



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 501**

51 Int. Cl.:

**H04L 5/06** (2006.01)

**H04N 7/24** (2006.01)

**H04N 7/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **96460019 .1**

96 Fecha de presentación : **10.05.1996**

97 Número de publicación de la solicitud: **0742654**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.11.1996**

54

Título: **Señal digital multiportadora que limita las interferencias cocanal con una señal de televisión analógica, y receptor de tal señal.**

30

Prioridad: **10.05.1995 FR 95 05730**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.06.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.06.2011**

73

Titular/es: **FRANCE TELECOM  
Etablissement Autonome du Droit Public  
6 place d'Alleray  
75015 Paris, FR  
TDF**

72

Inventor/es: **Sueur, Bertrand;  
Richard, Joel y  
Degoulet, Gabriel**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 360 501 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

Señal digital multiportadora que limita las interferencias cocanal con una señal de televisión analógica, y receptor de tal señal.

5 El campo de la invención es el de la transmisión de señales digitales multiportadora, es decir, de señales que ponen en práctica una pluralidad de subportadoras emitidas simultáneamente y moduladas cada una de ellas mediante distintos elementos de datos. Más precisamente, la invención se refiere a una señal de este tipo, prevista para ser eventualmente transmitida simultáneamente a una (o varias) señal(es) analógica(s) de televisión.

10 Las señales multiportadora se designan generalmente por el término FDM (Frequency Division Multiplex (múltiplex de frecuencias)). Un ejemplo particular de estas señales, en el que la invención encuentra especial aplicación, son las señales OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex (multiplexación de frecuencias ortogonales)).

15 Una señal OFDM se utiliza, por ejemplo, en el sistema de radiodifusión digital descrito en particular en la patente francesa FR8609622, presentada el 2 de julio de 1986 y en el documento "Principes de modulation et de codage canal en radiodiffusion numérique vers les mobiles (M. Alard y R. Lassalle; Revista de la UER, n.º 224, agosto de 1987, pp. 168-190) y conocido como sistema COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (multiplexación de frecuencias ortogonales codificadas)).

Este sistema COFDM ha sido desarrollado en particular en el contexto del proyecto europeo DAB (Digital Audio Broadcasting (radiodifusión de audio digital)). También es candidato a la normalización para la radiodifusión terrestre de la televisión digital. De manera más general, el sistema COFDM permite la transmisión de todo tipo de señales digitales (o analógicas muestreadas, pero no necesariamente cuantificadas).

20 Clásicamente, los planes de frecuencia de televisión trocean las bandas VHF y UHF en canales de 8 MHz de ancho (más raramente 7 MHz o 6 MHz) destinados inicialmente para ser asignados cada uno de ellos a un programa de televisión. Pero en una zona de servicio dada, no se pueden utilizar todos los canales a causa de interferencias mutuas. Por ejemplo, en difusión hertziana, generalmente no se utilizan los canales adyacentes a un canal ya utilizado. Igualmente, un canal atribuido en una zona de servicio dada es inutilizable en las zonas vecinas geográficamente, pues habría interferencia recíproca en las proximidades de la frontera entre las dos zonas. En adelante, se denomina "tabú" a todos los canales que resultan así impropios para la transmisión, en una zona geográfica dada, de señales de televisión analógicas convencionales PAL, SECAM o NTSC.

30 A causa de la periodicidad del barrido de línea de las señales de vídeo analógicas de tipo PAL, SECAM o NTSC, el espectro de estas señales es aproximadamente un espectro de rayas espaciadas en la inversa de la duración de una línea, esto es, 15625 Hz en el ejemplo de los sistemas europeos PAL y SECAM. Entre estas rayas, la energía de la señal analógica es más débil.

Se hace claramente manifiesto que es deseable utilizar estos canales tabú para otras aplicaciones, con el fin de optimizar la utilización del recurso frecuencial. En concreto, el experto en la materia ha pensado en utilizarlos para la difusión de señales digitales.

35 Así, la patente francesa FR-8618163, a nombre de los mismos solicitantes, ya ha abordado el problema de la cohabitación de señales de televisión analógicas y de señales digitales multiportadora. De acuerdo con la técnica propuesta en esta patente, las rayas de la señal analógica de televisión y las subportadoras de la señal digital van entrecruzadas. Dicho de otro modo, las subportadoras se ubican entre las rayas de la señal analógica, en las zonas del espectro frecuencial menos perturbadas por esa señal analógica. Se pretende maximizar la distancia entre las rayas analógicas y las subportadoras digitales.

40 La patente FR8618163 propone, pues, solventar el problema de la interferencia recíproca entrecruzando frecuencialmente los espectros analógicos y digitales, es decir, haciendo lo más apartados posible los soportes espectrales de las señales analógica y digital.

45 Desgraciadamente, este criterio conduce a no emitir, por ejemplo, más que una de cada 8 subportadoras digitales, lo cual incide muy negativamente en la capacidad del sistema digital, siendo muy acusada la pérdida de velocidad de transmisión.

50 El documento EP-0571005 propone una mejora a esta técnica, consistente en ponderar la potencia asignada a las subportadoras en función de su posición respecto a la señal de televisión analógica (llevando asignada una potencia reducida las subportadoras cercanas a las rayas de la señal analógica). En recepción, se debe aplicar una ponderación inversa. El receptor resulta, pues, más complejo, sin que la ganancia de capacidad del sistema digital sea muy notoria.

55 El documento De Bot P. G. M. y col. "An overview of the modulation and channel coding schemes developed for digital terrestrial television broadcasting within the DTTB Project", Int. Broadcasting Convention, 16 de Sept. 1994, páginas 569-576, IEE, Londres, Reino Unido, divulga una emisión de una señal OFDM simultáneamente a una señal de televisión analógica.

La invención tiene como objetivo principal subsanar estos inconvenientes del estado de la técnica.

Más precisamente, es un objetivo de la invención proporcionar una señal multiportadora susceptible de ser transmitida simultáneamente a una o varias señales analógicas cocanal, minimizando las interferencias recíprocas.

5 Dicho de otro modo, la invención tiene como objetivo proporcionar una señal de este tipo, que pueda ser transmitida incluso en los canales tabú (es decir, impropios para la transmisión de señales de televisión convencionales).

La invención tiene pues como objetivo proporcionar una señal de este tipo, que minimice los efectos objetivos (interferencias) y/o subjetivos (aspectos psicovisuales o psicoacústicos) de la señal de la invención sobre las señales analógicas de televisión y recíprocamente.

10 La invención tiene asimismo como objetivo proporcionar una señal de este tipo, que no necesite, en algunas formas de realización, modificaciones de las técnicas de emisión de las señales de televisión analógica, ni de la planificación hertziana de estas señales (en concreto, en presencia de varias señales analógicas que cubran zonas geográficas vecinas).

15 La invención tiene todavía como objetivo proporcionar una señal de este tipo, que permita maximizar el caudal transmitido. Es también un objetivo particular de la invención permitir la optimización de este caudal con el tiempo, en función de la evolución de la puesta en práctica de las señales analógicas (destinadas a desaparecer en el futuro).

20 Estos y otros objetivos que se harán manifiestos más adelante se alcanzan de acuerdo con la invención mediante una señal digital formada por una pluralidad de subportadoras y destinada a ser transmitida hacia al menos un receptor, eventualmente simultáneamente a al menos una señal analógica de televisión de portadora de vídeo principal emitida a una frecuencia  $p_v$  y que presenta una serie de rayas analógicas de vídeo correspondientes a una frecuencia de línea  $f_l$ , señal cuya separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  entre dos subportadoras vecinas es un submúltiplo de dicha frecuencia de línea  $f_l$ ,

25 y una de cuyas dichas portadoras es emitida a una frecuencia sensiblemente igual a la frecuencia de una de dichas rayas analógicas (por ejemplo, dicha frecuencia  $p_v$  de la portadora de vídeo principal o, de manera más general, una frecuencia  $p_v + n \cdot f_l$ ,  $n$  entero),

de manera que un subconjunto de dichas subportadoras, llamado subconjunto de coincidencia, coincida sensiblemente con al menos algunas de dichas rayas analógicas de vídeo.

Así, de acuerdo con la invención, las subportadoras digitales se ubican, según el eje de frecuencias, de manera que:

- 30
- un reducido número de subportadoras (el subconjunto de coincidencia), claramente identificadas, se superponen a unas rayas de la señal analógica;
  - las demás subportadoras prácticamente no se ven perturbadas por estas rayas analógicas.

Se definen, por tanto, relaciones precisas entre las frecuencias propias de las dos señales, pese a su naturaleza *a priori* muy diferente.

35 En la presente invención, y a diferencia de los documentos FR8618163 y EP0 571005, se utilizan todas las subportadoras digitales para maximizar el flujo transmitido y los espectros digital y analógico ya no se entrecruzan.

Otra ventaja de la presente invención es que no perjudica en absoluto las prestaciones, en particular de velocidad de transmisión, del sistema cuando la señal analógica interferente es inexistente.

La evolución a largo plazo (es decir, cuando se hayan apagado las señales interferentes analógicas) se ve así facilitada, puesto que para entonces la señal digital no estará en modo alguno perjudicada por su concepción inicial.

40 Así, y a diferencia del sistema de las precitadas patentes (las cuales son casi incompatibles con un entorno exento de fuentes interferentes, por motivo de eficiencia espectral suficiente) el sistema objeto de la presente invención no sufre desventaja alguna con relación a un sistema que no hubiera sido concebido para limitar las interferencias recíprocas, al menos en algunas formas de realización.

45 Ventajosamente, los receptores pueden optimizar la calidad de la recepción, teniendo en cuenta la pertenencia o no de las portadoras al subconjunto de coincidencia, por ejemplo ponderando la confianza acordada a cada subportadora en el mecanismo de la decodificación de decisión flexible, según que esa subportadora pertenezca o no al subconjunto de coincidencia. Igualmente, según se desprende a continuación, la estructura de la señal puede tomar en cuenta esta pertenencia.

50 Es de notar que esta técnica responde a un enfoque totalmente nuevo para el experto en la materia, que va en contra de las técnicas clásicas. En efecto, en lugar de tratar de limitar la potencia de la interferencia cocanal, se pretende reducir sus efectos. Dicho de otro modo, se persigue dominar la interferencia, y constreñirla sobre un

reducido número de subportadoras. Se asume, por tanto, perder eficiencia en las subportadoras del subconjunto de coincidencia para aumentar la eficiencia total.

5 Esta técnica es, por tanto, del todo diferente de la descrita en la ya citada patente FR-8618163, que entrecruza frecuentemente las señales digitales y analógicas. Tampoco ha de confundirse ésta con el uso conocido desde hace mucho tiempo de desplazamiento en frecuencia de precisión de las portadoras principales de dos o varias señales de televisión analógica: en este último caso, efectivamente, las señales cuya interferencia cocanal recíproca trata de limitarse son de igual naturaleza y sus frecuencias propias son, por consecuencia, espontáneamente idénticas.

10 Además, si el desplazamiento en frecuencia de precisión de las portadoras principales de dos o varias señales de televisión analógica es eficaz, esto es porque permite minimizar la molestia subjetivamente percibida por un ojo humano: dentro del ámbito de la invención presente, es la molestia objetiva de las señales analógicas hacia las señales digitales —y recíprocamente— la que se minimiza como consecuencia de las propiedades físicas de ortogonalidad de las subportadoras digitales.

15 De manera ventajosa, la potencia y/o la elección de una constelación de modulación y/o la elección de una robustez de codificación asignadas a cada una de dichas subportadoras tienen en cuenta la posición en frecuencia de dicha subportadora con relación a dichas rayas analógicas de vídeo.

Se dominan así las perturbaciones recíprocas de ambas señales digital y analógica (primando eventualmente una u otra de estas señales, en función de las necesidades o de los imperativos).

20 De acuerdo con otro aspecto importante de la invención, la asignación de la potencia y/o la elección de una constelación de modulación y/o la elección de una robustez de codificación fuente ventajosamente tienen en cuenta al menos uno de los criterios pertenecientes al grupo que comprende:

- compensación al menos parcial de la diferencia de perceptibilidad subjetiva de cada una de dichas subportadoras sobre la imagen portada por dicha señal analógica;

25 - compensación al menos parcial de las diferencias de sensibilidad de las subportadoras frente a la interferencia inducida por dicha señal analógica, y recíprocamente.

Así, se puede, por ejemplo, ponderar las subportadoras sensiblemente proporcionalmente a la curva llamada de "perceptibilidad subjetiva" de una fuente interferente sobre una imagen analógica.

30 Según una forma de realización preferida de la invención, las subportadoras de dicho subconjunto de coincidencia son emitidas con una potencia inferior a la potencia asignada a las demás subportadoras. Éstas también pueden no ser emitidas.

Esta variación voluntaria de potencia transmitida, desconocida *a priori* por el receptor, es vista por este último como si hubiera sido provocada involuntariamente por uno o varios ecos del canal de transmisión.

35 En ambos casos, se reduce la perturbación de la (o de las) señal(es) analógica(s), a costa de una escasa pérdida en la señal digital. En el primer caso, las subportadoras son emitidas a pequeña potencia y es ventajoso que los receptores les asignen una confianza menor, si bien esto no es obligatorio, como consecuencia de la utilización de una codificación convolucional. Igualmente, en el segundo caso, los receptores pueden, de manera ventajosa, conocer la posición de las subportadoras no emitidas, aunque esto no es obligatorio.

40 Cuando algunas de dichas subportadoras son, al menos en algunos instantes de transmisión, subportadoras piloto que portan una información de referencia conocida por los receptores, en particular para la sincronización en frecuencia de los receptores, es ventajoso que dichas subportadoras piloto no pertenezcan a dicho subconjunto de coincidencia.

En efecto, es importante que estas subportadoras piloto sean perturbadas lo menos posible. Al permitir la invención conocer anticipadamente las subportadoras que van a ser perturbadas por la señal analógica, es posible evitar las mismas.

45 Por otro lado, preferentemente, la potencia asignada a dichas subportadoras piloto es superior a la potencia de las demás subportadoras. Nuevamente, ello permite propiciar la sincronización en frecuencia, sin que el exceso de potencia perturbe la señal analógica.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención, dichas subportadoras piloto se distribuyen en todos dichos símbolos, a excepción, en su caso, de símbolos especiales de sincronización en tiempo y/o frecuencia.

50 Con preferencia, se elige la separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  entre dos subportadoras vecinas de forma que se limiten asimismo las perturbaciones inducidas por las rayas de audio de dicha señal de televisión analógica. En el caso de señales PAL o SECAM, se verá que es posible que la componente de audio no perturbe más que un

limitado número de subportadoras digitales.

En caso de que se emita ésta simultáneamente a al menos dos señales de televisión analógicas emitidas en posición de offset (compensación) de campo y/o de línea, se caracteriza porque tiene en cuenta el valor de dichos offsets de campo y/o de línea.

- 5 En el caso particular de una señal que comprende 8192 subportadoras, la separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  vale ventajosamente  $f_l/p$ , con  $p$  ventajosamente elegido del grupo que comprende los valores 12, 14, 15 y 16.

Otras características y ventajas de la invención se irán poniendo de manifiesto con la lectura de la descripción que sigue de una forma de realización preferente de la invención, dada a título de mero ejemplo ilustrativo y no limitativo, y de los dibujos que se acompañan, en los que:

- 10 La figura 1 representa de manera esquemática una señal digital multiportadora según la invención, emitida conjuntamente con una señal de televisión analógica clásica;

la figura 2 ilustra una señal según la invención, en el caso de la presencia de varias (tres) señales de televisión analógicas;

- 15 la figura 3a presenta un ejemplo, en sí conocido, de la distribución de pilotos de referencia en el espacio tiempo-frecuencia ocupado por una señal multiportadora;

la figura 3b ilustra una nueva distribución de pilotos de referencia en el espacio tiempo-frecuencia ocupado por la señal multiportadora según la figura 1, que permite obtener el máximo provecho del mismo;

la figura 4 presenta un ejemplo de señal según la invención, en el que las subportadoras piloto poseen una potencia superior a las demás subportadoras;

- 20 la figura 5 presenta otro ejemplo de señal según la invención del mismo tipo que el de la figura 4, en el que, además, las subportadoras coincidentes con las rayas de la señal analógica no son emitidas;

la figura 6 es un sinóptico de una forma de realización de un transmisor adaptado para la señal de la figura 5;

la figura 7 es un sinóptico de una forma de realización de un receptor previsto para la recepción de la señal de la figura 5;

- 25 las figuras 8a a 8c ilustran respectivamente un perfil de filtrado que puede ser aplicado en transmisión a una señal según la invención, la potencia asignada consecuentemente a las subportadoras de esta señal y las rayas analógicas de la señal analógica perturbadora; y

la figura 9 presenta otro ejemplo de perfil de filtrado que puede ser aplicado en transmisión a una señal según la invención, teniendo en cuenta la perceptibilidad subjetiva de una fuente interferente sobre una imagen analógica.

- 30 La invención propone, pues, una nueva señal digital multiportadora, definida de manera que algunas de sus subportadoras coincidan con las rayas de una eventual señal analógica de televisión (sin que, así, las demás subportadoras sean perturbadas, o escasamente, por esta señal analógica).

La figura 1 ilustra una señal multiportadora de este tipo 11, con relación a una señal de televisión 12.

- 35 La señal analógica 12 es, aproximadamente, como consecuencia de la periodicidad del barrido de línea, un espectro de rayas  $121_1$  a  $121_3$  espaciadas en la inversa de la duración de una línea ( $f_l$ ), esto es, 15625 Hz para el caso de una señal PAL o SECAM.

- 40 Para limitar la interferencia cocanal introducida por la analógica 12 sobre la señal digital multiportadora 11, se pretende, según la invención, limitar la interferencia provocada por cada una de las rayas  $121_1$  a  $121_3$ . Este objetivo se alcanza posicionando las subportadoras de la señal multiportadora 11 de manera que cada raya  $121_j$  interfiere con una sola y única subportadora  $111_i$  (mientras que, en ausencia de la invención, cada una de estas rayas analógicas interferiría con todas las subportadoras digitales).

La invención permite, por tanto, garantizar que cada una de las rayas analógicas permanezca ortogonal o cuasi-ortogonal a todas las subportadoras de la señal digital, salvo una y solamente una.

- 45 Este resultado se obtiene eligiendo correctamente la frecuencia de muestreo de la señal digital multiportadora, de modo que la separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  entre dos subportadoras vecinas sea un submúltiplo de la frecuencia de línea  $f_l$ .

Dicho de otro modo, se elige  $\Delta f$  de manera que:

$$p \cdot \Delta f = f_l \quad (= 15625 \text{ Hz en Europa}),$$

con p entero estrictamente positivo.

5 No resta más que ajustar entonces en radiofrecuencias el posicionamiento frecuencial relativo de las señales analógica 12 y digital 11, de manera que una raya de la señal analógica ocupe la posición en frecuencia de una subportadora digital 11<sub>i</sub>. Este ajuste frecuencial en radiofrecuencia se alcanza en concreto tan pronto como la portadora de vídeo principal de la señal analógica ocupa la posición en frecuencia de una subportadora digital 11<sub>i</sub>.

Por ejemplo y sin carácter limitativo, en el caso de una señal OFDM con N = 8192 subportadoras, se podrá elegir entre otros valores enteros p = 16 (esto es, una frecuencia de muestreo de 8 MHz exactamente), p = 14 (esto es, una frecuencia de muestreo cercana a 9,14285714285 MHz como en el ejemplo de la figura 1), o p = 12, o p = 15.

En la figura 1, se ha elegido p = 14, lo que corresponde a una frecuencia de muestreo: 8192 \* 15625 / 14 Hz.

10 Se observará que la nueva señal digital así definida permite asimismo minimizar la interferencia inducida sobre la señal digital por el sonido analógico, en virtud del hecho de que la subportadora de audio de los sistemas analógicos se sitúa a una distancia en frecuencia típicamente 5,5 MHz, 6,0 ó 6,5 MHz para el PAL o el SECAM de la portadora de vídeo que es múltiplo de la frecuencia de línea 15625 Hz.

15 Se notará que la señal digital de la invención comprende dos subconjuntos de subportadoras con las que se interfiere de diferentes maneras:

- un subconjunto de coincidencia formado por las subportadoras 11<sub>i</sub> coincidentes con unas rayas 12<sub>i</sub> de la señal analógica;
- un subconjunto formado por las demás subportadoras 11<sub>i</sub>, con las que la señal analógica interfiere menos que con las subportadoras del subconjunto de coincidencia.

20 Como se verá más adelante, estos dos subconjuntos pueden ser tratados de modo diferente, en transmisión y/o en recepción.

En el caso en el que varias señales analógicas pueden perturbar la señal digital, se tiene en cuenta cada una de ellas, tal y como se ilustra en la figura 2.

25 En este ejemplo, la zona de difusión de la señal digital 21 es parcialmente común con las zonas 22<sub>A</sub>, 22<sub>B</sub> y 22<sub>C</sub> de difusión de señales analógicas de televisión.

Las señales analógicas 23<sub>A</sub> a 23<sub>C</sub> de las zonas 22<sub>A</sub> a 22<sub>C</sub> son, clásicamente, desplazadas en frecuencia. La señal digital 24 se define de manera que algunas 25<sub>1</sub>, 25<sub>2</sub>, 25<sub>3</sub> de las subportadoras coinciden con las rayas 26<sub>1</sub>, 26<sub>2</sub>, 26<sub>3</sub> de cada una de las señales analógicas. Cada una de las rayas 26<sub>i</sub> de cada una de las señales analógicas (por ejemplo SECAM) es cuasi-ortogonal a todas las subportadoras digitales salvo una sola.

30 La tolerancia en la precisión de la superposición frecuencial de las subportadoras 25<sub>i</sub> con las rayas 26<sub>i</sub> de cada una de las señales analógicas es del orden de Δf/10. Esta tolerancia siempre permanece superior a 50 Hz, lo que garantiza que el posicionamiento frecuencial relativo de una señal multiportadora y de una (o varias) señal(es) analógica(s) convencional(es) según la invención permanece compatible con un eventual desplazamiento de frecuencia de precisión (también denominado "en posición de offset de campo", es decir, con un margen de variación de algunos Hz) de las señales de televisión analógica entre sí.

35 Definir la nueva señal digital emitida de forma tal que cada una de las rayas de cada una de las señales analógicas cocanal sea cuasi-ortogonal a todas las subportadoras digitales salvo una sola es en particular posible si p = 12 o, en una menor medida, p = 15, ya que los especialistas de la planificación hertziana razonan a menudo en términos de doceavos (o, en una menor medida, en términos de tercios) de la frecuencia de línea de los sistemas analógicos convencionales.

40 Los demás casos (por ejemplo, p = 14) permanecen sin embargo compatibles con el posicionamiento frecuencial relativo "en offset de línea" de las señales analógicas, a costa de un cambio de costumbres. Por ejemplo, si p = 14, ventajosamente habrá que razonar en términos de catorceavo de la frecuencia de línea para posicionar "en offset de línea" las señales analógicas unas respecto a otras, al objeto de obtener pleno provecho de la invención.

45 Para una señal OFDM, y para cada símbolo de índice n, cada una de las subportadoras de índice k es modulada en amplitud y fase por el vector C<sub>n,k</sub>, de modo que la señal OFDM emitida se escribe:

$$\Re \left\{ \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \sum_{k=0}^{k=N-1} C_{n,k} \cdot e^{2i\pi f_k (t-nT'_S)} \cdot \text{rect}(t-nT'_S) \right\}$$

donde  $T'_S = T_S + \Delta$

siendo:  $T_S$  duración total del símbolo;  
 $T_S$  duración de la parte llamada "útil" del símbolo;  
 $\Delta$  duración del intervalo de guarda;  
 $f_k = f_0 + k/T_S$

5 y  $\text{rect}(t) = 1$  si  $-\Delta \leq t < T_S$   
 $\text{rect}(t) = 0$  si no

Para un símbolo n dado, y suponiendo correcta la sincronización temporal del receptor, la señal recibida se escribe entonces:

$$\Re \left\{ \sum_{k=0}^{k=N-1} Y_{n,k} \cdot e^{2i\pi f_k t} \right\}$$

10 donde  $Y_{n,k} = H_{n,k} \cdot C_{n,k}$

y donde los números complejos  $H_{n,k}$  corresponden a un muestreo —en tiempo (según el índice n) y en frecuencia (según el índice k) — de la respuesta en frecuencia del canal.

15 Por razones de comodidad de realización material, las subportadoras son generadas a menudo por transformada de Fourier discreta inversa calculada sobre un número de puntos  $N = 2n$ . El número exacto de subportadoras "útiles" se ajusta entonces por simple forzado a cero de los  $C_k$  correspondientes a las subportadoras de los extremos del canal que no se desea emitir. Si  $k_{min}$  y  $k_{max}$  designan los índices de las subportadoras primera y última (frecuencialmente) realmente emitidas, entonces  $C_{n,k} = 0$  para todos los símbolos n y todos los valores del índice  $k < k_{min}$  o  $k > k_{max}$ .

20 La estimación  $H_{n,k}$  en el receptor, para todos los valores del índice temporal n y para todos los valores del índice frecuencial k correspondientes a subportadoras útiles, es indispensable para la recuperación de la información transmitida ("útiles" designa las portadoras realmente emitidas).

25 Un procedimiento a menudo empleado consiste en insertar en la trama OFDM unos pilotos, es decir, unas subportadoras cuyo posicionamiento en frecuencia es conocido *a priori* por el receptor, al igual que la modulación  $P_{n,k}$  (la noción  $C_{n,k}$  se sustituye por  $P_{n,k}$  para recordar que el vector complejo, en este caso, es conocido *a priori* por el receptor) que éstas portan en unos instantes n a su vez también predeterminados.

La figura 3a ilustra de manera esquemática un modo de distribución ya en sí conocido de estos pilotos (en negro) entre las subportadoras útiles (en blanco) en el espacio tiempo-frecuencia.

Para estas subportadoras piloto, la división en recepción de  $Y_{n,k}$  recibido ( $Y_{n,k} = H_{n,k} \cdot P_{n,k} + \text{ruido}$ ) por el  $P_{n,k}$  emitido y conocido *a priori* proporciona una estimación del  $H_{n,k}$ .

30 Desafortunadamente, esta estimación de  $H_{n,k}$  queda degradada por las interferencias debidas a las señales analógicas cocanal.

35 De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, los pilotos se eligen de entre las subportadoras no pertenecientes al subconjunto de coincidencia (es decir, de entre las que están menos perturbadas por las señales analógicas). Dicho de otro modo, se eligen las subportadoras piloto de la señal digital multiportadora de entre las que no recaen en una raya de la señal analógica, ello con el fin de minimizar en el receptor digital los nefastos efectos de la interferencia introducida por las señales analógicas.

40 De manera más general, es deseable no transmitir nunca un piloto sobre aquellas subportadoras que se hallan más expuestas a los accidentes de transmisión, con el fin de maximizar en el receptor la confianza aportada al proceso crucial que es la estimación de canal. Se elegirán, pues, los pilotos de entre un reducido número de subportadoras, elegidas de manera que una fuente interferente tenga el menor número posibilidades de interferir con un piloto. Determinadas subportadoras, *a priori* más expuestas, serán prohibidas sistemáticamente para todos los símbolos.

45 Por otro lado, la invención propone, según una característica ventajosa, "dopar" (aumentar la potencia de transmisión) los pilotos para dar fiabilidad a la información de referencia recibida por el receptor. El hecho de agrupar los pilotos, como preconiza la invención, sobre un limitado número de subportadoras (las que no pertenecen al subconjunto de la coincidencia) faculta recíprocamente aumentar la potencia de esos pilotos sin aumentar significativamente la molestia inducida sobre las señales analógicas. Para limitar aún más la interferencia creada por el digital, es interesante mantener lo más constante posible en el tiempo la potencia de la señal digital.

- 5 El estado de la técnica, que agrupa preferentemente los pilotos en algunos símbolos particulares, presenta por tanto el inconveniente de no permitir el dopaje de los pilotos en buenas condiciones, puesto que de ello se derivaría un exceso de potencia de los símbolos portadores de los pilotos, que aumentaría la interferencia inducida por el digital sobre el analógico. De acuerdo con una característica innovadora de la invención, cada símbolo porta prácticamente (con un margen de variación de unos pocos) el mismo número de pilotos, de forma tal que el aumento de potencia de los pilotos no se derive en una variación temporal de la potencia de la señal.
- 10 De acuerdo con una característica de la invención, ilustrada en la figura 3b, todos los símbolos de datos útiles (si existen en la trama símbolos particulares, dedicados por ejemplo a la sincronización en tiempo y/o frecuencia del receptor, estos símbolos especiales pueden eventualmente no portar pilotos, o portar un número diferente de ellos) portan pilotos, en tanto que determinadas subportadoras nunca son pilotos.
- 15 La invención propone, por tanto, una nueva estructura de distribución de los pilotos, aplicable incluso en ausencia de la característica principal de la invención ( $p \Delta f = fl$ ), pero que se amolda particularmente bien a ella.
- 20 Como se explica en la patente FR-86 09622, los símbolos, de duración útil  $T_s$  de la trama OFDM pueden quedar separados por un intervalo de guarda temporal, de duración denotada como  $\Delta$ , destinado a absorber la dispersión de la respuesta al impulso del canal. Los ecos se suponen por tanto, por hipótesis, más cortos que  $\Delta$ . Si  $\kappa$  designa el cociente  $T_s/\Delta$ , entonces el teorema de muestreo de Shannon muestra que, para un símbolo  $n$  dado, todos los  $H_{n,k}$  pueden ser estimados teóricamente por el receptor partiendo del conocimiento del subconjunto de los  $H_{n,kk}$  solamente (esto no significa que todas las portadoras con índice  $kk$  del símbolo  $n$  sean pilotos; algunos, incluso la totalidad, de los  $H_{n,kk}$  pueden resultar eventualmente de un proceso aguas arriba efectuado por el receptor, por ejemplo de una interpolación a partir de  $H_{n,kk'}$  estimados por el receptor en virtud de unos pilotos  $P_{n',k'}$  donde  $n'$  puede ser distinto de  $n$ ,  $k'$  puede ser distinto de  $kk$ ).
- 25 En la práctica, sobre un sobremuestreo de una razón no necesariamente entera (un sobremuestreo de razón cualquiera es fácilmente posible puesto que la duración  $\Delta$  es una cualquiera, conducente a un valor de  $\kappa$  no necesariamente entero) simplifica mucho en el receptor la operación de estimación de los  $H_{n,k}$  faltantes. Por ejemplo, para un intervalo de guarda fijado a la cuarta parte de la duración útil del símbolo ( $\kappa = 4$ ), Shannon señala que el conocimiento de la respuesta en frecuencia del canal para sólo una de cada cuatro subportadoras (es decir, el conocimiento de los  $H_{n,4k}$ ) sería teóricamente suficiente para estimar la respuesta en frecuencia del canal para todas las subportadoras.
- 30 En la práctica, y siempre en el ejemplo  $\kappa = 4$ , se proporcionará al receptor el conocimiento de los  $H_{n,2k}$ , por ejemplo (lo que corresponde a un sobremuestreo de orden  $1/s = 2$ ) para simplificar la implantación del filtro interpolador frecuencial. La figura 3b da un ejemplo de estructura de inserción de los pilotos en una trama OFDM, con  $1/s = 2$  y  $\kappa = 4$ .
- 35 Para un símbolo  $n$  dado, la estimación en el receptor del subconjunto ( $H_{n,k0+s\kappa k}$ ) basta para realizar la estimación de canal para todas las subportadoras de la señal digital. Desde un estricto punto de vista de las leyes del muestreo,  $k_0$  puede variar con  $n$ . De acuerdo con una característica de la invención, es ventajoso fijar  $k_0$  para todos los símbolos.
- 40 Retomando el ejemplo de una señal multiportadora del tipo OFDM dotada de un intervalo de guarda fijado a la cuarta parte de la duración útil del símbolo ( $\kappa = 4$ ) y de un coeficiente de sobremuestreo fijado a 2, sólo una de cada 2 subportadoras tiene necesidad de transmitir en ocasiones un piloto.
- 45 Se puede convenir que estas subportadoras en ocasiones piloto (expresando "en ocasiones" el hecho de que una subportadora de índice  $k$  dado puede transmitir datos la mayoría del tiempo (es decir, ser modulada en transmisión por un vector  $C_{n,k}$  a priori desconocido por el receptor para la mayoría de los valores del índice temporal  $n$ ) y transmitir tan sólo un piloto modulado mediante un valor  $P_{n,k}$  a priori conocido por el receptor de cuando en cuando, sobre símbolos  $n$  predeterminados) serán, por ejemplo, las de índice  $k$  par.
- 50 La correcta elección de la frecuencia de muestreo de la señal OFDM (donde correcto significa que  $p\Delta f = fl$  (= 15625 por ejemplo)) permite entonces garantizar que es posible posicionar el espectro OFDM en radiofrecuencia de forma tal que las rayas 41 de de las señales analógicas interferentes recaigan todas ellas sobre subportadoras 43 OFDM de índice  $k$  impar, subportadoras que nunca son pilotos 42, tal y como se ilustra en la figura 4.
- 55 Por otro lado, otra técnica permite limitar el efecto del ruido que desvirtúa la estimación del canal. Se puede efectivamente dopar la potencia de estos pilotos 42 con relación a la potencia promedio de una subportadora digital: un aumento de la potencia de los pilotos del orden de 3 dB parece un buen compromiso.
- La figura 4 (al igual que la figura 5 que se comenta más adelante) presenta pues esquemáticamente el espectro de potencia de la señal multiportadora en el supuesto de una ventana temporal (de integración de la potencia) de varios símbolos de longitud. Dicho de otro modo, los espectros de varios símbolos están superpuestos esquemáticamente.
- Durante los símbolos en los que transportan datos digitales ordinarios (es decir,  $C_{n,k}$  a priori desconocidos para el receptor) las subportadoras "en ocasiones piloto" preferentemente no están dopadas. El aumento de potencia



resultante de la señal OFDM no deja de ser aceptable, puesto que, para un símbolo dado, los pilotos son muy minoritarios (típicamente 16 veces menos numerosos como en el ejemplo de la figura 3b) con relación a las portadoras que transportan datos.

5 Dicho de otro modo, para los símbolos en los que son pilotos, las subportadoras son transmitidas en este ejemplo con una potencia 3 dB superior a la potencia promedio. Las rayas de la señal SECAM cocanal son ortogonales a todas las subportadoras de la señal OFDM salvo una sola, y sin coincidir nunca frecuencialmente con una subportadora piloto: se minimiza así la interferencia introducida en los pilotos por el SECAM.

10 Se notará que la elección de la frecuencia de muestreo 8 MHz reviste el interés de que todas las ventajas de la presente invención quedan adquiridas sin presuponer el tamaño FFT (siempre y cuando éste se mantenga al menos igual a 1024) utilizado para sintetizar la señal digital multiportadora: el valor 8 MHz conviene para todas las parejas ( $N =$  tamaño de la FFT y  $p = 15625/\Delta f$ ) que verifican  $N = 1024 \cdot i$  y  $p = 2 \cdot i$ , donde  $i$  es un entero estrictamente positivo. En un sistema flexible desde el punto de vista del número de subportadoras, esta ventaja puede ser determinante.

15 Si los pilotos son dopados como anteriormente se ha explicado, el aumento de su potencia los torna ciertamente más interferentes frente a las señales analógicas, pero esta desventaja se limita si las portadoras piloto ocupan precisamente las porciones del espectro para las que la energía de las señales analógicas es mínima.

Si la interferencia recíproca digital/análogo siguiera siendo demasiado fuerte, podría imponerse disminuir (con relación a la potencia media de una subportadora COFDM modulada por un  $C_{n,k}$  a priori desconocido para el receptor) la potencia de las subportadoras que nunca transportan pilotos y disminuir tanto más esta potencia cuanto más cercana frecuencialmente de una raya analógica se halle la subportadora así atenuada.

20 Un caso peculiar interesante, ilustrado en la figura 5, es aquel donde las subportadoras digitales 52 que recaen sobre las rayas analógicas 51 ven su potencia reducida a cero y, por tanto, no son emitidas: retomando el anterior ejemplo con  $p = 14$ , una subportadora sobre 14 no se emitiría. A diferencia de lo que preconiza la patente FR8618163, en la que eran emitidas tan sólo las subportadoras digitales que recaían exactamente entre dos rayas analógicas, se puede imponer por tanto no suprimir del espectro digital más que tan sólo las subportadoras que recaen exactamente sobre una raya analógica.

25 En el caso en el que determinadas subportadoras digitales no son emitidas, el proceso de distribución de la información digital por transmitir en las subportadoras se suspende simplemente para esas subportadoras no emitidas, y el receptor sabe a priori que esas subportadoras no contienen ninguna información.

30 De manera más general, es posible adaptar y modular la potencia asignada a cada subportadora, en función de su proximidad en frecuencia con una raya analógica, o cualquier otra fuente interferente. Este principio, que se aplica asimismo a la selección de una constelación de modulación y/o a la robustez de la codificación asignadas a cada subportadora, se puede poner en práctica aun cuando la señal digital no está posicionada en frecuencia con relación a las señales analógicas, tal como se ha descrito anteriormente.

35 En efecto, de manera ventajosa, la potencia asignada a cada una de dichas subportadoras tiene en cuenta la posición en frecuencia de dicha subportadora con relación a dichas rayas analógicas de vídeo. La potencia de cada subportadora puede decaer así cuando la subportadora se halla más cercana a una raya analógica de vídeo. Esta ley decreciente puede adoptar diferentes formas y un caso extremo interesante es aquél en el que todas las subportadoras son equipotentes, salvo las del subconjunto de coincidencia que no son emitidas en absoluto.

40 O bien, no es la potencia asignada a cada subportadora la que varía según su posición en frecuencia, sino su constelación: por ejemplo, se modularán las subportadoras del subconjunto de coincidencia mediante una modulación de tipo 4-PSK, las subportadoras inmediatamente vecinas mediante una 16QAM y las demás subportadoras mediante una 64QAM.

45 O bien aún, si cada subportadora se modula mediante una modulación codificada, es la robustez del código la que aumenta para las subportadoras cercanas a (o confundidas con) las subportadoras del subconjunto de coincidencia: por ejemplo, todas las subportadoras serán moduladas mediante una 64QAM codificada por un código (por ejemplo convolucional) de rendimiento 1/2 para las subportadoras vecinas y de rendimiento 5/6 para las demás.

Estos tres procedimientos (potencia, constelación o código diferentes) desde luego se pueden utilizar conjuntamente. Todos ofrecen sin embargo el inconveniente de que el receptor tiene que conocer a priori estas variaciones de potencia/constelación/codificación en función de cada subportadora.

50 Otro procedimiento según la invención consiste en ponderar la potencia emitida sobre cada subportadora sin prevenir a priori al receptor. Ello es posible filtrando en transmisión la señal mediante un filtro cuya dispersión de respuesta a un impulso  $g(t)$  es compatible con las capacidades de estimación de canal de los receptores; si  $G(f)$  designa la transformada de Fourier de  $g(t)$ ,  $G(f)$  se denomina función de transferencia compleja del filtro. Si  $f_k$  designa la frecuencia de la subportadora con índice  $k$ , se conviene en anotar  $G_k = G(f_k)$ .

55 Decir que el filtro tiene una respuesta a un impulso  $g(t)$  "compatible con las capacidades de estimación de canal" de

los receptores equivale a decir que el nivel de correlación entre  $G_k$  y  $G_{k+1}$  tiene que ser compatible con las posibilidades del mecanismo de estimación de canal del receptor, que entonces es capaz de "ver" la función de transferencia  $g(f)$  exactamente como si resultara de uno o varios ecos debidos a una propagación de la señal por caminos múltiples.

- 5 El filtro  $g(t)$  se puede introducir en transmisión sobre la señal temporal, es decir, aguas abajo de la  $DFT^{-1}$ . Este procedimiento presentaría sin embargo el inconveniente de "morder" una parte del intervalo de guarda. Un procedimiento mejor consiste en introducir este filtro  $g(t)$  sobre la señal frecuencial, es decir, aguas arriba de la  $DFT^{-1}$ : si  $C_k$  designa el vector complejo que modula la subportadora  $k$ , simplemente se sustituirá  $C_k$  por  $C_k \cdot G_k$ . Es ventajoso, por ejemplo, elegir  $G(f)$  tal que  $G(f + f_0)^2 = 1 + \alpha_2 + 2\alpha \cos(2\pi f\tau)$  tal como se ilustra en la figura 8a.
- 10 La función de transferencia  $G(f + f_0)$  es, en este ejemplo, equivalente a la que resultaría de un eco de retardo  $\tau$  y de nivel  $\alpha$  (con relación al instante de llegada y a nivel del camino directo).  $f_0$  es un valor arbitrario que permite trasladar frecuencialmente los picos y los valles de la función de transferencia para que coincidan exactamente con las subportadoras que se desea dopar o atenuar. La figura 8b presenta, así, la potencia relativa asignada a cada subportadora.
- 15 Este otro procedimiento es mejor en el sentido de que la ponderación de la potencia de las subportadoras no tiene por qué ser conocida *a priori* por el receptor: se domina así —para cada contexto de difusión particular— las perturbaciones recíprocas de ambas señales digital y analógica (primando eventualmente una u otra de estas señales, en función de las necesidades o de los imperativos).
- 20 Finalmente, a largo plazo, cuando se haya hecho posible apagar las señales analógicas, cabe asimismo la posibilidad de suprimir el filtrado  $G(f + f_0)$  de transmisión garantizando una total compatibilidad de la señal recién emitida con la integridad del parque de receptores existentes a esa fecha.
- De acuerdo con una forma preferida de realización de la invención, las portadoras más atenuadas 81 son precisamente las del subconjunto de coincidencia, que se corresponden con las rayas 82 de la señal analógica de la figura 8c.
- 25 La potencia asignada a cada subportadora también puede ser ponderada para tener en cuenta la curva  $ps(f)$  91 llamada de "perceptibilidad subjetiva" de una fuente interferente sobre una imagen analógica. Esta curva 91 está esquematizada en la figura 9. Ésta traza las diferencias de perceptibilidad por parte del ojo humano de una fuente interferente sinusoidal agregada a una señal de televisión analógica, en función de la posición en frecuencia de esta fuente interferente, con relación a la posición en frecuencia de la portadora de vídeo analógico.
- 30 Puesto que la molestia causada sobre la imagen analógica por una subportadora digital depende de su frecuencia, es juicioso ponderar en transmisión la potencia de las subportadoras digitales para que las subportadoras más molestas subjetivamente sobre la imagen analógica sean emitidas con una frecuencia mínima. Esta ponderación de la potencia emitida se puede hacer en virtud de un filtrado  $G'$  92 de transmisión similar al filtrado  $G$  ya descrito. De manera similar, ventajosamente, este filtrado  $G'$  puede no ser conocido *a priori* por los receptores. Ventajosamente,
- 35 los filtrados  $G$  y  $G'$  se pueden combinar: se aplicará en transmisión un filtrado producto  $G \cdot G'$ .
- La figura 9 ilustra lo que puede ser la curva  $IG'^2$  92.  $IG'^2$  se ajusta de forma tal que el producto  $IG'(f)I^2 \cdot ps(f)$  sea más o menos constante.
- 40 Cuando algunas de dichas subportadoras son, al menos en algunos instantes de la transmisión, es decir, para algunos símbolos, subportadoras piloto que portan una información de referencia común *a priori* para los receptores y utilizadas por ellos para la estimación de canal y/o la sincronización en frecuencia y/o en tiempo, es ventajoso que dichas subportadoras no pertenezcan a dicho subconjunto de coincidencia. En efecto, es importante que estas subportadoras piloto sean perturbadas lo menos posible.
- 45 Al permitir la invención conocer anticipadamente las subportadoras que concentran la mayor parte de la interferencia inducida por las señales analógicas, se hace posible definir la distribución tiempo/frecuencia de los pilotos en la trama digital al objeto de evitar que los pilotos pertenezcan al subconjunto de coincidencia.
- Recíprocamente, es interesante asignar a las subportadoras piloto —al menos durante los símbolos en los que estas subportadoras portan efectivamente una información de referencia— una potencia superior a la potencia promedio de las demás subportadoras. Ello permite una vez más mejorar la fiabilidad de estas informaciones de referencia tan importantes para el receptor. Al permitir garantizar que estas portadoras piloto no pertenezcan al subconjunto de coincidencia, la invención permite dopar la potencia de las subportadoras piloto tanto mejor por cuanto que las mismas interfieren en lo sucesivo con una parte del espectro de las señales analógicas menos densa en energía y,
- 50 por tanto, menos frágiles frente a las fuentes interferentes.
- Se muestra más adelante que una nueva distribución de los pilotos en la trama, propuesta por la invención, permite obtener el máximo provecho de la correcta elección de la frecuencia de muestreo.
- 55 Es de notar que esta técnica de toma en cuenta de las perturbaciones se puede poner en práctica aun cuando no se

ha puesto en práctica el ajuste frecuencial de las subportadoras con relación a las rayas de las señales analógicas de televisión.

La figura 6 ilustra de manera muy esquemática un dispositivo de emisión de una señal según la invención.

5 El tren digital que se va a transmitir 61 (o los trenes digitales) sufre(n) eventualmente y preferentemente una codificación 62 clásica, por ejemplo convolucional. A continuación, los elementos de datos codificados 63 preferentemente son entrelazados (64), y seguidamente modulan (65) las subportadoras de la señal digital, durante la duración de un símbolo. Los símbolos se emiten entonces (66) de manera clásica hacia los receptores.

De acuerdo con la invención, se tienen en cuenta unas características 67 de las señales de televisión analógicas cocanal al objeto de:

- 10
- ajustar la separación entre portadoras en la modulación 65 y, más particularmente, en la operación de conversión digital/analógico, en función de la frecuencia de línea 68;
  - ajustar una de las subportadoras sobre la raya de vídeo principal 69 en el paso 66 a radiofrecuencia.

15 Ventajosamente, los medios de modulación toman asimismo en cuenta (610) la proximidad de las subportadoras y de las rayas analógicas cocanal para modificar la potencia atribuida a cada subportadora. Eventualmente, la potencia puede ser nula para las subportadoras coincidentes con una raya. En tal caso, el entrelazado 54 tiene en cuenta (611) portadoras no emitidas.

20 Tal como se ha indicado anteriormente, la información 67 puede ser más precisa y comprender las eventuales fuentes interferentes, la curva de perceptibilidad subjetiva,... Esta información puede operar no sólo sobre la potencia de cada subportadora (610) (ponderación objetiva (figura 8a) y/o subjetiva (figura 9)), sino también sobre la elección de una constelación y/o una robustez de codificación (612) para la codificación 62.

Por otro lado, los medios de modulación insertan las subportadoras piloto, preferentemente con una potencia superior a la potencia promedio y preferentemente evitando ubicar pilotos en las subportadoras del subconjunto de coincidencia y, preferentemente, insertando un cierto número de pilotos a cada símbolo.

25 La figura 7 presenta un esquema sinóptico de una forma de realización de un receptor de la señal emitida por el transmisor de la figura 6.

La señal recibida 71 se devuelve a baja frecuencia 72. Se le extraen (73) los pilotos, que son utilizados según es sabido para la demodulación 74. Los elementos de datos estimados 75 son desentrelazados 76, simétricamente al entrelazado de la transmisión, y luego decodificados 77, por ejemplo con la ayuda de un decodificador de Viterbi de decisión flexible.

30 Este receptor puede tener la necesidad de conocer la estructura de la señal 78, tal como queda impuesta según la invención, a varios niveles (según las opciones puestas en práctica en transmisión):

- para localizar (79) los pilotos en la señal recibida;
- para conocer (710) las subportadoras no emitidas y tomarlas en cuenta en la demodulación y/o en el desentrelazado 76 y/o la decodificación 77;

35

- para seleccionar la constelación de modulación en la decodificación 77;
- para (eventualmente) adaptar el filtrado en recepción en función del filtrado puesto en práctica en transmisión (por ejemplo, según el perfil ilustrado en la figura 9).

40 La estructura 78 de la señal recibida puede ser fijada y, por tanto, almacenada en memoria o, especialmente en el caso de receptores móviles que están llamados a enfrentarse a situaciones diversas, variable. En tal caso, ventajosamente, ésta será transmitida regularmente en una zona predefinida de al menos algunas tramas de la señal, de manera que el receptor pueda actualizarse.

## REIVINDICACIONES

1. Señal digital (11) que, formada por una pluralidad de subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>), presenta una separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  entre dos subportadoras vecinas,
- 5 caracterizada porque dicha separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  es un submúltiplo entero de una frecuencia de línea fl de al menos una señal de televisión analógica (12) predeterminada.
2. Señal según la reivindicación 1, caracterizada porque una de dichas subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>) es emitida a una frecuencia sensiblemente igual a  $p\nu + n.fl$ , siendo  $p\nu$  la portadora de vídeo principal de dicha señal de televisión analógica (12) y siendo  $n$  un número entero,
- 10 de manera que un subconjunto de dichas subportadoras, llamado subconjunto de coincidencia, coincida sensiblemente con al menos algunas de las rayas analógicas de vídeo.
3. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizada porque la potencia y/o la elección de una constelación de modulación y/o la elección de una robustez de codificación asignadas a cada una de dichas subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>) tienen en cuenta la posición en frecuencia de dicha subportadora con relación a dichas rayas analógicas de vídeo (121<sub>1</sub>, 121<sub>2</sub>, 121<sub>3</sub>).
- 15 4. Señal según la reivindicación 3, caracterizada porque las subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>) de dicho subconjunto de coincidencia son emitidas con una potencia inferior a la potencia asignada a las demás subportadoras, o no son emitidas.
5. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, caracterizada porque la asignación de la potencia y/o la elección de una constelación de modulación y/o la elección de una robustez de codificación fuente tienen en cuenta al menos uno de los criterios pertenecientes al grupo que comprende:
- 20 - compensación al menos parcial de la diferencia de perceptibilidad subjetiva de cada una de dichas subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>) sobre la imagen portada por dicha señal analógica (12);
- compensación al menos parcial de las diferencias de sensibilidad de las subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>) frente a la interferencia inducida por dicha señal analógica (12), y recíprocamente.
- 25 6. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en la que algunas de dichas subportadoras (111<sub>1</sub>, 111<sub>2</sub>, 111<sub>3</sub>) son, al menos en algunos instantes de transmisión, subportadoras piloto que portan una información de referencia conocida por los receptores,
- caracterizada porque dichas subportadoras piloto no pertenecen a dicho subconjunto de coincidencia.
- 30 7. Señal según la reivindicación 6, caracterizada porque la potencia asignada a dichas subportadoras piloto es superior a la potencia de las demás subportadoras.
8. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, caracterizada porque dichas subportadoras piloto se distribuyen en todos dichos símbolos, a excepción, en su caso, de símbolos especiales de sincronización en tiempo y/o en frecuencia.
- 35 9. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque la separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  entre dos subportadoras vecinas se elige al objeto de limitar asimismo las perturbaciones inducidas por las rayas de audio de dicha señal de televisión analógica.
10. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, emitida simultáneamente a al menos dos señales de televisión analógicas emitidas en posición de offset de campo y/o de línea, caracterizada porque tiene en cuenta el valor de dichos offsets de campo y/o de línea.
- 40 11. Señal según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque comprende 8192 subportadoras y porque la separación en frecuencia entre portadoras  $\Delta f$  vale  $(1/p).fl$ , con  $p$  elegido del grupo que comprende los valores 12, 14, 15 y 16.

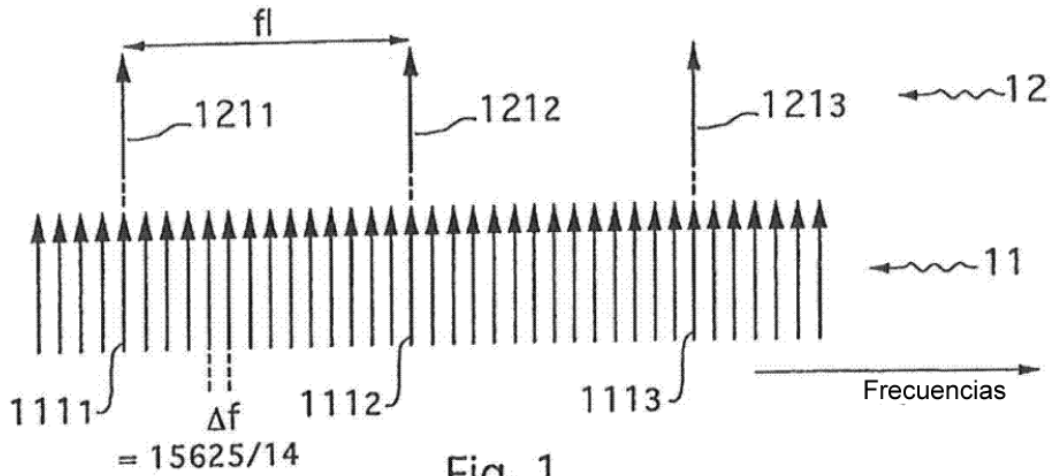


Fig. 1

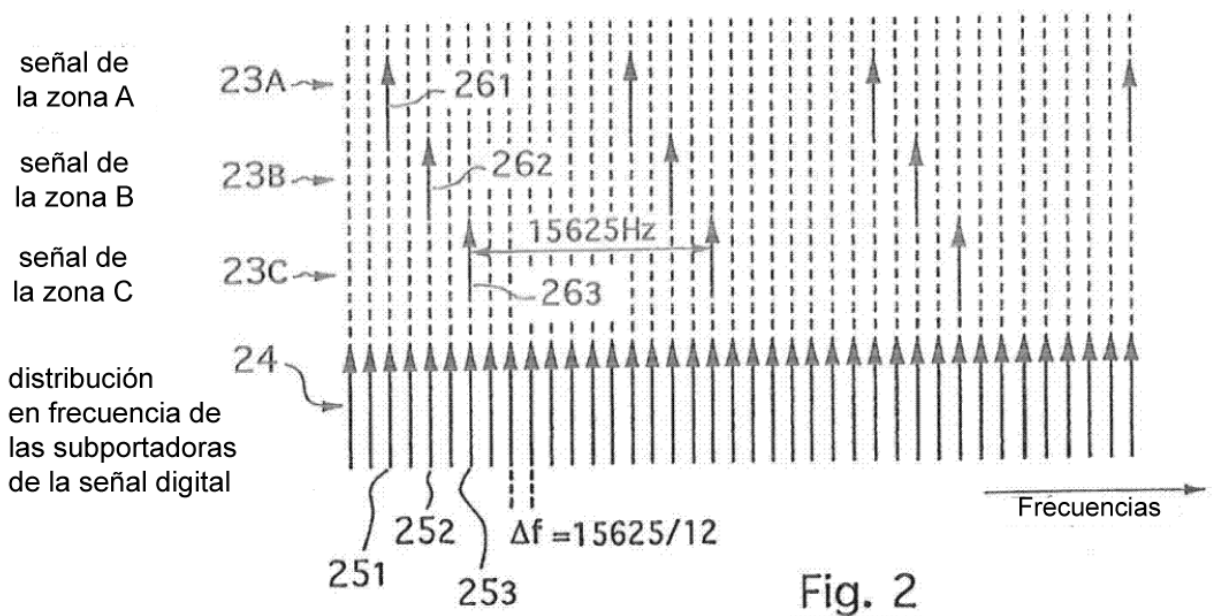
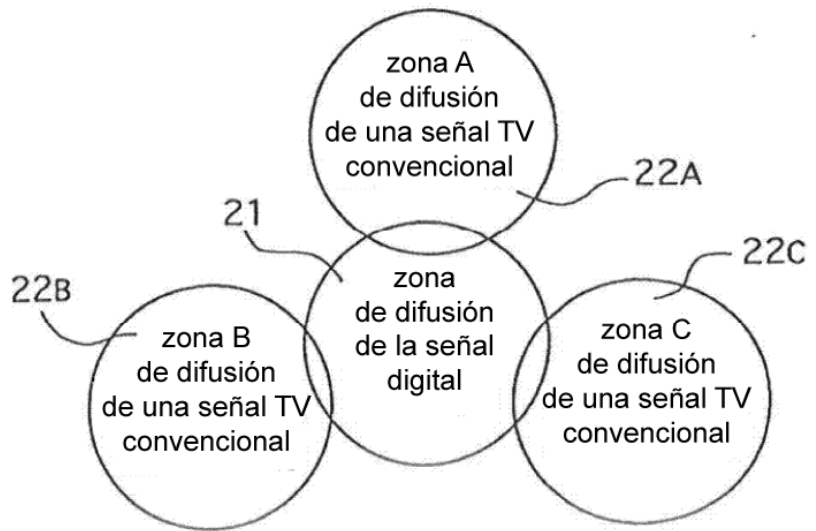


Fig. 2

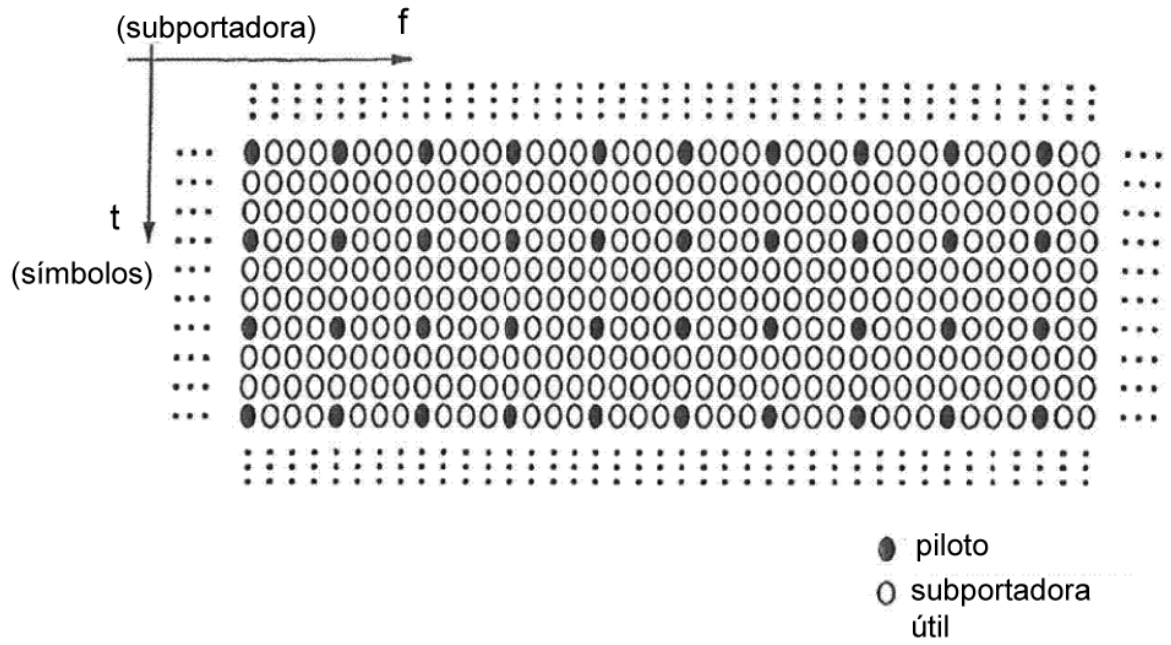


Fig. 3a

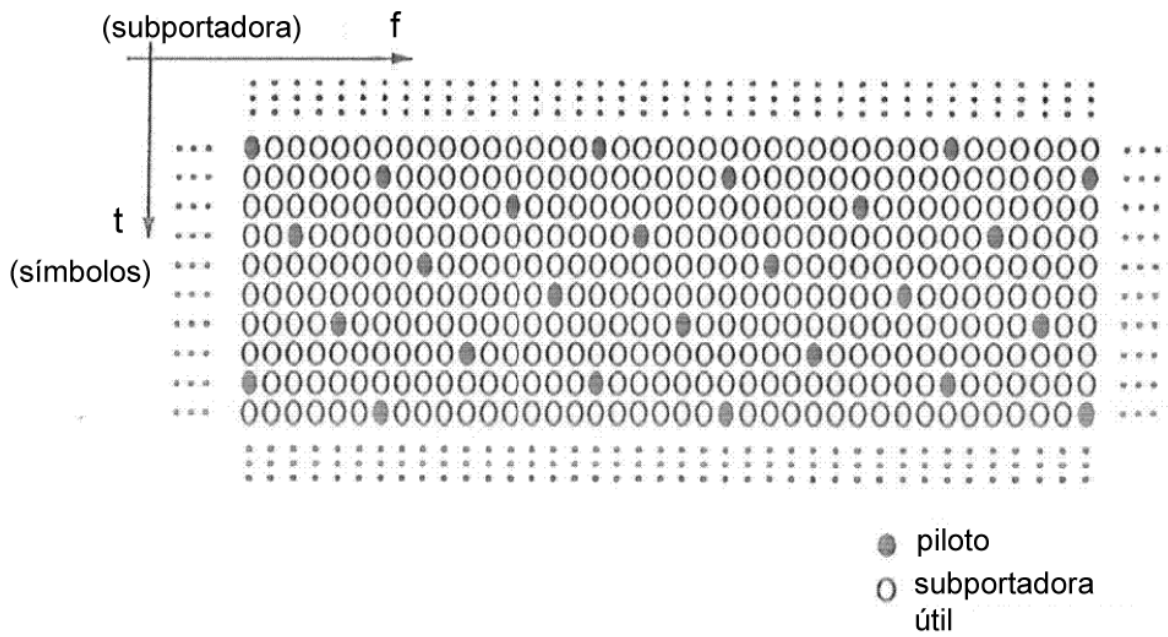


Fig. 3b

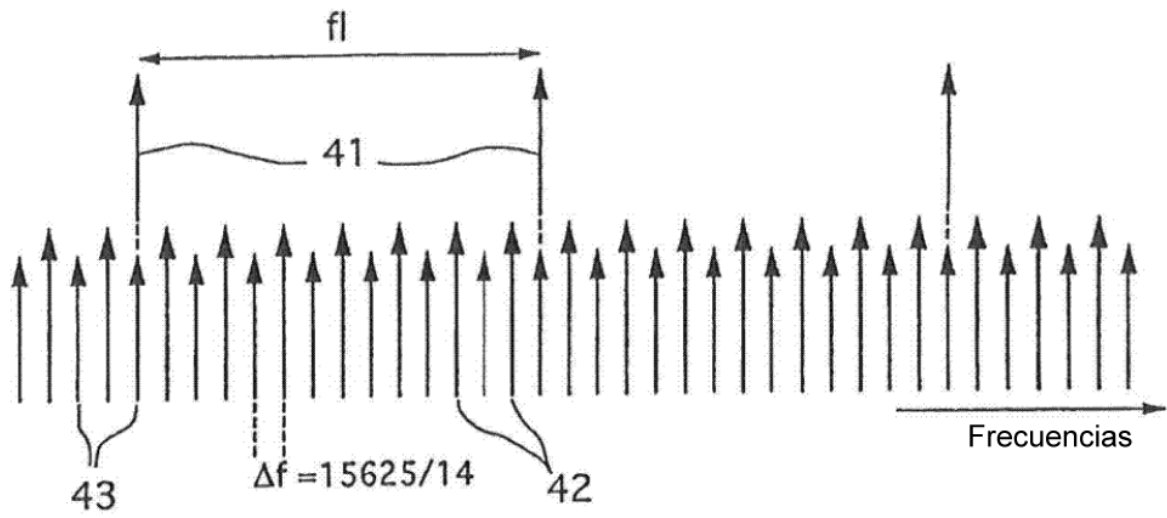


Fig. 4

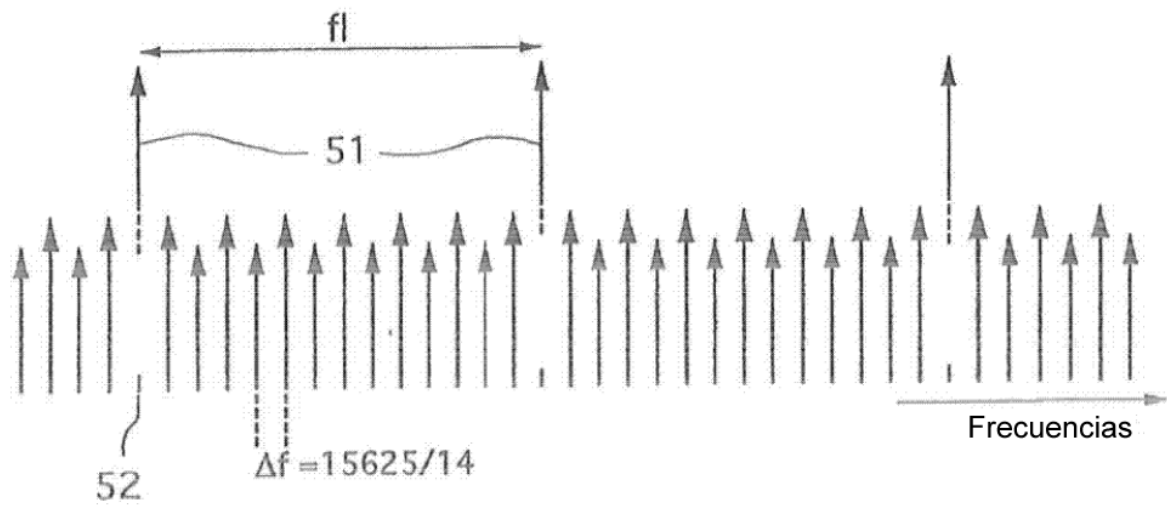


Fig. 5

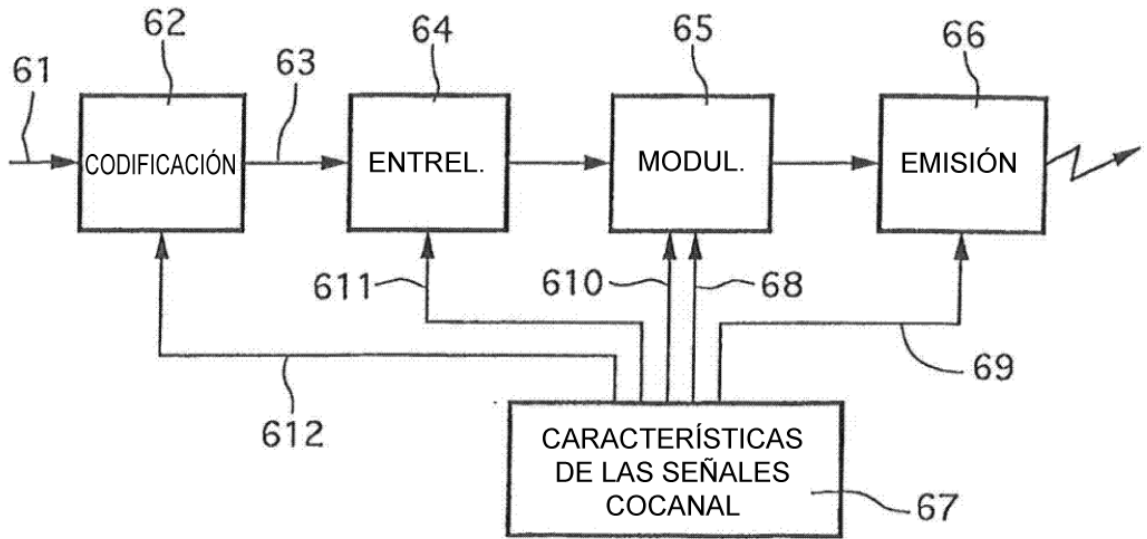


Fig. 6

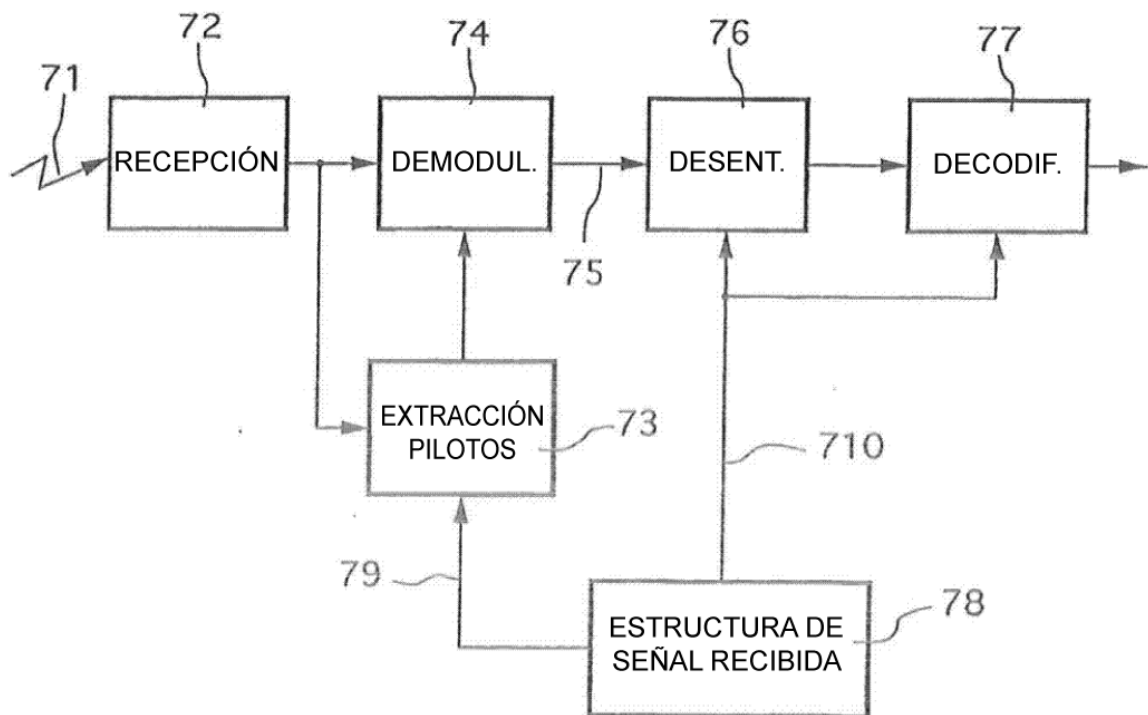


Fig. 7



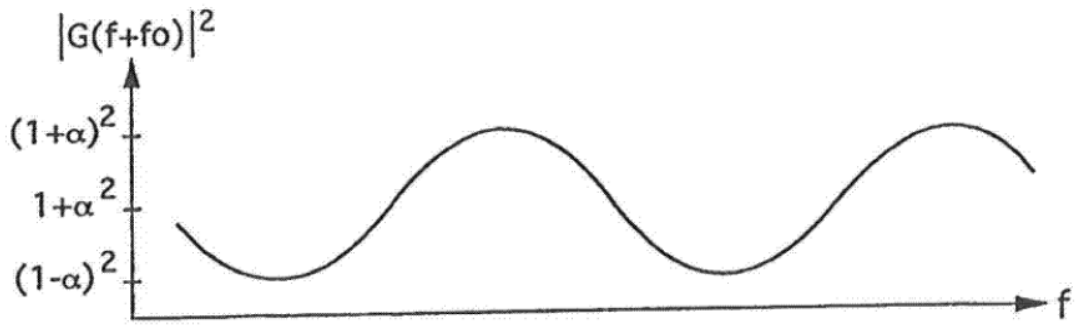


Fig. 8a

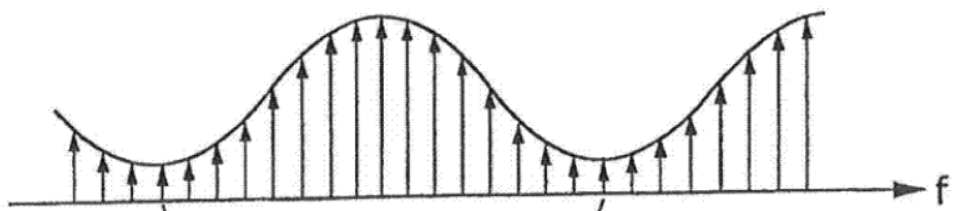


Fig. 8b

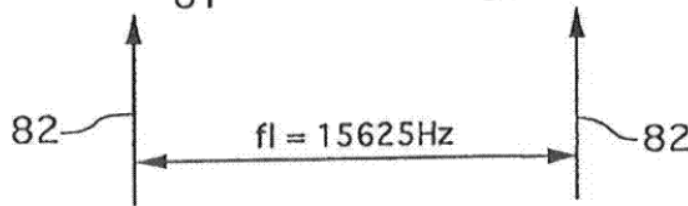


Fig. 8c

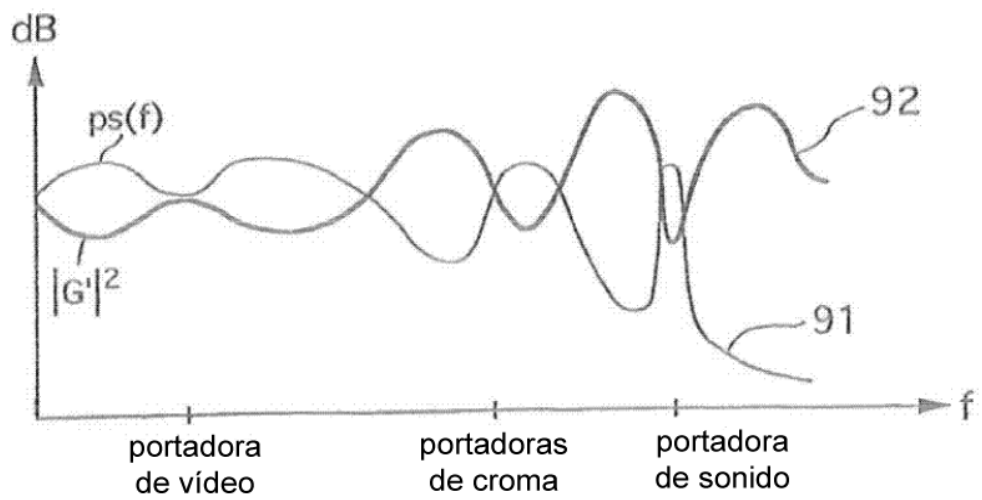


Fig. 9