

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 130**

51 Int. Cl.:
H04W 72/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05805662 .3**
- 96 Fecha de presentación: **19.10.2005**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1808038**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.07.2007**

54 Título: **Sistema celular de comunicaciones por radio de área amplia con células reforzadas con repetidores**

30 Prioridad:
20.10.2004 EP 04024930

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.06.2012

73 Titular/es:
T-Mobile International AG & Co. KG
Landgrabenweg 151
53227 Bonn, DE

72 Inventor/es:
Walke, Bernhard y
Esseling, Norbert

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 383 130 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

Sistema celular de comunicaciones por radio de área amplia con células reforzadas con repetidores.

Campo de la invención

5 La invención está relacionada con un sistema celular de comunicaciones por radio de área amplia, y con una estación base, una estación repetidora y una estación móvil en tal sistema.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas celulares de comunicaciones por radio en el estado de la técnica, tales como el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM) y el Sistema Universal de Comunicaciones Móviles (UMTS) proporcionan cobertura por radio para una pluralidad de estaciones móviles, colocando una pluralidad de estaciones base con una configuración sustancialmente regular a través de un área que ha de cubrirse por dicho sistema de comunicaciones por radio. Cada una de dichas estaciones base define entonces una célula de dicho sistema de comunicaciones por radio y utiliza un conjunto de canales de transmisión, que pueden ser definidos por ejemplo por frecuencias portadoras, códigos de dispersión o ventanas de tiempo, para permitir las transmisiones de datos entre dicha estación base y dichas estaciones móviles que están situadas en dicha célula. Para reducir la interferencia entre las 15 transmisiones de datos de las células vecinas, se utilizan conjuntos ortogonales de canales de transmisión por las estaciones base de células vecinas, que se consigue por ejemplo definiendo que los conjuntos de canales de transmisión de células vecinas utilicen bandas de frecuencia diferentes. El ancho de banda global de frecuencias disponibles se reparte entonces en bandas de frecuencia, cuyo número se indica como tamaño de la agrupación (clúster), y después se asignan las bandas de frecuencia a las estaciones base del sistema de comunicaciones por radio de manera que se consiga la máxima distancia entre estaciones base que utilizan las mismas bandas de frecuencia. 20

25 Sin embargo, la posición centrada de la estación base en el centro de una célula sustancialmente circular (que es aproximada como una célula hexagonal para permitir cubrir sin interrupciones una zona de cobertura) conduce a una disminución de la relación de potencia de Portadora a Interferencia (C/I) hacia el borde de la célula, que es debido principalmente a la disminución de potencia de onda electromagnética que es proporcional a la distancia de propagación elevada al exponente de pérdida de potencia del camino, que típicamente es mayor que 2. Como en todas las tecnologías de transmisión del estado de la técnica, el rendimiento de extremo a extremo entre la estación base y la estación móvil está ligado a la C/I, correspondientemente el rendimiento de extremo a extremo disminuye hacia el borde de la célula, lo que hace difícil garantizar un cierto rendimiento de extremo a extremo para las 30 estaciones móviles que pueden estar situadas en cualquier lugar de una célula o incluso pueden desplazarse por la célula.

35 Los modernos interfaces aéreos de radio tienen disponibles varios modelos físicos (modos PHY), es decir, diferentes combinaciones de esquemas de modulación y codificación que son aplicables hasta un valor mínimo C/I de la señal en un receptor de la célula. Un modo PHY de valor alto transmite símbolos con un alto número de bits por símbolo, mientras que un modo PHY de valor bajo transmite solamente símbolos binarios. Una estación móvil cercana a la estación base experimenta típicamente un alto valor de C/I y por tanto puede hacer uso de un modo PHY de valor alto, mientras que una estación móvil cercana al borde de la célula experimenta típicamente un valor de C/I bajo y por tanto se le asigna preferiblemente un modo PHY de valor bajo. Esta situación es denominada "asignación injusta de la velocidad de transmisión" para las estaciones móviles, dependiendo de su situación en la célula.

40 Los sistemas celulares basados en CDMA permiten superar parcialmente esta desigualdad del coste de la capacidad total disponible en una célula; en ellos, las estaciones móviles cercanas al borde de la célula podrían ser servidos con una velocidad de transmisión comparablemente más alta, como estaciones móviles cercanas a la estación base, aumentando la cantidad de potencia de los canales de transmisión de dichas estaciones móviles cercanas al borde, con el coste de reducir la capacidad total de la célula que puede proporcionarse a otros usuarios y, correspondientemente, con una eficiencia espectral sustancialmente reducida. 45

50 El hecho de que el área de un círculo aumenta cuadráticamente con su radio, conduce a la situación de que la mayoría de las estaciones móviles estén situadas cerca del borde de la célula, cuando se supone que las estaciones móviles están igualmente distribuidas en el área de la célula. Consecuentemente, una parte sustancial de las estaciones móviles de una célula sufren un bajo rendimiento de extremo a extremo (u originan una reducción de la capacidad global de la célula en un sistema CDMA), afectando directamente a la eficiencia espectral (en bit/s/Hz/m²) que puede conseguirse con tal sistema celular de comunicaciones por radio, y hacer que la aplicación de este concepto celular sea desventajoso con respecto a los requisitos de los futuros sistemas móviles de comunicaciones por radio.

55 La publicación "Reducción del consumo de potencia por la transmisión en múltiples saltos en las redes celulares" de Jee-Young Song y otros, de la Conferencia de Tecnología Vehicular (VTC), 26 - 29 de Septiembre de 2004, Los Ángeles, páginas 3120 - 3124, pone el foco en repetidores de redes celulares, donde tiene lugar las transmisiones

de dos saltos entre una estación base y una estación móvil a través de una estación repetidora. La funcionalidad de la repetidora es proporcionada por las estaciones móviles de la red, es decir, las estaciones repetidoras son estaciones móviles. El documento se centra en el problema del consumo de potencia. Se supone que cada estación móvil y estación base tiene una potencia de transmisión limitada. Basándose en esta suposición, se obtienen soluciones de forma cerrada para la probabilidad de que una estación móvil esté al alcance de una estación repetidora (móvil) que a su vez está al alcance de la estación base). Además, se obtienen y comparan las potencias de transmisión de una transmisión de un solo salto y de dos saltos entre las estaciones base y móvil, conduciendo al resultado de que, a medida que aumenta el número de estaciones repetidoras (móviles), la probabilidad de que las estaciones móviles encuentren una estación repetidora (móvil), aumenta la probabilidad de que las estaciones móviles encuentren una estación repetidora (móvil) y ahorren potencia.

Además, la publicación "Capacidad de una Infraestructura Repetidora para la Cobertura por Radio de Banda Ancha en Zonas Urbanas", de Tim Imich y otros, Conferencia de Tecnología Vehicular (VTC), 6 - 9 de Octubre de 2003, Orlando, páginas 2886 - 2890, divulga la introducción de las repetidoras en sistemas celulares de radio de banda ancha en zonas urbanas, para mejorar la cobertura. Se presenta una metodología para cuantificar la influencia de las repetidoras en la capacidad de una sola estación base. En ella, se considera una estación base con cuatro estaciones repetidoras fijas que cubren la misma área que cinco estaciones base en una arquitectura celular convencional. Se divulga el uso de estaciones repetidoras fijas, pero estas estaciones repetidoras se consideran solamente para proporcionar la cobertura y evitar zonas muertas en los sistemas celulares de radio en zonas urbanas. Tales zonas muertas son originadas por las sombras o bien por el desvanecimiento por múltiples caminos.

Sumario de la invención

En vista de los problemas especificados anteriormente, es un objeto de la presente invención, entre otros, proporcionar un sistema celular de comunicaciones por radio con una eficiencia espectral aumentada, y para proporcionar componentes para tal sistema.

Se propone un sistema celular de comunicaciones por radio en área amplia, que comprende una pluralidad de estaciones base; una pluralidad de estaciones repetidoras; y una pluralidad de estaciones móviles; donde cada una de dichas estaciones repetidoras está asociada con al menos una de dichas estaciones base, donde cada una de dichas estaciones móviles está asociada con al menos una de dichas estaciones base o una de dichas estaciones repetidoras, donde las transmisiones inalámbricas de datos entre las estaciones móviles y las estaciones base tiene lugar bien como transmisiones de datos de un solo salto entre dichas estaciones móviles y sus estaciones base asociadas, o bien como transmisiones de datos de múltiples saltos que comprenden una transmisión de datos entre dichas estaciones móviles y sus estaciones repetidoras asociadas y una transmisión de datos entre dichas estaciones repetidoras y las estaciones base asociadas con dichas estaciones repetidoras, y donde el número medio de transmisiones de datos de múltiples saltos en dicho sistema de comunicaciones por radio es igual o mayor que el número medio de transmisiones de datos de un solo salto.

Dicho sistema de comunicaciones por radio permite la transmisión inalámbrica de información, por ejemplo datos, habla y/o información multimedia tal como audio o vídeo, entre estaciones base y estaciones base. Dicho sistema de comunicaciones por radio puede comprender además una red de acceso radio para el control de las estaciones base y una red básica que permite la conexión con otras redes, como por ejemplo Internet, o sistemas de comunicaciones tales como las redes telefónicas públicas conmutadas u otros sistemas de comunicaciones por radio.

Dicho sistema de comunicaciones por radio es un sistema celular que comprende una pluralidad de células, donde cada célula puede representar por ejemplo una zona que está cubierta o controlada por una estación base y posiblemente una o varias estaciones repetidoras que están asociadas con dicha estación base.

Dicho sistema de comunicaciones por radio es además un sistema de área amplia que está desplegado en escenarios de propagación donde sustancialmente se encuentra una altura de edificios media a baja.

Dicho sistema de comunicaciones por radio comprende pluralidades de estaciones base, estaciones repetidoras y estaciones móviles, donde existen ciertas asociaciones entre dichas estaciones. Sin embargo, no se excluye que el sistema de comunicaciones por radio comprenda otras estaciones base y estaciones móviles que están caracterizadas por otras o por diferentes asociaciones.

Se entiende que dichas estaciones base son puntos de acceso a una red básica de dicho sistema de comunicaciones por radio, donde cada estación base está posicionada a través del área de cobertura de dicho sistema de comunicaciones por radio.

Se comprende que dichas estaciones repetidoras son estaciones que pueden intercambiar datos tanto con las estaciones base como con las estaciones móviles de manera inalámbrica y pueden ser fijas o móviles. En cada célula, puede disponerse por ejemplo una pareja de estaciones repetidoras alrededor de una estación base que esté situada en el centro de dicha célula para formar una célula reforzada con repetidoras.

Se comprende que dichas estaciones móviles son estaciones que desean acceder a dicha red básica de dicho sistema de comunicaciones por radio a través de dichas estaciones base, ya sea directamente o adicionalmente a través de dichas estaciones repetidoras.

5 Cada una de dichas estaciones repetidoras está asociada con al menos una de dichas estaciones base. Ésta puede ser por ejemplo la estación base más cercana a dicha estación repetidora, pero puede igualmente ser muy bien cualquier otra estación base. Dicha asociación puede ser fija o cambiar dinámicamente.

10 Cada una de dichas estaciones móviles está asociada con al menos una de dichas estaciones base o una de dichas estaciones repetidoras. En ellas, si dicho móvil está asociado con una estación repetidora, puede ser consciente de que no está directamente servido por una estación base o puede no ser consciente de que está servido por una estación repetidora en lugar de una estación base. Dicha asociación de dicha estación móvil puede ser determinada por ejemplo por la distancia o pérdida del camino desde la estación móvil a la estación base y la estación repetidora, o por la calidad de la transmisión de datos entre la estación móvil y la estación base comparada con la calidad de la transmisión de datos entre la estación móvil y la estación repetidora (por ejemplo en términos de la C/I o de la tasa de errores). Dicha estación móvil puede estar asociada también con más de una estaciones base y/o estaciones repetidoras, por ejemplo en un escenario de transferencia, donde una estación móvil se desplaza desde una célula reforzada con repetidoras hasta una célula vecina reforzada con repetidoras. Pueden existir también múltiples asociaciones en el caso de que se implemente la macro diversidad y las señales se transmitan y reciban por varias estaciones base y/o varias estaciones repetidoras para conseguir una ganancia de diversidad.

20 Las transmisiones inalámbricas de datos entre una estación móvil y una estación base, que se entiende que son transmisiones de datos desde la estación móvil a la estación base o bien transmisiones de datos desde la estación base a la estación móvil, pueden tener lugar de dos maneras: Como una transmisión de datos de un solo salto directamente entre dicha estación móvil y su estación base asociada, o bien como una transmisión de datos de múltiples saltos, por ejemplo una transmisión de datos de dos saltos, que comprende dos transmisiones de datos, donde la primera transmisión de datos tiene lugar entre dicha estación móvil y su estación repetidora asociada, y la segunda transmisión de datos tiene lugar entre dicha estación repetidora y la estación base asociada con dicha estación repetidora. De esta manera, los datos se transmiten entre dicha estación móvil y una estación base.

Dicha transmisión de datos puede ser por conmutación de circuitos o por conmutación de paquetes y puede estar basada en todos los tipos de tecnologías de la transmisión y múltiples tecnologías de acceso.

30 De acuerdo con la presente invención, se propone ahora que el número medio de transmisiones de datos de múltiples saltos en dicho sistema de comunicaciones por radio es igual o mayor que el número medio de transmisiones de datos de un solo salto, donde dicho promedio de dicho número de transmisiones de datos considera todas las transmisiones de datos entre estaciones móviles y estaciones base (que pueden ser transmisiones de un solo salto o de múltiples saltos) que tienen lugar en dicho sistema celular de comunicaciones por radio de área amplia durante un periodo de tiempo predefinido.

35 Esta propuesta de la presente invención diferencia claramente la presente invención de los sistemas celulares de comunicaciones por radio de área amplia de la técnica anterior. En los sistemas de la técnica anterior, se instala una sola estación repetidora para proporcionar la cobertura por radio en un punto de una célula en la que, debido a las sombras, tiene lugar una insuficiente cobertura de radio para un pequeño número de estaciones móviles, y donde la cobertura por radio sustancialmente para todas las estaciones móviles de una célula es proporcionada por la estación base en el centro de la célula.

40 Como contraste, la presente invención propone por primera vez instalar estaciones repetidoras para proporcionar cobertura por radio para una gran cantidad de estaciones móviles en una célula (y no solamente en un solo lugar que sufra de las sombras), estando reflejada esta propuesta por la característica de que el número medio de transmisiones de múltiples saltos en el sistema de comunicaciones por radio es mayor que el número medio de transmisiones de un solo salto. En cada célula, la estación base y una pareja de estaciones repetidoras pueden formar entonces una célula reforzada con repetidoras, donde la estación base puede utilizar una potencia de transmisión significativamente reducida, debido a que solamente las estaciones repetidoras y un pequeño número de estaciones móviles en el área de cobertura de la estación base necesitan ser servidas, y donde las estaciones móviles que ya no pueden ser alcanzadas por la estación base son servidas por las estaciones repetidoras.

45 Dependiendo de la posición de las estaciones repetidoras, la distancia entre las estaciones móviles y su estación base o estación repetidora asociada, se reduce significativamente en comparación con los sistemas de la técnica anterior, de manera que la C/I y el rendimiento de extremo a extremo de las transmisiones de datos se mejora considerablemente. Por ejemplo, si las estaciones repetidoras de una célula reforzada con repetidoras están dispuestas simétricamente alrededor de la estación base, puede reducirse la pendiente de la disminución del rendimiento de extremo a extremo hacia el borde de la célula reforzada con repetidoras, y se puede conseguir un rendimiento ecualizado de extremo a extremo por elemento de superficie en las células reforzadas con repetidoras. Correspondientemente, el rendimiento de extremo a extremo experimentado por un gran número de estaciones

móviles aumenta significativamente.

5 Con respecto a la eficiencia espectral del sistema propuesto, debe indicarse que este aumento del rendimiento de extremo a extremo de un gran número de estaciones móviles es tan pronunciado que incluso compensa la necesidad de transmitir la misma información dos o más veces dentro de la transmisión de datos de múltiples saltos en una célula, de manera que el sistema de comunicaciones por radio propuesto consigue una eficiencia espectral significativamente aumentada en comparación con los sistemas celulares de comunicaciones por radio de área amplia de la técnica anterior.

10 Debe indicarse además que la instalación de estaciones repetidoras en sistemas de comunicaciones por radio de área amplia no es anticipado no se hace obvio por la instalación de estaciones repetidoras en el estado de la técnica, de los sistemas de comunicaciones por radio que funcionan en zonas urbanas densamente construidas con alturas medias altas de los edificios. En tales sistemas de la técnica anterior, la instalación de estaciones repetidoras es la única manera de proporcionar cobertura en regiones de sombra.

15 Como contraste, en un escenario de propagación de área amplia, para el cual se propone el sistema de la presente invención, no hay necesidad realmente de trabajar con estaciones repetidoras, porque las regiones de sombra son escasas y porque se ha supuesto hasta ahora que la introducción de estaciones repetidoras sin razón originaría una sobrecarga adicional debida a la al menos doble transmisión de los mismos datos en las transmisiones de datos de múltiples saltos. Sin embargo, como se reconoce en la presente invención y se ha explicado anteriormente, el hecho de que el rendimiento de extremo a extremo del sistema de comunicaciones por radio con estaciones repetidoras aumenta considerablemente en particular en el borde de la célula, donde hay situadas una gran cantidad de
20 estaciones móviles, compensa sobradamente la sobrecarga de las transmisiones de múltiples saltos y hace que el nuevo sistema de comunicaciones por radio propuesto sea más eficiente espectralmente que sus predecesores en el estado de la técnica.

25 De acuerdo con un modo de realización de la presente invención, en dichas transmisiones de datos entre dichas estaciones repetidoras y sus estaciones base asociadas, se utilizan antenas receptoras direccionales por dichas estaciones repetidoras y/o por dichas estaciones base.

Dichas antenas receptoras pueden tener un diagrama de antena que es fijo, o pueden tener un diagrama de antena dinámicamente controlable, como es el caso por ejemplo de una antena de múltiples elementos que es controlada en hardware o software. Como dicha transmisión de datos entre dichas estaciones repetidoras y sus estaciones base asociadas transporta datos de varias transmisiones de datos entre las estaciones repetidoras y sus estaciones móviles asociadas, es ventajosa una alta calidad y rendimiento de la transmisión de datos entre las estaciones repetidoras y sus estaciones base asociadas. Esta característica deseable puede conseguirse utilizando dichas antenas receptoras direccionales, que dirigen el pico del diagrama de la antena hacia el respectivo transmisor, para reducir la cantidad de interferencia recibida y por tanto aumentar la C/I. El uso de antenas receptoras direccionales es particularmente fácil en el caso de estaciones repetidoras fijas, porque las antenas receptoras direccionales en la estación base y en la estación repetidora necesitan ser ajustadas a las demás respectivas estaciones solamente una vez cuando se instalan las estaciones repetidoras. Sin embargo, si las estaciones repetidoras son también móviles, o si las repetidoras fueran capaces de decidir dependiendo de la situación a qué estación base deben asignarse, se pueden utilizar las antenas receptoras direccionales con diagramas de antena dinámicamente controlables para dirigir adaptativamente el pico del diagrama de la antena hacia la respectiva estación transmisora. Dichas antenas direccionales pueden ser utilizadas también como antenas transmisoras direccionales para la transmisión de datos entre dichas estaciones repetidoras y sus estaciones base asociadas.

45 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, cada una de dichas estaciones base está asociada con al menos dos estaciones repetidoras, y cada una de dichas estaciones base con sus al menos dos estaciones repetidoras asociadas proporciona cobertura de radio para las estaciones móviles en una respectiva célula reforzada con repetidoras de dicho sistema celular de comunicaciones por radio.

Dicho sistema celular de comunicaciones por radio comprende entonces una pluralidad de células reforzadas con repetidoras, donde cada célula reforzada con repetidoras comprende una estación base y al menos dos estaciones repetidoras asociadas. La forma de dicha célula está determinada por el posicionamiento de la estación base y de las al menos dos estaciones repetidoras. En una célula reforzada con repetidoras, la estación base y las estaciones repetidoras pueden compartir un conjunto de canales de transmisión o puede utilizar conjuntos ortogonales de canales de transmisión.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, en cada célula reforzada con repetidoras dichas estaciones repetidoras y dicha estación base con la que están asociadas, están posicionadas de manera sustancialmente simétrica.

55 En ellas, cuando se planifica dicho sistema celular de comunicaciones por radio, un posicionamiento básico puede prescribir una configuración simétrica de dicha estación base y las estaciones repetidoras asociadas, y donde debido a las condiciones topográficas y/o geográficas, se puede requerir una ligera desviación desde dicho posicionamiento

básico. En el caso de dos estaciones repetidoras por cada célula reforzada con repetidoras, dichas estaciones repetidoras pueden estar dispuestas por ejemplo sobre un círculo alrededor de la estación base, o dicha estación base y dichas estaciones repetidoras pueden formar los puntos del borde de un triángulo. En el caso de tres estaciones repetidoras, dichas tres estaciones repetidoras pueden estar distribuidas por ejemplo por igual sobre un círculo alrededor de la estación base, y se pueden utilizar configuraciones similares en el caso de cuatro o más estaciones repetidoras por cada célula reforzada con repetidoras. También puede ser ventajoso utilizar dos círculos de estaciones repetidoras alrededor de la estación base, en particular, aunque sin limitarse a ello, en sistemas en los que se utilizan más de dos saltos para la transmisión de datos entre una estación móvil y una estación base. Alternativamente, dichas estaciones repetidoras y estación base en cada célula reforzada con repetidoras puede estar dispuesta también simétricamente con el fin de adaptarse mejor a las condiciones de propagación en las células reforzadas con repetidoras.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, dichas células reforzadas con repetidoras están posicionadas a través de la zona de cobertura de dicho sistema celular de comunicaciones por radio de acuerdo con una configuración sustancialmente regular.

En dicha configuración sustancialmente regular, dichas estaciones base de dichas células reforzadas con repetidoras pueden tener, por ejemplo, una distancia sustancialmente igual entre sí, donde las condiciones topográficas y/o geográficas pueden asumir la desviación desde el diseño de una configuración que cumpla exactamente con el criterio de dicha distancia o cualquier otro criterio.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, en cada célula reforzada con repetidoras, la posición de dichas estaciones repetidoras y de dicha estación base con las que están asociadas, se determina de manera que se consigue la eculización de la relación de potencia de portadora a interferencia por cada pequeño elemento de superficie del sistema celular de comunicaciones por radio, donde dicho pequeño elemento de superficie es de algunos órdenes de magnitud menor que la superficie total cubierta por dicha célula reforzada con repetidoras.

En ese caso, dicha relación de potencia de portadora a interferencia puede referirse por ejemplo a la relación de potencia media de portadora a interferencia experimentada por las transmisiones de datos entre las estaciones móviles y sus estaciones repetidoras asociadas y las estaciones móviles y sus estaciones base asociadas. Dicha eculización de valores puede entenderse por ejemplo que es la eliminación de grandes diferencias entre dichos valores.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, en cada célula reforzada con repetidoras la posición de dichas estaciones repetidoras y dicha estación base con la que están asociadas se determina de manera que se consigue la eculización de la capacidad de transmisión disponible de extremo a extremo por cada pequeño elemento de superficie del sistema celular de comunicaciones por radio, donde dicho pequeño elemento de superficie es algunos órdenes de magnitud menor que la superficie total cubierta por dicha célula reforzada con repetidoras.

En ese caso, dicho rendimiento de extremo a extremo se refiere al rendimiento medio de extremo a extremo de las transmisiones de datos entre las estaciones móviles y las estaciones base, que pueden ser transmisiones de un solo salto o de múltiples saltos. Dicha eculización de valores puede entenderse por ejemplo que es la eliminación de grandes diferencias entre dichos valores con respecto a la superficie de cobertura del sistema de comunicaciones por radio.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, cada estación base en una célula reforzada con repetidoras está asociada con $K \geq 2$ estaciones repetidoras, y donde dichas K estaciones repetidoras están posicionadas sustancialmente sobre un círculo alrededor de dicha estación base con la que están asociadas, con distancias angulares mutuas de sustancialmente $360^\circ/K$.

Por ejemplo, si se utilizan $K = 3$ estaciones repetidoras, este posicionamiento puede permitir un ventajoso equilibrio entre los costes requeridos para la instalación de dichas estaciones repetidoras y el aumento de la eficiencia espectral del sistema. El radio de dicho círculo puede ser variado, por ejemplo, para influenciar la distribución de la C/I media o del rendimiento de extremo a extremo en la célula reforzada con repetidoras.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, cada estación base y cada estación repetidora utilizan respectivos canales de transmisión para sus transmisiones de datos, donde dichos canales de transmisión están definidos por una frecuencia portadora y/o una ventana de tiempo y/o un código de dispersión y/o un estado de polarización y/o una dirección espacial y/o un grupo de sub-portadoras de frecuencia.

Dichos canales de transmisión pueden reflejar por ejemplo el tipo de técnica de acceso múltiple que se utiliza por la estación base y la estación repetidora, respectivamente. Por ejemplo, en una técnica de Acceso Múltiple por División de Tiempos (TDMA), dichos canales de transmisión pueden ser representados por ventanas de tiempo, en una técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencias (FDMA), dichos canales de transmisión pueden estar

representados por portadoras de frecuencia, en una técnica de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), dichos canales de transmisión pueden estar representados por códigos de dispersión, en una técnica de Acceso Múltiple por División de Espacio (SDMA), dichos canales de transmisión pueden estar representados por haces de antenas o sectores, en un Sistema de Acceso Múltiple por División de Polarización (PDMA), dichos canales de transmisión pueden estar representados por estados de polarización, y en una técnica de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA), dichos canales de transmisión pueden estar representados por grupos de sub-portadoras de frecuencias. Si se utilizan técnicas combinadas de acceso múltiple, como por ejemplo combinaciones de TDMA y FDMA, o TDMA y CDMA, los canales de transmisión están representados por una ventana de tiempo y una portadora de frecuencias o una ventana de tiempo y un código de dispersión, respectivamente.

Dichos canales de transmisión pueden depender no obstante de otros parámetros como por ejemplo una banda de frecuencias o un código de encriptación que pueden ser utilizados por las múltiples técnicas de acceso. Puede comprenderse entonces que los canales de transmisión que utilizan la misma banda de frecuencias y/o código de encriptación surjan a partir de los mismos canales de transmisión. Dicho código de encriptación no origina generalmente una dispersión de los símbolos de los datos por los que está multiplicado, como contraste al código de dispersión.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, en cada célula reforzada con repetidoras, dicha estación base y sus estaciones repetidoras asociadas comparten los canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión.

Los canales de transmisión en un conjunto de canales de transmisión pueden estar caracterizados por ejemplo por el uso de la misma banda de frecuencia y/o código de dispersión. Para cada célula reforzada con repetidoras, existe por tanto un conjunto de canales de transmisión, donde dicho conjunto de canales de transmisión puede ser, por ejemplo, el mismo para todas las células reforzadas con repetidoras. En un sistema basado en TDMA, dicho conjunto de canales de transmisión puede comprender por ejemplo una pluralidad de ventanas de tiempo, y en un sistema FDMA (u OFDMA), puede comprender una pluralidad de portadoras de frecuencia (o grupos de sub-portadoras de frecuencias). En células reforzadas con repetidoras contiguas, se pueden utilizar diferentes conjuntos de canales de transmisión, lo cual, en el caso de un sistema FDMA, puede conseguirse por ejemplo utilizando una pluralidad de portadoras de frecuencia de una primera banda de frecuencias en una célula reforzada con repetidoras y una pluralidad de portadoras de frecuencia de una segunda banda de frecuencias para una segunda célula reforzada con repetidoras. El mismo conjunto de canales de transmisión puede ser reutilizado por tanto por células reforzadas con repetidoras que tengan una distancia más grande. La compartición de canales de transmisión en cada célula reforzada con repetidoras puede ser controlada por ejemplo por la estación base de dicha célula reforzada con repetidoras.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, hay disponibles N conjuntos de canales de transmisión para dichas células reforzadas con repetidoras, y cuando $N > 1$, dichos N conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.

En ese caso, la ortogonalidad de conjuntos de canales de transmisión viene dada cuando cada canal de transmisión de un primer conjunto de canales de transmisión es ortogonal con cada canal de transmisión de un segundo conjunto de canales de transmisión. Dichos N conjuntos de canales de transmisión pueden utilizar por ejemplo N bandas de frecuencia diferentes, respectivamente. Si se mantiene que $N = 1$, todas las estaciones base y repetidoras de una célula reforzada con repetidoras utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y se origina una interferencia entre las transmisiones de datos de las estaciones base y repetidoras de diferentes células reforzadas con repetidoras. La distancia entre las células reforzadas con repetidoras cuyas estaciones base y repetidoras utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión, puede ser aumentada asignando más de $N = 1$ conjuntos de canales de transmisión a dichas células reforzadas con repetidoras.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, todos los canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión utilizan la misma banda de frecuencias.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se asignan conjuntos de canales de transmisión a dichas células reforzadas con repetidoras, de manera que la distancia entre células reforzadas con repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión se optimiza de acuerdo con un criterio de optimización predefinido.

Para un número N dado, y dependiendo del criterio de optimización aplicado, este enfoque puede garantizar una cantidad mínima de interferencia entre transmisiones de datos en dichas células reforzadas con repetidoras. Dicho criterio de optimización puede apuntar por ejemplo a alcanzar algún valor mínimo o medio de C/I o característica de calidad de servicio por todo el sistema celular.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se mantiene $N > 1$, y dichos N conjuntos de canales de transmisión se asignan a dichas células reforzadas con repetidoras, de manera que las células

reforzadas con repetidoras que usan el mismo conjunto de canales de transmisión están posicionadas a través del área de cobertura de dicho sistema celular de comunicaciones por radio con una configuración sustancialmente regular.

5 Entonces, dichas células reforzadas con repetidoras pueden formar por ejemplo una agrupación (clúster) reutilizable de frecuencias con un tamaño de la agrupación de N , como en los sistemas celulares de la técnica anterior con sus células hexagonales. Los conjuntos de canales de transmisión son asignados a las células reforzadas con repetidoras de forma que, para una cierta ocupación de una zona con células reforzadas con repetidoras y tamaño fijo de las células reforzadas con repetidoras, se maximiza la distancia entre las células reforzadas con repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión. Todas las células reforzadas con repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión forman entonces una configuración sustancialmente regular que es particularmente fácil de planificar.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, cada una de dichas estaciones base y cada una de dichas estaciones repetidoras tiene asignado un respectivo conjunto de canales de transmisión para sus respectivas transmisiones de datos.

15 Dichas estaciones base y estaciones repetidoras de cada célula reforzada con repetidoras no comparte necesariamente entonces los canales de transmisión, pero utilizan los canales de transmisión de los conjuntos de canales de transmisión que les han sido asignados. Si dichos conjuntos de canales de transmisión utilizados por una estación base y sus estaciones repetidoras asociadas en una célula reforzada con repetidoras son ortogonales, que es por ejemplo el caso si dichos conjuntos de canales de transmisión utilizan diferentes bandas de frecuencia y/o códigos de encriptación, entonces las transmisiones de datos entre la estación base y sus estaciones móviles asociadas y las transmisiones de datos entre las estaciones repetidoras y sus estaciones móviles asociadas pueden tener lugar en la célula reforzada con repetidoras sin originar interferencias mutuas y sin requerir programación o canales de transmisión utilizados conjuntamente.

25 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, todos los canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión utilizan la misma banda de frecuencia.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se pueden asignar N conjuntos diferentes de canales de transmisión a dichas estaciones repetidoras y, para $N > 1$, dichos N conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.

30 Dichos N conjuntos de canales de transmisión puede utilizar por ejemplo N bandas de frecuencia diferentes, respectivamente. Si se mantiene que $N = 1$, todas las estaciones repetidoras utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y se origina la interferencia entre transmisiones de datos de diferentes estaciones repetidoras. La distancia entre estaciones repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión puede ser aumentada asignando más de $N = 1$ conjuntos de canales de transmisión a dicho grupo de estaciones repetidoras.

35 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se pueden asignar M conjuntos diferentes de canales de transmisión a dichas estaciones base, y para $M > 1$, dichos M conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.

40 Dichos M conjuntos de canales de transmisión pueden utilizar por ejemplo M bandas de frecuencia diferentes, respectivamente. Si se mantiene que $M = 1$, todas las estaciones base utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y sus transmisiones de datos originan interferencia a transmisiones de datos de otras estaciones base. La distancia entre estaciones base que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión puede ser aumentada asignando más de $M = 1$ conjuntos de canales de transmisión a dichas estaciones base.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, los conjuntos de canales de transmisión utilizados por una estación base y sus estaciones repetidoras asociadas en una célula reforzada con repetidoras, son sustancialmente ortogonales.

45 Por ejemplo, los conjuntos de canales de transmisión utilizados por las estaciones base y repetidoras pueden utilizar diferentes bandas de frecuencia, y entonces ser exactamente ortogonales, o pueden utilizar diferentes códigos de encriptación, y entonces se considera que son sustancialmente ortogonales. En una célula reforzada con repetidoras, las estaciones base y repetidoras asociadas con la estación base utilizan entonces sustancialmente conjuntos ortogonales de canales de transmisión y por tanto no originan interferencia mutua. Esto se mantiene en todas las células reforzadas con repetidoras. Sin embargo, todavía puede tener lugar la interferencia entre células reforzadas con repetidoras.

50 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, los conjuntos de canales de transmisión utilizados por al menos dos estaciones repetidoras de una célula reforzada con repetidoras son sustancialmente ortogonales. La ortogonalidad entre dichos conjuntos de canales de transmisión de estaciones repetidoras de la misma célula reforzada con repetidoras puede disminuir la interferencia entre las transmisiones de datos de dichas

estaciones repetidoras.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, al menos dos estaciones repetidoras de una célula reforzada con repetidoras utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión.

5 Entonces se reutiliza el mismo conjunto de canales de transmisión en una célula reforzada con repetidoras, que es particularmente ventajoso si las transmisiones de datos de dichas estaciones repetidoras solamente originan una baja interferencia debido al posicionamiento distante de las estaciones repetidoras o a la alta pérdida de propagación.

10 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se asignan conjuntos de canales de transmisión a dichas estaciones base y estaciones repetidoras, de manera que la distancia entre estaciones repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión, entre estaciones base que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y entre estaciones base y estaciones repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión se optimiza de acuerdo con un criterio de optimización predefinido.

15 Dicho criterio de optimización puede tener como objetivo por ejemplo alcanzar un valor mínimo o medio de C/I o característica de calidad de servicio en todo el sistema celular. Esto puede conseguirse por ejemplo inquiriendo que las estaciones repetidoras de cada célula reforzada con repetidoras usen sustancialmente conjuntos ortogonales de canales de transmisión, y que dichos conjuntos de canales de transmisión utilizados por dichas estaciones repetidoras de cada célula reforzada con repetidoras sean sustancialmente ortogonales al conjunto de canales de transmisión utilizados por la estación base de dicha célula reforzada con repetidoras. Entonces en cada célula reforzada con repetidoras, la interferencia entre la estación base y las estaciones repetidoras y la interferencia entre 20 las estaciones repetidoras se evita o al menos se mitiga, y entonces la interferencia solamente es originada entre estaciones repetidoras y estaciones base de células reforzadas con repetidoras vecinas. Al asignar apropiadamente los conjuntos de canales de transmisión a través de las estaciones base y repetidoras de todas las células reforzadas con repetidoras del sistema celular, se puede conseguir que la C/I media o mínima o la característica de calidad de servicio no caigan por debajo. En otro caso, el número de canales de transmisión puede haber tenido que 25 incrementarse para que las células reforzadas con repetidoras mutuamente interferentes puedan estar mejor diseminadas para adaptarse a dicho criterio.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se pueden asignar N conjuntos diferentes de canales de transmisión a dichas estaciones repetidoras y estaciones base, donde para $N > 1$ dichos N conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.

30 Dichas estaciones repetidoras y estaciones base comparten entonces conjuntos de canales de transmisión de dichos N conjuntos diferentes de canales de transmisión.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se asignan dichos N canales de transmisión a dichas estaciones repetidoras y estaciones base de dicho sistema celular de comunicaciones por radio, de manera que aquellas estaciones repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y las 35 estaciones base que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión están posicionadas a través de la zona de cobertura de dicho sistema celular de comunicaciones por radio, con una configuración sustancialmente regular, respectivamente.

40 Por tanto, las respectivas sub-células formadas por dichas estaciones repetidoras y estaciones base de dicho sistema celular de comunicaciones por radio pueden formar por ejemplo una agrupación (clúster) de reutilización de frecuencias, con un tamaño de clúster N como en los sistemas de la técnica anterior con sus células hexagonales. Sin embargo, la forma de dichas sub-células puede no ser ya hexagonal. Los conjuntos de canales de transmisión se asignan a las sub-células de manera que, para una cierta ocupación de una zona con sub-células y tamaño fijo de las sub-células, la distancia entre sub-células que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión se optimiza de acuerdo con un criterio de optimización predefinido, por ejemplo para alcanzar un valor mínimo o medio 45 de C/I o una característica predefinida de la calidad del servicio. Todas las sub-células que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión forman entonces una configuración sustancialmente regular que es particularmente fácil de planificar.

50 Por ejemplo, si una célula reforzada con repetidoras comprende tres estaciones repetidoras situadas sobre un círculo alrededor de la estación base, con una separación angular de 120° , dichas sub-células formadas por dichas estaciones repetidoras y dicha estación base pueden ser sub-células hexagonales que ocupan sin interrupciones la zona de cobertura del sistema celular de comunicaciones por radio, y después se puede utilizar un tamaño de clúster de $N = 3$, de manera que en cada célula reforzada con repetidoras, automáticamente cada estación repetidora y cada estación base utilizan un conjunto diferente de canales de transmisión, como las estaciones repetidoras vecinas de la célula reforzada con repetidoras y sus estaciones repetidoras vecinas que pertenecen a 55 células reforzadas con repetidoras.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, las transmisiones de datos entre una

estación base y sus estaciones móviles asociadas y las transmisiones de datos entre dicha estación base y sus estaciones repetidoras asociadas comparten canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión.

5 Desde la perspectiva de una estación base, dichas estaciones repetidoras se consideran entonces como estaciones móviles. Alternativamente, las transmisiones de datos entre dicha estación base y sus estaciones repetidoras asociadas pueden estar basadas también en una técnica de transmisión que difiere de la técnica de transmisión que se utiliza para la transmisión de datos entre la estación base y sus estaciones móviles asociadas.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, las transmisiones de datos de estaciones repetidoras vecinas de diferentes células reforzadas con repetidoras están desacopladas en el dominio de tiempos y/o el dominio de frecuencias y/o en el dominio de códigos y/o el dominio de polarización y/o el dominio de espacio.

10 Esto puede ser particularmente ventajoso si las estaciones repetidoras de células reforzadas con repetidoras vecinas utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y por tanto pueden originar interferencia mutua. Los canales de transmisión para las transmisiones de datos de dichas estaciones repetidoras, en particular los canales de transmisión para las transmisiones de datos dirigidas hacia sus estaciones móviles asociadas, son entonces programadas con respecto a uno o varios de dichos dominios, por ejemplo por una instalación central de programación, y se puede evitar completamente la interferencia entre las transmisiones de datos vitales de las repetidoras de células reforzadas con repetidoras vecinas. Por ejemplo, las transmisiones de datos de estaciones repetidoras de células reforzadas con repetidoras vecinas pueden ser programadas en diferentes momentos de tiempo para evitar la interferencia.

20 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, se asegura que los canales de transmisión para las transmisiones de datos entre las estaciones base y sus estaciones repetidoras asociadas de una célula reforzada con repetidoras, son sustancialmente ortogonales a los canales de transmisión de las transmisiones de datos entre estaciones base y sus estaciones repetidoras asociadas en las células reforzadas con repetidoras vecinas.

25 Esto puede ser particularmente ventajoso si todas las estaciones base utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión y por tanto originan interferencia mutua. La ortogonalidad sustancial entre dichos canales de transmisión puede ser conseguida, por ejemplo, teniendo cuidado de que, aunque el mismo conjunto de canales de transmisión sea utilizado por dos estaciones base, se asignen diferentes canales de transmisión de dicho conjunto de canales de transmisión, para la transmisión de datos entre dichas estaciones base y sus estaciones repetidoras asociadas.

30 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, dichas transmisiones de datos están basadas en modulación con múltiples portadoras. Dicha transmisión de datos puede estar basada por ejemplo en la Multiplexación de División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) o su variante codificada (COFDM).

35 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, dichas estaciones repetidoras son repetidoras de la capa 2. Dichas repetidoras pueden ser capaces por ejemplo de convertir protocolos de la capa 2 del modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) de la Organización Internacional de Estandarización (ISO), donde dichos protocolos de capa 2 se utilizan en diferentes saltos de dichas transmisiones de datos de múltiples saltos. Si se utilizan los mismos protocolos para los saltos de dichas transmisiones de datos de múltiples saltos, dicha repetidora de capa 2 puede proporcionar otra funcionalidad relacionada con la capa 2, o sea funciones de repetidora de capa 2. Dicha repetidora de capa 2 puede ser considerada entonces como un "puente".

40 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, dichas estaciones repetidoras son repetidoras de capa 3. Dichas repetidoras pueden ser capaces por ejemplo de convertir protocolos de capa 3 del modelo de referencia ISO OSI, donde dichos protocolos de capa 3 se utilizan en diferentes saltos de dichas transmisiones de datos de múltiples saltos. Si se utilizan los mismos protocolos para los saltos de dichas transmisiones de datos de múltiples saltos, dicha repetidora de capa 3 puede proporcionar otra funcionalidad relacionada con la capa 3, o sea funciones de repetidora de capa 3.

45 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, dichas estaciones base y/o dichas estaciones repetidoras utilizan antenas de múltiples elementos o sectores al menos para dichas transmisiones de datos con sus estaciones móviles asociadas.

50 Por ejemplo, si se utilizan antenas de sectores, se pueden utilizar conjuntos de canales de transmisión sustancialmente ortogonales por dichas estaciones base o estaciones repetidoras en los sectores que están formados por dichas antenas de sectores. Si se utilizan antenas de múltiples elementos, pueden aplicarse técnicas de formación de haces, como por ejemplo el Filtrado Espacial para la Reducción de Interferencias (SFIR) o el Acceso Múltiple por División de Espacio (SDMA), para reducir aún más la interferencia en el caso de transmisión y recepción, o para aumentar el número de transmisiones de datos que puede soportar dicha estación base o repetidora.

55 De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, dichas estaciones base y dichas

estaciones repetidoras utilizan antenas de múltiples elementos, y la capacidad de dichas transmisiones de datos entre dichas estaciones base y sus estaciones repetidoras asociadas aumenta aplicando técnicas de Entradas Múltiples - Salidas Múltiples.

5 Dichas técnicas de Entradas Múltiples - Salidas Múltiples están basadas en la disponibilidad de al menos dos elementos de antena de transmisión y al menos dos elementos de antena de recepción que permiten la transmisión de un número de cadenas de datos que es igual al número mínimo de elementos de antena de transmisión y recepción. Dichas cadenas de datos son transferidas de manera ortogonal. Como, dependiendo del número de elementos de antena en el transmisor y en el receptor, la C/I requerida para la transferencia con éxito de dichas cadenas de datos puede ser bastante alta, puede ser ventajoso desacoplar dicha transmisión de datos entre dicha estación base y sus estaciones repetidoras asociadas de otras transmisiones de datos, por ejemplo en el dominio de tiempos o de frecuencias.

De acuerdo con un modo de realización adicional de la presente invención, en cada célula reforzada con repetidoras, se transmite un canal de radiodifusión por dicha estación base y sus estaciones repetidoras asociadas.

15 Dicho canal de radiodifusión proporciona información de control vital para las estaciones móviles en la célula reforzada con repetidoras, de manera que tiene que asegurarse que todas las estaciones móviles de la célula reforzada con repetidoras son capaces de recibir dicho canal de radiodifusión. En la técnica anterior, esto se consigue transmitiendo el canal de radiodifusión desde la estación base en el centro de la célula con un nivel máximo de potencia. En particular, los sistemas basados en CDMA, la transmisión del canal de radiodifusión con el nivel máximo de potencia concurrentemente a la transmisión de datos entre la estación base y las estaciones móviles reduce la capacidad que queda para dichas transmisiones de datos entre la estación base y la estación móvil. Cuando se transmite el canal de radiodifusión tanto desde la estación base como desde las estaciones repetidoras, como se propone en este modo de realización de la presente invención, el nivel de potencia de transmisión puede ser reducido considerablemente, ya que la distancia media entre las estaciones móviles y la siguiente estación base o repetidora es significativamente menor como en la técnica anterior. Consecuentemente, se bloquea menos capacidad por la transmisión del canal de radiodifusión. Además, debe indicarse que el canal de radiodifusión transmitido por la estación base es recibido por sus estaciones repetidoras asociadas, de manera que pueden actualizar la información en cualquier momento en que emiten las estaciones base, siguiendo justamente a la información de radiodifusión de la estación base.

25 Además, como en la técnica anterior, el nivel de potencia requerido para la transmisión del canal de radiodifusión determina sustancialmente la clase de amplificador de potencia que se requiere en la estación base, es posible también de acuerdo con la presente invención utilizar un amplificador de potencia de clase menor y por tanto reducir costes. Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y aclarados con referencia a los modos de realización descritos de aquí en adelante.

Breve descripción de las figuras

35 En las figuras se ilustra:

Figura 1: una trama de Control de Acceso al Medio (MAC) de una HIPERLAN2, con mejoras conformes con el estándar que permiten la instalación de Estaciones Repetidoras Fijas (FRSS) de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

40 Figura 2: un flujo de datos desde un Punto de Acceso (AP) a un Terminal Móvil Remoto (RMT) en modo de 2 saltos, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

45 Figura 3: una comparación del máximo rendimiento que puede conseguirse de extremo a extremo en función de la distancia entre un AP y un (R)MT para una transmisión de datos de 1 salto y de 2 saltos con un protocolo de enlace de Solicitud Selectiva de Repetición Automática (SARQ), de acuerdo con un modo de realización de la presente invención y con una diversidad de modos PHY, dando como resultado velocidades de transmisión de 54, 36, 27, 18, 12 Mbit/s;

Figura 4: una célula reforzada con repetidoras, que tiene tres repetidoras en un escenario de propagación de área amplia, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

Figura 5a: una ocupación de una zona con células reforzadas con repetidoras como se ilustra en la figura 4, para un tamaño de clúster de $N = 3$, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

50 Figura 5b: una ocupación de una zona con células reforzadas con repetidoras como se ilustra en la figura 4, para un tamaño de clúster de $N = 7$, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

Figura 5c: una ocupación de una zona con células reforzadas con repetidoras como se ilustra en la figura 4, para un tamaño de clúster de $N = 12$, de acuerdo con un modo de realización de la presente invención;

Figura 6: un diagrama que representa la probabilidad de error de la Unidad de Datos del Protocolo (PDU), en función de la $C/(I+N)$ y parametrizada con diferentes modos físicos (modo-PHY) de un módem, de acuerdo con el estándar IEE 802.11a;

5 Figura 7a: un diagrama que representa la $C/(I+N)$ en función de la distancia, entre el MT y el AP sin repetidoras en un escenario de propagación de área amplia, de acuerdo con la técnica anterior (líneas: análisis, marcadores; simulación);

Figura 7b: un diagrama que representa el rendimiento de extremo a extremo en función de la distancia entre el MT y el AP sin repetidoras, en un escenario de propagación de área amplia, de acuerdo con la técnica anterior (líneas: análisis, marcadores; simulación);

10 Figura 8a: un diagrama que representa la relación $C/(I+N)$ del enlace descendente (DL) en función de la distancia en la dirección x desde un (R)MT a un AP y una FRS, respectivamente, para tamaños de clúster variables ($N = 3, 7, 12$) utilizando repetidoras (líneas: análisis, marcadores; simulación);

15 Figura 8b: un diagrama que representa el rendimiento de extremo a extremo del enlace descendente (DL) en función de la distancia en la dirección x desde un (R)MT a un AP y una FRS, respectivamente, para tamaños de clúster variables ($N = 3, 7, 12$) utilizando repetidoras (líneas: análisis, marcadores; simulación);

Figura 9a: un diagrama que representa el rendimiento máximo de extremo a extremo del DL en función de la distancia en la dirección x desde un (R)MT a un AP y una FRS, respectivamente, para tamaños de clúster variables ($N = 3, 7, 12$) y radios de sub-células de la estación base (200 m, 346 m) utilizando repetidoras con radios de sub-células de 200 m, pero sin ganancia de la antena de recepción entre el AP y la FRS;

20 Figura 9b: un diagrama que representa el rendimiento máximo de extremo a extremo del DL en función de la distancia en la dirección x desde un (R)MT a un AP y una FRS, respectivamente, para tamaños de clúster variables ($N = 3, 7, 12$) y radios de sub-células de la estación base (200 m, 346 m) utilizando repetidoras con radios de sub-células de 200 m, pero sin ganancia de la antena de recepción entre el AP y la FRS;

25 Figura 9c: un diagrama que representa el rendimiento máximo de extremo a extremo del DL en función de la distancia en la dirección x desde un (R)MT a un AP y una FRS, respectivamente, para tamaños de clúster variables ($N = 3, 7, 12$) y radios de sub-células de la estación base (200 m, 346 m) utilizando repetidoras con radios de sub-células de 200 m, con una ganancia de la antena de recepción de 11,8 dB entre el AP y la FRS;

30 Figura 9d: un diagrama que representa el rendimiento máximo de extremo a extremo del DL en función de la distancia en la dirección x desde un (R)MT a un AP y una FRS, respectivamente, para tamaños de clúster variables ($N = 3, 7, 12$) y radios de sub-células de la estación base (200 m, 346 m) utilizando repetidoras con radios de sub-células de 200 m, con una ganancia de la antena de recepción de 11,8 dB entre el AP y la FRS; y

Figura 10: un diagrama que representa el rendimiento conseguido de extremo a extremo del DL (dado en velocidades de bits discretas del modo PHY) en la célula reforzada con repetidoras de acuerdo con la figura 4, con una ganancia de la antena de recepción de 11,8 dB entre el AP y la FRS.

35 Descripción detallada de la invención

La presente invención propone la instalación de estaciones repetidoras en un sistema celular de comunicaciones por radio de área amplia, para conseguir una distribución más homogénea de la C/I o del rendimiento de extremo a extremo en la zona de cobertura y, por tanto, para aumentar la eficiencia espectral de tal sistema.

40 En lo que sigue, se describirá un sistema de HIPERLAN2 (H2) con estaciones repetidoras, como ejemplo de modo de realización de la presente invención. En él, la estación base de cada célula será indicada como Punto de Acceso (AP), las estaciones móviles serán indicadas como Terminales Móviles (MTs), y las estaciones repetidoras se supondrán fijas y serán indicadas como Estaciones Repetidoras Fijas (FRS). Sin embargo, debe observarse que la presente invención puede ser utilizada igualmente bien con diferentes clases de sistemas de comunicaciones por radio, en particular con sistemas de comunicaciones por radio que están basadas en el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y sistemas basados en el Acceso Múltiple por División de Frecuencia/Tiempo (FDMA/TDMA).

45 Se describe aquí el sistema HIPERLAN2 (H2) para explicar cómo los protocolos basados en la trama MAC, como el IEEE 802.11e, el IEEE 802.16a (HIPERMAN) y el recientemente adoptado IEEE 802.15.3 pueden ser aplicados para realizar la función de la repetidora en el dominio del tiempo. Todas las funciones MAC y PHY abordadas aquí son existentes en todos estos estándares inalámbricos y no es necesario hacer ningún cambio a las especificaciones existentes para efectuar la función de la repetidora. Sin embargo, el Control de Enlace Lógico (LLC) o la capa MAC pueden necesitar ahora una función de almacenar y reenviar como el conocido por el compendio para conectar las LAN entre sí. En la descripción de una repetidora H2, utilizamos también el término reenvío cuando nos referimos a la función de la repetidora.

El H2 especifica una estructura periódica de tramas MAC, como se representa en la figura 1. Como puede observarse fácilmente, se utiliza el Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) como técnica de acceso múltiple, y se aplica el Dúplex por División de Tiempo (TDD) para separar las transmisiones de datos por el enlace ascendente (UL) y las del enlace descendente (DL). Los canales de transmisión que pueden ser utilizados por los AP y las FRS para sus transmisiones de datos se representan entonces por ventanas de tiempo en las secciones de UL y DL de una trama MAC, y para cada dirección de transmisión (UL, DL), se representa un conjunto de canales de transmisión por medio de una pluralidad de ventanas de tiempo de UL o DL. Como será explicado a continuación, el AP y sus FRS asociadas comparten las ventanas de tiempo de UL y DL.

Como será explicado con referencia a las figuras 4 y 5a-5c, las ventanas de tiempo de UL y DL utilizadas para el acceso múltiple en una célula del sistema celular, utilizan la misma banda de frecuencias, y al aumentar el tamaño N del clúster, es posible asignar diferentes bandas de frecuencia a diferentes células del sistema celular, para reducir la interferencia entre la transmisión de datos de células vecinas.

En el Modo de Reenvío (FM), tanto la señalización como los datos del usuario son reenviados por la FRS. Una FRS que funcione en FM aparece como un MT directamente servido al AP. Por tanto, esto no impide la posibilidad de permitir que cualquier MT actúe como repetidora para convertirse en una Estación Repetidora Móvil (MRS). Los MT son denominados como MT remotos ((R)MTs) si son servidos (es decir, están asociados) con una FRS.

La capacidad de la trama MAC (véase la figura 1, parte superior) se asigna dinámicamente en un proceso de dos etapas:

Primero, la capacidad de transmisión para los terminales directamente asociados con el AP de una célula reforzada con repetidoras, es decir, las FRS y los MT, son asignados por el AP. Una FRS aparece al AP como un MT, pero establece una estructura de sub-trama (SF), que está incorporada en la estructura de trama MAC de H2 del AP que la sirve (se hace referencia a la figura 1 inferior). La estructura SF tiene disponible solamente la capacidad asignada por el AP a la FRS.

Esta capacidad es asignada después dinámicamente por la FRS a sus RMT de acuerdo con las reglas del protocolo MAC de H2. Utilizando este esquema, la FRS necesita solamente un transceptor. La SF se genera y controla por la FRS (ilustrada en la figura 2) y está estructurada de la misma manera que la trama MAC utilizada en el AP. Permite la comunicación con los terminales heredados de H2 sin ninguna modificación. Implementa los mismos canales físicos que el estándar H2 (F-BCH, F-FCH, F-ACH, F-DL, F-UL y F-RCH), que llevan ahora el prefijo "F-" para indicar que han sido establecidos por la FRS. Un RMT puede establecer también una SF para aplicar de manera recurrente este concepto de repetidora, con el fin de poner en cascada a múltiples repetidoras.

La figura 1 muestra las funciones introducidas en la trama MAC de H2 para permitir la función de repetidora en el dominio de tiempo. La capacidad asignada en la trama MAC al FRS que ha de utilizarse ahí para establecer una SF es colocada en la parte de la trama del UL del AP. Cuando la FRS está transmitiendo por el enlace descendente, los datos son direccionados apropiadamente a su RMT y el AP descartará estos datos de manera consecuyente. Lo mismo es aplicable a los datos transmitidos desde el RMT al FRS. La capacidad de intercambio de datos entre el AP y la FRS ha de ser reservada de la manera usual en ambas direcciones UL y DL a petición de la FRS. Una operación muy similar es posible utilizando el Acceso de Coordinador Híbrido del IEEE 802.11e.

Surge la pregunta de bajo qué circunstancias será beneficiosa la repetidora, es decir, cuándo es preferible una transmisión de datos de 2 saltos (saltos múltiples) con respecto a una transmisión de datos de un salto (salto único).

La figura 3 presenta resultados analíticos que comparan el rendimiento conseguido con transmisiones de datos de 1 salto y de 2 saltos, para los dos escenarios representados en la esquina superior derecha de la figura 3, cuando se supone una propagación por radio en Línea de Visión (LOS).

En la figura 3, se supone que la FRS está colocada a la mitad de distancia entre el AP y el (R)MT. Resulta que desde una distancia de 370 m en adelante, la comunicación en 2 saltos entrega un rendimiento algo mayor que en 1 salto, como se ha marcado con la zona sombreada. El ejemplo ilustra particularmente que la repetidora aumenta el rendimiento cerca del borde de la célula de un AP (en condiciones de LOS), que es de particular relevancia para la presente invención.

La repetidora es la parte de consumo de capacidad de un AP, ya que los datos retransmitidos tienen que ir dos veces por el canal de radio. Sin embargo, puede demostrarse que para los conceptos de instalación basada en repetidoras en escenarios de área amplia, con alturas medias de edificios medias a bajas, los MT servidos en repetidoras diferentes que pertenecen al mismo AP pueden ser servidos al mismo tiempo, por lo que la pérdida de capacidad introducida por las transmisiones de datos de 2 saltos puede ser compensada en gran medida. La pérdida de capacidad puede incluso convertirse en una ganancia sustancial si se utilizan antenas direccionales en la FRS, como se describirá a continuación.

Aun cuando siga habiendo una pérdida de capacidad resultante de un sistema basado en repetidoras, el concepto

basado en repetidoras de acuerdo con la presente invención es capaz de administrar la capacidad disponible en un AP en función del alcance del radio de cobertura.

5 La tendencia hacia velocidades de transmisión crecientes que resultan de módems de radio adicionalmente desarrollados, tiende a proporcionar una capacidad extra en el área de la célula servida por un AP, especialmente en los primeros meses/años posteriores a la instalación de un sistema. Esta capacidad extra, en la mayoría de los casos, no puede ser ampliada por la estación base a una zona suficientemente grande para alcanzar un equilibrio entre la capacidad proporcionada y la capacidad requerida desde las estaciones móviles en la célula, ya que no hay limitaciones de potencia en la estación base especificada por las autoridades reguladoras. Las repetidoras aumentan sustancialmente el tamaño del área de servicio, aumentando con ello la probabilidad de que la capacidad de un AP sea utilizada eficientemente.

10 El bajo alcance de la cobertura que presentan los sistemas celulares de comunicaciones por radio a velocidades de datos altas fue ilustrado ya en la figura 3. En una solución celular de 1 salto de la técnica anterior con células hexagonales, esto conduce a un gran número de AP requeridos para la cobertura continua. Como se propone en la presente invención, el uso de las FRS puede ayudar a aumentar la cobertura de radio en banda ancha y por tanto a aumentar también la eficiencia espectral del sistema celular de comunicaciones por radio.

La figura 4 muestra el elemento básico (denominado célula reforzada con repetidoras) utilizado para conseguir una cobertura mejorada y un aumento de la eficiencia espectral de un sistema celular de comunicaciones por radio de acuerdo con la presente invención.

20 Consiste en un AP y tres FRS circundantes asociadas que pueden estar incorporadas en una estructura de células hexagonales. Se considera un radio de cobertura para un solo AP o FRS de $R = 200$ m. El resultado es que una célula reforzada con repetidoras, que puede consistir en 4 sub-células, cubre la misma área que una célula de un solo salto con un radio de $R = 346$ m.

De acuerdo con las figuras 5a - 5c, se pueden realizar tamaños de clúster diferentes de $N = 3, 7$ y 12 , respectivamente, justamente igual que en el enfoque de células hexagonales de la técnica anterior.

25 En lo que sigue de esta descripción detallada de la invención, se presentarán los resultados de la simulación sobre la C/I y el rendimiento de extremo a extremo en función de la distancia desde el AP, y la eficiencia espectral que puede conseguirse con el concepto basado en repetidoras de acuerdo con la presente invención.

30 Todos los interfaces aéreos basados en la trama MAC mencionados anteriormente, operarán muy probablemente en las bandas exentas de licencia de 5 GHz (300 MHz en USA, 550 en Europa, 100 MHz en Japón) o en la banda de 3,5 GHz u otras bandas con licencia. Se supone en lo que sigue que la capa física (PHY) utiliza una transmisión basada en OFDM con un ancho de banda de portadora de 20 MHz subdivida en sub-portadoras ortogonales. El módem se supone que es conforme con el estándar IEEE 802.11a. Estas bandas de frecuencia se caracterizan por una alta atenuación y muy baja difracción, conduciendo a un bajo alcance por radio.

35 En las simulaciones, la base para la determinación de errores de transmisión es la relación de Portadora a Interferencia y potencia de ruido ($C/(I+N)$). Los resultados de las investigaciones del nivel de ruido proporcionan la probabilidad de error de la Unidad de Datos de Protocolo (PDU) relacionada con la $C/(I+N)$ media durante la recepción de la PHY-PDU. Esta relación se ilustra en la figura 6.

40 En el modelo de simulación aplicado, se detectan las colisiones de las transmisiones interferentes y se calcula el promedio resultante de $C/(I+N)$ para cada PHY-PDU transmitida para decidir sobre el éxito o la retransmisión. El modelo de propagación utilizado en las simulaciones de área amplia es el modelo de Espacio Abierto Grande y se utiliza el exponente de pérdida del camino de $\gamma=2,5$. Para determinar si un MT debe ser servido por el AP directamente o a través de una FRS, se valora la pérdida del camino entre el AP y el MT. Si es mayor que un cierto umbral, se asocia el MT con la FRS más cercana disponible ("más cercana" en términos de pérdida del camino). La carga del tráfico se supone que es constante en velocidad de bits, que es una suposición razonable cuando se investiga el rendimiento máximo de extremo a extremo que puede conseguirse.

En lo que sigue, se presentan solamente los resultados en la dirección del Enlace Descendente (DL), ya que los efectos principales que pueden ser observados son bastante similares en las direcciones del Enlace Ascendente (UL) y en la DL, un resultado que es debido en parte al interfaz aéreo en Dúplex por División de Tiempo estudiado.

50 En las figuras 7a y 7b, la relación $C/(I+N)$ del DL y el rendimiento máximo relacionado de extremo a extremo, respectivamente, se han dibujado sobre la distancia del MT desde el AP cuando el escenario de servicio es solamente por los AP, de acuerdo con el escenario de área amplia de la presente invención.

En la instalación celular de área amplia, los valores de $C/(I+N)$ se degradan como es de esperar cuando disminuye el tamaño del clúster, debido al aumento de interferencia del canal común. Para la comparación, se ilustra también la $C/(I+N)$ para un solo AP sin interferencia. La figura 7b muestra también que en el borde de la célula (a una distancia

de 200 m), se puede proporcionar un rendimiento máximo de extremo a extremo de aproximadamente 8 Mbit/s en un caso muy optimista de $N = 19$.

También se han realizado simulaciones con repetidoras fijas en una instalación de área amplia para tamaños de clúster de $N = 3, 7$ y 12 , véase la figura 5.

- 5 Las figuras 8a y 8b muestran la $C/(I+N)$ sobre la distancia del MT desde el AP o la FRS, respectivamente. La FRS está situada a una distancia de 200 m desde el AP a lo largo del eje y (véase el pictograma). Esto explica el pico característico de las curvas de la figura 8b indicadas como "2 saltos". También es visible en ambas figuras que el impacto del tamaño N del clúster en los valores esperados de $C/(I+N)$ es considerable. Para referencia, las figuras muestran también la curva de $C/(I+N)$ para el escenario de un salto de $N = 3$ y $R = 200$ m. Muestra que la instalación de repetidoras ayuda a mejorar considerablemente los valores de $C/(I+N)$ a una distancia desde el AP.

Las figuras 9a y 9b muestran el rendimiento máximo de extremo a extremo que puede conseguirse en el enlace descendente, en función de la distancia (en la dirección x y en la dirección y, respectivamente) de un MT desde el AP (indicado como "1 salto"), y el rendimiento de extremo a extremo en función de dicha distancia encontrada por los MT que son servidos por una FRS (indicado como "2 saltos").

- 15 Las FRS están situadas a una distancia de 200 m desde el AP, por ejemplo en la dirección y (ilustrada en el pictograma). Esto explica el máximo de la curva de rendimiento para el segundo salto visible a esa distancia. Cada conjunto de curvas tiene el tamaño N del clúster como parámetro. Como es de esperar, las curvas con $N = 3$ muestran los valores de rendimiento más bajos, debido a la interferencia más alta encontrada.

- 20 Las figuras 9c y 9d muestran el rendimiento máximo de extremo a extremo que puede conseguirse en el enlace descendente, cuando se supone una ganancia de antena de 11,8 dB entre el AP y la FRS. De nuevo, la figura 9c representa la situación a lo largo del eje x, mientras que la figura 9d se refiere al eje y de la célula reforzada con repetidoras (se hace referencia también a los pequeños pictogramas incluidos).

- 25 Al igual que en el primer salto, la situación para los RMT es casi similar a la de los MT servidos directamente por el AP en el caso de un solo salto (incluido para referencia con un tamaño de célula de $R = 346$ m). Dependiendo del tamaño N del clúster, el rendimiento máximo de extremo a extremo a lo largo del eje y (figura 9c) mejora para alcances mayores que 220 m ($N = 3$), 280 m ($N = 7$) y 320 m ($N = 12$) cuando se utilizan estaciones repetidoras en lugar de una instalación de un solo salto. A lo largo del eje x (figura 9a), se pueden observar mejoras para $N = 3$, y $N = 7$ (para alcances > 250 m y 325 m).

- 30 Si se supone una ganancia adicional de la antena entre el AP y la FRS, las ventajas del concepto de FRS puede ser observado ya alrededor de 140 m ($N = 3$), 170 m ($N = 7$) y 190 m ($N = 12$) a lo largo del eje y (figura 9d, mientras que a lo largo del eje x (figura 9b), el rendimiento del sistema de dos saltos supera al sistema de un salto comenzando en 170 m ($N = 3$), 200 m ($N = 7$) y 240 m ($N = 12$). En general, se puede observar una mejora considerable en comparación con la instalación sin antenas de ganancia.

- 35 Además, se puede observar una distribución más homogénea (o más ecualizada) del rendimiento máximo de extremo a extremo que puede conseguirse, que es especialmente beneficioso en zonas cercanas al borde de la célula, véase la figura 10. Cuanto más estrecha es la reutilización de frecuencias, es decir, menor es el tamaño N del clúster, menor se hará el alcance mínimo donde es beneficioso el uso de las FRS. Además, el número de bandas de frecuencia necesarias se reduce con los tamaños N del clúster. Esto permite utilizar un mayor ancho de banda de frecuencias por célula, y por tanto aumentar la capacidad de la red del operador. Cuando se utilizan las FRS, incluso con un tamaño de clúster $N = 3$, se puede dar servicio al borde de la célula con una calidad suficiente, debido a la extensión del alcance. La ganancia obtenida por el esquema de repetidoras justifica la transmisión de la información dos veces.

- 45 Los resultados dados anteriormente son para la comparación de células con un salto y con dos saltos con la misma superficie de célula (igual densidad de AP). Si se compara un clúster $N = 3$ y células de 200 m con una célula reforzada con repetidoras y $N = 3$ con sub-células de 200 m (igual densidad del lugar), las ventajas del concepto basado en repetidoras se hace ya visible a distancias > 30 m desde el AP.

- 50 Además del rendimiento máximo de extremo a extremo estudiado anteriormente, la capacidad del sistema, es decir, el tráfico acumulado que puede ser transportado en una zona de servicio bien definida y una cierta cantidad de espectro utilizado, es una medición importante para valorar el rendimiento del sistema. Para optimizar un sistema, es muy importante tener un objetivo de optimización claramente definido.

Tabla 1. Capacidad media de una célula y eficiencia espectral para una célula con 10 MT y una Programación Exhaustiva Por Turnos (Round Robin) (ERR), comparando la instalación celular de área amplia de un solo salto ("Estándar") con la instalación de múltiples saltos (con tres FRS y ambas con y sin ganancia de antena de 11,8 dB

entre el AP y las FRS)

Escenario	Tamaño N de clúster	Tamaño de célula [m ²]/10 ³	Capacidad de la célula [Mbit/s]	Eficiencia Espectral [bit/s/Hz/m ²]	
5	Estándar 200 m	3	104	6,84	1,10
	Estándar 200 m	7	104	12,20	0,84
	Estándar 200 m	12	104	16,42	0,66
	3 FRS	3	311	4,21	0,23
	3 FRS	7	311	7,27	0,17
10	3 FRS	12	311	9,46	0,13
	Estándar 346 m	3	311	6,53	0,35
	Estándar 346 m	7	311	11,42	0,26
	Estándar 346 m	12	311	14,82	0,20
	3 FRS + 11,8 dB	3	311	7,44	0,40
15	3 FRS + 11,8 dB	7	311	11,14	0,26
	3 FRS + 11,8 dB	12	311	13,41	0,18

La Tabla 1 muestra el rendimiento medio de extremo a extremo para diferentes instalaciones de 1 salto y 2 saltos en el escenario de área amplia. Debe indicarse que los resultados arriba presentados fueron obtenidos en un sistema con canales completamente ortogonales en el dominio de tiempos; la reutilización potencial de los canales de transmisión, por ejemplo en el dominio de tiempos, no se ha explotado todavía, de manera que se pueden esperar eficiencias espectrales mejoradas para el concepto basado en repetidoras. De nuevo, para el tamaño de célula pequeña y un rendimiento alto de la célula, se tiene como resultado una eficiencia espectral de la zona relativamente alta en el caso de células de 200 m. Sin embargo, la observación interesante es que el sistema basado en repetidoras consigue sustancialmente la misma eficiencia espectral de la zona que en el sistema de 1 salto de la técnica anterior con el mismo tamaño global de la célula (compárense las filas 7 - 9 con las filas 10 -12 de la Tabla 1). Al mismo tiempo, como es visible en las figuras 9a - 9d y en la figura 10, la calidad de la cobertura en el borde de la célula es superior en el caso de dos saltos. Bajo una densa reutilización de frecuencias (N = 3), el sistema de dos saltos de acuerdo con la presente invención presenta incluso una eficiencia espectral de un 14% más alta que en el sistema de un salto de la técnica anterior (compárense las filas 7 y 10 de la Tabla 1).

La invención ha sido descrita anteriormente por medio de un modo de realización preferido. Debe indicarse que hay maneras y variaciones alternativas que son obvias para una persona experta en la técnica y puede ser implementada sin desviarse del alcance de las reivindicaciones anexas. En particular, la presente invención no está limitada en modo alguno a la aplicación en el sistema HIPERLAN2. Puede ser igualmente instalada en todos los demás tipos de sistemas celulares de comunicaciones por radio, como por ejemplo el GSM o el UMTS. Además, en lugar de compartir los canales de transmisión, por ejemplo las ventanas de tiempo de UL y DL de una trama MAC, entre la estación base y las estaciones repetidoras asociadas en cada célula reforzada con repetidoras, también pueden asignarse diferentes conjuntos de canales de transmisión, que difieren por ejemplo en la banda de frecuencia utilizada, a la estación base y a cada estación repetidora de una célula reforzada con repetidoras, para permitir transmisiones de datos concurrentes entre la estación base y sus estaciones móviles asociadas y entre las estaciones repetidoras y sus estaciones móviles asociadas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema celular de comunicaciones por radio de área amplia, que comprende:

- una pluralidad de estaciones base (AP);
- una pluralidad de estaciones repetidoras (FRS); y

5 - una pluralidad de estaciones móviles (MT, RMT); donde cada una de dichas estaciones repetidoras (FRS) está asociada con al menos una de dichas estaciones base (AP), donde cada una de dichas estaciones móviles (MT, RMT) está asociada con al menos una de dichas estaciones base (AP) o una de dichas estaciones repetidoras (FRS), donde las transmisiones de datos inalámbricas entre las estaciones móviles (MT, RMT) y las estaciones base (AP) tienen lugar como transmisiones de datos de un solo salto entre dichas estaciones móviles (MT) y sus
10 estaciones base (AP) asociadas, o bien como transmisiones de datos de múltiples saltos que comprenden una transmisión de datos entre dichas estaciones móviles (RMT) y sus estaciones repetidoras (FRS) asociadas y una transmisión de datos entre dichas estaciones repetidoras (FRS) y las estaciones base (AP) asociadas con dichas estaciones repetidoras (FRS),

caracterizado porque

15 dichas estaciones repetidoras (FRS) son estaciones repetidoras fijas y porque el número medio de transmisiones de datos de múltiples saltos en dicho sistema de comunicaciones por radio es igual o mayor que el número medio de transmisiones de datos en un solo salto.

2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que en dichas transmisiones de datos entre dichas estaciones repetidoras (FRS) y sus estaciones base asociadas (AP), se utilizan antenas direccionales por dichas
20 estaciones repetidoras (FRS) y/o dichas estaciones base (AP).

3. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que cada una de dichas estaciones base (AP) está asociada con al menos dos estaciones repetidoras (FRS) para formar una respectiva célula reforzada con repetidoras de dicho sistema celular de comunicaciones por radio, y donde cada una de dichas estaciones base (AP) con al menos dos estaciones repetidoras asociadas (FRS) proporciona una cobertura por radio para las
25 estaciones móviles (MT, RMT) en dicha respectiva célula reforzada con repetidoras.

4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 3, en el que, en cada célula reforzada con repetidoras, dichas estaciones repetidoras (FRS) y dicha estación base (AP) con la que están asociadas, están sustancialmente posicionadas simétricamente.

5. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 4, en el que dichas células reforzadas con repetidoras están posicionadas a través de la zona de cobertura de dicho sistema celular de comunicaciones por radio, de acuerdo con una configuración sustancialmente regular.
30

6. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 5, en el que, en cada célula reforzada con repetidoras, se determina la posición de dichas estaciones repetidoras (FRS) y dicha estación base (AP) con la que están asociadas, de manera que se consigue la equalización de la relación de potencia de portadora a interferencia por pequeño elemento de superficie del sistema celular de comunicaciones por radio, donde dicho pequeño elemento de superficie es de algunos órdenes de magnitud inferior a la superficie total cubierta por dicha célula reforzada con repetidoras.
35

7. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 5, en el que, en cada célula reforzada con repetidoras, se determina la posición de dichas estaciones repetidoras (FRS) y dicha estación base (AP) con la que están asociadas, de manera que se consigue la equalización de la capacidad de transmisión de extremo a extremo disponible por pequeño elemento de superficie del sistema celular de comunicaciones por radio, donde dicho pequeño elemento de superficie es de algunos órdenes de magnitud inferior a la superficie total cubierta por dicha célula reforzada con repetidoras.
40

8. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 7, en el que cada estación base (AP) de una célula reforzada con repetidoras está asociada con $K \geq 2$ estaciones repetidoras (FRS), y donde dichas K estaciones repetidoras (FRS) están posicionadas sobre un círculo alrededor de dicha estación base (AP) con la que están asociadas, con distancias angulares mutuas de sustancialmente $360^\circ/K$.
45

9. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 8, en el que cada estación base (AP) y cada estaciones repetidoras (FRS) utilizan respectivos canales de transmisión para sus transmisiones de datos, donde dichos canales de transmisión están definidos por una frecuencia portadora y/o ventana de tiempo y/o código de dispersión y/o estado de polarización y/o dirección espacial y/o grupo de sub-portadoras de frecuencia y/o banda de frecuencia y/o código de encriptación.
50

10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que cada célula reforzada con repetidoras, dicha estación base (AP) y sus estaciones repetidoras asociadas (FRS) comparten canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión.
- 5 11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que todos los canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión utilizan la misma banda de frecuencias.
12. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 - 11, en el que hay disponibles N conjuntos de canales de transmisión para dichas células reforzadas con repetidoras, y donde para $N > 1$ dichos N conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.
- 10 13. El sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en el que se asignan conjuntos de canales de transmisión a dichas células reforzadas con repetidoras, de manera que la distancia entre células reforzadas con repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión está optimizada de acuerdo con un criterio de optimización predefinido.
- 15 14. El sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en el que se mantiene que $N > 1$, y donde dichos N conjuntos de canales de transmisión están asignados a dichas células reforzadas con repetidoras, de manera que las células reforzadas con repetidoras que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión están posicionadas a través del área de cobertura de dicho sistema celular de comunicaciones por radio con una configuración sustancialmente regular.
- 20 15. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que cada una de dichas estaciones base (AP) y cada una de dichas estaciones repetidoras (FRS) tiene asignado un respectivo conjunto de canales de transmisión para sus respectivas transmisiones de datos.
- 25 16. El sistema de acuerdo con la reivindicación 15, en el que todos los canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión utilizan la misma banda de frecuencias.
17. Los sistemas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 - 16, en el que se pueden asignar N conjuntos diferentes de canales de transmisión a dichas estaciones repetidoras, y donde para $N > 1$ dichos N conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.
- 30 18. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 - 17, en el que se pueden asignar M conjuntos diferentes de canales de transmisión a dichas estaciones base (AP), y donde para $M > 1$ dichos conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.
19. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 -18, en el que los conjuntos de canales de transmisión utilizados por una estación base (AP) y sus estaciones repetidoras asociadas (FRS) de una célula reforzada con repetidoras, son sustancialmente ortogonales.
20. El sistema de acuerdo con la reivindicación 19, en el que los conjuntos de canales de transmisión utilizados por al menos dos estaciones repetidoras (FRS) de una célula reforzada con repetidoras son sustancialmente ortogonales.
- 35 21. El sistema de acuerdo con la reivindicación 19, en el que al menos dos estaciones repetidoras (FRS) de una célula reforzada con repetidoras utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión.
- 40 22. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 - 21, en el que los conjuntos de canales de transmisión están asignados a dichas estaciones base (AP) y estaciones repetidoras (FRS), de manera que se optimiza la distancia entre las estaciones repetidoras (FRS) que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión, entre estaciones base (AP) que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión, y entre estaciones base (AP) y estaciones repetidoras (FRS) que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión, de acuerdo con un criterio de optimización predefinido.
- 45 23. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 - 16, en el que se pueden asignar N conjuntos diferentes de canales de transmisión a dicha estación repetidora (FRS) y estaciones base (AP), donde para $N > 1$ dichos N conjuntos de canales de transmisión son sustancialmente ortogonales.
- 50 24. El sistema de acuerdo con la reivindicación 23, en el que dichos N conjuntos de canales de transmisión están asignados a dichas estaciones repetidoras (FRS) y estaciones base (AP) de dicho sistema celular de comunicaciones por radio, de manera que las estaciones repetidoras (FRS) que usan el mismo conjunto de canales de transmisión y las estaciones base (AP) que utilizan el mismo conjunto de canales de transmisión están posicionadas a través de la zona de cobertura de dicho sistema celular de comunicaciones por radio, con una configuración sustancialmente regular, respectivamente.
25. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 - 24, en el que las transmisiones de datos

entre una estación base (AP) y sus estaciones móviles (MT) asociadas y las transmisiones de datos entre dicha estación base (AP) y sus estaciones repetidoras (FRS) asociadas comparten canales de transmisión de un conjunto de canales de transmisión.

- 5 26. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 25, en el que las transmisiones de datos de estaciones repetidoras (FRS) vecinas de diferentes células reforzadas con repetidoras, están desacopladas en el dominio del tiempo y/o en el dominio de frecuencias y/o en dominio de códigos y/o en el dominio de polarización y/o en el dominio del espacio.
- 10 27. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 26, en el que se asegura que los canales de transmisión para las transmisiones de datos entre las estaciones base (AP) y sus estaciones repetidoras (FRS) asociadas de una célula reforzada con repetidoras, son sustancialmente ortogonales a los canales de transmisión de las transmisiones de datos entre las estaciones base (AP) y sus estaciones repetidoras (FRS) asociadas en células reforzadas con repetidoras vecinas.
- 15 28. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 27, en el que dichas transmisiones de datos están basadas en la modulación con múltiples portadoras.
29. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 28, en el que dichas estaciones repetidoras (FRS) son repetidoras de capa 2.
30. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 28, en el que dichas estaciones repetidoras (FRS) son repetidoras de capa 3.
- 20 31. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 30, en el que dichas estaciones base (AP) y/o dichas estaciones repetidoras (FRS) utilizan antenas de múltiples elementos o sectores, al menos para dichas transmisiones de datos con sus estaciones móviles asociadas.
- 25 32. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 31, en el que dichas estaciones base (AP) y dichas estaciones repetidoras (FRS) utilizan antenas de múltiples elementos, y donde la capacidad de dichas transmisiones de datos entre dichas estaciones base (AP) y sus estaciones repetidoras (FRS) asociadas aumenta al aplicar técnicas de Múltiple Entrada - Múltiple Salida.
33. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 - 32, en el que en cada célula reforzada con repetidoras, se transmite un canal de radiodifusión por dicha estación base (AP) y sus estaciones repetidoras (FRS) asociadas.

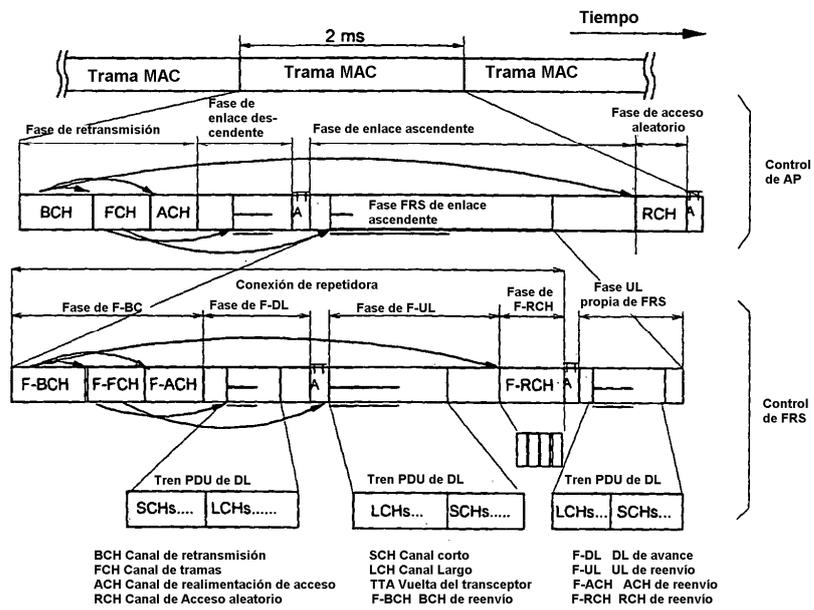


Fig. 1

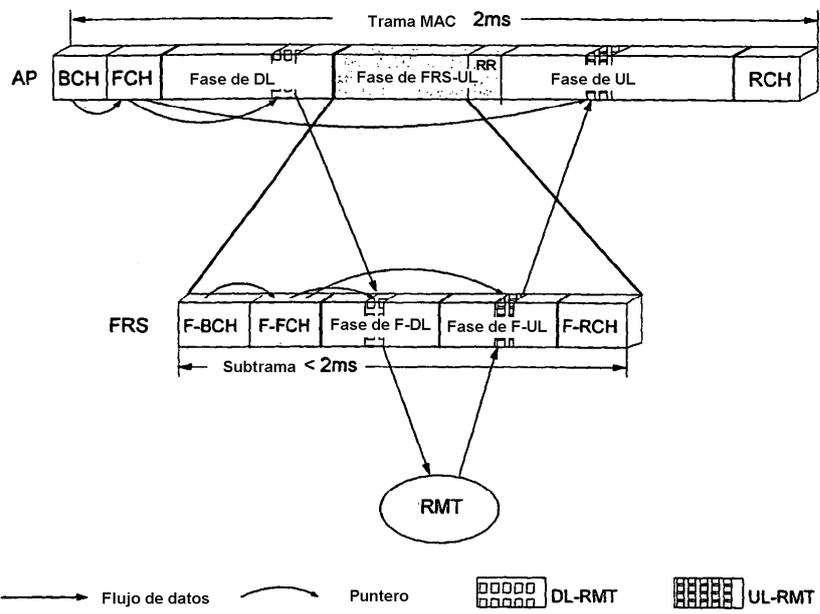


Fig. 2

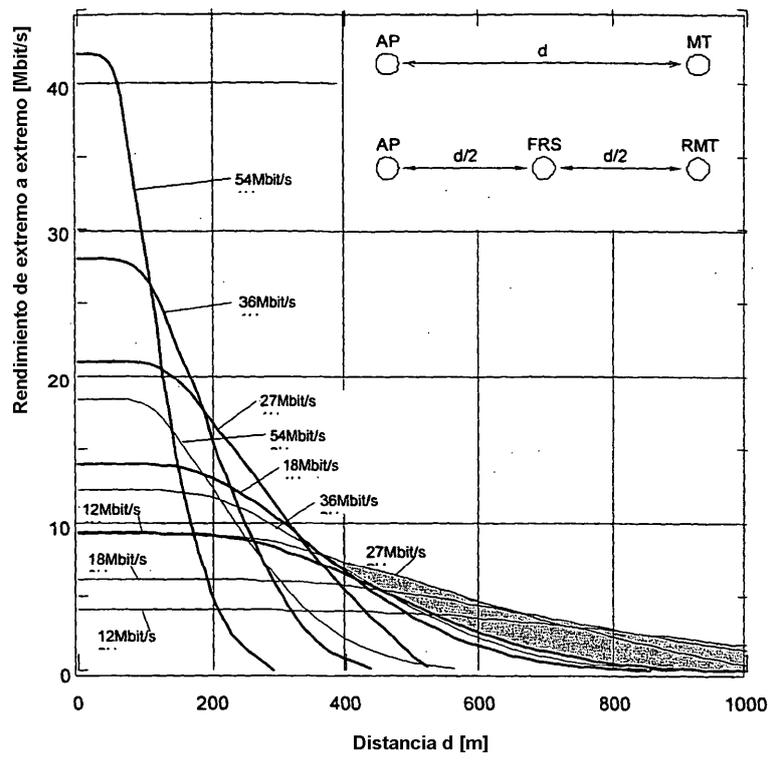


Fig. 3

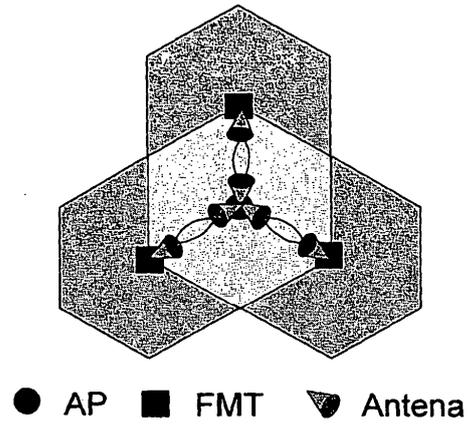


Fig. 4

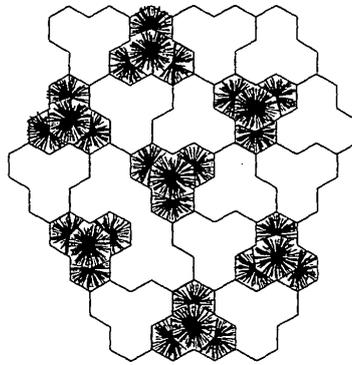


Fig. 5a

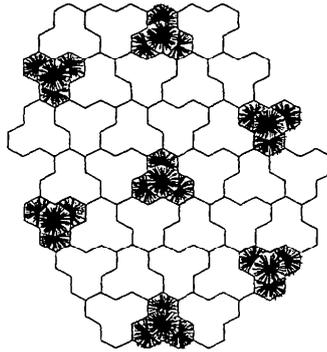


Fig. 5b

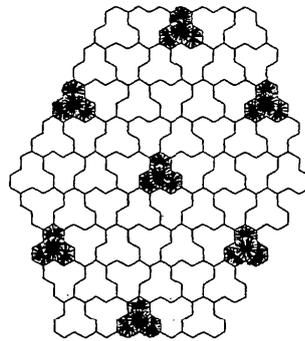


Fig. 5c

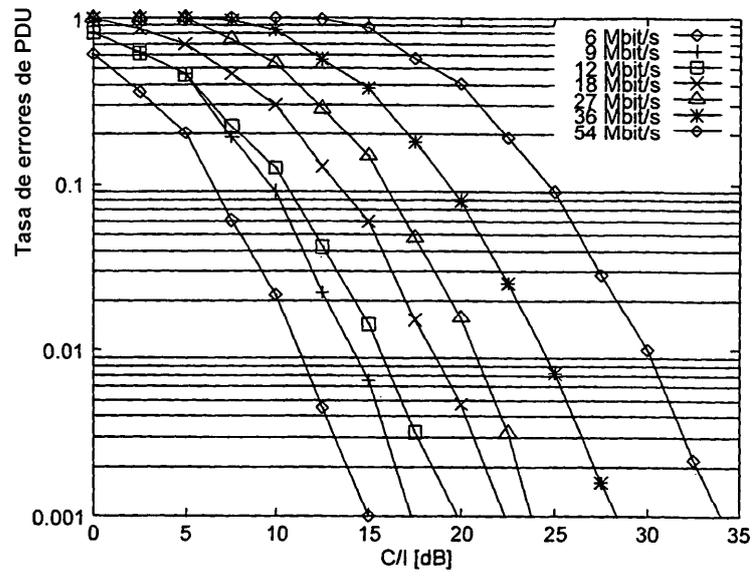


Fig. 6

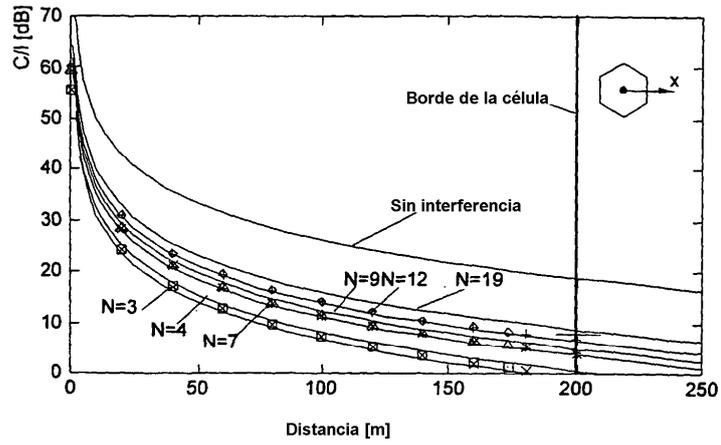


Fig. 7a

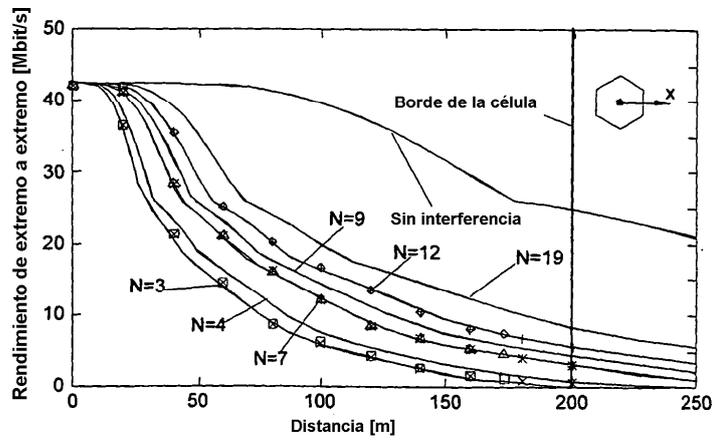


Fig. 7b

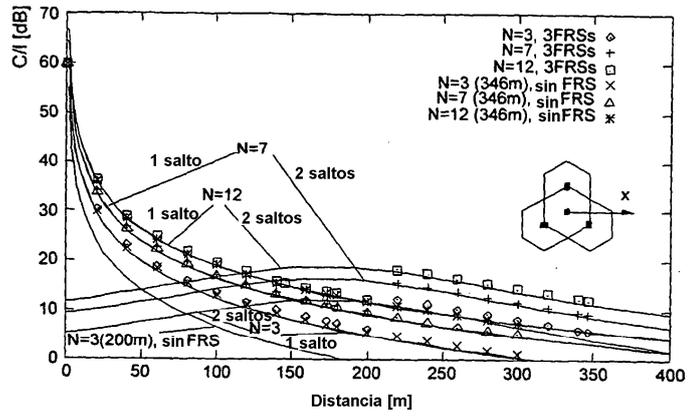


Fig. 8a

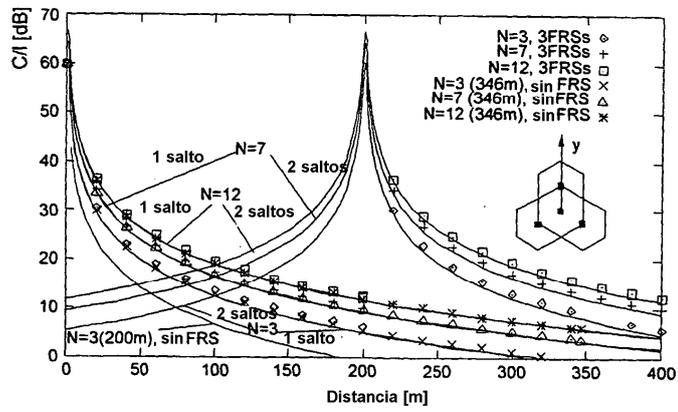


Fig. 8b

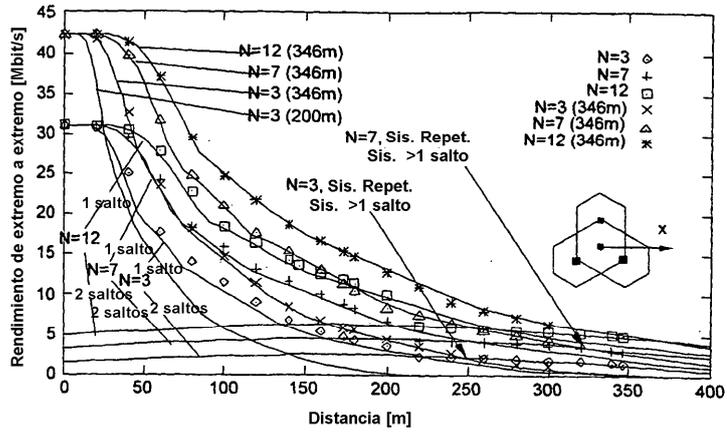


Fig. 9a

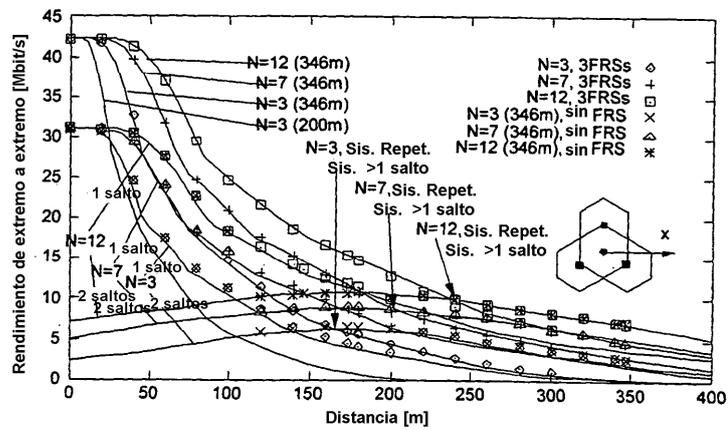


Fig. 9b

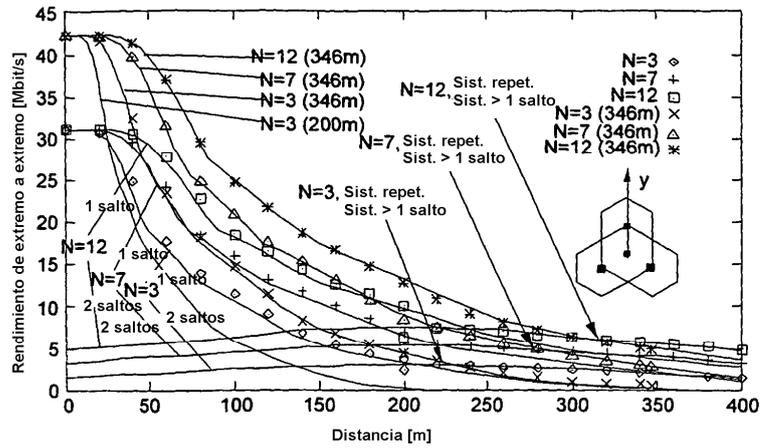


Fig. 9c

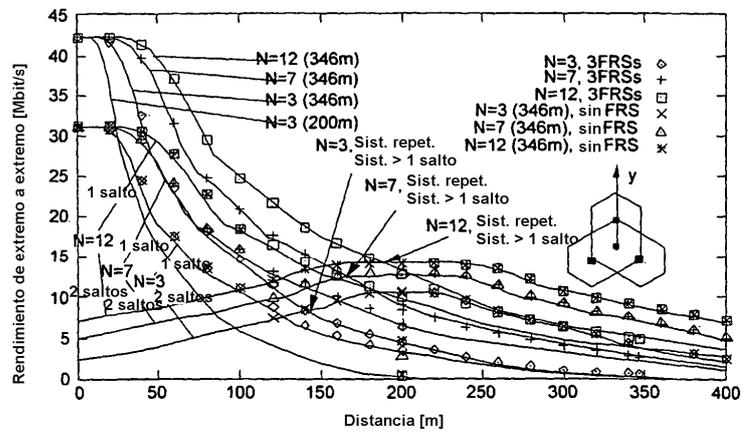


Fig. 9d

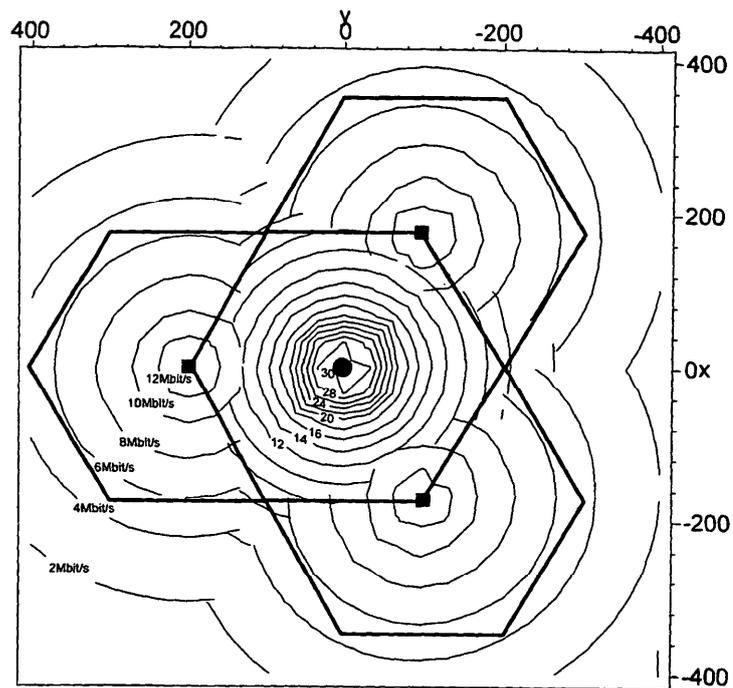


Fig. 10