



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 661**

51 Int. Cl.:
H04W 16/02 (2006.01)
H04W 72/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **95308967 .9**
96 Fecha de presentación : **11.12.1995**
97 Número de publicación de la solicitud: **0720405**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.07.1996**

54 Título: **Comunicación celular de acceso múltiple con asignación dinámica de intervalos e interferencia co-canal reducida.**

30 Prioridad: **27.12.1994 US 364579**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.06.2011

73 Titular/es: **ALCATEL LUCENT**
3, avenue Octave Gréard
75007 Paris, FR

72 Inventor/es: **Papadopoulos, Haralabos C. y**
Sundberg, Carl-Erik W.

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 360 661 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

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a una técnica de acceso múltiple para un sistema de comunicación. Más concretamente la presente invención se refiere a los sistemas de comunicación inalámbrica que utilizan técnicas de acceso múltiple que implican, por ejemplo, la asignación de intervalos de tiempo de tramas a la comunicación de enlace ascendente y enlace descendente.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El diseño de una red o sistema de comunicación implica la evaluación de las restricciones, por ejemplo, las características de un canal de comunicación dado, y las restricciones del sistema, por ejemplo, el ancho de banda disponible por canal, para lograr una red con las características de rendimiento deseadas, tal como la fiabilidad de la información recibida. Los sistemas celulares típicamente requieren bajo retardo del flujo de datos de la información y alta fiabilidad de la transferencia de información y alta capacidad mientras que restringe el ancho de banda de cada banda de frecuencia celular.

Las redes inalámbricas actuales utilizan técnicas de acceso múltiple que multiplexan los usuarios juntos para utilizar eficientemente los recursos de la red. En particular, estas redes usan o bien TDMA (acceso múltiple por división en el tiempo) con FDD (duplexación por división en frecuencia) como en el sistema GSM paneuropeo (ahora también conocido como Sistema Global para Comunicación Móvil) y el sistema IS-54 norteamericano, o como variante, la TDMA/TDD (duplexación por división en el tiempo), como en el sistema Digital Europeo de Telecomunicaciones sin Hilos (DECT). Ver D.J. Goodman, "Redes de Información Inalámbricas de Segunda Generación", Tec. Veh. Trans. del IEEE, VT-40, N° 2, páginas 366-374, mayo de 1991.

Para los sistemas de acceso múltiple aquí descritos, las tramas de tiempo son la unidad de transmisión básica. Cada trama se divide en una pluralidad de intervalos de tiempo. Algunos intervalos se usan para propósitos de control y algunos intervalos se usan para la transferencia de información como se describe más adelante. La información se transmite durante los intervalos en la trama donde se asignan los intervalos a un usuario específico. A través de esta revelación, se entiende que el término "información" se refiere a datos que representan habla, texto, vídeo u otra información digital.

Otras técnicas de acceso múltiple, tales como PRMA (Acceso Múltiple de Reserva de Paquetes) y R-ALOHA (Reserva ALOHA), reconocen la naturaleza a ráfagas de los paquetes de habla y aumentan la capacidad del sistema teniendo un mecanismo de reserva para los intervalos de tiempo. Ver D.J. Goodman, R.A. Valenzuela, K.T. Gayliard y B. Ramamurthi, "Acceso Múltiple de Reserva de Paquetes para Comunicaciones Inalámbricas Locales," Com. Trans. del IEEE, COM-37, N° 8, páginas 885-890, agosto de 1989; y S.S. Lam, "Red de Difusión de Paquetes – Un Análisis del Rendimiento del Protocolo RALOHA", Com. Trans. del IEEE, COMP-29, N° 7, páginas 596-603, julio de 1980. Aunque capaces de soportar un gran número de usuarios en un ancho de banda de canal dado, estos planteamientos tiene limitados márgenes de funcionamiento, y en el caso de PRMA, funcionan mal bajo restricciones de retardo bajo. Además, las técnicas de PRMA se basan en la transmisión del habla real, es decir, el usuario debe estar hablando activamente, para asignar los intervalos en lugar de depender de un mecanismo de control separado para la asignación de intervalos. Este método de asignación conduce a colisiones entre paquetes de datos y aumenta de esta manera el retardo y reduce el flujo de datos. Otros sistemas reconocen que en una conversación en dos sentidos, a menudo sucede que solamente un usuario está activo, haciendo posible obtener por ello una ganancia de multiplexación estadística alta incluso con un número de usuarios bajo cuando la información de ambos trayectos de la conversación se multiplexa en un canal común. Ver L. M. Paratz y E. V. Jones, "Transmisión de Habla Usando una Técnica Adaptativa de Modo de Ráfaga", Com. Trans. del IEEE, COM-33, N° 6, páginas 588-591, junio de 1985; y S. Nanda y O.C. Yue, "Duplexación de Partición Variable para Comunicaciones Inalámbricas", GLOBECOM '91, páginas 32.6.1-32.6.7. No obstante, tales sistemas se han usado típicamente para variar dinámicamente el ancho de banda asignado a las dos partes en una conversación única (enlace de voz dúplex). Esto reduce la calidad del habla cuando ambas partes están hablando simultáneamente o cuando su habla se superpone. Además, la gestión de la asignación de intervalos es difícil dado que es necesaria la asignación fraccional de intervalos. De esta manera, hay una necesidad de un sistema de acceso múltiple capaz de proporcionar alta capacidad, alta calidad y comunicaciones de bajo retardo, particularmente para los sistemas comunicaciones personales inalámbricas que compiten con los sistemas cableados.

El "Control Dinámico de Trama para LAN Inalámbrica basado en TDD" por Yong Hoon Kim, Hong Yoon Kim, y Kyoon Ha Lee, Conferencia Internacional de Singapur del IEEE sobre Sistemas de Comunicación, Vol. 1, 14 de noviembre de 1994, páginas 571-575 aborda un planteamiento para la comunicación inalámbrica en el que los terminales LAN comunican con una estación base en la que los intervalos se pueden asignar dinámicamente para la transmisión del enlace ascendente y la transmisión del enlace descendente. Los intervalos se dividen en un grupo único de intervalos dedicados y un grupo de intervalos compartibles.

SUMARIO DE LA INVENCION

Un método de acuerdo con la presente invención se expone en la reivindicación independiente 1, a la que se refiere ahora al lector. Los rasgos preferentes se presentan en las reivindicaciones dependientes.

5 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se describe una técnica de acceso múltiple en la que se asignan dinámicamente los intervalos entre los usuarios del enlace ascendente y del enlace descendente. En una realización preferente, se presenta un método para asignar los intervalos en un sistema de comunicación adaptado para comunicar la información en un intervalo asignado sobre los enlaces ascendentes y los enlaces descendentes entre una pareja de usuarios en un conjunto de N parejas de usuarios. El método genera un conjunto de tramas, donde cada trama contiene S intervalos de información, $S = U_S + D_S + A$, que tiene U_S intervalos asignados para comunicar la información sobre el enlace ascendente, y que tiene D_S intervalos asignados para comunicar la información sobre el enlace descendente, y que tiene $A, A \geq 0$, intervalos sin usar. U_S y D_S varían dinámicamente de tal manera que mejora la calidad y capacidad del sistema total.

15 Otras realizaciones de la presente invención pueden asignar permanentemente una parte de los intervalos de información disponibles en una trama dada o bien a los usuarios del enlace ascendente o bien del enlace descendente. Los intervalos restantes no asignados se asignan entonces dinámicamente entre los usuarios del enlace ascendente y del enlace descendente de acuerdo con la demanda. Estas otras realizaciones se conocen aquí dentro como realizaciones de duplexación por división en el tiempo parcialmente compartida (PSTDD). La PSTDD se puede usar para reducir los efectos de ciertos tipos de interferencia co-canal (CCI) que puede surgir, por ejemplo, en un sistema tipo de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA) con asignación dinámica de intervalos.

20 Otro aspecto de la presente invención implica la utilización de una pluralidad de antenas direccionales de estación base en conjunto con una asignación adecuada de los intervalos de tiempo o frecuencia de trama a una antena direccional particular. Las antenas direccionales y la organización de la dirección del intervalo correspondiente de la trama puede minimizar el impacto de la CCI que resulta, por ejemplo, de los intervalos compartidos del enlace ascendente y del enlace descendente en las celdas de reutilización de frecuencias (FR) colindantes de un sistema de comunicación celular STDD o PSTDD. En otras realizaciones, se puede usar una antena omnidireccional en lugar de un conjunto de antenas direccionales de estación base.

25 Los rasgos tratados anteriormente, así como rasgos y ventajas adicionales de la presente invención, llegarán a ser evidentes con referencia a la siguiente descripción detallada y los dibujos anexos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 La FIG. 1 ilustra los componentes de un sistema de comunicación celular.

La FIG. 2 es un diagrama de un formato de trama TDMA/TDD conocido en la técnica anterior.

La FIG. 3 es un diagrama de un formato de trama TDMA/TDD/SAD conocido en la técnica anterior.

La FIG. 4 es un diagrama de un formato de trama de Duplexación Compartida por División en el Tiempo.

35 La FIG. 5 es un diagrama de flujo de los pasos en la asignación de los intervalos en una trama en la presente invención.

La FIG. 6 ilustra la interferencia co-canal (CCI) "mixta" en un sistema de comunicación STDD inalámbrico ejemplar.

La FIG. 7 es un diagrama de un formato de trama de Duplexación por división en el tiempo parcialmente compartida (PSTDD) de acuerdo con la presente invención.

40 La FIG. 8A muestra un sistema de comunicación celular STDD ejemplar con antenas direccionales de 120° y CCI reducida de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 8B muestra una organización de la dirección de los intervalos de la trama adecuada para usar en el sistema de la FIG. 8A.

45 La FIG. 9A muestra un sistema celular STDD ejemplar con antenas direccionales de 90° y CCI reducida de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 9B muestra una organización de la dirección de los intervalos de la trama adecuada para usar en el sistema de la FIG. 9A.

La FIG. 10A muestra un sistema celular STDD ejemplar con antenas direccionales de 60° y CCI reducida de acuerdo con la presente invención.

50 La FIG. 10B muestra una organización de la dirección de los intervalos de la trama adecuada para usar en el

sistema de la FIG. 10A.

Las FIG. 11A y 11B son diagramas de bloques de los elementos de procesamiento del enlace ascendente y del enlace descendente de la estación base ejemplar en un sistema de comunicación celular de acuerdo con la presente invención.

- 5 La FIG. 12 es un gráfico de flujo ejemplar que ilustra los pasos implicados en el suministro de partes de una trama a una antena direccional dada de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

10 La FIG. 1 ilustra los componentes de una red de comunicaciones celular o microcelular. La celda 102 representa una parte del área geográfica servida por el sistema. Dentro de cada celda está una estación base 105 que se conecta a la red pública telefónica. La estación base 105 establece un enlace inalámbrico con los usuarios 110-i, $i = 1, \dots, N$, que desean transmitir y recibir información (es decir, datos digitales que representan texto, habla, vídeo, etc.) a través de la red pública telefónica. El enlace inalámbrico entre cualquier pareja de usuarios dada, 110-i y la estación base 105, está compuesta de un enlace ascendente U_1 para transmitir la información desde un usuario a una estación base 105 y a continuación a la red telefónica y de un enlace descendente D_1 para transmitir la información recibida por la estación base desde la red telefónica al usuario. Típicamente, las preocupaciones del retardo del flujo de datos y la utilización eficiente de los recursos de ancho de banda en una red se puede abordar mediante el diseño adecuado o la explotación de las técnicas de modulación, los métodos de codificación del habla, las técnicas de codificación y ecualización del canal. Ver J.J.C. Chang, R.A. Miska y R.A. Shober, "Sistemas y Tecnologías Inalámbricas: Una Visión de Conjunto", AT&T Tec. J., Vol 72, Nº 4, páginas 11-18, julio/agosto de 1993; T.P. Bursh, Jr. y otros, "Radio Digital para Aplicaciones Móviles", AT&T Tec. J., Vol 72, Nº 4, páginas 19-26, julio/agosto de 1993; y N. Seshadri, C-E.W. Sundberg y V. Weerackody, "Técnicas Avanzadas para Modulación, Corrección de Errores, Ecualización del Canal, y Diversidad", AT&T Tec. J., Vol 72, Nº 4, páginas 48-63, julio/agosto de 1993. Por ejemplo, para minimizar el retardo, se puede usar la diversidad de espacio en conjunto con un grado pequeño de codificación de canal. Los codificadores de habla de baja velocidad, tales como ADPCM, EDPCM o LD-CELP, y los métodos de modulación, tales como DPSK sesgado pseudo analógico, también son bien adecuados para reducir el retardo. Ver T. Miki, C.-E. W. Sundberg y N. Seshadri, "Transmisión Pseudo Analógica del Habla en Sistemas de Comunicaciones Radio Móviles", Tec. Veh. Trans. del IEEE, Vol. 42, Nº1, páginas 69-77, febrero de 1993. La preocupación del recurso de ancho de banda se pueden abordar a través del diseño adecuado de una técnica de acceso múltiple. La meta de una técnica de acceso múltiple es regular las comunicaciones para varias parejas de usuarios dentro de una celda dando un número limitado de frecuencias disponibles, ancho de banda limitado por canal, etc. Más concretamente, el diseño adecuado de un sistema de acceso múltiple es importante en la configuración de una red de comunicación digital de alta calidad y retardo bajo. Ver generalmente, C-E. W. Sundberg y N. Seshadri, "Sistemas Digitales Celulares para Norteamérica", GLOBECOM '90, Vol. 1, páginas 533-537, San Diego, CA, diciembre de 1990.

35 La FIG. 2 ilustra el principio de TDMA/TDD para los propósitos de comparación con otros sistemas. Aunque el TDMA/TDD estándar tiene información de control integrada en las cabeceras de la información enviada en los intervalos de información transmitidos, para propósitos ilustrativos, la trama 201 se divide en tres secciones todas de las cuales se transmiten en la misma banda de frecuencia. La sección de control 205 contiene información que se refiere a la gestión de llamadas. La sección de enlace ascendente 210 y la sección de enlace descendente 215 se dividen cada una en N intervalos. De esta manera, el enlace ascendente y el enlace descendente para cada pareja de usuarios puede tener un intervalo garantizado para transmitir la información. No obstante, la capacidad del sistema es baja dado que se asigna un intervalo a cada usuario y no se realiza la reasignación de intervalos si un usuario decide no utilizar (es decir, transmitir la información durante) un intervalo asignado.

45 Se obtiene mejor utilización de los recursos de la red si los usuarios de habla están multiplexados estadísticamente a través del uso de detección de actividad de habla (SAD). La FIG. 3 ilustra el formato de la trama TDMA/TDD/SAD 301 diseñada para usar por hasta N parejas de usuarios. La trama TDMA/TDD/SAD 301 se divide en cuatro secciones. Las secciones de control de enlace ascendente y enlace descendente 305 y 307 contienen bits para manejar las funciones de gestión de llamadas. La sección de control de enlace ascendente 305 contiene bits para manejar las peticiones de intervalos de información de enlace ascendente. La sección de control de enlace descendente 307 contiene bits que indican que los intervalos de información de enlace ascendente y enlace descendente están asignados para que los usuarios de enlace ascendente y enlace descendente envíen y reciban información. La sección de enlace ascendente 310 y la sección de enlace descendente 315 también se dividen en intervalos. Hay un número idéntico de intervalos, menor que N , en cada una de las secciones de enlace ascendente y enlace descendente. Las técnicas de SAD reconocen que una parte significativa de cualquier transferencia de información, concretamente una conversación de habla, se compone de partes de silencio, y no se necesita producir transmisión de la información, es decir, aunque estén activas N parejas de usuarios y deseen transmitir información a algún punto, las posibilidades son que no todos los usuarios están usando sus intervalos asignados el 100% del tiempo. De esta manera, el número de intervalos requeridos para acomodar satisfactoriamente hasta N parejas de usuarios se puede reducir significativamente a través de la reasignación de intervalos en curso de usuarios inactivos a activos. El resultado es una capacidad más alta (dado que habrá un número reducido de intervalos que no transmiten información) y sistema de menor retardo (dado que las tramas se pueden hacer más cortas dado el número reducido de intervalos). No obstante, el sistema

típicamente requiere una parte mayor de la trama que se dedica a sobredimensionamiento (es decir, las secciones de control). Adicionalmente, habrá recursos insuficientes para acomodar a todos los usuarios en los momentos de demanda pico, y de esta manera se perderá alguna información debido a no estarán disponibles intervalos para la transmisión de datos y/o a las nuevas parejas de usuarios no se les permitirá acceder al sistema.

5 La FIG. 4 ilustra un formato para la trama 401 útil en la práctica de la invención. La invención, un sistema de acceso múltiple denominado Duplexación Compartida por División en el Tiempo (STDD), se diseña para regular el tráfico entre hasta N parejas de usuarios mientras que se asignan intervalos dinámicamente entre los enlaces ascendentes y los enlaces descendentes, por ejemplo, de una forma trama a trama. La trama 401 se divide en cuatro secciones. Las funciones de gestión de llamadas se manejan mediante intervalos de enlace ascendente y de enlace descendente separados en la sección de control de enlace ascendente 405 y la sección de control de enlace descendente 407, respectivamente, según se describe más adelante. El resto de la trama 401 se divide en S intervalos, $S = U_s + D_s + A$, con U_s intervalos asignados para la transferencia de información del enlace ascendente y D_s intervalos asignados para la transferencia de información del enlace descendente. A representa el número de intervalos, en su caso, no asignados. En la trama 401 de la FIG. 4, $A = 0$. El número de intervalos asignados entre la sección de enlace ascendente 410 y la sección de enlace descendente 415 puede variar con cada trama según se indica por el reparto 412. No obstante, el número total de intervalos de habla S permanece fijo para cada trama. Cuando hay unos pocos usuarios en el sistema y el número total de intervalos en cualquier dirección es menor que $S/2$, los intervalos de información se comportan de una manera TDD con los S intervalos igualmente repartidos para el acceso de enlace ascendente y enlace descendente. Cuando el número de usuarios aumenta y el número de intervalos de habla requeridos en cualquier dirección excede $S/2$, el reparto 412 entre los intervalos de enlace ascendente y de enlace descendente varía de acuerdo con la demanda. La capacidad de compartir una banda de frecuencia común contribuye a una mayor ganancia de multiplexación estadística incluso para un sistema de banda estrecha con un número limitado de usuarios. El valor de S típicamente se selecciona en base a tres factores: 1) la calidad deseada de la información recibida, es decir, qué nivel de pérdida de paquetes es aceptable, 2) el número de parejas de usuarios a ser acomodadas, y 3) la precisión del detector de actividad de habla, es decir, qué tan bien se pueden detectar los silencios y las pausas de transferencias de información. Por ejemplo, para un sistema con $N = 32$ parejas de usuarios, se requieren 64 intervalos de habla para TDMA/TDD estándar mientras que TDMA/TDD/SAD requiere 46 intervalos de habla a una velocidad de caída de paquetes de alta calidad de 0,01%. La STDD requiere típicamente 35 intervalos de habla suponiendo un tamaño de la trama de 2 milisegundos a la misma velocidad de caída. La ganancia de la multiplexación estadística total es una función del diseño exacto de la información de control.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de los pasos en los intervalos de asignación. Señalar que todas las funciones de señalización que pertenecen a la gestión de llamadas en un sistema celular o microcelular, incluyendo las transferencias y terminación, pero típicamente no las funciones de configuración, se comunican a través de la información en las secciones de control. Además, la información de control también indica el estado de una transmisión, es decir, si un usuario está comunicando activamente información o está en silencio. Cuando un usuario desea enviar información y entra en el estado activo en el paso 502, como por ejemplo cuando habla, la información de estado en el intervalo de control asignado al usuario requiere un intervalo en la sección de información apropiada, es decir, del enlace ascendente y enlace descendente, desde la estación base como se muestra en el paso 504. Típicamente, esto se puede implementar usando una disciplina de servicio primero en entrar, primero en salir (FIFO) en la asignación de los intervalos de información a los usuarios aunque se pueden usar otras disciplinas tales como, por ejemplo, el servicio aleatorio. Igualmente, la estación base es consciente de todas las peticiones de intervalos que emanan desde el extremo cableado de la red, y asigna los intervalos en consecuencia en el paso 506. La información de asignación de intervalos se transporta en los intervalos de información de control del enlace descendente tanto para los usuarios del enlace ascendente como del enlace descendente. De esta manera, es ventajoso tener la transmisión de la información de control del enlace ascendente precediendo en tiempo la transmisión de la información de control del enlace descendente para reducir el retardo. Si un intervalo no está asignado a un usuario tras la petición, la información se cae. Cuando la transferencia de información está completa, la información de estado se restablece en el paso 508 y el intervalo se devuelve a un grupo de intervalos no usados en el paso 510. La cantidad de información de control se dicta por las necesidades de las funciones de gestión de llamadas y la frecuencia de la actividad de transmisión.

50 El uso de intervalos de información y control separados ayuda a aliviar el problema de la eficiencia del sobredimensionamiento en las redes tipo PRMA y permite la implementación de un mecanismo de acceso simple que trabaja ventajosamente con la detección de actividad de habla mientras que proporciona bajo retardo de acceso. La sección de control del enlace ascendente 405 y la sección de control del enlace descendente puede contener cada una N intervalos de control. No obstante, el sobredimensionamiento por trama se puede reducir estableciendo un ciclo de trabajo para la información de control. Por ejemplo, permitamos que el número total de intervalos de control sea $2C$, donde C es el número de intervalos de control del enlace ascendente o del enlace descendente, y permitamos que N (siendo N un múltiplo de C) sea el número máximo de parejas de usuarios que se pueden soportar. En general, $C < N$, y de ahí que solamente C parejas de usuarios puedan comunicar su información de control a y desde la estación base en un periodo de trama. De esta manera, toma un total de $K = N/C$ periodos de trama para todas las parejas de usuarios que van a ser servidas de esta manera, es decir, K es el ciclo de trabajo para servir a todos los usuarios. Este mecanismo de acceso asegura que se asegura el servicio a todos los usuarios dentro de K periodos de trama. Al mismo tiempo, dado que los reconocimientos se comunican dentro del mismo periodo de trama, un usuario con una reserva reconocida puede enviar inmediatamente sus paquetes de habla dentro de la misma trama. Señalar que cuando un

5 usuario hace una reserva para los paquetes de habla el usuario mantiene la reserva para un mínimo de K periodos de trama. Por ejemplo, si el periodo de trama es 2ms, $N = 40$, y $C = 5$, entonces el ciclo de trabajo es 8 con un periodo de ciclo de 16 ms. Por supuesto, cuanto más grande sea el ciclo de trabajo más pequeña es la cantidad de información de sobredimensionamiento de control. En la STDD, un periodo de ciclo adecuado es de 16 ms en el que se sincroniza convenientemente a la velocidad de detección de actividad de habla.

10 Incluso en el sistema STDD puede haber situaciones en las que no se utilizan todos los intervalos de información, es decir, $A \neq 0$. Esta capacidad de repuesto se puede usar para la configuración de la llamada cuando una nueva llamada llega dentro del sistema. Supongamos que un nuevo usuario monitoriza los intervalos de control para un mínimo de un periodo de ciclo para determinar el estado de los intervalos de información, es decir, determinar si han sido asignados todos los intervalos. A partir de entonces, el sistema puede usar los intervalos de información de repuesto como un canal de contención para informar a la estación base de esta petición de configuración usando, por ejemplo, un tipo de acceso aleatorio ALOHA. Si hay un número de intervalos disponibles A, donde A es menor que S, la nueva llamada selecciona aleatoriamente uno de estos intervalos A para transmitir su paquete de petición de configuración. Esta petición alcanza exitosamente la estación base si ningún otro usuario transmite en el mismo intervalo. Si el número total de parejas de usuarios actualmente servidos es menor que N, la nueva llamada se servirá exitosamente y se envía un reconocimiento en el siguiente intervalo de control de enlace descendente disponible. La ubicación de este intervalo de control también determina la posición de la nueva llamada en la secuencia del ciclo de control. Como se señaló anteriormente, cuando hay pocos usuarios, la STDD se comporta como un sistema TDMA/TDD/SAD con los intervalos igualmente asignados entre el enlace ascendente y el enlace descendente. En este caso, los intervalos de información de repuesto usados para configurar una llamada deberían ser tratados como intervalos de información de manera que los intervalos permanecen igualmente asignados hasta tal momento que las condiciones demandan que se mueva el reparto entre los intervalos del enlace ascendente y del enlace descendente. El sistema anterior se describe para hasta N parejas de usuarios por frecuencia portadora. Una serie de frecuencias portadoras, cada una transportando hasta N parejas de usuarios, se puede usar en áreas de tráfico alto.

25 Aunque las realizaciones anteriores se centran en primer lugar en transmisión de habla, la STDD se puede usar en condiciones de tráfico mixtas, por ejemplo, cuando algunos intervalos transportan datos y algunos transportan habla. La STDD también se puede implementar en una velocidad variable por modo de usuario, por ejemplo, un modo de calidad de habla variable cuando se asignan un gran número de bits a los clientes que requieren vídeo o audio de calidad más alta. El canal de control contiene la información adecuada. De esta manera, este método se puede usar ventajosamente cuando hay una transferencia de información de banda ancha/banda estrecha entre usuarios en una pareja de usuarios. En otras realizaciones, la asignación dinámica de intervalos entre el enlace ascendente y el enlace descendente en base a la demanda se implementa por medio de división de frecuencia donde la información se transporta sobre canales de frecuencia ortogonal asignados dinámicamente, o alternativamente en un modo de división de código donde el tráfico se transporta por medio de espectro expandido de secuencia directa con códigos pseudo-ortogonales o en combinaciones de técnicas de división en el tiempo, división en frecuencia y división de código. En otra realización, el formato STDD se puede usar en conjunto con una técnica de modulación DPSK sesgada pseudo-analógica para reducir además el retardo del flujo de datos en un sistema de comunicación. Detalles adicionales con respecto a la modulación DPSK sesgada pseudo-analógica se pueden encontrar, por ejemplo, en el artículo anteriormente citado de T. Miki y otros titulado "Transmisión Pseudo-Analógica del Habla en Sistemas de Radio Comunicación Móvil", el cual se incorpora aquí dentro por referencia.

35 La descripción detallada anterior ha ilustrado un método en el que los intervalos en una trama se asignan dinámicamente entre los usuarios del enlace ascendente y del enlace descendente. El método no se ha limitado a componentes físicos o programas específicos. En su lugar, el método se ha descrito de tal manera que aquellos expertos en la técnica pueden adaptar en seguida tales componentes físicos o programas según puedan estar disponibles o ser preferentes.

40 Aunque las técnicas STDD ejemplares descritas anteriormente proporcionan mejoras considerables en sistemas de comunicación inalámbricos, el rendimiento se puede limitar en ciertas realizaciones por factores tales como la interferencia co-canal (CCI) y las longitudes de la serie de los paquetes caídos.

50 La FIG. 6 ilustra un tipo ejemplar de CCI que puede surgir en un sistema de comunicación celular TDMA/STDD. Una primera celda 600 incluye una estación base 601 para transmitir la información del enlace descendente a y recibir la información del enlace ascendente desde un usuario móvil 602. La celda 600 funciona en una frecuencia portadora de canal F1. El usuario 602 puede transmitir un paquete en el enlace ascendente a la estación base 601 en la frecuencia portadora F1 en una trama 604. La trama 604 incluye uno o más intervalos de tiempo de enlace ascendente 606 que se asignan dinámicamente al usuario 602 de acuerdo con una técnica STDD tal como se describió anteriormente. Una segunda celda 610 incluye una estación base 611 para comunicar con los usuarios dentro de la celda 610. La celda 610 también funciona en una frecuencia portadora de canal F1 y las celdas 600 y 610 por lo tanto se conocen aquí dentro como celdas de reutilización de frecuencias (FR) colindantes. Un usuario móvil 612 en la celda 610 puede recibir un paquete de enlace descendente desde la estación base 611 en una trama 614. El paquete de enlace descendente se transmite en uno o más intervalos de tiempo 616 de la trama 614 que se asignan dinámicamente al usuario 612 de acuerdo con una técnica STDD. Ambos de los usuarios móviles 602, 612 y las estaciones base 601, 611 están equipados con antenas omnidireccionales en este ejemplo.

A diferencia de una técnica TDD en la que los intervalos de tiempo fijos se asignan a la transmisión del enlace ascendente y del enlace descendente, las técnicas de STDD de la presente invención permiten intervalos de tiempo que son asignados dinámicamente a la transmisión o bien de enlace ascendente o bien de enlace descendente dependiendo de la demanda. La FIG. 6 muestra que el usuario 602 puede estar transmitiendo información por lo tanto en el intervalo de enlace ascendente 606 a la estación base 601 en el mismo momento que la estación base 611 en la celda de FR colindante 610 está transmitiendo en el intervalo de enlace descendente 616 al usuario 612. Debido a que las señales transmitidas desde una estación base están a menudo en un nivel de potencia significativamente más alto que las señales transmitidas desde un usuario móvil, la señal del enlace descendente transmitida en el intervalo 616 puede interferir con la señal del enlace ascendente transmitida en el intervalo 606. La interferencia entre los intervalos de tiempo de trama 616 y 606, se indica en la FIG. 6 mediante las líneas discontinuas 620. La señal de interferencia se indica por la línea discontinua 630. Debido a que este tipo de CCI implica una señal de enlace descendente de alta potencia desde una estación base que interfiere con la recepción de una señal de enlace ascendente de baja potencia desde un usuario móvil, se conoce aquí dentro como CCI "mixta". En ciertos casos este tipo de interferencia puede producir una relación señal a interferencia (S/I) recibida en la estación base 601 que provoca un paquete caído en el intervalo de tiempo de enlace ascendente 606. La CCI mixta en un sistema STDD de esta manera puede aumentar significativamente la tasa de caída de paquetes y por ello reducir la capacidad del sistema. Se debería señalar que la CCI mixta también puede implicar una señal de enlace ascendente desde un usuario que interfiere con otra recepción de señal de enlace descendente del usuario transmitida por una estación base en el mismo intervalo de tiempo. El último tipo de CCI mixta normalmente no es un problema serio debido al hecho de que la potencia de transmisión de la estación base típicamente es mucho mayor que la de un usuario móvil.

La CCI mixta generalmente no surge en los sistemas TDMA/TDD y TDMA/TDD/SAD de la técnica anterior adecuadamente sincronizada. No obstante, estos sistemas de la técnica anterior pueden presentar CCI "regular" que surge, por ejemplo, de la interferencia entre dos señales de enlace descendente distintas o entre dos señales de enlace ascendente distintas en celdas FR colindantes. La CCI regular es común para la mayoría de los sistemas celulares que utilizan reutilización de frecuencias para expandir la capacidad del sistema, y la distancia entre celdas FR colindantes se selecciona tal que la CCI regular está en o por debajo de un nivel aceptable. Si la CCI mixta se puede controlar o eliminar, la CCI regular restante en un sistema STDD sería generalmente no mayor que la de los sistemas TDMA/TDD y TDMA/TDD/SAD convencionales.

La presente invención proporciona una serie de técnicas que se pueden usar para reducir la CCI mixta en un sistema STDD. Una técnica implica una asignación alternativa de los intervalos de enlace ascendente y enlace descendente en una trama STDD, y se conoce como duplexación por división en el tiempo parcialmente compartida (PSTDD). Otra implica el uso de antenas de estación base direccionales tanto para recepción como transmisión en conjunto con una organización de la dirección del intervalo adecuada de la trama STDD. Estas técnicas se pueden usar juntas o separadamente. Aunque las técnicas de reducción de la CCI se describen aquí dentro en conjunto con un tipo ejemplar de STDD, será evidente en seguida para aquellos expertos en la técnica que las técnicas son más generalmente aplicables a cualquier sistema de comunicación de acceso múltiple en el que se asignen dinámicamente los intervalos del enlace ascendente y enlace descendente.

La FIG. 7 muestra una trama STDD alternativa 701 de acuerdo con la presente invención. La trama 701 incluye las secciones de control de enlace ascendente y enlace descendente 705, 707 y las secciones de información de enlace ascendente y enlace descendente 710, 715. La trama STDD 701 también incluye un grupo de intervalos compartidos 720. Los intervalos compartidos 720 representan un subconjunto del número total de intervalos de transmisión de información disponibles en la trama 701. Las secciones de enlace ascendente y enlace descendente 710 y 715 contienen intervalos que se asignan permanentemente a la transmisión de información de enlace ascendente y enlace descendente, respectivamente. Aunque la trama 701 se ilustra como una realización en la que el número de intervalos no utilizados A es igual a cero, otras realizaciones podrían incluir valores de A mayores que cero. Las secciones 710, 715 son de esta manera similares a las secciones 310, 315 en la trama 301 de la FIG. 3. Los intervalos compartidos 720 se asignan dinámicamente entre la transmisión de enlace ascendente y de enlace descendente de acuerdo con la demanda, de una manera similar a la asignación de intervalos en las secciones 410 y 415 de la FIG. 4. En la trama ejemplar 701, por lo tanto, solamente un subconjunto de los intervalos de información disponibles totales se asignan dinámicamente, mientras que los intervalos de información restantes se asignan o bien a la transmisión de enlace ascendente o bien de enlace descendente. Esta técnica STDD alternativa se conoce aquí dentro como PSTDD. Debido a que solamente se asignan dinámicamente un subconjunto de los intervalos disponibles, se reduce el potencial para la CCI mixta. La fracción de los intervalos de información disponibles totales que se comparten se designa por un factor de compartición parcial η y las distintas técnicas PSTDD por lo tanto se pueden conocer como técnicas PSTDD(η). En un sistema PSTDD(η) con un total de S intervalos de tiempo para la transmisión de la información, hay $(S/2)(1-\eta)$ intervalos disponibles solamente para los usuarios del enlace ascendente, $(S/2)(1-\eta)$ intervalos disponibles solamente para los usuarios del enlace descendente y los restantes $S\eta$ intervalos se comparten entre los usuarios del enlace ascendente y enlace descendente de acuerdo con la demanda. En general, los sistemas PSTDD con factores de compartición parcial η de entre el 15% y el 25% muestran tasas de caída de paquetes similares a los de los sistemas STDD correspondientes, pero pueden proporcionar una reducción en la CCI mixta. Otros factores de compartición parcial η también se pueden usar.

La FIG 8A muestra un sistema de comunicación inalámbrico ejemplar 800 de acuerdo con la presente invención.

El área geográfica servida por el sistema 800 se divide en celdas que se disponen en un patrón hexagonal en base a los grupos de celdas en los que seis celdas rodean una celda central. Para la claridad de la ilustración solamente se muestran una parte de las celdas en el sistema 800. Una serie de celdas de reutilización de frecuencia (FR) 810-i se muestran en trazo continuo. Cada una de las celdas FR 810-i comparte al menos una frecuencia portadora del canal común. Las celdas 810-i representan de esta manera un subconjunto del número total de celdas dentro del sistema 800. Otras celdas que utilizan distintas frecuencias portadoras de canal se sitúan adyacentes a cada una de las celdas FR 810-i y varias se muestran en trazos discontinuos. El patrón de celda particular mostrado en el sistema 800 es ilustrativo solamente y la presente invención se puede utilizar en sistemas con cualquiera de una serie de otros patrones de celda. Las celdas FR que se sitúan adyacentes a y rodean una celda FR dada 810-i son sus celdas FR colindantes y también se conocen aquí dentro como perturbadoras potenciales de "primer nivel". Hay un total de seis perturbadoras potenciales de primer nivel para cada celda FR 810-i en el patrón de FR hexagonal de siete celdas de la FIG. 8A. Las señales del enlace descendente desde las celdas FR colindantes a una celda FR dada pueden producir CCI mixta dentro de la celda dada de la manera descrita previamente. El patrón hexagonal de siete celdas típicamente repite de manera que una celda exterior 810-i en un grupo de siete celdas también puede ser una celda central 810-1 en otro grupo de siete celdas en el sistema. Según se usa aquí dentro, el término "celda FR colindante" se pretende que incluya cualquier celda que pueda producir CCI en una celda dada, y de esta manera incluye no solamente las perturbadoras de primer nivel sino también las celdas situadas más allá de la celda dada.

En esta realización ejemplar, cada celda incluye una estación base 814 que comunica con los usuarios en la celda a través de tres antenas direccionales A, B y C. Los usuarios móviles dentro del área geográfica servida por el sistema 800 pueden comunicar entre ellos y una red pública telefónica a través de las estaciones base 814. Las antenas direccionales en una celda dada se disponen de manera que cada antena transmite sobre un área definida mediante un ángulo de alrededor de 120° respecto a la estación base de la celda 814. En esta realización, las tres antenas direccionales A, B y C juntas proporcionan un total de 360° de cobertura de comunicación alrededor de una estación base dada 814. Por supuesto, otras realizaciones podrían proporcionar cualquier número de gamas de cobertura alternativas. Un sistema celular convencional que utiliza antenas direccionales y un patrón FR hexagonal de siete celdas puede ser vulnerable a la CCI mixta si se usa con una técnica de asignación de intervalos STDD. La presente invención proporciona una adaptación de antenas direccionales y una organización de la dirección de los intervalos de la trama correspondiente que juntas reducen significativamente la CCI mixta. Aunque las antenas direccionales en primer lugar son conocidas aquí dentro como antenas separadas, será evidente a aquellos expertos en la técnica que las antenas direccionales individuales aquí dentro también se pueden implementar, por ejemplo, como distintos sectores de la misma antena multisector.

La FIG. 8B muestra una organización de la dirección de los intervalos de la trama ejemplares que se pueden usar en conjunto con las antenas direccionales A, B y C de la FIG. 8A para reducir la CCI mixta en el sistema 800. Aunque se supondrá en los ejemplos descritos anteriormente que la parte de la trama que está sujeta a la organización de la dirección de los intervalos incluye solamente los intervalos de tiempo de información de la trama, se debería entender que la información de control de la trama se puede organizar de una manera similar o, por ejemplo, transmitir y recibir omnidireccionalmente. La FIG. 8B muestra los periodos de tiempo para los cuales las antenas direccionales de la estación base particular reciben la información del enlace ascendente y transmiten la información del enlace descendente durante una trama STDD dada 850. Una parte del enlace ascendente 852 de la trama 850 se asigna a la recepción de la información del enlace ascendente a través de las antenas direccionales. La parte del enlace ascendente 852 se divide en tres subpartes A, B y C durante cada una de las cuales una de las tres antenas direccionales recibe la información del enlace ascendente desde los usuarios. La parte del enlace descendente 854 de la trama 850 se asigna a la transmisión de la información del enlace descendente a los usuarios a través de las antenas direccionales. La parte del enlace descendente 854 también se divide en tres subpartes durante cada una de las cuales una de las tres antenas direccionales se transmite la información del enlace descendente. La misma organización de la trama se utiliza por cada una de las estaciones base de la celda y los usuarios móviles en el sistema 800. Se debería señalar, no obstante, que se pueden usar variaciones en la configuración de la trama y la antena, por ejemplo, en una celda situada en el borde del sistema. Una parte adicional 856 de la trama 850 incluye intervalos que no están asignados ni al enlace ascendente ni al enlace descendente. Durante los periodos de demanda pico, los intervalos en la parte 856 se asignarán o bien al enlace ascendente o al enlace descendente de la manera previamente descrita.

La manera en que la organización de la trama mostrada en la FIG. 8B reduce la CCI mixta será descrita ahora. A_1 , B_1 , C_1 se usan para referirse a las antenas direccionales en una celda dada 810-i. Las antenas direccionales en la celda FR central 810-0 en el grupo de siete celdas FR 810-i mostradas en la FIG. 8A se denominan de esta manera como A_0 , B_0 , C_0 . Las seis celdas exteriores 810-i se numeran con la celda predominante como la primera celda 810-i y las celdas restantes numeradas en orden contrarreloj comenzando desde la celda 810-1. La CCI mixta puede surgir si, por ejemplo, la antena direccional A_0 está intentando recibir las señales del enlace ascendente desde los usuarios durante los mismos intervalos de tiempo en los que las antenas direccionales C_1 , B_2 y C_2 están transmitiendo las señales del enlace descendente a los usuarios. Las antenas C_1 , B_2 y C_2 son de esta manera antenas potencialmente interferentes y la antena A_0 es una potencialmente interferida con la antena en el sistema 800. La organización de la trama ejemplar de la FIG. 8B por lo tanto permite, por ejemplo, a las antenas direccionales C_1 , B_2 y C_2 transmitir las señales del enlace descendente durante los periodos de tiempo en los que la antena A_2 no está recibiendo las señales del enlace ascendente. Escenarios de CCI mixtos similares pueden surgir entre otras celdas de interferencia de primer nivel 810-i y la celda central 810-0, y entre otras celdas en el sistema 800. La trama 850 se organiza de manera que se

minimiza el solapamiento entre los intervalos de tiempo de enlace ascendente y enlace descendente utilizados por las antenas direccionales potencialmente interferentes. La FIG. 8B indica que los usuarios del enlace ascendente de una antena direccional dada A_1 son servidos durante una trama dada antes de que los usuarios del enlace ascendente de las antenas direccionales B_1 y C_1 . De igual manera, los usuarios del enlace descendente de la antena A_1 son servidos durante una trama dada antes de que los usuarios del enlace descendente de las antenas B_1 y C_1 . Será evidente que aquellos expertos en la técnica que también se pueden utilizar cualquiera de una serie de organizaciones alternativas de la trama para minimizar la CCI mixta de acuerdo con la presente invención. Por ejemplo, los usuarios de enlace descendente de las antenas C_1 y B_1 se podrían servir después de aquéllos de A_1 debido, por ejemplo, a que los usuarios del enlace descendente de las antenas A_1 , A_2 generalmente no interfieren con los usuarios del enlace ascendente de la antena A_0 . Alternativamente, el orden de la antena dentro de la trama podría ser invertido completamente, o la posición asignada a la antena B en la trama se podría intercambiar con la posición asignada a la antena C. Estas organizaciones alternativas de la dirección del intervalo se deberían aplicar de una manera consistente para cada celda no de borde en el sistema. Las organizaciones alternativas de la dirección de los intervalos de la trama adicionales podrían utilizar otras permutaciones del orden ejemplar mostrado en la FIG. 8B.

La FIG. 9A muestra otro sistema de comunicación celular ejemplar 900 de acuerdo con la presente invención. El sistema 900 incluye una serie de celdas FR 910-i dispuestas en un patrón hexagonal de siete celdas. Las celdas adicionales 910-i también se muestran. Cada una de las celdas incluyen una estación base 914 y cuatro antenas direccionales de 90° denominadas A, B, A' y B'. Las antenas A, B se disponen para transmitir y recibir en direcciones considerablemente contrarias a las de las antenas A' y B', respectivamente. La CCI mixta puede surgir en el sistema 900 cuando, por ejemplo, los intervalos del enlace descendente asignados a una antena A' o B' en una celda interfieren con la recepción del enlace ascendente de una antena A o B, respectivamente, en una celda FR colindante.

La FIG. 9B muestra una organización de la trama ejemplar que se puede utilizar con el sistema 900. Una trama 950 se separa en una parte del enlace ascendente 952 en la que la información del enlace ascendente se recibe por las antenas direccionales en el orden A', B', B y A, y una parte del enlace descendente en el que la información del enlace descendente se transmite por las antenas en el orden A, B, B' y A'. Una parte adicional 956 representa los intervalos de tiempo que no se usan en la trama ejemplar 950. Las celdas 910-i se numeran de nuevo de manera que una celda central en un grupo de siete celdas de las celdas FR se denomina celda 910-0, la celda predominante en el grupo es una primera celda 910-1, y las celdas exteriores restantes en el grupo se numeran en orden contrarreloj comenzando desde la celda 910-1. Las antenas direccionales en una celda 910-i se pueden conocer como las antenas A_i , B_i , A_i' y B_i' . La organización de trama ejemplar mostrada sirve a los usuarios del enlace ascendente de una antena dada A_i en último lugar entre los usuarios del enlace ascendente. Los usuarios del enlace descendente entonces son servidos por las antenas potencialmente interferentes tales como A_i' en los intervalos de tiempo situados tan lejos como sea posible del límite del enlace ascendente/enlace descendente de la trama para reducir la CCI mixta. De nuevo, muchas organizaciones alternativas de la dirección de los intervalos de la trama adecuadas para usar con antenas direccionales de 90° , que incluyen una organización que utiliza el orden de antenas inverso, será evidente en seguida para aquellos expertos en la técnica.

Con referencia de nuevo a la FIG. 9A, otro aspecto de la presente invención implica la determinación de un ángulo de rotación Θ adecuado para la configuración de la antena direccional en una celda dada. En los sistemas celulares, por ejemplo, con antenas direccionales de 90° o 45° , la selección adecuada del ángulo de rotación Θ puede minimizar el número de perturbadoras potenciales en el sistema celular. El ángulo de rotación Θ se mide en este ejemplo como el ángulo entre un borde de una de las antenas direccionales y una línea continua 920 que conecta la estación base 914 de la celda 910-10 con la de su celda FR colindante más cercana 910-5. Se puede especificar un ángulo de rotación dado en términos de otras celdas FR que llegan a ser potenciales perturbadoras cuando se usa ese ángulo. Estas potenciales perturbadoras se caracterizan aquí dentro como que se sitúan (m, n) pasos en el patrón FR de una celda dada y el ángulo de rotación se puede expresar por lo tanto como $\Theta(m, n)$. Varios ángulos de rotación posibles $\Theta(m, n)$ se muestran en la FIG. 9A. Las celdas situadas a lo largo de la línea 920, es decir, las celdas 910-5, 910-4, y 910-15, se denominan en notación (m,n) como (1,0), (2,0) y (3,0), respectivamente. De una manera similar, las celdas 910-6, 910-0 y 910-3 a lo largo de la línea 930 se denominan como (1,1), (2,1) y (3,1), respectivamente, y las celdas 910-1 y 910-2 a lo largo de la línea 940 se denominan como (1,2) y (2,2), respectivamente. Se debería señalar que la notación (m,n) se adopta aquí dentro para facilitar la caracterización del ángulo de rotación Θ , y que también se podrían usar notaciones alternativas.

La FIG. 9A muestra un ángulo de rotación $\Theta(3,1)$ en el que una celda perturbadora potencial 910-3 se sitúa (3,1) pasos en el patrón FR lejos de la celda 910-10, y un ángulo de rotación $\Theta(2,2)$ en el que una celda perturbadora potencial 910-2 se sitúa (2,2) pasos en el patrón FR lejos de la celda 910-10. En general, las celdas que se sitúan (m,n) pasos alejadas de la celda de interés pueden llegar a ser perturbadoras potenciales de esa celda. Después de un cierto número (M,1) de pasos en el patrón FR, los efectos de la interferencia de una perturbadora potencial (M,1) pasos alejada llega a ser despreciablemente pequeño. Los valores del ángulo de rotación Θ adecuados para usar en la reducción de la CCI mixta incluyen por lo tanto valores en la siguiente gama:

$$0 < \Theta < \Theta(M,1)$$

Como se señaló anteriormente, un valor de Θ igual a cero corresponde a la alineación del borde de una de las

antenas direccionales con una línea de manera que la línea 920, que conecta una celda de interés dada con el centro de cualquiera de las celdas FR de primer nivel. En un sistema con un patrón de celda hexagonal, los valores de $\Theta(m,n)$ que provocan interferencia adicional se dan por:

$$\Theta(m, n) = \arctan \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2} n}{m - \frac{\text{rem}(n, 2)}{2}} \right),$$

$$\Theta(M, 1) = \arctan \left(\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{M - \frac{1}{2}} \right).$$

5

Por ejemplo, el límite superior $\Theta(M,1)$ para $M = 5$ es alrededor de $10,9^\circ$. Esto significa que si se selecciona un valor de Θ menor que alrededor de $10,9^\circ$, se minimiza la interferencia de todas las celdas situadas menor o igual a la distancia de la celda (5,1) de la celda dada, mientras que la interferencia desde las celdas situadas más allá que la distancia desde la celda dada se considera despreciable. La selección de un ángulo de rotación Θ adecuado puede mejorar por lo tanto el rendimiento del sistema limitando el número de celdas FR colindantes que son perturbadoras potenciales de una celda dada. Como se muestra en el sistema 900 de la FIG. 9A, se puede usar el mismo ángulo de rotación Θ para cada una de las celdas en el sistema. El uso de antenas direccionales de 90° y un ángulo de rotación Θ adecuado puede proporcionar rendimiento que en el sistema hexagonal de siete celdas mostrado es superior al de la realización de la antena direccional de 120° descrito anteriormente conjuntamente con la FIG. 8A. Aunque se ilustra en una realización con antenas direccionales de 90° , las técnicas de selección de ángulo anteriormente descritas también se pueden usar en otras realizaciones de la presente invención que incluyen, por ejemplo, aquellas con antenas direccionales de 45° .

10

15

20

25

La FIG. 10A muestra una realización de la presente invención que utiliza antenas direccionales de 60° . Un sistema 1000 incluye una serie de celdas FR exteriores 1010-i dispuestas alrededor de una celda central 1010-0 en un patrón hexagonal de siete celdas. Se muestran una serie de celdas no FR en el trazo discontinuo adyacentes a la celda FR 1010-6. Cada celda incluye una estación base 1014 que comunica con los usuarios sobre las antenas direccionales de 60° A, B, C, A', B' y C'. En esta realización, el enlace ascendente de una antena A es potencialmente interferido con el enlace descendente de una antena A', el enlace ascendente de B es potencialmente interferido con el enlace descendente de B', y así sucesivamente. Como en las realizaciones previamente descritas, cada celda en el sistema 1000 incluye la misma configuración de antena dispuesta considerablemente en el mismo ángulo de rotación. En esta realización el ángulo de rotación Θ medido desde la línea 1020 es de alrededor de 30° . Se debería señalar que la determinación previamente descrita de un ángulo de rotación adecuado no se necesita llevar a cabo en las realizaciones que utilizan, por ejemplo, un patrón hexagonal de siete celdas con adaptaciones de antenas direccionales de 30° , 60° o 120° , porque tales adaptaciones de antena son considerablemente simétricas cuando se usan en el patrón hexagonal.

30

35

40

45

La FIG. 10B muestra una organización de la dirección de los intervalos de la trama ejemplar adecuada para usar con el sistema de la FIG. 10A. Como en las realizaciones previamente descritas, a los enlaces ascendentes y los enlaces descendentes de las antenas potencialmente interferentes se les asignan distintos intervalos de tiempo. Una trama 1050 se separa en una parte de enlace ascendente 1052 en la que las antenas direccionales reciben la información del enlace ascendente en el orden A', B', C', C, B y A, y una parte del enlace descendente 1054 en la que las antenas transmiten la información del enlace descendente en el orden A, B, C, C', B' y A'. De nuevo, también se podrían usar las organizaciones alternativas de la dirección de los intervalos de la trama, que incluyen, por ejemplo, una organización con el orden de antena inverso. Se debería señalar que la configuración de las antenas direccionales de 60° de la FIG. 10A, junto con la organización de la trama ejemplar de la FIG. 10B, virtualmente elimina la CCI mixta en el sistema 1000, y en un sistema hexagonal de siete celdas puede proporcionar rendimiento superior al de las realizaciones de antenas de 120° y 90° descritas anteriormente. Otras reducciones de la CCI mixta se pueden lograr aumentando el número de antenas direccionales y disminuyendo el ángulo de cobertura de cada antena, junto con la organización de la trama de acuerdo con las técnicas descritas anteriormente. Por ejemplo, otra posible realización podría utilizar doce antenas direccionales de 30° . Como se señaló anteriormente, la presente invención se puede utilizar en sistemas con una variedad de distintos patrones de celda. Detalles adicionales con respecto a la reutilización de frecuencias y los patrones de las celdas se pueden encontrar, por ejemplo, en V.H. MacDonald, "El Concepto Celular", Diario Técnico del Sistema Bell, Vol. 58, N° 1, páginas 15-41, enero de 1991, que se incorpora por referencia aquí dentro, y el libro "Comunicaciones Radio Móviles", R. Steele, ed., Pentech Press, 1992.

Las realizaciones ejemplares de las FIG. 8, 9 y 10 ilustran un escenario CCI mixto del caso peor experimentado, por ejemplo, en una parte central de un sistema. Una celda FR dada en la parte central tiene otras celdas FR en todos

los lados, y por lo tanto el potencial para la CCI mixta está en un máximo. Para las celdas FR en un borde del sistema, no obstante, el potencial para la CCI mixta se reduce, y aquellas celdas podrían utilizar por lo tanto distintas configuraciones de antena que las celdas en la parte central. Por ejemplo, una celda en un borde del sistema puede utilizar menos antenas direccionales que una celda central. Aquellos expertos en la técnica podrían determinar en seguida otras modificaciones adecuadas de las configuraciones de las antenas y/o las organizaciones de trama usadas en las celdas en un borde del sistema.

Las realizaciones alternativas de la invención pueden utilizar antenas de estación base omnidireccionales en lugar de las antenas direccionales mostradas en las FIG. 8, 9 y 10. En estas realizaciones, la organización de la trama se altera, por ejemplo, en las celdas FR colindantes de manera que una antena omnidireccional potencialmente perturbadora en una primera celda transmite la información del enlace descendente en una parte distinta de la trama de aquella en que una potencialmente interferida con la antena omnidireccional en la celda FR colindante recibe la información del enlace ascendente. En una realización preferente, la asignación de los intervalos de enlace ascendente comienza en un extremo de una trama dada, y la asignación de los intervalos del enlace descendente comienza en un extremo opuesto de la trama dada, de una manera similar a la mostrada en las FIG. 8B, 9B y 10B. De esta manera, si hay un número en exceso de intervalos de trama, los intervalos no usados se sitúan en una parte central de la trama tal como las partes 856, 956 o 1056 anteriores. Esta técnica de asignación puede proporcionar un almacenamiento temporal entre los intervalos del enlace ascendente y del enlace descendente en ciertas situaciones, y de esta manera tiende a reducir la CCI mixta. Aquellos expertos en la técnica pueden determinar en seguida otras organizaciones de la trama adecuadas para usar en las realizaciones de las antenas omnidireccionales de la presente invención.

La FIG. 11A muestra un diagrama de bloques de un enlace descendente de estación base ejemplar 1102 de acuerdo con la presente invención. Una señal de entrada en banda base que representa habla, texto, vídeo u otra información se puede recibir en la estación base, por ejemplo, desde una red pública telefónica. La señal en banda base se procesa en un codificador vocal 1105 y un codificador de canal 1110 de una manera bien conocida en la técnica. Las señales de información codificadas se suministran a un modulador 1115 y a continuación a los componentes físicos de transmisión de RF 1120 que acciona las antenas direccionales A, B y C descritas anteriormente en conjunto con el sistema 800 de la FIG. 8A. Un procesador de enlace descendente 1125 coordina las operaciones de codificación, modulación y transmisión de los elementos 1105-1120 de manera que la información del enlace descendente se transmite a un usuario dado desde la antena direccional apropiada A, B o C y en el orden especificado en la organización de la trama ejemplar de la FIG. 8B. Se puede utilizar cualquiera de una serie de técnicas en el enlace descendente 1102 para lograr la organización de la dirección de los intervalos de la trama deseada. Por ejemplo, se puede usar la información de control que identifica un usuario particular y una antena correspondiente por el procesador del enlace descendente 1125 para determinar qué intervalos de tiempo se deberían asignar a un usuario dado para proporcionar la organización de la trama deseada. La invención se puede usar en sistemas que tienen un ciclo de trabajo de la información de control $K \geq 1$, y aquellos expertos en la técnica pueden determinar en seguida ajustes adecuados en la adaptación y/o procesamiento de la información de control para los sistemas con $K > 1$. La asignación de los intervalos de tiempo particulares a una antena dada puede suceder después de la codificación del habla y/o del canal y antes de la modulación, o en cualquiera de una serie de otros puntos del enlace descendente 1102.

La FIG. 11B muestra un enlace ascendente de estación base ejemplar 1132. Los componentes físicos de recepción de RF 1140 procesan y dirigen las señales de información del enlace ascendente recibidas de los usuarios a través de las antenas direccionales A, B y C. Las señales del enlace ascendente recibidas se desmodulan en un demodulador 1145, y a continuación se descodifican en un descodificador de canal 1150 y un descodificador de habla 1155 para generar una señal de salida en banda base que se puede suministrar, por ejemplo, a una red pública telefónica. Un procesador de enlace ascendente 1160 dirige las operaciones de recepción, demodulación, y/o descodificación de los elementos 1140-1155 de manera que una antena dada A, B o C recibe las señales del enlace ascendente para la parte adecuada de una trama dada. Esto se puede lograr mediante la implementación de la temporización y el control del sistema apropiados de una manera bien conocida en la técnica. El enlace descendente 1102 y el enlace ascendente 1132 también puede incluir un interpolador de canal y desinterpolador de canal, respectivamente, ambos implementados de una manera conocida en la técnica. La interpolación/desinterpolación puede ser incluida, por ejemplo, como parte de la codificación/descodificación del canal. Aunque los procesadores 1125 y 1160 se muestran como que interactúan con los elementos de codificación/descodificación, modulación/demodulación y transmisión/recepción de RF, se debería enfatizar que esto es a modo de ilustración solamente. Las funciones de procesamiento que provocan la organización de la dirección de los intervalos de la trama deseada se puede incorporar dentro de uno o más de los otros elementos del sistema, más que proporcionar por un procesador separado. Además, los sistemas de acuerdo con la presente invención pueden incluir adaptaciones de elementos distintas de las mostradas. Por ejemplo, aquellos expertos en la técnica reconocerán que la presente invención es adecuada para usar en sistemas que no incluyen codificación de canal. Aunque la codificación/descodificación e interpolación/desinterpolación del canal aleatoriza el canal y por ello mitiga los efectos, por ejemplo, del desvanecimiento del canal, esto generalmente viene a costa del aumento del retardo total. Una realización preferente de la invención elimina por lo tanto la codificación del canal y la interpolación del canal y utiliza cualquiera de una serie de técnicas de diversidad de espacio bien conocidas para abordar el desvanecimiento del canal.

También se reconocerá que ciertos elementos de procesamiento similares a los mostrados en el enlace descendente de la estación base 1102 y el enlace ascendente de la estación base 1104 también están presentes en los

transmisores y receptores utilizados por los usuarios móviles del sistema. Los procesadores 1125 y 1160 pueden ser microprocesadores u ordenadores digitales adecuadamente programados, circuitos integrados de aplicaciones específicas, o cualquier combinación de componentes lógicos, componentes físicos y microprogramas capaces de proporcionar la organización de la dirección de los intervalos de la trama deseada. Detalles adicionales con respecto a la información de transmisión, modulación, codificación, y control adecuada para usar con la presente invención se puede encontrar, por ejemplo, en W.C. Wong, C-E.W Sundberg y N. Seshadri, "Duplexación Compartida por División en el Tiempo: Un Planteamiento Comunicaciones de Habla Digitales Inalámbricas de Bajo Retardo, Alta Calidad," Tec. Veh. Trans. del IEEE, noviembre de 1994, que se incorpora aquí dentro por referencia.

La FIG. 12 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento de una realización ejemplar de la presente invención. El paso 1202 indica que se hace primero una determinación en cuanto a si un usuario particular ha entrado en un estado activo, es decir, la asignación requerida de un intervalo de información. Si es así, la información de estado transmitida desde el usuario en un intervalo de control se usa en el paso 1206 para identificar la antena direccional de la estación base sobre la cual está comunicando el usuario. El paso 1212 indica a continuación que el usuario está asignado a un intervalo particular de acuerdo con la organización de la dirección de los intervalos de la trama predeterminada, y en el paso 1218 el usuario comunica con la estación base en el intervalo asignado. Si el usuario permanece activo para la siguiente trama, una decisión tomada en el paso 1224 dirige el procesador para volver al paso 1206 para asignar un intervalo en la siguiente trama de acuerdo con la organización de la dirección de los intervalos de la trama predeterminada. Después de que el usuario llega a estar inactivo, el paso 1230 indica que la información de estado en el intervalo de control correspondiente al usuario se restablece. Cualesquiera intervalos asignados a ese usuario se devuelven en el paso 1236 a un grupo de intervalos no usados. Cada vez que un usuario particular requiere un intervalo de tiempo, se hace una determinación en cuanto a sobre qué antena direccional está comunicando el usuario. La asignación total de los intervalos disponibles para los usuarios se lleva a cabo entonces de manera que las antenas direccionales se utilizan de acuerdo con la organización de la dirección de intervalos predeterminada.

Se debería señalar que la organización dinámica de la dirección de los intervalos de la trama de la presente invención se puede usar para mejorar la capacidad, por ejemplo, en un sistema TDMA/TDD/SAD. En tal aplicación, se podrían usar los mismos intervalos de tiempo para todas las antenas direccionales dentro de una celda dada, dado que en un sistema TDD las señales del enlace ascendente y del enlace descendente generalmente se transmiten siempre en distintas partes de la trama. No obstante, pueden surgir una serie de temas adicionales aplicando las enseñanzas anteriores a los sistemas TDD. Por ejemplo, si un usuario móvil está en cualquier momento "visible" por dos o más antenas direccionales, los intervalos asignados al usuario no se pueden reutilizar por cualquiera de las estaciones base correspondientes, de manera que pueden estar disponibles menos intervalos de información. Además, puede haber significativamente más transferencias que en un sistema omnidireccional convencional, dado que una transferencia dentro de una celda dada en un sistema TDD significa que el usuario tiene que ser asignado a un intervalo de tiempo distinto, aumentando por ello la información de control.

Se pueden obtener mejoras de rendimiento adicionales en un sistema STDD de acuerdo con la presente invención usando Detección Rápida de Actividad de Habla (FSAD) y/o interpolación circular para reducir la longitud de la serie de los paquetes caídos. La FSAD y la interpolación circular en un sistema STDD se describen en detalle en la Solicitud de Patente N° Serie titulada "Comunicación Celular de Acceso Múltiple por División en el Tiempo Con las Longitudes de la Serie de los Paquetes Caídos Reducida e Interpolación Circular," que se asigna al cesionario de la presente invención y se incorpora por referencia aquí dentro. La presente invención proporciona una serie de técnicas para asignar los intervalos de la trama en un sistema de acceso múltiple. Realizaciones alternativas incluyen los sistemas multiplexados por división en frecuencia (FDM) en los que un intervalo asignado a un usuario representa una de una serie de frecuencias portadoras disponibles. Un ejemplo es un sistema de duplexación compartida por división en frecuencia (SFDD). En tales realizaciones FDM, se pueden usar adaptaciones de antena similares, y la trama de tiempo se puede considerar una trama de frecuencia. Un intervalo de trama aquí dentro se pretende que incluya, por ejemplo, tanto los intervalos de tiempo como de frecuencia. Las enseñanzas de STDD anteriores por lo tanto se pueden adaptar en seguida por aquellos expertos en la técnica para proporcionar una organización adecuada de los intervalos de frecuencia de la trama de manera que la CCI mixta en un sistema FDM se reduce considerablemente.

Aunque la anterior descripción ilustra la utilidad de la presente invención en primer lugar en términos de una red celular que incorpora una técnica de acceso múltiple STDD, se debería entender que el aparato y los métodos de la presente invención son generalmente adecuados para usar con cualquier sistema de comunicación inalámbrico en el que surge la interferencia co-canal. Se pueden hacer muchas variaciones en las adaptaciones mostradas, incluyendo el patrón de celda y tipo de reutilización de la frecuencia, el número y el tipo de antenas direccionales, la asignación de los intervalos de tiempo de la trama a una antena direccional dada y el ángulo de rotación de la antena. Éstas y otras alternativas y variaciones en las adaptaciones mostradas serán en seguida evidentes para aquellos expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un método de asignación de intervalos en una trama que tiene una pluralidad de intervalos entre los usuarios de enlace ascendente y del enlace descendente, el método que comprende los pasos de:
- 5 comunicar la información en los intervalos de la trama asignados sobre un enlace ascendente y enlace descendente entre un usuario y una estación base en una celda,
- asignar una primer parte fija de la pluralidad de intervalos en una trama para la comunicación del habla, datos, datos de vídeo y/o datos de audio en el enlace ascendente (710); y
- asignar una segunda parte fija de la pluralidad de intervalos para la comunicación del habla, datos, datos de vídeo y/o datos de audio en el enlace descendente (715); el método **caracterizado por**:
- 10 asignar dinámicamente intervalos en una tercera parte de una pluralidad de intervalos a la comunicación del enlace ascendente o la comunicación del enlace descendente de acuerdo con la demanda (720).
2. El método de la reivindicación 1 en el que al menos una parte de dicha información comunicada se comunica en intervalos sobre los enlaces ascendentes y los enlaces descendentes entre una pareja de usuarios en un conjunto de N parejas de usuarios.
- 15 3. El método de la reivindicación 1 en el que los intervalos en la tercera parte de la pluralidad de intervalos se asignan dinámicamente a cada trama.
4. El método de la reivindicación 1 en el que la trama además comprende una sección de control de enlace ascendente.
- 20 5. El método de la reivindicación 1 en el que la trama además comprende una sección de control de enlace descendente.
6. El método de la reivindicación 1 en el que la trama además comprende una sección de control de enlace ascendente y una sección de control de enlace descendente.
- 25 7. El método de la reivindicación 1 en el que están disponibles un total de s intervalos de tiempo para la transmisión de la información, una fracción del total de los intervalos de información disponibles que se comparten en los designados por una fracción de compartición parcial η , hay $(s/2)(1-\eta)$ intervalos disponibles solamente para comunicar sobre el enlace ascendente, $(s/2)(1-\eta)$ intervalos disponibles solamente para la comunicación sobre el enlace descendente y $s\eta$ intervalos se comparten de acuerdo con la demanda.
8. El método de la reivindicación 1 en el que el factor de compartición parcial η está entre el 15% y el 25%.
- 30 9. El método de la reivindicación 1, 7 u 8 en el que la tercera parte de la pluralidad de intervalos se ubica en la trama entre la primera y segunda partes.
10. El método de la reivindicación 9 en el que si la demanda de intervalos de enlace ascendente e intervalos de enlace descendente es menor que los intervalos de información disponibles totales, entonces los intervalos no asignados se ubican en una parte central de la trama.

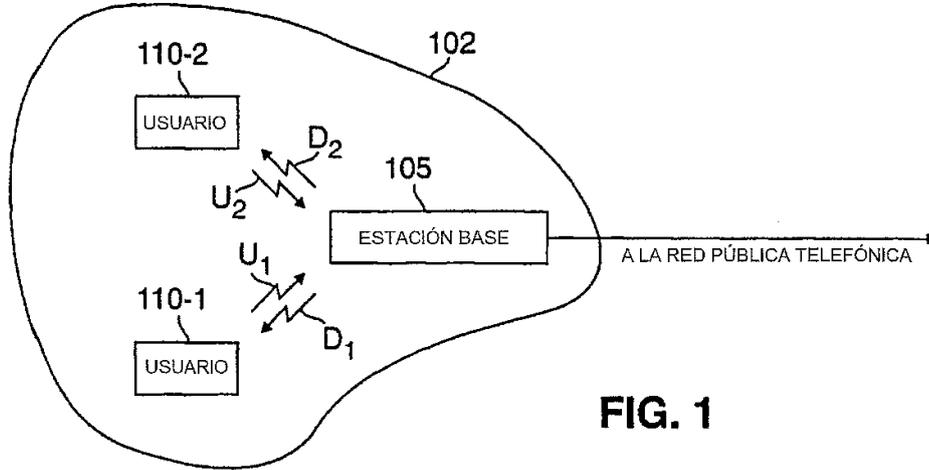


FIG. 1

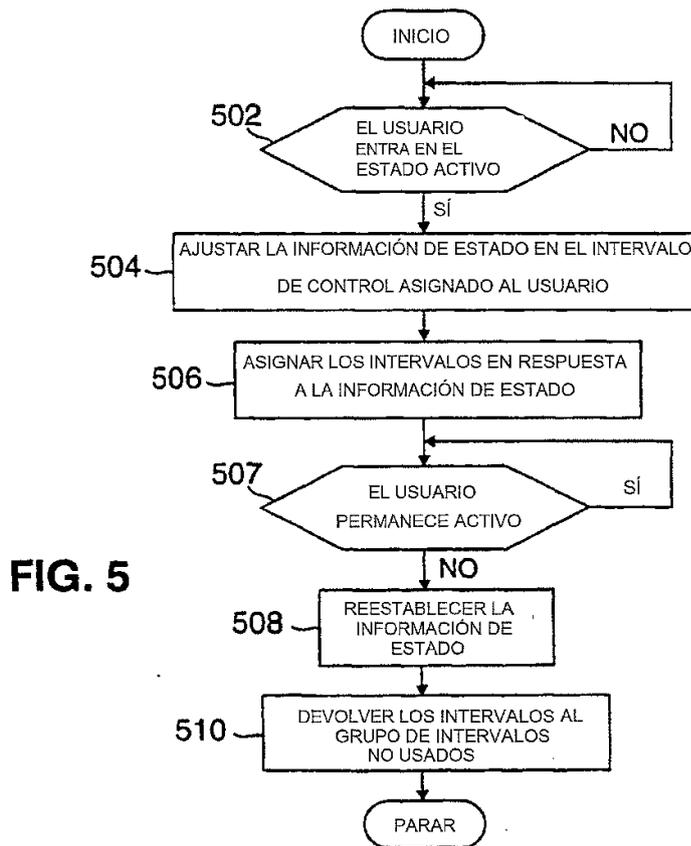


FIG. 5

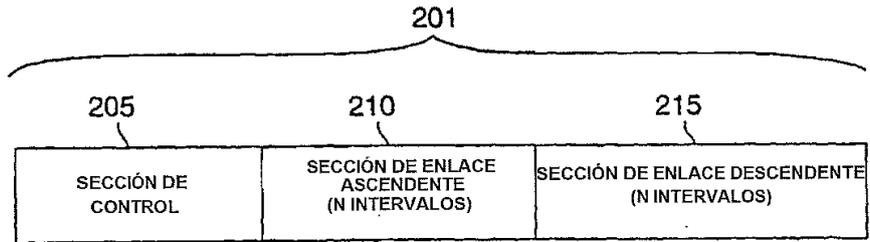


FIG. 2
TÉCNICA ANTERIOR

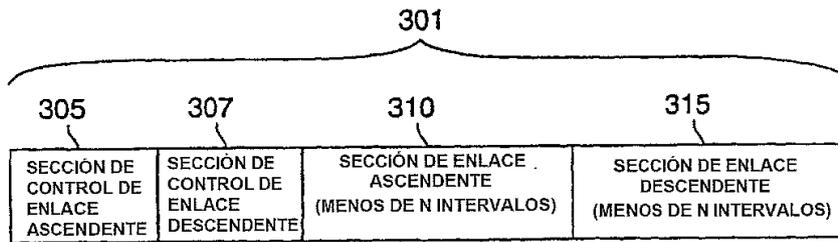


FIG. 3
TÉCNICA ANTERIOR

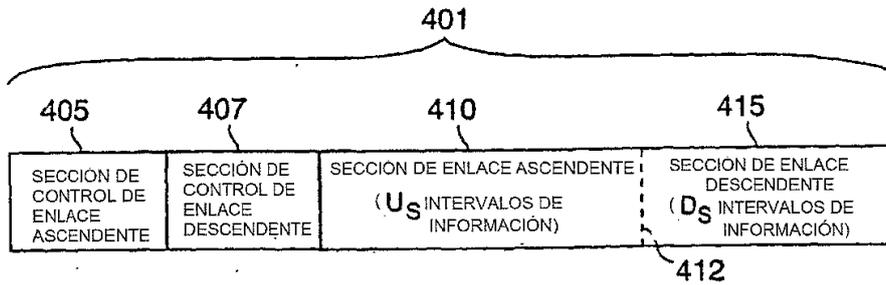


FIG. 4

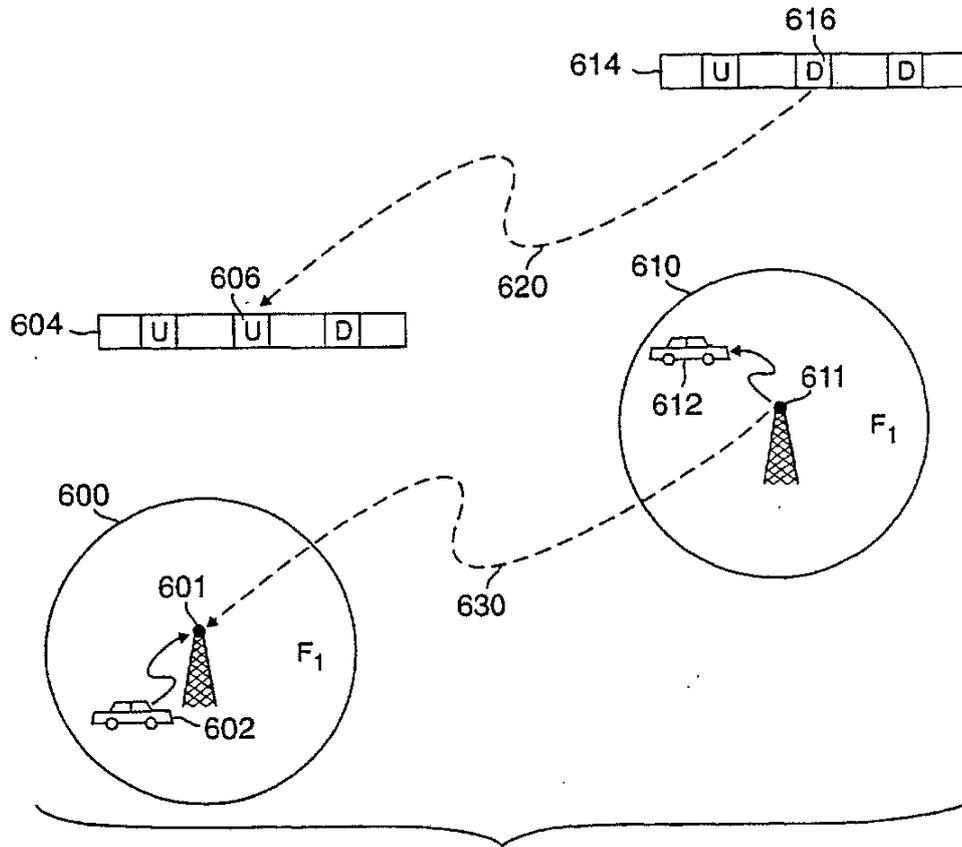


FIG. 6

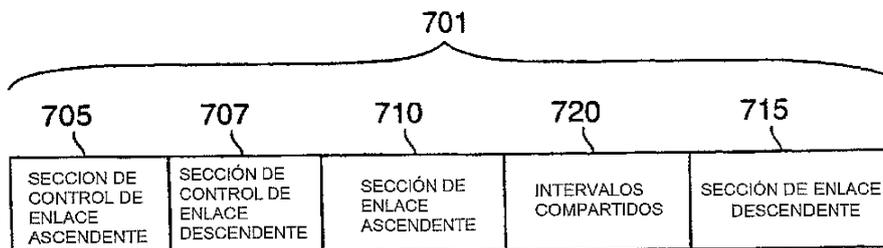


FIG. 7

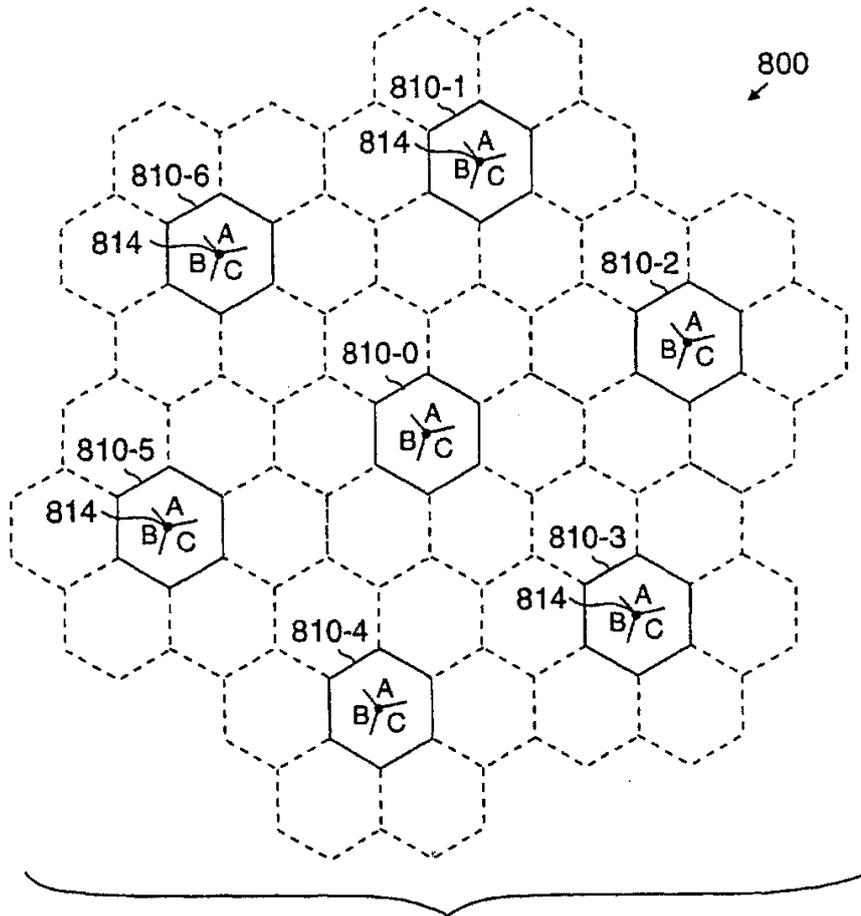


FIG. 8A

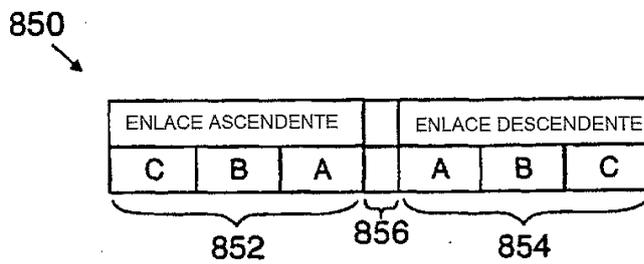


FIG. 8B

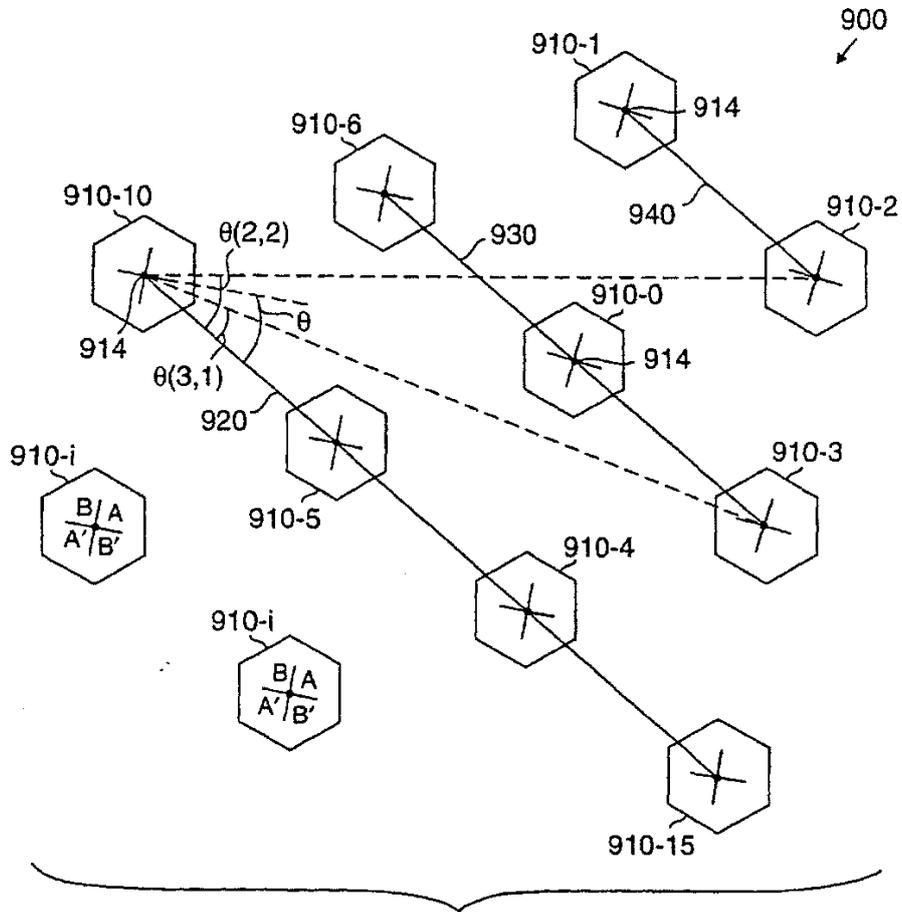


FIG. 9A

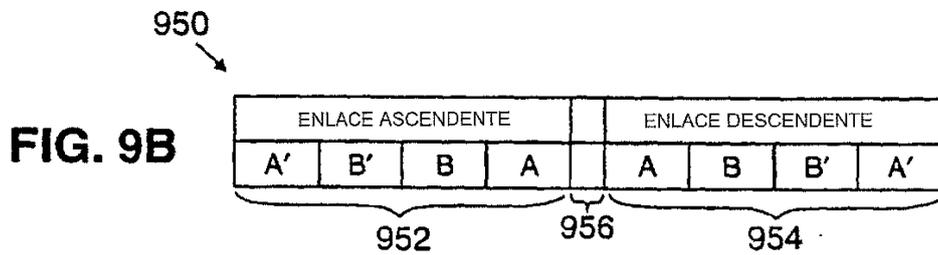


FIG. 9B

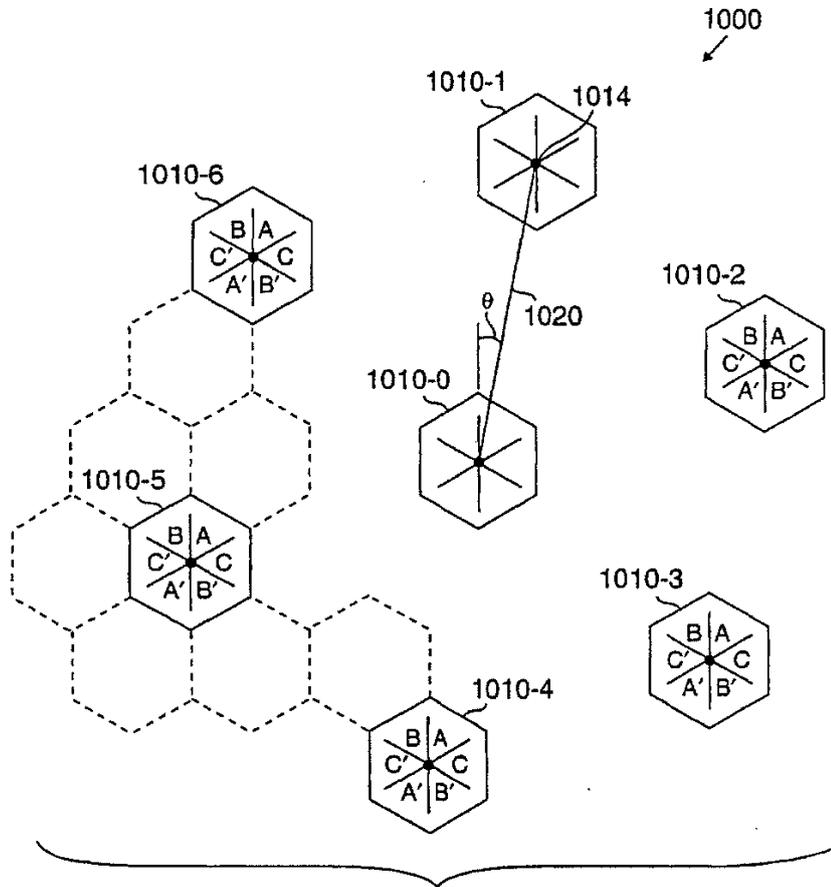


FIG. 10A

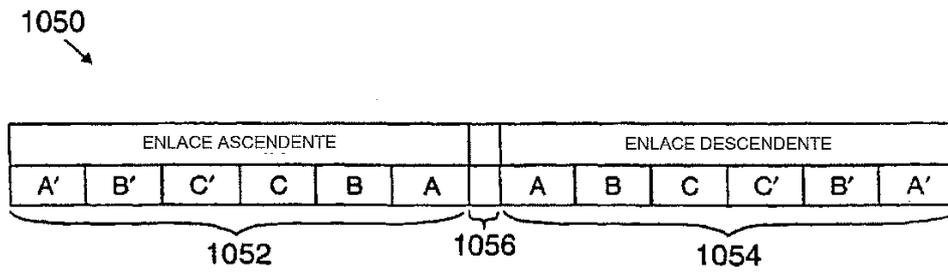


FIG. 10B

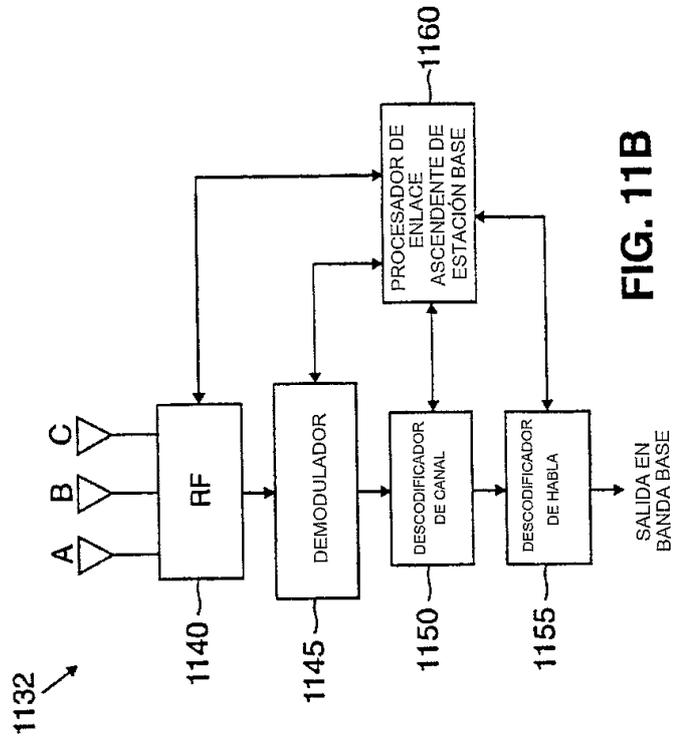


FIG. 11B

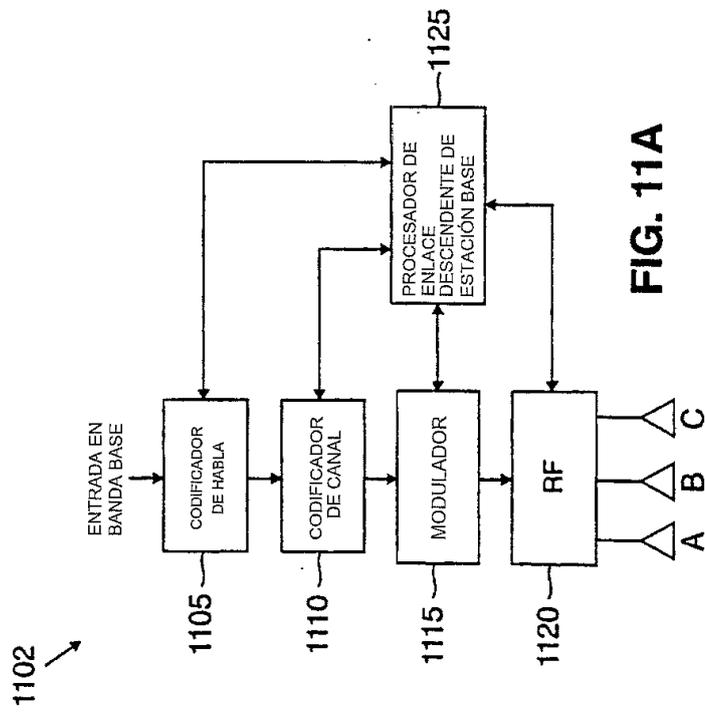


FIG. 11A

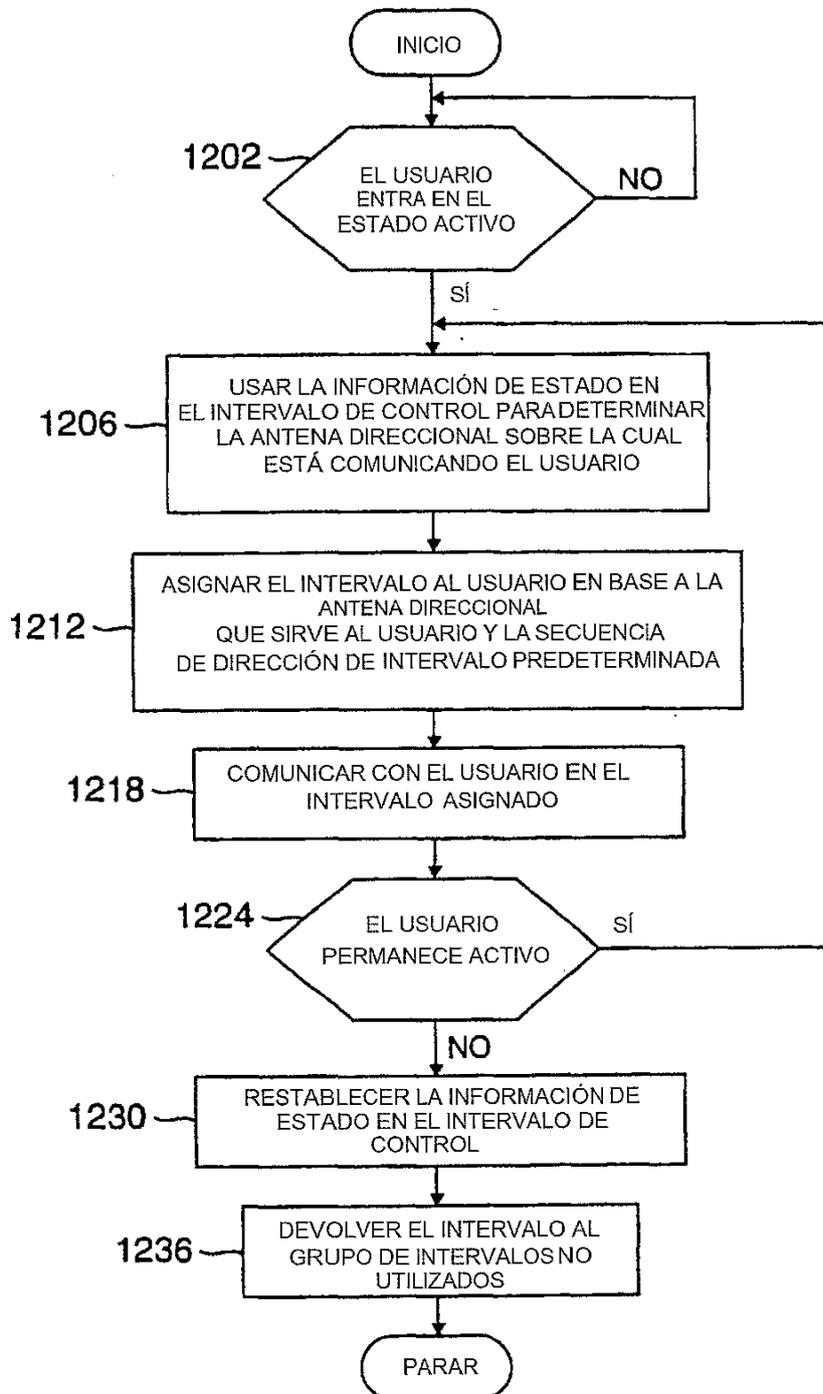


FIG. 12