

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 224**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04	(2006.01) H04W 72/04	(2009.01)
H04B 7/06	(2006.01) H04W 72/08	(2009.01)
H04B 7/08	(2006.01) H04W 74/00	(2009.01)
H04L 27/20	(2006.01) H04W 76/02	(2009.01)
H04W 16/14	(2009.01)	
H04W 16/28	(2009.01)	
H04W 52/34	(2009.01)	
H04W 52/50	(2009.01)	
H04W 64/00	(2009.01)	
H04W 72/02	(2009.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.1997** **E 03009674 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2016** **EP 1339245**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la asignación de canales y control de admisión de llamadas en sistemas de comunicaciones de acceso múltiple por división espacial (sdma)**

30 Prioridad:

31.12.1996 US 777598

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.05.2016

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)
2200 Mission College Boulevard
Santa Clara, CA 95054, US**

72 Inventor/es:

**YUN, LOUIS C. y
OTTERSTEN, BJORN E.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 569 224 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para la asignación de canales y control de admisión de llamadas en sistemas de comunicaciones de acceso múltiple por división espacial (sdma)

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de comunicaciones inalámbricas y, más específicamente, a redes inalámbricas de acceso fijo o de acceso móvil que usan tecnología de acceso múltiple por división espacial (SDMA) en combinación con sistemas de acceso múltiple, tal como sistemas de acceso múltiple en el dominio temporal (TDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y/o sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA).

15 Antecedentes de la invención

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas tienen asignada generalmente una parte del espectro de radiofrecuencia (RF) para su funcionamiento. La parte asignada del espectro está dividida en canales de comunicación y los canales se diferencian mediante asignaciones de frecuencia, tiempo o código, o mediante alguna combinación de estas asignaciones. Cada uno de estos canales de comunicación se denominará canal convencional, y un canal convencional se corresponderá con un canal dúplex bidireccional, a no ser que se indique lo contrario. El establecimiento de un enlace de comunicación en un sistema de comunicaciones no solo depende de la disponibilidad de un canal convencional, sino también de la calidad de comunicación que se obtendrá con el uso de un canal convencional disponible dado.

25 En los sistemas de comunicaciones inalámbricas se usa un canal convencional para la comunicación entre una estación base y una estación de abonado. Una estación base proporciona cobertura a un área geográfica conocida como célula y puede ser un punto de presencia que proporciona una conexión entre la estación de abonado y una red de área extensa, tal como una red telefónica pública conmutada (PSTN). El principal motivo del uso de células en sistemas inalámbricos es la reutilización del espectro de RF en diferentes áreas geográficas. La reutilización del espectro de frecuencia puede introducir una interferencia cocanal (intercelular) entre usuarios de diferentes células que comparten un canal convencional común. Si la interferencia cocanal no se controla meticulosamente, puede degradar en gran medida la calidad de las comunicaciones. La capacidad del sistema está limitada generalmente por las interferencias a causa de la reducción del número de canales reutilizables de calidad aceptable.

35 Otra fuente de degradación de la calidad de canales convencionales es la interferencia entre canales adyacentes (intracelular) generada por otros canales convencionales de una célula dada. De manera ideal, en una célula dada cada canal convencional debería estar completamente aislado del resto de canales convencionales (ortogonales). En sistemas prácticos no puede garantizarse una ortogonalidad total entre canales debido a la complejidad y el coste que tal requisito impondría en el diseño del sistema. Por ejemplo, en los sistemas FDMA, la interferencia entre canales adyacentes puede deberse a desplazamientos de frecuencia portadora de RF y a filtros imperfectos; en los sistemas TDMA, a desincronizaciones y fluctuaciones; y en los sistemas CDMA, a imprecisiones de sincronización o a la propagación multitrayectoria de RF.

45 Los sistemas SDMA más recientes (patente estadounidense n.º 5.515.378 de Roy et al.) permiten que múltiples abonados de una célula dada compartan simultáneamente el mismo canal convencional sin que interfieran unos con otros y, además, permiten una reutilización más frecuente de los canales convencionales en un área geográfica que cubre muchas células. Los sistemas SDMA aprovechan la distribución espacial de los abonados para aumentar la capacidad de sistema utilizable. Puesto que los abonados tienden a estar distribuidos en el área de una célula, cada par abonado-estación base tenderá a tener una signature espacial única que indica la manera en que el sistema de antenas de la estación base recibe señales procedentes de la estación de abonado, así como una segunda firma espacial que indica la manera en que el sistema de antenas de la estación base transmite señales a la estación de abonado. Se dice que los abonados que comparten el mismo canal convencional usan diferentes canales espaciales. Como en el caso de los sistemas FDMA, TDMA y CDMA, los canales espaciales de un sistema SDMA pueden no ser perfectamente ortogonales debido a limitaciones de hardware y a la propagación multitrayectoria. Debe observarse que la multiplexación no espacial (por ejemplo, FDMA, TDMA y CDMA), cuando se usa en combinación con patrones de sistema de antenas que se controlan mediante un procesamiento espacial, se denomina SDMA en el contexto de esta invención. En la práctica, las signatures espaciales y los sistemas de antenas pueden usarse en una configuración de sistema de acceso múltiple por división no espacial para mejorar las comunicaciones entre las estaciones base y los abonados mediante técnicas de procesamiento de señales espaciales. En estos casos se seguirá usando el término SDMA en el contexto de la siguiente descripción.

La Fig. 1 muestra un ejemplo de un sistema SDMA TD/FD/CDMA inalámbrico (solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848 de Barratt et al., publicada como US 2472980) en el que una pluralidad de estaciones de abonado (conocidas simbólicamente como microteléfonos) 20, 22, 24 reciben servicio de una estación base 100 que puede conectarse a una red de área extensa (WAN) 56 para proporcionar cualquier servicio de datos requerido y conexiones externas al sistema inalámbrico en cuestión. Una red de conmutación 58 interactúa con la WAN 56 para proporcionar un funcionamiento dúplex multicanal con la WAN transfiriendo datos entrantes de la WAN hacia líneas

60 de la estación base 100 y transfiriendo señales que salen de la estación base 100, en la línea 54, hacia la WAN. Las líneas de entrada 60 se aplican a moduladores de señal 62 que producen señales moduladas 64 para cada estación de abonado a la que está transmitiendo la estación base. Un conjunto de pesos de multiplexación espacial 74 para cada estación de abonado se aplica a las respectivas señales moduladas en multiplexores espaciales 66 para producir señales multiplexadas espacialmente 68 que se transmitirán mediante un banco de transmisores multicanal 70 usando un sistema de antenas de transmisión 18. El procesador SDMA (SDMAP) 48 produce y mantiene signaturas espaciales para cada estación de abonado para cada canal convencional, calcula pesos de multiplexación y desmultiplexación espacial para su uso por parte de multiplexores espaciales 66 y desmultiplexores espaciales 46 y usa las mediciones de señal recibidas 44 para seleccionar un canal para una nueva conexión. De este modo, las señales procedentes de las estaciones de abonado actualmente activas, algunas de las cuales pueden estar activas en el mismo canal convencional, están separadas y libres de interferencias y ruido. Cuando se establecen comunicaciones desde la estación base a las estaciones de abonado se crea un patrón de radiación optimizado de antena de múltiples lóbulos adaptado a las conexiones de estaciones de abonado actualmente activas y a la situación de interferencia. Un ejemplo de un patrón de antena de transmisión que puede crearse se muestra en la Fig. 2.

Volviendo a la Fig. 1, los desmultiplexores espaciales 46 combinan mediciones de señal recibidas 44 de los receptores multicanal 42 y del sistema de antenas asociado 19 según pesos de desmultiplexación espacial 76, un conjunto diferente de pesos de desmultiplexación que se aplica a cada estación de abonado que se comunica con la estación base. Las salidas de los desmultiplexores espaciales 46 son señales separadas espacialmente 50 para cada estación de abonado que se comunica con la estación base, que se aplican a desmoduladores de señal 52 para producir señales recibidas desmoduladas 54 para cada estación de abonado que se comunica con la estación base. En una forma de realización alternativa, el procesamiento de desmultiplexación y de desmodulación se llevan a cabo conjuntamente en una unidad de procesamiento de señales multidimensional no lineal. Las señales recibidas desmoduladas 54 están entonces disponibles para la red de conmutación 58 y la WAN 56.

En una implementación de sistema FDMA, cada receptor multicanal y cada transmisor multicanal puede tratar múltiples canales de frecuencia. En cambio, en otras formas de realización, los receptores multicanal 42 y los transmisores multicanal 70 pueden tratar múltiples ranuras de tiempo, como en un sistema TDMA, múltiples códigos, como en un sistema CDMA, o alguna combinación de estas técnicas de acceso múltiple ampliamente conocidas (solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848 de Barratt et al., publicada como US 2472980).

En sistemas prácticos que pueden incluir cientos o miles de estaciones de abonado, una separación u ortogonalidad perfecta entre cada estación de abonado, tras la aplicación de un procesamiento SDMA, no puede garantizarse debido a la complejidad y al coste que tal requisito impondría al diseño del sistema. Si no puede garantizarse la separación de las conexiones de estaciones de abonado tras el procesamiento SDMA, la capacidad ampliada del SDMA será limitada y se producirán interferencias entre los abonados debido al uso de técnicas SDMA. La consecuencia de esta limitación práctica es que se necesita un procedimiento para minimizar las interferencias y maximizar de ese modo la capacidad de canal efectiva del sistema SDMA.

Incluso si dos o más estaciones de abonado no están perfectamente separadas o no son del todo ortogonales después del procesamiento SDMA, seguirá siendo posible compartir un canal convencional común en un sistema TDMA, FDMA o CDMA usando tecnología SDMA. Desde un punto de vista práctico, no se requiere que las estaciones de abonado estén perfectamente separadas después del procesamiento SDMA para compartir un canal convencional común. Solo se necesita que la interferencia entre abonados que comparten un procesamiento pos-SDMA de canal convencional común sea lo bastante baja como para no degradar la calidad de las comunicaciones por debajo de un nivel prefijado.

Debido a la interferencia introducida por la reutilización de frecuencias y a la frágil naturaleza de la ortogonalidad en los canales convencionales y espaciales, todos los sistemas de comunicaciones inalámbricas de acceso múltiple necesitan un procedimiento para estaciones base y una asignación de canal que minimice estos efectos adversos cuando se establece una nueva llamada o una nueva conexión entre una estación base y un abonado. Los términos 'nuevo abonado' y 'nueva conexión' se usarán de manera intercambiable para denotar una nueva llamada o una nueva conexión entre una estación base y una estación de abonado, y los términos 'abonado activo', 'conexión existente' y 'abonado existente' se usarán de manera intercambiable para denotar una llamada o conexión en curso entre una estación base y una estación de abonado. Si no se tiene cuidado, el nuevo abonado puede asignarse a una estación base y a un canal que tienen una baja calidad debido a un exceso de interferencias. Además, la adición de un nuevo abonado tiene como posible consecuencia la degradación de la calidad de las comunicaciones en las conexiones existentes. Además, los abonados existentes pueden sufrir mayores interferencias de canal debido a la adición de un nuevo abonado, o a otras causas no relacionadas, lo que puede requerir que los abonados cambien los canales ya asignados por nuevos canales para conseguir comunicaciones de una calidad aceptable. También se necesitan procedimientos de reasignación de canal, que usan procesos de decisión similares a los usados para la asignación inicial de canal y de estación base.

Los procedimientos de asignación y reasignación de canal de la técnica anterior están basados en mediciones de fenómenos físicos, tales como la indicación de intensidad de señal recibida (RSSI) o la interferencia cocanal en diferentes canales convencionales. Barnett, en la patente estadounidense n.º 5.557.657, describe un procedimiento

de traspaso entre una célula superpuesta y una célula subyacente en función de la RSSI. Booth (patente estadounidense n.º 5.555.445) describe un procedimiento de traspaso intercelular en el que se intenta primero un traspaso intracelular desde un canal convencional a otro, y el éxito o el fracaso del traspaso se indica mediante la RSSI. Knudsen (patente estadounidense n.º 5.448.621) describe un procedimiento para reasignar canales convencionales entre células, que depende del número de canales convencionales no usados en cada célula (es decir, la carga de célula). Grube et al. (patente estadounidense n.º 5.319.796) describe un procedimiento para medir la interferencia cocanal en un canal convencional colocando receptores adicionales en el área de cobertura del usuario cocanal y después transmitiendo información de respuesta acerca de la interferencia cocanal medida a un controlador de asignaciones de canal. En todos estos procedimientos, los procesos de asignación y reasignación de canal no tienen en cuenta la distribución espacial de los abonados ni el modo en que la RSSI y la interferencia cocanal afectan conjuntamente a la calidad de señal de la nueva conexión.

Hanabe (patente estadounidense n.º 5.475.864) describe un procedimiento de asignación de canal para células sectorizadas que tienen patrones de haz de antena estáticos. Hanabe no tiene en cuenta lo que sucede en los sistemas SDMA totalmente adaptativos, en los que los patrones de haz cambian dinámicamente en función de los abonados que están activos en un momento dado. Además, no se menciona la asignación de canales espaciales permitida por el SDMA.

El documento "*A real time downlink channel allocation scheme for an SDMA mobile radio system*" de Farsakh y Nossek, 18 de octubre de 1996, conferencia internacional del IEEE sobre comunicaciones de radio personales, móviles y en espacios cerrados, vol. 3, páginas 1216 a 1220, describe el uso de una estimación de cambio de potencia para determinar una asignación de canal para una nueva estación de abonado.

Si dos abonados con signatures espaciales similares se asignan al mismo canal convencional, ya sea en la misma estación base o en dos estaciones base diferentes, graves interferencias harían que ambos abonados no pudieran usar el canal. Por tanto, existe la necesidad de un nuevo procedimiento de asignación de canal para sistemas SDMA avanzados y totalmente adaptativos que pueda predecir, a priori, la calidad de un canal espacial o convencional, es decir, antes de que la nueva conexión se asigne a una estación base y un canal dados. También existe la necesidad de un procedimiento de asignación de canal SDMA que pueda predecir el impacto de una nueva conexión en las conexiones existentes y que pueda llevar a cabo un control de admisión de llamadas según sea necesario. La disponibilidad de tal estación base y de tales procedimientos de asignación y reasignación de canal y de control de admisión permitirá que los procedimientos SDMA aumenten la capacidad del sistema mediante un mejor aislamiento de los abonados, manteniendo al mismo tiempo una calidad aceptable en las comunicaciones.

Resumen de la invención

La presente invención incluye un procedimiento de asignación de canal según la reivindicación independiente 1. La reivindicación 13 se refiere a una estación base correspondiente.

Según una forma de realización de la presente invención, se proporciona un procedimiento de asignación de canal en una estación base en una célula de un sistema de comunicaciones inalámbricas entre una estación base y una estación de abonado, donde el sistema de comunicaciones inalámbricas tiene canales convencionales diferenciados mediante asignaciones de frecuencia, tiempo o código, o mediante alguna combinación de estas asignaciones. El procedimiento comprende recibir, desde la estación de abonado, mediciones de niveles de señal recibidos de enlace descendente notificadas en cada canal de enlace descendente. El procedimiento comprende además estimar, a partir de los niveles de señal recibidos de enlace descendente notificados, un nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente que se obtendría para cada canal convencional existente si la estación de abonado se asigna a un canal de enlace descendente convencional dado. Se calcula un coste para cada canal de enlace descendente convencional existente usando una función de coste prefijada basada en los niveles estimados de interferencia más ruido recibidos de enlace descendente. El procedimiento comprende además seleccionar, para su asignación a la estación de abonado, un canal de enlace descendente convencional que tenga un coste calculado mínimo de entre los canales de enlace descendente convencionales existentes, y asignar a la estación de abonado un canal de enlace descendente espacial en el canal de enlace descendente convencional seleccionado si el canal de enlace descendente convencional seleccionado se está usando en la célula.

Aspectos adicionales y características preferidas se describen en las reivindicaciones dependientes.
Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una representación gráfica de un sistema SDMA.

La Fig. 2 es una representación gráfica de los patrones de antena de los transmisores multicanal SDMA generados a partir de tres vectores de pesos de multiplexación.

La Fig. 3(a) es un diagrama de flujo del procedimiento de correlación ponderada para la asignación de canal.

La Fig. 3(b) es un diagrama de flujo para calcular la forma no estructurada de la matriz de covarianza.

La Fig. 3(c) es un diagrama de flujo para calcular la forma estructurada de la matriz de covarianza.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo del procedimiento de calidad predicha para la asignación de canal.

5 La Fig. 5 es un diagrama de flujo del procedimiento jerárquico para la asignación de canal.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo del procedimiento predictivo de asignación de canal de enlace descendente.

La Fig. 7 es un diagrama de flujo de tres procedimientos de control de admisión de llamadas.

10 Descripción detallada de la invención

La asignación de canal en un canal de comunicación dúplex bidireccional incluye seleccionar un canal de enlace ascendente (desde el abonado a la estación base celular) y un canal de enlace descendente (desde la estación base celular al abonado). El caso de la asignación de canal semidúplex puede considerarse un caso especial del problema de la técnica dúplex bidireccional. Las interferencias en el canal de enlace ascendente proceden principalmente de otras estaciones de abonado, mientras que las interferencias en el canal de enlace descendente son producidas principalmente por estaciones base de otras células. Por consiguiente, la calidad de las comunicaciones en los canales de enlace ascendente y de enlace descendente será diferente por lo general. En un ejemplo de la invención, las asignaciones de canal de enlace ascendente y de enlace descendente se llevan a cabo por separado y de manera independiente y, debido a esta falta de restricciones a la hora de seleccionar los canales de enlace ascendente y de enlace descendente, permiten la posibilidad de conseguir la mayor capacidad del sistema. Sin embargo, muchos sistemas prácticos imponen una relación fija entre los canales de enlace ascendente y los canales de enlace descendente, de modo que una selección independiente no es posible.

25 Por ejemplo, en la norma del sistema de teléfono de mano personal (PHS) (norma preliminar de la Asociación de Industrias y Empresas de Radio (ARIB), versión 2, RCR STD 28, aprobada por la reunión ordinaria celebra en diciembre de 1995), los canales de enlace ascendente y de enlace descendente forman un canal dúplex bidireccional y deben estar en la misma portadora de RF, de modo que la frecuencia portadora del canal de enlace ascendente y del canal de enlace descendente no puede especificarse de manera independiente. Además, la ranura de tiempo multiplexada por división de tiempo de enlace descendente está especificada de tal manera que precede a la ranura de tiempo de enlace ascendente en cuatro ranuras de tiempo exactamente. En tales sistemas, la selección del canal de enlace ascendente o del canal de enlace descendente determina automáticamente la selección del otro. En un ejemplo, la selección de un canal dúplex bidireccional se consigue llevando a cabo una asignación de canal de enlace ascendente y especificando la asignación de enlace descendente según las reglas existentes del sistema. Este procedimiento es ventajoso cuando la capacidad del sistema de canales dúplex bidireccionales está limitada principalmente por la capacidad de los canales de enlace ascendente. En otro ejemplo, el canal dúplex bidireccional se elige llevando a cabo una asignación de canal de enlace descendente y permitiendo la opción de que la asignación de enlace ascendente se determine por las reglas del sistema. Este procedimiento se prefiere cuando el sistema está limitado principalmente por la capacidad de los canales de enlace descendente. En otro ejemplo, la asignación del canal de enlace ascendente y del canal de enlace descendente se consideran conjuntamente evaluando cada par de canales de enlace ascendente-enlace descendente como una unidad y asignando un nuevo abonado al mejor par de enlace ascendente-enlace descendente. Este procedimiento se prefiere en sistemas en los que la capacidad de los canales no está determinada por la capacidad de los canales de enlace ascendente ni por la capacidad de los canales de enlace descendente.

45 Otras consideraciones prácticas para la asignación de canal son la gama dinámica de los amplificadores de potencia (PA) de RF y si la arquitectura de los transmisores de estación base es de banda ancha o de banda estrecha. La gama dinámica de un PA está limitada en el extremo de baja potencia por el umbral mínimo de ruido y en el extremo de alta potencia por la salida de PA máxima para la cual la distorsión de la señal amplificada sigue siendo aceptablemente baja. Un procedimiento de asignación de canal debe conocer las características de la gama dinámica de un PA cuando selecciona un canal, ya que la potencia de transmisión requerida puede variar de canal a canal.

55 Un PA de transmisor de estación base también genera distorsión de intermodulación a partir de la mezcla de subportadoras de RF de diferentes frecuencias. En una arquitectura de transmisor de RF de banda estrecha, la potencia suministrada para cada subportadora es proporcionada por un PA diferente, de modo que no se produce la mezcla de diferentes bandas subportadoras, lo que reduce en gran medida la distorsión de intermodulación. Además, cualquier producto de distorsión generado a partir de una mezcla en banda por cada PA que esté fuera de la banda subportadora puede filtrarse para minimizar los productos de distorsión que pueden generar interferencias con otras subportadoras. Por el contrario, un transmisor con una arquitectura de PA de banda ancha usa un amplificador de potencia de múltiples portadoras (MCPA) que amplifica simultáneamente un grupo de subportadoras, produciendo una distorsión de intermodulación a partir de la mezcla de diferentes subportadoras. La distorsión de intermodulación generada de esta manera se solapa con el grupo de bandas subportadoras que transportan las señales de abonado y no puede separarse ni filtrarse. El MCPA genera productos de intermodulación debido a la presencia de una señal de RF multiportadora. Aunque es posible producir un MCPA con una distorsión de intermodulación muy baja, el coste de hacer esto es muy alto. Por tanto, existe la necesidad de un procedimiento

de asignación de canal que ayude a mitigar los efectos de la distorsión de intermodulación teniendo en cuenta la arquitectura de los PA y permitiendo el uso de una solución más económica.

En una arquitectura de receptor de banda ancha también hay problemas análogos con la distorsión. Por ejemplo, las fuentes de no linealidad en el receptor incluyen mezcladores de RF, amplificadores de bajo ruido y convertidores de analógico a digital. Un algoritmo de asignación de canal debe tener en cuenta esta información ya que, de lo contrario, la capacidad de la red puede verse afectada negativamente.

Como se ha explicado anteriormente, en SDMA hay dos firmas espaciales asociadas a cada par abonado-estación base en un canal convencional particular (solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848 de Barratt et al., publicada como US 2472980). Una estación base asocia a cada estación de abonado una firma espacial de recepción, o enlace ascendente, relacionada con el modo en que la estación de abonado recibe señales transmitidas a la misma mediante el sistema de antenas de la estación base y una firma espacial de transmisión, o de enlace descendente, relacionada con el modo en que el sistema de antenas de recepción de la estación base recibe señales transmitidas por la estación de abonado. Las firmas espaciales de transmisión y recepción contienen información acerca de la atenuación de amplitud y la fase relativa de la señal de RF en cada transmisor y receptor de elemento de antena, respectivamente, de la estación base. Esta información de fase y amplitud en cada receptor o transmisor puede tratarse como elementos vectoriales, $\{a_i\}$, de un vector de columnas complejo, a . Las firmas espaciales pueden almacenarse en una base de datos y actualizarse a intervalos prefijados, o pueden estimarse durante la fase inicial de un establecimiento de llamada cuando se inicia una nueva conexión de un abonado, o pueden determinarse de manera analítica (patente estadounidense 5.515.378 de Roy et al.). Por ejemplo, en el caso del PHS, una fase de establecimiento de canal de enlace tiene lugar en el canal de control de señalización (SCCH) antes de la comunicación en un canal (de tráfico) de enlace (LCH) asignado. Durante esta fase de establecimiento de canal de enlace pueden medirse las firmas espaciales del nuevo abonado.

Las firmas espaciales contienen información acerca de la capacidad de comunicación con un abonado. Si a_k^i y a_k^j son las firmas espaciales de recepción para abonados i y j , respectivamente, en un canal convencional k ,

$$\frac{|a_k^i \cdot a_k^j|}{\|a_k^i\| \cdot \|a_k^j\|},$$

entonces su producto interno absoluto normalizado se define como $\frac{|a_k^i \cdot a_k^j|}{\|a_k^i\| \cdot \|a_k^j\|}$, donde $\|$ denota el módulo complejo, $()$ denota la traspuesta conjugada compleja y $\|$ denota la norma euclidiana de un vector complejo. El producto

interno absoluto normalizado de a_k^i y a_k^j indica la capacidad de comunicación simultánea con los abonados i y j en el mismo canal convencional de enlace ascendente. Las firmas ortogonales deben tener un producto interno absoluto normalizado de valor cero, que indica que las interferencias entre los abonados son poco probables incluso si ambos comparten un canal convencional común. Un valor elevado del producto interno absoluto normalizado indicará un posible problema de interferencias si ambos abonados compartieran un canal convencional común. Sin embargo, hay dos problemas con el uso del producto interno absoluto normalizado como base para la asignación de canal: puede ser muy difícil (es decir, complejo y/o caro) realizar un seguimiento de las firmas espaciales para todos los canales de todos los abonados en células adyacentes; y un producto interno absoluto normalizado de valor elevado no indica necesariamente un problema de interferencias ya que, por ejemplo, los abonados que están situados en diferentes células pueden tener un producto interno absoluto normalizado de valor elevado entre firmas espaciales y no interferirán si están aislados por grandes distancias o por trayectorias de propagación de RF de alta pérdida. Por lo tanto, los niveles de señal recibidos de los abonados en un canal convencional dado de abonados circundantes también determinarán si habrá un nivel de interferencias inaceptable en ese canal.

Existen varios enfoques opcionales para la asignación de canal de enlace ascendente, donde cada uno tiene una complejidad relativa y características de rendimiento diferentes: un procedimiento de correlación ponderada, un procedimiento de calidad predicha y un procedimiento jerárquico que combina el procedimiento de correlación ponderada y el procedimiento de calidad predicha.

El procedimiento de correlación ponderada define una función de coste cuadrática para el k -ésimo canal convencional como

$$c_k = a_k^* \hat{R}_u^{(k)} a_k$$

Ecuación 1

donde a_k es la firma espacial de enlace ascendente del nuevo abonado en un canal convencional k y $\hat{R}_u^{(k)}$ es la matriz de covarianza muestral de la respuesta del sistema de antenas del canal convencional k . La firma espacial a_k se estima normalmente durante el establecimiento de llamada, o puede almacenarse en una base de datos y actualizarse a intervalos prefijados. Una estimación no estructurada de la matriz de covarianza muestral que no requiere conocer a priori las firmas espaciales de los abonados activos puede calcularse, normalmente, midiendo la señal recibida en cada receptor de elemento de antena de la Fig. 1 en varias muestras de tiempo y calculando el valor medio; es decir,

$$\hat{R}_z^{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z^{(k)}(i) z^{(k)*}(i)$$

Ecuación 2

donde $z^{(k)}(i)$ es la señal de recibida de vector del sistema de antenas en el canal convencional k en el tiempo i , y n es el número de muestras de tiempo. Por ejemplo, en el sistema PHS, n puede elegirse como el número de símbolos de datos en una ráfaga PHS. En un ejemplo, la llamada del nuevo abonado se asigna a un canal convencional con un coste aceptable, c_k . El nivel de coste aceptable que ser el correspondiente a una tasa de errores de bit aceptable para la comunicación entre la estación base y la estación de abonado. En el ejemplo preferido, la llamada del nuevo abonado se asigna al canal convencional para el que la función de coste, c_k , de la ecuación (1) es mínima. Se permite la asignación de más de un abonado al mismo canal convencional si hay suficientes recursos de hardware en la estación base seleccionada para que el canal elegido soporte la nueva conexión.

Si una estimación no estructurada de $\hat{R}_z^{(k)}$ se usa en la ecuación (1), entonces el procedimiento de asignación de canal descrito anteriormente puede funcionar en ausencia de cualquier forma de intercambio de información o comunicación entre diferentes estaciones base. Llevando a cabo una estimación no estructurada, las signatures espaciales de todos los abonados activos, tanto dentro de la misma célula como en células vecinas, se tienen en cuenta sin tener que medirlas explícitamente una a una.

Como alternativa, puede calcularse una estimación estructurada de la matriz de covarianza muestral que aprovecha cualquier información acerca de las signatures espaciales de abonados activos. En un sistema inalámbrico que utiliza SDMA, una estación base puede conocer las signatures espaciales y transmitir potencias de señal de los abonados activos con los que está comunicándose. Por tanto, en un ejemplo alternativo, la función de coste de la ecuación (1) puede calcularse llevando a cabo una estimación estructurada de la matriz de covarianza muestral $\hat{R}_z^{(k)}$:

$$\hat{R}_z^{(k)} = A_k R_{zz}^{(k)} A_k^* + R_{nn}^{(k)}$$

Ecuación 3

donde A_k es el conjunto de signatures espaciales formadas mediante una concatenación por columnas de las signatures espaciales en el canal convencional k de abonados activos en la misma célula que la nueva conexión, $R_{zz}^{(k)}$ es una matriz de correlación cruzada esperada cuyos elementos diagonales son promedios de potencias de transmisión de los abonados activos en el canal convencional k en la misma célula que la nueva conexión, y $R_{nn}^{(k)}$ es una matriz de covarianza de ruido más interferencia que contiene las contribuciones de ruido y de interferencia intercelular para la señales recibidas en el sistema de antenas de estación base. $R_{nn}^{(k)}$ puede estimarse midiendo la señal recibida en cada receptor de elemento de antena de la Fig. 1 durante intervalos de tiempo en que los abonados activos en el canal k y en la misma célula que la nueva conexión no están transmitiendo y, posteriormente, calculando el valor medio con respecto al tiempo, como en la ecuación (2). Como alternativa, si las signatures espaciales y las potencias de transmisión de todos los abonados activos están disponibles en cada estación base, $R_{nn}^{(k)}$ puede estimarse como

$$R_{nn}^{(k)} = A_k^0 R_{zz_0}^{(k)} A_k^{0*} + Q$$

Ecuación 4

donde $R_{zz_0}^{(k)}$ es una matriz de correlación cruzada esperada cuyos elementos diagonales son los promedios de potencias de transmisión de los abonados activos en el canal convencional k en células diferentes a la de la nueva conexión. A_k^0 es el conjunto de signatures espaciales formadas mediante una concatenación por columnas de las signatures espaciales conocidas en el canal convencional k de abonados activos en células diferentes a las de la nueva conexión recibida en la estación base de la nueva conexión. Q es la matriz de covarianza de ruido de receptor estimada. El contenido de Q también puede considerarse parámetros de regulación elegidos por el usuario. En muchos casos comunes, $Q = \sigma^2 I$, donde I es la matriz identidad y σ^2 es el ruido de receptor estimado.

En una forma de realización, la llamada del nuevo abonado se asigna a un canal convencional con un coste aceptable, c_k . En la forma de realización preferida, la llamada del nuevo abonado se asigna al canal convencional para el que la función de coste, c_k , de la ecuación (1) es mínima. Se permite la asignación de más de un abonado al mismo canal convencional si hay suficientes recursos de hardware en la estación base seleccionada para que el canal elegido soporte la nueva conexión, además de cualquier conexión existente.

En un sistema SDMA típico, la matriz de covarianza muestral de la ecuación (2) o de la ecuación (3) se calcula y se actualiza continuamente como parte del procesamiento espacial de cada canal convencional, suprimiendo así la

necesidad de volver a calcularla para la asignación de canal. Por tanto, los cálculos requeridos por la ecuación (1) son mínimos.

5 Otra mejora en la asignación de canal se obtiene con el procedimiento de asignación de canal de calidad predicha prediciendo la calidad de comunicación que se obtendrá al asignar una nueva conexión a un canal convencional particular. Esto se consigue estimando la potencia de señal y la potencia de interferencia más ruido que un nuevo abonado experimentará en cada canal convencional si se asigna a ese canal usando un modelo del entorno de RF y el procesamiento SDMA, sin asignar realmente la llamada a ningún canal convencional.

10 Denote $\hat{R}_{zz}^{(k)}$ la matriz de covarianza muestral antes de que el nuevo abonado se asigne al canal convencional k , y denote $\tilde{R}_{zz}^{(k)}$ la matriz de covarianza predicha si el nuevo abonado se asignara al y estuviera activo en el canal convencional k . Como se ha descrito anteriormente, $\hat{R}_{zz}^{(k)}$ puede calcularse como una estimación no estructurada (ecuación (2)) o como una estimación estructurada (ecuación (3)). En el ejemplo preferido, la relación entre $\hat{R}_{zz}^{(k)}$ y $\tilde{R}_{zz}^{(k)}$ se modela como

$$\tilde{R}_{zz}^{(k)} = \hat{R}_{zz}^{(k)} + a_k r_{zz}^{(k)} a_k^* \quad \text{Ecuación 5}$$

donde a_k es la signatura espacial de enlace ascendente del nuevo abonado en un canal convencional k y $r_{zz}^{(k)}$ es una cantidad escalar que representa la potencia de transmisión del nuevo abonado en el canal convencional k .

20 En el ejemplo preferido, los pesos de desmultiplexación espacial de enlace ascendente, $\tilde{w}_k^u$, para el nuevo abonado en el canal convencional k se expresan como el vector de columnas

$$\tilde{w}_k^u = (\tilde{R}_{zz}^{(k)})^{-1} r_{zz} a_k \quad \text{Ecuación 6}$$

25 Debe observarse que la expresión anterior requiere la inversa de $\tilde{R}_{zz}^{(k)}$, lo que normalmente no es deseable ya que calcular la inversa es costoso desde un punto de vista computacional. Sin embargo, aprovechando el modelo para $\tilde{R}_{zz}^{(k)}$ en la ecuación (5) e invocando la fórmula de inversión de Sherman-Morrison ("Matrix Computations", Golub et al., The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 1983, página 3), la inversa de $\tilde{R}_{zz}^{(k)}$ puede expresarse como

$$(\tilde{R}_{zz}^{(k)})^{-1} = (\hat{R}_{zz}^{(k)})^{-1} - (\hat{R}_{zz}^{(k)})^{-1} a_k a_k^* (\hat{R}_{zz}^{(k)})^{-1} / ((1/r_{zz}^{(k)}) + a_k^* (\hat{R}_{zz}^{(k)})^{-1} a_k) \quad \text{Ecuación 7}$$

30 Por tanto, usando esta expresión, el proceso de inversión matricial se ha reducido a una serie de cálculos de multiplicación de matrices más sencillos. Además, debe observarse que en un sistema SDMA típico, la inversa de la matriz de covarianza muestral antes de que el nuevo abonado se asigne al canal convencional k , $(\hat{R}_{zz}^{(k)})^{-1}$, se ha calculado y se actualiza continuamente como parte del procesamiento espacial para los abonados ya activos en cada canal convencional k , haciendo innecesario calcularla cuando se usa la ecuación (7).

35 La potencia de señal de enlace ascendente predicha que se obtendrá con la asignación del nuevo abonado al canal k , S_k^u , se estima como

$$S_k^u = |\tilde{w}_k^{u*} a_k|^2 r_{zz} \quad \text{Ecuación 8}$$

40 y I_k^u , la potencia de interferencia más ruido de enlace ascendente para el nuevo abonado, se estima como

$$I_k^u = \tilde{w}_k^{u*} \hat{R}_{zz}^{(k)} \tilde{w}_k^u \quad \text{Ecuación 9}$$

45 Después de calcular S_k^u y I_k^u para cada canal convencional k , la relación de señal a interferencia más ruido (SINR) de enlace ascendente de la nueva conexión en cada canal k se estima como

$$\text{SINR}_k = S_k^u / I_k^u \quad \text{Ecuación 10}$$

En un ejemplo, la función de coste para el canal convencional k se calcula como I_k^u . El nuevo abonado se asigna al primer canal convencional en el que el coste calculado es aceptablemente bajo o, si no, al canal convencional con el coste mínimo. (Una definición para un coste calculado aceptablemente bajo es un coste que es igual a, o inferior a, el coste que corresponde a una tasa de errores de bit máxima aceptable entre un abonado y la estación base). La razón es que un canal convencional asignado al nuevo abonado en el que la interferencia procedente de abonados existentes es aceptablemente baja tenderá, por reciprocidad, a ser un canal en el que el nuevo abonado producirá interferencias aceptablemente bajas con los abonados existentes.

En un ejemplo alternativo, la función de coste para cualquier canal convencional k se calcula como $-SINR_k$, el negativo de la SINR predicha en ese canal. El nuevo abonado se asigna al primer canal convencional en el que la función de coste calculada es aceptablemente baja o, si no, al canal convencional con el coste mínimo. Este procedimiento es útil para, pero no está limitado a, sistemas inalámbricos que utilizan medios para controlar niveles de potencia de transmisión, ampliamente conocidos en la técnica. De esta manera, el nuevo abonado puede usar la potencia de transmisión más baja y, de ese modo, reducir al máximo las interferencias en el sistema. Sin embargo, por varias razones (por ejemplo, si el rango de control de potencia es muy limitado), la asignación de canales convencionales siempre puede realizarse con la regla descrita en el párrafo anterior para la asignación de canal de calidad predicha.

En cualquiera de los ejemplos descritos en los dos párrafos anteriores, el conjunto de canales candidatos de los que el procedimiento de asignación de canal elige puede estar limitado al subconjunto de canales en los que las relaciones predichas de señal a interferencia más ruido de la nueva conexión superan un nivel de umbral prefijado. Normalmente, el umbral se fija un valor idéntico o similar a la SINR requerida para mantener una tasa de errores de bit aceptable para la conexión entre la estación de abonado y la estación base.

En un sistema inalámbrico que utiliza SDMA, una estación base conoce normalmente las firmas espaciales y las potencias de transmisión de los abonados activos con los que está comunicándose. Esta información acerca de los abonados activos cocanal puede utilizarse opcionalmente en el procedimiento de asignación de canal de calidad predicha para predecir la $SINR_{k,i}$ la relación de señal a interferencia más ruido de enlace ascendente experimentada por cada abonado activo cocanal i en cada canal convencional k si la nueva conexión se asigna al canal k , sin asignar realmente la llamada a ningún canal convencional. Denótese la potencia de señal de transmisión de enlace ascendente y la firma espacial de enlace ascendente de un abonado activo cocanal i en el canal convencional k como $r_{k,i}$ y $a_{k,i}$, respectivamente. Entonces, para cada abonado activo cocanal i en cada canal convencional k , los pesos de desmultiplexación espacial predichos $\tilde{w}_{k,i}^u$, la potencia de señal de enlace ascendente predicha $S_{k,i}^u$ y la potencia de interferencia más ruido de enlace ascendente predicha $I_{k,i}^u$ se calculan como

$$\tilde{w}_{k,i}^u = (\tilde{R}_{\Sigma}^{(k,u)})^{-1} \tilde{r}_{k,i} a_{k,i} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$S_{k,i}^u = |\tilde{w}_{k,i}^u \cdot a_{k,i}|^2 r_{k,i} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$I_{k,i}^u = |\tilde{w}_{k,i}^u \cdot \tilde{R}_{\Sigma}^{(k,u)} \tilde{w}_{k,i}^u - S_{k,i}^u| \quad \text{Ecuación 13}$$

donde $\tilde{R}_{\Sigma}^{(k,i)}$ denota la matriz de covarianza muestral predicha en la estación base que está comunicándose actualmente con un abonado activo i en el canal convencional k si el nuevo abonado se asigna al y se activa en el canal. $\tilde{R}_{\Sigma}^{(k)}$ se calcula de manera similar a la ecuación (7):

$$(\tilde{R}_{\Sigma}^{(k,i)})^{-1} = (\hat{R}_{\Sigma}^{(k,i)})^{-1} - (\hat{R}_{\Sigma}^{(k,i)})^{-1} a_i^* a_i^* (\hat{R}_{\Sigma}^{(k,i)})^{-1} / ((1/r_{k,i}) + a_i^* (\hat{R}_{\Sigma}^{(k,i)})^{-1} a_i)$$

donde a_i^* es la firma espacial de enlace ascendente del nuevo abonado para la estación base que está comunicándose actualmente con el abonado activo i en el canal convencional k y $\hat{R}_{\Sigma}^{(k,i)}$ es la matriz de covarianza muestral en la estación base que está comunicándose actualmente con el abonado activo i en el canal convencional k . La SINR de enlace ascendente predicha del abonado activo i en el canal k , $SINR_{k,i}$, se calcula entonces como $SINR_{k,i} = S_{k,i}^u / I_{k,i}^u$.

El procedimiento de asignación de canal de calidad predicha puede restringirse adicionalmente para permitir solamente la asignación del nuevo abonado al canal convencional k si las SINR de enlace ascendente predichas de todos los abonados activos en ese canal superan un nivel umbral predicho.

El procedimiento jerárquico combina las ventajas del procedimiento de correlación ponderada y del procedimiento de calidad predicha para la asignación de canales convencionales aplicando el procedimiento de correlación ponderada

de baja complejidad como un medio para seleccionar un pequeño subconjunto de los canales convencionales menos costosos y aplicando después el procedimiento predictivo de calidad más óptimo al pequeño subconjunto para seleccionar el mejor canal convencional.

- 5 En la descripción anterior se ha considerado la asignación de canales de enlace ascendente desde los abonados a la estación base. Ahora se considera la asignación de canales de enlace descendente desde la estación base a las estaciones de abonado.

10 Durante la fase inicial de un establecimiento de llamada, por ejemplo, la estación de abonado puede medir los niveles de potencia recibidos de enlace descendente en todos los canales convencionales y notificar las mediciones a la estación base. Este procedimiento se prefiere si no introduce una latencia excesiva (tiempo de establecimiento). Como alternativa, cada estación de abonado puede consultar periódicamente los niveles de potencia recibidos de enlace descendente en todos los canales convencionales siempre que no esté realizando de manera activa una llamada. Los niveles de potencia recibidos pueden enviarse a la estación base a través de canales inactivos a intervalos prefijados, o los niveles de potencia pueden almacenarse y actualizarse en la estación de abonado y, después, todos o un subconjunto de los niveles de potencia pueden comunicarse a la estación base cuando se establece una llamada. Usando estos procedimientos, la estación base tiene un registro reciente de los niveles de potencia recibidos en todos o en un subconjunto de los canales convencionales para nuevos abonados.

20 En una realización, el nivel de potencia recibido medido por el nuevo abonado en el canal convencional k , P_k , se usa como una estimación de I_k^D , la potencia de interferencia más ruido de enlace descendente en un canal convencional k . Como alternativa, la estimación de I_k^D puede refinarse adicionalmente para cualquier canal convencional k que ya soporte uno o más abonados existentes en la misma célula que el nuevo abonado, introduciendo un intervalo de prueba. La duración del intervalo de prueba se elige normalmente como un pequeño múltiplo (por ejemplo, entre uno y cinco) del periodo entre actualizaciones de los pesos de multiplexación de enlace descendente por medio del SDMAP de la Fig. 1. Durante este intervalo de prueba, los abonados existentes en el canal k ajustan su pesos de multiplexación como si el nuevo abonado ya se hubiera asignado al canal k . Procedimientos para calcular los pesos de multiplexación espacial se describen en la solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848 de Barratt et al., publicada como US 2 472 980. En la última parte del intervalo de prueba, la nueva estación de abonado puede medir la potencia recibida de enlace descendente en el canal k y notificar la medición a la estación base. Al final del intervalo de prueba, los abonados existentes en el canal k reajustan sus pesos de multiplexación como si el nuevo abonado se hubiera eliminado del canal k . La estación base puede usar entonces P_k' , la potencia recibida de enlace descendente medida durante el intervalo de prueba, como una estimación refinada de I_k^D .

35 La función de coste para el canal convencional k se define como I_k^D . En un ejemplo, la llamada del nuevo abonado se asigna a un canal convencional con un coste aceptable. En una forma de realización, la llamada del nuevo abonado se asigna al canal convencional en el que la función de coste es mínima. Se permite la asignación de más de un abonado al mismo canal convencional si hay suficientes recursos de hardware en el canal seleccionado para soportar la nueva conexión, además de cualquier conexión existente.

Otra mejora en la asignación de canal de enlace descendente se obtiene prediciendo la calidad de comunicación que se obtendrá asignando una nueva conexión a un canal convencional particular. Esto se consigue prediciendo la SINR de enlace descendente que un nuevo abonado experimentará en cada canal convencional si se asigna a ese canal, sin asignar necesariamente la llamada a ningún canal convencional.

La signatura espacial de un nuevo abonado en el enlace descendente se estima para cada canal convencional. En el caso de un sistema dúplex por división de tiempo (TDD), la signatura espacial de enlace descendente de un nuevo abonado puede estar relacionada con la signatura de enlace ascendente a través de la calibración de los dos enlaces. Una descripción del procedimiento de calibración se encuentra en la patente estadounidense n.º 5.546.090 de Roy et al. Otros procedimientos para estimar las signaturas espaciales de enlace descendente se encuentran en la solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848 de Barratt et al., publicada como US 2 472 980.

Después se estiman los pesos de multiplexación espacial de enlace descendente, w_k^D , para el canal convencional k . En un sistema TDD, los pesos de enlace descendente w_k^D pueden estar relacionados con los pesos de multiplexación espacial de enlace ascendente descritos anteriormente, w_k^U , de la ecuación (6) mediante la calibración de los dos enlaces (Roy et al., patente estadounidense n.º 5.546.090). Otros procedimientos para estimar pesos de enlace descendente se encuentran en la solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848 de Barratt et al., publicada como US 2 472 980.

60

Tras haber obtenido para el canal convencional k la signature espacial de enlace descendente, a_k^D , y el vector de pesos de multiplexación espacial, w_k^D , la potencia de señal de enlace descendente recibida por el nuevo abonado en el canal convencional k , S_k^D , puede predecirse como

$$S_k^D = |w_k^D \cdot a_k^D|^2 \quad \text{Ecuación 14}$$

El nivel de potencia de interferencia más ruido de enlace descendente I_k^D puede estimarse mediante P_k o P_k' , como se ha descrito anteriormente. La elección de P_k tiene la ventaja de ser mínimamente disruptiva para los abonados existentes, mientras que P_k' ofrece una mayor precisión. Un procedimiento alternativo para estimar I_k^D combina las ventajas de P_k y P_k' , a expensas de más cálculos pero sin usar un intervalo de prueba. El procedimiento empieza con la suposición de que se conoce P_k , y construye un modelo para P_k de la siguiente manera:

$$P_k = N_k + \sum_j \|w_{k,j}^D \cdot a_{k,j}^D\|^2 \quad \text{Ecuación 15}$$

donde $a_{k,j}^D$ es la signature espacial de enlace descendente en un canal convencional k desde la estación base j al nuevo abonado cuyos pesos de multiplexación no se conocen, N_k es la contribución para la potencia recibida a partir del ruido y la interferencia, $w_{k,j}^D$ es la matriz de pesos de multiplexación formada concatenando por columnas los pesos de multiplexación de cada abonado activo (expresados como un vector de columnas) en el canal convencional k y atendido por la estación base j , y la suma se calcula para todas la estación base j en las que se conocen las matrices de pesos $\{w_{k,j}^D\}$ y las signatures espaciales $\{a_{k,j}^D\}$. Por ejemplo, $\{w_{k,j}^D\}$ puede consistir en los pesos de los abonados activos en el canal k atendidos por la misma estación base que la de la nueva llamada, y posteriormente se calculan $\{a_{k,j}^D\}$, la signature espacial de transmisión correspondiente en el canal k de esta estación base para la nueva llamada, y $w_{k,j}^D$, la matriz de pesos de multiplexación para abonados activos en el canal k atendidos por la estación base j que tiene en cuenta la presencia del nuevo abonado. Hay muchas maneras de calcular $w_{k,j}^D$. Por ejemplo, $w_{k,j}^D$ puede formarse como

$$w_{k,j}^D = \tilde{S}_{k,j} A_{k,j}^+ \quad \text{Ecuación 16}$$

donde $A_{k,j}$ es una matriz que se forma concatenando por columnas las signatures espaciales conocidas en la estación base j del abonado activo en el canal convencional k , $A_{k,j}^+$ es la pseudoinversa de $A_{k,j}$ (véase el documento "Matrix Computations", Golub et al., The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 1983), $\tilde{S}_{k,j}$ es una matriz diagonal de las amplitudes de señal (que puede ser cero si el abonado no está comunicándose con la estación base j). Debe observarse que la solicitud de patente estadounidense n.º 08/375.848, publicada como US 2 472 980, usa notaciones matriciales y vectoriales que difieren de la notación usada en la presente invención. Sin embargo, a los expertos en la técnica tales diferencias les resultarán evidentes a partir del contexto.

En el ejemplo ilustrativo, $\tilde{w}_{k,j}^D$ puede calcularse entonces a partir de

$$\begin{bmatrix} \tilde{w}_{k,j}^D \\ w_{k,j}^D \end{bmatrix} = \tilde{S}_{k,j} \begin{bmatrix} A_{k,j} & a_{k,j}^D \end{bmatrix}^+ \quad \text{Ecuación 17}$$

donde $a_{k,j}^D$ es la signature espacial de enlace descendente en el canal convencional k desde la estación base j al nuevo abonado, $\tilde{S}_{k,j}$ es una matriz diagonal de amplitudes de señales de transmisión, y $\tilde{w}_{k,j}^D$ es la submatriz que se forma excluyendo la fila inferior de $\begin{bmatrix} \tilde{w}_{k,j}^D \\ w_{k,j}^D \end{bmatrix}$. La potencia de interferencia más ruido de enlace descendente I_k^D puede predecirse entonces como

$$I_k^D = P_k - \sum_j \|W_{k,j}^{D*} a_{k,j}^{D,j}\|^2 + \sum_j \|\bar{W}_{k,j}^{D*} a_{k,j}^{D,j}\|^2 \quad \text{Ecuación 18}$$

Después de haberse obtenido I_k^D mediante cualquiera de los tres procedimientos descritos anteriormente, y después de haberse calculado S_k^D con la ecuación (14) para todos los canales convencionales k , la relación de señal a interferencia más ruido (SINR) de enlace descendente para cada canal k se calcula como

$$SINR_k^D = S_k^D / I_k^D \quad \text{Ecuación 19}$$

- En una forma de realización, la función de coste para el canal convencional k se calcula como I_k^D . El nuevo abonado se asigna al primer canal convencional en el que la función de coste calculada es aceptablemente baja o, si no, al canal convencional con el coste mínimo. En un ejemplo alternativo, la función de coste para cualquier canal convencional k se calcula como $-SINR_k^D$, el negativo de la SINR predicha en ese canal. El nuevo abonado se asigna al primer canal convencional en el que la función de coste calculada es aceptablemente baja o, si no, al canal convencional con el coste mínimo.

La forma de realización y el ejemplo descritos en el párrafo anterior pueden limitarse adicionalmente para considerar solamente un canal convencional k particular como un candidato para la asignación si se cumplen una o más de las siguientes condiciones:

- (1) la $SINR_k^D$ es mayor que un umbral prefijado, normalmente fijado a un valor idéntico o similar a la SINR requerida para mantener una tasa de errores de bit aceptable para la conexión entre la estación de abonado y la estación base;
 - (2) la potencia de transmisión total en el canal convencional k , que incluye todos los canales espaciales activos, no supera la gama dinámica utilizable del amplificador de potencia de RF de la estación base; y
 - (3) la relación de señal a interferencia más ruido de enlace descendente predicha, $SINR_{k,i}^D$, experimentada por cada abonado activo, i , en el canal convencional k , si la nueva conexión se asigna al canal convencional k , es mayor que un umbral prefijado.
- La relación de señal a interferencia más ruido de enlace descendente predicha para el abonado activo i en el canal convencional k , $SINR_{k,i}^D$, puede calcularse de la siguiente manera. La potencia recibida de enlace descendente para el abonado activo i en el canal convencional k se denota como $P_{k,i}$ y puede modelarse de la siguiente manera

$$P_{k,i} = N_{k,i} + \sum_j \|W_{k,j}^{D*} a_{k,i,j}^{D,j}\|^2 \quad \text{Ecuación 20}$$

donde $a_{k,i,j}^{D,j}$ es la signatura espacial de enlace descendente en el canal convencional k desde la estación base j al abonado activo i , $N_{k,i}$ es la contribución no modelada para la potencia recibida a partir de ruido e interferencias para el abonado activo i en el canal convencional k . Después, para cada estación base j , se calcula la matriz de pesos de multiplexación espacial predicha $\bar{W}_{k,j}^D$ para el canal convencional k que tiene en cuenta la presencia del nuevo abonado. La columna de la matriz de pesos de multiplexación correspondiente al abonado activo i en el canal convencional k se denota como $\bar{w}_{k,j}^{D*}$. La potencia de señal de enlace descendente predicha $S_{k,i}^D$ y la potencia de interferencia más ruido de enlace descendente predicha $I_{k,i}^D$ se calculan como

$$S_{k,i}^D = |\bar{w}_{k,j}^{D*} a_{k,i,j}^{D,j}|^2 \quad \text{Ecuación 21}$$

$$I_{k,i}^D = N_{k,i} + \sum_j \|\bar{W}_{k,j}^{D*} a_{k,i,j}^{D,j}\|^2 - S_{k,i}^D$$

$$= P_{k,i} - \sum_j \|W_{k,j}^{D*} a_{k,i,j}^{D,j}\|^2 + \sum_j \|\bar{W}_{k,j}^{D*} a_{k,i,j}^{D,j}\|^2 - S_{k,i}^D \quad \text{Ecuación 22}$$

La SINR de enlace descendente predicha del abonado activo i en el canal convencional k , $SINR_{k,i}^p$, se calcula entonces como $SINR_{k,i}^p = S_{k,i}^p / I_{k,i}^p$.

Como se mencionado anteriormente, el efecto de la distorsión de intermodulación es una consideración importante para los transmisores y receptores de radio de banda ancha, y puede tenerse en cuenta durante la asignación de canal por dos procedimientos basados en el factor de cresta de la señal de RF compuesta:

(1) aumentando la función de coste para penalizar selecciones de canal que puedan aumentar considerablemente la distorsión de intermodulación predicha mediante un aumento importante del factor de cresta; o

(2) añadiendo una restricción al proceso de asignación de canal que prohíba la selección de cualquier canal que haga que el factor de cresta de la señal de RF de banda ancha compuesta supere un nivel aceptable prefijado.

En aras de la claridad, en el siguiente análisis se asociará un transmisor de radio de banda ancha al canal de enlace descendente y un receptor de banda ancha al canal de enlace ascendente. Los expertos en la técnica reconocerán que los procedimientos de asignación de canal descritos en el presente documento que tienen en cuenta la distorsión no lineal pueden aplicarse a un transmisor o un receptor de banda ancha utilizado en el enlace ascendente o en el enlace descendente. En un transmisor de radio de banda ancha, los niveles de distorsión de intermodulación son más severos cuando se transmiten una o algunas frecuencias (subbandas) portadoras de canal de enlace descendente a niveles mucho más altos que el resto, ya que los productos de la intermodulación tienden a tener picos espectrales prominentes, mientras que las señales de RF de banda ancha compuestas que tienen distribuciones espectrales más uniformes tienden a producir productos de intermodulación de banda ancha más uniformes. Una situación análoga se produce en un receptor de radio de banda ancha, en el que la distorsión de intermodulación producida por mezcladores de RF, amplificadores de bajo ruido, etc., tiende a ser la más severa si una o algunas frecuencias (subbandas) portadoras de canal de enlace ascendente tienen niveles de potencia recibidos mucho más altos que el resto. El factor de cresta, que se define como una relación de potencia pico en una subbanda dada de una señal de radiodifusión con la potencia promediada con respecto al ancho de banda total de la señal de RF compuesta, es una medida de magnitud de los picos espectrales problemáticos. Puesto que la asignación de canales espaciales puede aumentar significativamente la potencia de transmisión (recibida) en una subportadora de canal convencional de enlace descendente (de enlace ascendente) dado mediante la asignación de múltiples abonados con diferentes firmas espaciales al mismo canal convencional, el factor de cresta es una herramienta importante para predecir la distorsión de intermodulación. Además, un sistema de radio de banda ancha que usa TDMA puede crear grandes picos de potencia temporales durante algunas ranuras de tiempo debido a las asignaciones de canal de abonado. Las crestas espectrales y temporales son consideraciones importantes.

Para radio de banda ancha en una combinación de TDMA/FDMA, el control de la distorsión de intermodulación debida a crestas temporales y de frecuencia se basa en predecir el factor de cresta que se obtendría asignando un abonado a un canal convencional particular de enlace descendente o de enlace ascendente, a una ranura de tiempo y a un canal espacial. El factor de cresta temporal de enlace ascendente (de enlace descendente), C_i , durante la ranura de tiempo i de enlace ascendente (de enlace descendente) se define como

$$C_i = \frac{\max_{l=1 \dots L} (\sum_{j=1}^{d_{i,l}} P_{i,j,l})}{(1/L) \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^{d_{i,l}} P_{i,j,l}} \quad \text{Ecuación 23}$$

donde L es el número de frecuencias de portadora de enlace ascendente (de enlace descendente), $d_{i,l}$ es el número de canales espaciales en la frecuencia de portadora l de enlace ascendente (de enlace descendente) y en la ranura de tiempo i de enlace ascendente (de enlace descendente), y $P_{i,j,l}$ es la potencia recibida (de transmisión) de un abonado en una frecuencia portadora l de enlace ascendente (de enlace descendente), en una ranura de tiempo i de enlace ascendente (de enlace descendente) y en un canal espacial j de enlace ascendente (de enlace descendente). Sea el factor de cresta máximo de enlace ascendente (de enlace descendente) en las ranuras de tiempo i de enlace ascendente (de enlace descendente):

$$C_{\max} = \max_i C_i \quad \text{Ecuación 24}$$

En un ejemplo preferido, el factor de cresta máximo de enlace ascendente (de enlace descendente), $C_{\max}$, puede usarse en cualquiera de los procedimientos de asignación de canal de enlace ascendente (de enlace descendente) descritos anteriormente como una restricción adicional, comparando su valor con un nivel de umbral prefijado y prohibiendo la selección de canal si se supera el nivel de umbral. El nivel de umbral prefijado se obtiene midiendo el nivel de distorsión de intermodulación del MCPA particular en función del factor de cresta, en el caso del enlace

descendente; o midiendo el nivel de distorsión de intermodulación de la cadena de receptores analógicos de agregación, en el caso del enlace ascendente.

Como alternativa, la función de coste c_k para el canal convencional k calculada por cualquier procedimiento de asignación de canal descrito anteriormente puede aumentarse por el factor de cresta de la siguiente manera:

$$c'_k = c_k + \lambda C_{\max} \quad \text{Ecuación 25}$$

donde λ es una constante definida por el usuario que determina la importancia relativa del factor de cresta $C_{\max}$ con respecto a c_k .

Aunque la descripción para la consideración de la distorsión de intermodulación en la asignación de canal se ha ofrecido en lo que respecta a un sistema TDMA/FDMA combinado, la invención puede aplicarse igualmente a sistemas TDMA o FDMA puros, que pueden tratarse como casos especiales del sistema combinado.

La Fig. 3(a) es un diagrama de flujo del procedimiento de correlación ponderada 300 para la asignación de canal descrita anteriormente. En la etapa 301 se inicializa en índice de canal k . En la etapa 302 se comprueban los recursos de hardware para el canal convencional k y, si no son adecuados, el índice de canal se incrementa en la etapa 309 y el proceso vuelve a la etapa 302. Si los recursos de hardware son adecuados, la signature espacial de recepción del nuevo abonado en el canal candidato k se estima o, si no, se obtiene de una base de datos en la etapa 303. La matriz de covarianza se calcula en la etapa 304 usando los procedimientos de las Fig. 3(b) o 3(c). La función de coste para el canal convencional k se calcula en la etapa 305 según la ecuación (1), usando la signature espacial del nuevo abonado de la etapa 303 y la matriz de covarianza de la etapa 304. En la etapa 306, el canal convencional k se comprueba para ver si se satisface alguna restricción adicional (por ejemplo, el coste calculado es inferior a un umbral prefijado y/o el factor de cresta máximo de enlace ascendente es inferior a un umbral prefijado) y, si no, el proceso avanza hasta la etapa 308. En caso contrario, el canal convencional k se añade a una lista de canales candidatos que se tendrán en cuenta para la asignación en la etapa 307. Si, en la etapa 308, todos los canales se han examinado, el proceso avanza hasta la etapa 310. En caso contrario, el proceso vuelve a la etapa 309 para aumentar el índice de canal y para otra iteración a través de las etapas 302 a 308. La etapa 310 comprueba si la lista de candidatos tiene algún canal candidato y, si no, la llamada no se asigna en esta estación base en la etapa 311, es decir, no se realiza ninguna asignación. En caso contrario, en la etapa 312 se selecciona el mejor canal k . En un ejemplo, el mejor canal es cualquier canal con un coste que sea inferior a un mínimo prefijado, por ejemplo, el primer canal encontrado que tenga un coste inferior al mínimo prefijado. (Por ejemplo, el mínimo prefijado puede elegirse como un nivel de coste que corresponda a la máxima tasa de errores de bit permisible entre un abonado y una estación base). En el ejemplo preferido, el mejor canal es el canal con el coste mínimo. Si, en la etapa 313, se determina que el canal seleccionado k no está usándose en la célula, el canal convencional k se asigna al nuevo abonado en la etapa 314. Si el canal convencional k está usándose por un abonado en la célula, un canal espacial, que usa el canal convencional k , se asigna al nuevo abonado en la etapa 315.

La Fig. 3(b) es un diagrama de flujo para el procedimiento no estructurado 370 para estimar la matriz de covarianza muestral $\hat{R}_{zz}^{(k)}$. En la etapa 371 se realizan mediciones de vectores de señales recibidas de estación base, $\{z^{(k)}(i)\}$, del sistema de antenas para cada canal convencional k , y en la etapa 372 se calcula la estimación $\hat{R}_{zz}^{(k)}$, usando la ecuación (2).

La Fig. 3(c) es un diagrama de flujo del procedimiento estructurado 350 para estimar la matriz de covarianza muestral $\hat{R}_{zz}^{(k)}$. En la etapa 351, las potencias de transmisión (TX) de los abonados cocanal activos para cada canal convencional se obtienen de una base de datos o, si no, se miden. En la etapa 352 se estiman las signatures espaciales de los abonados activos cocanal. En la etapa 353 se calcula la cantidad $A_k^* R_{zz}^{(k)} A_k$, donde A_k y $R_{zz}^{(k)}$ son términos como los definidos anteriormente en relación con la ecuación (3). En la etapa 354, la matriz de covarianza de ruido más interferencia, $R_{nn}^{(k)}$, puede estimarse midiendo la señal recibida de ruido y de interferencia intercelular en cada receptor de elemento de antena o usando las signatures espaciales y las potencias de transmisión de todos los abonados activos fuera de la célula de estación base, si están disponibles, como se ha descrito anteriormente con respecto a la ecuación (4). La estimación estructurada de la matriz de covarianza muestral $\hat{R}_{zz}^{(k)}$ se calcula en la etapa 355 usando la ecuación (3).

La Fig. 4 es un diagrama de flujo del procedimiento predictivo de asignación de canal 400, en el que se supone que se conoce la matriz de covarianza para cada canal convencional k , $\hat{R}_{zz}^{(k)}$, su inversa, $(\hat{R}_{zz}^{(k)})^{-1}$, la potencia de transmisión de nuevo abonado, r_{ss} , y la signature espacial de nuevo abonado, a_k . El índice de canal se inicializa ($k=1$) en la etapa 401. En la etapa 402 se comprueban los recursos de hardware requeridos del canal k y, si no son

adecuados, el índice de canal se incrementa en la etapa 411 y el proceso vuelve a la etapa 402. En caso contrario, la matriz de covarianza existente, $\hat{R}_z^{(u)}$, se actualiza a $\tilde{R}_z^{(u)}$ en la etapa 403 con la adición de los efectos predichos de la presencia del nuevo abonado según la ecuación (5). En la etapa 404, la matriz inversa $(\tilde{R}_z^{(u)})^{-1}$ se calcula según la ecuación (7) y después se usa en la etapa 405 para calcular los pesos de desmultiplexación SDMA, w_k^u .

- 5 según la ecuación (6). En la etapa 406, la potencia de enlace ascendente recibida predicha, S_k^u , las interferencias, I_k^u , y la SINR que se obtendría si la nueva conexión se asignara al canal convencional k se calculan para todos los canales convencionales usando las ecuaciones (8), (9) y (10), respectivamente. En la etapa 407 se calcula un coste (tal como $c_k = I_k^u$ o $-SINR_k$). En la etapa 408, un canal convencional k se comprueba para ver si se cumple alguna restricción adicional. En un ejemplo, la restricción incluye que la SINR predicha de la nueva conexión sea mayor que un umbral prefijado. Además, una restricción adicional puede incluir que las SINR predichas de llamadas activas en el canal convencional k , calculadas usando las ecuaciones (11), (12) y (13), también superen algún umbral prefijado. También puede imponerse una restricción opcional de que el factor de cresta máximo de enlace ascendente sea inferior a algún umbral prefijado. Si no se satisface ninguna de las restricciones, el proceso avanza hasta la etapa 410. En caso contrario, el canal convencional k se añade a la lista de candidatos en la etapa 409. En la etapa 410 se comprueba si se han procesado todos los canales convencionales y, si no, el índice de canal se incrementa en la etapa 411 y el proceso itera a través de las etapas 402 a 410. En caso contrario, en la etapa 412 se determina si la lista de candidatos está vacía y, si es así, la nueva conexión en esta estación base se deja sin asignar (etapa 413). Si la lista de candidatos no está vacía, en la etapa 414 se selecciona el canal que satisfaga el requisito prefijado para el mejor canal (como se ha descrito anteriormente). Si, en la etapa 415, se determina que el canal seleccionado k está usándose en la célula, un canal espacial que usa el canal convencional k se asigna a la nueva conexión en la etapa 417. En caso contrario, el canal convencional k se asigna a la nueva conexión en la etapa 416.

La Fig. 5 es un diagrama de flujo del procedimiento jerárquico 500 para la asignación de canal de enlace ascendente. En la etapa 501, el procedimiento de asignación de correlación ponderada 300, se invocan las etapas 301 a 309 para producir un conjunto de canales candidatos junto con sus costes. En la etapa 502 se selecciona un subconjunto de canales convencionales de bajo coste a partir del conjunto de todos los candidatos. En la etapa 503 se aplica el procedimiento predictivo de asignación 400 al subconjunto de canales convencionales proporcionado en la etapa 502 para seleccionar el mejor canal convencional para su asignación.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo del procedimiento de asignación de canal de enlace descendente 600, como el descrito anteriormente. El índice de canal, k , se inicializa en la etapa 601. En la etapa 602 se determina si el canal k tiene o no los recursos de hardware requeridos y, si no, el proceso aumenta el índice de canal en la etapa 603 y después vuelve a la etapa 602 para realizar otra iteración. En caso contrario, en la etapa 604, el nuevo abonado notifica a la estación base el nivel de potencia recibido para cada canal convencional k . La medición de la potencia recibida puede llevarse a cabo opcionalmente durante un intervalo de prueba, como se ha descrito anteriormente. En la etapa 605, la estación base determina el nivel de potencia de interferencia más ruido de enlace descendente, I_k^D , mediante cualquiera de los tres procedimientos descritos anteriormente. En la etapa 606 se tiene en cuenta una opción: si la asignación de canal de enlace descendente va a basarse en niveles de SINR predictivos, el proceso avanza hasta la etapa 609; en caso contrario, el proceso avanza hasta la etapa 611. En la etapa 609, la estación

base estima el nivel de potencia recibido de enlace descendente, S_k^D , con la ecuación (14) usando la signatura espacial a_k^D y los pesos de multiplexación w_k^D del nuevo abonado en el canal convencional k . El coste se calcula en la etapa 610 como $c_k = -S_k^D / I_k^D$, es decir, el negativo de $SINR_k^D$ definido en la ecuación (19). Si la opción de SINR no se selecciona en la etapa 606, se calcula un coste basado en la interferencia más el ruido, es decir, $c_k = I_k^D$. En la etapa 612 se determina si el canal k satisface todas las restricciones. En una forma de realización, la restricción incluye que la SINR predicha de la nueva conexión sea mayor que un umbral prefijado. Además, una restricción adicional puede incluir que las SINR predichas de las llamadas activas en el canal convencional k también superen algún umbral prefijado. También puede imponerse una restricción opcional de que el factor de cresta máximo de enlace descendente sea inferior a algún umbral prefijado. Véase las ecuaciones anteriores del

cálculo de $SINR_k^D$ para obtener más detalles para las diferentes alternativas para la determinación de la etapa 612. Si, en la etapa 612, no se satisface ninguna de las restricciones, el proceso avanza hasta la etapa 614. En caso contrario, el proceso avanza hasta la etapa 613, donde el canal k se añade a la lista de canales candidatos. Si, en la etapa 614, se determina que no se han considerado todos los canales, el proceso avanza hasta la etapa 603. En caso contrario, en la etapa 615 se determina si la lista de candidatos está vacía y, si es así, la nueva llamada se deja sin asignar en esta estación base (etapa 616). Si la lista de candidatos no está vacía, en la etapa 617 se selecciona el canal que satisfaga el requisito prefijado para el mejor canal (como se ha descrito anteriormente). Si, en la etapa 618, se determina que el canal seleccionado k está usándose en la célula, un canal espacial que usa el canal convencional k se asigna al nuevo abonado en la etapa 620. En caso contrario, el canal convencional k se asigna al nuevo abonado en la etapa 619.

Puesto que muchos sistemas prácticos imponen una relación fija entre el enlace ascendente y el enlace descendente de una asignación de canal convencional dúplex bidireccional, es necesario definir un procedimiento para la asignación conjunta de canales de enlace ascendente-enlace descendente. Esto se consigue seleccionando un subconjunto de los pares de enlace ascendente y enlace descendente que satisfagan las restricciones de asignación de enlace ascendente (Fig. 3(a-c), 4 y 5, como se ha descrito anteriormente) y las restricciones de asignación de enlace descendente (Fig. 6, como se ha descrito anteriormente). Por ejemplo, esto puede significar seleccionar los canales dúplex bidireccionales con SINR estimadas de enlace ascendente y de enlace descendente que superen los umbrales prefijados y que satisfagan la restricción del factor de cresta. A partir de este subconjunto de pares de enlace ascendente/enlace descendente, se calcula un coste de enlace ascendente, c_k^u , y un coste de enlace descendente, c_k^d , para cada par y después se combinan para formar un único coste de enlace ascendente/enlace descendente. Como es bien sabido por los expertos en la técnica, hay muchas maneras posibles de combinar los costes individuales de enlace ascendente o de enlace descendente de un par dado de costes de enlace ascendente y de enlace descendente. Por ejemplo, para el coste conjunto puede usarse la suma ponderada $(c_k^u + \lambda c_k^d)$, donde λ es un factor de escalamiento relativo, o el producto ponderado $c_k^u (c_k^d)^\gamma$, donde γ es un factor de ponderación exponencial relativo. Una función de coste conjunto razonable, la función de coste de producto conjunto uniformemente ponderado ($\gamma = 1$), es

$$c = c_k^u \cdot c_k^d \quad \text{Ecuación 26}$$

(Debido a las muchas opciones posibles disponibles para combinar los costes de enlace ascendente y de enlace descendente, debe observarse que el concepto de crear un coste conjunto es importante, más que la forma específica de la función de coste conjunto seleccionada). Tras haber creado un coste conjunto para cada par de canales dúplex bidireccionales en el subconjunto seleccionado, se selecciona el canal dúplex bidireccional con un coste conjunto aceptablemente bajo o con el coste conjunto mínimo para su asignación.

Todos los procedimientos de asignación de canal descritos anteriormente pueden aplicarse o bien a un conjunto de canales convencionales candidatos asociados a cualquier estación base particular, o bien a un conjunto de canales convencionales candidatos asociados a una pluralidad de estaciones base. En el segundo caso, el procedimiento de asignación de canal lleva a cabo automáticamente la selección de una estación base para la nueva conexión en el proceso de seleccionar un canal convencional para la llamada. Esto puede conseguirse asignando el canal y la estación base asociada que proporcionan el mejor coste de todos los canales candidatos en todas las estaciones base asociadas o llevando a cabo secuencialmente la asignación de canal en canales candidatos hasta que se asigne un canal convencional.

La reasignación de canal puede ser necesaria si una llamada recién admitida experimenta problemas de calidad en la comunicación, o si una llamada en curso experimenta una reducción inaceptable en la calidad debido a un cambio en su entorno de RF. El proceso de reasignación de canal es el mismo que para la asignación de canal inicial, excepto en que el canal convencional desde el cual el abonado desea ser asignado de nuevo se elimina de la lista de canales candidatos antes del proceso de selección. Con esta modificación, todos los procedimientos descritos para la asignación de canal también pueden aplicarse a la reasignación de canal.

El control de admisión de llamadas es el proceso de decisión para admitir o no una nueva conexión. Puede ser necesario no asignar una nueva conexión si la carga del sistema es muy alta, ya que admitir una nueva conexión podría tener un gran efecto negativo en la calidad de las conexiones existentes del sistema. En cualquiera de los procedimientos de asignación de canal descritos anteriormente, la determinación de si la asignación de una nueva conexión a algún canal particular tendrá un gran efecto negativo en las conexiones existentes puede realizarse comprobando las restricciones del procedimiento de asignación de canal particular. Si las restricciones pueden cumplirse para la nueva conexión en un canal convencional k , entonces este canal es un candidato para la asignación. En caso contrario, el canal k no es válido para la asignación. El control de admisión de llamadas se lleva a cabo comprobando las restricciones para todos o un subconjunto de canales convencionales y si no puede encontrarse ningún canal que satisfaga las restricciones del procedimiento de asignación de canal particular, entonces no se asigna la nueva conexión. Por tanto, todos los procedimientos de asignación de canal descritos anteriormente también pueden aplicarse para el control de admisión. Además, también puede usarse un procedimiento alternativo que pueda aplicarse independientemente de cualquier procedimiento de selección de canal. La Fig. 7, un diagrama de flujo del procedimiento de control de admisión de llamadas 700, resume los diferentes procedimientos.

El primer procedimiento, apropiado cuando se usa la asignación de canal de correlación ponderada, comienza en la etapa 701, donde se establece un valor umbral de coste que se compara con el coste esperado, c_k , de un canal seleccionado k , en la etapa 702. Si no se supera el umbral de coste, el canal k se asigna en la etapa 703. Si se supera el umbral de coste, el canal k se deja sin asignar en la etapa 704.

El segundo procedimiento, apropiado cuando se usa el procedimiento predictivo de enlace descendente o de calidad predicha de enlace ascendente para la asignación de canal, comienza en la etapa 721 (Fig. 7), donde se asigna un nivel umbral de SINR. En la etapa 722, la SINR del canal convencional seleccionado para la asignación se compara con el umbral y, si es inferior al umbral, el canal seleccionado se asigna en la etapa 723. En caso contrario, el canal seleccionado se deja sin asignar en la etapa 724.

El tercer procedimiento, apropiado para cualquier procedimiento de asignación y para sistemas SDMA y diferentes a SDMA, comienza en la etapa 711 de la Fig. 7, donde se asigna un umbral de carga. En la etapa 712 se mide la carga del sistema celular y, después, en la etapa 713, se compara con el umbral de carga. Si no se supera el umbral de carga, el canal seleccionado se asigna en la etapa 714. Si se supera el umbral de carga, todos los canales convencionales se dejan sin asignar en la etapa 715 hasta que la carga del sistema sea inferior al valor umbral de carga. Un procedimiento para medir la carga del sistema consiste en supervisar la tasa de traspasos intercelulares o la tasa de reasignaciones de canal (traspasos intracelulares) experimentadas por la célula. Un promedio variable en el tiempo de la tasa de traspasos a otras células, o la tasa de reasignaciones de canal dentro de la célula, puede usarse para suavizar el comportamiento estocástico de estos eventos.

La Fig. 7 describe la asignación localmente, es decir, en una estación base. Cabe recordar que la asignación global puede llevarse a cabo secuencialmente o mediante una "optimización conjunta"; cuando la asignación se lleva a cabo secuencialmente entre todos los canales convencionales candidatos en todas las estaciones base asociadas, cada una de las etapas 704, 715 y 724 irá seguida de un proceso de asignación de canal en la siguiente estación base, y tal proceso se repetirá en diferentes estaciones base hasta que se obtenga un canal convencional y una estación base asociada, o la llamada se deja sin asignar. Cuando la asignación se lleva a cabo mediante optimización conjunta, es decir, asignando el canal y la estación base asociada que proporcionan el mejor coste de todos los canales candidatos en todas las estaciones base asociadas, entonces las etapas de asignación de la Fig. 7 se modificarán para llevar a cabo la asignación del canal convencional y de la estación base asociada, y el modo de llevar a cabo tal modificación en el diagrama de flujo de la Fig. 7 resultará evidente a los expertos en la técnica.

Para ofrecer una mayor claridad en la descripción, los procedimientos descritos anteriormente estaban limitados a sistemas celulares de comunicaciones inalámbricas y ejemplos específicos pero, para los expertos en la técnica, la aplicación de estas invenciones a otros sistemas de comunicación similares, tales como redes inalámbricas de área local, y a otras variantes de la forma de realización les resultará evidente a partir de las descripciones proporcionadas sin apartarse del alcance de la invención, el cual está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas.

En otro aspecto se proporciona un procedimiento de asignación de canal para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas para establecer una conexión de enlace ascendente entre una nueva estación de abonado que solicita una conexión de enlace ascendente y una estación base, y para que una estación base reasigne una conexión existente a una estación de abonado, asignando la estación base un canal convencional a la estación de abonado basándose en una función de coste que indica la interferencia de enlace ascendente que puede realizarse asignando un canal convencional, y para controlar las interferencias de conexiones existentes seleccionando un canal convencional con un coste aceptablemente bajo, que comprende: crear una función de coste que indica el nivel de interferencia esperado de conexiones existentes en cada canal convencional; calcular un coste para cada canal convencional usando la función de coste; y asignar un canal convencional a la estación de abonado seleccionando un canal convencional con un coste que sea inferior a un umbral de coste prefijado.

Preferiblemente, comprende la etapa de asignar un canal espacial al canal convencional asignado si se está usando el canal convencional asignado.

Preferiblemente, el canal convencional asignado tiene un coste mínimo.

Preferiblemente, la función de coste es una función cuadrática de la signatura espacial de enlace ascendente de la estación de abonado.

Preferiblemente, la función de coste es una función cuadrática ponderada de la signatura espacial de enlace ascendente de la estación de abonado.

Preferiblemente, la función de coste se pondera mediante una matriz de covarianza muestral de la señal de vector recibida del sistema de antenas de estación base para un canal convencional.

Preferiblemente, la función de coste, c_k , se calcula como: $c_k = a_k^* \hat{R}_z^{(k)} a_k$ donde a_k es la signatura espacial de enlace ascendente de canal convencional k de la estación de abonado, y $\hat{R}_z^{(k)}$ es una matriz de covarianza muestral de una respuesta del sistema de antenas de estación base en el canal k .

Preferiblemente, la matriz de covarianza muestral, $\hat{R}_z^{(k)}$, se estima como un promedio de los vectores de señales recibidas, $z^{(k)}(i)$, en el sistema de antenas de estación base en el canal convencional k , donde i es un índice de muestra de vector de señal recibida, como

$$\hat{R}_z^{(k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z^{(k)}(i) z^{(k)*}(i).$$

Preferiblemente, la matriz de covarianza muestral, $\hat{R}_z^{(k)}$, se estima como $\hat{R}_z^{(k)} = A_k R_{ss}^{(k)} A_k^* + R_{nn}$, donde A_k es un conjunto de firmas espaciales que se forma concatenando por columnas todas las firmas espaciales de estaciones de abonado que están comunicándose de manera activa con la estación base en el canal convencional k , $R_{ss}^{(k)}$ es una matriz de covarianza cuyos elementos diagonales son promedios de potencias de transmisión de abonados que están comunicándose con la estación base, y $R_{nn}^{(k)}$ es una matriz de covarianza de ruido más interferencia de las señales recibidas del sistema de antenas de estación base.

Preferiblemente $R_{nn}^{(k)}$ se estima como $R_{nn}^{(k)} = A_k^0 R_{ss_0}^{(k)} A_k^{0*} + \sigma^2 I$

donde A_k^0 es un conjunto de firmas espaciales de estaciones de abonado que no están comunicándose con la estación base y que se forma concatenando por columnas las firmas espaciales en el canal convencional k , y $R_{ss_0}^{(k)}$ es una matriz de covarianza cuyos elementos diagonales son promedios de potencias de señales de transmisión de estaciones de abonado que no están comunicándose con la estación base, σ^2 es una potencia estimada de ruido de receptor e I es una matriz identidad.

Preferiblemente, la creación de una función de coste se basa en al menos un factor de calidad de señal recibida de enlace ascendente seleccionado del grupo que consiste en un nivel de señal de enlace ascendente recibido, una relación de señal a interferencia más ruido, un nivel de interferencia más ruido, un nivel de ruido de intermodulación o un factor de cresta.

En otro aspecto se proporciona un procedimiento de asignación de canal para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas para establecer una conexión de enlace ascendente desde una nueva estación de abonado que solicita una conexión de enlace ascendente a una estación base, y para reasignar una conexión existente a una estación de abonado, asignando un canal de enlace ascendente convencional a la nueva estación de abonado en función de un modelo de sistema para predecir niveles esperados de calidad de señal de enlace ascendente en cada canal convencional a partir de conexiones existentes, y para controlar la interferencia de conexiones existentes seleccionando un canal convencional con un nivel aceptable de calidad predicha, que comprende: crear un modelo del sistema de comunicaciones inalámbricas para predecir un nivel de calidad de señal recibida de enlace ascendente en cada canal de enlace ascendente convencional en función de conexiones existentes; predecir la calidad de señal recibida de enlace ascendente en cada canal convencional de enlace ascendente en función del modelo y de conexiones existentes; calcular un coste predicho para cada canal convencional de enlace ascendente, en función de la calidad de señal recibida predicha usando una función de coste prefijada; y asignar un canal convencional de enlace ascendente a la nueva estación de abonado que tenga un coste predicho que sea inferior a un nivel de coste prefijado.

Preferiblemente, esto comprende además la etapa de asignar un canal espacial al canal convencional asignado si se está usando el canal convencional asignado y si el sistema de comunicaciones inalámbricas soporta más de un canal espacial por canal convencional.

Preferiblemente, la calidad de señal recibida predicha se basa en predecir un nivel de interferencia más ruido de enlace ascendente.

Preferiblemente, la calidad de señal recibida predicha se basa en predecir una relación de señal a interferencia más ruido (SINR) recibida.

Preferiblemente, el nivel de coste prefijado corresponde a una tasa de errores de bit recibida mínima aceptable.

Preferiblemente, el canal convencional de enlace ascendente asignado tiene un nivel de coste mínimo predicho.

Preferiblemente, la etapa de asignación requiere que el canal convencional asignado tenga un nivel de SINR superior a un valor mínimo prefijado.

Preferiblemente, la creación de un modelo del sistema de comunicaciones inalámbricas comprende, además, actualizar una matriz de covarianza de señales de enlace ascendente recibidas, $\hat{R}_z^{(u)}$, que representa señales de

enlace ascendente recibidas en la estación base antes de asignar el canal k prediciendo una matriz de covarianza actualizada, $\tilde{R}_u^{(k)}$, que representa señales de enlace ascendente recibidas que se obtendrían si el nuevo abonado se asignara al canal k , donde $\tilde{R}_u^{(k)} = \hat{R}_u^{(k)} + a_k r_u^{(k)} a_k^T$, a_k es la signatura espacial de enlace ascendente del nuevo abonado en un canal convencional k , y $r_u^{(k)}$ es un escalar que representa la potencia transmitida del nuevo abonado en el canal convencional k ; y calcular un vector de pesos de desmultiplexación espacial de enlace ascendente, $\tilde{w}_k^u$ donde $\tilde{w}_k^u = (\tilde{R}_u^{(k)})^{-1} a_k r_u^{(k)}$.

Preferiblemente, la matriz de covarianza inversa actualizada, $(\tilde{R}_u^{(k)})^{-1}$, se obtiene a partir de la expresión $(\tilde{R}_u^{(k)})^{-1} = (\hat{R}_u^{(k)})^{-1} - (\hat{R}_u^{(k)})^{-1} a_k a_k^T (\hat{R}_u^{(k)})^{-1} / ((1/r_u^{(k)}) + a_k^T (\hat{R}_u^{(k)})^{-1} a_k)$.

Preferiblemente, predecir el nivel de calidad de señal recibida de enlace ascendente en el canal k comprende:

predecir la potencia de señal recibida de enlace ascendente como $S_k^u = |\tilde{w}_k^u a_k|^2 r_u^{(k)}$;
predecir la potencia de interferencia más ruido de enlace ascendente para el nuevo abonado como $I_k^u = \tilde{w}_k^u \hat{R}_u^{(k)} \tilde{w}_k^u$ y

predecir la SINR de enlace ascendente para el canal k como $SINR_k = S_k^u / I_k^u$

Preferiblemente, hay una restricción para permitir solamente la asignación de un canal convencional si la asignación da como resultado una SINR de enlace ascendente predicha para todos los abonados activos usando el canal convencional que supera un nivel de SINR prefijado.

Preferiblemente, el coste predicho se basa en al menos un conjunto de factores de calidad predicha de señal recibida de enlace ascendente seleccionados del grupo que consiste en niveles de señal de enlace ascendente recibidos, niveles de interferencia más ruido, niveles de ruido de intermodulación y valores de factor de cresta.

En otro aspecto se proporciona un procedimiento de asignación de canal para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas, para establecer una conexión de enlace ascendente desde una nueva estación de abonado que solicita una conexión de enlace ascendente a una estación base, y para reasignar una conexión existente a una estación de abonado, asignando un canal convencional a la estación de abonado mediante el uso de una función de coste que indica la interferencia que puede experimentarse en cada canal convencional de enlace ascendente para calcular un coste para asignar cualquier canal convencional, y para controlar las interferencias de conexiones existentes seleccionando un subconjunto de canales convencionales con un coste aceptablemente bajo, y también asignando un canal convencional a la estación de abonado del subconjunto seleccionado prediciendo niveles esperados de interferencia de enlace ascendente en cada canal convencional a partir de conexiones existentes mediante el uso de un modelo de sistema, y para controlar las interferencias de conexiones existentes seleccionando un canal convencional con un nivel de interferencia aceptablemente bajo, que comprende: crear una primera función de coste que representa la interferencia esperada de conexiones existentes en cada canal de enlace ascendente convencional; calcular un primer coste para cada canal de enlace ascendente convencional; seleccionar un subconjunto de canales de enlace ascendente convencionales seleccionando todos los canales de enlace ascendente convencionales con un primer coste que sea inferior a un primer nivel de coste prefijado; crear un modelo del sistema de comunicaciones inalámbricas para predecir un nivel de calidad de señal recibida de enlace ascendente en cada canal de enlace ascendente convencional en función de las conexiones existentes; crear una segunda función de coste representativa de la calidad de señal recibida de enlace ascendente predicha y según el modelo y las conexiones existentes; predecir el nivel de calidad de señal recibida de enlace ascendente en cada canal de enlace ascendente convencional del subconjunto en base a la segunda función de coste; calcular un segundo coste usando la segunda función de coste para cada canal de enlace ascendente convencional del subconjunto; y seleccionar un canal de enlace ascendente convencional que tenga un segundo coste predicho que sea inferior a un segundo nivel de coste prefijado para su asignación a la nueva estación de abonado.

Preferiblemente, esto comprende además la etapa de asignar un canal espacial al canal de enlace ascendente convencional asignado si se está usando el canal de enlace ascendente convencional asignado y si el sistema de comunicaciones inalámbricas soporta más de un canal espacial por canal convencional.

Preferiblemente, el primer y el segundo nivel de coste prefijados corresponden a un nivel recibido máximo prefijado de tasa de errores de bit de enlace ascendente.

Preferiblemente, la etapa de selección requiere además que el canal convencional asignado tenga un nivel de SINR que sea superior a un nivel de SINR prefijado.

Preferiblemente, el procedimiento permite además que, si el sistema de comunicaciones inalámbricas usa control de potencia cuando se establece una conexión de enlace ascendente, un canal de enlace ascendente convencional que tiene un nivel de SINR mayor que un nivel de SINR prefijado se seleccione para su asignación.

5 Preferiblemente, la etapa de crear una segunda función de coste comprende crear una función de coste basada en al menos un conjunto de factores de calidad de señal recibida de enlace ascendente seleccionados de la siguiente lista: niveles de potencia de señales de enlace ascendente recibidas, niveles de interferencia más ruido, niveles de ruido de intermodulación y valores de factor de cresta.

10 En otro aspecto, también se proporciona un procedimiento de asignación de canal para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas para establecer una conexión de enlace descendente entre una estación base y una nueva estación de abonado asignando, a la estación base, un canal convencional de enlace descendente en función de conseguir un nivel de coste aceptable usando una función de coste basada en un nivel de señal a ruido más interferencia (SINR) de enlace descendente de conexiones existentes, que comprende: estimar, en la estación base, el nivel de SINR recibida de enlace descendente que se obtendría para cada canal convencional existente si el nuevo abonado se asignara a un canal convencional de enlace descendente dado; calcular, en la estación base, un coste para cada canal convencional de enlace descendente existente usando una función de coste prefijada basada en el nivel estimado de SINR recibida de enlace descendente; y asignar, en la estación base, un canal de enlace descendente que tiene un coste calculado que es inferior a un valor prefijado.

20 Preferiblemente, esto comprende además la etapa de asignar un canal espacial al canal de enlace descendente convencional asignado si se está usando el canal de enlace descendente convencional asignado y si el sistema de comunicaciones inalámbricas soporta más de un canal espacial por canal convencional de enlace descendente.

25 Preferiblemente, la función de coste prefijada está basada en $SINR_k^D$, una relación de señal a interferencia más ruido de enlace descendente estimada para cada canal k , donde $SINR_k^D = S_k^D / I_k^D$, $S_k^D = |w_k^D \cdot a_k^D|^2$, w_k^D es el peso de multiplexación de enlace descendente para el nuevo abonado en el canal k , $[a_k^D]$ es la signatura espacial de enlace descendente del nuevo abonado en el canal k , y I_k^D es un nivel estimado de interferencia más ruido.

30 Preferiblemente, la etapa de asignación comprende además seleccionar un canal de enlace descendente que tenga un coste calculado mínimo.

Preferiblemente, la etapa de estimación comprende además medir, en la estación de abonado, niveles de señal recibidos de enlace descendente en cada canal de enlace descendente y notificar los niveles de señal recibidos de enlace descendente a la estación base; estimar, en la estación base, el nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente a partir de los niveles de señal de enlace descendente notificados.

Preferiblemente, cada estación de abonado, cuando no participa activamente en una llamada, mide periódicamente el nivel de señal recibido de enlace descendente en cada canal convencional y notifica los niveles de señal recibidos de enlace descendente a la estación base cuando sea necesario.

Preferiblemente, estimar los niveles de interferencia más ruido recibidos de enlace descendente en cada canal de enlace descendente comprende: ajustar, en la estación base, cada peso de multiplexación de enlace descendente del abonado existente como si el nuevo abonado estuviera asignado a un canal convencional dado; medir, en la nueva estación de abonado, el nivel de señal recibido de enlace descendente en el canal dado después de notificar el nivel de señal recibido de enlace descendente a la estación base; predecir, en la estación base, un nivel de interferencia más ruido de enlace descendente a partir de la señal recibida de enlace descendente; y reajustar, en la estación base, cada peso de multiplexación de enlace descendente del abonado existente como si el nuevo abonado no estuviera asignado al canal convencional dado.

50 Preferiblemente, estimar un nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente, I_k , para cada canal k existente comprende: modelar el nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente, I_k , como una suma de la contribución de ruido, N_k , y un segundo nivel de señal de interferencia predicho que se obtendría si el nuevo abonado estuviera asignado al canal k , estimar la contribución de ruido N_k como una diferencia de nivel de señal entre un nivel de señal recibido de enlace descendente medido, P_k , en el canal k y un primer nivel de señal de interferencia calculado debido a todas las estaciones base que usan el canal k .

Preferiblemente, el primer nivel de señal de interferencia calculado se calcula como

60
$$\sum_j \|w_{k,j}^D \cdot a_{k,j}^D\|^2$$
, donde $w_{k,j}^D = S_{k,j} A_{k,j}^H / S_{k,j}$

es una matriz diagonal de amplitudes de señal transmitidas de una estación base j para el canal convencional k , A_{kj} es una matriz concatenada por columnas de firmas espaciales conocidas en la estación base j para el canal convencional k , $A_{kj}^\dagger$ representa la pseudoinversa de A_{kj} , y $a_t^{D,j}$ es una firma espacial de enlace descendente para el canal convencional k desde la estación base j .

Preferiblemente, el segundo nivel de señal de interferencia predicho para el canal k se calcula como

$$\sum_j \|\tilde{W}_{k,j}^{D,*} a_t^{D,j}\|^2, \text{ donde } \begin{bmatrix} \tilde{W}_{k,j}^{D,*} \\ w^* \end{bmatrix} = \tilde{S}_{k,j} [A_{k,j} a_t^{D,j}]^\dagger, [\cdot]^\dagger$$

representa una operación pseudoinversa, $\tilde{S}_{k,j}$ es una matriz diagonal de amplitudes de señales de transmisión, A_{kj} es una matriz concatenada por columnas de firmas espaciales de enlace descendente conocidas en la estación base j para el canal convencional k , $a_t^{D,j}$ es una firma espacial de enlace descendente para el canal convencional k desde la estación base j , y w^* es la fila inferior de la matriz $\tilde{S}_{k,j} [A_{k,j} a_t^{D,j}]^\dagger$.

Preferiblemente, esto comprende además una etapa para asignar un canal convencional de enlace descendente seleccionado solamente si se espera que dé como resultado una calidad de señal recibida de enlace descendente aceptable para cada canal activo en función de al menos un factor de calidad de enlace descendente seleccionado de un grupo que consiste en el coste de la nueva llamada, la potencia total de transmisor de estación base, el nivel de distorsión de intermodulación predicho, el nivel de interferencia más ruido predicho en cada canal activo y la relación de señal a interferencia más ruido predicha en cada canal activo.

Preferiblemente, el nivel de distorsión de intermodulación predicho se obtiene calculando un factor de cresta para cada canal convencional de enlace descendente, donde el valor de factor de cresta indica un nivel de distorsión de intermodulación que se obtendría si se asignara un canal convencional de enlace descendente dado.

En otro aspecto se proporciona un procedimiento para asignar un canal dúplex bidireccional, en el que un canal dúplex se selecciona de un conjunto de canales dúplex en el que cada canal dúplex del conjunto proporciona comunicaciones en enlace ascendente con una calidad aceptable, y la asignación de canal de enlace descendente se realiza según reglas existentes del sistema, que comprende: crear una función de coste que indica una falta de calidad en las comunicaciones esperada de conexiones existentes en cada canal de enlace ascendente convencional; calcular un coste para cada canal de enlace ascendente convencional usando la función de coste; asignar un canal convencional de enlace ascendente seleccionando un canal de enlace ascendente convencional con un coste inferior a un nivel de coste prefijado; y seleccionar un canal de enlace descendente según las reglas existentes del sistema de comunicaciones.

Preferiblemente, la asignación de canal dúplex bidireccional se realiza según la norma del sistema de teléfono de mano personal (PHS).

En otro aspecto se proporciona un procedimiento para asignar un canal dúplex bidireccional, en el que un canal dúplex se selecciona de un conjunto de canales dúplex en el que cada canal dúplex del conjunto proporciona comunicaciones en enlace descendente con una calidad aceptable, y la asignación de canal de enlace ascendente se realiza según reglas existentes del sistema, que comprende: crear una función de coste que indica una falta de calidad en las comunicaciones esperada de conexiones existentes en cada canal de enlace descendente convencional; calcular un coste para cada canal de enlace descendente convencional usando la función de coste; asignar un canal convencional de enlace ascendente seleccionando un canal de enlace descendente convencional con un coste inferior a un nivel de coste prefijado; y seleccionar un canal de enlace ascendente según las reglas existentes del sistema de comunicaciones.

En otro aspecto se proporciona un procedimiento para asignar un canal dúplex bidireccional, en el que un canal dúplex se selecciona de un conjunto de canales dúplex en el que cada canal dúplex del conjunto proporciona comunicaciones de enlace descendente y de enlace ascendente con una calidad aceptable, que comprende: crear una función de coste que indica una falta de calidad en las comunicaciones esperada de conexiones existentes en cada canal dúplex convencional; calcular un coste para cada canal dúplex convencional usando la función de coste; y asignar un canal dúplex convencional seleccionando un canal dúplex convencional con un coste inferior a un nivel de coste prefijado.

En otro aspecto se proporciona un procedimiento de control de admisión de llamadas, basado en una función de coste de interferencia, para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas para controlar la admisión de una conexión para una nueva estación de abonado, que comprende: crear una función de coste para evaluar el coste de interferencia más ruido en un canal convencional que se ha seleccionado para su asignación; evaluar la función de coste para obtener un coste para un canal convencional seleccionado si el canal convencional seleccionado fuera a

asignarse; comparar el coste con un nivel de coste de asignación de canal prefijado; y admitir la llamada si el coste es inferior al nivel de coste de asignación de canal prefijado.

- 5 En otro aspecto se proporciona un procedimiento de control de admisión de llamadas, basado en un modelo de interferencia predictivo, para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas para controlar la admisión de una conexión para una nueva estación de abonado, que comprende: crear un modelo del sistema de comunicaciones inalámbricas para predecir un nivel de señal recibido y un nivel de interferencia más ruido en cada canal convencional en función de conexiones existentes; predecir el nivel de señal recibido y el nivel de interferencia más ruido en cada canal convencional en función del modelo y de conexiones existentes; y seleccionar un canal
- 10 convencional para la nueva estación de abonado que tenga una relación de señal a interferencia más ruido (SINR) predicha aceptablemente alta; y admitir la llamada si la SINR es mayor que un valor umbral de SINR de nivel de admisión prefijado.

- 15 En otro aspecto se proporciona un procedimiento de control de admisión de llamadas para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas para controlar la admisión de una conexión de una nueva estación de abonado, donde el procedimiento, basado en una estimación de la carga de llamadas existente del sistema, comprende: estimar la carga de llamadas existente para indicar cuánta capacidad del sistema se está utilizando; fijar un umbral de carga de llamadas que indica una carga de llamadas máxima permitida para el sistema; comparar la carga de llamadas existente con el umbral de carga de llamadas; y admitir una nueva llamada si la carga de llamadas existente
- 20 estimada es inferior al umbral de carga de llamadas.

Preferiblemente, la estimación comprende además supervisar la tasa en que se producen traspasos intracelulares y estimar la carga de llamadas existente a partir de la tasa en que se producen traspasos intracelulares.

- 25 Preferiblemente, la estimación comprende además estimar la carga de llamadas existente supervisando la tasa de reasignaciones de canal.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de asignación de canal (600) en una estación base en una célula de un sistema de comunicaciones inalámbricas entre la estación base y una estación de abonado, presentando el sistema de comunicaciones inalámbricas canales convencionales diferenciados mediante asignaciones de frecuencia, tiempo o código, o mediante alguna combinación de estas asignaciones, estando caracterizado el procedimiento por:
 - recibir (604) desde la estación de abonado mediciones de niveles de señal recibidos de enlace descendente notificadas en cada canal de enlace descendente;
 - estimar (605), a partir de los niveles de señal recibidos de enlace descendente notificados, un nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente que se obtendría para cada canal convencional existente si la estación de abonado se asignara a un canal de enlace descendente convencional dado;
 - calcular un coste (611) para cada canal de enlace descendente convencional existente usando una función de coste prefijada basada en los niveles estimados de interferencia más ruido recibidos de enlace descendente;
 - seleccionar (617), para su asignación a la estación de abonado, un canal de enlace descendente convencional que tenga un coste calculado mínimo de entre los canales de enlace descendente convencionales existentes;
 - asignar (620) a la estación de abonado un canal de enlace descendente espacial en el canal de enlace descendente convencional seleccionado si el canal de enlace descendente convencional seleccionado se está usando en la célula.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además asignar (619) el canal de enlace descendente convencional seleccionado a la estación de abonado si el canal de enlace descendente convencional seleccionado no se está usando en la célula.
3. El procedimiento según la reivindicación 2, que comprende además:
 - generar una lista de canales candidatos (613) que comprende canales en los que una relación de señal a interferencia más ruido, SINR, predicha supera un nivel umbral prefijado; y
 - seleccionar (617) de la lista de canales candidatos el mejor canal convencional para su asignación a la estación de abonado.
4. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que los niveles recibidos de interferencia más ruido de enlace descendente se estiman como siendo los niveles de señal recibidos de enlace descendente notificados.
5. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que el nivel de interferencia más ruido en cada canal de enlace descendente se estima:
 - ajustando cada peso de multiplexación de enlace descendente de la estación de abonado existente como si la estación de abonado estuviera asignada a un canal convencional dado;
 - recibiendo desde una estación de abonado una medición de nivel de señal recibido de enlace descendente notificada en el canal dado;
 - prediciendo a partir del nivel de señal recibido de enlace descendente un nivel de interferencia más ruido de enlace descendente; y
 - reajustando cada peso de multiplexación de enlace descendente de la estación de abonado existente como si la estación de abonado no estuviera asignada al canal convencional dado.
6. El procedimiento según la reivindicación 2, en el que el nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente, I_k , para cada canal k existente se estima modelando el nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente, I_k , como una suma de una contribución de ruido, N_k , y un segundo nivel de señal de interferencia predicho que se obtendría si la estación de abonado se asignara al canal k , estimando la contribución de ruido N_k como una diferencia de nivel de señal entre un nivel de señal recibido de enlace descendente medido, P_k , en el canal k y un primer nivel de señal de interferencia calculado debido a todas las estaciones base que usan el canal k .
7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que una señal de enlace descendente para una estación de abonado particular se procesa según un conjunto de pesos de multiplexación de enlace descendente para esa estación de abonado particular, donde cada estación de abonado tiene una signature espacial de enlace descendente.
8. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que el primer nivel de señal de interferencia calculado se calcula como

$$\sum_j \|w_{k,j}^{D*} a_k^{D,j}\|^2,$$

donde $W_{k,j}^{D*} = S_{k,j} A_{k,j}^\dagger S_{k,j}$ es una matriz diagonal de amplitudes de señales transmitidas de una estación base j , $A_{k,j}$ es una matriz concatenada por columnas de firmas espaciales de enlace descendente conocidas en la estación base j para estaciones de abonado en el canal convencional k , $A_{kj}^\dagger$ representa una pseudoinversa de $A_{k,j}$ y $a_k^{D,j}$ es la firma espacial de enlace descendente para la estación de abonado en el canal convencional k desde la estación base j .

9. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que el segundo nivel de señal de interferencia predicho para el canal k se calcula como

$$\sum_j \|W_{k,j}^{D*} a_k^{D,j}\|^2,$$

donde

$$\begin{bmatrix} \tilde{W}_{k,j}^{D*} \\ w^* \end{bmatrix} = \tilde{S}_{k,j} [A_{k,j} a_k^{D,j}]^\dagger,$$

† representa una operación pseudoinversa, $\tilde{S}_{k,j}$ es una matriz diagonal de amplitudes de señales de transmisión, $A_{k,j}$ es una matriz concatenada por columnas de firmas espaciales de enlace descendente conocidas para estaciones de abonado en el canal convencional k en la estación base j , $a_k^{D,j}$ es una firma espacial de enlace descendente para el canal convencional k desde la estación base j para la estación de abonado en el canal convencional k , y w^* es la fila inferior de la matriz $\tilde{S}_{k,j} [A_{k,j} a_k^{D,j}]^\dagger$.

10. El procedimiento según la reivindicación 2, que comprende además asignar un canal convencional de enlace descendente seleccionado solamente si se espera que dé como resultado una calidad de señal recibida de enlace descendente aceptable para cada estación de abonado activa usando el canal convencional seleccionado en función de al menos un factor de calidad de enlace descendente seleccionado de un grupo que consiste en el coste predicho, la potencia total predicha de transmisor de estación base, el nivel de distorsión de intermodulación predicho, el nivel de interferencia más ruido predicho y la relación de señal a interferencia más ruido predicha.

11. El procedimiento según la reivindicación 10, en el que el nivel de distorsión de intermodulación predicho se obtiene calculando un factor de cresta para cada canal de enlace descendente convencional, donde el valor de factor de cresta indica un nivel de distorsión de intermodulación que se obtendría si se asignara un canal de enlace descendente convencional dado.

12. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la estación base recibe periódicamente, desde cada estación de abonado, niveles de señal recibidos de enlace descendente medidos por las estaciones de abonado cuando no participan activamente en una llamada.

13. Una estación base celular para su uso en un sistema de comunicaciones inalámbricas que presenta canales convencionales diferenciados mediante asignaciones de frecuencia, tiempo o código, o mediante alguna combinación de estas asignaciones, estando caracterizada la estación base por:

receptores multicanal (42) para recibir (604), desde una estación de abonado (22), mediciones de niveles de señal recibidos de enlace descendente notificadas en cada uno de una pluralidad de canales de enlace descendente;

un procesador (48) acoplado a los receptores para estimar (605), a partir de los niveles de señal recibidos de enlace descendente notificados, un nivel de interferencia más ruido recibido de enlace descendente que se obtendría para cada canal convencional existente si la estación de abonado estuviera asignada a un canal de enlace descendente convencional dado, para calcular un coste (611) para cada canal de enlace descendente convencional existente usando una función de coste prefijada basada en los niveles de interferencia más ruido recibidos de enlace descendente estimados, y para seleccionar (617), para su asignación a la estación de abonado, un canal de enlace descendente convencional que tenga un coste calculado mínimo de entre los canales de enlace descendente existentes; y

un transmisor multicanal (70) para enviar a la estación de abonado una asignación (620) de un canal de enlace descendente espacial en el canal de enlace descendente convencional seleccionado si el canal de enlace descendente convencional seleccionado se está usando en la célula.

14. La estación base según la reivindicación 13, en el que el procesador asigna además (619) el canal de enlace descendente convencional seleccionado a la estación de abonado solamente si el canal de enlace descendente convencional seleccionado no se está usando en la célula.

15. La estación base según la reivindicación 13, que comprende además una lista de canales candidatos (613) generada por el procesador, donde la lista de canales comprende canales en los que una relación de señal a interferencia más ruido, SINR, predicha supera un nivel umbral prefijado y en la que el procesador selecciona (617)
- 5 de la lista de canales candidatos el mejor canal convencional para su asignación a la estación de abonado.

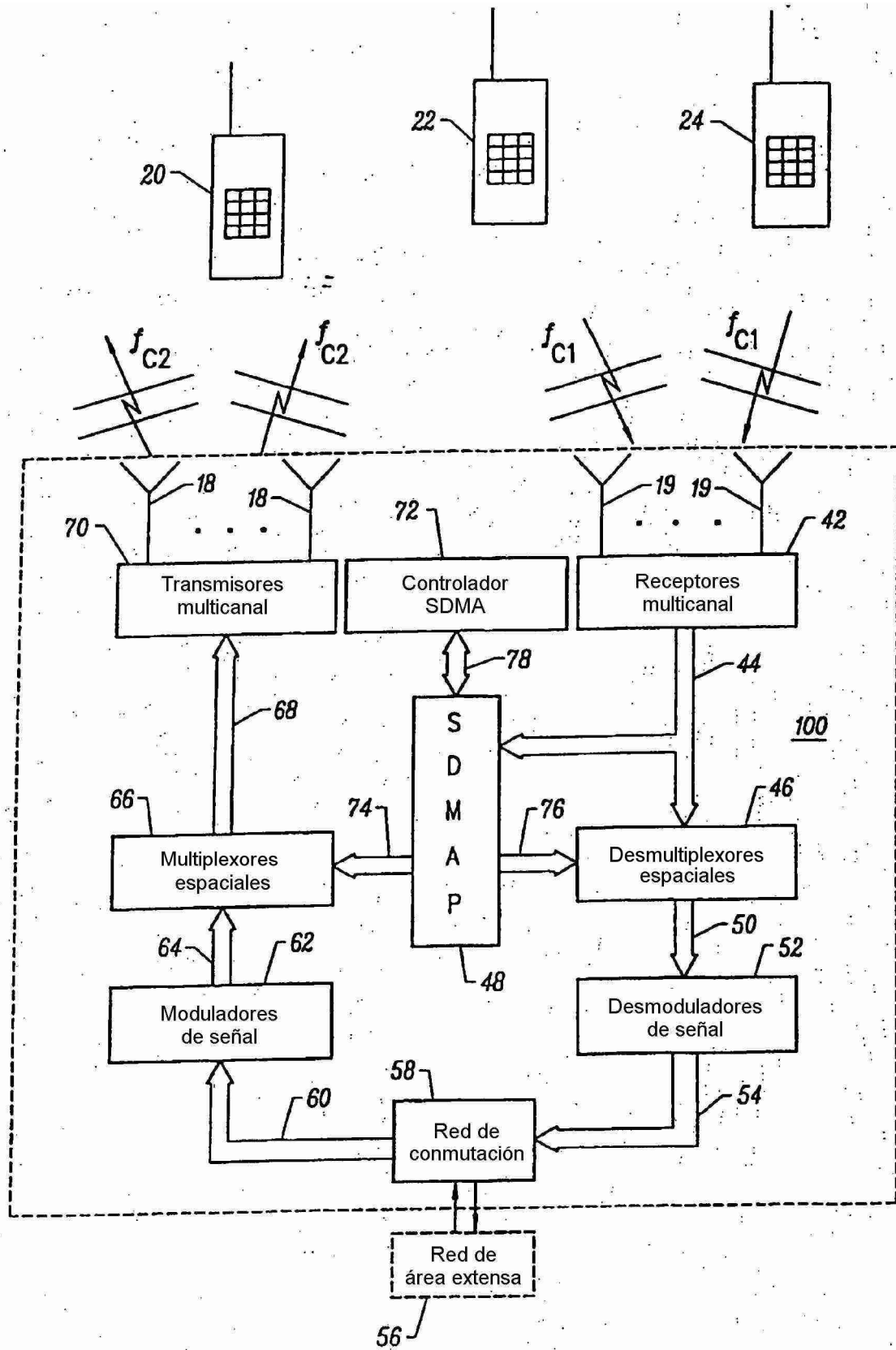


FIG. 1

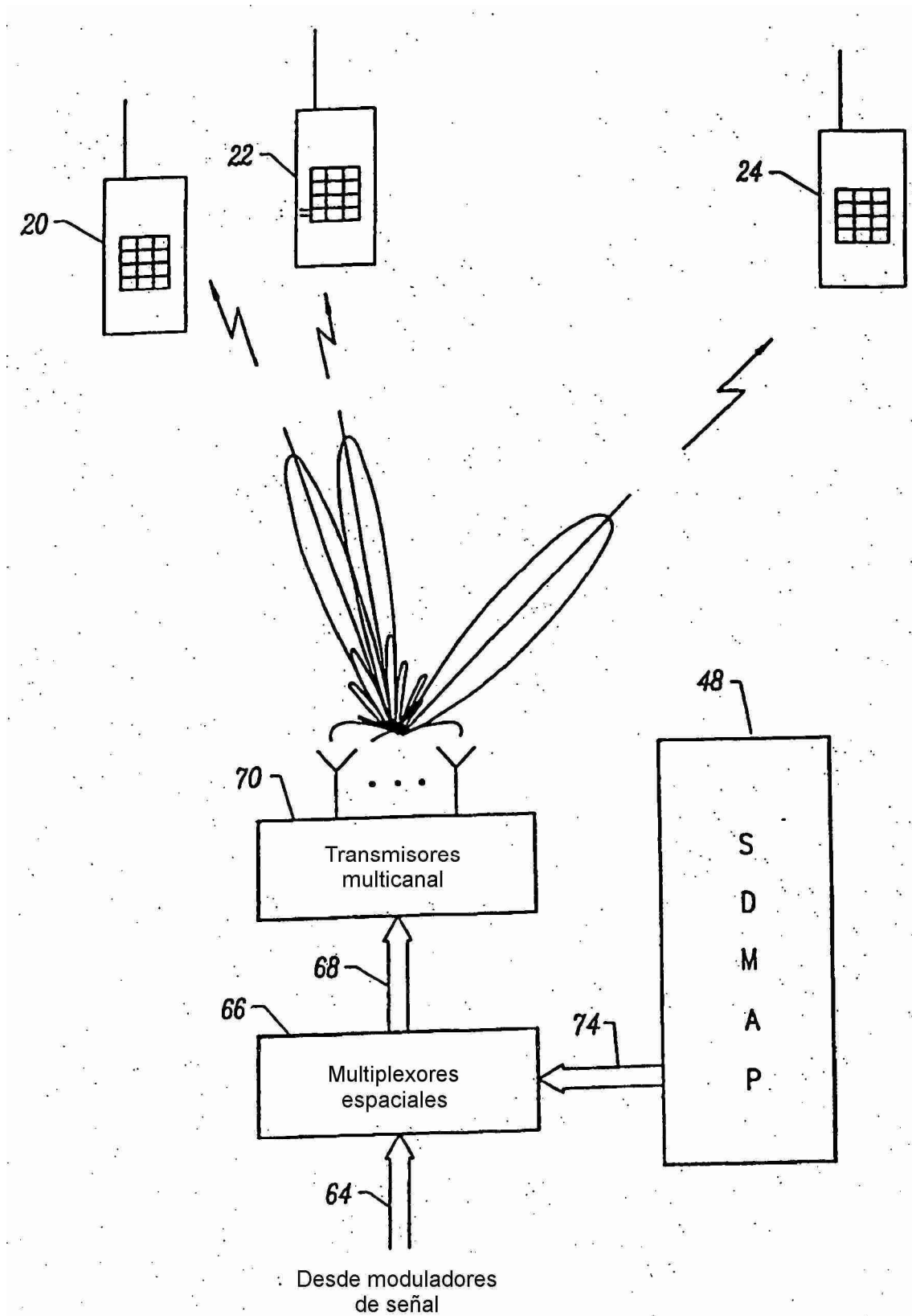
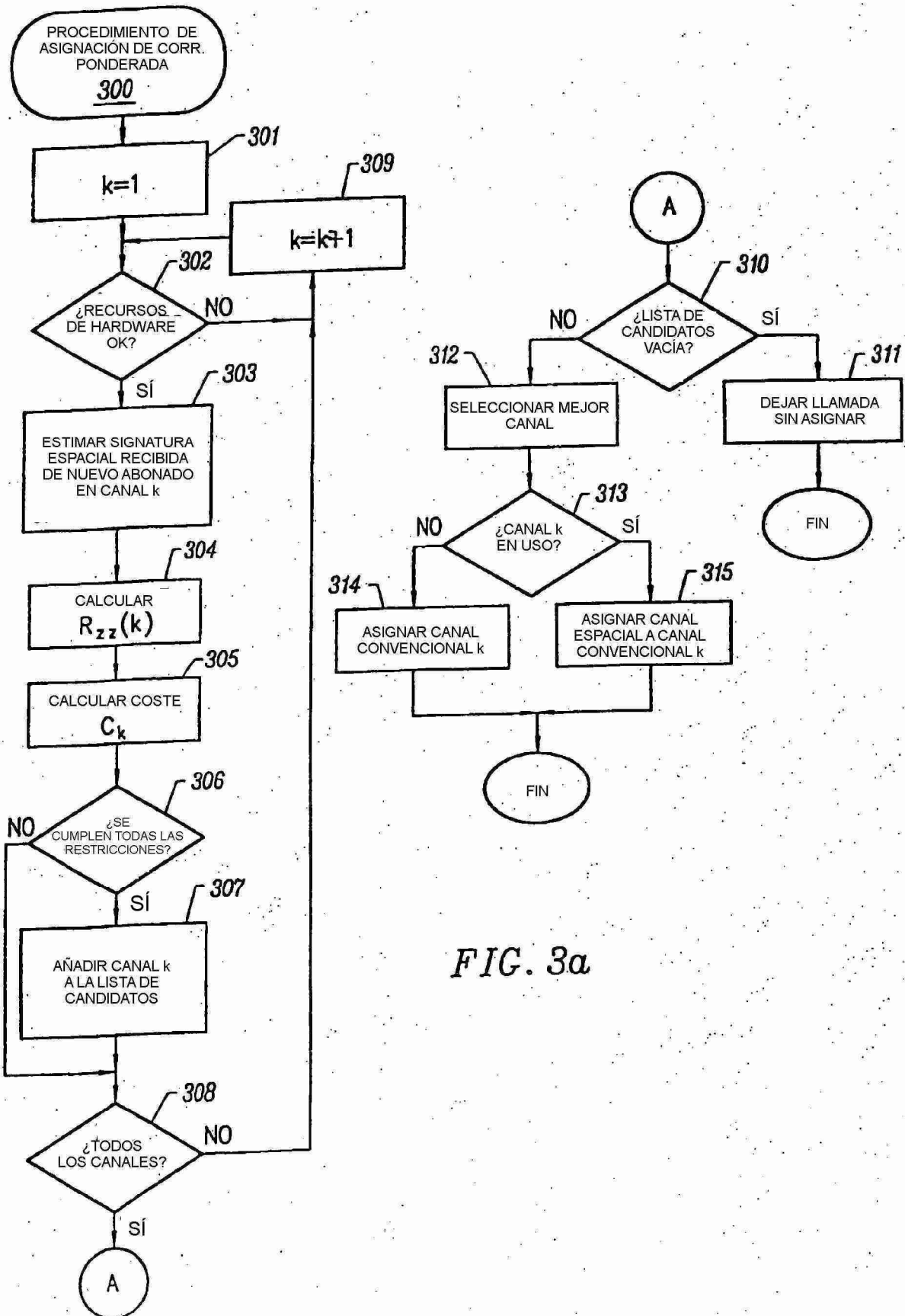


FIG. 2



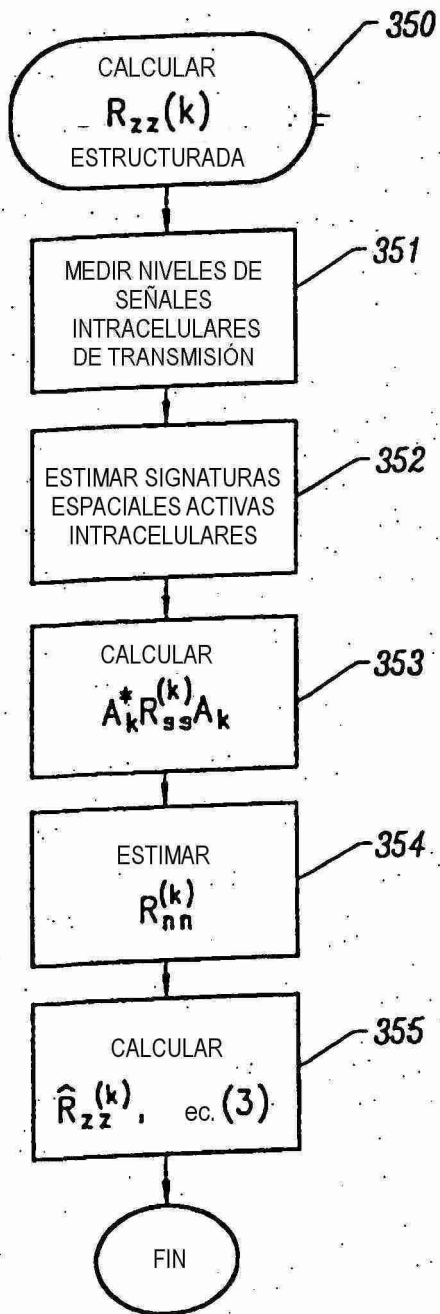


FIG. 3c

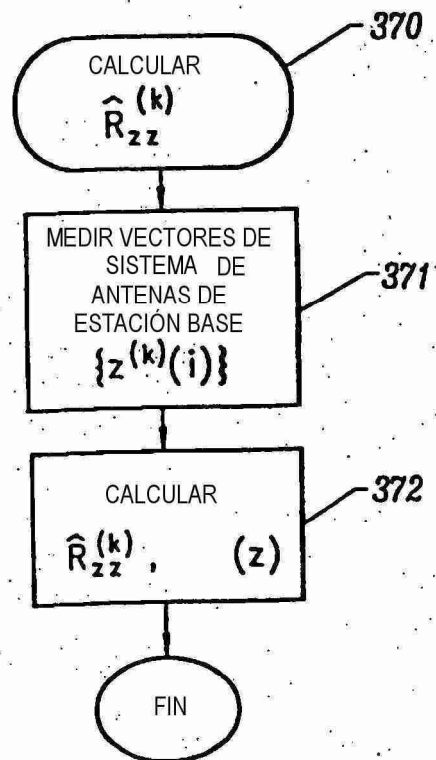


FIG. 3b

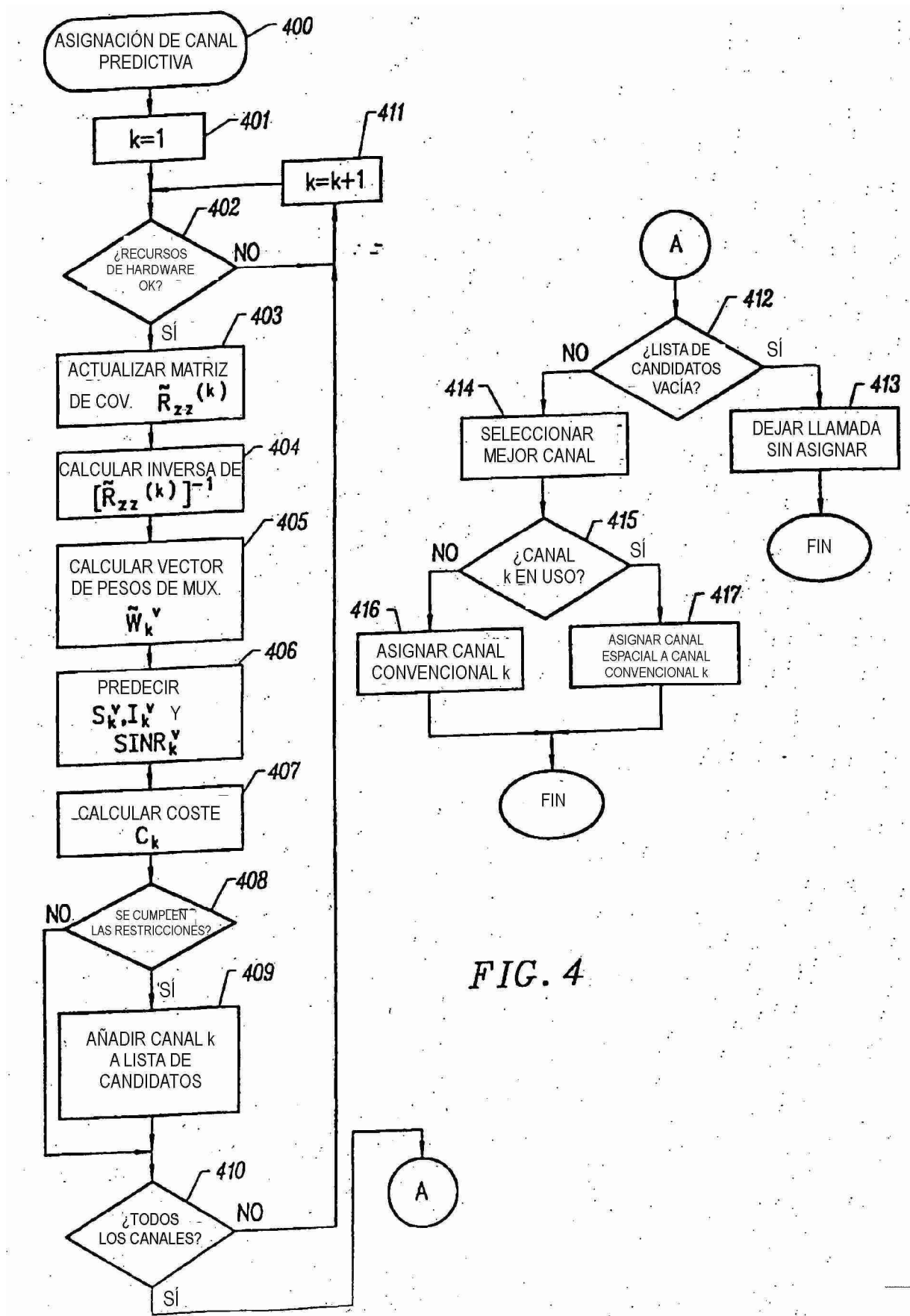
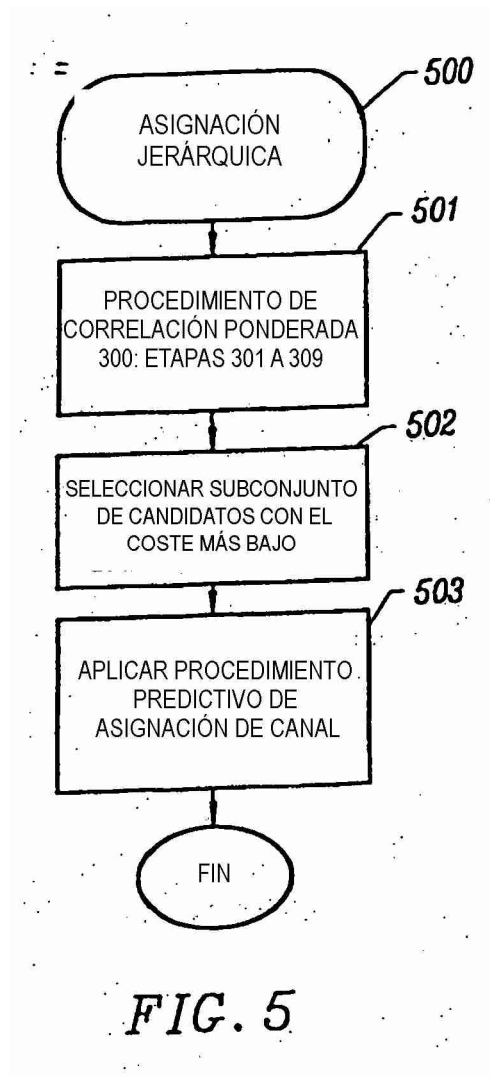


FIG. 4



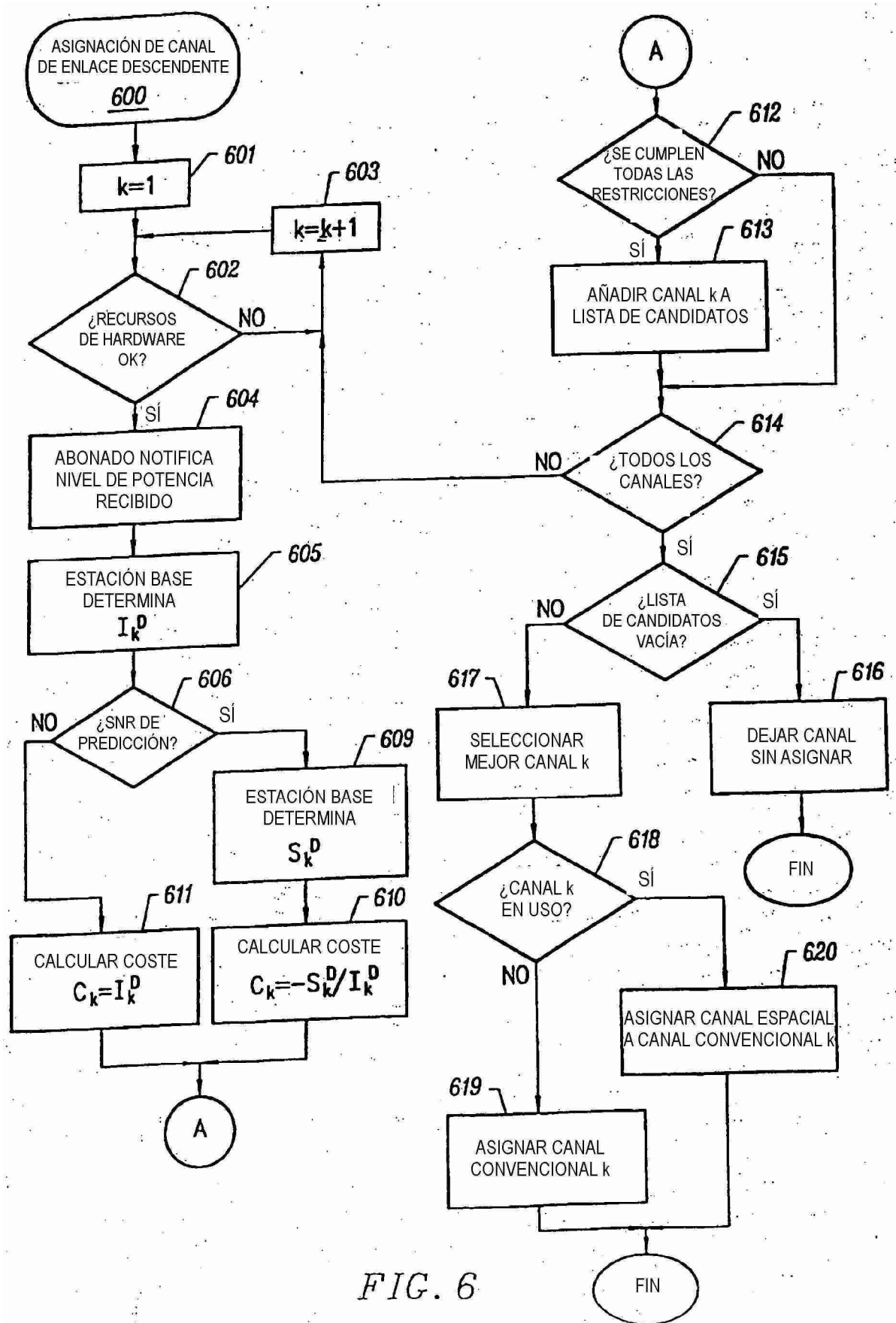


FIG. 6

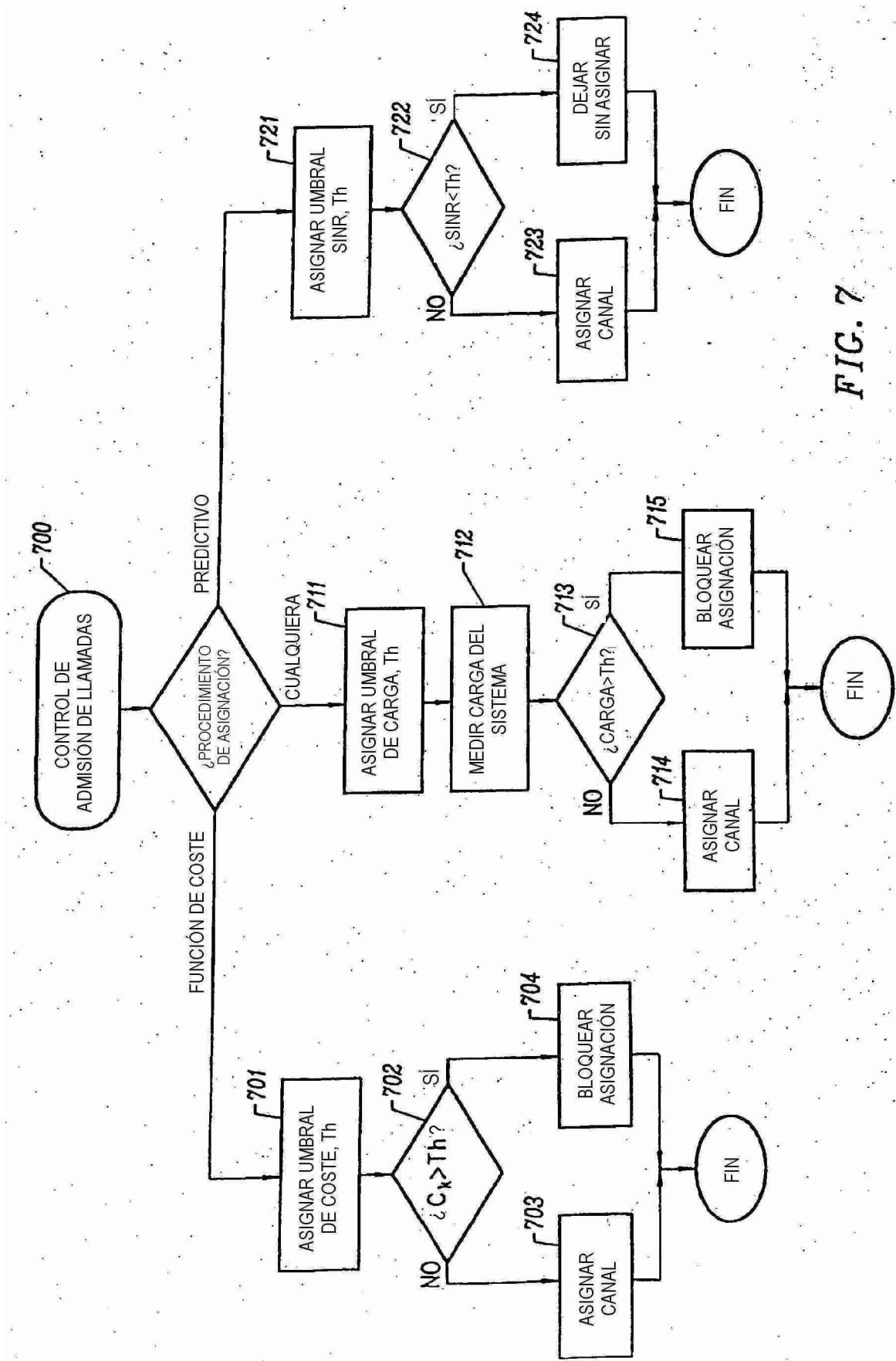


FIG. 7