

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 975**

51 Int. Cl.:

**H04B 3/54**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2010 PCT/FR2010/052727**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2011 WO11083238**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2010 E 10809016 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2517365**

54 Título: **Procedimiento de selección de un modo de transmisión**

30 Prioridad:

**22.12.2009 FR 0959407**

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

**12.03.2020**

73 Titular/es:

**ORANGE (100.0%)  
78, rue Olivier de Serres  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ULMER-MOLL, ANNE-MARIE y  
SIAUD, ISABELLE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 747 975 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

Procedimiento de selección de un modo de transmisión

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo de las telecomunicaciones. En este campo, la invención se refiere, más particularmente, a las denominadas comunicaciones digitales. Las comunicaciones digitales comprenden, en particular, las comunicaciones inalámbricas; también comprenden por ejemplo las comunicaciones por cable. El soporte de transmisión de las comunicaciones se conoce comúnmente como canal de transmisión o de propagación, originalmente con referencia a un canal aéreo y, por extensión, con referencia a cualquier canal. A modo de ejemplo, los sistemas por cable pueden tener una interfaz de transmisión del tipo CPL (Corriente Portadora en Línea o PLT (Power Line Transmission)) con un canal de transmisión por cable que emplea la red eléctrica o una interfaz de transmisión óptica con un canal de transmisión que puede ser tanto alámbrico (fibra óptica) como aéreo a la salida de un diodo, por ejemplo. Los sistemas inalámbricos tienen una interfaz conocida como interfaz de transmisión RF cuando se trata de un sistema de telecomunicaciones con transmisión aérea de una señal perteneciente a una banda de radio (por ejemplo, de tipo GSM, UMTS, 802.11x, 802.16e).

20 **Técnica anterior**

Los sistemas de telecomunicaciones se estructuran generalmente según una arquitectura que responde a una organización por niveles según el modelo de comunicación OSI, normalizado por ISO (International Organization for Standardization según la terminología anglosajona, Organización Internacional para la Normalización en español).

25 El modelo de comunicación OSI define la gestión del servicio de transmisión de datos utilizando siete capas protocolarias superpuestas: la capa física (capa 1), la capa de enlace de datos (capa 2), la capa de red (capa 3), la capa de transporte (capa 4), la capa de sesión (capa 5), la capa de presentación (capa 6) y la capa de aplicación (capa 7).

30 Las tres primeras capas 1, 2 y 3, conocidas como capas inferiores, están relacionadas con la implementación de la conexión y el transporte de datos. Las siguientes cuatro capas, llamadas capas superiores, son responsables del procesamiento de datos. Esta organización permite, por lo tanto, que el sistema de telecomunicaciones implemente el servicio asociado a los datos procesados.

35 Los protocolos de enlace de datos responden a las peticiones de servicios que proceden de la capa de red y realizan su función enviando peticiones de servicios a la capa física.

Los intercambios de señalización entre dos entidades de comunicación separadas por un canal de transmisión se controlan en la capa de enlace de datos mediante una estructura de tramas, conocidas como tramas MAC ("Medium Access Control" en inglés; Control de Acceso al Medio en español). Con referencia a la figura 1, las tramas MAC están encapsuladas en una estructura de tramas, llamadas tramas físicas por la capa física PHY antes de ser transmitidas por el canal de transmisión.

45 La figura 2 es un ejemplo de la composición de una trama física (estructura de PPDU) en el caso del modo MAC de trama única de la norma ECMA-368 definida en el documento "High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard", 3rd Edition - December 2008". La capa 1, conocida como la capa PHY, está compuesta por dos subcapas de protocolo: una capa llamada PLCP (Physical Layer Convergence Protocol en inglés; Protocolo de Convergencia de Capa Física en español) y una capa llamada PMD (Physical Medium Dependant en inglés; Dependiente del Medio Físico en español). La capa PLCP asegura la sincronización de la trama y asigna uno o más canales lógicos (MSDU: MAC Service Data Unit en inglés; Unidad de Datos de Servicio MAC), resultantes de la capa MAC, a nivel de la trama PHY. La capa PMD (Physical Medium Dependant) asegura la generación del campo de datos (frame payload; carga útil de trama). Estas dos capas dan lugar a una unidad de transmisión transmitida a nivel de capa de PHY llamada PPDU. La unidad PPDU comprende un preámbulo (PLCP preamble; preámbulo PLCP), una cabecera (PLCP Header; Cabecera PLCP) y una unidad PSDU.

55 Los sistemas de telecomunicaciones actuales están evolucionando hacia una flexibilidad del mecanismo de transmisión PHY/MAC con el fin de ofrecer una tasa de transferencia dada  $D$  a una distancia emisor-receptor  $d$  con la garantía de una calidad de servicio QoS (según la terminología anglosajona Quality of Service; Calidad de Servicio en español) descrita en la capa PHY por una TEB (Tasa de Errores de Bit) objetivo (TEBo) óptima. Estos sistemas flexibles comprenden una o más interfaces de transmisión.

Una interfaz de transmisión comprende la capa física PHY que abarca uno o más modos de transmisión y los protocolos de transmisión propios (MAC) para implementar estos modos de transmisión.

65 Se designa por modo de transmisión en lo sucesivo en este documento a una técnica de transmisión (OFDM, técnica MIMO (mapeo espacial, Multiplexación por división espacial, etc.), ensanchamiento, etc.) asociada a un esquema de

codificación de corrección de errores (codificación binaria con señal CBS) y a un esquema de modulación digital, esquema designado por MCS (Modulation and Coding Scheme; Esquema de Modulación y Codificación, normalmente 16-QAM 1/3, 64-QAM 3/4, etc.), así como a un tamaño de banda de transmisión  $B_w$  y a una frecuencia portadora de transmisión (óptica, RF, etc., posiblemente de valor nulo) que permite generar la señal en una banda de espectro dedicada a su transmisión (banda de base, banda de radio, banda de infrarrojos, banda óptica), con una tasa de transferencia  $D$ .

La tasa de transferencia  $D$  se calcula en el campo de datos, por lo general designada en la terminología anglosajona como data payload o frame payload; en español carga útil de datos o carga útil de trama, integrada en una unidad PSDU (Physical Service Data Unit) y no tiene en cuenta el formato de trama en la capa MAC.

Así, para ofrecer una determinada tasa de transferencia  $D$  con una QoS y una distancia  $d$ , es posible seleccionar un modo de transmisión entre varios para una misma entidad de comunicación de un sistema de telecomunicaciones denominado "flexible".

Una entidad de comunicación puede ser un terminal móvil o fijo o un punto de acceso (de cualquier tipo) de una red de acceso.

Por lo tanto, la selección versa sobre el modo de transmisión más adecuado para garantizar una tasa de transferencia  $D$  y una QoS a una distancia  $d$ .

El preámbulo de la unidad PPDU está dedicado a la sincronización de tramas y a otras funciones. Está formado por una secuencia para la sincronización entre las dos entidades de comunicación que desean comunicarse y es específica para el protocolo de capa MAC. En el caso de un sistema del tipo ECMA-368 conocido como Wi-Media/ECMA-368, el preámbulo comprende además símbolos OFDM dedicados a la estimación del canal de propagación.

La cabecera PHY Header o PLCP Header de la unidad PPDU proporciona las características del modo de transmisión asociado con la interfaz de transmisión  $j$  considerada, información sobre el tamaño del campo de datos de la carga útil de trama en la PSDU, el modo de transmisión MAC (fragmentación del campo de datos en subtramas (modo ráfaga) o no), la programación de estas subtramas, la información asociada con el enlace (distancia emisor-receptor, potencia radiada, etc.) y otras características. Estos datos transmitidos están protegidos por códigos (Reed Solomon en el caso de un sistema ECMA-368). Los bits de cola y los bits de pad se utilizan para restablecer el codificador especificado en la cabecera PLCP.

La unidad PSDU (Physical Service Data Unit) contiene, en particular, la información que debe transmitirse (carga útil de trama) que se asocia a uno o más modos de transmisión de la interfaz de transmisión  $j$ . La unidad PSDU corresponde al campo de datos, puede estar formada por una o más MSDU o bien por una fragmentación de las mismas.

En el caso de una unidad PSDU formada por una MSDU, la unidad PSDU contiene en particular la información que debe transmitirse a la tasa de transferencia  $D$  para un modo de transmisión determinado y el protocolo MPDU (MAC Protocol Data Unit) a nivel de capa MAC controla la sincronización de la transmisión de la trama PHY formada por una MSDU.

En el caso de una unidad PSDU formada por varias MSDU, se fragmentan en subtramas. En este caso, el modo de transmisión MAC se llama ráfaga. La capa MAC sólo controla la primera trama (denominada de sincronización), las otras tramas se controlan a nivel de la capa PHY. Se añaden campos adicionales tanto en la cabecera PLCP como en la PSDU para proceder a la gestión de esta fragmentación de las MSDU y de su distribución en varias subtramas. Estas diferentes MSDU pueden comprender varios modos de transmisión de la interfaz de transmisión  $j$ . La trama construida se llama supertrama.

La unidad PSDU puede completarse con una secuencia denominada Frame Check Sequence (FCS) (Secuencia de Verificación de Trama) y por bits (bits de cola) para asegurar un restablecimiento del codificador de canal (asociado con el modo de transmisión). Los bits de pad garantizan un tamaño de trama compatible con el formato de trama MAC.

Los siguientes ejemplos de entidades de comunicación pueden calificarse como flexibles; comprenden una o más interfaces de transmisión asociadas respectivamente a uno o más modos de transmisión.

El primer ejemplo se refiere a una entidad de comunicación que comprende interfaces de transmisión compatibles respectivamente de un sistema IEEE802.11n MIMO, un sistema UWB-OFDM SISO (Wi-Media/ECMA-368) y un sistema UWB-OFDM a 60 GHz con modos de transmisión que permiten obtener una misma tasa de transferencia objetivo dada aquí dentro de un intervalo de aproximadamente 3 %, con un límite superior de aproximadamente 8 % en valor máximo que permite seleccionar diferentes modos de transmisión.

Un sistema IEEE802.11n MIMO se define en el documento "IEEE P802.11n™/D4.01Draft STANDARD for Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications:Amendment 5(# 933,6171): Enhancements for Higher Throughput, May 2008", con una configuración MIMO con cuatro flujos espaciales permite alcanzar una tasa de transferencia de 540 Mbit/s (anexo 1, párrafo 4.1 del documento IEEE) en el campo de datos (PSDU).

Un sistema UWB-OFDM del tipo SISO definido en la norma Wi-Media/ECMA-368 permite alcanzar una tasa de transferencia comprendida entre 53 Mbit/s y 480 Mbit/s.

Un sistema UWB-OFDM a 60 GHz (por ejemplo, un sistema derivado de la norma ECMA-368 transpuesto a 60 GHz con modulaciones digitales con más estados y una ampliación de banda de transmisión, tal como se describe en el documento "Deliverable D2.5, October 2009", disponible en <http://www.ict-omega.eu/publications/deliverables.html> del proyecto europeo ICT OMEGA) o por ejemplo, el sistema UWB-OFDM descrito por los autores I. Siaud y A.M. Ulmer-Moll en el artículo "Harmonized Multi-RF band UWB-OFDM air interfaces for WPAN applications", MGWS'09 workshop, Tokyo, September 2009, o incluso un sistema de la norma IEEE802.15.3c se define en el documento IEEE P802.15.3c/D07, "Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs):Amendment 2: Millimeter-wave based

Alternative Physical Layer Extension", May 2009) permite alcanzar una tasa de transferencia de varios Gbit/s dependiendo de la canalización elegida.

Dependiendo del nivel de potencia de emisión radiada, las coberturas radioeléctricas del sistema 802.11n son similares a la de los sistemas WPAN (según la terminología anglosajona WPAN: Wireless Personal Area Network (Red Inalámbrica de Área Personal) (red de corto alcance: distancia  $d$  (alcance)  $< 20$  m)) utilizando una técnica de transmisión UWB-OFDM.

Para establecer una comunicación entre dos entidades comunicantes según el primer ejemplo, separadas por una distancia  $d$ , garantizando una tasa de transferencia  $D$  y una TEB (Tasa de Errores de Bit) objetivo TEBo representativa de una calidad de servicio QoS dada, se plantea el problema de saber sobre qué criterio seleccionar un modo de transmisión.

Una selección por discriminación de tasas de transferencia (o selección por tasa de transferencia) se describe en los documentos preparados como parte de un proyecto europeo llamado MAGNET (IST-FP6), disponibles en la dirección de Internet: <http://magnet.aau.dk/>. Esta selección se produce entre dos modos de transmisión, uno asociado a una interfaz I1 del tipo UWB que proporciona tasas de transferencia del orden de 250 kbit/s (técnica UWB-FM) y el otro, asociado a una interfaz I2 del tipo multiportadora con ensanchamiento por códigos en el dominio de las frecuencias (MC-SS en inglés: Multi-Carrier Spread Spectrum technique; técnica de espectro ensanchado multiportador) que proporciona tasas de transferencia comprendidas entre 1,8 Mbit/s y 130 Mbit/s que funcionan a 5,2 GHz, implementadas en una misma entidad de comunicación Pnc, Dev.

Esta selección de modos de transmisión se gestiona en el sistema IST-FP6 MAGNET a nivel de una capa común a ambos modos de transmisión, denominada capa de convergencia (UCL: Universal Convergence layer). La figura 3 es un diagrama de la composición de un sistema IST-FP6 MAGNET. Esta capa de convergencia UCL, que se encuentra justo encima de la capa de protocolo (MAC) de cada una de las interfaces de transmisión I1 e I2, genera mensajes de intercambio entre una primera entidad de comunicación, un emisor Pnc y varias segundas entidades de comunicación, receptores Dev, para establecer comunicaciones con una interfaz dada.

Una entidad de comunicación es indiferentemente emisor y/o receptor.

Esta selección por discriminación de tasas de transferencia es conveniente cuando las tasas de transferencia son muy diferentes, sin embargo, cuando los modos de transmisión proporcionan tasas de transferencia que pueden ser equivalentes, esta selección no es satisfactoria.

Se cita como ejemplo una entidad de comunicación que comprende interfaces de transmisión compatibles respectivamente de un sistema UWB-WiMedia (ECMA-368), un sistema MC-SS del proyecto europeo Magnet y un sistema IEEE802.11n que cubre intervalos de tasas de transferencia comunes para una misma distancia  $d$  de un mismo escenario de implementación WLAN/WPAN (según la terminología anglosajona WLAN: Wireless Local Area Network (Red Inalámbrica de área local, la distancia  $d$  (alcance) es cercana a 150 m en espacio abierto/WPAN: Wireless Personal Area Network, la distancia  $d$  (alcance) es cercana a 15-20 m). Un escenario de propagación suele describirse por un intervalo de cobertura radioeléctrica, normalmente inferior a 20 m para el escenario WPAN, un modelo de canal con trayectos múltiples y un modelo de atenuación correspondiente. Estos últimos modelos pueden ser diferentes dependiendo de la anchura de la banda de transmisión del modo de transmisión considerado.

El sistema MC-SS del proyecto europeo MAGNET, representado en la figura 4, se basa en una técnica de transmisión con ensanchamiento de espectro aplicada en el espacio de frecuencias seguido de modulación OFDM (el

procedimiento es designado por el término Multi-Carrier Spread Spectrum (MC-SS)). La tasa de transferencia depende de la modulación de los símbolos de datos (modulación digital o codificación binaria de la señal) y del rendimiento de la codificación de corrección de errores, del número de códigos de ensanchamiento implementados así como la anchura de la banda de transmisión (canales de 20 o 40 MHz), o del número de símbolos de datos transmitidos simultáneamente por la modulación OFDM aplicada aguas abajo del procedimiento de ensanchamiento. El sistema emite a una frecuencia portadora igual a 2,4 GHz o 5,2 GHz. La figura 5 proporciona una ilustración de las diferentes tasas de transferencia D que pueden obtenerse para los diferentes modos de transmisión asociados con una interfaz de transmisión del tipo MC-SS para un sistema MAGNET. Los círculos y los cuadrados de la figura 5 corresponden a los diferentes modos que permiten obtener, respectivamente, una tasa de transferencia de 40Mbits dentro de un intervalo de aproximadamente 3 % o una tasa de transferencia de 80Mbits dentro de un intervalo de aproximadamente 3 % cerca de un límite superior de aproximadamente 8 %. La tasa de transferencia D resultante es proporcional a la carga del sistema (carga=número Nc de códigos de ensanchamiento implementados/tamaño Le del código de ensanchamiento), al tamaño de la banda de transmisión a través del número de símbolos de datos ensanchados por un símbolo OFDM y del esquema MCS de codificación y modulación. En función del número Nc de códigos de ensanchamiento implementados, la tasa de transferencia viene dada por:

$$D = \frac{N_{BPSC} \cdot r \cdot N_{SD} \cdot N_c}{T_{symb} \cdot L_c} \quad (1)$$

siendo N<sub>bp<sub>sc</sub></sub> el número de bits por símbolo de datos, N<sub>sd</sub> el número de símbolos por símbolo OFDM dedicados a la transmisión, T<sub>simb</sub> la duración del símbolo OFDM y r el rendimiento de codificación de corrección de errores.

La granularidad del caudal para cada esquema MCS de codificación y modulación viene dada por la tasa de transferencia proporcionada por el sistema cuando se implementa un solo código (Nc=1). La tabla A.1 del Anexo A da los valores de tasa de transferencia D de un sistema MAGNET MC-SS obtenido en función del modo de transmisión para una carga Nc/Lc=Nc/8. Los valores de tasa de transferencia representados en la figura 5 corresponden a los valores de la tabla A.1 para Nc=8 o Nc=4. Los modos de transmisión que proporcionan una tasa de transferencia de 40 Mbit/s (± 3 %) son aquellos que coinciden con la correcta tasa de transferencia D = 40 Mbit/s y que están rodeados por un círculo en la figura 5. Los modos de transmisión que proporcionan una tasa de transferencia de 80 Mbit/s (± 3 %) son aquellos que coinciden con la correcta tasa de transferencia D = 80 Mbit/s y que están rodeados por un cuadrado en la figura 5.

El sistema Wi-Media/ECMA-368 ilustrado en la figura 6 se basa en la modulación OFDM en un canal de 528 MHz con un procedimiento de salto de frecuencia aplicado a símbolos OFDM sucesivos. Este procedimiento utiliza un patrón de salto designado por Time-Frequency Coder (TFC) (Codificador de Tiempo-Frecuencia) como se representa en la figura 6. El procedimiento TFC se aplica a un "band-group", ("grupo de banda") compuesto por tres canales RF adyacentes según un patrón que tiene en cuenta seis símbolos OFDM. Catorce canales RF están definidos en la banda {3,1-10,6} GHz. Dos técnicas de redundancia se implementan en la escala de símbolos de datos y se designan en la norma por una técnica de ensanchamiento.

La técnica de ensanchamiento de frecuencias designada por Frequency Spreading (FS) consiste en duplicar los símbolos a ambos lados de la frecuencia cero en el múltiplex OFDM según una simetría hermitiana. Esto genera una señal real a la salida del modulador OFDM.

La técnica de ensanchamiento en el dominio temporal designada por Time Spreading (TS) consiste en emitir dos veces el mismo símbolo OFDM en diferentes canales dados por el patrón de salto (TFC). Esto introduce una pseudodiversidad que resulta de los diferentes canales RF utilizados para transmitir el mismo símbolo OFDM.

Estas dos técnicas de ensanchamiento dividen la tasa de transferencia por dos. Cuando se combinan, dividen la tasa de transferencia por cuatro.

Las modulaciones digitales (codificación binaria de la señal) consideradas son las modulaciones QPSK o DCM (Dual Carrier Modulation, (modulación portadora doble) para las que cada símbolo está constituido por dos bits. La tasa de transferencia D obtenida para los diferentes modos de transmisión del sistema ECMA-368 (Wi-Media) se representa en la figura 7, siendo la abscisa el modo de transmisión identificado por la modulación digital, el rendimiento del código de corrección y la técnica de ensanchamiento (p. ej.: QPSK-1/3-TS+FS).

Los modos HT (High Throughput, Alto Rendimiento) del sistema IEEE802.11n, ilustrado en la figura 8, se basan en una técnica SISO/MIMO-OFDM que consiste en una paralelización de la transmisión binaria a través de varios flujos de transmisión Flux\_T destinados a antenas de emisión distintas. Los datos que se van a transmitir están demultiplexados. Cuando esta demultiplexación se realiza en los bits codificados, se designa por flujo espacial Flux\_S a los diferentes flujos de transmisión a la salida del demultiplexor. Para el sistema IEEE802.11n, el número de flujos espaciales N<sub>ss</sub> varía entre uno y cuatro. El número de flujos espaciales así como un aumento de la banda de transmisión (20 o 40 MHz) permiten aumentar la tasa de transferencia de transmisión a través de una paralelización

de la transmisión en varias cadenas de transmisión OFDM, como se ilustra en la figura 8. Cada cadena de transmisión comprende una modulación OFDM realizada con un canal de transmisión de tamaño variable (20 MHz o 40 MHz), una tecnología MIMO y un esquema de codificación y modulación apropiado para cada flujo espacial ( $N_{ss}$ ) (en general es idéntico para todos los flujos espaciales). El sistema emite a una frecuencia portadora igual a 2,4 GHz o bien a 5,2 GHz.

Para el sistema IEEE802.11n de la figura 8, la tasa de transferencia  $D$  obtenida para los diferentes modos de transmisión, designados por  $MCS_{11n}$  en el documento de la norma, se representa en la figura 9, siendo la abscisa el modo de transmisión identificado por la modulación digital MOD y el rendimiento del código de corrección COD (p. ej.: QPSK-1/2) y esto, para un  $T_{cp}=800ns$ . Para esta norma, los modos de transmisión  $MCS_{11n}$  se numeran en función del esquema MCS de codificación y modulación así como el número  $N_{ss}$  de los flujos espaciales implementados.

El sistema 802.11n puede implementar las llamadas técnicas de codificación espacio-tiempo. Estas no modifican la tasa de transferencia sino que introducen una redundancia espacial entre los  $N_{ss}$  flujos espaciales, lo que aumenta el número de flujos de transmisión a la salida del bloque STBC. Los flujos así formados son designados por flujos espaciotemporales.

Los valores de tasa de transferencia  $D$  obtenidos en función del modo de transmisión se dan en la tabla C.1 del anexo C.

Dado que la definición del modo de transmisión en el sentido de la invención incluye la configuración de una técnica MIMO y la codificación asociada (SDM para Spatial Division Multiplexing (Multiplexación por División Espacial en español), STBC para codificación Alamouti, etc.), esto implica que un mismo  $SCM_{11n}$  de un sistema IEEE802.11n cubre varios modos de transmisión en el sentido de la invención. Por ejemplo, una configuración que comprende una técnica MIMO del tipo SDM (Spatial Division Multiplexing) para la que los flujos espaciales no se someten a ninguna codificación espacial temporal ( $N_{ss}=N_{STS}=N_{TX}$ ) ilustrada en la figura 10 y una configuración que comprende una técnica STBC ilustrada en la figura 11 conducen a tasas de transferencia idénticas y se referencian de forma idéntica y cubiertas por un mismo  $SCM_{11n}$  en la norma IEEE802.11n. Según la definición del modo de transmisión en el sentido de la invención, estas dos configuraciones corresponden a dos modos de transmisión distintos diferenciados por la técnica MIMO y la codificación asociada implementada.

Los tres sistemas anteriores pueden funcionar en la misma banda de frecuencias. El sistema IEEE802.11n ilustrado en la figura 8 funciona en los canales RF de 2,4 GHz y 5,2 GHz. El sistema MC-SS del proyecto europeo MAGNET ilustrado en la figura 4 utiliza los canales RF del sistema IEEE802.11n. El sistema Wi-Media/ECMA-368 ilustrado en la figura 6 emite en la banda {3,1-10,6} GHz.

Para ofrecer una tasa de transferencia  $D$  del orden de 80 Mbit/s, la entidad de comunicación que comprende interfaces de transmisión compatibles respectivamente de un sistema UWB-WiMedia (ECMA-368), un sistema MC-SS del proyecto europeo Magnet y un sistema IEEE802.11n, puede configurarse de diferentes maneras:

- selección de un modo de transmisión asociado al sistema Wi-Media/ECMA-368 cuya banda de transmisión es de 528 MHz (507,375 MHz de banda eficaz) en las bandas {3,1-10,6} GHz, configurado de la siguiente manera: modulación QPSK  $\frac{1}{2}$  con los procedimientos TS (Time Spreading, Dispersión de Tiempo en español) y FS (Frequency Spreading, Dispersión de Frecuencia en español) de la norma (Anexo 1) o
- selección de un modo de transmisión asociado al sistema MC-SS de MAGNET configurado de la siguiente manera: 16-QAM  $\frac{3}{4}$  o 16QAM 2/3 o 64-QAM 1/2 a plena carga ( $N_c/L_c=1$ ) que funciona a 2,4 GHz o 5,2 GHz en una banda de 40 MHz o
- selección de un modo de transmisión asociado al sistema IEEE802.11n que funciona a 2,4 GHz o 5,2 GHz, configurado de la siguiente manera:  $SCM_{11n}\{QPSK\text{-}3/4, N_{ss}=2, B_w=40 \text{ MHz}\}$  o  $SCM_{11n}\{QPSK \frac{3}{4}, N_{ss}=4, B_w=20 \text{ MHz}\}$  o  $4SCM_{11n}\{16\text{-}QAM \frac{3}{4}, N_{ss}=1, B_w=40 \text{ MHz}\}$  o  $SCM_{11n}\{16\text{-}QAM \frac{3}{4}, N_{ss}=2, B_w=20 \text{ MHz}\}$ ,  $N_{ss}$  corresponde al número de flujos espaciales implementados (figura 8).

Por lo tanto, parece que la selección del modo de transmisión más apropiado en función de un criterio de discriminación de la tasa de transferencia solo puede tener éxito en este ejemplo y en el caso más general en que los distintos modos de transmisión permiten alcanzar la limitación de tasa de transferencia  $D$  impuesta; por lo tanto, la tasa de transferencia no puede servir como criterio de selección en estos casos.

La potencia necesaria para garantizar una tasa de transferencia  $D$  se conoce como otro criterio de selección, especialmente en el caso de un sistema UNIK® de la sociedad Orange France a través del parámetro RSSI. El sistema UNIK® dedicado a los servicios de voz es un sistema que funciona con tecnología WiFi (Bluetooth, IEEE802.11) y puede cambiar a GSM cuando la potencia recibida está por debajo de un determinado umbral. Este umbral lo define cada fabricante y se denomina parámetro RSSI. El parámetro RSSI es un número entero comprendido entre 0 y  $N_{m\acute{a}x}-1$ . Corresponde a una cuantificación de la potencia recibida entre dos valores umbrales en función de un margen de variación de la potencia recibida especificada por cada fabricante. Esta potencia se mide en el receptor. En términos

de potencia real, el parámetro RSSI es al menos superior al umbral de sensibilidad del sistema y tiene un margen superior asociado a la degradación introducida por el canal de propagación con trayectos múltiples.

5 Los mecanismos de cambio entre la técnica WiFi y la técnica 3G se especifican en la norma UMA (Unlicensed Mobile Access, Acceso Móvil sin Licencia en español) definido en el documento UMA Architecture (Stage 2) R1.0.4 (2005-5-2), accesible en la dirección <http://www.umatechnology.org/specifications/>. La norma UMA comprende una interfaz de red UMA NC (Network Controller, Controlador de Red en español) designada por UNC que gestiona la conmutación por error y solicita a nivel de red IP la asignación de un recurso al terminal (MS) cuando éste conmuta al sistema 3G. Cuando el terminal está en la célula 3G, vuelve a la tecnología WiFi tan pronto como se encuentre en la zona de un punto de acceso WiFi, sujeto a autenticación y cumpliendo los criterios RSSI. En la norma UMA (capa 2) de los anexos A y B, se dan valores mínimos de potencia recibida y transmitida para cada técnica WiFi, así como ganancias de antena típicas en emisión y recepción, para el punto de acceso y el terminal.

15 Este criterio de potencia requerida no es satisfactorio ya que su intervalo de variación puede ser completamente diferente de un sistema a otro dependiendo, por ejemplo, del fabricante del sistema, de la tecnología utilizada por la interfaz de transmisión (óptica, electromagnética, por cable, etc.), de la banda de frecuencias del sistema (UWB, etc.).

20 Los mecanismos conocidos para seleccionar un modo de transmisión más adecuado para garantizar una tasa de transferencia D, una calidad de servicio QoS y un alcance d para una entidad de comunicación que comprende diferentes modos de transmisión no son satisfactorios, dado que los diferentes criterios utilizados no permiten llevar a cabo la selección en todos los casos, en particular para las entidades de comunicación anteriormente descritas.

### Descripción de la invención

25 La invención propone una técnica que permite mejorar la selección de un modo de transmisión adaptado para asegurar una tasa de transferencia D, una calidad de servicio QoS y un alcance d para una entidad de comunicación que comprende diferentes modos de transmisión.

30 Así, la invención tiene por objeto un procedimiento de selección de un modo de transmisión, destinado a una primera entidad de telecomunicación que comprende diferentes modos de transmisión de una señal de comunicación destinada a una segunda entidad de telecomunicación, asegurando los diferentes modos de transmisión una misma tasa de transferencia D. El procedimiento comprende:

35 - una etapa de determinación para un modo de transmisión dado del valor de una primera métrica  $\alpha$  que mide una degradación relativa a una distancia dada d introducida por el soporte de transmisión de la señal de comunicación para un entorno dado en comparación con un modelo de referencia del soporte de transmisión, resultante de un efecto multitrayectos MCM y/o un efecto de atenuación del soporte de transmisión MCBE, de manera que el efecto multitrayectos MCM se determina calculando la diferencia entre un umbral de sensibilidad multitrayectos del modo de transmisión y un umbral de sensibilidad del modo de transmisión, correspondiendo el umbral de sensibilidad a una potencia mínima necesaria para garantizar una tasa de transferencia D con una TEB objetivo representativa de la QoS en un soporte de transmisión gaussiano,

40 - una etapa de comparación de los valores de la primera métrica  $\alpha$  para diferentes modos para seleccionar al menos un modo de transmisión Modoi.

45 La invención también tiene por objeto una entidad de comunicación que comprende al menos dos modos diferentes de transmisión.

50 Así, una entidad de comunicación según la invención comprende:

55 - un módulo de determinación para un modo de transmisión dado del valor de una primera métrica  $\alpha$  que mide una degradación relativa a una distancia dada d introducida por el soporte de transmisión de la señal de comunicación para un entorno dado en comparación con un modelo de referencia del soporte de transmisión, resultante de un efecto multitrayectos MCM y/o un efecto de atenuación del soporte de transmisión MCBE, de manera que el efecto multitrayectos MCM se determina calculando la diferencia entre un umbral de sensibilidad multitrayectos del modo de transmisión y un umbral de sensibilidad del modo de transmisión, correspondiendo el umbral de sensibilidad a una potencia mínima necesaria para garantizar una tasa de transferencia D con una TEB objetivo representativa de la QoS en un soporte de transmisión gaussiano,

60 - un módulo de comparación de los valores de la métrica para diferentes modos para seleccionar al menos un modo de transmisión.

65 Así, la utilización de una métrica de referencia a, cuyo valor no depende directamente de la tecnología de interfaz de transmisión asociada al modo de transmisión dado, permite comparar entre sí los valores obtenidos de la métrica  $\alpha$  ya que esta métrica  $\alpha$  es un intervalo de variación común a los diferentes modos de transmisión, en particular independientemente de la potencia recibida por la segunda entidad.

La medición del efecto multirayectos es sencilla, ya que resulta de la sustracción de dos valores generalmente accesibles en forma de curvas en la documentación técnica asociada a una entidad.

5 Un procedimiento y una entidad según la invención son, por tanto, particularmente ventajosos, ya que permiten seleccionar un modo de transmisión con independencia de las tecnologías utilizadas por las interfaces asociadas. De manera particularmente ventajosa, la expresión de la métrica  $\alpha$  elimina los componentes específicos de la señal de comunicación correspondiente a una frecuencia portadora asociada a una transmisión particular de tipo RF, óptica o por cable y permite un intervalo de variación común independientemente del nivel de potencia recibida.

10 Por consiguiente, un procedimiento y una entidad de comunicación según la invención permiten más particularmente comparar modos de transmisión asociados respectivamente con frecuencias portadoras de transmisión de la señal de comunicación diferentes y por lo tanto supuestamente asociados con interfaces de comunicación diferentes, por ejemplo de tipo radio, óptico o CPL (Corriente Portadora en línea o PLT, Power Line Transmission según la terminología anglosajona), comparando los diferentes valores de la métrica calculados para cada uno de estos modos. La selección trata sobre los modos de transmisión para los cuales el valor de la métrica satisface un criterio de umbral. Normalmente, solo se seleccionan aquellos modos de transmisión para los cuales el valor de la métrica es superior a un umbral para la distancia  $d$  dada que generalmente corresponde a la distancia entre la primera y la segunda entidades de telecomunicación.

20 Según un modo preferido de realización de la invención, la primera métrica  $\alpha$  es el resultado de una suma ponderada de una degradación relacionada con el efecto multirayectos MCM y una degradación relacionada con el efecto de atenuación del soporte de transmisión MCBE.

25 La ponderación permite, mediante la elección de los valores de ponderación, limitar los cálculos innecesarios normalmente en el caso de que solo uno de los efectos, multirayectos o atenuación del soporte de transmisión, sea perceptible dado el entorno de las dos entidades en comunicación.

30 Según un modo preferido de realización de la invención, el procedimiento comprende además, para los modos de transmisión seleccionados:

- una etapa de determinación del valor de una segunda métrica  $\beta$  que mide el exceso de potencia no normalizada disponible a la distancia  $d$ , es decir, la diferencia entre la potencia disponible y la potencia mínima requerida,

35 - una elección de un modo de transmisión para el cual la segunda métrica  $\beta$  supera un umbral dado.

Según este modo, el procedimiento determina una segunda métrica  $\beta$  que tiene en cuenta el exceso de potencia entre la potencia disponible y la potencia requerida. Este modo es particularmente ventajoso ya que permite controlar que el modo seleccionado proporcione una potencia suficiente que exceda el umbral de sensibilidad de la segunda entidad. El caso en el que ninguno de los dos modos proporciona suficiente energía para superar el umbral se traduce en el hecho de que la segunda entidad está fuera de la cobertura de la primera entidad. Después de seleccionar el modo de transmisión, el procedimiento puede ajustar la potencia radiada según el exceso de potencia medida por la segunda métrica.

45 Según un modo preferido de realización de la invención, el procedimiento consiste en repetir para diferentes distancias  $d_i$  un procedimiento de selección según un objeto anterior.

Este modo permite cubrir varias distancias.

50 Según un modo preferido de realización de la invención, la segunda métrica  $\beta$  se calcula según la siguiente relación:  $\beta = Gr + PIRE - a - S - PL_{FS}(d)$ , en la que PIRE es la potencia radiada de salida de la antena de emisión de la entidad emisora, Gr, es la ganancia de la antena de recepción, S es la potencia mínima requerida para garantizar la tasa de transferencia D con una QoS dada para un canal gaussiano,  $PL_{FS}(d)$  es la atenuación de propagación en el espacio libre.

55 Según un modo preferido de realización de la invención, el procedimiento comprende además una etapa de emisión de una trama de preámbulo dedicada que comprende secuencias dedicadas a la estimación del soporte de transmisión para al menos dos modos de transmisión diferentes.

60 Este modo permite obtener de forma sencilla la medición de la degradación relacionada con el efecto multirayectos de forma casi simultánea para los diferentes modos de transmisión candidatos a la selección.

65 Según un modo preferido de realización de la invención, el procedimiento comprende además la actualización del valor de la primera y de la segunda métricas  $\alpha$ ,  $\beta$  a partir de una estimación del soporte de transmisión realizada sobre los datos (campo PSDU) transmitidos por la señal de comunicación entre las dos entidades.

5 Este modo de realización permite actualizar el valor de las métricas casi en tiempo real, ya que se realiza a partir del campo de datos de una trama de datos. Esta actualización hace que sea especialmente ventajoso poder ajustar la selección de un modo de transmisión a los cambios en el entorno. Esta evolución puede producirse cuando una de las entidades de telecomunicaciones está en movimiento. Este modo de realización es, por lo tanto, ventajoso, ya que garantiza un funcionamiento dinámico del procedimiento de selección.

10 Según un modo preferido de realización de la invención, un modo de transmisión se asocia con una interfaz de transmisión  $I_j$ , comprendiendo el procedimiento además un desconexión de una emisión de una trama de preámbulo dedicada que comprende secuencias dedicadas a la estimación del soporte de transmisión para al menos dos interfaces de transmisión del sistema tan pronto como el valor de la primera métrica  $\alpha$  actualizada deje un intervalo dado  $a_{min} < a_j < a_{max}$  y que el modo seleccionado a partir de la segunda métrica  $\beta$  actualizada se asocie con una interfaz de transmisión distinta de la asociada con el modo seleccionado anteriormente.

15 Dependiendo de los cambios en el entorno, el valor de la métrica  $\alpha$  puede cambiar significativamente y exceder los valores umbrales establecidos, por ejemplo, al final de las simulaciones. La detección de estos cruces y el cambio de interfaz activan una trama de preámbulo dedicada que permite efectuar una medición de la métrica para diferentes modos y posiblemente seleccionar otro modo de transmisión. Este modo de realización es, por tanto, ventajoso, ya que garantiza un funcionamiento dinámico del procedimiento de selección y garantiza una adaptación de la selección del modo de transmisión a los cambios del entorno sin la intervención de ningún operador.

20 Según un modo preferido de realización de la invención, la entidad de comunicación comprende varias interfaces de transmisión, siendo los modos de transmisión asociados con una de las interfaces de transmisión, de modo que las interfaces de transmisión pertenecen a una lista que comprende:

- 25 - una interfaz de tipo PLT (CPL),
- una interfaz de tipo radio RF,
- 30 - una interfaz de tipo óptico.

Los diferentes modos de realización anteriores pueden o no combinarse con uno o más de estos modos para definir otro modo de realización.

35 La invención también tiene por objeto un sistema de telecomunicaciones con modos de transmisión múltiples adaptado para la implementación de un procedimiento según la invención.

Así, un sistema de telecomunicación según la invención comprende una entidad de comunicación según la invención.

40 Según una implementación preferida, las etapas del procedimiento de selección según la invención están determinadas por las instrucciones de un programa incorporado en un circuito electrónico, tal como un chip en sí que puede ser dispuesto en un dispositivo electrónico, tal como una entidad de comunicación. El procedimiento de selección, según la invención, también puede ser implementado cuando este programa es cargado en un dispositivo de cálculo, tal como un procesador o equivalente cuyo funcionamiento es entonces controlado por la ejecución del programa.

45 Por consiguiente, la invención también se aplica a un programa informático, en particular un programa informático sobre o en un soporte de información, adaptado para implementar la invención. Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación, y puede estar en forma de código fuente, código objeto o código intermedio entre el código fuente y el código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma deseable para implementar un procedimiento según la invención.

50 El soporte de información puede ser cualquier dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede incluir un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico, o incluso un medio de grabación magnética, por ejemplo un disquete (disco flexible) o un disco duro.

55 Alternativamente, el soporte de información puede ser un circuito integrado en el que está incorporado el programa, adaptándose el circuito para que se ejecute o se utilice en la ejecución del procedimiento en cuestión.

60 Por otra parte, el programa puede traducirse en una forma transmisible, tal como una señal eléctrica u óptica, que puede transmitirse a través de un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede ser descargado en particular en una red de tipo Internet.

**Lista de figuras**

65 Otras características y ventajas de la invención aparecerán a partir de la siguiente descripción de ejemplos específicos en relación con las figuras anexas dadas como ejemplos no limitativos.

La figura 1 es una representación esquemática de la estructura de una trama de la capa física de nivel uno y de la trama correspondiente de la capa MAC (Media Access Control) de nivel dos, con referencia al modelo OSI. La figura 2 representa un ejemplo de trama Física (estructura de PPDU) correspondiente a una trama del modo MAC de trama única de la norma ECMA-368.

La figura 3 es un diagrama de la composición de un sistema IST-FP6 MAGNET que comprende dos interfaces de transmisión (MC-SS y UWB-FM) que proporcionan tasas de transferencia separadas, muestra la capa UCL que gestiona la selección de los modos de transmisión asociados a estas interfaces. El sistema funciona en los canales RF del sistema IEEE802.11n (2,4 GHz y 5,2 GHz) para la interfaz de transmisión MC-SS y en la banda UWB {3,1-10,6} Ghz para la interfaz de transmisión UWB-FM.

La figura 4 es una ilustración esquemática de la capa PHY del sistema MAGNET implementando una técnica de transmisión llamada MC-SS ("Multi-Carrier Spread Spectrum", Espectro de ensanchamiento multiportador en español) con diferentes esquemas de codificación y modulación (MCS) que generan diferentes modos de transmisión.

La figura 5 representa diferentes tasas de transferencia que pueden obtenerse para los diferentes modos de transmisión asociados con una interfaz de transmisión del tipo MC-SS del sistema MAGNET.

La figura 6 es un diagrama de la capa PHY del sistema Wi-Media/ECMA-368 que se basa en una modulación OFDM realizada en canales de 528 MHz con un procedimiento de salto de frecuencia aplicado a símbolos OFDM sucesivos asociados con canales adyacentes de un grupo de banda.

La figura 7 representa la tasa de transferencia obtenida para los diferentes modos de transmisión del sistema ECMA-368.

La figura 8 es un diagrama descriptivo de la capa PHY del sistema IEEE802.11n. Sus modos de transmisión emplean la técnica de transmisión MIMO. El aumento del número de flujos espaciales ( $1 \leq N_{ss} \leq 4$ ) y el aumento de la banda de transmisión (20 o 40 MHz) permiten aumentar la tasa de transferencia de transmisión mediante una paralelización de los trenes binarios que van a transmitirse para dicho sistema.

La figura 9 representa las tasas de transferencia obtenidas para los diferentes modos de transmisión del sistema IEEE802.11n designadas por MCS<sub>11n</sub> en el presente documento. Las tasas de transferencia se dan en función de los esquemas de codificación y modulación (MCS), el número de flujos espaciales N<sub>ss</sub> y el tamaño de los canales (20 o 40 MHz) para un tamaño de prefijo cíclico igual a 800 ns.

La figura 10 es un diagrama de una configuración de un sistema IEEE802.11n que comprende una técnica MIMO de tipo SDM (Spatial Division Multiplexing) para la cual los flujos espaciales no están sometidos a ninguna codificación espaciotemporal ( $N_{ss}=N_{STS}=N_{TX}$ ).

La figura 11 es un diagrama de una configuración de un sistema IEEE802.11n que comprende una técnica MIMO de tipo STBC con 2 flujos espaciales, 4 flujos espaciotemporales y 4 antenas para emisión y recepción.

La figura 12a representa la respuesta de impulso del canal asociado con la figura 12b.

La figura 12b representa la TEB en función de la relación señal/ruido (SNR, RSR en español), para diferentes modos de transmisión (diferentes MCS para una misma técnica de transmisión) en un entorno de multitrayecto y en un canal perfecto. Esta figura permite representar el margen de canal multitrayectos para dos modos de transmisión (MCS).

La figura 13 representa diferentes modelos de atenuación del canal de propagación en función de la distancia d para una frecuencia RF f<sub>c</sub> igual a 5,2 GHz y para diferentes escenarios de despliegue conocidos como WPAN (Wireless Personal Area Network: d < 5 m): el modelo de espacio libre ( $F_{PL, 5GHz}(d)$ ), el modelo PLB\_5GHz(d) asociado con la norma IEEE802.11n y con un canal selectivo de muy baja frecuencia (canal B), los modelos UWB especificados por P. Pagani y derivado del artículo Pagani, P. & Pajusco, P., "Statistical Modeling of the Ultra Wide Band Propagation Channel through the Analysis of Experimental Measurements", Comptes Rendus Physique de l'Académie des Sciences, vol. 7, no. 7, pp. 762-773, Sept. 2006 en LOS y en NLOS a 5 GHz (PLP-LOS\_5GHz/PLP-NLOS\_5GHz) y los modelos procedentes del proyecto IST-MAGNET designados por PAN-FD (PAN Fixed Device, Dispositivo Fijado por PAN en español) (sin obstrucción, LOS) y con espacio obstruido (NLOS).

La figura 14 es un diagrama de flujo de un modo de realización particular de un procedimiento de selección según la invención. La figura 15 es un diagrama de flujo de un modo de realización particular de un procedimiento de selección según la invención. La figura 16 representa los valores de la primera métrica  $\alpha$  en función de la distancia d para los modos de transmisión 16QAM 2/3 y 16QAM 3/4 para el escenario considerado LOS de un sistema MC-SS MAGNET y para los modos de transmisión MCS<sub>11n10</sub> y MCS<sub>11n26</sub> de un sistema IEBE802.11n, valores que se extraen de las figuras 19 y 21.

La figura 17 representa los valores de la primera métrica  $\alpha$  en función de la distancia  $d$  para los modos de transmisión 16QAM 2/3 para el escenario considerado NLOS de un sistema MC-SS MAGNET y para el modo de transmisión MCS<sub>11n26</sub> de un sistema IEEE802.11n, valores que se extraen de las figuras 19 y 21.

5 La figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra una implementación particular de un procedimiento de selección según la invención.

10 La figura 19 representa los valores de la primera métrica  $\alpha$  para una tasa de transferencia objetivo de 80 Mbit/s en función de la distancia  $d$  para el sistema MC-SS de MAGNET. Se consideran dos escenarios WPAN asociados a las transmisiones LOS y NLOS, así como dos modos de transmisión 16QAM 2/3 y 16QAM 3/4 de un sistema MC-SS MAGNET.

15 La figura 20 representa los valores de la segunda métrica  $\beta$  para el modo seleccionado 16-QAM 2/3 basado en la primera métrica  $\alpha$ , para el mismo sistema MC-SS MAGNET que el de la figura 19.

20 La figura 21 representa los valores de la primera métrica  $\alpha$  para una tasa de transferencia de 80 Mbit/s en función de la distancia  $d$  para el sistema IEEE802.11n. Para  $d < 6m$ , se considera un escenario WPAN LOS y un escenario NLOS más allá. Se consideran cuatro modos de transmisión MCS<sub>11n10</sub>, MCS<sub>11n4</sub>, MCS<sub>11n4-STBC</sub> y MCS<sub>11n26</sub>. Implementan una técnica de transmisión MIMO SDM con la excepción del modo MCS<sub>11n4-STBC</sub> que implementa una codificación de Alamouti. Estos modos se detallan en el anexo E. El número de antenas para emisión es igual al número de antenas para recepción ( $N_{Tx}=N_{Rx}$ ), el tamaño de los canales y el número de flujos espaciales son variables.

25 La figura 22 representa los valores de la segunda métrica  $\beta$  para los cuatro modos de transmisión basados en la primera métrica  $\alpha$ , para un sistema IEEE802.11n.

30 La figura 23 representa los valores de la primera métrica  $\alpha$  en función de la distancia  $d$  para una tasa de transferencia  $D=80$  Mbit/s para los modos de transmisión del sistema MAGNET definidos en la fig.19, así como para los modos de transmisión del sistema IEEE802.11n definidos en la fig.21.

### Descripción de un modo de realización de la invención

35 El procedimiento de selección según la invención emplea una métrica  $\alpha$  para comparar el rendimiento obtenido con los diferentes modos de transmisión, asociándose cada uno de ellos por definición con una interfaz de transmisión que puede ser idéntica y/o diferente entre los diferentes modos.

40 Esta métrica  $\alpha$  mide la degradación relativa introducida por el canal de transmisión para una entidad de telecomunicaciones dada en un entorno determinado en comparación con un modelo de referencia del soporte de transmisión, teniendo en cuenta, por una parte, el efecto multitrayectos y, por otra parte, la atenuación del canal de propagación (PL(d)).

45 La métrica  $\alpha$  es normalmente el resultado en dB de una suma ponderada de una degradación MCM relacionada con el efecto multitrayectos y una degradación MCBE (Margen de Canal en Banda Estrecha) relacionada con el efecto de atenuación del soporte de transmisión.

50 El efecto multitrayectos del canal de propagación repercute en el rendimiento a nivel de la capa física (rendimiento radioeléctrico) en comparación con una transmisión en un canal denominado perfecto. El efecto multitrayectos provoca una degradación relativa que limita la fiabilidad del enlace para un determinado modo de transmisión. La medición de esta degradación se obtiene por la diferencia en dB entre el umbral de sensibilidad multitrayectos  $S_M$  del modo de transmisión dado y el umbral de sensibilidad  $S$  de este mismo modo a la misma tasa de transferencia. Esta medida es designada por la sigla MCM, que significa "Margen de Canal Multitrayecto". Este parámetro MCM permite comparar el rendimiento en el enlace de los diferentes modos de transmisión.

55 El umbral de sensibilidad multitrayectos  $S_M$  de un modo de transmisión para un escenario de propagación es la potencia mínima necesaria para proporcionar una tasa de transferencia de transmisión  $D$  con una TEB objetivo (QoS) cuando el canal de propagación es multitrayectos. El umbral de sensibilidad multitrayectos depende de:

60 - la relación señal/ruido necesaria para que el modo de transmisión alcance una tasa de transferencia y una TEB objeto asociada a la QoS (normalmente una TER objetivo de  $10^{-5}$ ),

- ruido térmico  $P_b$ .

65 El ruido térmico  $P_b$  expresado en dBm describe las imperfecciones de los componentes de las etapas RF de una entidad de comunicación. Este ruido térmico  $P_b$  presenta variaciones muy diferentes de un modo de transmisión considerado a otro dependiendo de la anchura de banda de transmisión, la temperatura de ruido  $T$  del receptor y la

eficiencia espectral. El ruido térmico  $P_b$  se expresa a menudo en función de un valor de referencia  $P_{b0}$  igual a -114 dBm correspondiente a una temperatura de ruido de referencia  $T_0$  fijada en 290 K y una banda de transmisión de 1 MHz. La contribución del ruido térmico viene dada por:

$$\begin{aligned}
 P_b &= 10 \cdot \text{Log}(kTB_w) + L_0 = 10 \cdot \text{Log}(kT_0) + 10 \cdot \text{Log}\left(\frac{T}{T_0}\right) + 10 \text{Log}(Bw) + L_0 \\
 P_b &= -114 \text{dBm} + 10 \cdot \text{Log}_{10}(Bw_{\text{MHz}}) + NF + L_0 \quad (\text{dBm}) \\
 P_b &= -114 \text{dBm} + 10 \cdot \text{Log}_{10}(D) - 10 \cdot \text{Log}_{10}(\text{Eff}) + NF + L_0 \quad (\text{dBm}) \\
 \text{Eff} &= D/Bw
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

con  $T$  la temperatura de ruido de la entidad de comunicación,  $NF$  el factor de ruido ( $NF=10 \cdot \text{Log}_{10}(T/T_0)$ ),  $Bw$  el ancho de banda eficaz del modo de transmisión, Las pérdidas del cable,  $k$  la constante de Boltzmann y  $E_f$  la eficacia espectral del modo de transmisión. El umbral de sensibilidad  $S$  no depende de la potencia emitida, ni de las ganancias de la antena.

El umbral de sensibilidad multitrayectos  $S_M$  depende del modo de transmisión, de la calidad deseada (TEB objetivo), de la contribución del ruido térmico y de la relación señal a ruido derivada de las simulaciones de enlace en un contexto multitrayectos asociado a un escenario de propagación, puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 S_M &= SNR + P_b \\
 S_M &= SNR + kTB_w + L_0 = SNR + 10 \cdot \text{Log}(kT) + 10 \cdot \text{Log}(Bw) + L_0 \\
 S_M &= SNR + 10 \cdot \text{Log}(kT_0) + 10 \text{Log}\left(\frac{T}{T_0}\right) + 10 \cdot \text{Log}(Bw) + L_0 \\
 S_M &= SNR - 114 \text{dBm} + NF + 10 \cdot \text{Log}_{10}(Bw_{\text{MHz}}) + L_0 \quad (\text{dBm}) \\
 SNR_{\text{TEBc}=10^{-5}} &= \left(\frac{Ebu}{No}\right)_{\text{TEBc}=10^{-5}} \cdot \frac{D}{B}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Considerando la ecuación anterior, el umbral de sensibilidad multitrayectos  $S_M$  puede expresarse en función de la tasa de transferencia  $D$ :

$$\begin{aligned}
 SNR_{\text{BER}=10^{-5}} &= \left(\frac{Ebu}{No}\right)_{\text{BER}=10^{-5}} \cdot \frac{D}{B_w} \\
 S_M &= SNR + kTB_w + L_0 = \frac{Ebu}{No} + 10 \cdot \text{Log}(kT) + 10 \cdot \text{Log}(D_{\text{Mbps}}) + L_0 \\
 S_M &= \frac{Ebu}{No} + 10 \cdot \text{Log}(kT_0) + 10 \text{Log}\left(\frac{T}{T_0}\right) + 10 \cdot \text{Log}(D_{\text{Mbps}}) + L_0 \\
 S_M &= \frac{Ebu}{No} - 114 \text{dBm} + NF + 10 \cdot \text{Log}_{10}(D_{\text{Mbps}}) + L_0 \quad (\text{dBm})
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

El umbral de sensibilidad  $S$  de un modo de transmisión corresponde a la potencia mínima necesaria para garantizar una tasa de transferencia  $D$ , calculada en el campo de datos, con una TEB (TEBo) representativa de la QoS en el canal gaussiano (canal perfecto con una contribución de ruido AWGN (Additive White Gaussian Noise, Ruido Blanco Gaussiano Aditivo en español), es decir, sin trayecto múltiple (normalmente una función Dirac). La expresión de  $S$  es idéntica a la de  $S_M$  utilizando las notaciones:

$$\left(\frac{Ebu}{No}\right)_c^{\text{AWGN}} \text{ et } SNR_c^{\text{AWGN}}.$$

El margen de canal multitrayectos MCM es un dato sin dimensiones que puede derivarse de varias variables  $SNR$ ,  $Ebu/No$  o de potencia mínima requerida según las siguientes expresiones:

$$MCM = \left(\frac{Ebu}{NO}\right)_c - \left(\frac{Ebu}{NO}\right)_c^{AWGN}$$

$$MCM = SNR_c - SNR_c^{AWGN} \quad (4)$$

$$MCM = S_M - S$$

5 con  $(Ebu/No)_c$  la energía media por bit útil dividida por la densidad espectral de ruido que se requiere para una tasa de errores de bit objetivo TEBo,  $SNR_c$  la relación señal a ruido correspondiente y  $S_M$  la potencia mínima de recepción requerida para esta misma TEBo.

10 El parámetro MCM corresponde a la potencia adicional (o a la variación de la relación señal a ruido  $\Delta SNR$  en dB o a la variación de la energía por bit útil dividida por la densidad espectral de ruido  $\Delta Ebu/No$  en dB), en un contexto de múltiples trayectos, necesaria para lograr una TEB idéntica a la del caso gaussiano, para un determinado modo de transmisión.

15 La figura 12b representa la TEB en función de la SNR para diferentes modos de transmisión y para un canal gaussiano y un canal de múltiples trayectos. Para una misma TEB y un mismo modo, el margen de canal multitrayectos MCM es la distancia entre las dos curvas correspondientes respectivamente al canal gaussiano y al canal multitrayectos representado como una flecha doble en la figura 12b.

20 El efecto de atenuación del canal de propagación en un contexto multitrayectos y de enlace parcialmente obstruido introduce una atenuación adicional y da lugar a una reducción de la cobertura radioeléctrica (alcance) de una interfaz de transmisión, considerando sucesivamente una transmisión ideal punto a punto sin obstrucción y una transmisión en un entorno que comprende obstáculos que obstruyen el enlace y aumentan la atenuación debida al canal de propagación. La atenuación debida al canal de propagación modelada por una ecuación del tipo PL(d) es una variable física representativa del entorno físico que se deriva de mediciones experimentales. El efecto de atenuación relativa del canal de propagación depende únicamente del entorno y del escenario de despliegue (alcance, antena, etc.) y no depende de la entidad de telecomunicaciones, a excepción del impacto de la frecuencia portadora de transmisión en el cálculo de la atenuación. Una señal transmitida a una potencia  $P_t$  se recibe a una distancia  $d$  con una potencia  $P_r$  con  $P_r < P_t$ . La relación entre  $P_t$  y  $P_r$  representa la atenuación de propagación para las ganancias de antena iguales a cero (el efecto de las antenas (ganancias de antena  $G_T$  y  $G_r$ ) no se considera para proporcionar el modelo de atenuación para un entorno dado).

30 El modelo de atenuación más simple es el modelo de espacio libre deducido de la ecuación de transmisión de Friis conocida por el experto en la materia. Este modelo corresponde a la atenuación cuando no hay obstáculos que obstruyan el enlace. La dependencia de la distancia de la atenuación varía en  $(d/d_0)^2$  donde  $d$  es la distancia entre los dos puntos de medición y  $d_0$  una distancia de referencia establecida en 1 m en general. La fórmula de la ecuación de transmisión de Friis es la siguiente:

$$35 \quad PL_{FS}(d, fc)_{dB} = -27.55 + 20 \log(fc_{MHz}) + 20 \log(d_m / d_0 = 1m) \quad (5)$$

con  $d_m$  la distancia expresada en m y  $fc_{MHz}$  la frecuencia portadora expresada en MHz.

40 Cuando el enlace está obstruido o ligeramente obstruido, la ecuación de transmisión se modifica y la atenuación en función de la distancia es proporcional a  $(d/d_0)^n$  con  $n > 2$ . La fórmula modificada tiene la siguiente forma:

$$PL_{MFS}(d, fc) = PL_{FS}(d_0, fc) + 10 \cdot n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + \sigma \quad (6)$$

$$PL_{FS}(d_0, fc) = PL_{FS}(d_0, fc_0) + 20 * \text{Log} \left( \frac{fc}{fc_0} \right) \quad (7)$$

45 con  $fc_0$  la frecuencia de referencia,  $\sigma$  la desviación típica asociada al modelo de propagación.

50 La figura 13 muestra la atenuación en función de la distancia  $d$  para diferentes frecuencias portadoras  $fc$  en espacio libre (sin obstrucción=LOS) y en espacio obstruido (NLOS). Las curvas PAN-FD-NLOS/LOS (PAN Fixed Device) corresponden a un escenario del proyecto MAGNET correspondiente a un punto de acceso fijo y a una baja movilidad del terminal. Las curvas PLP-LOS/NLOS-5 GHz corresponden a los modelos de atenuación UWB a 5,2 GHz

previamente referenciados. La curva FPL\_5GHz(d) corresponde al modelo de espacio libre a 5,2 GHz. La curva PLB\_5GHz(d) corresponde al modelo de atenuación definido por la norma IEEE802.11n cuando se considera el canal RF a 5,2 GHz. Este modelo es descrito por V. Erceg, L. Shumacher, P. Kyritsi, A. Molish, D.S Baum et al., dans le document "TGn Channel Models", IEEE P802.11, IEEE 802.11-03/940r1, November 2003.

5 En visibilidad (LOS), todos los modelos de atenuación son equivalentes, independientemente del procedimiento de modelización (mediciones). En ausencia de visibilidad, los modelos presentan variaciones relacionadas con las condiciones de medición, con la banda de muestreo del canal y con los supuestos de modelización. El modelo de atenuación UWB-NLOS designado por PLP-NLOS presenta una atenuación mayor que el modelo de atenuación  
10 construido como parte del proyecto MAGNET (PAN-FD-NLOS). El modelo de atenuación PLB resultante de la normalización IEEE802.11n es un modelo híbrido de visibilidad/ausencia de visibilidad. Más allá de 5 m, se supone que el modelo de atenuación tiene ausencia de visibilidad y visibilidad para distancias más cortas.

15 El parámetro MCBE (Margen de Canal en Banda Estrecha) corresponde a la atenuación adicional entre las dos configuraciones de espacio obstruido/libre; permite cuantificar el efecto del medio de transmisión en la selección de una interfaz de transmisión. Para una misma distancia y un mismo modo, el margen de canal en banda estrecha MCBE es la distancia entre las dos curvas correspondientes respectivamente al espacio libre y al espacio obstruido representado como una flecha doble en la figura 13.

20 Esta desviación MCBE ya no depende explícitamente de la frecuencia RF y, por lo tanto, sólo tiene en cuenta la degradación relativa del medio, independientemente de la atenuación explícita de la frecuencia y las potencias de emisión (el cálculo de MCBE se realiza para una distancia d dada entre el emisor y el receptor). El parámetro MCBE se expresa de la siguiente manera:

$$MCBE = PL_{MFS}(d) - PL_{FS}(d) = 10 \cdot n \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) - 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right)^2 + \sigma \quad (8)$$

$$MCBE = 10 \text{Log} \left( \left( \frac{d}{d_0} \right)^{n-2} \right) + \sigma$$

25 Los modelos de mitigación son conocidos por el experto en la materia para cada entorno. La tabla A.2 del anexo A da los valores de los parámetros que deben considerarse para los diferentes modelos de propagación considerados para los sistemas MAGNET, IEEE 11n y UWB considerados, en relación con las ecuaciones (6) y (7).

30 El procedimiento de selección de un modo de transmisión es implementado por una entidad de comunicación (punto de acceso, estación de base, terminal, etc.) que comprende varios modos de transmisión que permiten alcanzar una misma tasa de transferencia D para uno o más escenarios de propagación. Cada modo de transmisión está asociado a una interfaz de transmisión. La entidad comprende una o más interfaces diferentes. Al establecer una comunicación  
35 con otra entidad de comunicación (punto de acceso, estación de base, terminal, etc.), la elección de un modo de transmisión común debe ser llevada a cabo por las entidades. Esta elección es llevada a cabo por la entidad emisora mediante la implementación de un procedimiento de selección según la invención.

40 Con referencia a la figura 14, para un modo de transmisión dado, el procedimiento de selección 1 determina 2 el valor de la métrica  $\alpha$  para una distancia d:

$$\alpha = \eta_1 MCM + \eta_2 MCBE \quad (9)$$

45 Los coeficientes de ponderación  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  tienen un valor por defecto de uno. El parámetro MCBE se calcula para un entorno dado al cual está asociado un modelo de atenuación. El parámetro MCM se determina para una QoS objetivo, normalmente una tasa de errores de bit objetivo TEB0=10<sup>-5</sup>. La métrica  $\alpha$  da una buena medida de una degradación relativa introducida por el soporte de transmisión de la señal de comunicación para un entorno dado en comparación con un modelo de referencia del soporte de transmisión, ya que MCM corresponde a la potencia adicional requerida para un canal multitrayectos en comparación con un canal de referencia gaussiano para alcanzar una misma TEB y  
50 MCBE corresponde a la atenuación adicional obtenida para un modelo de atenuación en un espacio obstruido en comparación con la obtenida para un modelo de atenuación de referencia en un espacio libre.

55 Así, el procedimiento de selección dispone tantos valores de la métrica  $\alpha$  como diferentes modos de transmisión considerados Modelo..., ModoN, para una distancia d, una tasa de transferencia D y para los escenarios de propagación considerados.

El procedimiento de selección lleva a cabo una programación 3 según los valores crecientes o decrecientes de  $\alpha$  para seleccionar 4 al menos un modo de transmisión. El procedimiento selecciona 4 los modos  $\text{Modo}_i$  para los cuales el valor de la métrica  $\alpha$  es mínimo con un intervalo de variación del 10 %.

5 Según un primer modo de realización particular, para el modo de transmisión seleccionado o los diferentes modos de transmisión seleccionados  $\text{Modo}_i$ , el procedimiento de selección determina 5 para un modo de transmisión seleccionado, el valor de una segunda métrica  $\beta$  que mide el exceso de potencia no normalizada disponible a la distancia  $d$ , es decir, la diferencia entre la potencia disponible y la potencia mínima requerida:  $\beta = Pa(d) - S_M$ . El valor de esta segunda métrica  $\beta$  varía en concreto con la contribución de ruido en una banda de transmisión dada que, cuando aumenta, requiere una mayor potencia en la emisión.

La potencia mínima  $S_M$  necesaria para garantizar una tasa de transferencia de transmisión  $D$ , para un modo de transmisión dado, cuando el canal de propagación es de trayectos múltiples, corresponde al umbral de sensibilidad multitrayectos.

La potencia disponible  $Pa(d)$  depende del entorno considerado y de la potencia radiada PIRE a la salida de la antena de emisión.  $Pa(d)$  viene dado por:

$$Pa(d) = PIRE - PL_{MFS}(d) + Gr \quad (dBm) \quad (10)$$

con  $Gr$  la ganancia de la antena de recepción, PIRE la potencia radiada a la salida de la antena de emisión de la entidad emisora dada por la expresión:

$$PIRE = Pt + Gt \quad (dBm) \quad (11)$$

con  $Pt$  la potencia de entrada de la antena de emisión,  $Gt$  la ganancia de la antena de emisión.

Por lo tanto, la segunda métrica  $\beta$  puede expresarse según la siguiente relación:

$$\beta = PIRE + Gr - PL_{FS}(d) - \alpha - S \quad (12)$$

La potencia disponible  $Pa(d)$  debe ser al menos igual a la potencia mínima  $S_M$  necesaria para establecer la comunicación según un modo de transmisión seleccionado sobre la base de la primera métrica  $\alpha$ :  $Pa(d) > S_M$  es:  $\beta > 0$

La primera métrica  $\alpha$  asegura el logro de una determinada calidad, QoS objetivo, normalmente una tasa de errores de bit objetivo  $TEBo=10^{-5}$ , para la proporción de una tasa de transferencia  $D$  a la distancia  $d$  y la segunda métrica  $\beta$  permite controlar que la potencia disponible a la distancia  $d$  para el modo seleccionado es suficiente.

Los modos de transmisión seleccionados en base a la primera métrica  $\alpha$  para los que la segunda métrica  $\beta$  es inferior a cero se descartan ya que no proporcionan una potencia suficiente a la distancia  $d$ .

Si se seleccionan varios modos de transmisión sobre la base de la primera métrica  $\alpha$ , entonces el procedimiento de selección elige 6 un modo entre estos modos sobre la base de la segunda métrica  $\beta$ : el modo elegido  $\text{MODO}$  es aquel para el que  $\beta$  es el máximo entre dos valores  $\beta_{\min}$  y  $\beta_{\max}$ .  $\beta_{\min}$  es igual a cero más posiblemente un margen de 2/3 dB y  $\beta_{\max}$  es del orden de 35 dB. La consideración de  $\beta_{\max}$  es opcional y tiene por objeto limitar las potencias de emisión y mejorar la coexistencia entre las entidades de comunicación presentes en la misma zona de cobertura.

Según una realización particular ilustrada en la figura 15, el procedimiento de selección puede calcular los valores de la métrica  $\alpha$  para varios valores de  $d$ , normalmente para un intervalo:  $d_{\min} < d \leq d_{\max}$ . El valor máximo  $d_{\max}$  es un parámetro que puede tener un valor por defecto relacionado con el escenario de despliegue considerado, por ejemplo, algunas decenas de metros para el escenario WPAN. El valor  $d_{\max}$  puede modificarse en función de la entidad de comunicación que lleve a cabo el procedimiento de selección y, más particularmente, de las tecnologías de sus interfaces de transmisión o de su ubicación geográfica durante su instalación *in situ*.

Según esta realización, el procedimiento de selección repite las etapas 2, 3, 4, 5 y 6 para los valores de  $d$  que varían entre  $d_{\min}$  y  $d_{\max}$ . Al término de esta repetición, el procedimiento seleccionó un solo modo  $\text{MODO}_j$  para cada valor de distancia  $d_j$ .

Durante esta realización, el procedimiento puede estimar el intervalo de variación de  $\alpha$ ,  $\alpha_{j,\min} \leq \alpha_j \leq \alpha_{j,\max}$ , para los diferentes modos  $\text{MODO}_j$  seleccionados en el intervalo  $d_{\min} < d \leq d_{\max}$  según el siguiente desarrollo.

Un modo seleccionado  $MODO_j$  puede seleccionarse para varios valores de  $d$  sucesivos. Para este intervalo de distancia  $d$ , los valores de la métrica  $\alpha$  para el modo seleccionado  $MODO_j$  pueden variar entre dos valores:  $\alpha_{j,min}$  y  $\alpha_{j,max}$ . Los valores  $\alpha_{j,min}$  y  $\alpha_{j,max}$  son relativos a los puntos de intersección entre los diferentes modos seleccionados  $MODO_j$ . Para un modo seleccionado  $MODO_j$ , el valor  $\alpha_{j,max}$  corresponde al punto de intersección (máximo local) asociado al modo más cercano en función de la evolución de la distancia emisor-receptor o bien al valor en origen en ausencia de un punto de intersección,  $\alpha_{j,max}$  está asociado a una distancia  $d_1$ . El valor  $\alpha_{j,min}$  corresponde al punto de intersección (mínimo local) asociado al modo más cercano en función de la evolución de la distancia emisor-receptor o bien al valor en origen en ausencia de un punto de intersección,  $\alpha_{j,min}$  está asociado a una distancia  $d_2$ .

La figura 16 permite ilustrar esta realización para un escenario de visibilidad. Para una distancia inferior a 1,5 m, el modo seleccionado  $MODO_i$  es el modo MCS<sub>11n-26</sub> y los valores de  $\alpha_{min}$  y  $\alpha_{max}$  se asocian a los puntos A0(0,22.9) y A1(1,5,22.9) con  $\{\alpha_{min}=\alpha_{max}\}=\{22,9\}$ . Más allá de esta distancia, para una distancia que varía entre 1,5 m y 6 m, el modo seleccionado  $MODO_j$  es el modo LOS-MAG-16-QAM 2/3 y los valores de  $\alpha_{min}$  y  $\alpha_{max}$  correspondientes se asocian a los puntos A2(6,17.4) y A1 con  $\{\alpha_{min}, \alpha_{max}\}=\{17,4, 22,9\}$ . Se supone que el modo MCS-11n-10 está disponible para una distancia superior a 6 m.

La figura 17 se refiere a las distancias mayores que conducen a una modificación en los escenarios de propagación y en la selección de los modos de transmisión. Para una distancia  $d < 12$  m, el modo seleccionado  $MODO_j$  es MCS-11n-26. Los valores para  $\alpha_{min}$  y  $\alpha_{max}$  están asociados a los puntos A3(6,25) y A4(11,29.1) con  $\{\alpha_{min}, \alpha_{max}\}=\{25,0, 29,1\}$ . Más allá de esta distancia, el modo seleccionado  $MODO_j$  es MAG-NLOS-16-QAM 2/3.

La implementación de un procedimiento de selección según la invención se ilustra en la figura 18. Según esta implementación, el procedimiento de selección comprende además una etapa 7 de emisión de una trama de preámbulo dedicada. Esta trama de preámbulo dedicada TR comprende secuencias dedicadas a la estimación de las métricas  $\alpha$  y  $\beta$  para al menos dos modos de transmisión diferentes, las secuencias dedicadas contienen datos conocidos de la recepción. La trama del preámbulo TR permite una estimación 8 de las métricas  $\alpha$  y  $\beta$  según el procedimiento 1 ilustrado en la figura 15. Esta trama dedicada está integrada en una capa inter-MAC equivalente a la capa UCL de un sistema MAGNET, figura 2, que encapsula diferentes tramas PPDU asociadas con las diferentes interfaces  $I_j$  de transmisión asociadas en sí con los diferentes modos de transmisión considerados. Esto permite que los formatos de tramas PHY asociados con los sistemas existentes no sean modificados.

La entidad receptora de la trama dedicada estima las métricas  $\alpha$  y  $\beta$  a partir de las secuencias dedicadas para los diferentes modos de transmisión considerados  $MODO_j$ , lo que permite obtener  $\alpha_j, \beta_j$ . La entidad receptora transmite a la entidad emisora las diferentes estimaciones de las métricas  $\alpha$  y  $\beta$  según métodos conocidos por el experto en la materia (en particular, la transmisión puede tomar la denominada vía de retorno).

Según un modo de implementación, el procedimiento de selección es dinámico.

Según este modo, el procedimiento de selección actualiza 9 las métricas  $\alpha$  y  $\beta$  con los datos transmitidos por la señal de comunicación, lo que permite obtener  $\alpha_j, \beta_j$ .

Si 10 la métrica actualizada  $\alpha_j$  está en el intervalo de variación  $\alpha_{j,min} \leq \alpha_j \leq \alpha_{j,max}$  del modo seleccionado  $MODO_j$ , entonces 11, según la estructura de trama PPDU de la interfaz  $j$  correspondiente al modo  $MODO_j$ , se inyecta una nueva trama PSDU (o trama PPDU en función de los protocolos MAC).

Si 10 la métrica actualizada  $\alpha_j$  ya no está en el intervalo de variación del modo  $j$ , entonces se lleva a cabo 12 una selección 13 de un nuevo modo según el procedimiento de selección 1 utilizando los valores de las métricas deducidas de la trama dedicada anterior utilizando el valor del parámetro MCM previamente calculado y almacenado y utilizando una actualización del parámetro MCBE utilizando los datos (data).

Si 14 el nuevo modo seleccionado  $MODO_j$  corresponde a la misma interfaz  $I_j$ , entonces se inyecta 15 una trama PSDU o una trama PPDU según la trama de la interfaz  $I_j$ .

Si se modifica 14 la interfaz de transmisión  $I_j$ , entonces se realiza 16 una retroalimentación de trama dedicada y se repite el procedimiento de implementación.

Este modo de realización permite llevar a cabo ventajosamente una selección casi en tiempo real del modo más apropiado de transmisión.

De hecho, tan pronto como el valor de la métrica actualizada sobre la base de los datos abandone un intervalo dado  $\alpha_{min} < \alpha < \alpha_{max}$  y si se modifica la interfaz de transmisión, entonces el procedimiento de selección activa la emisión de una trama de preámbulo dedicada realizada al principio de la supertrama.

El siguiente ejemplo es una ilustración de un modo de realización de un procedimiento de selección según la invención en el caso de entidades de comunicación compatibles de un sistema MC-SS MAGNET con la posibilidad de

seleccionar dos modos de transmisión diferentes para una tasa de transferencia D del orden de 80Mbits/s. La tabla B.1 en el anexo B proporciona algunas características de un sistema MC-SS MAGNET. La figura 13 representa los modelos de atenuación a 5GHz asociados con este sistema. Los dos modos de transmisión son 16QAM 2/3 y 16QAM 3/4, respectivamente. El parámetro MCBE presenta los mismos valores para ambos modos ya que los modelos de atenuación considerados son los mismos.

La figura 19 muestra, para cada uno de los dos modos, los valores de la primera métrica  $\alpha$  en función de la distancia d para los dos escenarios considerados LOS y NLOS.

El procedimiento según la invención selecciona el modo de transmisión que conduce al valor más pequeño de la primera métrica  $\alpha$  para una distancia d emisor-receptor. En el caso de un escenario de propagación de visibilidad (LOS) o ausencia de visibilidad (NLOS), se trata del modo 16-QAM 2/3.

El procedimiento según la invención calcula los valores de la segunda métrica  $\beta$  para el modo seleccionado 16-QAM 2/3 sobre la base de la primera métrica  $\alpha$ . Estos valores se representan en la curva de la figura 20. Esta curva permite constatar que la condición  $\beta > 0$  se verifica para todo el intervalo de distancia d considerada.

El siguiente ejemplo es una ilustración de un modo de realización de un procedimiento de selección según la invención en el caso de entidades de comunicación compatibles de un sistema IEEE802.11n con la posibilidad de seleccionar cuatro

modos de transmisión diferentes para una tasa de transferencia D del orden de 80Mbits/s. La tabla B.2 del anexo B proporciona algunas características de un sistema IEEE802.11n. La figura 13 representa los modelos de atenuación a 5GHz asociados con este sistema IEEE802.11n.

Los cuatro modos de transmisión son MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4, MCS<sub>11n</sub>4-STBC y MCS<sub>11n</sub>26, respectivamente que corresponden a una modulación QPSK 3/4, 16QAM 3/4, 16QAM 3/4 y QPSK 3/4, respectivamente. El parámetro MCBE presenta los mismos valores para estos cuatro modos ya que el modelo de atenuación PLB(d) considerado es el mismo.

La figura 21 muestra, para cada uno de los cuatro modos, los valores de la primera métrica  $\alpha$  en función de la distancia d.

Según una primera realización, el procedimiento según la invención selecciona el modo de transmisión que conduce al valor más pequeño de la primera métrica  $\alpha$  para una distancia d emisor-receptor: se trata del modo MCS<sub>11n</sub>4-STBC.

Según otra realización, el procedimiento según la invención selecciona los modos de transmisión para los cuales el valor de la primera métrica  $\alpha$  es inferior a un umbral determinado, por ejemplo 25dB. En este caso, los cuatro modos MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4, MCS<sub>11n</sub>4-STBC y MCS<sub>11n</sub>26 se seleccionan para una distancia d inferior a aproximadamente 6 m. Para el intervalo de distancia d comprendido entre 6 m y 19 m, se seleccionan los tres modos MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4 y MCS<sub>11n</sub>4-STBC.

El procedimiento de selección según la invención calcula los valores de la segunda métrica  $\beta$  para el modo seleccionado MCS<sub>11n</sub>4-STBC, para los cuatro modos seleccionados o para los tres modos seleccionados en base a la primera métrica  $\alpha$ .

Los valores de la segunda métrica  $\beta$  se representan en la curva de la figura 22. Esta curva permite constatar que la condición  $\beta > 0$  ya no se verifica para ciertas distancias d más allá de 10 m, en función de los diferentes modos. Esto significa que la potencia disponible a esta distancia es inferior al umbral de sensibilidad y, por lo tanto, si la distancia entre las dos entidades supera esta distancia d, entonces la entidad receptora dejará de estar en la cobertura de la entidad emisora para el modo considerado.

Según la primera realización, sólo se selecciona el modo MCS<sub>11n</sub>4-STBC. La condición  $\beta > 0$  ya no se verifica para distancias d que superan aproximadamente 20 m para una potencia radiada PIRE igual a 15 dBm. Al aumentar esta potencia radiada en 15 dBm (PIRE=30dBm), esto permite aumentar la potencia disponible a una distancia d y, por lo tanto, aumentar el alcance de la entidad emisora.

Según otra realización, los cuatro modos MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4, MCS<sub>11n</sub>4-STBC y MCS<sub>11n</sub>26 se seleccionan para una distancia d inferior a aproximadamente 6 m y para el intervalo de distancia d comprendido entre 6 m y 19 m, se seleccionan los tres modos MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4 y MCS<sub>11n</sub>4-STBC.

Para una distancia d inferior a aproximadamente 10 m, se verifica la condición  $\beta > 0$  para los cuatro modos MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4, MCS<sub>11n</sub>4-STBC y MCS<sub>11n</sub>26. El procedimiento de selección escoge preferentemente el modo para el cual  $y_{0\min} \leq \beta \leq y_{\beta\max}$ .

Para el intervalo de distancia  $d$  comprendido entre 6 m y 19 m, la condición  $\beta > 0$  ya no se verifica para distancias  $d$  que superan aproximadamente 15 m, 14 m y 19 m, respectivamente para los tres modos MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4 y MCS<sub>11n</sub>4-STBC, para una potencia radiada PIRE igual a 15 dBm. Para una distancia  $d$  comprendida en este intervalo, el procedimiento de selección puede elegir el llamado modo actual para el cual  $y_{0min} \leq \beta \leq y_{0max}$  y dar prioridad al modo para el cual el valor de  $\beta$  es el más pequeño. El procedimiento de selección puede posiblemente comparar la elección actual con la elección realizada para una distancia  $d$  inferior. Si las opciones son diferentes, el procedimiento de selección puede decidir aumentar la potencia radiada PIRE. En este caso, el procedimiento de selección debe revisar la elección actual en función de los nuevos valores de  $\beta$  obtenidos.

5 El siguiente ejemplo es una ilustración de una implementación de un procedimiento de selección según la invención en el caso de entidades de comunicación compatibles de un sistema IEEE802.11n y de un sistema MC-SS MAGNET con la posibilidad de seleccionar seis modos de transmisión diferentes para una tasa de transferencia  $D$  del orden de 80Mbits/s:

15 - dos modos de transmisión asociados a la interfaz de transmisión MC-SS MAGNET, que son 16QAM 2/3 y 16QAM 3/4, respectivamente.

20 - cuatro modos de transmisión asociados a la interfaz de transmisión IEEE802.11n que son MCS<sub>11n</sub>10, MCS<sub>11n</sub>4, MCS<sub>11n</sub>4-STBC y MCS<sub>11n</sub>26, respectivamente.

La figura 23 representa los diferentes valores de la primera métrica  $\alpha$  en función de la distancia  $d$  para estos diferentes modos, valores que se extraen de las figuras 19 y 21.

25 Según una primera realización, el procedimiento según la invención selecciona el modo de transmisión que conduce al valor más pequeño de la primera métrica  $\alpha$  para una distancia  $d$  emisor-receptor: se trata del modo MCS<sub>11n</sub> 4-STBC.

Anexo A

Tabla A.1

Tasa de transferencia D	20 MHz			40 MHz		
	QPSK	16QAM	64QAM	QPSK	16QAM	64QAM
1/2	1,8 Nc	3,61 Nc	5,41 Nc	3,61 Nc	7,22 Nc	10,83 Nc
2/3	2,41 Nc	4,81 Nc	7,22 Nc	4,81 Ne	9,62 Ne	14,44 Nc
3/4	2,71 Nc	5,41 Ne	8,12 Ne	5,41 Nc	10,83 Nc	16,24 Nc

30

Tabla A.2

Parámetros	Modelos FranceTélécom ECMA-368		Modelos MAGNET a 5,2 GHz (PAN-FD)		Modelos TG11n Canal B	
	LOS	NLOS	LOS	NLOS	LOS	NLOS
$d_0$	1	1	2,5	2,5	5	5
$f_0$	3,939 GHz	3,939 GHz	5,2	5,2	5,2	5,2
$PL(d_0, f_0)$	48,9	54,6	55,97	62,79	47,41	47,41
$n$	1,62	3,22	1,34	1,85	3,5	3,5
$\sigma$	0	0	3,26	4,96	3	4

35 Anexo B

Tabla B.1

Sistema MC-SS Magnet,			
Modo de transmisión	16-QAM 2/3 Nc/Lc=1	16-QAM 3/4 Nc/Lc=1	64-QAM 1/2 Nc/Lc=1

# ES 2 747 975 T3

(continuación)

Tasa de transferencia Mb/s	76,96	86,64	86,64
Banda útil MHz	30,156	30,156	30,156
SNR dB	27	35	27
NF+L0 (dB)	6,6+2,5	6,6+2,5	6,6+2,5
S (dBm)	-76,04	-75,32	-75,78
S <sub>M</sub> (dBm) (BRAN-A)	-59,04	-50,52	-58,52
MCM (dB)	17	24,8	17,26

Tabla B.2

Sistema IEEE 802.11 n				
MCS <sub>11n</sub>	10	4	4	26
Modo de transmisión	QPSK Nss=2 40 MHz SDM (2,2,2)	$\frac{3}{4}$ 16-QAM Nss=1 40 MHz SISO (1,1,1)	$\frac{3}{4}$ 16-QAM Nss=1, 40 MHz STBC (1,2,2)	$\frac{3}{4}$ Nss=4 20 MHz SDM (4,4,4)
Tasa de transferencia Mb/s	81	81	81	78
Banda (MHz)	35,9	35,9	35,9	20 MHz
SNR (dB)	20	21,5	16	27,5
NF+L0 (dB)	10+2,5	10+2,5	10+2,5	10+2,5
S (dBm)	-78,88	-71,92	-71,92	-82,05
SM (dBm) Canal B	-65,94	-62,94	-69,94	-61,44
MCM (dB)	12,86	8,96	1,96	20,61

## Anexo C

Tabla C.1

	BPSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4	64-QAM 2/3	64-QAM 3/4	64-QAM 5/6
<b>MCS<sub>11n</sub></b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>20 MHz, Nss=1, N ES=1</b>								
Tasa de transferencia	6,5	13	19,5	26	39	52	58,5	65
<b>40 MHz, Nss=1, N ES=1</b>								
Modulación	BPSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4	64-QAM 2/3	64-QAM 3/4	64-QAM 5/6
Tasa de transferencia útil Mbit/s	13,5	27	40,5	54	81	108	121,5	135
<b>20 MHz, Nss=2, N ES=1</b>								
Modulación	BPSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4	64-QAM 2/3	64-QAM 3/4	64-QAM 5/6
<b>MCS<sub>11n</sub></b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>

ES 2 747 975 T3

(continuación)

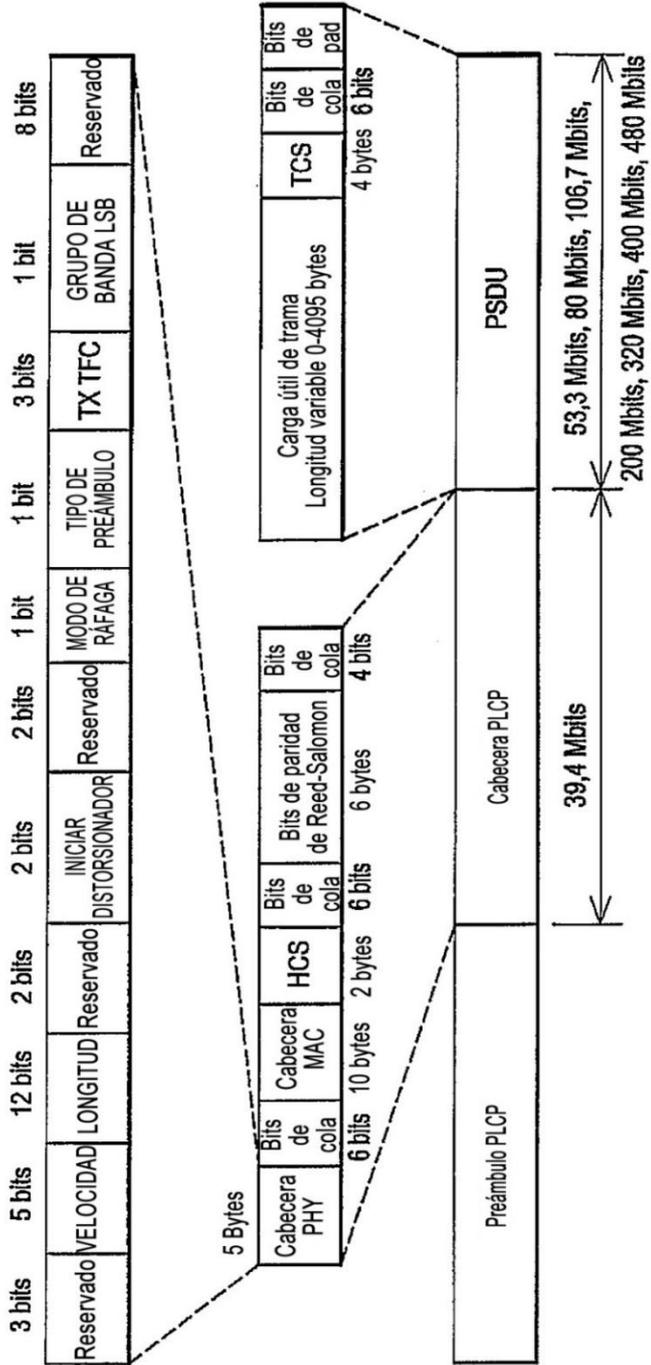
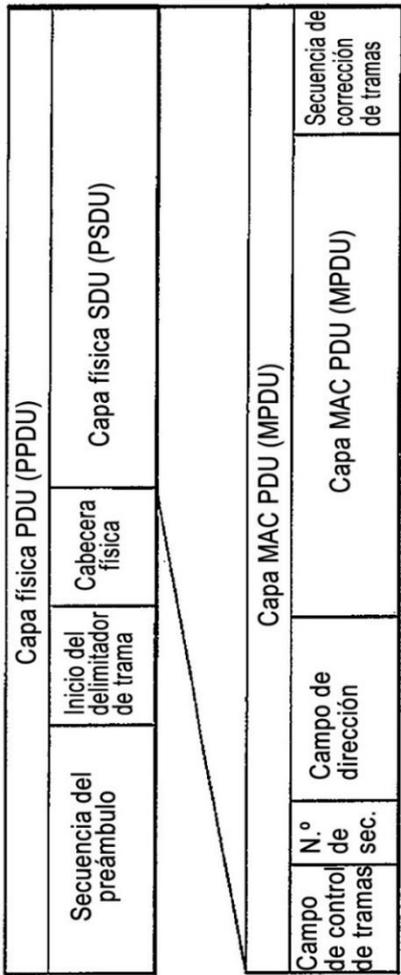
Tasa de transferencia útil Mbit/s	13	26	39	52	78	104	117	130
<b>40 MHz, N<sub>ss</sub>=2, N<sub>ES</sub>=1</b>								
Modulación	BPSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4	64-QAM 02 de marzo	64-QAM 3/4	64-QAM 5/6
Tasa de transferencia útil Mbit/s	27	54	81	108	162	216	243	270
MCS <sub>11n</sub>	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>20 MHz, N<sub>ss</sub>=4, N<sub>ES</sub>=1</b>								
Modulación	BPSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4	64-QAM 2/3	64-QAM 3/4	64-QAM 5/6
Tasa de transferencia útil Mbit/s	26	52	78	104	156	208	234	260
<b>40 MHz, N<sub>ss</sub>=4, N<sub>ES</sub>=1</b>								
Modulación	BPSK 1/2	QPSK 1/2	QPSK 3/4	16-QAM 1/2	16-QAM 3/4	64-QAM 02 de marzo	64-QAM 3/4	64-QAM 5/6
Tasa de transferencia útil Mbit/s	54	108	162	216	324	432	486	540

## REIVINDICACIONES

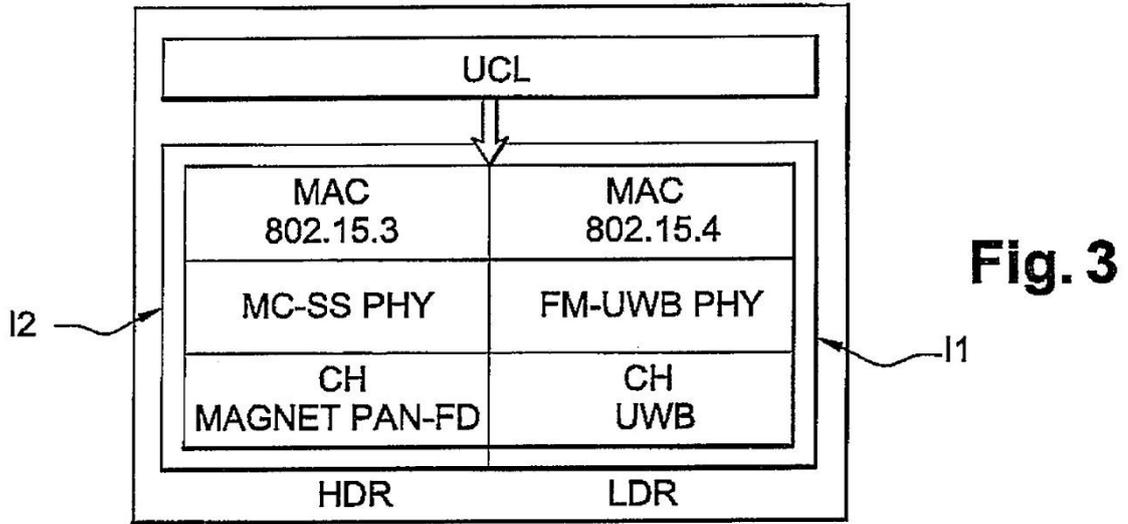
1. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión, destinado a una primera entidad de telecomunicación que comprende diferentes modos (Modo  $i=1$  a  $N$ ) de transmisión de una señal de comunicación destinada a una segunda entidad de telecomunicación, asegurando los diferentes modos de transmisión una misma tasa de transferencia  $D$  en bits/s, **caracterizado porque** comprende:
- una etapa (2) de determinación para un modo de transmisión dado que asegura la tasa de transferencia  $D$  del valor de una primera métrica  $\alpha$  que mide una degradación relativa a una distancia dada  $d$  introducida por el soporte de transmisión de la señal de comunicación, resultado de una degradación relativa relacionada con un efecto multitrayectos (MCM) a nivel de enlace con respecto a un canal gaussiano y de una degradación relativa relacionada con un efecto de atenuación del soporte de transmisión (MCBE) con respecto a un modelo de atenuación de espacio libre, de manera que el efecto multitrayectos (MCM) se determina calculando la diferencia entre un umbral de sensibilidad multitrayectos del modo de transmisión y un umbral de sensibilidad del mismo modo de transmisión, correspondiendo el umbral de sensibilidad a una potencia mínima necesaria para garantizar la tasa de transferencia  $D$  con una tasa de errores de bit TEB objetivo representativa de una calidad de servicio QoS en un soporte de transmisión gaussiano,
  - una etapa (3) de comparación de los valores de la primera métrica  $\alpha$  para diferentes modos que garantizan la misma tasa de transferencia  $D$  para seleccionar (4) al menos un modo de transmisión (Modo $i$ ).
2. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión según la reivindicación 1, en el que la primera métrica  $\alpha$  es el resultado de una suma ponderada de una degradación relativa relacionada con el efecto multitrayectos (MCM) y de una degradación relativa relacionada con el efecto de atenuación del soporte de transmisión (MCBE).
3. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión según la reivindicación 1, que comprende además para los modos de transmisión seleccionados:
- una etapa (5) de determinación del valor de una segunda métrica  $\beta$  que mide el exceso de potencia no normalizada disponible a la distancia  $d$ , es decir, la diferencia entre la potencia disponible y la potencia mínima requerida,
  - una elección (6) de un modo de transmisión (MODO, MODO $j$ ) para el cual la segunda métrica  $\beta$  pasa un umbral dado.
4. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión que consiste en repetir para diferentes distancias ( $d_j$ ) un procedimiento de selección según la reivindicación anterior.
5. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión según la reivindicación 3, en el que la segunda métrica  $\beta$  se calcula según la siguiente relación:  $\beta = Gr + PIRE - a - S - PL_{FS}(d)$ , en la que PIRE es la potencia radiada a la salida de la antena de emisión de la entidad emisora,  $Gr$ , es la ganancia de la antena de recepción,  $S$  es la potencia mínima requerida para garantizar la tasa de transferencia  $D$  con una calidad de servicio QoS dada para un canal gaussiano,  $PL_{FS}(d)$  es la atenuación de propagación en el espacio libre.
6. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión según una de las reivindicaciones 1, 3 y 4, que comprende además una etapa de emisión de una trama de preámbulo dedicada que comprende secuencias dedicadas a la estimación de la primera métrica  $\alpha$  y/o de la segunda métrica  $\beta$  para al menos dos modos de transmisión diferentes.
7. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión según una de las reivindicaciones 3 y 4, que comprende además una actualización (9) del valor de la primera y de la segunda métricas  $\alpha$ ,  $\beta$  a partir de una estimación de las métricas  $\alpha$ ,  $\beta$  llevada a cabo a partir de los datos (campo PSDU) transmitidos por la señal de comunicación entre las dos entidades.
8. Procedimiento (1) de selección de un modo de transmisión según la reivindicación anterior, estando un modo de transmisión asociado a una interfaz de transmisión ( $I_j$ ), que comprende además:
- una activación de una emisión de una trama de preámbulo dedicada que comprende secuencias dedicadas a la estimación de la primera métrica  $\alpha$  y/o de la segunda métrica  $\beta$  para al menos dos interfaces de transmisión del sistema tan pronto como el valor de la primera métrica  $\alpha$  actualizada salga de un intervalo dado ( $\alpha_{min} < \alpha_j < \alpha_{max}$ ) y que el modo seleccionado (MODO $j$ ) a partir de la segunda métrica  $\beta$  actualizada se asocie con una interfaz de transmisión distinta de la asociada con el modo seleccionado anterior.
9. Entidad de comunicación que comprende al menos dos modos (MODO, MODO $j$ ) de transmisión diferentes que garantizan una misma tasa de transferencia  $D$  en bits/s, **caracterizada porque** comprende:

- 5 - un módulo de determinación para un modo de transmisión dado que garantiza la tasa de transferencia D del valor de una primera métrica  $\alpha$  que mide una degradación relativa a una distancia dada d introducida por el soporte de transmisión de la señal de comunicación, resultado de una degradación relativa relacionada con un efecto multitrayectos (MCM) a nivel de enlace con respecto a un canal gaussiano y de una degradación relativa relacionada con un efecto de atenuación del soporte de transmisión (MCBE) con respecto a un modelo de atenuación en el espacio libre, de manera que el efecto multitrayectos (MCM) se determina calculando la diferencia entre un umbral de sensibilidad multitrayectos del modo de transmisión y un umbral de sensibilidad del mismo modo de transmisión, correspondiendo el umbral de sensibilidad a una potencia mínima necesaria para garantizar la tasa de transferencia D con una tasa de errores de bit TEB objetivo representativa de una calidad de servicio QoS en un soporte de transmisión gaussiano,
- 10 - un módulo de comparación de los valores de la métrica  $\alpha$  para diferentes modos que garantizan la misma tasa de transferencia D para seleccionar al menos un modo de transmisión.
- 15 10. Entidad de comunicación según la reivindicación anterior que comprende varias interfaces de transmisión, siendo los modos de transmisión asociados con una de las interfaces de transmisión, de modo que las interfaces de transmisión pertenecen a una lista que comprende:
- 20 - una interfaz de tipo corriente portadora en línea PLT (CPL),
- una interfaz de tipo transmisión en una banda de radiofrecuencia (RF),
- una interfaz de tipo óptico.
- 25 11. Sistema de telecomunicación que comprende una entidad de comunicación según la reivindicación 9.
12. Programa informático en un soporte de informaciones, incluyendo dicho programa instrucciones de programa adaptadas para la implementación de un procedimiento de selección de un modo de transmisión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, cuando dicho programa se carga y ejecuta en una entidad de comunicación destinada a implementar un procedimiento de selección de un modo de transmisión.
- 30 13. Soporte de informaciones que incluye instrucciones de programa adaptadas para la implementación de un procedimiento de selección de un modo de transmisión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, cuando dicho programa se carga y ejecuta en una entidad de comunicación destinada a implementar un procedimiento de selección de un modo de transmisión.
- 35

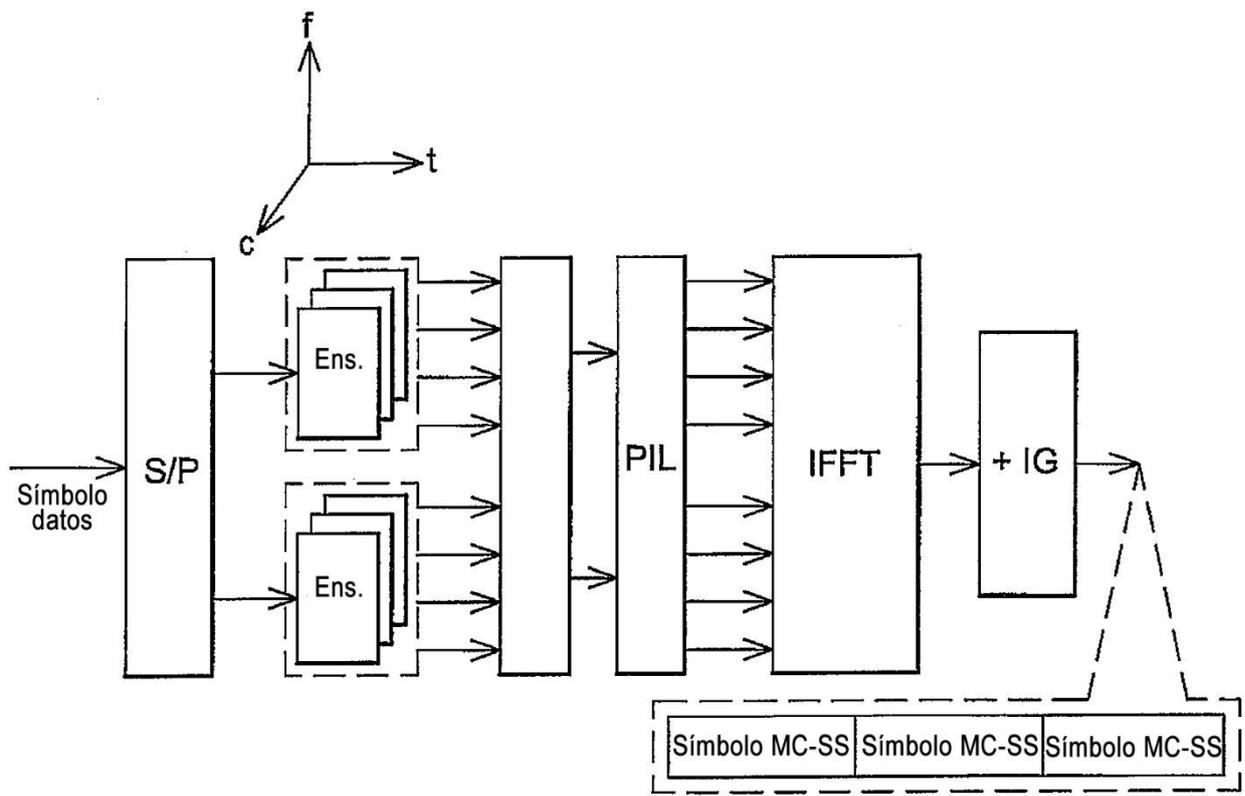
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**

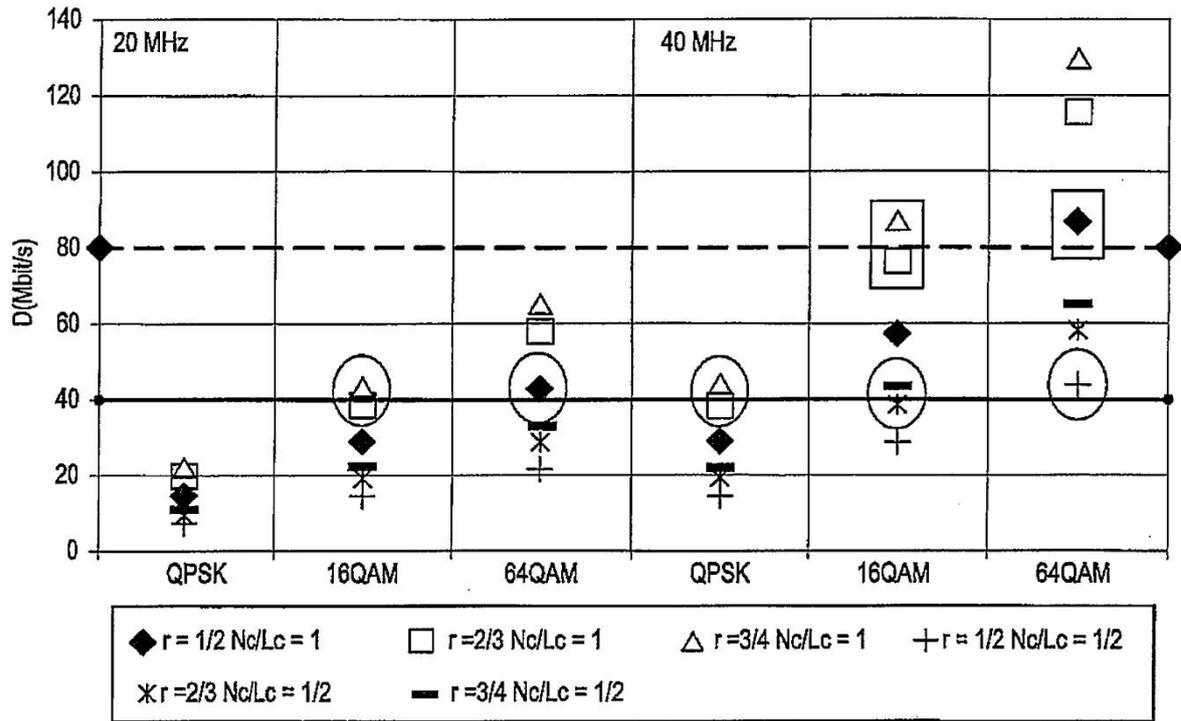


Fig. 5

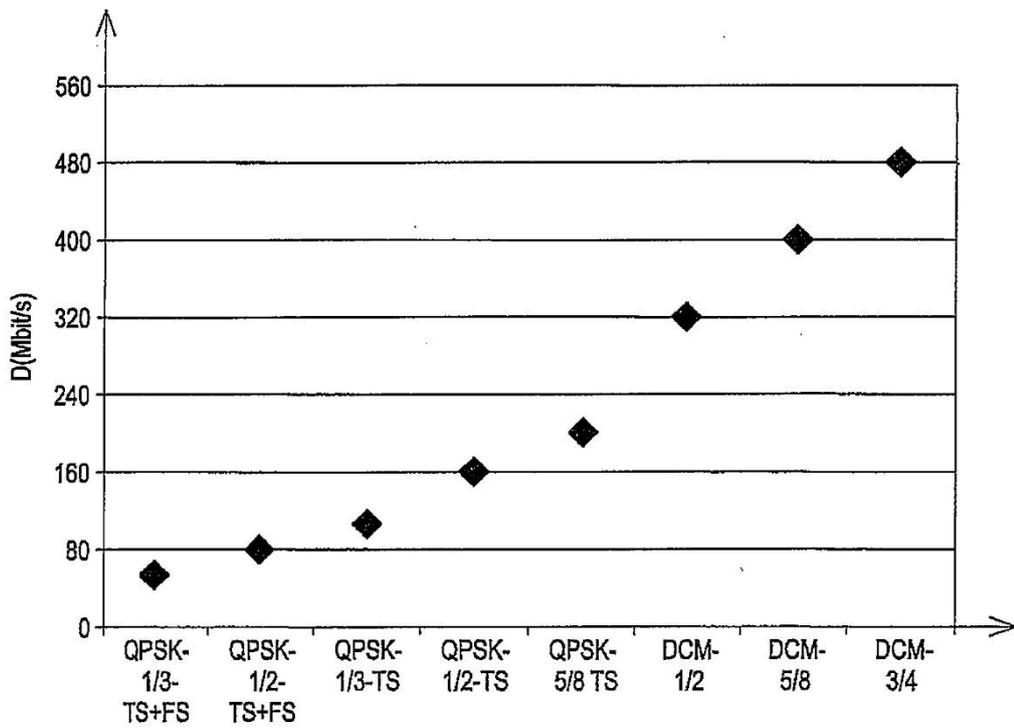


Fig. 7

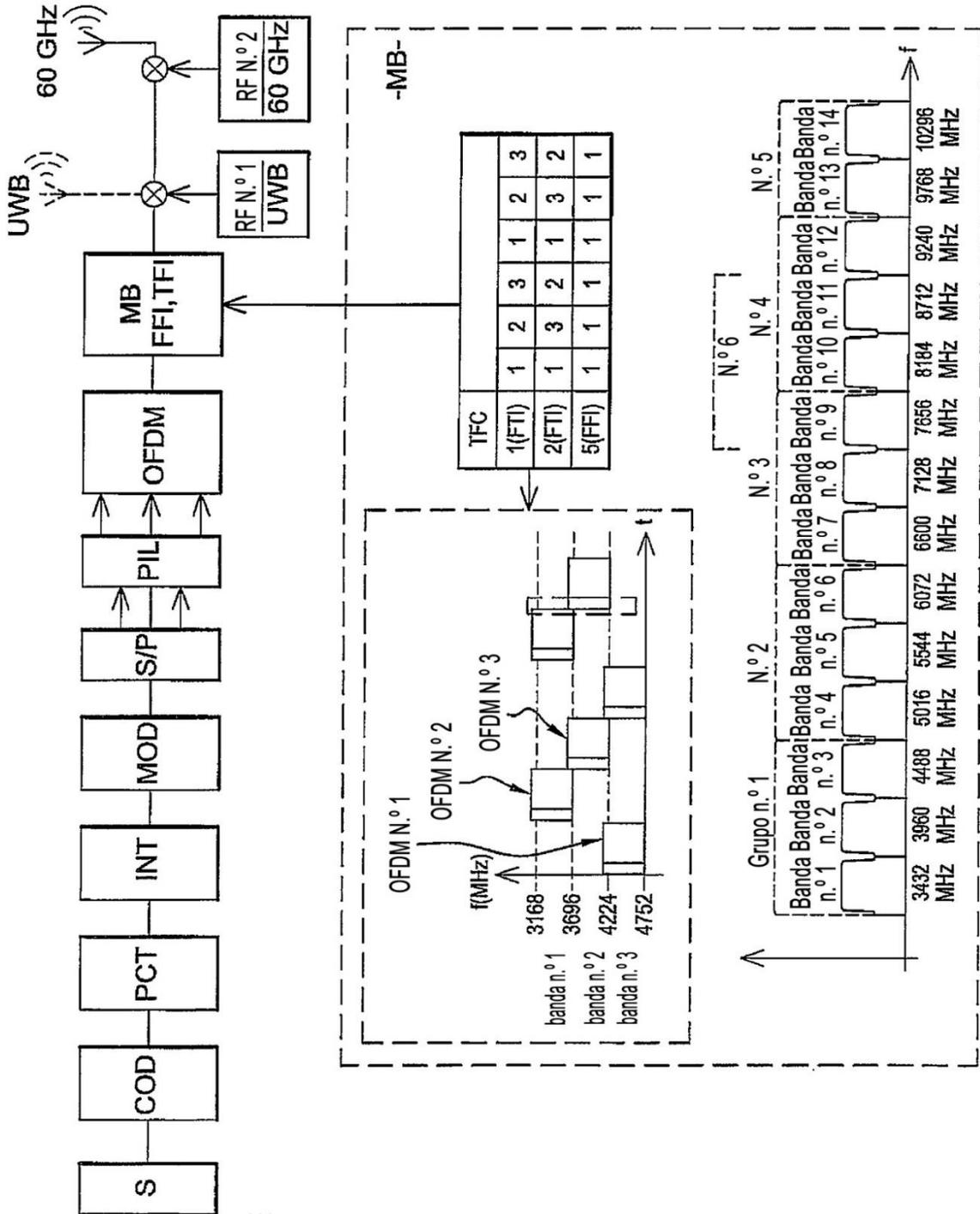


Fig. 6

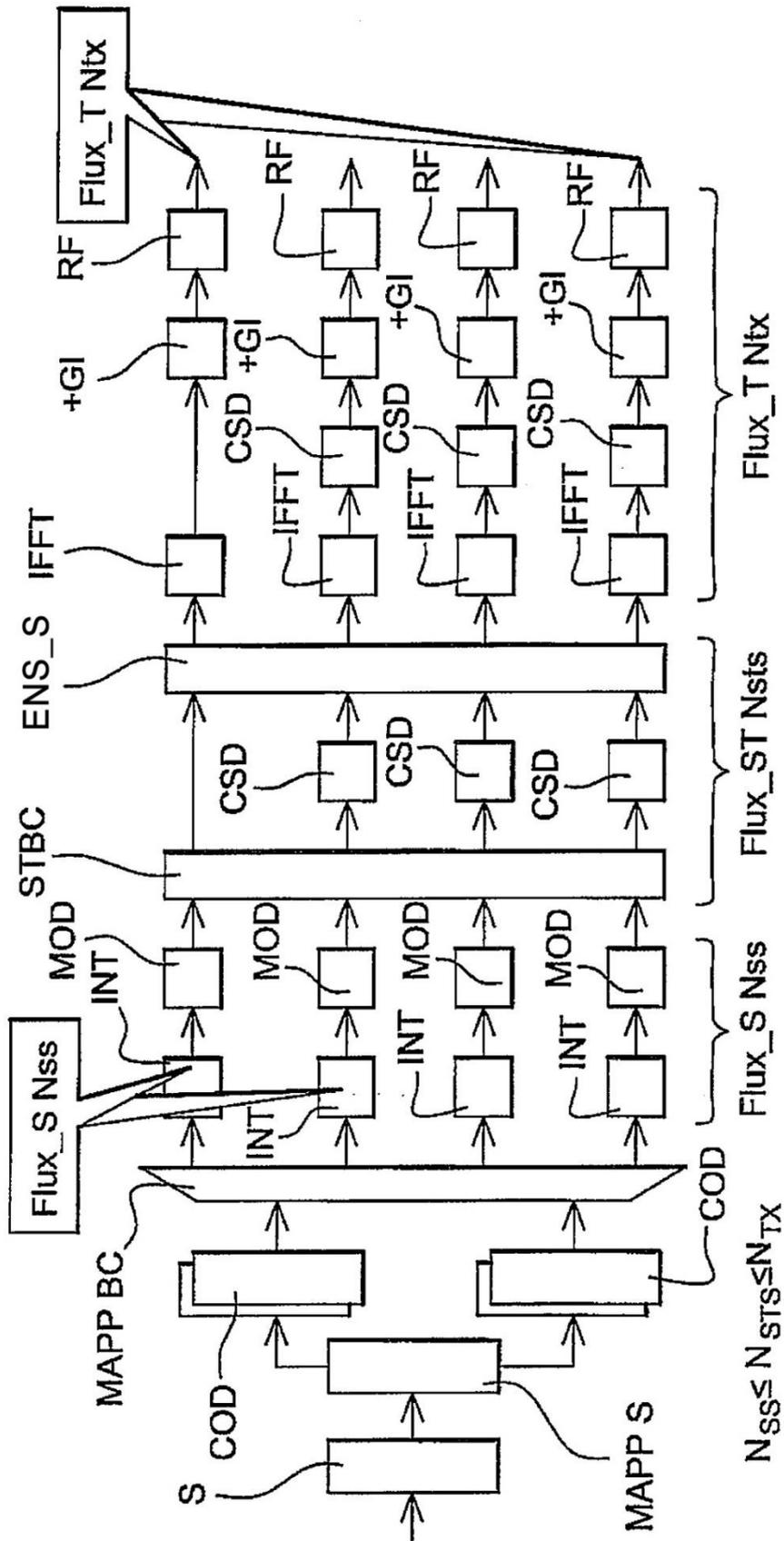


Fig. 8

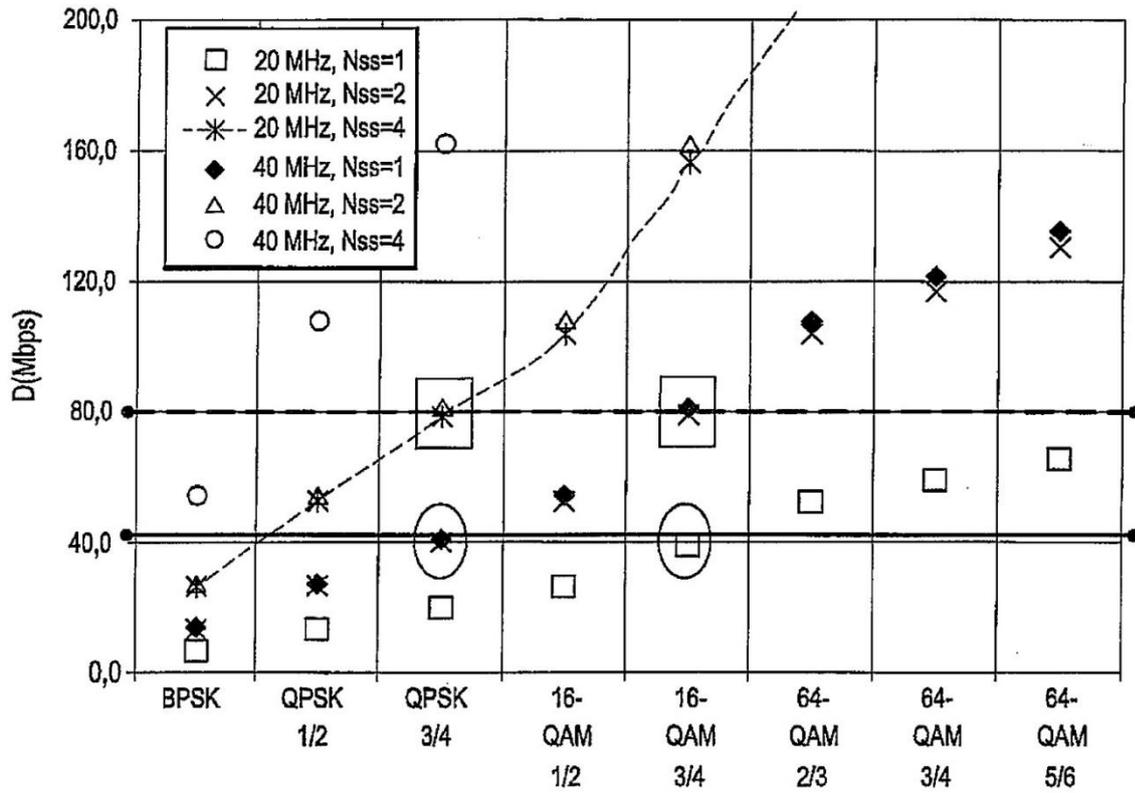


Fig. 9

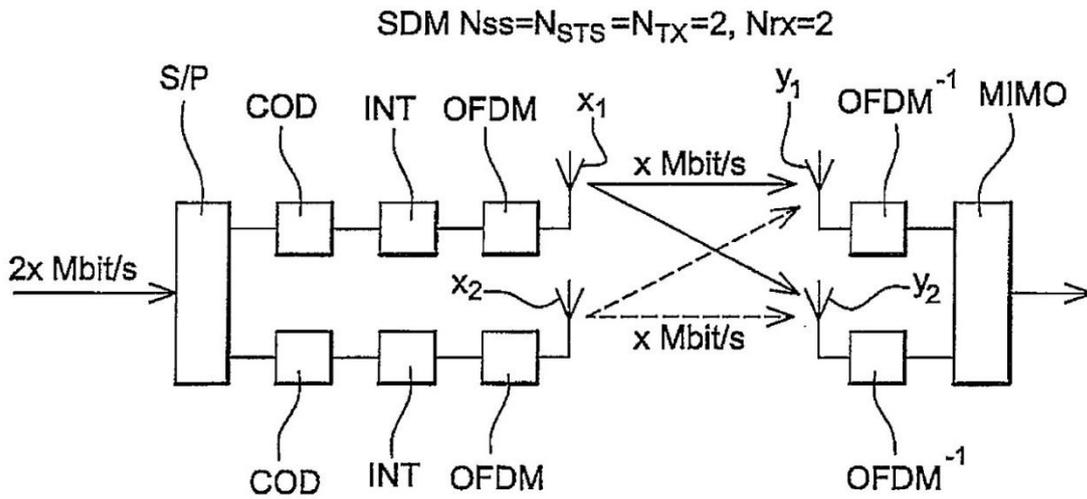


Fig. 10

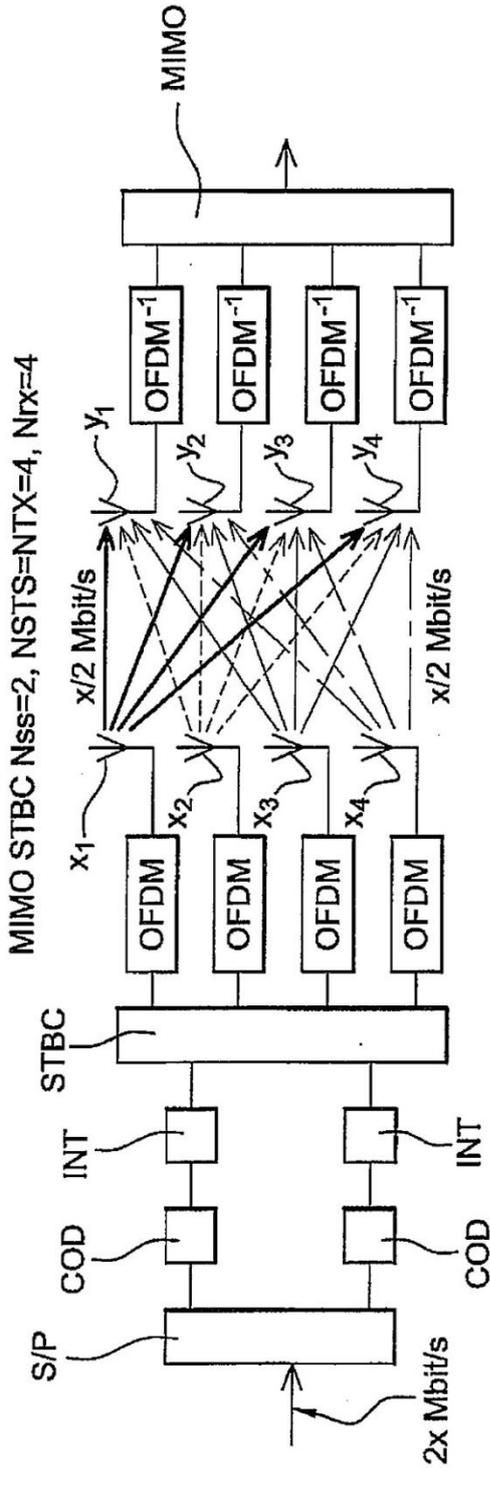


Fig. 11

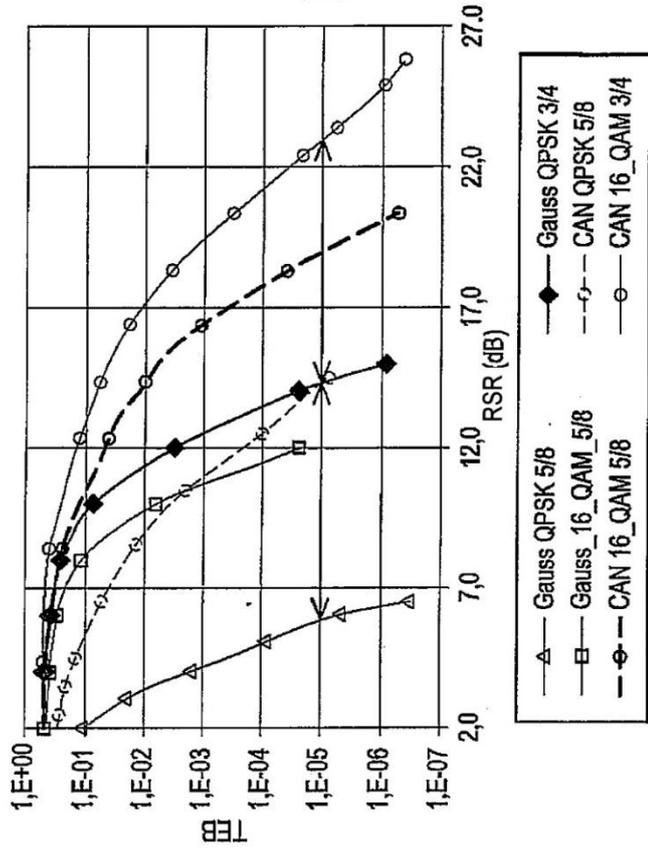


Fig. 12b

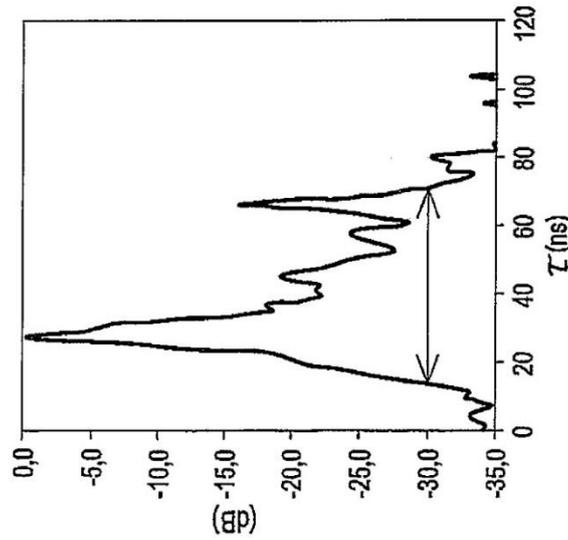
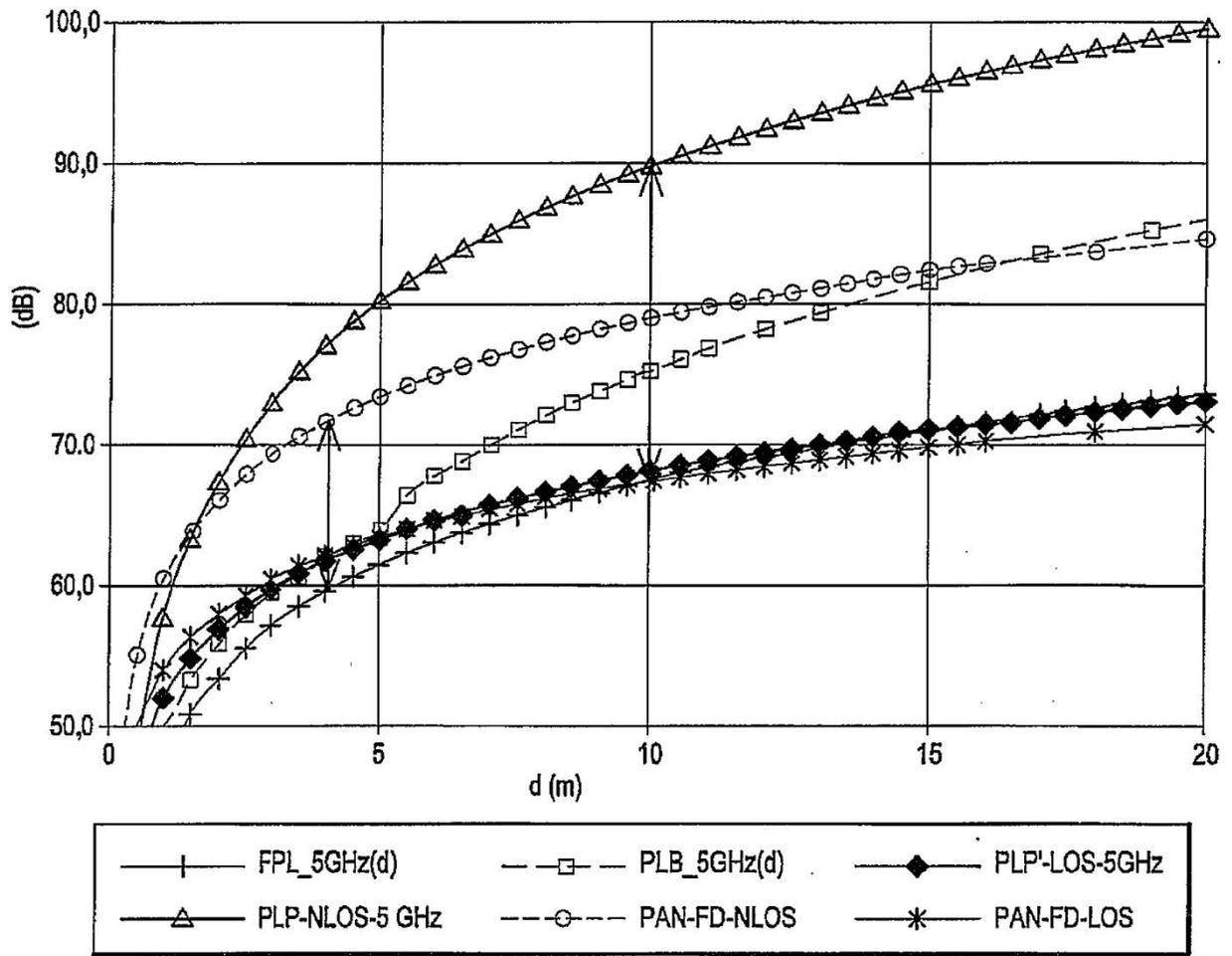


Fig. 12a



**Fig. 13**

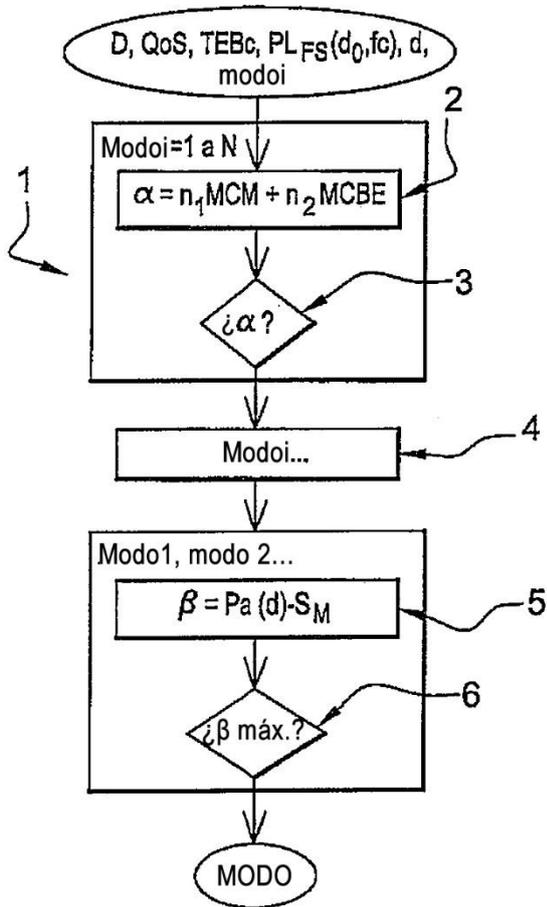


Fig. 14

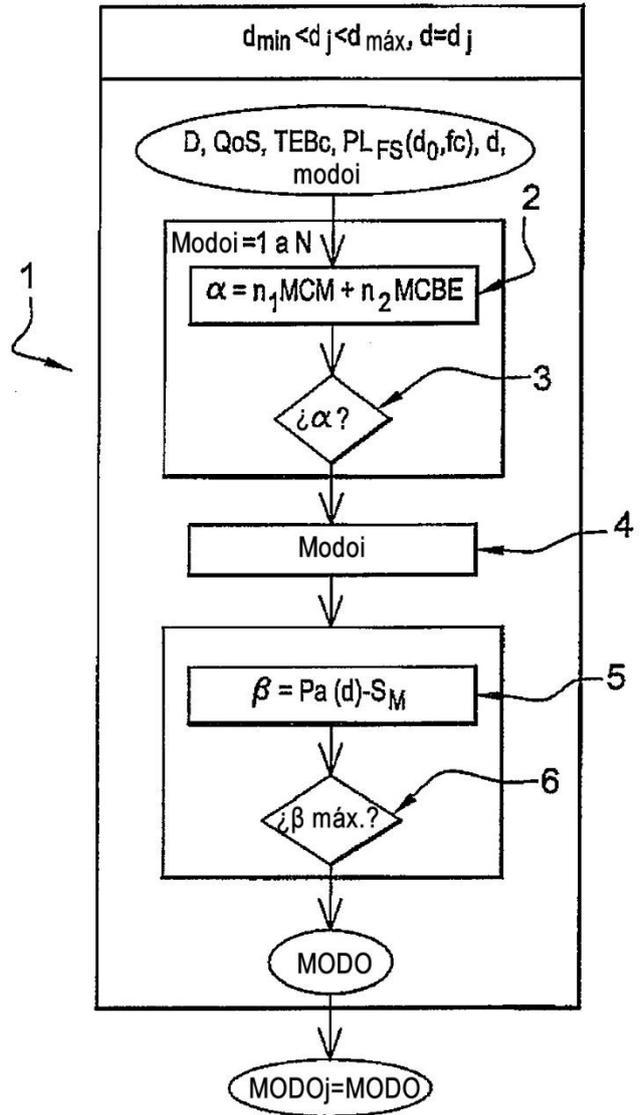
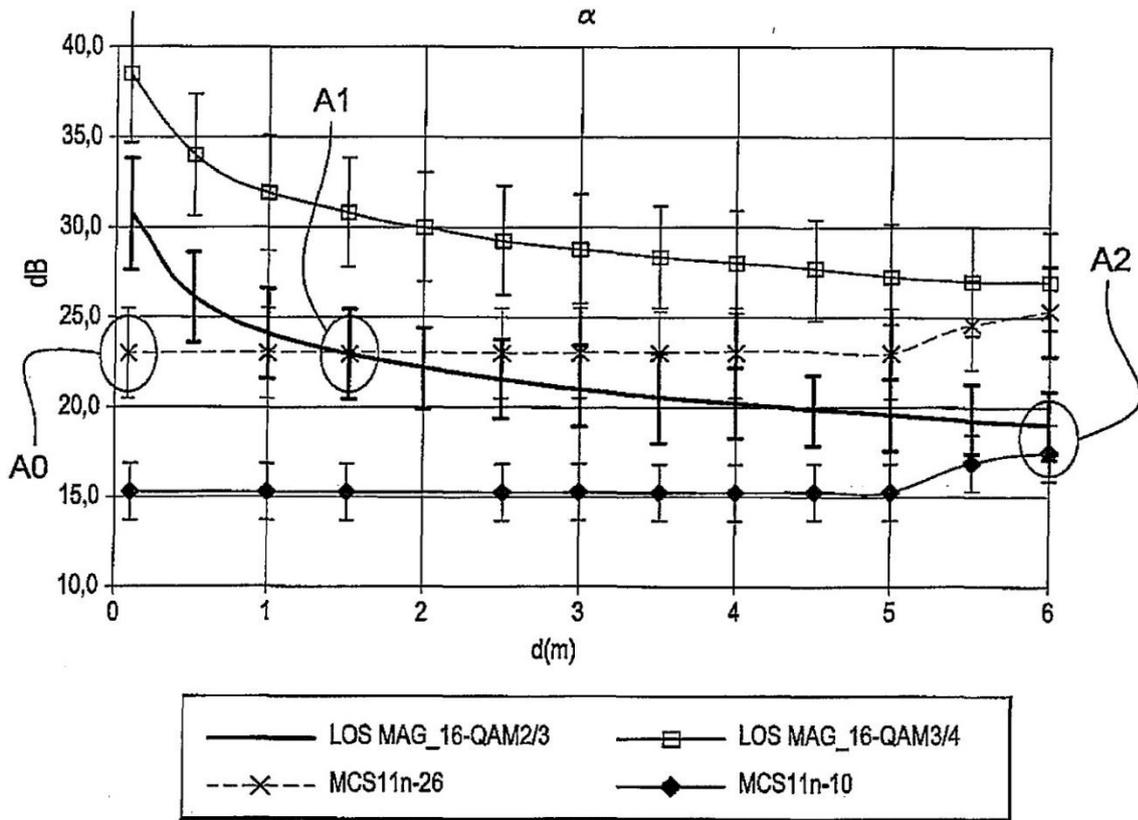
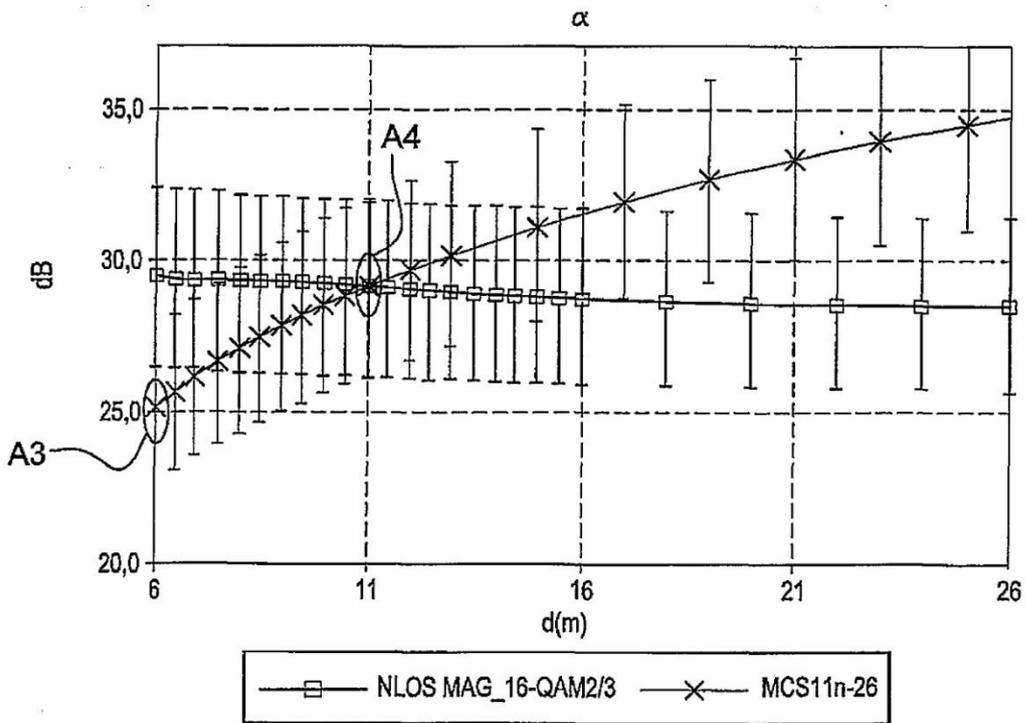


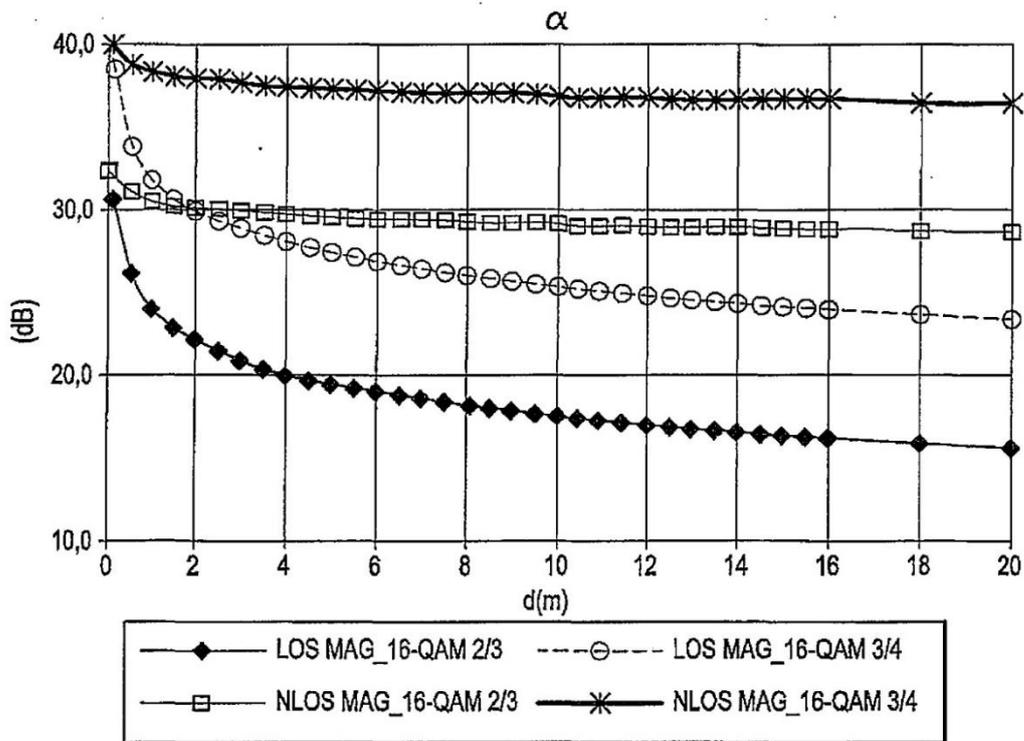
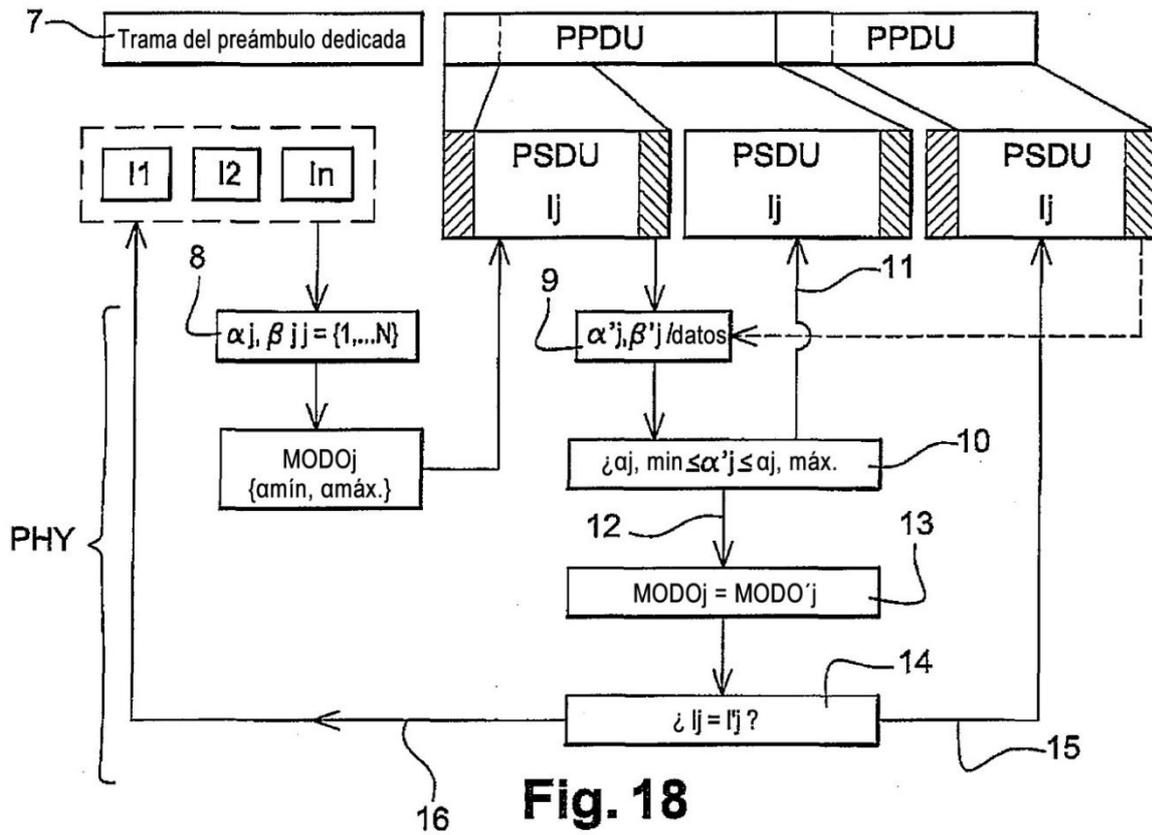
Fig. 15



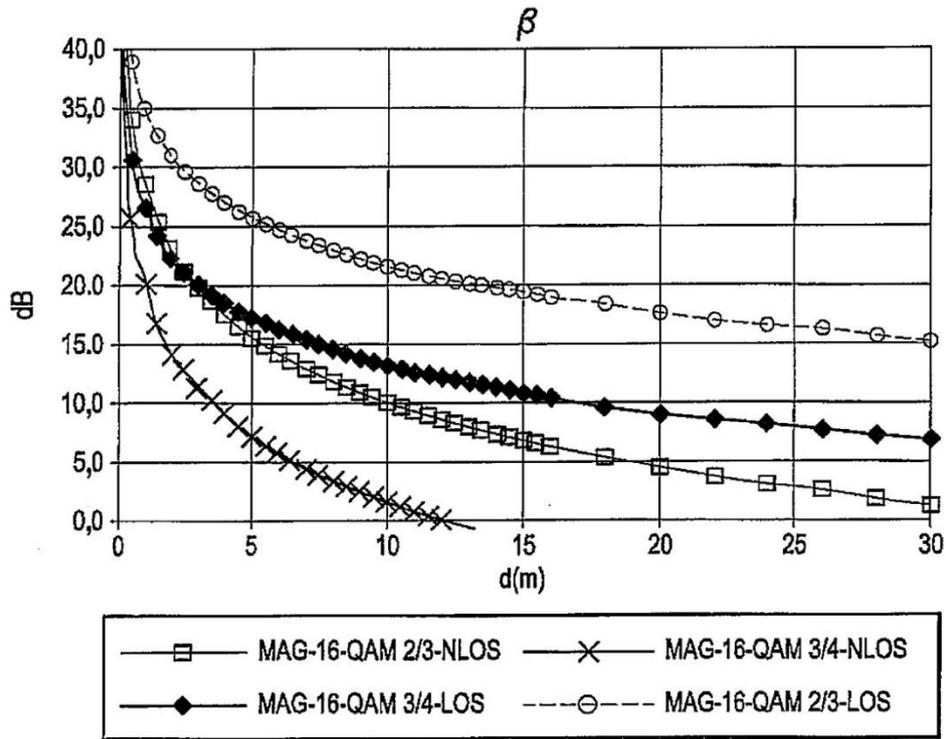
**Fig. 16**



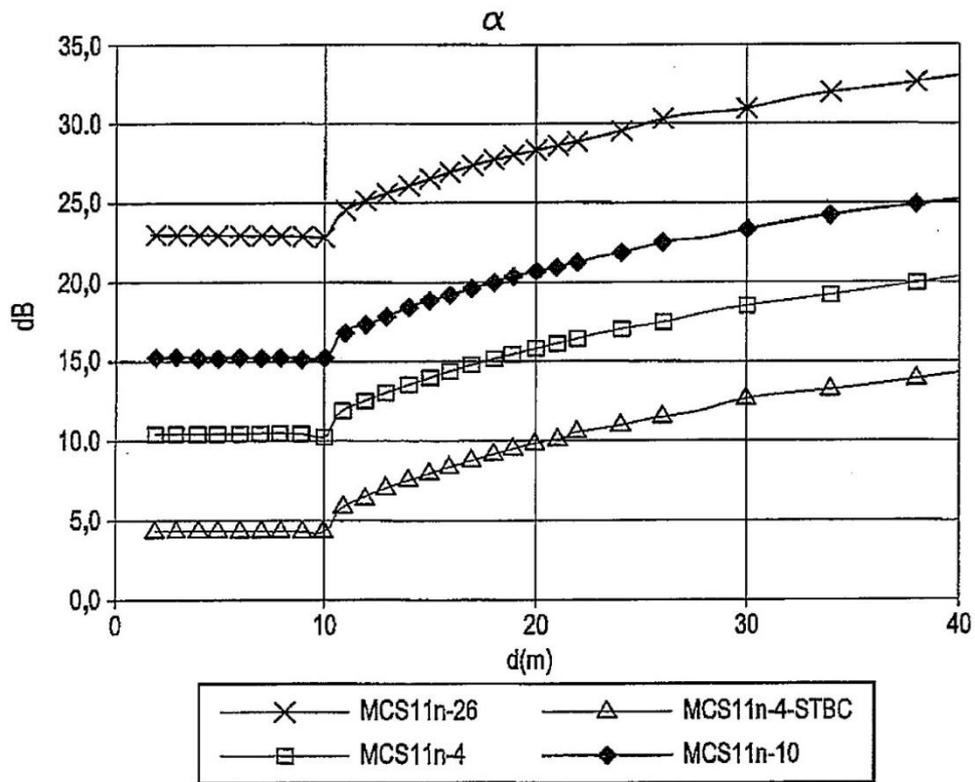
**Fig. 17**



**Fig. 19**



**Fig. 20**



**Fig. 21**

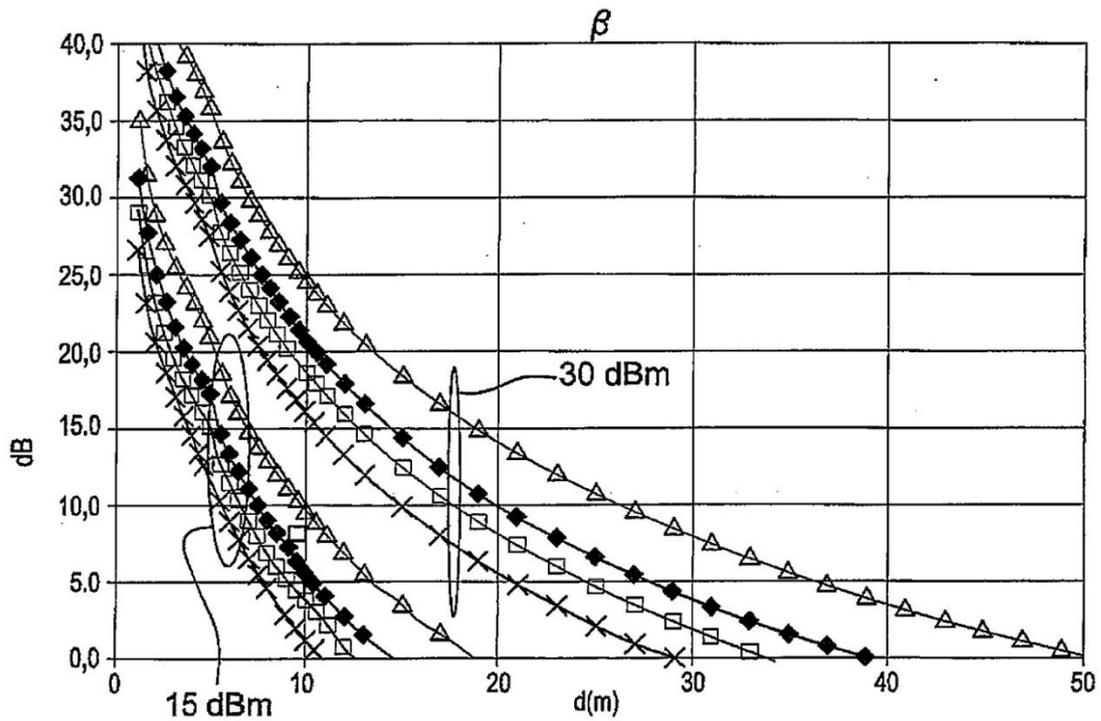


Fig. 22

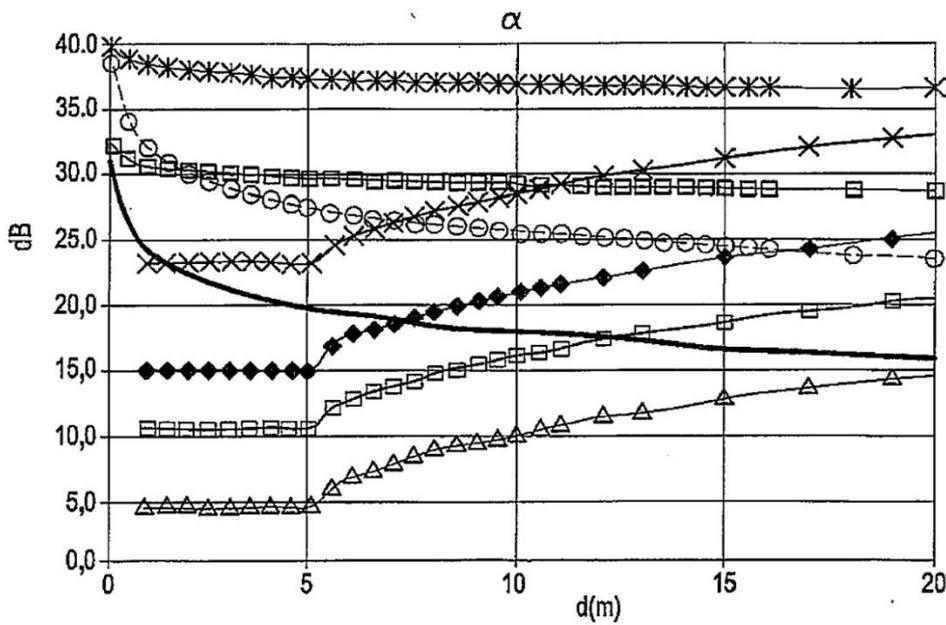
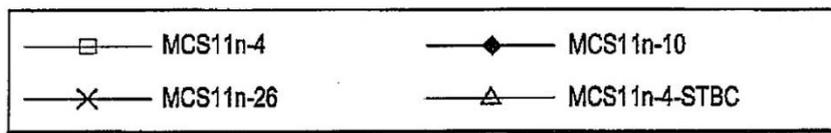


Fig. 23

