aproximación a planeidad de retardo de grupo a través del ancho de banda del portador (17).
 3. Aparato según la reivindicación 1 ó 2, en el que la al menos una de la desviación de fase determinada y la desviación de ganancia determinada es constante a través del ancho de banda de un canal de frecuencia.
 4. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una red formadora de haces que proporciona una pluralidad de trayectorias para enrutar señales que representan al portador (17), comprendiendo la pluralidad de trayectorias una primera trayectoria para recibir dicho canal de frecuencia y en el que los medios de determinación (21) están configurados para determinar una desviación de fase para dicho canal de frecuencia para igualar el retardo de grupo del portador (17) en la primera trayectoria y el retardo de grupo del portador (17) en otra trayectoria de la pluralidad de trayectorias.
 5. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que los medios de determinación (21) están configurados, además, para determinar una desviación de ganancia para el canal de frecuencia para proporcionar una aproximación a planeidad de ganancia a través del portador.
 6. Aparato según la reivindicación 5, en el que los medios de determinación (21) están configurados para determinar una desviación de ganancia y de fase para compensar una variación de la ganancia y del retardo de grupo no deseada introducida antes y después de la aplicación de las desviaciones de ganancia y de fase determinadas.
 7. Aparato según la reivindicación 5 ó 6, en el que los medios (21) para determinar una desviación de ganancia y de fase están configurados para determinar una desviación de ganancia y de fase dependiendo de perfiles almacenados de respuestas de ganancia y de fase de al menos un componente del sistema de comunicación por satélite (1).
 8. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 5, 6 ó 7, que comprende al menos un filtro de paso de banda (13) para filtrar una señal de interés y dichos medios de determinación (21) están configurados para determinar dichas desviaciones de ganancia y de fase para compensar el retardo de grupo y la variación de ganancia dentro del portador (17) introducidas por el al menos un filtro de paso de banda (13).
 9. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:
 - 55 un desmultiplexor (18) para desmultiplexar un portador (17) en una pluralidad de canales de frecuencia (23);
 - un procesador (19) para procesar los canales de frecuencia, comprendiendo el procesador (19) los medios de determinación (21) y los medios de aplicación (21); y
 - un multiplexor (20) para volver a formar el portador (17) a partir de los canales de frecuencia procesados y

compensados (23).

5 10. Un sistema de comunicación por satélite (1) que comprende el aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

11. Un método de procesamiento de señales en un sistema de comunicación por satélite que comprende: determinar al menos una de

10 una desviación de fase para un canal de frecuencia de una pluralidad de canales de frecuencia (23) desmultiplexados a partir de un portador (17) para compensar cualquier variación del retardo de grupo dentro del portador (17) y

15 una desviación de ganancia para el canal de frecuencia de la pluralidad de canales de frecuencia (23) para compensar cualquier variación de ganancia dentro del portador (17); y

15 aplicar la determinada al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia al canal de frecuencia antes de volver a formar el portador (17) a partir de dicha pluralidad de canales de frecuencia (23).

20 12. Un método según la reivindicación 11, en el que determinar al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia para el canal de frecuencia comprende determinar una desviación de fase para cada canal de frecuencia dependiendo de la fase de los otros canales de frecuencia de dicha pluralidad de canales de frecuencia (23) para proporcionar una aproximación a planeidad de retardo de grupo a través del portador.

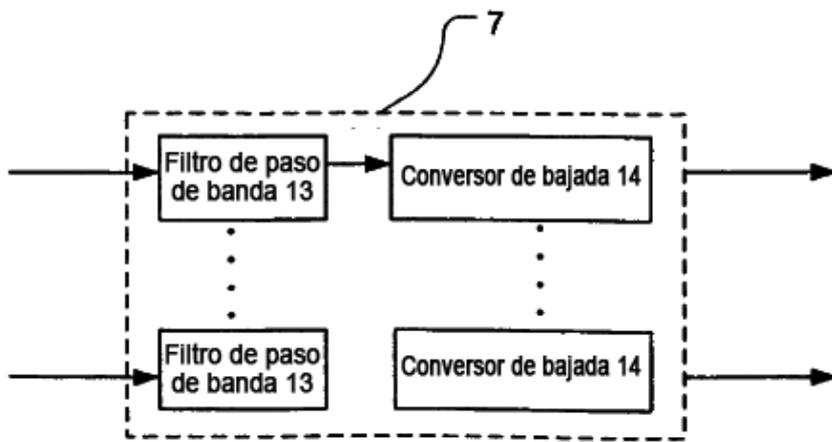
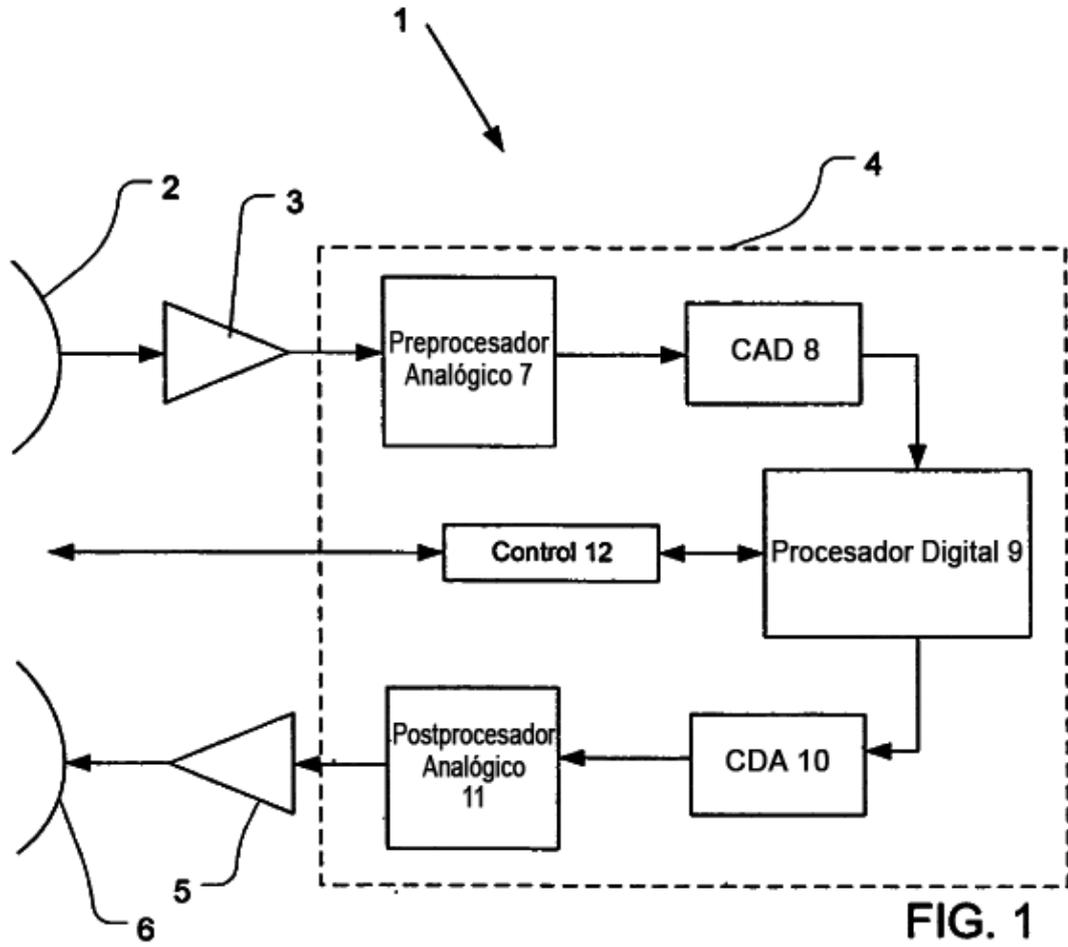
25 13. Un método según la reivindicación 11 ó 12, en el que la determinada al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia es constante a través del ancho de banda de un canal de frecuencia.

14. Un método según la reivindicación 11, 12 ó 13, que comprende, además,

30 enrutar señales que representan a dicho portador (17) a lo largo de una pluralidad de trayectorias en una red formadora de haces, en el que determinar una desviación de fase para dicho canal de frecuencia comprende determinar una desviación de fase para un canal de frecuencia enrutado a lo largo de una primera trayectoria para igualar el retardo de grupo del portador (17) en la primera trayectoria y el retardo de grupo del portador (17) en una segunda trayectoria de la pluralidad de trayectorias.

35 15. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que determinar al menos una de una desviación de fase y una desviación de ganancia comprende

40 determinar una desviación de fase y una desviación de ganancia para proporcionar una aproximación a planeidad de retardo de grupo y planeidad de ganancia a través del portador.



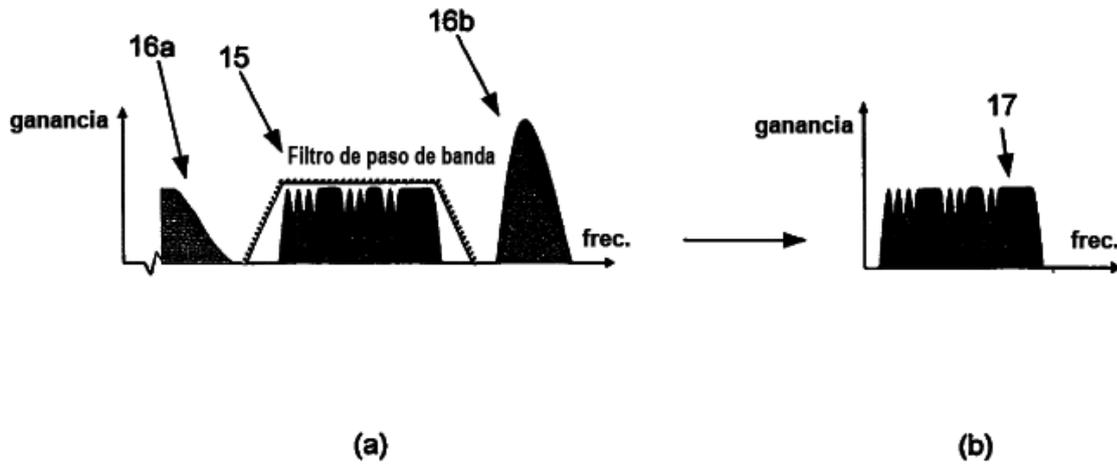


FIG. 3

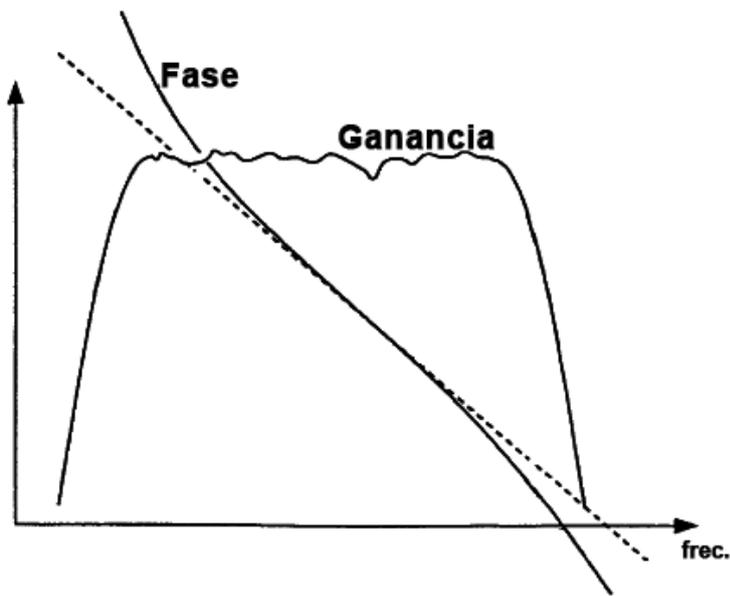


FIG. 4

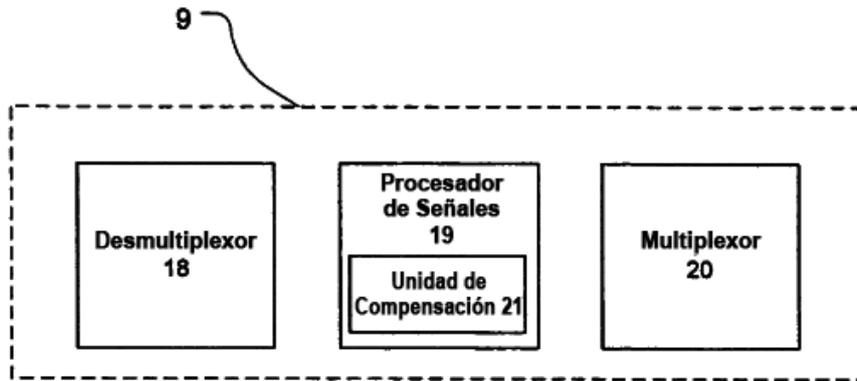


FIG. 5

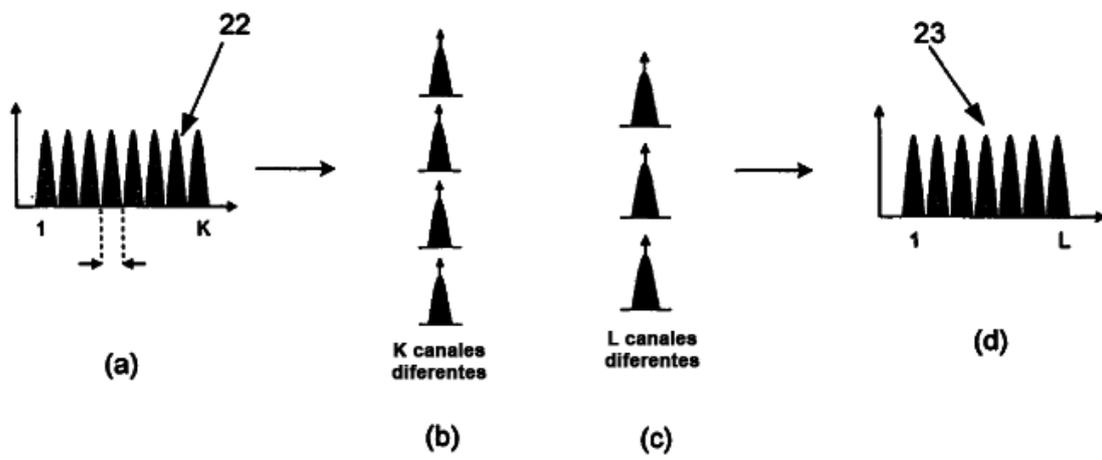


FIG. 6

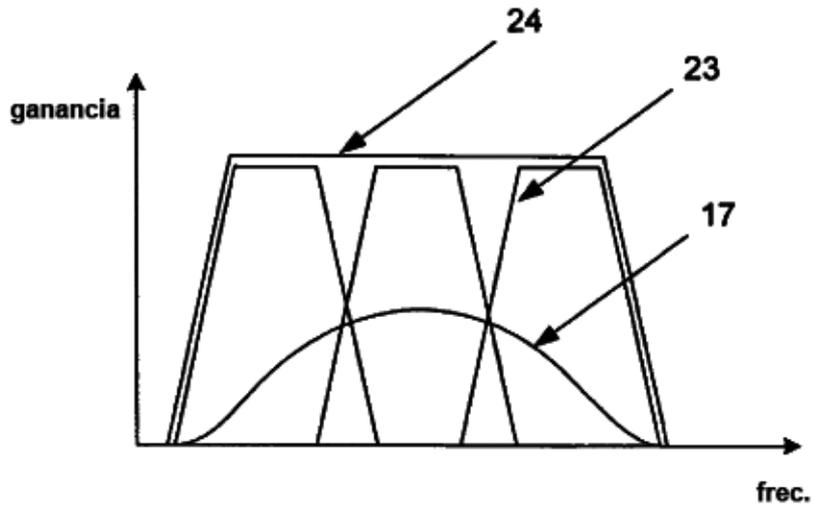


FIG. 7

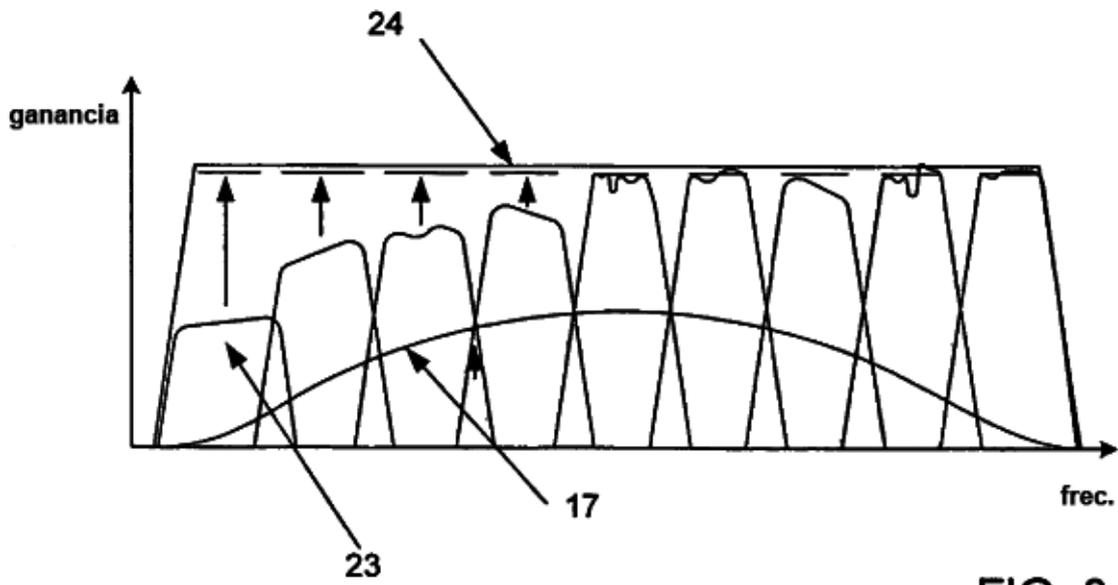


FIG. 8

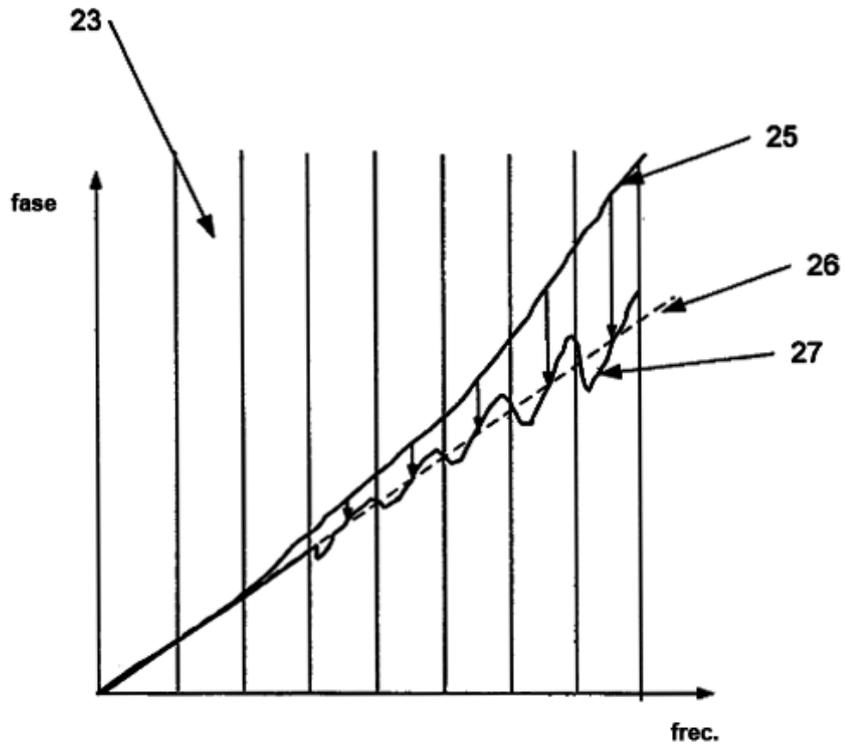


FIG. 9

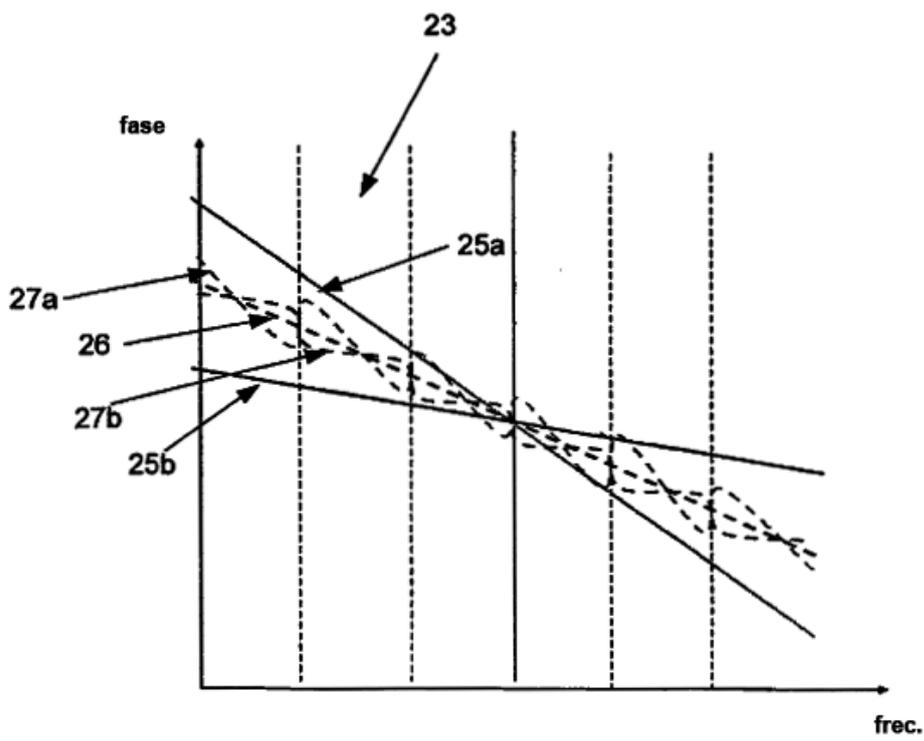


FIG. 10