



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 299 163**

51 Int. Cl.:
H04H 3/00 (2006.01)
H04H 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **06291419 .7**
86 Fecha de presentación : **08.09.2006**
87 Número de publicación de la solicitud: **1770885**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **04.04.2007**

54 Título: **Método y sistema para planificación automática de retardos de tiempo de transmisión de transmisores de una red de difusión sincrónica en tiempo y frecuencia.**

30 Prioridad: **30.09.2005 FR 05 10009**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2008

73 Titular/es: **Société Française du Radiotéléphone**
42, avenue de Friedland
75008 Paris, FR

72 Inventor/es: **Vincent, François**

74 Agente: **Arpe Fernández, Manuel**

ES 2 299 163 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

Método y sistema para planificación automática de retardos de tiempo de transmisión de transmisores de una red de difusión síncrona en tiempo y frecuencia.

5

Alcance técnico de la invención

La presente invención se refiere al ámbito de las telecomunicaciones, y afecta a la gestión de los retardos de tiempos de transmisión de transmisores de una red radioeléctrica que permiten la difusión de programas, por ejemplo de acuerdo con la norma DVB-H (Digital Video Broadcast - Handheld [radiodifusión de vídeo digital portátil]) u otras normas de teledifusión. La invención se refiere más concretamente a un procedimiento y un sistema para planificación automática de retardos de tiempos de transmisión de los diferentes transmisores que componen una red de difusión radioeléctrica de tipo síncrono en tiempo y frecuencia, que permite la teledifusión digital con una sola frecuencia UHF (Ultra High Frecuencias [Frecuencias Ultra Altas]) hacia terminales móviles de radio a través de un amplio territorio.

15

La invención se aplica al ámbito de las transmisiones basadas en OFDM. La tecnología OFDM (Orthogonal Frequency Duplex Modulation [modulación por división ortogonal de frecuencia]) es un procedimiento de modulación digital de las señales, que se utiliza, entre otros, para los sistemas de transmisiones móviles con una elevada tasa de transferencia de datos. La tecnología OFDM se encuentra especialmente bien adaptada para los canales de transmisión radioeléctrica con transmisiones de ondas múltiples (ecos) causadas por la reflexión de ondas sobre obstáculos. Efectivamente, al combinarse, las transmisiones múltiples modifican, o lo que es lo mismo, destruyen la señal emitida y hacen que la misma señal se reciba varias veces, con diferentes desfases de tiempo.

20

Antecedentes tecnológicos de la invención

Las tecnologías de transmisión digital, tales como la difusión de vídeo digital terrestre DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial), en el caso de Europa, y la difusión digital de servicios integrados (Integrated Services Digital Broadcasting), en el caso de Japón, han hecho que las transmisiones de TV se incorporen a la era digital. Paralelamente, el desarrollo de la red de Internet, y sobre todo la generalización del acceso de alta velocidad, ofrecen la posibilidad técnica de transmitir servicios de audio y vídeo a través de esta red, con destino a los terminales. La norma emergente DVB-H corresponde a una etapa suplementaria respecto de la norma DVB-T, lo que hace posible la recepción de la radiodifusión digital mediante terminales móviles.

30

La planificación de las redes DVB-H precisa desde su concepción tener en cuenta las características de las condiciones específicas de utilización de la recepción de la TV a través de un receptor portátil y móvil. Al igual que en el caso de la telefonía móvil, es necesario tener en cuenta el hecho de que estas utilizaciones tienen lugar principalmente en el interior de edificios y durante desplazamientos.

35

En el seno de una red, las señales radioeléctricas recibidas por un receptor están frecuentemente compuestas por diversas instancias de la señal transmitida. Este es el caso, concretamente, cuando el entorno situado en la proximidad del transmisor o del receptor no está libre y cuando se precisan múltiples trayectorias (por ejemplo, comunicación con un móvil de tipo celular). También sucede lo mismo cuando la misma señal se transmite desde diversos puntos de transmisión (red de radio-búsqueda basada en un mensaje de mensajería digital por radio de tipo ERMES, redes digitales de radiodifusión, o incluso diversidad de transmisiones...). Por consiguiente, deben ejecutarse unos dispositivos técnicos que tengan en cuenta estos fenómenos.

45

La tecnología OFDM es muy ampliamente utilizada en las redes de frecuencias múltiples, debido a las elevadas tasas de transferencia deseadas en las tecnologías de transmisión digital radioeléctrica: este es el caso de la tecnología DVB, para sus componentes terrestres (DVB-T) y móvil (DVB-H), así como el de las tecnologías DAB (Digital Audio Broadcasting [difusión de audio digital]) y DMB (Digital Multimedia Broadcasting [difusión multimedia digital]). Como los diferentes dispositivos de recepción están limitados por su sensibilidad para recibir los diferentes componentes útiles de la señal en un mismo período de integración dado, resultando deseable utilizar la modulación OFDM. Efectivamente, esta modulación prevé entre cada símbolo un retardo no portador de información, que permite, al efectuarse la recepción, la integración del conjunto de señales recibidas, a condición de que no haya señales excesivamente retardadas. Se comprenderá entonces que con una tecnología OFDM, ciertas zonas ofrecen una calidad de comunicación insuficiente, a causa de las interferencias provocadas como resultado de la demora en la recepción de las señales transmitidas a través de trayectorias "retardadas".

55

De acuerdo con la "joven" técnica anterior, se conocen herramientas de gestión de transmisores de difusión que precisan ajustes caso por caso. Estas herramientas permiten en ocasiones visualizar una cartografía de interferencias generadas por las diferencias de tiempos de propagación, proporcionando así informaciones útiles para ajustar "manualmente" los retardos, a fin de eliminar las interferencias.

60

El documento "Beutler, R: "Digital Single Frequency Networks improving optimization strategies by parallel computing", Frequenz, Schiele und Schon, Berlín, Alemania, vol. 52 n° 5/6, mayo 1998 (1998-05), páginas 90-95, ISSN: 0016-1136 describe un método para planificación de retardos de tiempos de transmisión de los diferentes radiotransmisores de una red, en onda común. El documento describe dos algoritmos para determinar de modo iterativo, utilizando

65

un sistema informático, los retardos para optimizar la zona de servicio. Las predicciones de servicio están basadas en parámetros de red, tales como el número y la ubicación de los transmisores, su potencia de transmisión efectiva y su diagrama de radiación, y en características de propagación radioeléctrica determinadas por M puntos de prueba en la zona en cuestión.

5

Actualmente no existe una solución satisfactoria para gestionar los retardos que provocan las interferencias en el seno de una red de teledifusión, y es difícil que un operador pueda garantizar una calidad de servicio aceptable con las herramientas existentes.

10

Descripción general de la invención

Así pues, el objeto de la invención consiste en suprimir uno o varios de los inconvenientes de la técnica anterior definiendo un método para planificación de retardos de tiempos de transmisión de los distintos transmisores que componen una red de difusión radioeléctrica síncrona en tiempo y frecuencia, que permita proporcionar la obtención de una calidad de recepción óptima en los diferentes puntos de la red.

15

Un objeto suplementario de la invención consiste en permitir la obtención de una red de teledifusión digital optimizada que utilizando una sola frecuencia, garantice al mismo tiempo una densa cobertura de un territorio amplio, con un mínimo de interferencias.

20

Un objeto suplementario de la invención consiste en tener en cuenta de forma pragmática particularidades de zonas de cobertura de cada transmisor (realidad del terreno) para garantizar una calidad de servicio adecuada para los abonados, en el conjunto de la cobertura.

25

A estos efectos, la invención se refiere a un método para planificación automática de retardos de tiempos de transmisión de diferentes radiotransmisores que generan con una misma frecuencia de células radioeléctricas para formar una red radioeléctrica de teledifusión digital síncrona en tiempo y frecuencia, ejecutada a través de un sistema informático que incluye medios de memoria para almacenar datos relativos a la red, incluyendo datos representativos de zonas geográficas segmentadas en una pluralidad de puntos o píxeles según la segmentación de dicha red y que incluyen la posición de los radiotransmisores, datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red, datos especificativos de un nivel de transmisión de transmisores y un umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula, datos representativos de una ley de atenuación de propagación radioeléctrica y datos representativos de una duración de intervalos de protección previstos entre tramas de datos, incluyendo igualmente el sistema un módulo de cálculo y medios de parametrización de una pluralidad de radiotransmisores, incluyendo el procedimiento para cada radiotransmisor una etapa de inicio de una transmisión en un instante determinado, caracterizado porque incluye una etapa de procesamiento de datos relativos a la red, utilizando el módulo de cálculo para calcular datos representativos de cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales y una etapa de ajuste de dicha etapa de inicio efectuada por cada radiotransmisor, utilizando un retardo de transmisión que varía entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms, almacenando en memoria para cada radiotransmisor el retardo utilizado, estando seguida la etapa de ajuste de una reiteración de la etapa de procesamiento a fin de estimar nuevamente cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales, reiterándose la etapa de procesamiento con un número de iteraciones parametrizado con la ayuda de medios de configuración del sistema, finalizando la etapa de ajuste tras las iteraciones, utilizando una combinación almacenada en memoria de retardos utilizados para cada transmisor del conjunto de transmisores, permitiendo alcanzar un mínimo para dichas cifras de población estimadas para las zonas de interferencias perjudiciales.

30

35

40

45

De este modo, la invención permite planificar automáticamente los retardos de transmisión en una red con una topología de tipo SFN (Single Frequency Network [red de frecuencia única]), lo que permite una gestión de redes complejas de varios miles de emplazamientos "iso-frecuencia", que en la práctica sería totalmente imposible de gestionar manualmente.

50

De acuerdo con otra particularidad, la etapa de procesamiento de datos relativos a la red comprende:

55

- una etapa para determinación de una cobertura radioeléctrica de la red, incluyendo un procesamiento, mediante el módulo de cálculo, de datos de mapa geográfico, que incluyen la posición de los radiotransmisores, datos que especifican un nivel de transmisión de transmisores y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula, así como datos representativos de una ley de atenuación de propagación radioeléctrica, a fin de generar datos representativos de mapas de cobertura de la red que especifican, para cada uno de los transmisores, niveles de campo de señales recibidas en cada uno de estos píxeles.

60

- para cada radiotransmisor, una etapa de estimación de una señal útil y de una señal de interferencia en los píxeles de la red, con la ayuda de una segmentación, mediante el módulo de cálculo, de niveles de campo de señales recibidas a través de la red en una componente útil y una componente de interferencias, utilizando el módulo de cálculo una función de ponderación parametrizable para llevar a cabo dicha segmentación.

65

ES 2 299 163 T3

De acuerdo con otra particularidad, la etapa de procesamiento de datos relativos a la red incluye, para cada radiotransmisor:

5 - una etapa de cálculo de una probabilidad de interferencia para cada píxel, en la que primeramente el módulo de cálculo calcula un valor representativo de la relación señal / perturbación para cada píxel a partir de señales calculadas asociadas a los píxeles respectivos, estando compuestas dichas perturbaciones por interferencias intercelulares y por el ruido relativo a la anchura de canal utilizada por los transmisores de la célula, deduciéndose después la probabilidad de interferencias en el píxel mediante cálculos de dicha relación en los píxeles, mediante el módulo de cálculo; y

10 - una etapa de determinación de un criterio representativo de la población total situada en las zonas de interferencias perjudiciales, siendo determinado dicho criterio por el módulo de cálculo a partir de las probabilidades de interferencia en cada píxel y de los datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red.

15 Según otra particularidad, la etapa de ajuste de dicha etapa de inicio se realiza de manera determinada mediante el módulo de cálculo para alcanzar un mínimo de la suma de dichos criterios calculada por integración sobre el conjunto de transmisores, resultando dicho mínimo de, al menos, una comparación mediante medios de comparación del módulo de cálculo entre varias soluciones diferentes de ajuste de retardos de transmisión en el seno de la red.

20 De acuerdo con otra particularidad, la probabilidad de interferencias en cada píxel se deduce de cálculos de dicha relación en los píxeles de la célula a través de unos medios de comparación del módulo de cálculo, almacenándose en los medios de memoria un valor mínimo de la relación, y siendo utilizado por los medios de comparación para determinar para cada píxel si no se alcanza la relación mínima, permitiendo así la obtención de la probabilidad de interferencias para el píxel en cuestión.

25 De acuerdo con otra particularidad, la etapa de ajuste utiliza unos valores distribuidos a intervalos comprendidos entre $1 \mu s$ y $45 \mu s$ en una gama de valores cuya amplitud es inferior a $500 \mu s$.

30 De acuerdo con otra particularidad, la etapa de inicio de una transmisión en un instante determinado comprende la división de una señal recibida por el transmisor en una pluralidad de señales de transmisión a través de una pluralidad de subportadoras de acuerdo con una modulación digital en frecuencia de tipo OFDM, insertándose intervalos de protección con una misma duración de transmisión determinada entre las tramas de datos, que constituyen símbolos modulados en OFDM, siendo la duración de transmisión de los intervalos de protección una constante función de la duración de transmisión de un símbolo.

35 De acuerdo con otra particularidad, el procedimiento de acuerdo con la invención incluye una etapa de almacenamiento en memoria de datos de densidad de tráfico de usuarios de una red de radiotelefonía, para utilizar en sustitución de datos demográficos.

40 De acuerdo con otra particularidad, la etapa de determinación de una cobertura radioeléctrica incluye una etapa de determinación, por el módulo de cálculo y para cada píxel, de una distancia respectiva entre cada transmisor y el píxel a considerar, seguida de una etapa de corrección de dicha distancia por el módulo de cálculo, teniendo en cuenta el retardo parametrizado para los transmisores respectivos, con ayuda de medios de ajuste de retardos.

45 Otro objeto de la invención consiste en proponer un sistema adaptado para parametrizar una red de teledifusión a lo largo de un amplio territorio, que utilizando una sola frecuencia asegure una cobertura densa de un amplio territorio, con un mínimo de interferencias para el usuario.

50 A estos efectos, la invención se refiere a un sistema para planificación automática del retardo de tiempos de transmisión de diferentes radiotransmisores que generan con una misma frecuencia células radioeléctricas para formar una red radioeléctrica de teledifusión digital síncrona en tiempo y frecuencia, que incluye medios de memoria para almacenar datos relativos a la red, incluyendo datos representativos de áreas geográficas segmentadas en una pluralidad de puntos o píxeles de acuerdo con la segmentación de dicha red y que incluyen la posición de radiotransmisores, datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red, datos especificativos de un nivel de umbral de transmisión de transmisores y un umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula, datos representativos de una ley de atenuación de la propagación radioeléctrica y datos representativos de una duración de intervalos de protección previstos entre tramas de datos, incluyendo adicionalmente el sistema un módulo de cálculo y medios de parametrización de una pluralidad de radiotransmisores, caracterizado porque incluye medios de inicio de una transmisión en un instante determinado para cada radiotransmisor, estando dispuesto el módulo de cálculo para calcular, mediante un procesamiento de datos relativos a la red, datos representativos de cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales, estando adaptados dichos medios de parametrización para utilizar retardos que están almacenados en los medios de memoria, estando previstos medios de control de los medios de inicio para retardar la transmisión al nivel de cada radiotransmisor, utilizando un retardo que varía entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms, almacenándose para cada radiotransmisor dicho retardo, estando los medios de ajuste de retardos conectados a los medios de control para proporcionar distintas combinaciones de retardos para el conjunto de transmisores, estando dotado el módulo de cálculo de medios de iteración que permiten calcular nuevamente cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales para diferentes combinaciones de retardos, estando conectados medios de configuración del sistema con el módulo de cálculo, a fin de proporcionar un número de iteraciones que permita desactivar

ES 2 299 163 T3

los medios de iteración, estando adaptados medios de control para utilizar, entre las combinaciones proporcionadas por los medios de ajuste de retardos, una combinación de retardos para el conjunto de transmisores, que corresponde a la obtención por parte del módulo de cálculo de un mínimo para dichas cifras de población estimadas.

5

De acuerdo con otra particularidad, el módulo de cálculo dispone, a fin de calcular los datos representativos de cifras de población ubicada en las zonas de interferencias perjudiciales:

10 - unos medios para determinar una cobertura radioeléctrica de la red, adaptados para procesar los datos de mapa geográfico que incluyen la posición de radiotransmisores, especificando dichos datos un nivel de transmisión de los transmisores y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula y datos representativos de una ley de atenuación de la propagación radioeléctrica, a fin de generar datos representativos de mapas de cobertura de la red, que especifican, para cada uno de los transmisores, niveles de campo de señales recibidas en cada uno de dichos píxeles.

15

- medios de estimación, para cada radiotransmisor, de una señal útil y de una señal de interferencia en píxeles de la red, estando adaptados dichos medios de cálculo para descomponer niveles de campo de señales recibidas a través de la red en una componente útil y una componente de interferencias, y utilizando una función de ponderación parametrizable con la ayuda de unos medios de configuración realizar dicha descomposición:

20

25 - medios de determinación, para cada radiotransmisor, de una probabilidad de interferencias para cada píxel, dispuestos para calcular un valor representativo de la relación señal / perturbación para cada píxel a partir de señales estimadas asociadas a los píxeles respectivos suministradas por los medios de estimación, estando compuestas dichas perturbaciones por interferencias intercelulares y por el ruido relativo a la anchura de canal utilizada por los transmisores de la célula, calculando dichos medios de determinación la probabilidad de ruido en el píxel mediante cálculos de dicha relación en los píxeles;

30

- medios de asociación que permiten, para cada transmisor, determinar un criterio representativo de la población total ubicada en las zonas de interferencias perjudiciales, siendo determinado dicho criterio mediante asociación de las probabilidades de interferencia en cada píxel y de datos demográficos correspondientes a la descomposición de la red.

35

De acuerdo con otra peculiaridad, el módulo de cálculo determina la combinación de retardos a utilizar por los medios de control, utilizando medios de comparación del módulo de cálculo previstos para determinar, entre una pluralidad de sumas de criterios, que corresponden respectivamente a las distintas combinaciones de retardos, un mínimo de la suma de dichos criterios, calculado mediante integración sobre el conjunto de transmisores.

40

De acuerdo con otra peculiaridad, la probabilidad de interferencias en cada píxel se deduce de cálculos de dicha relación en los píxeles de la célula a través de medios de comparación del módulo de cálculo, almacenándose en los medios de memoria un valor mínimo de la relación, que es utilizado por los medios de comparación para determinar para cada píxel si la relación mínima no se ha alcanzado, permitiendo así obtener la probabilidad de interferencias para el píxel.

45

Otro objeto de la invención consiste en proponer una red adaptada para permitir una teledifusión a través de un amplio territorio, garantizando una cobertura continua que tenga en cuenta la realidad del terreno y que reduzca al mínimo el riesgo de interferencias para el usuario.

50

A estos efectos, la invención se refiere a una red para la transmisión de comunicaciones radioeléctricas conteniendo al menos un programa de TV o de radio, caracterizada porque consiste en una red de radiotelefonía que incluye una pluralidad de emplazamientos transmisores que forman respectivas células radioeléctricas que definen conjuntamente una cobertura radioeléctrica, y porque todos estos emplazamientos están equipados con transmisores para la difusión de TV o de radio, y porque todos ellos están parametrizados con una misma frecuencia de UHF para generar una célula radioeléctrica, estando dispuestos los transmisores para enviar tramas que constituyen un símbolo modulado en OFDM con un intervalo de protección correspondiente a una fracción comprendida entre un cuarto y un dieciseisavo de la duración de transmisión de una trama, estando dispuestos los transmisores para iniciar sus respectivas emisiones con un desfase o retardo determinado, variable entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms y que no sobrepase el doble de la duración de intervalo de protección, utilizando dicha red una combinación de retardos adaptada para reducir al mínimo el número de zonas de interferencias perjudiciales coincidente con zonas pobladas.

60

La invención, con sus características y ventajas, se comprenderá mejor mediante la lectura de la descripción, haciendo referencia a las figuras adjuntas a modo de ejemplo no limitativo, en las cuales:

65

- La figura 1 representa esquemáticamente el sistema informático de acuerdo con la invención y una parte de la red.

- La figura 2 muestra la forma en que el intervalo de protección se adjunta entre los símbolos sucesivos.

ES 2 299 163 T3

- La figura 3 representa la correspondencia entre la separación de las células y la generación de interferencias destructivas, teniendo en cuenta el intervalo de protección utilizado.

5 - La figura 4 representa un organigrama de las etapas del procedimiento de acuerdo con un modo de realización de la invención.

- La figura 5 representa componentes de señales recibidas en una zona de la red correspondiente a un píxel.

10 - La figura 6 ilustra mediante la representación de mapas digitales utilizados de acuerdo con el método de planificación de retardos de la invención, una posibilidad de mejora de la calidad en una porción de red.

- La figura 7 muestra, a través de la representación de mapas digitales utilizados de acuerdo con el método de la invención, la incidencia de un desfase de transmisión demasiado importante para un transmisor de la red.

15 - La figura 8 representa un organigrama de las etapas del método de acuerdo con un modo de realización de la invención.

Descripción de modos de realización preferidos de la invención

20 En la OFDM (Orthogonal Frequency Duplex Modulation), la señal es multiplexada en un gran número de subportadoras, de tal forma que se reduce la tasa de transferencia de cada una de dichas subportadoras. De este modo, la duración de símbolo aumenta y se puede limitar el riesgo de interferencia entre símbolos. Hemos de recordar que un símbolo dado (S) envía un número determinado de bits de información.

25 Gracias a una separación rigurosamente regular entre portadoras, estas últimas forman lo que los matemáticos denominan un conjunto ortogonal. La separación en frecuencia f_u es la inversa del período útil T_u (o período activo) del símbolo durante el cual el receptor integra la señal demodulada. Aparte de la multiplexión de la información en diferentes portadoras con una baja tasa de transferencia de datos, la OFDM prevé entre cada símbolo un retardo no portador de información que permita, en el instante de la recepción, la integración del conjunto de señales recibidas.
30 La adición de esta demora denominada intervalo de protección (GI, figura 2) entre los símbolos sucesivos, permite conservar el criterio de ortogonalidad para los trayectos retardados.

35 Estas propiedades de la OFDM, que permiten adaptarse a las trayectorias múltiples de propagación propias de los entornos urbanos y/o de comunicaciones con móviles, se utilizan ventajosamente en el procedimiento de la invención para permitir la difusión de una misma información desde varios transmisores diferentes, con la misma frecuencia. El procedimiento puede servir para definir una cobertura radioeléctrica que permita una difusión tipo DVB con una sola frecuencia UHF a través de una red dotada de una pluralidad de medios de transmisión de estaciones de base que permitan generar células radioeléctricas, sin que exista ninguna limitación en cuanto a la superficie a cubrir. Efectivamente, la invención pretende establecer una cobertura DVB, por ejemplo, DVB-H, o cualquier otra forma de
40 teledifusión digital a través de una red SFN. No obstante, todos los transmisores (4) están precisamente sincronizados en frecuencia, y están sincronizados en el tiempo, es decir, que transmiten las informaciones en el mismo instante. Además, los contenidos difundidos son rigurosamente idénticos.

45 El procedimiento de la invención permite iniciar una transmisión en un instante determinado, dividiendo la señal recibida por el transmisor (4) en una pluralidad de señales de transmisión a través de una pluralidad de subportadoras, de acuerdo con una modulación digital de frecuencia de tipo OFDM. Estas señales serán enviadas simultáneamente por este transmisor (4). Se insertan unos intervalos de protección (GI) con una misma duración determinada de transmisión entre las tramas de datos que constituyen los símbolos (S) modulados en OFDM, y la duración de transmisión de estos intervalos de protección (GI) se fija como una constante función de la duración de transmisión de un símbolo (S).
50

55 La invención permite de este modo concebir una red para la difusión de comunicaciones radioeléctricas, que contenga al menos un programa de TV. La arquitectura de la red es del tipo radiotelefónico, y permite definir, gracias a los emplazamientos transmisores, una cobertura radioeléctrica continua a lo largo de un extenso territorio. Todos los emplazamientos transmisores se parametrizan con la misma frecuencia UHF y se disponen para enviar las tramas con un intervalo de protección (GI) correspondiente, por ejemplo, a una fracción comprendida entre un cuarto y un octavo, incluso un dieciseisavo de la duración de transmisión de una trama.

Haciendo referencia a la figura 2, mientras que una trayectoria principal (41) no plantea problemas de interferencias, parece que para una trayectoria retardada (42), el período del símbolo debe prolongarse con la ayuda del intervalo de protección (GI) para evitar que el período de integración (T_i) no abarque dos símbolos. Mientras no se reciben determinados componentes de la señal con retardo durante el intervalo de protección, no existen diferencias con el símbolo (S) siguiente. Por el contrario, cuando uno de los componentes desborda dicho retardo, crea interferencias en el símbolo siguiente. Este problema puede resolverse aumentando la duración del intervalo de protección (GI). En un modo de realización de la invención, la duración no portadora de señal correspondiente a los intervalos de protección (GI) no supera la cuarta parte de la duración de la transmisión de una trama que constituye un símbolo modulado en OFDM.
65 De este modo, el ancho de banda disponible no se reducirá demasiado. Esta duración del intervalo de protección (GI) será entonces igual para todos los transmisores (4) que emiten una misma señal en una misma frecuencia.

ES 2 299 163 T3

El procedimiento de acuerdo con la invención tiene en cuenta la duración del intervalo de protección (GI) para permitir reducir los problemas de interferencias. En particular, el procedimiento tiene por objeto realizar automáticamente, para cada radiotransmisor (4) ajustes o desfases del inicio de una transmisión que permitan “absorber” las señales molestas recibidas con retardo, permitiendo minimizar el número total de transmisores (4). Dicho de otro modo, las señales suministradas simultáneamente a los transmisores (4) de la red (N) van a ser transmitidas, en su caso, con retardos o con avances (del orden de 0 a 500 μ s, por ejemplo) respecto de un instante de referencia de sincronización de las transmisiones. El ajuste de instantes relativos de transmisión de las diferentes fuentes de transmisión debe efectuarse de forma óptima, para reducir al máximo las zonas de interferencia que coinciden con zonas pobladas o con zonas con mucho tráfico de usuarios de la red de radiotelefonía que utilizan su terminal móvil (por ejemplo, carreteras o vías férreas donde los usuarios utilizan con normalidad su teléfono móvil para recibir contenidos transmitidos a través de la red.

Como se muestra en la figura 3, para las células (6) de la corona con más posibilidades de interferencia, el retardo (45) relativo es inferior a un período de símbolo: tan sólo una parte de la señal transmitida a lo largo de este trayecto actúa como una interferencia, dado que sólo envía informaciones pertenecientes al símbolo anterior. El resto transporta algunas de las informaciones del símbolo útil, pero puede añadirse de forma constructiva o destructiva a las informaciones de la trayectoria principal.

La figura 1 representa, en un dispositivo de visualización (10) de un sistema informático (1), un mapa (100) de una zona geográfica de una red (N) de teledifusión digital en curso de definición o de optimización, en el cual se han indicado las posiciones previstas de células radioeléctricas (CV, CL, 6) que rodean a la célula (40) generada por el transmisor (4) de posición indicada. Debe entenderse que el término “transmisor” debe interpretarse en un sentido amplio, refiriéndose a uno o varios dispositivos de transmisión radioeléctrica que permiten generar una célula radioeléctrica. Como se muestra, las células adyacentes (CV) próximas a la célula (40) estudiada están situadas en una zona de interferencias (B) en la que las señales más retardadas transmitidas por el transmisor (4) indicado se reciben en el intervalo de protección (GI). Para este modo de realización de la figura 1 que corresponde a un funcionamiento correcto de la red (N) a una sola frecuencia, las células (CL) de la primera corona situada más allá de la zona de interferencias (B) permiten incluso la recepción de señales enviadas por el transmisor (4) durante el intervalo de protección (GI). Las células (6) más alejadas que no permiten la recepción de señales durante el intervalo de protección (GI) no plantean problemas de interferencia al estar situadas fuera de la zona de interferencias (B) del transmisor (4).

El mapa (100) es una representación de datos de un mapa digital (CN) almacenado en unos medios de memoria (12) del sistema informático (1), tal como una base de datos. Los medios de procesamiento de cálculo, o unidad central, de memoria, de selección y de presentación de datos, a través de un teclado y/o una pantalla de presentación interactiva con ratón u otro tipo de dispositivo, no se han representado en detalle en el sistema informático (1). El mapa digital (CN) especifica los relieves naturales y artificiales, así como su naturaleza, tal como bosques, edificios u otros, lo que permite calcular una estimación de la atenuación radioeléctrica de los enlaces afectados por los relieves.

Haciendo referencia a la figura 1, el transmisor (4) que va a ajustarse genera una zona de interferencias (B) que se extiende a varias células adyacentes (CV). Las células están representadas aquí de acuerdo con un modelo hexagonal. Para una red (N) de tipo SFN haciendo intervenir un período de protección (GI), se consigue un funcionamiento correcto cuando la zona constituida por las células (CL) que reciben las señales retardadas en el intervalo de protección (GI) se extiende más allá de la zona de interferencias (B) del transmisor (4). En cambio, como se muestra a la izquierda en las figuras 6 y 7, la red (N) produce interferencias cuando la zona de interferencias (B) se extiende más allá del conjunto de células (CL) para las cuales todavía es posible la corrección mediante el intervalo de protección (GI). Aparecen entonces zonas (Br) de interferencias perjudiciales en las cuales un usuario no podrá recibir las señales transmitidas por el transmisor (4) en cuestión con una calidad suficiente.

El procedimiento de acuerdo con la invención sirve para ajustar los instantes relativos de transmisión de diferentes transmisores (4) para minimizar las auto-interferencias, como se muestra en las figuras 6 y 7 de la red (N) de tipo SFN. En relación con un instante de referencia, se entiende que la transmisión de transmisor (4) que va a ajustarse puede avanzarse ventajosamente para que las señales recibidas en la zona de interferencias (B) lleguen a los receptores durante el intervalo de protección (GI) como máximo. Mediante este tipo de ajuste, la transmisión efectiva prevista en un principio puede ser avanzada para ciertos transmisores (4) mientras que los demás transmisores tendrán necesariamente retardos en relación con dicho instante de transmisión avanzado (respecto de la previsión inicial). Dicho de otro modo, los transmisores (4) que reciben de forma síncrona las informaciones a transmitir a través de la red (N) van a tener en su mayoría desfases de transmisión relativos.

La figura 7 muestra el hecho de que el avance respecto del instante de referencia tomado al principio debe limitarse para no generar interferencias de proximidad. Las zonas (Br) de interferencia perjudicial representadas en la figura 7 muestran de este modo que el desfase sólo puede ser parametrizado dentro de un margen limitado. De este modo, con el procedimiento acorde con la invención, puede llevarse a cabo una red (N) para difusión de radiocomunicaciones que incluya al menos un programa de TV o de radio, en el que los transmisores (4) están dispuestos para iniciar sus respectivas emisiones con un desfase o retardo determinado que no sobrepase el doble de la duración del intervalo de protección (GI). Este retardo varía por ejemplo entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms. Los retardos son por tanto muy limitados de forma que la red (N) sigue siendo síncrona y los desfases resultan imposibles de percibir por el usuario. La red (N) utiliza entonces una combinación de retardos adaptada para reducir al mínimo el número de zonas (Br) de interferencias perjudiciales que coincidan con zonas pobladas.

ES 2 299 163 T3

En un modo de realización de la invención, el un método para planificación automática de retardos se ejecuta a través de un sistema informático (1) como el representado en la figura 1. Dicho sistema (1) incluye, por ejemplo, medios de memoria (12) que permiten almacenar datos relativos a la red (N), incluyendo:

- 5 - datos (3) representativos de zonas geográficas segmentadas en una pluralidad de puntos o píxeles (301, 302, 303) de acuerdo con la segmentación de dicha red (N) y que incluyen la posición de radiotransmisores (4);
- datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red, datos (31) que especifican un nivel de transmisión de transmisores y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula (1);
- 10 - datos (32) representativos de una ley de atenuación de propagación radioeléctrica; y
- datos representativos de una duración de intervalos de protección (GI) previstos entre tramas de datos.

15

El sistema (1) comprende medios de parametrización de una pluralidad de radiotransmisores (4) y un módulo de cálculo (11) que permite procesar los datos relativos a la red (N) para calcular informaciones de cifras que representan la población ubicada en las zonas (Br) de interferencias perjudiciales. Haciendo referencia a la figura 1, el sistema (1) comprende medios de inicio (no representados) de una transmisión en un instante determinado para cada radiotransmisor (4). Unos medios de control de los medios de inicio están previstos para retardar la transmisión a nivel de cada radiotransmisor (4). Unos medios de ajuste de retardos están, por ejemplo, conectados a estos medios de control para proporcionar diferentes combinaciones de retardos para el conjunto de transmisores (4). Los medios de parametrización de radiotransmisores, que reagrupan por ejemplo los medios de control de medios de inicio de transmisión y los medios de ajuste de retardos, permiten de este modo utilizar retardos que se almacenan en los medios de memoria (12).

20

El módulo de cálculo (11) dispone también de medios de iteración que permiten calcular nuevamente las cifras de población ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales para diferentes combinaciones de retardos. Como se muestra en la figura 1, el sistema (1) comporta medios de configuración (13) conectados al módulo de cálculo (11) para suministrar diversas iteraciones que permitan desactivar los medios de iteración. Dicho de otro modo, las operaciones de cálculo repetidas para converger hacia una solución óptima se detienen cuando se alcanza el número de iteraciones parametrizado por el usuario con la ayuda de los medios de configuración (13).

30

En un modo de realización de la invención, los medios de control pueden utilizar, entre las combinaciones proporcionadas por los medios de ajuste de retardos, una combinación de retardos para el conjunto de transmisores (4) que ofrece la mayor calidad de servicio desde el punto de vista de los usuarios. Esta combinación corresponde de este modo a la obtención a través del módulo de cálculo (11) de un mínimo para la estimación de cifras de población ubicada en las zonas (Br) de interferencias perjudiciales. En una variante de realización, los datos demográficos pueden sustituirse por datos de densidad de tráfico de usuarios abonados (usuarios de una red de radiotelefonía). Estos datos de densidad de tráfico se almacenan entonces en los medios de memoria (12) y las estimaciones efectuadas por el módulo de cálculo representarán un tráfico mal atendido a causa de las interferencias perjudiciales. De este modo se entiende que los datos demográficos pueden sustituirse de acuerdo con la invención por otros datos relativos a una densidad de utilización del servicio.

35

En un modo preferido de realización de la invención, el módulo de cálculo (11) dispone de medios para determinar una cobertura radioeléctrica de la red (N) que permite procesar los datos (3, 4, 31, 32) relativos a la red (N) almacenados en los medios de memoria (12) para generar datos representativos de mapas (CN) de cobertura de la red (N). Estos datos especifican, para cada uno de los transmisores (4), niveles de campo de señales recibidas en cada uno de los píxeles (301, 302, 303). El sistema informático (1) permite de este modo desplegar los transmisores (4) y representarlos en el dispositivo de visualización (10). De este modo, el operador puede visualizar total o parcialmente la red (N) que a planificar.

40

La zona de cobertura de cada transmisor se calcula utilizando, por ejemplo, un modelo de predicción que ejecuta la ley de atenuación de propagación radioeléctrica que está asociado a las bases de datos de altimetría y de morfología (terreno) apropiadas. Este modelo de predicción permite caracterizar las especificidades locales de la red (N), gracias a su segmentación en píxeles (301, 302, 303). El nivel de recepción desde cada transmisor (4) puede calcularse de este modo en cada píxel de la zona estudiada en el mapa (100). De esta forma, pueden también calcularse matrices asociadas a cada una de las células radioeléctricas para representar estos niveles de recepción a nivel celular. La cobertura de cada transmisor (4) calculada de este modo se almacena en los medios de memoria para constituir dichos datos representativos de mapas (CN) de cobertura de la red (N).

60

El sistema informático (1) permite seguidamente calcular, a partir de las coberturas respectivas obtenidas, la señal recibida por parte de cada uno de los transmisores (4). Para ello, el módulo de cálculo (11) determina para cada transmisor (4) una distancia entre el transmisor (4) y el píxel (301, 302, 303) en cuestión, y seguidamente corrige en esta distancia el eventual retardo parametrizado para este transmisor (4) con la ayuda de medios de ajuste de retardos. Dicho de otro modo, para un píxel (301) dado, las señales recibidas en este píxel (301) se estiman con sus componentes en el tiempo, determinándose igualmente la potencia de cada una de estas señales como se muestra en la figura 5. Las

65

ES 2 299 163 T3

componentes (C1, C2, ...Ci, ...Cn) de las señales recibidas transmitidas por los distintos transmisores (4) permiten estimar cualitativamente el funcionamiento de la red (N).

5 Cada componente puede obtenerse con la ayuda de una función de atenuación A(R) en función de la distancia R con respecto al transmisor, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$C = P - A(R)$$

10 donde P es la potencia emitida y la función A(R) es una ley de propagación apropiada para la tecnología y el entorno de trabajo, por ejemplo el conocido modelo COST 231 que ofrece el campo resultante a una determinada distancia R del transmisor (4).

15 El módulo de cálculo (11) incluye medios de estimación que determinan, para cada radiotransmisor (4), una señal útil y una señal de interferencias. En un modo de realización de la invención, las señales respectivas se calculan en píxeles (301, 302, 303) de la red (N). Estos medios de estimación permiten, por ejemplo, descomponer los niveles de campo de las señales recibidas en una componente útil y una componente de interferencias. Una función de ponderación parametrizada con la ayuda de unos medios de configuración (13) se utiliza para realizar esta descomposición. Cada una de las componentes Ci identificadas en la etapa precedente por el módulo de cálculo (11) puede descomponerse en una parte útil CiWi y en una parte de interferencias Ci(1-Wi). La distribución de la ponderación del componente útil y del componente de interferencias está en función de la tecnología implementada. La ponderación se selecciona, por ejemplo, de forma que corresponda a las tecnologías de tipo DVB-H, DVB-T, DAB (Digital Audio Broadcasting), la tecnología de origen coreano DMB (Digital Multimedia Broadcasting), FLO o cualquier otra tecnología basada en OFDM.

25 En un modo de realización de la invención, los medios de parametrización del sistema permiten una parametrización específica de estas funciones de ponderación o la utilización de funciones preprogramadas para las tecnologías T-DAB, DVB-T y DVB-H. Estas funciones se describen en el documento de referencia "Impact on coverage of intersymbol interference and FFT window positioning" de Roland Brugger y Daving Hemingway: EBU technical review julio 2003.

30 El módulo de cálculo (11) dispone de medios de determinación para cada radiotransmisor (4), de una probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) atribuida a cada píxel (301, 302, 303). Estos medios de determinación permiten calcular un valor representativo de la relación señal/perturbación C/(I+N) para cada píxel (301, 302, 303) a partir de señales estimadas asociadas a los respectivos píxeles proporcionados por los medios de estimación. Dicha perturbación se compone de interferencias intercelulares I y de un ruido N relativo al ancho de canal utilizado por los transmisores (4) de la célula. Para un transmisor (4) dado, la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) en el píxel (301, 302, 303) se calcula a través de dichos medios de determinación a partir de cálculos de la relación C/(I+N) obtenida en los píxeles (301, 302, 303) respectivos. Debe entenderse que las probabilidades de interferencias (P1, P2, P3) respectivas en cada píxel (301, 302, 303) se deducen fácilmente de los cálculos respectivos de dicha relación en los píxeles de la célula. Para ello, los medios de comparación del módulo de cálculo (11) utilizan un valor de relación mínimo almacenado en los medios de memoria (12) a fin de determinar para cada píxel (301, 302, 303) si dicha relación mínima no se ha alcanzado. De este modo, los medios de comparación permiten obtener las probabilidades de interferencias (P1, P2, P3) para un píxel dado (301, 302, 303).

45 De una forma en sí conocida, el valor mínimo de la relación C/(I+N) para obtener un funcionamiento correcto está en función de la tecnología utilizada y de las opciones de modulación y de codificación de dicha tecnología:

50

$$\frac{C}{I + N} = f(\text{tecnología, modulación, codificación})$$

55 De forma también conocida en sí, la relación entre señal e interferencia en el límite de cobertura de un transmisor (4) es una función del radio Rc de célula cubierta por un transmisor (4) y de la distancia D equivalente al tiempo de propagación del retardo entre los símbolos que constituyen el intervalo de protección (GI):

60

$$\frac{C}{I} = \text{interferencias (Rc,D)}$$

De igual modo, también se conoce que la relación señal/ruido es función del radio de cobertura de la célula Rc:

65

$$\frac{C}{N} = \text{atenuación (Rc)}$$

ES 2 299 163 T3

Para obtener el servicio en un punto o píxel (301, 302, 303) dado, es preciso que la relación $C/(I+N)$ sea superior al valor mínimo de referencia soportado por la tecnología, es decir:

$$\frac{C_{\text{real}}}{N + I_{\text{real}}} \geq \frac{C_{\text{ref}}}{N + I_{\text{ref}}}$$

donde:

$$I_{\text{real}} = C_{\text{real}} / \text{interferencias (Rc,D)}$$

Donde interferencia (Rc, D) equivale a:

La función $\text{prob}(\text{valor1}; \text{valor2})$ es una función que proporciona el nivel

$$\frac{\max\left(\underbrace{\sum_{\text{célula}} \text{prob}(\text{atenuación}(D); 50\%)}_{\text{interferencias}}, \underbrace{\sum_{\text{más fuerte}} \text{prob}(\text{atenuación}(D); 10\%)}_{\text{interferencias}}\right)}{\text{prob}(\text{atenuación}(Rc); \text{prob_servicio})}$$

de campo obtenido con una probabilidad superior a valor2 para un valor medio igual a valor1. El valor prob_servicio es parametrizado por el usuario en función de la calidad de servicio deseada para la tecnología prevista.

Haciendo referencia a la figura 1, el sistema (1) de acuerdo con la invención permite calcular los datos que representan las cifras de la población ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales a través de medios de asociación previstos para determinar, para cada transmisor (4) un criterio representativo de la población total situada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales. Este criterio está determinado mediante asociación de la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) en cada píxel (301, 302, 303) con los datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red (N). El hecho de aplicar la probabilidad de interferencia en el píxel (301, 302, 303) a la población residente en dicho píxel permite así calcular la población sometida a interferencias en dicho píxel (301, 302, 303). Se entiende que la población total sometida a interferencias es entonces la suma sobre la superficie útil correspondiente a la cobertura de la red (N) de la población sometida a interferencias en cada píxel (301, 302, 303).

El módulo de cálculo (11) determina la combinación de retardos a utilizar por los medios de control usando medios de comparación del módulo de cálculo (11) que sirven para determinar una suma mínima, de entre una pluralidad de sumas de los criterios calculados por integración sobre el conjunto de transmisores (4) y correspondiente respectivamente a las diferentes combinaciones de retardos. Dicho de otro modo, el ajuste de los instantes relativos de transmisión de diferentes transmisores (4) se lleva a cabo mediante el módulo de cálculo (11) de forma específica para alcanzar un mínimo de la suma de criterios. Los medios de comparación del módulo de cálculo (11) permiten determinar este mínimo efectuando comparaciones entre varias soluciones diferentes de ajuste de retardos de transmisión en el seno de la red (N). Cada suma correspondiente a una de las soluciones es almacenada por ejemplo en los medios de memoria (12) del sistema (1).

En el curso de las variaciones de retardo de transmisión efectuadas por los medios de ajuste de retardos, en el límite de los umbrales inferiores y superiores de desfase temporal parametrizados por el usuario (respecto del instante de referencia previsto inicialmente), el módulo de cálculo (11) almacena datos representativos de la calidad de combinaciones de retardos. En un modo de realización preferido de la invención, la optimización de los retardos se efectúa principalmente mediante la ejecución de un algoritmo de optimización del tipo "recocido" simulado, a través del módulo de cálculo (11). Este algoritmo se almacena en una memoria de trabajo del módulo de cálculo (11), en una base de datos o en cualquier otro medio de almacenamiento vinculado al módulo de cálculo (11). Una función de convergencia prevista con dicho algoritmo puede tener por ejemplo la forma:

$$\text{Coste}([t]) = \sum \sum \text{limitaciones (Txi, Txj, ti-tj)}$$

$$Txi \ Txj \neq \ Txi$$

donde [t] es una combinación [t] de retardos aplicados respectivamente a cada transmisión Txi,

y $\sum \text{limitaciones (Txi, Txj, ti-tj)}$ es la población afectada por interferencias causadas por la transmisión $Txi \ Txj \neq \ Txi$ cuando el transmisor indexado Txj tiene un retardo de $ti-tj$ con respecto al transmisor indexado Txi.

La función de coste llevada a cabo consiste de este modo, para un conjunto de retardos de transmisión [t] de los diferentes transmisores (4) en la suma de las poblaciones afectadas por las interferencias para cada par de células teniendo en cuenta la diferencia de sus respectivos retardos de transmisión. El usuario puede fijar dos parámetros tales como un umbral de aceptación Xa y un número de iteraciones Xi para que dicha optimización se efectúe hasta que la variación de la función o criterio de convergencia $\text{Coste}([t])$ durante el transcurso de Xi iteraciones lleve a esta a un nivel inferior al umbral Xa. Alternativamente, no puede preverse ningún umbral y la combinación [t] de retardos conservada es la que permite obtener la mínima de entre las sumas calculadas. La convergencia se detiene cuando se alcanza

ES 2 299 163 T3

el número Xi de iteraciones parametrizado por el usuario. Naturalmente, el algoritmo de tipo “recocido” simulado puede también ser sustituido por un método de lista tabú o por cualquier método derivado de convergencia iterativa.

5 Este modo de obtención de una combinación [t] de retardos a aplicar presenta como ventaja que su tiempo de cálculo es muy corto. Para permitir optimizar aún más la red (N), el sistema (1) prevé, por ejemplo, la utilización de la solución casi óptima obtenida de la forma mencionada anteriormente y calcular a partir de esta primera solución mapas de interferencias para todas las posibles modificaciones del retardo de un solo transmisor. Esta primera solución óptima puede llevarse a cabo sin que sea necesario calcular nuevamente cifras de la población ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales. Efectivamente, el ajuste de retardos puede repetirse bajo el control de medios de iteración, 10 directamente después de haber calculado la función de convergencia. El número de iteraciones asociado al bucle “ajuste de retardos - cálculo convergencia” puede parametrizarse de este modo y se puede almacenar en memoria una solución casi óptima para la combinación de retardos.

15 Haciendo referencia a la figura 4, el método para planificación automática de retardos de tiempos de transmisión incluye una etapa (500) de procesamiento de datos relativos a la red (N), en la que el módulo de cálculo (11) determina datos relativos a la población ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales y, posteriormente, los retardos de transmisión se utilizan para iniciar la transmisión por radiotransmisores (4) en unos instantes desfasados tras una etapa (54) de ajuste. Esta etapa (54) de ajuste puede estar seguida de una iteración de la etapa (500) de procesamiento para 20 estimar de nuevo la cifra de población ubicada en las zonas (Br) de interferencias perjudiciales. Puede parametrizarse para ello un número de iteraciones con la ayuda de los medios de configuración (13) del sistema (1). La etapa (54) de ajuste utiliza, por ejemplo, unos valores distribuidos a intervalos comprendidos entre $1\mu s$ y $45\mu s$ en una gama de valores cuya amplitud sigue siendo inferior a $500\mu s$. El intervalo puede también ser superior a $5\mu s$ para permitir acelerar los cálculos. Para obtener una optimización más precisa, esta etapa (54) puede incluir modificaciones unitarias de un valor de retardo para un transmisor (4) y permite seleccionar el valor de cambio que aporta la mejora más 25 importante. La etapa (54) de ajuste también prevé un almacenamiento en memoria del retardo utilizado para cada radiotransmisor (4).

En un modo de realización de la invención, la etapa de ajuste incluye una etapa (541) de selección de un ajuste de retardos seguida de una etapa (542) de cálculo de convergencia. La etapa (542) de cálculo de convergencia prevé un 30 cálculo de un criterio representativo de la población total situada en las zonas (Br) de interferencias perjudiciales. La etapa (54) de ajuste de retardos puede incluir, por tanto, una pluralidad de cálculos de dicho criterio y se consigue una vez alcanzado el número de iteraciones. Para limitar el tiempo de cálculo, se entiende que el número de iteraciones para recomenzar la etapa (541) de selección de un ajuste de retardos y la etapa (542) de cálculo de convergencia puede ser más elevado que el número de iteraciones previsto para recomenzar la etapa (500) de procesamiento.

35 La etapa (54) de ajuste finaliza con las iteraciones utilizando la combinación almacenada en memoria de retardos utilizados para cada transmisor del conjunto de transmisores (4) que permite alcanzar un mínimo para dichas cifras de población estimadas en las zonas (Br) de interferencias perjudiciales.

40 En el ejemplo no limitativo de la figura 4, la etapa de procesamiento (500) incluye:

- para cada radiotransmisor (4), una etapa (50) de determinación de una cobertura radioeléctrica de la red (N);
- para cada píxel (301, 302, 303) de la red (N), una etapa (51) de estimación de las diferentes componentes de la 45 señal recibida con sus características respectivas de amplitud y desfase temporal;
- para cada píxel (301, 302, 303) de la red (N), una etapa (52) de cálculo de la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3); y
- 50 - una etapa (53) de determinación de un criterio representativo de la población ubicada en las zonas de interferencias perjudiciales.

La etapa (50) de determinación de la cobertura radioeléctrica incluye un procesamiento por el módulo de cálculo (11) de datos (3) de mapa geográfico que incluyen la posición de los radiotransmisores (4), de datos (31) que espe- 55 cifican un nivel de transmisión de transmisores y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula (1) y de datos (32) representativos de una ley de atenuación de propagación radioeléctrica para generar datos representativos de mapas (CN) de cobertura de la red (N) que especifiquen para cada uno de los transmisores (4) niveles de campo de señales recibidas en cada píxel (301, 302, 303). La etapa (50) de determinación de cobertura radioeléctrica está seguida por la etapa (51) de estimación de un peso útil y de un peso de interferencias 60 para cada una de las señales recibidas.

Haciendo referencia a la figura 4, después viene una etapa (52) de cálculo de la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) que prevé el cálculo de un valor representativo de la relación señal/perturbación por el módulo de cálculo (11) para cada píxel (301, 302, 303) a partir de señales calculadas asociadas a los respectivos píxeles. La probabilidad 65 de interferencias (P1, P2, P3) en el píxel se deduce a partir de cálculos de dicha relación en los píxeles por parte del módulo de cálculo (11). A partir de estas probabilidades de interferencias (P1, P2, P3) en cada píxel, y de datos demográficos correspondientes a la descomposición de la red (N), la etapa siguiente (53) permite obtener el criterio que sirve para evaluar las cifras de población que recibe un mal servicio de la red (N).

ES 2 299 163 T3

En un modo de realización de la invención, es posible descomponer en dos partes el proceso de planificación de retardos: una primera parte que sirve para obtener rápidamente una solución casi óptima y una segunda parte prevista para corregir los defectos residuales inherentes a la primera parte del proceso. Haciendo referencia a la figura 8, el método de acuerdo con la invención puede incluir de este modo una etapa (600) de inicialización de parámetros de la red (N) y, más concretamente, de un instante de referencia inicialmente previsto para la transmisión de las tramas de datos por los transmisores (4). El método incluye, para comenzar, una etapa (50') de cálculo de la cobertura radioeléctrica de cada transmisor (4) que es análoga a la etapa (50) mostrada en la figura (4). De este modo, pueden obtenerse matrices de niveles de recepción en los píxeles (301, 302, 303) y almacenarse mapas digitales (CN) en los medios de memoria (12).

En el modo de realización de la figura 8, se lleva a cabo una etapa (E1) de cálculo de limitaciones de interferencias con la ayuda del módulo de cálculo (11). Este cálculo se inicia en la etapa (51') de estimación de una señal útil y de una señal de interferencias en la que se calculan la potencia útil recibida y la potencia de interferencia en cada punto o píxel (301, 302, 303). La figura 5 permite mostrar la obtención de componentes (C1, C2, ..Ci, ..Cn) de señales. La primera parte del proceso de planificación puede servir ventajosamente para estimar las limitaciones entre cada par de células únicamente en relación a la superficie útil que es la zona en la que una u otra célula, tomadas en el conjunto de la red (N), se recibe con un campo igual o superior a la relación C/N mínima asociada a la tecnología de transmisión y a la modulación y codificación seleccionadas. Estas limitaciones entre cada par de células se calculan para todos los valores de diferencia de retardo de transmisión, formando de este modo un coeficiente único que resume el peso de las interferencias entre dos células para una diferencia del tiempo de transmisión dada.

La relación C/N es, por ejemplo, una relación corregida mediante un margen parametrizable por el usuario para tener en cuenta las especificidades de determinadas zonas de la red (para tener en cuenta una demanda de calidad más exigente). De este modo, en la zona útil, simplemente se lleva a cabo un cálculo en cada píxel (301, 302, 303) de la componente útil y de interferencia de cada una de las dos señales recibidas con la ayuda de una función de ponderación, tomando por ejemplo como origen temporal la señal más fuerte de ambas.

El sistema (1) permite efectivamente la parametrización específica de funciones de peso o la utilización de funciones de peso preprogramadas para las tecnologías de transmisión, por ejemplo T-DAB y DVB-T/H.

Cuando las emisiones se realizan siguiendo la norma T-DAB, el coeficiente de ponderación parametrizable tiene, por ejemplo, la forma:

$$W_i = \begin{cases} 0 & \text{si } t \leq -T_u \\ (T_u + t)^2 / T_u^2 & \text{si } -T_u < t \leq 0 \\ 1 & \text{si } 0 \leq t \leq \Delta \\ (T_u + \Delta - t)^2 / T_u^2 & \text{si } \Delta \leq t \leq T_u + \Delta \\ 0 & \text{si } t > T_u + \Delta \end{cases}$$

donde

Wi representa el coeficiente de ponderación de la i-ésima señal;

Tu representa el período útil del símbolo;

Δ representa el retardo entre símbolos; y

T representa el instante de llegada de la señal con respecto a un instante de referencia.

Cuando las transmisiones se realizan siguiendo la norma T-DVB-H, el coeficiente de ponderación parametrizable adopta, por ejemplo, la forma:

$$W_i = \begin{cases} 0 & \text{si } t \leq \Delta \leq T_p \\ (T_u + t)^2 / T_u^2 & \text{si } \Delta - T_p < t \leq 0 \\ 1 & \text{si } 0 < t \leq \Delta \\ (T_u + \Delta - t)^2 / T_u^2 & \text{si } \Delta \leq t \leq T_p \\ 0 & \text{si } t > T_p \end{cases}$$

ES 2 299 163 T3

donde

W_i representa el coeficiente de ponderación de la i -ésima señal;

5 T_u representa el período útil del símbolo;

Δ representa el retardo entre símbolos;

10 T representa el instante de llegada de la señal con respecto a un instante de referencia; y

T_p representa el intervalo de contribución útil de la señal.

15 La descomposición en una parte útil y una parte con interferencias tiene en cuenta los coeficientes W_i . La potencia total C_t de la señal útil y la potencia total de las interferencias I_t vienen dadas respectivamente por las siguientes fórmulas:

$$C_t = \sum_i W_i C_i$$

$$I_t = \sum (1 - W_i) C_i$$

25 En el caso de la norma T-DAB, la desmodulación es diferencial, mientras que en el caso de DVB-T/H la desmodulación es coherente. Puede hacerse referencia a la obra mencionada anteriormente “Impact on coverage of intersymbol interferencia and FFT window positioning” para encontrar informaciones suplementarias específicas relativas a las tecnologías utilizadas con la finalidad estimar la componente útil y la componente de interferencias de señales recibidas.

30 Debe entenderse que el posicionamiento del tiempo de referencia puede llevarse a cabo siguiendo diversos métodos posibles. A modo de ejemplo no limitativo, los métodos utilizados por los receptores OFDM de los terminales móviles para sincronizar su ventana de desmodulación pueden basarse en:

- 35
- bien un calaje sobre la señal más fuerte;
 - bien un calaje sobre la primera señal situada por encima del umbral;
 - bien un calaje sobre el “centro de gravedad” (retardo ponderado por la potencia de cada una de las señales recibidas como se muestra en la figura 5);
 - bien un calaje sobre la componente de la señal que permite maximizar la relación C/I.
- 40

45 El módulo de cálculo (11) del sistema informático (1) puede permitir seleccionar uno de estos cuatro métodos sabiendo que en la práctica conviene parametrizar el que corresponde al método ejecutado mayoritariamente en los terminales móviles.

50 Las probabilidades de interferencias (P_1, P_2, P_3) se determinan para cada píxel (301, 302, 303) en la etapa (52') de cálculo análoga a la etapa (52) ya descrita anteriormente. La etapa (53') proporciona posteriormente el criterio representativo de la población total situada en las zonas de interferencias perjudiciales. En el modo de realización de la figura 8, la selección de retardos parametrizada en la etapa (61) de selección se lleva a cabo haciendo variar el retardo de transmisión entre los límites mínimo y máximo configurados por el usuario. La etapa siguiente (62) ejecuta por ejemplo el algoritmo de optimización de tipo “recocido” simulado del tipo mencionado anteriormente para establecer una convergencia hacia una combinación de retardos $[t]$ casi óptima. En esta etapa, hasta que no se alcance al número de iteraciones X_i se propondrán modificaciones de retardos con la ayuda de medios de ajuste de retardos, tras una iteración de la etapa (61) de selección. El ajuste tiene en cuenta los casos mostrados en las figuras 6 y 7, conservando, por ejemplo, una serie de retardos que permiten reducir/eliminar las zonas (Br) de interferencias perjudiciales y suprimir ciertos retardos que no permiten dicha disminución.

55

60

65 La segunda parte del proceso para planificación de retardos permite efectuar ajustes, directamente a partir de la combinación de retardos casi óptima obtenida gracias a la primera parte descrita anteriormente. Haciendo referencia a la figura 8, se efectúa una etapa (E2) de cálculo de mapas de interferencias con la ayuda del módulo de cálculo (11) teniendo en cuenta todos los retardos posibles. Este cálculo incluye una etapa (63) de extracción de datos que permite suministrar por una parte datos representativos de interferencias resultantes de retardos programados para cada uno de los transmisores (4) teniendo en cuenta mapas digitales (CN) y por otra parte, datos de población. A partir de la cobertura unitaria de células (matrices de niveles de recepción) y en función de retardos, el módulo de cálculo (11)

ES 2 299 163 T3

genera datos representativos de un mapa de probabilidad de interferencias. Esta probabilidad de interferencia es la probabilidad de que la relación C/(I+N) en un píxel (301, 302, 303) sea inferior al nivel mínimo de funcionamiento de la red (N) teniendo en cuenta la dispersión del campo en el píxel (301, 302, 303).

5 En un modo de realización de la invención, se asocia una cartografía de población a las probabilidades de interferencia en cada píxel (301, 302, 303) para definir con precisión el porcentaje de población víctima de las interferencias. Este porcentaje puede calcularse de la forma siguiente:

$$10 \quad \text{Porcentaje_poblac_interf} = \frac{\iint_{x,y} \text{poblac_interf}(x,y) \times \text{poblacion}(x,y)}{\iint_{x,y} \text{poblacion}(x,y)}$$

15 donde x e y representan coordenadas de píxeles.

20 Esta función de evaluación del porcentaje de población, víctima de las interferencias puede utilizarse para calificar las posibles soluciones estableciendo una relación entre ellas. La etapa (E2) de cálculo de mapas de interferencias sirve de este modo para proporcionar informaciones de referencia para encontrar una solución que minimice lo más posible la función *Porcentaje_poblac_interf*. Haciendo referencia a la figura 8, el procedimiento puede proseguir con una etapa (641) de ajuste de retardos que tenga en cuenta las informaciones de referencia proporcionadas en forma de mapas de interferencias. La etapa (641) permite efectuar cambios unitarios de un valor de retardo para un transmisor (4) y seleccionar el cambio que suministra las mayores ventajas. La siguiente etapa (642) ejecuta, por ejemplo, el algoritmo de optimización de tipo "recocido" simulado del tipo mencionado anteriormente para establecer una convergencia hacia una combinación [t] de retardos totalmente óptima. La etapa (642) está seguida por una iteración de la etapa de cálculo de mapas de interferencias para actualizar las informaciones de referencia que deben ser utilizadas en la etapa siguiente (641) de ajuste de retardos, hasta alcanzar un número de iteraciones parametrizado. Cada iteración precisa cálculos complejos en cada píxel de la red (N) a causa del gran número de emplazamientos de transmisión y de los valores de retardos, por lo que se puede seleccionar un número de iteraciones poco elevado (inferior a 100, por ejemplo).

35 En un modo de realización de la invención, el método mostrado en la figura 8 puede utilizar unos reducidos valores de retardos posibles, seleccionando por ejemplo unos valores múltiples de diez o veinte microsegundos y no los propios microsegundos. De este modo, la calidad del resultado puede seguir siendo buena cuando se reduce el tiempo de cálculo. El ritmo de incremento de los valores de retardo posible deberá en todo caso seguir siendo reducido en relación con el intervalo de protección, por ejemplo, al menos 5 veces menor que dicho intervalo de protección (GI).

40 Naturalmente, cuando los valores se reducen al utilizar un incremento del orden de diez microsegundos, puede preverse la finalización del proceso mostrado en la figura 8 al menos mediante un ciclo complementario de iteraciones en la segunda parte, a fin de explotar todos los valores posibles.

45 A modo de ejemplo, en la tecnología DVB-T o DVB-H, en modo OFDM de 8K (que corresponde a 6817 subportadoras) con una codificación con desplazamiento de fase en cuadratura de QPSK $\frac{1}{4}$ (desplazamiento de fase en cuadratura de Keving de un cuarto), el intervalo de protección (GI) puede tomarse con un valor de 224 μ s. El ámbito de variación del retardo puede oscilar entre 0 y 2 veces la duración de dicho intervalo (GI), mediante la parametrización del usuario con ayuda de los medios de configuración (13). La arquitectura de la red (N) se tiene en cuenta, naturalmente, para parametrizar la amplitud máxima entre los desfases o retardos de transmisión. Esto puede representar cerca de 450 valores cuando el incremento entre los valores es de 1 μ s. Una opción prevista en el método de la invención consiste en realizar algunos cálculos utilizando unos valores de veintenas de microsegundos para acelerar la convergencia. Una vez alcanzada la convergencia, es posible pasar a incrementos de 5 μ s, y después, de 1 μ s, para una optimización fina.

55 De forma alternativa o complementaria, el método de acuerdo con la invención puede llevar a cabo una distribución en mallas de red (N) de mayores dimensiones que los píxeles (dimensiones superiores a 1 Km * 1 Km, por ejemplo). Concretamente, la distribución es estas mallas puede utilizarse para calcular la función *Porcentaje_poblac_interf*. De este modo, mientras que los cálculos de cobertura se efectúan normalmente con unas resoluciones de algunas decenas de metros, y teniendo en cuenta que los emplazamientos causantes de interferencias están situados a algunas decenas de Km entre sí (pudiendo efectivamente el intervalo de protección ser suficientemente elevado para rechazar las interferencias hasta bastante más allá de 10 km), los cálculos de interferencias pueden realizarse partiendo de una base de algunos Km².

65 Para ello basta con submuestrear los mapas de cobertura (CN) de cada emplazamiento de transmisión con la resolución deseada, conservando el valor mínimo y el valor máximo de las potencias de las señales recibidas. Efectivamente, el valor mínimo servirá para evaluar el campo útil C, mientras que el valor máximo servirá para evaluar el campo de interferencias. A modo de ejemplo, al pasar de una resolución de 50 metros (dimensión de un píxel) a un cálculo efectuado en 2 km se puede acelerar el cálculo de una iteración en la segunda parte del proceso con un factor de 1600.

ES 2 299 163 T3

5 Debe entenderse que la selección de esta resolución de cálculo también está limitada por la duración del intervalo de protección (GI) que debe seguir siendo grande a causa de las dimensiones de la malla de superficie, es decir como mínimo una relación de 10. Incluso es posible completar una optimización efectuada a baja resolución mediante algunas iteraciones en alta resolución, con un cálculo de la función de evaluación *Porcentaje_poblac_interf* elaborado teniendo en cuenta los píxeles (301, 302, 303) elementales.

10 Una de las ventajas de la invención consiste en permitir un aumento de la calidad de la cobertura, además de aportar ventajas relativas al tiempo de ingeniería de una red (N) de radio utilizando solamente una frecuencia para ofrecer un servicio de teledifusión digital destinado a terminales móviles celulares.

15 Resulta evidente para las personas versadas en la materia que la presente invención permite unas modalidades de realización basadas en otras muchas formas específicas sin apartarse del ámbito de aplicación de la invención de acuerdo con lo reivindicado. Por consiguiente, los presentes modos de realización deben considerarse a título de ejemplo, pero pueden modificarse dentro del ámbito definido por el alcance de las reivindicaciones adjuntas, sin que la invención deba limitarse a los detalles proporcionados más arriba.

Referencias citadas en la descripción

20 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citado en la descripción

25 • DIGITAL SINGLE FREQUENCY NETWORKS IMPROVING OPTIMIZATION STRATEGIESOPTIMIZATION STRATEGIES BY PARALLEL COMPUTING. **BEUTLER R.** FREQUENZ, SCHIELE UND SCHON. Mayo 1998, vol. 52, 90-95 [0008]

30 • **ROLAND BRUGGER; DAVID HEMINGWAY.** Impact on coverage of intersymbol interference and FFT window positionning. *EBU technical review*, Julio 2003 [0054]

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Método para planificación automática de retardos en tiempos de transmisión de diversos radiotransmisores (4) que generan con la misma frecuencia células radioeléctricas para formar una red (N) de radio de teledifusión digital sincrónica en tiempo y frecuencia, llevada a cabo a través de un sistema informático (1) que comprende medios de memoria (12) para almacenar datos relativos a la red (N) incluyendo datos (3) representativos de áreas geográficas segmentadas en una pluralidad de puntos o píxeles (301, 302, 303) según la segmentación de dicha red (N) y que comprenden la posición de los radiotransmisores (4), datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red, datos (31) que especifican un nivel de transmisión de transmisores y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula (1), datos (32) representativos de una ley de atenuación de propagación radioeléctrica y datos representativos de una duración de intervalos de protección (GI) previstos entre tramas de datos, comprendiendo adicionalmente el sistema (1), un módulo de cálculo (11) y unos medios de parametrización de una pluralidad de radiotransmisores (4), incluyendo dicho método para cada radiotransmisor (4) una etapa de inicio de una transmisión en un instante determinado, **caracterizado** porque incluye una etapa (500) de procesamiento de los datos relativos a la red (N) utilizando el módulo de cálculo (11) para calcular los datos representativos de las cifras de población ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales y una etapa (54) de ajuste de dicha etapa de inicio efectuada para cada radiotransmisor (4) utilizando un retardo de transmisión que varía entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms, almacenando para cada radiotransmisor (4) el retardo utilizado, estando seguida la etapa (54) de ajuste por una iteración de la etapa de procesamiento (500) para calcular de nuevo las cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales, repitiéndose la etapa de procesamiento (500) durante un número de iteraciones parametrizado a través de unos medios (13) de configuración del sistema (1), finalizando la etapa de ajuste al término de las iteraciones utilizando una combinación de retardos utilizados almacenada para cada transmisor del conjunto de transmisores (4), lo que permite alcanzar un mínimo para dicho cálculo de cifras de población en las zonas (Br) con interferencias perjudiciales.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la etapa (500) de procesamiento de los datos relativos a la red (N) incluye:

- una etapa (50) de determinación de una cobertura radioeléctrica de la red (N), incluyendo el procesamiento mediante el módulo de cálculo (11) de los datos (3) del mapa geográfico que incluye la posición de los radiotransmisores (4), datos (31) que especifican un nivel de transmisión de transmisores y un umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula (1) y datos (32) representativos de una ley de atenuación de la propagación radioeléctrica para generar datos representativos de mapas (CN) de cobertura de la red (N) que especifiquen, para cada uno de los transmisores (4) niveles de campo de señales recibidas en cada píxel (301, 302, 303);

- para cada radiotransmisor (4) una etapa (51) de estimación de una señal útil y de una señal de interferencias en píxeles de la red (N), con la ayuda de la segmentación efectuada por el módulo de cálculo (11) de niveles de campo de señales recibidas a través de la red (N) en una componente útil y una componente de interferencia, utilizando el módulo de cálculo (11) una función de ponderación parametrizables para llevar a cabo dicha segmentación.

3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la etapa (500) de procesamiento de datos relativos a la red (N) incluye para cada radiotransmisor (4):

- una etapa (52) de cálculo de una probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) para cada píxel (301, 302, 303), en la cual un valor representativo de la relación señal/perturbación es calculado en primer lugar por el módulo de cálculo (11) para cada píxel (301, 302, 303) a partir de señales calculadas asociadas a los respectivos píxeles, estando formada dicha perturbación por interferencias intercelulares y por el ruido relativo a la anchura de canal utilizada por los transmisores (4) de la célula, siendo deducida seguidamente la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) en el píxel a partir de cálculos de dicha relación en los píxeles efectuados por el módulo de cálculo (11); y

- una etapa (53) de determinación de un criterio representativo de la población total ubicada en zonas de interferencias perjudiciales, estado dicho criterio determinado por el módulo de cálculo (11) en función de las probabilidades de interferencias (P1, P2, P3) en cada píxel y de datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red.

4. Método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la etapa (54) de ajuste de dicha etapa de inicio se lleva a cabo en una forma determinada por el módulo de cálculo (11) para alcanzar un mínimo para la suma de dichos criterios calculada por integración sobre el conjunto de transmisores (4), obteniéndose dicho mínimo, especialmente a partir de, al menos, una comparación efectuada por medios de comparación del módulo de cálculo (11) entre diversas soluciones distintas de ajuste de retardos de transmisión en la red (N).

5. Método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) en cada píxel (301, 302, 303) se deduce mediante cálculos de dicha relación en los píxeles de la célula realizados por medios de comparación del módulo de cálculo (11), almacenándose en los medios de memoria (12) un valor mínimo de relación que es utilizado por los medios de comparación para determinar para cada píxel si no se ha alcanzado la relación mínima, permitiendo de este modo obtener la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) para el píxel (301, 302, 303).

ES 2 299 163 T3

6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 5, en el que las transmisiones se efectúan de acuerdo con la norma T-DAB, teniendo el coeficiente de ponderación parametrizable la siguiente forma:

$$\begin{array}{rcl}
 5 & & r & 0 & & \text{si } t \leq -T_u \\
 & & | & (T_u+t)^2/T_u^2 & & \text{si } -T_u < t \leq 0 \\
 & W_i & | & 1 & & \text{si } 0 \leq t \leq \Delta \\
 10 & & | & (T_u+\Delta - t)^2/T_u^2 & & \text{si } \Delta \leq t \leq T_u+\Delta \\
 & & L & 0 & & \text{si } t > T_u+\Delta
 \end{array}$$

15 donde

W_i representa el coeficiente de ponderación de la i -ésima señal;

20 T_u representa el período útil del símbolo;

Δ representa el retardo entre símbolos; y

t representa el instante de llegada de la señal respecto de un instante de referencia.

25

7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 5, en el que las transmisiones se efectúan de acuerdo con la norma DVB, teniendo el coeficiente de ponderación parametrizable la siguiente forma:

$$\begin{array}{rcl}
 30 & & r & 0 & & \text{si } t \leq \Delta \leq T_p \\
 & & | & (T_u+t)^2/T_u^2 & & \text{si } \Delta - T_p < t \leq 0 \\
 & W_i & | & 1 & & \text{si } 0 < t \leq \Delta \\
 35 & & | & (T_u+\Delta - t)^2/T_u^2 & & \text{si } \Delta \leq t \leq T_p \\
 & & L & 0 & & \text{si } t > T_p
 \end{array}$$

40

donde

W_i representa el coeficiente de ponderación de la i -ésima señal;

45 T_u representa el período útil del símbolo;

Δ representa el retardo entre símbolos;

t representa el instante de llegada de la señal respecto de un instante de referencia; y

50

T_p representa el intervalo de contribución útil de la señal.

8. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa de ajuste (54) utiliza unos valores distribuidos a intervalos comprendidos entre $1 \mu s$ y $45 \mu s$ dentro de una gama de valores cuya amplitud es inferior a $500 \mu s$.

9. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la etapa de ajuste (54) utiliza unos valores distribuidos a intervalos comprendidos entre $5 \mu s$ y $45 \mu s$ dentro de una gama de valores cuya amplitud es inferior a $500 \mu s$.

60

10. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la etapa de inicio de una transmisión en un instante determinado incluye la división de una señal recibida por el transmisor (4) en una pluralidad de señales de transmisión a través de una pluralidad de subportadoras que utilizan una modulación digital de frecuencia de tipo OFDM, insertándose intervalos de protección (GI) con la misma duración de transmisión entre las tramas de datos que constituyen símbolos (S) modulados en OFDM, siendo la duración de transmisión de los intervalos de protección (GI) una constante que está en función de la duración de transmisión de un símbolo (S).

65

ES 2 299 163 T3

11. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** porque incluye una etapa de almacenamiento de datos de densidad de tráfico de usuarios de una red de radiotelefonía para su utilización en sustitución de los datos demográficos.

5 12. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 11, en el que la etapa (50) de determinación de una cobertura radioeléctrica incluye una etapa en la que el módulo de cálculo (11) determina para cada píxel (301, 302, 303) una distancia respectiva entre cada transmisor (4) y el píxel en cuestión, seguida de una etapa en la que el módulo de cálculo (11) corrige esta distancia teniendo en cuenta el retardo parametrizado para los respectivos transmisores (4) con la ayuda de medios de ajuste de retardos.

10 13. Sistema (1) para planificación automática de retardos de tiempo de transmisión de diversos radiotransmisores (4) que generan con la misma frecuencia células radioeléctricas para formar una red (N) de radio de teledifusión digital síncrona en tiempo y frecuencia, que incluye medios de memoria (12) para almacenar datos relativos a la red (N) incluyendo datos (3) representativos de áreas geográficas segmentadas en una pluralidad de puntos o píxeles (301, 15 302, 303) en función de la segmentación de dicha red (N) y que comprenden la posición de radiotransmisores (4), datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red, datos (31) que especifican un nivel de transmisión de transmisores y un nivel de umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula (1), datos (32) representativos de una ley de atenuación de la propagación radioeléctrica y datos representativos de la duración de los intervalos de protección (GI) previstos entre tramas de datos, comprendiendo adicionalmente el sistema (1) un 20 módulo de cálculo (11) y unos medios de parametrización de una pluralidad de radiotransmisores (4), **caracterizado** porque comprende medios de inicio de una transmisión en un instante determinado para cada radiotransmisor (4), estando dispuesto el módulo de cálculo (11) para calcular, mediante procesamiento de datos relativos a la red (N), datos representativos de las cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales, estando adaptados dichos medios de parametrización para utilizar retardos almacenados en los medios de memoria (12), estando previstos 25 medios de control de los medios de inicio a fin de retardar la transmisión desde cada radiotransmisor (4), con un retardo variable entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms, almacenándose dicho retardo para cada a radiotransmisor (4), estando conectados medios de ajuste de retardos a los medios de control para proporcionar diferentes combinaciones de retardos para el conjunto de radiotransmisores (4), estando equipado el módulo de cálculo (11) con medios de iteración que permiten calcular nuevamente las cifras de población ubicada en zonas de interferencias perjudiciales 30 para distintas combinaciones de retardos, medios (13) de configuración del sistema (1) conectados al módulo de cálculo (11) para proporcionar un número de iteraciones que haga posible desactivar los medios de iteración, estando adaptados dichos medios de control para utilizar, entre las combinaciones proporcionadas por los medios de ajuste de retardos, una combinación de retardos para el conjunto de transmisores (4) correspondiente a la obtención por el módulo de cálculo (11) de un mínimo para dichas cifras de población estimadas.

35 14. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el módulo de cálculo (11) tiene a su disposición para calcular los datos representativos de las cifras de población ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales:

40 - medios para determinar la cobertura radioeléctrica de la red (N), capaces de procesar los datos (3) del mapa geográfico incluyendo la posición de los radiotransmisores (4), los datos (31) que especifican un nivel de transmisión de los transmisores y un umbral de sensibilidad de recepción radioeléctrica de terminales de la célula (1) y los datos (32) representativos de una ley de atenuación de la propagación radioeléctrica a fin de generar datos representativos de mapas (CN) de cobertura de la red (N) que especifican, para cada uno de los transmisores (4) niveles de campo de 45 señales recibidas en cada píxel (301, 302, 303);

45 - medios de estimación para cada radiotransmisor (4), de una señal útil y de una señal de interferencias en píxeles de la red (N), siendo estos medios de estimación capaces de segmentar niveles de campo de señales recibidas a través de la red (N) en una componente útil y una componente de interferencia, y de utilizar una función de ponderación parametrizable con la ayuda de medios de configuración (13) para llevar a cabo dicha segmentación;

50 - medios de determinación, para cada radiotransmisor (4), una probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) para cada píxel (301, 302, 303), configurados para calcular un valor representativo de la relación señal/perturbación para cada píxel (301, 302, 303) a partir de señales calculadas asociadas a los respectivos píxeles proporcionadas por los 55 medios de cálculo, estando formada dicha perturbación por la interferencia intercelular y el ruido relativo al anchura de canal utilizado por los transmisores (4) de la célula, calculando dichos medios de determinación la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) del píxel a partir de los cálculos de dicha relación en los píxeles;

60 - medios de asociación que permiten para cada transmisor (4) determinar un criterio representativo de la población total ubicada en zonas (Br) de interferencias perjudiciales, determinándose dicho criterio mediante la asociación de la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) en cada píxel (301, 302, 303) y los datos demográficos correspondientes a la segmentación de la red (N).

65 15. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el módulo de cálculo (11) determina la combinación de retardos a utilizar por los medios de control, utilizando medios de comparación del módulo de cálculo (11) previstos para determinar, de entre una pluralidad de sumas de criterios que correspondan respectivamente a las distintas combinaciones de retardos, un mínimo de la suma de dichos criterios calculada mediante integración sobre el conjunto de transmisores (4).

ES 2 299 163 T3

16. Sistema (1) de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, en el que la probabilidad de interferencias (P1, P2, P3) en cada píxel (301, 302, 303) se deduce a partir de los cálculos de dicha relación en los píxeles de la célula por medios de comparación del módulo de cálculo (11), almacenándose en los medios de memoria (12) un valor mínimo de la relación que será utilizado por los medios de comparación a fin de determinar para cada píxel si la relación mínima no se ha alcanzado y permitiendo de este modo obtener la probabilidad de interferencias para el píxel (301, 302, 303).

17. Red para difusión de comunicaciones radioeléctricas que contiene al menos un programa de TV o radio, **caracterizada** porque consiste en una red de radiotelefonía que incluye una pluralidad de emplazamientos de transmisión que forman las respectivas células radioeléctricas (20) que definen conjuntamente una cobertura radioeléctrica, y porque todos estos emplazamientos están equipados con transmisores (4) para la difusión de TV o de radio y porque todos ellos están parametrizados con la misma frecuencia UHF para generar una célula radioeléctrica, estando previstos los transmisores (4) para enviar tramas que constituyen un símbolo (S) modulado en OFDM con un intervalo de protección (GI) correspondiente a una fracción comprendida entre un cuarto y un dieciseisavo de la duración de transmisión de una trama, estando previstos los transmisores (4) para iniciar sus respectivas transmisiones con un retardo o desfase determinado que varía entre 0 y un valor distinto de cero inferior a 1 ms y que no supere el doble de la duración del intervalo de protección (GI), utilizando dicha red una combinación de retardos adaptada para reducir al mínimo el número de zonas (Br) de interferencias perjudiciales que coinciden con zonas pobladas.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

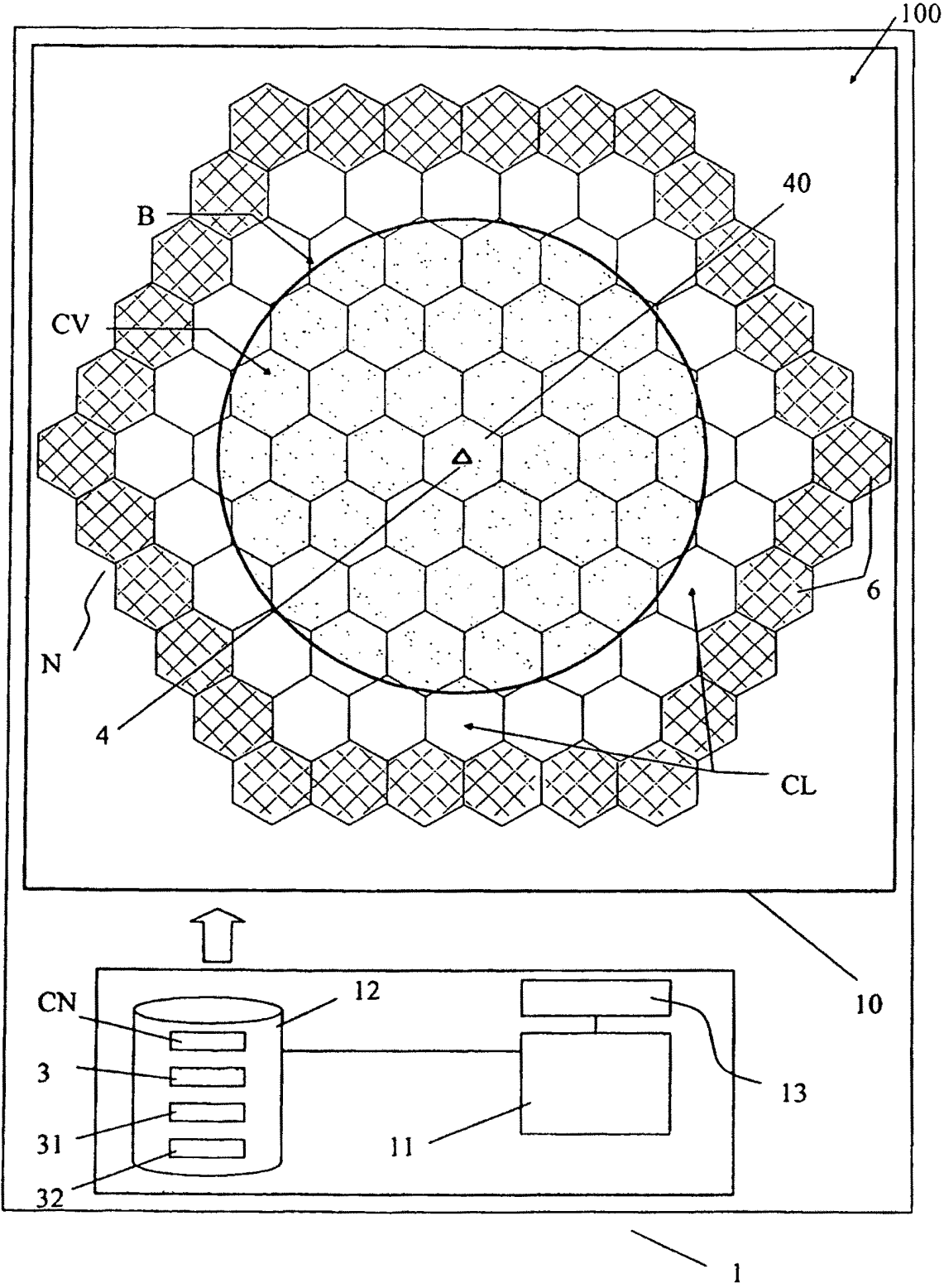


Fig. 1

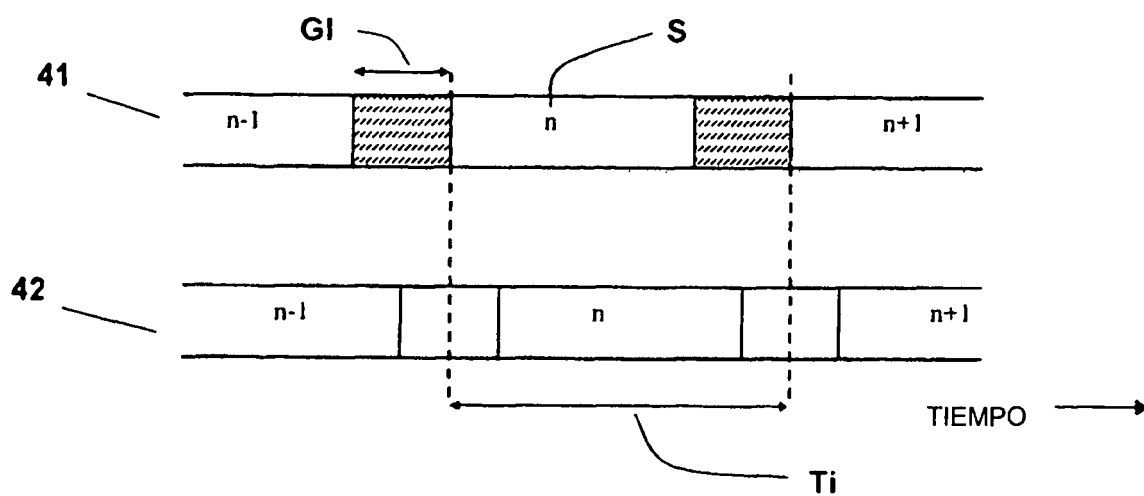


Fig. 2

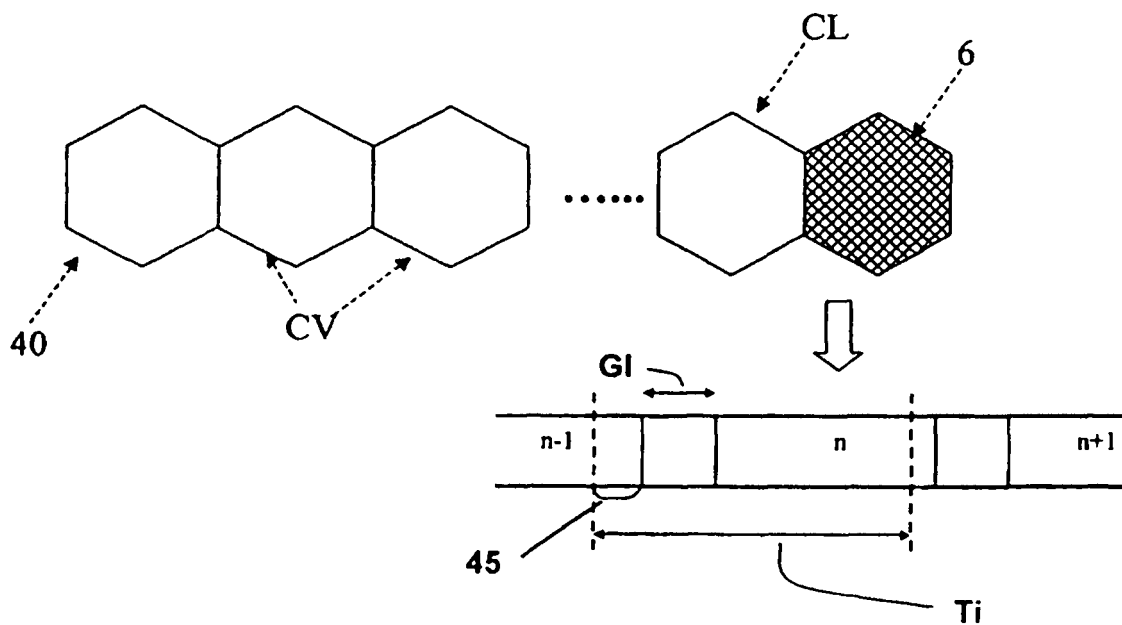


Fig. 3

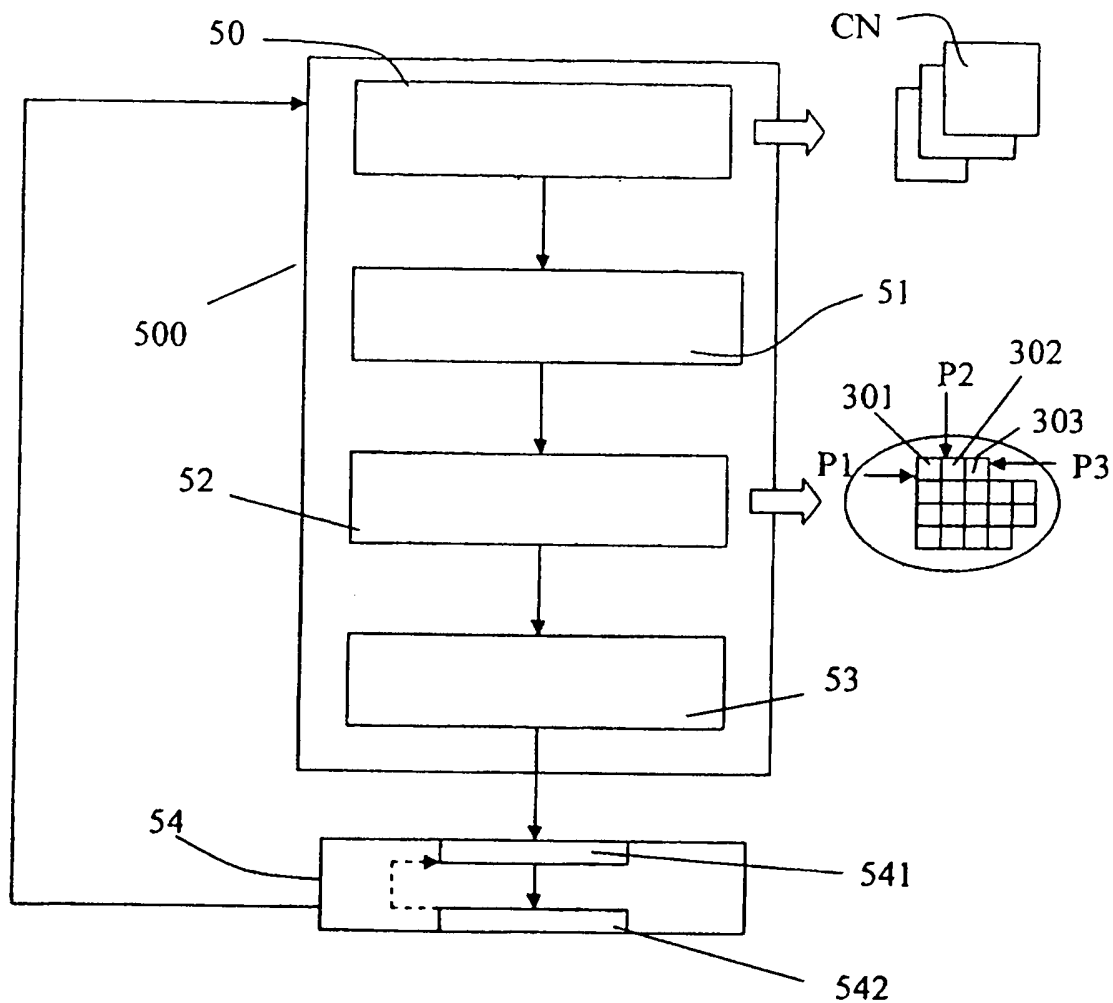


Fig. 4

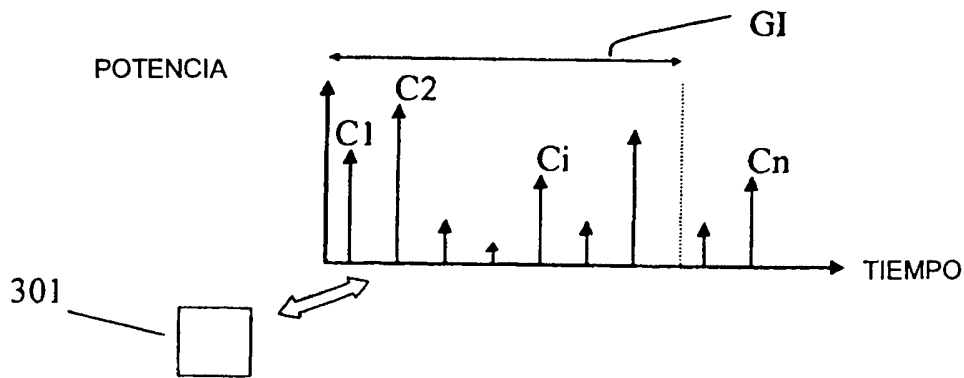


Fig. 5

