

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 229**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2010** **E 10005834 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016** **EP 2278732**

54 Título: **Sistema y método para permitir una transferencia rápida e ininterrumpida para comunicaciones de aire a tierra**

30 Prioridad:

06.07.2009 IL 19971209

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

28.12.2016

73 Titular/es:

**DEUTSCHE TELEKOM AG (100.0%)
Friedrich-Ebert-Allee 140
53113 Bonn, DE**

72 Inventor/es:

**BEN-SHIMOL, YEHUDA;
KITROSER, ITZIK;
EINSIEDLER, HANS JOACHIM y
KADEL, GERHARD**

74 Agente/Representante:

GALLEGO JIMÉNEZ, José Fernando

ES 2 595 229 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para permitir una transferencia rápida e ininterrumpida para comunicaciones de aire a tierra

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un proceso de transferencia en redes de comunicaciones inalámbricas entre estaciones de base en tierra y una aeronave. De forma más específica, la presente invención se refiere a un sistema y a un método para permitir una transferencia rápida e ininterrumpida para sistemas de comunicaciones de aire a tierra.

Antecedentes de la invención

10 Las redes de comunicaciones inalámbricas en sistemas de comunicaciones de aire a tierra permiten obtener canales de comunicaciones para pasajeros situados a bordo de una aeronave a efectos de permitir el uso de aplicaciones de internet estándar (tales como voz, vídeo y datos) y de comunicaciones por correo electrónico mientras la aeronave se desplaza a lo largo de su plan de vuelo del aeropuerto de origen al aeropuerto de destino.

15 De forma típica, tal como se muestra en la Fig. 1, una red de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra puede incluir una aeronave 101 que vuela a lo largo de una trayectoria 102 de vuelo, una pluralidad de estaciones (GBS o BS) de base en tierra 100a, 100b y 100c, y una pluralidad de estaciones (GW) de puerta 103a, 103b y 103c. La aeronave 101 está comunicada con las estaciones de base en tierra a través de un canal 104 de comunicaciones. Cada estación de puerta puede estar conectada a una pluralidad de estaciones de base en tierra a través del canal 105 de comunicaciones o a otras estaciones de puerta a través de los canales 108 o 107 de comunicaciones. Las diferentes estaciones de base en tierra pueden comunicarse entre sí a través de los canales 106 de comunicaciones. Es común que cada estación de base en tierra cubra un área geográfica determinada. Cuando la aeronave está dentro del área cubierta de una estación de base en tierra específica, la aeronave se conecta a dicha estación de base en tierra a través de un canal 104 creado usando una tecnología de comunicaciones terrestres inalámbricas determinada (por radio u óptica). En una aeronave específica, la estación de base en tierra a la que se está conectado en ese momento se denomina estación de base en tierra de servicio.

20 Del mismo modo que las tecnologías inalámbricas del estado de la técnica que soportan movilidad en tierra, la aeronave puede desplazarse de un área geográfica cubierta por una estación de base en tierra determinada a un área geográfica cubierta por otra estación de base en tierra. La nueva estación de base en tierra hacia la que se desplaza la aeronave se denomina estación de base en tierra de destino, y el cambio entre una estación de base en tierra de servicio y una estación de base en tierra de destino se denomina "transferencia".

25 La red de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra incluye una aeronave desplazándose a alta velocidad (de forma general, superior a 804 km/h (500 mph), y esto significa que las situaciones de transferencia que se producen al cambiar del área geográfica cubierta por una estación de base en tierra a la de otra estación de base en tierra pueden suceder con una frecuencia elevada y, de este modo, deben realizarse de manera oportuna. A diferencia de los sistemas de comunicaciones terrestres, en los sistemas de comunicaciones de aire a tierra las trayectorias de la aeronave que se desplaza de los aeropuertos de origen a los aeropuertos de destino son conocidas por anticipado hasta cierto nivel de precisión. Esto permite que el sistema de comunicaciones conozca por anticipado todas las estaciones de base en tierra a lo largo del plan de vuelo de una aeronave específica.

30 La Fig. 2 muestra una situación en la que dos aeronaves 201a y 201b se están desplazando a lo largo de planes (o trayectorias) 202a y 202b de vuelo diferentes. Tal como puede observarse, la aeronave 201b se desplaza a lo largo de la trayectoria 202b y debe conmutar (es decir, realizar una transferencia) entre tres áreas geográficas (203c, 203d y 203e), mientras que la aeronave 201a se desplaza a lo largo de la trayectoria 201a y debe conmutar entre cinco áreas geográficas (203c, 203a, 203d, 203b y 203e).

35 El problema consiste en realizar una transferencia rápida e ininterrumpida a efectos de proporcionar una continuidad del servicio a los pasajeros situados a bordo de la aeronave usando el sistema de comunicaciones para servicios basados en internet y comunicaciones de correo electrónico, incluyendo, aunque no de forma limitativa, servicios de comunicaciones de voz, vídeo y datos.

Algunos sistemas de comunicaciones terrestres inalámbricas, tales como los sistemas de comunicaciones 802.16e del instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) y los sistemas de evaluación a largo plazo (LTE) 3GPP y LTE, permiten obtener medios para llevar a cabo procedimientos de transferencia eficaz e ininterrumpida.

40 En el sistema 802.16e del IEEE se define un plan de conmutación rápida de estación de base (FBSS), de modo que la estación móvil mantiene un grupo de estaciones (BS) de base, denominado grupo de diversidad. La estación móvil intercambia señales solamente con una BS, que se denomina BS ancla entre las BS en el grupo de diversidad. La estación móvil puede cambiar la BS ancla usando algún plan de selección. La estación móvil gestiona su grupo de diversidad correspondiente usando criterios para excluir una BS del grupo de diversidad o usando criterios para añadir una nueva BS al grupo de diversidad. A efectos de realizar la transferencia entre BS diferentes en un grupo

de diversidad, las BS correspondientes deben sincronizarse basándose en una fuente de tiempo común, deben funcionar en el canal de frecuencia y también deben compartir o transferir un contexto de control de acceso al medio (MAC). Dicho contexto incluye toda la información que la estación móvil y la BS intercambian normalmente durante una entrada a la red.

5 En el sistema LTE se definen los medios para obtener una transferencia eficaz y para reducir la pérdida de datos durante la transferencia. Un mecanismo de este tipo consiste en la emisión dual, en la que la puerta de servicio realiza emisiones duales (bi-cast) o múltiples (multi-cast) de paquetes de datos a un grupo de eNB (NodoB E-UTRAN), incluyendo el eNB de servicio, que son candidatos a ser el siguiente eNB de servicio. Otro mecanismo de este tipo consiste en el envío de búfer (buffer forwarding). En el envío de búfer, una vez se toma la decisión de
10 transferencia, la fuente de eNB envía los datos en búfer para el equipo del usuario al eNB de destino.

Park (publicación de patente US 2007/0218842) se refiere a la transferencia de una estación de base de servicio a una estación de base de destino para usuarios de telefonía móvil en tierra. De forma específica, se hace referencia a un sistema y a un método para actualizar un grupo de diversidad entre una estación de base ancla de servicio y una estación móvil durante la transferencia en un sistema de comunicaciones. La estación de base transmite un grupo de diversidad de estaciones de base o el grupo de diversidad de estaciones de base y un grupo recomendado de
15 estaciones de base a una estación móvil, y genera un grupo de diversidad de estaciones de base temporal que incluye estaciones de base incluidas en el grupo de diversidad de estaciones de base y en el grupo recomendado de estaciones de base, permitiendo de este modo la transferencia incluso aunque se produzca una discrepancia de grupo de diversidad entre la estación de base y la estación móvil. Resulta evidente que los automóviles estándar se desplazan a una velocidad no superior a 96,5 km/h (60 mph) y que los usuarios de telefonía móvil que caminan se desplazan de manera considerablemente más lenta. El método de Park no serviría para usuarios de telefonía móvil que se desplazan rápido en una aeronave, que puede desplazarse generalmente más de diez veces más rápido que un automóvil y más de 200 veces más rápido que una persona que se desplaza a pie. En el caso de una aeronave, es necesaria una transferencia mucho más rápida. Cualquier discrepancia en el grupo de diversidad supone una
20 pérdida de comunicaciones, debido a que la aeronave se desplaza muy rápidamente.

Asimismo, Vesterinen (publicación de patente US 2008/0188223) se refiere a la transferencia de una estación de base de servicio a una estación de base de destino para usuarios de telefonía móvil en tierra. El mismo da a conocer un sistema para realizar una transferencia de un equipo móvil de una red fuente a una red destino en un sistema de telecomunicaciones móviles. El problema específico de Vesterinen es la pérdida de información de datos de bajada durante el proceso de transferencia debido a la separación del usuario de la red fuente al desplazarse a una red destino. De forma específica, esta publicación se refiere a escenarios de transferencia entre redes 3GPP LTE/SAE y 3GPP 2G/3G (segunda generación/tercera generación). Los datos, que pueden ser transferidos a través de la red fuente al equipo móvil cuando el mismo está asociado a la red fuente, están en un búfer en un elemento de red si es necesaria una transferencia. Los datos en búfer en el elemento de red son enviados del elemento de red a la red destino para transferirlos al equipo móvil después de su asociación a la red destino.
35

US 2006/229104 A1 define la comunicación entre vehículos móviles y estaciones de transceptor de base (BTS) utilizando métodos de antena direccional de formación de haces. El modelo de comunicaciones de aire a tierra se basa en UMTS como tecnología de base y, de forma específica, en un modelo de transferencia blanda (soft-handoff). La aeronave debe conocer por anticipado la ubicación específica de las BTS de destino, de modo que el controlador de antenas podrá crear haces direccionales a dos BTS y permitir un método de transferencia blanda de conmutación entre BTS (es decir, cierre antes de apertura (make before break)). La trayectoria conocida se usa para obtener la posición de una BTS de destino y para permitir establecer una comunicación de haz direccional a efectos de facilitar, entre otras cosas, el procedimiento de transferencia blanda. La selección de la BTS de destino se lleva a cabo utilizando un algoritmo "BTS más cercana" basado en métrica basada en distancia o mediante métrica basada en calidad de señal "mejor relación señal/interferencia (S/I)" o mediante la mejor S/I basándose en tablas de consulta calculadas previamente. La propuesta es específica para el caso de comunicaciones con dos BTS durante el proceso de transferencia blanda, donde un haz tiene como destino la BTS activa y el segundo se dirige a la BTS de destino. El sistema debe conocer la ubicación de todas las BTS para permitir la selección de BTS de destino adecuadas según el criterio mencionado anteriormente.
40
45

50 Ninguna solución de la técnica anterior conocida comprende una transferencia rápida para estaciones móviles que se desplazan rápidamente, tales como una aeronave.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un canal de comunicaciones continuas cuando una aeronave realiza una transferencia de una estación de base en tierra a otra.

Otro objetivo de la presente invención consiste en solucionar el problema de transferencia ininterrumpida y rápida en una red de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra manteniendo una pluralidad de estaciones de base en tierra a lo largo de una trayectoria conocida (o plan de vuelo) de una aeronave, de modo que todas las estaciones de base en tierra estén sincronizadas.
55

Otro objetivo de la presente invención consiste en definir medios de sincronización entre estaciones de base en tierra en términos de búferes de transmisión y estado de protocolo.

Otros objetivos y ventajas de esta invención irán apareciendo al desarrollarse la descripción.

Resumen de la invención

En un primer aspecto de la invención, se da a conocer un método de transferencia rápida e ininterrumpida en comunicaciones inalámbricas entre estaciones de base en tierra y una aeronave. El método comprende las etapas de:

- 5 a. identificar estaciones de base en tierra a lo largo de la trayectoria de vuelo de la aeronave;
- b. definir un grupo de estaciones de base en tierra activas en un área geográfica en la que se desplaza la aeronave;
- 10 c. usar un método de equilibrio de carga para seleccionar para dicha aeronave una estación de base en tierra de servicio de dicho grupo de estaciones de base en tierra activas;
- d. mantener comunicaciones entre una estación de base de servicio en el grupo de estaciones de base en tierra activas y la aeronave; y
- e. sincronizar todas las estaciones de base en tierra activas para que todos los datos de tierra a aire sean enviados a la totalidad de dichas estaciones de base en tierra activas.

15 Realizaciones del método de la invención comprenden además las etapas de:

- a. identificar nuevas estaciones de base en tierra de destino cuando la aeronave se aproxima a una nueva área geográfica a lo largo de la trayectoria de vuelo;
- b. añadir las nuevas estaciones de base en tierra de destino identificadas al grupo de estaciones de base en tierra activas; y
- 20 c. borrar del grupo de estaciones de base en tierra activas estaciones de base en tierra por las que ya se ha pasado en la trayectoria de vuelo.

En realizaciones del método de la invención, todas las estaciones de base en tierra activas se sincronizan y todos los datos de tierra a aire se envían a todas las estaciones de base en tierra activas. Es posible seleccionar la estación de base en tierra de servicio para una aeronave determinada del grupo de estaciones de base en tierra activas mediante una estación de puerta o mediante una entidad de gestión.

En realizaciones del método de la invención, la decisión relacionada con la selección de estación de base en tierra por aeronave se lleva a cabo por anticipado de manera "desconectada" basándose en los planes de vuelo previstos de todas las aeronaves que se prevé que volarán sobre una región geográfica determinada. En otras realizaciones del método de la invención, los datos en línea relacionados con los cambios de trayectoria o de velocidad se envían desde la aeronave a través de las estaciones en tierra al ordenador de puerta y a la entidad de gestión, siendo capaces cada uno de los mismos de reasignar la aeronave a estaciones en tierra diferentes.

En realizaciones del método de la invención, la estación de base en tierra de servicio por aeronave se selecciona a partir de una estación de base en tierra activa que da servicio al menor número de aeronaves restantes. Es posible usar un método de equilibrio de carga para seleccionar por aeronave una estación de base en tierra de servicio del grupo de estaciones de base en tierra activas.

En un segundo aspecto, la invención comprende un sistema de transferencia rápida e ininterrumpida en comunicaciones inalámbricas entre estaciones de base en tierra y una aeronave. El sistema comprende las siguientes entidades:

- a. una entidad de gestión;
- 40 b. una pluralidad de estaciones de puerta a lo largo de la trayectoria de vuelo de una aeronave;
- c. una pluralidad de estaciones de base en tierra a lo largo de la trayectoria de vuelo de la aeronave;
- d. enlaces de comunicaciones entre las entidades que comprende dicho sistema;

Según la invención, un grupo de estaciones de base en tierra activas que incluye una estación de base de servicio está situado en un área geográfica en la que se desplaza la aeronave y todos los datos de tierra a aire son enviados por una estación de puerta a todas las estaciones de base en tierra en el grupo.

Todas las características y ventajas de la invención descritas anteriormente, así como otras adicionales, resultarán más comprensibles mediante la siguiente descripción ilustrativa y no limitativa de realizaciones preferidas de la misma, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

- la Fig. 1 es un diagrama que muestra un ejemplo de una topología de red de la técnica anterior de un sistema de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra;
- la Fig. 2 es un diagrama que muestra dos posibles trayectorias de una aeronave;
- 5 - la Fig. 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de una topología de red de un sistema de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra según la presente invención;
- la Fig. 4 es un diagrama de flujo que muestra el transcurso de la transferencia y la adición de nuevas estaciones de base en tierra y su sincronización con la aeronave;
- 10 - la Fig. 5 es un diagrama que muestra una red de estaciones de base en tierra y trayectorias de vuelo de múltiples aeronaves;
- la Fig. 6 es un gráfico que muestra dos aeronaves y sus trayectorias;
- la Fig. 7 es un gráfico en dos partes que muestra soluciones al problema de equilibrio de carga para un grupo específico de aeronaves y un grupo de estaciones de base en tierra; y
- 15 - la Fig. 8 es un diagrama de flujo que muestra el proceso de equilibrio de carga según una realización de la invención.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

Tal como contempla la presente invención, la transferencia ininterrumpida y rápida en una red de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra se lleva a cabo manteniendo un grupo activo de una pluralidad de estaciones de base en tierra a lo largo de una trayectoria conocida (o plan de vuelo) de una aeronave y sincronizando la comunicación entre todas las estaciones de base en tierra en el grupo activo.

La Fig. 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de una topología de red de un sistema de comunicaciones inalámbricas de aire a tierra según la presente invención. La red de comunicaciones de aire a tierra inalámbricas puede incluir una aeronave 301 que vuela a través de una trayectoria 302 de vuelo, una pluralidad de estaciones (GBS o GS) 300a, 300b, 300c y ... 300n de base en tierra y una pluralidad de estaciones (GW) 303a, 103b y ... 303n de puerta. En cualquier momento determinado, la aeronave 301 está en comunicación con una o más estaciones de base en tierra a través de un canal 304 de comunicaciones. Las estaciones de base en tierra pueden comunicarse entre sí a través de canales 306 de comunicaciones. Cada estación de puerta puede conectarse a una pluralidad de estaciones de base en tierra a través de canales 305 de comunicaciones o a otras estaciones de puerta a través de un canal 307 de comunicaciones. Las estaciones de puerta pueden comunicarse con la entidad 330 de gestión a través de la red 309 del operador (principal (backbone)).

De forma específica, en cualquier momento determinado, más de una estación de base en tierra se sincronizará con la aeronave a lo largo de la trayectoria o del plan de vuelo de la estación de base en tierra. Usando la Fig. 2 como ejemplo, esto significa que, para la aeronave 201a, es posible sincronizar todas las estaciones de base en tierra en las áreas geográficas 203c, 203a, 203d, 203b y 203e y, para la aeronave 201b, es posible sincronizar todas las estaciones de base en tierra en las áreas geográficas 203c, 203d y 203e.

Sincronización significa que todos los datos de tierra a aire serán enviados por la puerta a todas las estaciones de base en tierra activas en ese momento, por ejemplo, mediante una emisión múltiple o un método similar conocido en la técnica. En caso necesario, las estaciones de puerta enviarán dichos datos a otras estaciones de puerta y, de este modo, a la estación de base en tierra correspondiente (p. ej., GW1 o GW2 en la Fig. 3). De forma más específica, tal como se muestra en la Fig. 3, las estaciones 303a, 303b de puerta se comunican a lo largo de las líneas 307 de comunicaciones. De este modo, cada estación de puerta se comunica con cada estación de base en tierra en su área mediante los canales 305 de comunicaciones. Una de las estaciones de puerta, por ejemplo, la estación GW1 (103a), se comunica con la entidad 330 de gestión a través de la red principal 309.

Además, toda la información de MAC, incluyendo las máquinas de estado de MAC, tales como máquinas ARQ (petición automática de repetición) y/o de estado de encriptación, se sincronizará entre todas las estaciones de base en tierra activas en ese momento.

Cuando se produce el evento de transferencia de una estación de base en tierra de servicio a la nueva estación de base en tierra de servicio a lo largo de la trayectoria de vuelo, la estación de base en tierra de servicio previa se excluye del grupo activo y la siguiente estación de base en tierra a lo largo de la trayectoria o del plan de vuelo se añade al grupo activo. De forma específica, debido a que se conoce el plan de vuelo, también se conocen necesariamente las diversas estaciones de puerta y estaciones de base en tierra a lo largo de la ruta. Inicialmente, se prevé que todas las estaciones de puerta y las estaciones de base en tierra a lo largo de la ruta inicial en una distancia definida determinada estén activas y sincronizadas. De este modo, cuando se produce cada transferencia,

las estaciones de puerta y las estaciones de base en tierra por las que se ha pasado y que ya no están en comunicación con la aeronave dejan de estar activas y sincronizadas, y se sustituyen por el siguiente grupo de estaciones de puerta y de estaciones de base en tierra a lo largo de la ruta. Por lo tanto, el grupo activo incluye estaciones de base en tierra de más de un área geográfica.

5 El procedimiento específico resultará más comprensible a partir del diagrama de flujo de la Fig. 4. Después de la activación (etapa 400), la estación de base en tierra de servicio genera una indicación o señal de transferencia (etapa 402). Por ejemplo, haciendo referencia a la Fig. 3, la estación GS2 de base en tierra de servicio genera una señal de transferencia que envía por el canal 305 de comunicaciones a GW2. A continuación, GW2 se comunica a través de la red principal 309 con la entidad 330 de gestión, que identifica la siguiente estación de base en tierra basándose en el plan de vuelo o trayectoria de la aeronave específica (etapa 404). Se envía un mensaje (o señal) a través de la red principal 309, de la GW2 y del canal 305 de comunicaciones a la nueva estación GS3 de base en tierra para su unión al grupo activo de estaciones de base en tierra (etapa 406). Se envía información de estatus de búfer y de máquina de estado actual a través del canal 306 de comunicaciones de la estación GS2 de base en tierra activa en ese momento a la nueva estación GS3 de base en tierra (etapa 408). La puerta GW2 se actualiza mediante la entidad 330 de gestión para enviar paquetes de tierra a aire a la nueva estación de base de destino en tierra y la estación GS1 de base en tierra anterior se elimina del grupo activo de estaciones de base en tierra (etapa 410). Debido a que la aeronave se desplaza a lo largo de su ruta, las etapas 302 a 310 se repiten de forma continua. El proceso finaliza (etapa 412) cuando la aeronave llega a su destino.

20 La realización de la topología de red descrita anteriormente haciendo referencia a la Fig. 3 y a la Fig. 4 es un modelo simplificado para ilustrar el procedimiento de transferencia de la invención. Son posibles numerosas variantes de este modelo. Por ejemplo, el grupo activo puede comprender muchas más estaciones de base en tierra, y más estaciones de puerta pueden estar en comunicación con las mismas. Las estaciones de puerta, es decir, los componentes que llevan a cabo las tareas de la estación de puerta, pueden estar incluidas en las estaciones de base en tierra o, tal como se muestra en la presente memoria, en entidades externas que controlan más de una estación de base en tierra.

25 Debe observarse que, normalmente, en cualquier momento determinado, no solamente hay una única aeronave en el aire en una región geográfica. De hecho, de forma típica, hay muchas aeronaves, teniendo cada una de las mismas su propia ruta y sus propias necesidades de comunicaciones. Por lo tanto, el sistema debe tener en cuenta que es posible la presencia de múltiples aeronaves en un área geográfica específica al mismo tiempo. Por ejemplo, haciendo referencia a la Fig. 2, las aeronaves 201a y 201b pueden estar ambas al mismo tiempo en el área geográfica 203c. Múltiples aeronaves pueden utilizar la misma estación de base en tierra y/o la misma estación de puerta. Por lo tanto, también existe la necesidad de un equilibrio de carga, de modo que el sistema no sobrecargue ninguna estación específica sino que distribuya la carga por todas las estaciones que resulten necesarias.

30 La Fig. 2 muestra una situación simplificada en la que las dos aeronaves están volando a lo largo de trayectorias rectas paralelas. La Fig. 5 muestra una situación en dos dimensiones más realista. En el momento mostrado, cinco aeronaves diferentes están desplazándose en trayectorias diferentes a través de un área a la que dan servicio 36 estaciones de base en tierra (puntos negros en la figura). En este ejemplo, el área de cobertura de cada una de las estaciones en tierra (círculos centrados en cada estación en tierra) es la misma. Basándose en la Fig. 5, a continuación se ilustra el concepto de equilibrio de carga. A título de ejemplo, se considera un grupo A de aeronaves (AC) y un grupo N de estaciones (BS) de base en tierra. Cada aeronave AC(i) se desplaza a lo largo de una trayectoria determinada cubierta por un subgrupo solapado $N(i) \subseteq N$ de estaciones de base en tierra. Se muestran diversas trayectorias posibles para varias aeronaves. Las regiones con un sombreado intenso de la Fig. 5 son áreas de cobertura solapada a las que puede dar servicio más de una estación de base en tierra. Cada aeronave debe seleccionar una estación de base en tierra de servicio del grupo disponible de estaciones de base en tierra. Tal como puede observarse, cada trayectoria se convierte en un grupo de intervalos de tiempo sin solapamiento de dos tipos. El tipo I es un intervalo de tiempo sin opción de selección de estación de base en tierra (es decir, áreas cubiertas por una única estación de base en tierra). El tipo II es un intervalo de tiempo con opciones de selección (es decir áreas cubiertas por más de una estación de base en tierra). Las flechas de la Fig. 5 representan la trayectoria de cada aeronave con respecto a una línea cronológica de referencia. La cola de cada flecha indica la ubicación de la aeronave en un instante de referencia, y el cuerpo de cada flecha indica la ubicación presente prevista de la aeronave, dependiendo de su velocidad. Dos flechas que se cruzan pueden representar el caso en el que dos aeronaves diferentes visitan la misma localización geográfica. Dicho cruce puede ser simultáneo, lo que significa que dos aeronaves están cercanas entre sí en un instante determinado, o dicho cruce puede ser secuencial, lo que significa que la aeronave visita la misma ubicación geográfica en diferentes instantes.

55 Para llevar a cabo el equilibrio de carga los intervalos de tiempo del segundo tipo (tipo II) deben determinarse para una aeronave que cruza simultáneamente la misma región geográfica. Para cada aeronave es necesario determinar cuándo ejecutar una transferencia y es necesario determinar qué estación de base en tierra seleccionar. El objetivo consiste en minimizar el número de aeronaves a las que da servicio simultáneamente la misma estación de base en tierra, definiendo de este modo un ancho de banda máximo para cada aeronave. La decisión relacionada con la selección de estación de base en tierra por aeronave puede tomarse por anticipado de manera "desconectada". Dichas decisiones pueden llevarse a cabo mediante la entidad de gestión en el ordenador de puerta usando

información de los planes de vuelo previstos de todas las aeronaves que se prevé que volarán sobre una región geográfica determinada que facilita la entidad de gestión. No obstante, pueden producirse cambios en las trayectorias durante el vuelo. Además, también puede cambiar el instante en el que la aeronave entrará en el área de cobertura de una estación en tierra determinada, p. ej., debido a un cambio en el horario de salida previsto o en la velocidad de la aeronave. Este cambio de horario afectará a la línea cronológica de los intervalos de cobertura de la aeronave y puede afectar a la selección de GS realizada previamente de manera desconectada. Los datos "en línea" relacionados con la respuesta a cambios en la trayectoria o en la velocidad se envían desde la aeronave, a través de las estaciones en tierra, al ordenador de puerta, que puede reasignar la aeronave a GS diferentes. De forma alternativa, los datos en línea procedentes de la aeronave pueden ser enviados a la entidad de gestión, que realiza la reasignación y envía la nueva asignación a la estación de puerta y a la estación en tierra adecuadas.

El j -ésimo intervalo (CI) de cobertura para una aeronave $AC(i)$ se define como la tupla $CI_j(i) = \langle t_j, t_{j+1}, N_j \rangle$, donde $t_j < t_{j+1}$, y t_j y t_{j+1} son los instantes de inicio y final del intervalo de cobertura, respectivamente, y $N_j \subseteq N$ es un subgrupo de estaciones de base en tierra que pueden dar servicio a una aeronave i durante $t_j \leq t \leq t_{j+1}$. Una trayectoria $Traj(i)$ para la aeronave i se define como una secuencia de intervalos de cobertura consecutivos, tal como sigue; $Traj(i) = \{ \langle t_1, t_2, N_1 \rangle, \langle t_2, t_3, N_2 \rangle, \dots \}$.

En la Fig. 6 se muestran a título de ejemplo las trayectorias de dos aeronaves. Los intervalos de cobertura de tipo I se indican mediante un sombreado en diagonal y los intervalos de cobertura de tipo II se indican mediante un sombreado uniforme. Entre cada dos intervalos de cobertura de tipo I debe haber al menos un intervalo de cobertura de tipo II. De forma específica, las áreas de cobertura de cada dos estaciones de base en tierra adyacentes se solapan. En la Fig. 6 el eje temporal está compuesto por la superposición de intervalos de cobertura de las trayectorias determinadas. Un punto t_i de decisión se define como el i -ésimo evento en el que una de las aeronaves entra en un intervalo de cobertura o lo abandona. En cada punto de decisión, es necesario considerar una nueva asignación de aeronave y de estaciones de base en tierra.

Se define que una aeronave $AC_i \subseteq A$ está activa en un instante τ si $\exists CI_k(i) \{ CI_k(i) \in Traj(i) \wedge t_k \leq \tau \leq t_{k+1} \}$. Si $AC(\tau)$ indica un grupo de todas las aeronaves que están activas en un instante τ , entonces $GS_n \subseteq N$ se define como en estado activo en el instante τ si $\exists CI_k(i) \{ CI_k(i) \in Traj(i) \wedge t_k \leq \tau \leq t_{k+1} \wedge n \in N_k \}$. Si $N(\tau)$ indica un grupo de todas las GS que están activas en el instante τ , entonces es posible representar la asignación de la aeronave a las GS en el punto t_j de decisión como un problema de asignación en

$$G_j = (A_j \cup N(t_j), E_j)$$

donde

$$A_j = AC(t_j), \text{ y}$$

$$e = \{ AC_i, N_j \} \in E \Leftrightarrow \exists CI_k(i) \{ CI_k(i) \in Traj(i) \wedge t_k \leq t_j \leq t_{k+1} \wedge N_j \in N_k \}.$$

G_j indica un gráfico en dos partes cuyos vértices son la unión inconexa de GS y aeronaves activas en el punto t_j de decisión y sus límites y E_j representa todos los límites entre las aeronaves y sus GS activas (es decir, todas las GS incluidas en el intervalo de cobertura de cada aeronave). La Fig. 7 es un ejemplo de G_j .

Además, se define una función w de ponderación que planifica un valor real de cada límite $e \in E_j$. Una ponderación $w(e)$ para el par (límite) $e = \{ AC_i, N_j \}$ representa la conveniencia de asignación de AC_i a GS N_j .

Dicha función de conveniencia puede representar, por ejemplo, la continuación de la conexión a una GS que estaba conectada a la AC en un punto de decisión previo o el hecho de que la transferencia de la AC a GS diferentes resultará en algún tipo de penalización de sistema, p. ej., un retraso en el tiempo de llegada al destino. Otro ejemplo del uso de la función de ponderación es el caso en el que múltiples GS de diferentes operadores de líneas aéreas están asociadas al intervalo de cobertura de la AC. En tal caso, la función de ponderación puede representar una preferencia de conectar la AC a GS que pertenecen a un operador determinado.

Una solución posible del problema de asignación para un G_j determinado es un sub-gráfico

$$G'_j = (A_j \cup N_j, E')$$

donde

$$\text{deg}(v) \leq 1, \forall v \in A_j$$

La ponderación de la posible solución G'_j se define como

$$\sum_{e \in E'_j} w(e)$$

Naturalmente, se busca una solución con la máxima ponderación.

En una realización del problema de asignación, un requisito de equilibrio de carga se representa intentando igualar el grado de cada vértice en N_j , que se refiere al número de aeronaves a las que da servicio cada BS.

5 La Fig. 7 es un gráfico en dos partes que muestra soluciones al problema de equilibrio de carga para un grupo de aeronaves y para un grupo de estaciones de base en tierra específicos. Los círculos en el límite izquierdo de la Fig. 7 representan cuatro aeronaves y los círculos en el límite derecho representan cinco estaciones en tierra. Las flechas que salen de un círculo que representa una aeronave y que acaban en un círculo que representa una estación en tierra significan que, en el momento representado por el gráfico, la aeronave está volando sobre el área de cobertura de dicha estación en tierra. Los números situados encima son la ponderación asignada a la asignación de una aeronave específica a una estación en tierra específica y las flechas negras son las soluciones al problema de equilibrio de carga determinadas por el ordenador de la autoridad de gestión (o por el ordenador de la puerta) siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

15 En el ejemplo de la Fig. 7: AC_1 está volando sobre el área de cobertura de GS1, GS3 y GS5; AC_2 vuela solamente sobre GS2; AC_3 vuela sobre GS1 y GS4 y AC_4 vuela solamente sobre GS5. La solución del problema de equilibrio de carga para AC_2 y AC_4 resulta evidente. AC_1 y AC_3 podrían asignarse a GS1, no obstante, la ponderación para AC_1 es más alta; por lo tanto, AC_1 se asigna a GS1. AC_3 podría asignarse a GS1 o a GS4, no obstante, debido a que AC_1 ya ha sido asignada a GS1 y a que ninguna aeronave ha sido asignada a GS4, entonces AC_3 se asigna a GS4. Esta asignación se lleva a cabo a pesar del hecho de que la ponderación para esta asignación es inferior a la de la asignación a GS1. En otras circunstancias, por ejemplo, cuando ambas GS1 y GS4 no tienen ninguna aeronave asignada a las mismas, entonces el sistema habría asignado AC_3 a GS1 en vez de a GS4, tal como sucede en este caso.

25 La Fig. 8 es un diagrama de flujo que muestra el proceso de equilibrio de carga llevado a cabo por la entidad de gestión. Después de iniciar el proceso en la etapa 800, se introduce en la unidad de procesamiento de la entidad de control una base de datos que incluye datos tales como el número de vuelo, los horarios y las trayectorias de los vuelos previstos (etapa 802). Para cada aeronave, el tiempo de vuelo se divide en intervalos de decisión (ver Fig. 6) y se realiza una asignación a una estación en tierra para cada aeronave para cada intervalo (Fig. 7) en la etapa 804. La entidad de gestión distribuye la información de asignación a la estación de puerta adecuada a través de la red principal del sistema (etapa 806). En la etapa 808, las estaciones de puerta reciben datos en línea relacionados con su velocidad y dirección de desplazamiento actual procedentes de la aeronave y transmiten estos datos a la entidad de gestión. En la etapa 810, la entidad de gestión repite la etapa 804 usando los datos en línea para actualizar la base de datos y reasigna las aeronaves que no están siguiendo su trayectoria de vuelo prevista originalmente a estaciones en tierra distintas en caso necesario. La información de reasignación se transmite a las puertas y las etapas 806 a 810 se repiten cíclicamente.

35 Aunque se han descrito realizaciones de la invención a título de ilustración, se entenderá que es posible poner en práctica la invención con numerosas variantes, modificaciones y adaptaciones sin salir del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método de transferencia rápida e ininterrumpida en comunicaciones inalámbricas entre estaciones (300a...300n) de base en tierra y una aeronave (301), que comprende las etapas de:
- 5 a. identificar estaciones (300a...300n) de base en tierra a lo largo de la trayectoria (302) de vuelo de dicha aeronave (301);
- b. definir un grupo de estaciones de base en tierra activas en un área geográfica en la que se desplaza dicha aeronave (301);
- c. usar un método de equilibrio de carga para seleccionar para dicha aeronave (301) una estación de base en tierra de servicio de dicho grupo de estaciones de base en tierra activas;
- 10 d. mantener comunicaciones entre dicha estación de base de servicio y dicha aeronave (301); y
- e. sincronizar todas las estaciones de base en tierra activas para que todos los datos de tierra a aire sean enviados a la totalidad de dichas estaciones de base en tierra activas.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
- 15 a. identificar nuevas estaciones de base en tierra de destino cuando dicha aeronave (301) se aproxima a una nueva área geográfica a lo largo de la trayectoria (302) de vuelo;
- b. añadir las nuevas estaciones de base en tierra de destino identificadas a dicho grupo de estaciones de base en tierra activas; y
- c. borrar de dicho grupo de estaciones de base en tierra activas estaciones de base en tierra por las que ya se ha pasado en la trayectoria (302) de vuelo.
- 20 3. Método según la reivindicación 1, en el que la estación de base en tierra de servicio para una aeronave (301) determinada se selecciona del grupo de estaciones de base en tierra activas mediante una estación (GW1...GWn) de puerta o una entidad (330) de gestión.
4. Método según la reivindicación 3, en el que la decisión relacionada con la selección de estación de base en tierra por aeronave se lleva a cabo por anticipado de manera "desconectada" basándose en los planes de vuelo previstos de todas las aeronaves que se prevé que volarán sobre una región geográfica determinada.
- 25 5. Método según la reivindicación 4, en el que los datos en línea relacionados con los cambios de trayectoria o de velocidad se envían desde la aeronave (301) a través de las estaciones en tierra al ordenador (GW1...GWn) de puerta y a la entidad (330) de gestión, siendo capaces cada uno de los mismos de reasignar la aeronave (301) a estaciones (300a...300n) en tierra diferentes.
- 30 6. Método según la reivindicación 1, en el que el método de equilibrio de carga comprende seleccionar la estación de base en tierra activa que da servicio al menor número de aeronaves restantes como la estación de base en tierra de servicio.
7. Sistema de transferencia rápida e ininterrumpida en comunicaciones inalámbricas entre estaciones (300a...300n) de base en tierra y una aeronave (301), que comprende las siguientes entidades:
- 35 a. una entidad (330) de gestión;
- b. una pluralidad de estaciones (GW1...GWn) de puerta a lo largo de la trayectoria (302) de vuelo de una aeronave (301);
- c. una pluralidad de estaciones (300a...300n) de base en tierra a lo largo de la trayectoria (302) de vuelo de dicha aeronave (301);
- 40 d. enlaces (304, 305, 306, 307, 309) de comunicaciones entre dichas entidades que comprende dicho sistema;
- en el que un grupo de estaciones de base en tierra activas que incluye una estación de base de servicio para dicha aeronave (301), seleccionada mediante un método de equilibrio de carga de dicho grupo de estaciones de base en tierra activas, está situado en un área geográfica en la que se desplaza dicha aeronave (301) y todos los datos de tierra a aire comunicados entre dicha estación de base de servicio y dicha aeronave (301) son enviados por una estación de puerta a todas las estaciones de base en tierra en dicho grupo.
- 45

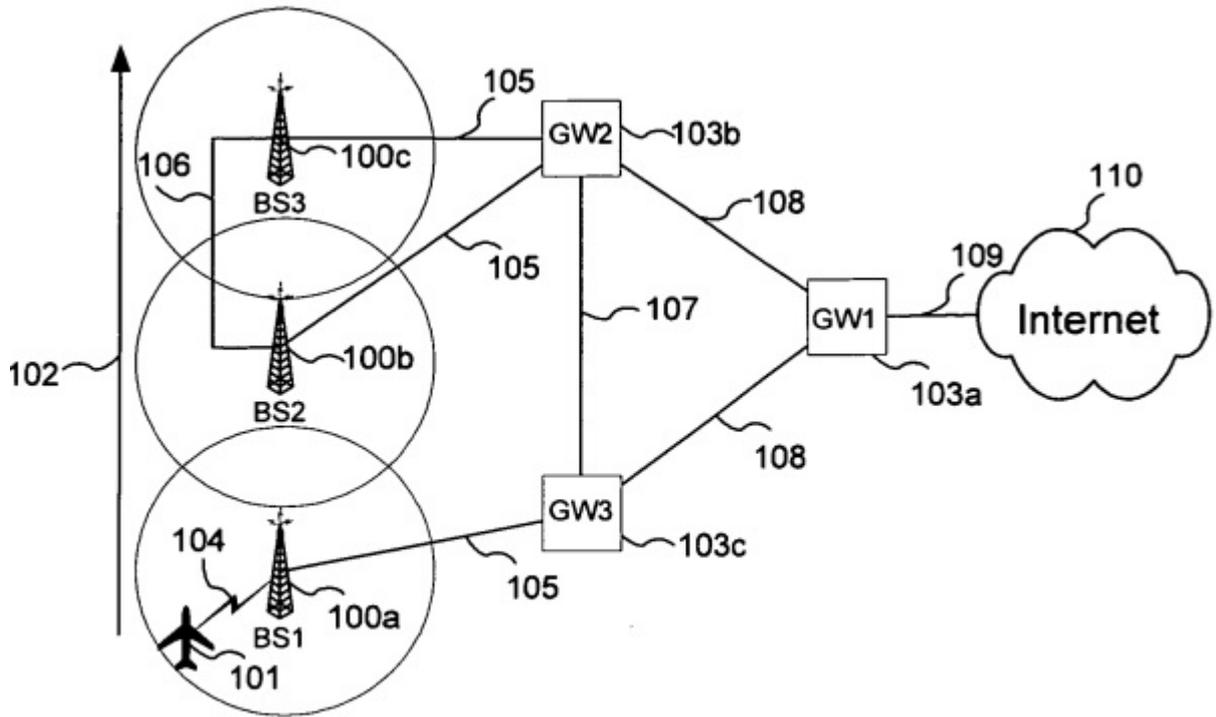


Fig. 1
Técnica Anterior

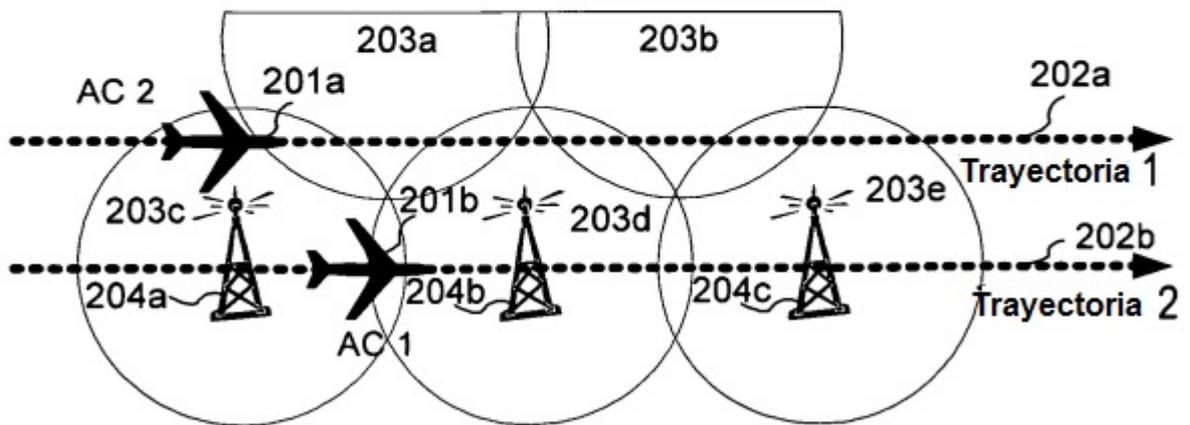


Fig. 2

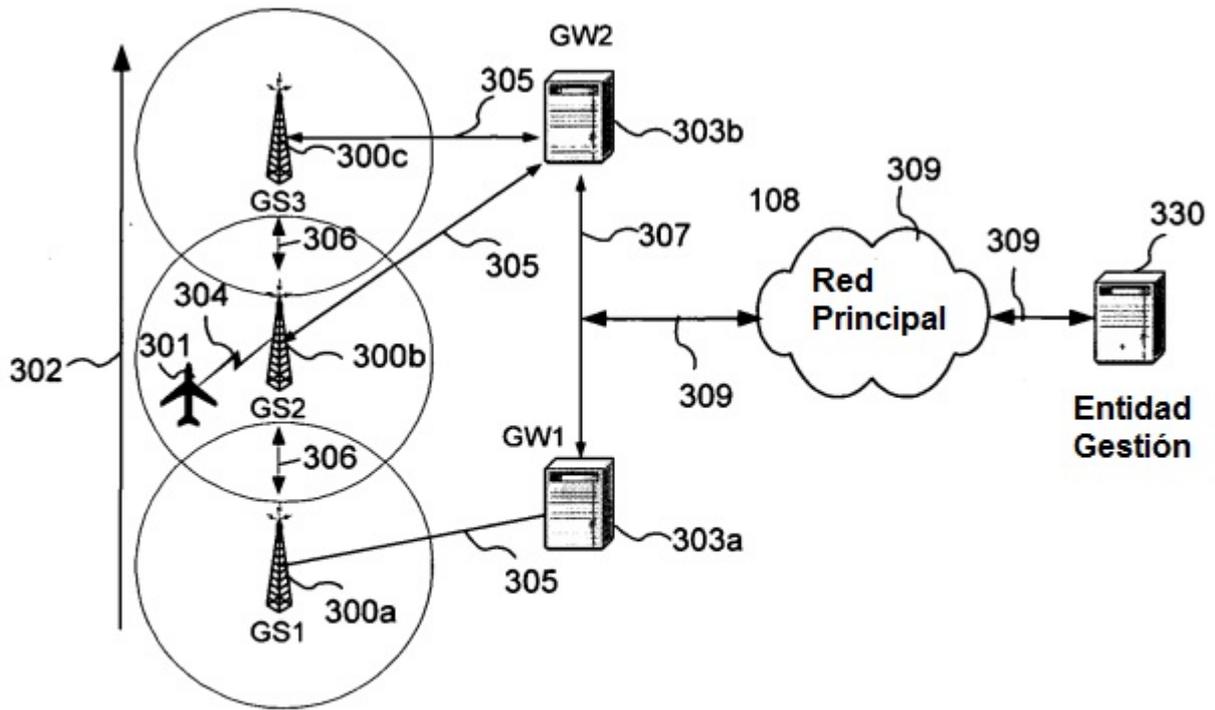


Fig. 3

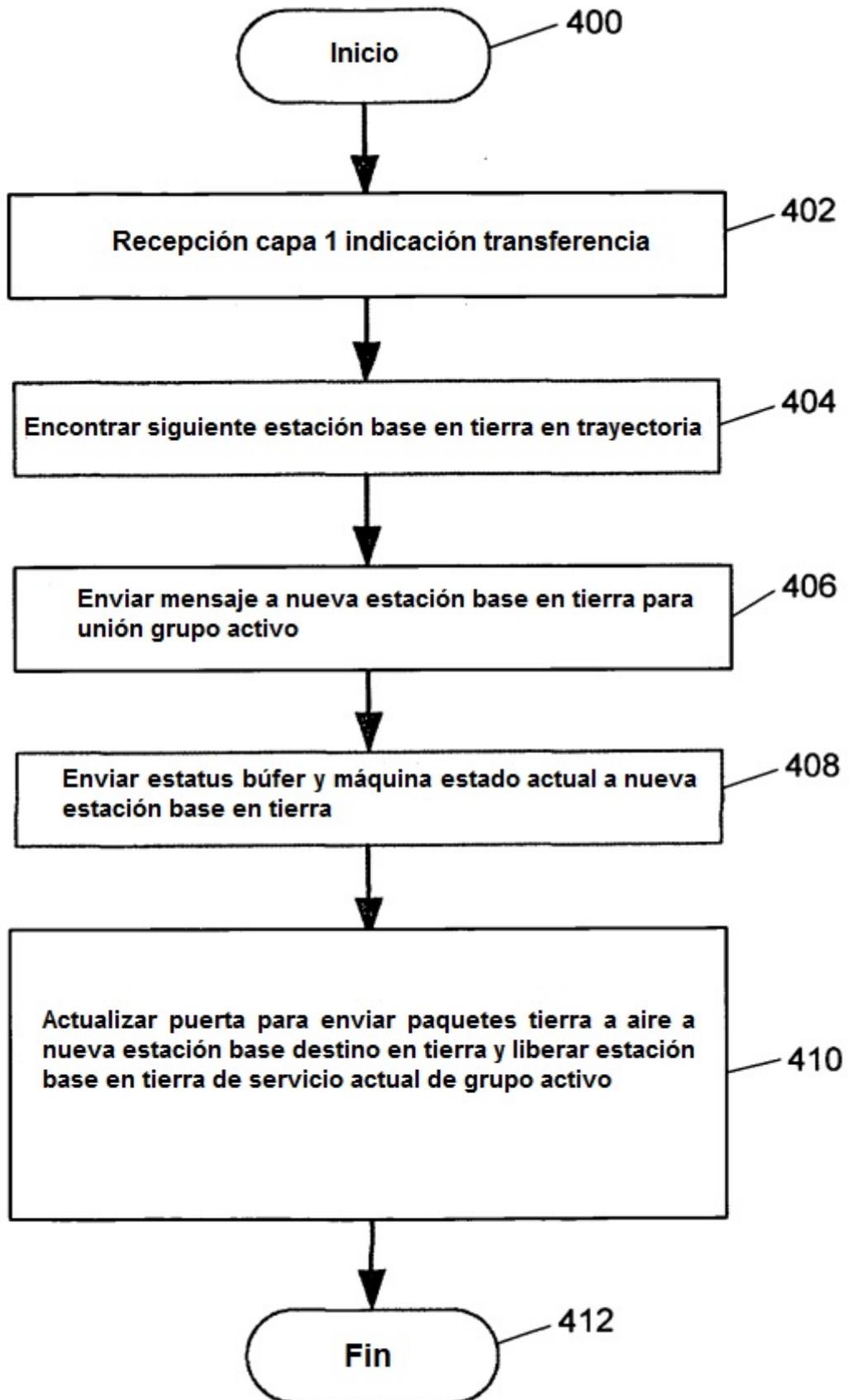


Fig. 4

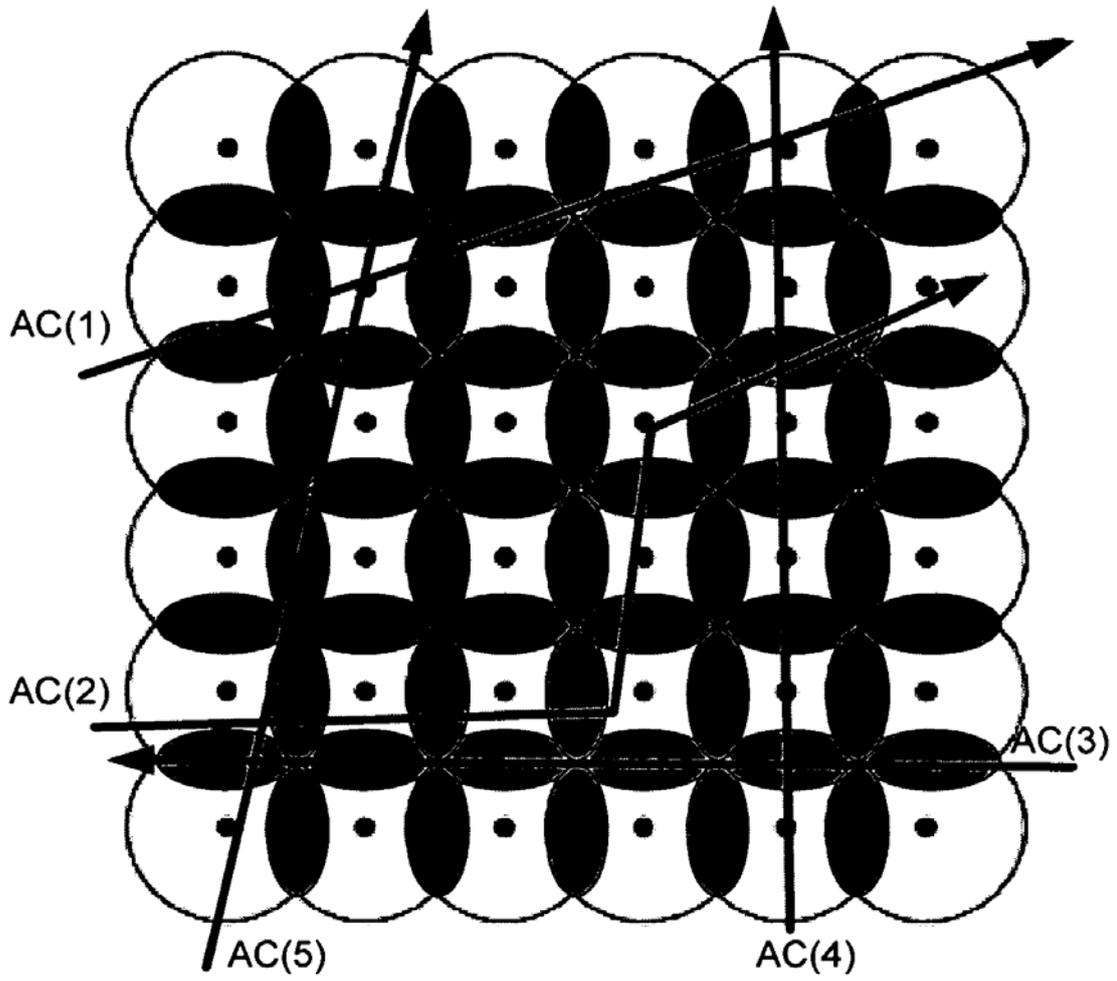


Fig. 5

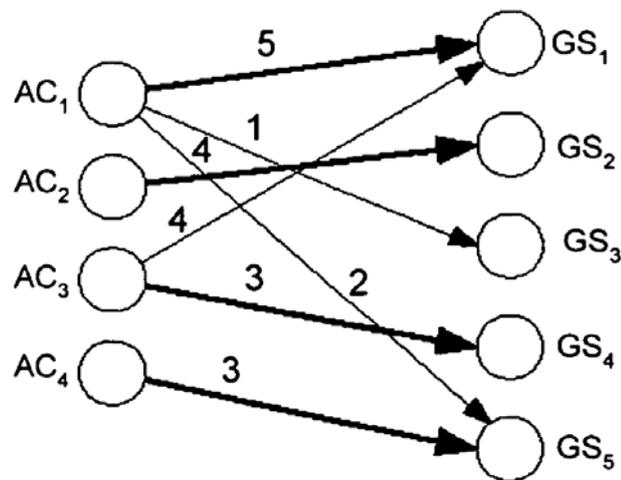


Fig. 7

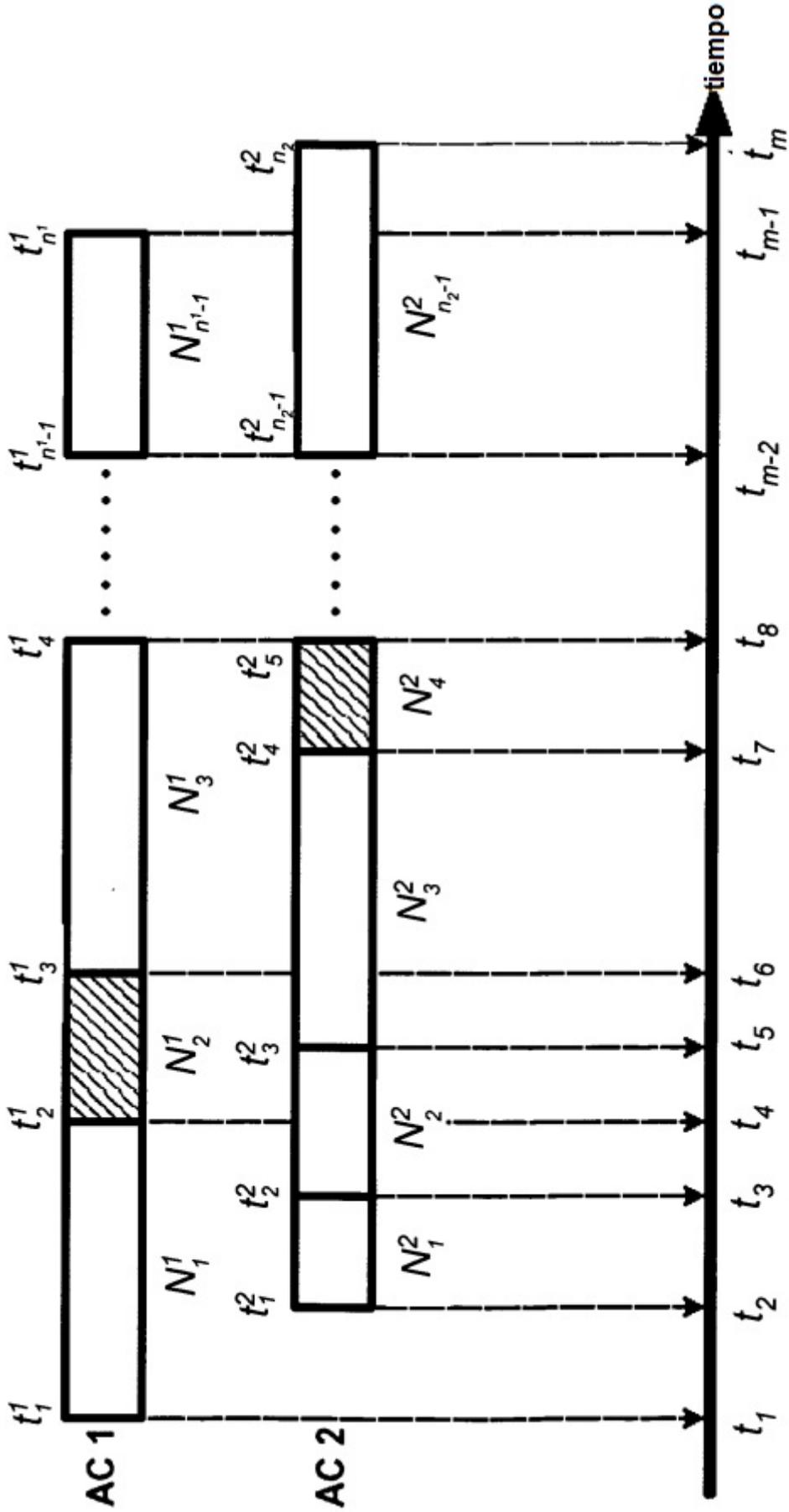


Fig. 6

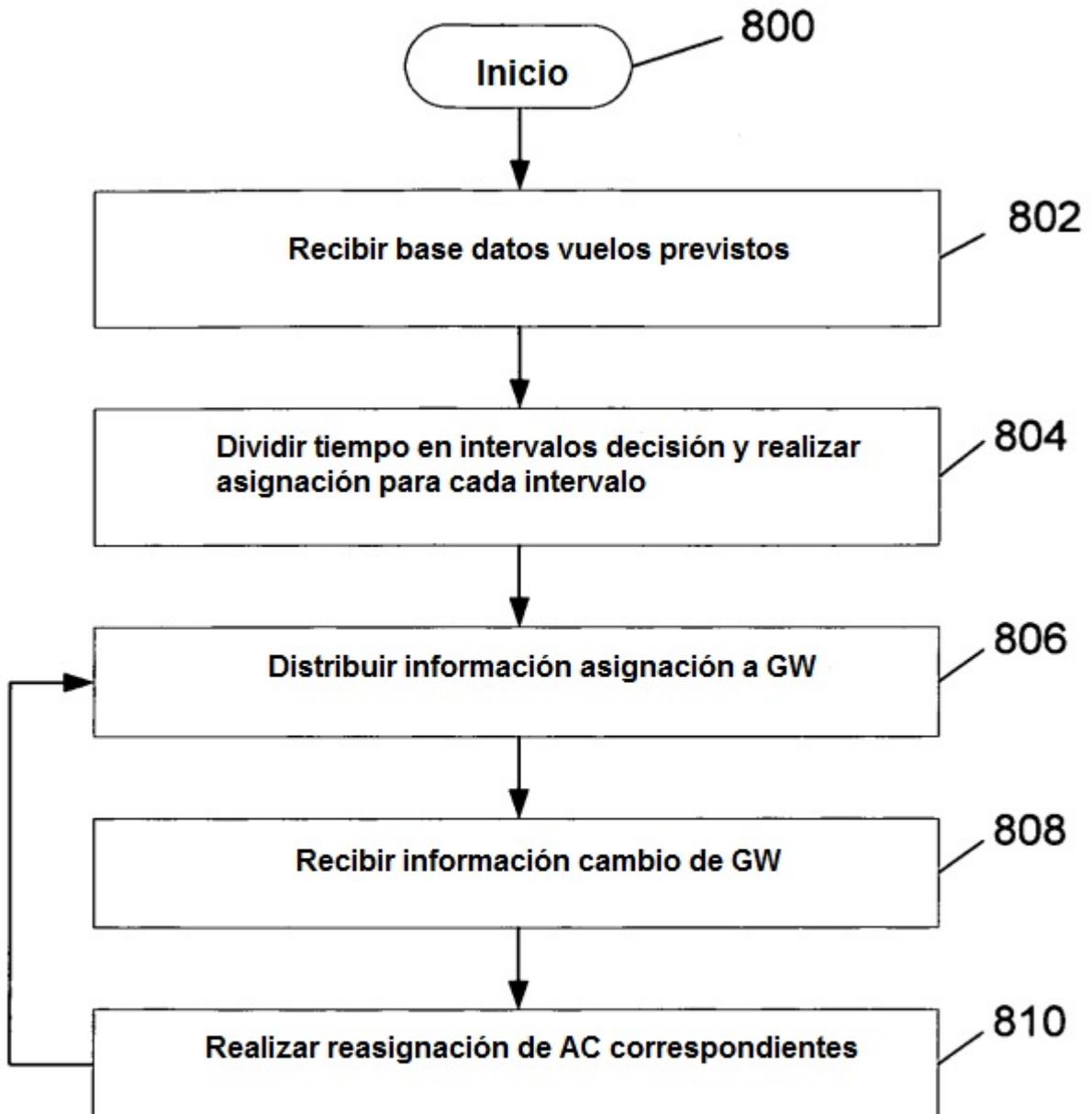


Fig. 8