

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 087**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/185** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2006 E 06755891 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2012 EP 1882382**

54 Título: **Comunicación con un avión mediante torres de estación base celular**

30 Prioridad:

**18.05.2005 US 682055 P**  
**12.05.2006 US 383120**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.03.2013**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**  
**TELEFONPLAN**  
**164 83 STOCKHOLM, SE**

72 Inventor/es:

**DENT, PAUL, WILKINSON**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 397 087 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

Comunicación con un avión mediante torres de estación base celular

### Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere a las comunicaciones radioeléctricas. Más en particular, y de forma no limitativa, la presente invención está dirigida a un sistema y un método para comunicar con aviones mediante torres de estación base celular.

10 Para comunicaciones de control del tráfico aéreo, un avión civil en vuelo comunica con estaciones terrestres que utilizan canales de banda estrecha en la zona de 116 a 174 MHz del espectro radioeléctrico. Los aviones son asignados asimismo a un segmento de 2 MHz del espectro en una banda de enlace ascendente y una banda de enlace descendente en la zona de 800 a 900 MHz, para ampliar el acceso a las redes de comunicaciones terrestres para los pasajeros en vuelo. Esto último ha sido utilizado para proporcionar servicios telefónicos mediante teléfonos en los respaldos de la cabina de pasajeros.

En el documento US 6 108 539 se da a conocer un sistema de comunicación celular de este tipo.

15 En un ámbito relacionado, las redes de comunicación celular en EE. UU. están asignadas a un segmento mucho más amplio del espectro para las comunicaciones con las estaciones móviles. Por ejemplo, las redes de comunicación celular que funcionan en la banda de 1900 MHz están asignadas a un segmento de 60 MHz en los sentidos de enlace ascendente y de enlace descendente. Las redes de comunicación celular modernas se están actualizando a velocidades de transferencia de datos superiores para proporcionar comunicaciones de internet y otras comunicaciones denominadas multimedia para los abonados móviles. La red internet es un medio que se ha vuelto tan ubicuo como el teléfono y favorece la utilización de anchos de banda mucho mayores que la telefonía. Dichos servicios de banda ancha no están disponibles para las comunicaciones con aviones debido a que no pueden proporcionarse satisfactoriamente dentro del segmento de 2 MHz actualmente asignado a las comunicaciones tierra-aire.

25 La figura 1A es una vista superior de un típico diagrama de radiación de antena que muestra un diagrama de radiación horizontal para una torre de estación base celular existente. En la configuración mostrada, una antena sectorizada ubicada centralmente transmite y recibe señales de RF en el sector-A, el sector-B y el sector-C de una célula que define el área de servicio de la estación base. En el plano horizontal, cada uno de los tres diferentes sistemas de antena cubre un sector asociado de 120° de acimut. La forma horizontal del haz se escoge usualmente para ser de aproximadamente -12 dB con respecto al pico del lóbulo principal en el borde del sector de +/- 60°, puesto que en dicha dirección se requiere solamente la mitad del rango máximo. La anchura del haz de -3 dB es del orden de +/- 30°, que es igual o similar a la que se habría utilizado para cubrir sectores de 60°.

35 La figura 1B es una vista lateral de un típico diagrama de radiación de antena que muestra un diagrama de radiación vertical para el sector-A de la torre de estación base celular existente de la figura 1A. Aunque no se muestran, los diagramas de radiación vertical en los otros sectores están situados en el plano vertical de manera similar. El diagrama en cada uno de los sectores de antena está formado como un lóbulo orientado horizontalmente. En el plano vertical, la anchura del haz es habitualmente más estrecha puesto que casi nunca existen requisitos para cubrir estaciones que no estén a nivel terrestre. En algunas células, el diagrama de la antena puede estar inclinado hacia abajo en una pequeña cantidad (por ejemplo 5°) en función de la altura de la torre, del tamaño de la célula y del terreno. La ganancia directiva típica de una antena de estación base celular es de 18 dB, lo que puede comprender un factor de directividad 8 (es decir, 8 dB) en el plano horizontal y un factor 10 (es decir, 10 dB) en el plano vertical. La ganancia de 10 dB en el plano vertical puede incluir una ganancia de directividad vertical de 4 dB para cada elemento de antena y una ganancia del sistema de 6 dB debido a la fase común de cuatro de dichos elementos.

45 Por lo tanto, el diagrama de radiación vertical para torres de estación base celular existentes está optimizado para comunicar con teléfonos móviles en tierra o en edificios. El diagrama de radiación proporciona una ganancia insuficiente en los ángulos de radiación superiores necesarios para comunicar con un avión en vuelo.

50 Es deseable dar a conocer comunicaciones de banda ancha para aviones en vuelo, para proporcionar una variedad de servicios multimedia. Sería ventajoso tener un sistema de comunicación celular, un método y una estación base para proporcionar servicios de comunicaciones de banda ancha a un avión, sin requerir más cantidad del espectro radioeléctrico y sin interferir con los abonados con base terrestre. La presente invención da a conocer un sistema de comunicación celular, un método y una estación base de este tipo.

### Breve compendio de la invención

La materia objeto de la presente invención está definida en las reivindicaciones independientes 1, 15 y 20 anexas.

**Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos**

En la siguiente sección se describirá la invención haciendo referencia a realizaciones ejemplares mostradas en las figuras, en las cuales:

- 5 la figura 1A (técnica anterior) es una vista superior de un típico diagrama de radiación de antena que muestra un diagrama de radiación horizontal para una torre de estación base celular existente;
- la figura 1B (técnica anterior) es una vista lateral de un típico diagrama de radiación de antena en un diagrama de radiación vertical para un sector de una torre de estación base celular existente;
- 10 la figura 2 es una vista lateral que muestra un sistema colineal vertical a modo de ejemplo, adecuado para conseguir un diagrama de radiación a cero grados en la presente invención;
- la figura 3 es una vista lateral que muestra un sistema colineal vertical a modo de ejemplo, adecuado para conseguir un diagrama de radiación a 30° de elevación en la presente invención;
- la figura 4 es un dibujo ilustrativo que muestra la geometría para comunicar entre torres de estación base celular y un avión a altitud de crucero;
- 15 la figura 5 es una vista lateral que muestra una primera realización a modo de ejemplo, de un sistema colineal vertical adecuado para proporcionar simultáneamente un haz horizontal y un haz a 30° de elevación para diferentes señales en la presente invención;
- la figura 6 es una vista lateral que muestra una segunda realización a modo de ejemplo, de un sistema colineal vertical adecuado para proporcionar simultáneamente un haz horizontal y un haz a 30° de elevación para diferentes señales en la presente invención;
- 20 la figura 7 es un dibujo ilustrativo que muestra un plan de utilización de frecuencias inteligente cuando se utiliza la presente invención con el estándar GSM del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones; y
- la figura 8 es un diagrama de bloques simplificado de una realización del sistema de la presente invención.

**Descripción detallada de la invención**

- 25 La presente invención da a conocer una nueva configuración de antena en una torre de estación base celular, para transmitir o recibir señales en un ángulo ascendente separado del plano horizontal con objeto de comunicar con un avión a altitud de crucero sin interferir con los usuarios terrestres que utilizan las mismas frecuencias. De este modo, las bandas de frecuencia celular pueden ser reutilizadas para comunicar información hacia y desde un avión. La información puede incluir información de control del tráfico aéreo (ATC, air traffic control), información de abonados celulares en vuelo, u otra información multimedia de banda ancha, tal como señales de video procedente de cámaras web y equipos de seguridad de a bordo. En una realización, una torre de estación base dedicada a dar servicio a aviones genera solamente lóbulos orientados hacia arriba. En otra realización, la torre de estación base genera un lóbulo horizontal para comunicaciones terrestres y un lóbulo ascendente para comunicaciones con aviones. El lóbulo ascendente puede tener un nulo en el plano horizontal para reducir la interferencia con las comunicaciones terrestres efectuadas desde la misma estación base.
- 30
- 35

La figura 2 es una vista lateral que muestra un sistema colineal vertical 10 a modo de ejemplo, adecuado para conseguir un diagrama de radiación a cero grados en la presente invención. Cuatro dipolos verticales (11a a 11d) están dispuestos frente a un reflector 12. Sin el reflector, el diagrama de radiación horizontal de las antena sería omnidireccional. Eligiendo la distancia de los dipolos desde el reflector, y en menor medida eligiendo la anchura del reflector, el diagrama de radiación horizontal puede adaptarse para iluminar un sector horizontal de 120°. Habitualmente, el diagrama de radiación horizontal deseado para la cobertura del sector es de aproximadamente -2,5 dB por debajo del pico de radiación a +/- 30°, y de -12 dB por debajo del pico a +/- 60°.

El diagrama de radiación vertical es una combinación del diagrama de radiación vertical del dipolo, modificado por la presencia del reflector, y un factor del sistema. El factor del sistema mejora el diagrama de radiación a una elevación de cero grados cuando los dipolos están conectados en fase mediante una disposición adecuada de líneas de alimentación. Por ejemplo, una línea 13 de alimentación puede conectar los dipolos a tomas 14a a 14d separadas en media longitud de onda ( $\lambda/2$ ). La línea de alimentación compensa el desplazamiento de fase de 180° de una línea de media onda mediante el recurso de invertir las conexiones en dipolos alternos, de manera que están conectados en fase. Esta disposición de líneas de alimentación es solamente a modo de ejemplo, y son posibles muchas otras disposiciones, tales como conectar pares de elementos adyacentes a un punto de alimentación común, y a continuación conectar los puntos de alimentación comunes para cada par a un solo punto de alimentación común.

La figura 2 es sólo un ejemplo y pueden utilizarse muchos otros tipos de elementos de antena, tales como parches, ranuras o dipolos doblados, y muchas otras disposiciones de alimentador diferentes, que implican cables coaxiales o

hilo desnudo aéreo, acopladores o híbridos. Además, no es necesario que los elementos de antena sean alimentados en fase. Si son alimentados con un retardo de fase progresivo ascendiendo, el resultado será un diagrama de radiación vertical inclinado hacia arriba. Esta inclinación hacia arriba puede compensarse inclinando todo el sistema hacia abajo, de tal modo que el pico de radiación vuelva a estar a una elevación de cero grados.

5 La figura 3 es una vista lateral que muestra un sistema colineal vertical 20 a modo de ejemplo, adecuado para conseguir un diagrama de radiación elevado  $30^\circ$  en la presente invención. La disposición de líneas de alimentación en esta realización alimenta los dipolos 11a a 11d con señales progresivamente retardadas  $90^\circ$  en fase, lo que tiene como resultado un diagrama de radiación que está inclinado hacia arriba en  $30^\circ$ . Las torres de estación base celular están mucho menos separadas de lo que sería necesario normalmente para un sistema de comunicaciones para tráfico aéreo. De este modo, la torre de estación base celular más próxima para un avión a altitud elevada está generalmente dentro de unos 15 km, proporcionando un ángulo de elevación hacia la avión de más de  $30^\circ$ . La progresión de las fases de  $90^\circ$  puede producirse, por ejemplo, disponiendo tomas desde la línea 13 de alimentación a intervalos de un cuarto de onda ( $\lambda/4$ ), en lugar de a intervalos de media onda. Dentro del alcance de la presente invención pueden utilizarse asimismo otras disposiciones para alimentar los dipolos con las fases deseadas.

15 Con la hipótesis de que los dipolos están separados en media longitud de onda, la radiación a un ángulo ascendente de  $30^\circ$  debe recorrer un cuarto de longitud de onda más desde cada dipolo inferior sucesivo, compensando de ese modo que éste recibe su señal de accionamiento mediante un cuarto de longitud de onda menos desde la línea de alimentación. Por lo tanto, la radiación en una dirección ascendente de  $30^\circ$  está en fase desde todos los dipolos, proporcionando un pico del diagrama del sistema en dicho ángulo de elevación. Además, la radiación procedente del sistema es cero a una elevación de cero grados. Esto puede verse indicando las señales radiadas como:

S,  
 $-jS$  (retardada  $90^\circ$ ),  
 $-S$  (retardada  $180^\circ$ ), y  
 $jS$  (retardada  $270^\circ$ ).

25 Debe observarse que éstas suman cero en la dirección horizontal. Por lo tanto, una señal transmitida de este modo llega adecuadamente a los receptores situados por encima del plano horizontal, tal como un avión en vuelo, siendo al mismo tiempo sustancialmente atenuada en los receptores en el plano horizontal, tal como los teléfonos móviles en tierra. Lo inverso es cierto para señales radiadas desde sistema de la figura 2, que por la misma razón tienen un nulo a un ángulo de elevación de  $30^\circ$ . De este modo, las señales radiadas desde sistema de la figura 2 alcanzarían los teléfonos celulares en tierra estando al mismo tiempo atenuadas sustancialmente en los receptores situados por encima del plano horizontal, en particular en los receptores a una elevación de  $30^\circ$ .

Las personas medianamente experimentadas en la técnica del diseño de antenas apreciarán que pueden utilizarse otras separaciones de los elementos, números de elementos y fases para producir haces inclinados hacia arriba en otros ángulos, teniendo al mismo tiempo una radiación de cero o muy reducida en el plano horizontal. Análogamente, puede disponerse un sistema de antenas con un pico en el plano horizontal, que tenga un nulo en un ángulo de grabación deseado.

La figura 4 es un dibujo ilustrativo que muestra la geometría para comunicar entre torres 21 y 22 de estación base celular y un avión 23 a altitud de crucero. Puede verse que, cuando la torre-A 21 y la torre-B 22 están a 20 km de separación, y el avión está a una altitud de crucero de 10 km, el avión está siempre aproximadamente sobre una elevación de  $26^\circ$  desde cada torre. Un avión comercial de pasajeros solamente está significativamente por debajo de la altitud de crucero durante el despegue o el aterrizaje, en cuyo caso está dentro de la senda de planeo del aeropuerto. Puesto que el aeropuerto es asimismo una posición lógica para proporcionar un emplazamiento de célula en beneficio de los viajeros, la torre de estación base celular en el aeropuerto puede disponerse para proporcionar haces inclinados hacia arriba en el ángulo de la senda de planeo de  $15^\circ$ , y emitir radiación desde el aeropuerto. Esto asegura que, incluso durante el despegue y el aterrizaje, cuando el avión está sustancialmente por debajo de la altitud de crucero, existe una torre de estación base celular adecuada con la que puede comunicar el avión.

La figura 5 es una vista lateral que muestra una primera realización a modo de ejemplo, de un sistema colineal vertical 30 adecuado para proporcionar simultáneamente un haz horizontal y un haz elevado a  $30^\circ$  para diferentes señales en la presente invención. Además, el pico de radiación de un haz corresponde a un nulo en el otro, y viceversa, una propiedad denominada "haces ortogonales".

Los bloques 31 y 32 son uniones híbridas a  $180^\circ$ , en este caso mostradas en forma de hilo desnudo aéreo. Una unión híbrida tiene dos entradas y dos salidas. Una señal entrante en una primera de las dos entradas está dividida entre las salidas en fase, mientras que una señal entrante en la segunda de las dos entradas se divide en las salidas en anti-fase. En forma de hilo desnudo aéreo, esto se consigue mediante un cruce inversor de los cables en uno de los cuatro brazos de un cuarto de longitud de onda, para formar una cinta de Moebius. Se han construido

dispositivos de este tipo asimismo con cable coaxial, en que la inversión de los conductores interior y exterior en un brazo consigue aproximadamente el mismo resultado.

Utilizando la unión híbrida 31 para alimentar los elementos 11b y 11d de antena, los elementos pueden ser excitados en fase (tal como se requiere para el haz horizontal) o desfasados (tal como se requiere para el haz inclinado hacia arriba). La unión híbrida 32 lleva a cabo la misma función para los elementos 11a y 11c de antena. La señal S2 es aplicada en fase a las dos entradas en fase de la unión híbrida a través de líneas 33 de alimentación de igual longitud, de tal modo que la señal S2 está dividida en fase entre la totalidad de los cuatro elementos de antena, creando el haz horizontal. Por otra parte, la señal S1 es aplicada con un retardo de  $90^\circ$  a la unión híbrida 32 con respecto a la unión híbrida 31, mediante el cuarto de longitud de onda extra en la línea 34 de alimentación. De este modo, la señal S2 está dividida entre los cuatro elementos de antena con un retardo de fase progresivo de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$  de abajo a arriba, tal como se requiere para que la señal S1 sea transmitida o recibida mediante el haz inclinado hacia arriba.

Los puertos S1 y S2 de señal pueden conectarse a equipamiento transmisor/receptor independiente, de tal modo que puede proporcionarse la comunicación con teléfonos celulares utilizando el haz horizontal, simultáneamente a la comunicación con el avión utilizando el haz inclinado hacia arriba. El equipamiento celular puede ser de cualquier tipo estándar, tal como conforme con los estándares IS95 o WCDMA UMT-2000(3G), o con los estándares GSM, o con cualesquiera otros estándares adecuados.

La figura 6 es una vista lateral que muestra una segunda realización a modo de ejemplo, de un sistema colineal vertical 40 adecuado para proporcionar simultáneamente un haz horizontal y un haz elevado a  $30^\circ$ , para diferentes señales en la presente invención. En esta realización, la línea 34 de fase de  $90^\circ$  de la figura 5 puede ser sustituida con un divisor de  $-3$  dB en cuadratura (acoplador direccional 35). El acoplador direccional proporciona dos puertos, S1a y S1b, correspondientes a un haz inclinado hacia arriba y un haz en imagen especular inclinado hacia abajo, correspondientes a las fases de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  y  $0^\circ$ ,  $-90^\circ$ ,  $-180^\circ$ ,  $-270^\circ$ , respectivamente. El haz inclinado hacia abajo sigue teniendo un nulo en el plano horizontal, y por lo tanto no responde fuertemente a las señales celulares salvo que procedan de muy cerca de la torre. El haz inclinado hacia abajo recoge las transmisiones de avión reflejadas desde el suelo. La fase de estas señales será desconocida, pero la energía recibida puede ser utilizada en un receptor de combinación por diversidad. Cerca del agua, que proporciona una excelente superficie reflectante, estas señales reflejadas pueden ser tan fuertes como la onda directa y, por lo tanto, ofrecen una mejora de 3 dB en las relaciones de señal frente a ruido + interferencia.

En el caso de CDMA, que se reconoce como capaz de reutilizar el mismo espectro de frecuencia en todas las células, los haces ascendente y horizontal pueden utilizar el mismo espectro. En transmisión, simplemente es necesario asegurar que la potencia total transmitida desde cada haz es similar, de tal modo que la interferencia en un receptor procedente de un haz no deseado con respecto a un haz deseado es simplemente la relación entre los dos diagramas del sistema, lo cual probablemente será siempre suficiente para asegurar una interferencia mutua despreciable. Existe una interferencia adicional procedente de las señales radiadas horizontalmente al receptor del avión, provocada mediante la retrodifusión procedente de objetos terrestres iluminados, pero esta interferencia es tolerada por las propiedades CDMA.

La figura 7 es un dibujo ilustrativo que muestra un plan de reutilización de frecuencias inteligente cuando se utiliza la presente invención con los estándares GSM/EDGE del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones. Las transmisiones GSM utilizan menos espectro por señal que las CDMA, pero requieren mayores relaciones de señal deseada frente a no deseada, y por lo tanto no intentan reutilizar el mismo espectro en cada célula. Asimismo, es probable que sean menos tolerantes con respecto a la interferencia por retrodifusión. Para mitigar esta última, puede adoptarse una elección inteligente de las frecuencias utilizadas en los tres sectores horizontales con respecto a los tres sectores inclinados hacia arriba.

La utilización de diferentes conjuntos de canales de frecuencia para los tres sectores de cobertura terrestre se muestra mediante las etiquetas f1, f2 y f3. El conjunto de canales representados mediante f1 se utiliza para el haz 41a dirigido hacia arriba en el sector en el que el haz terrestre 41b utiliza el conjunto de canales f2. Análogamente, el haz ascendente 42a utiliza el conjunto de canales f2 sobre la utilización terrestre del conjunto de canales f3 en el sector 42b. El haz ascendente 43a utiliza el conjunto de canales f3 sobre el haz terrestre 43b de f1. De este modo, la utilización de la misma frecuencia para la comunicación con el avión y con tierra está separada tanto en acimut como en elevación. Adicionalmente, puede construirse una tercera permutación cíclica de los tres conjuntos de frecuencias para su utilización en otro conjunto más de haces a una elevación mayor que los haces 41a, 42a y 43a. Este conjunto de haces puede ser utilizado para proporcionar servicio a un avión más próximo a la torre.

En principio, el espacio de haces verticales de un ángulo entre cero y  $90^\circ$  de elevación puede ser dividido en cualquier número de capas de haces, que utilizan todas el mismo espectro en el caso de que se utilice una forma de onda de señal CDMA, o alternativamente, utilizan una permutación de las asignaciones del espectro en el sector acimutal de  $120^\circ$ , de tal modo que los haces que están adyacentes ya sea en acimut a la misma elevación, o en elevación al mismo acimut, no utilizan el mismo espectro. Esto proporciona una separación espacial de los haces para casos de reutilización de los mismos canales de frecuencia con objeto de mantener una mayor relación de intensidad de señal deseada frente a no deseada, en un receptor deseado.

5 La presente invención puede incluir una red de control para rastrear aviones y asignarlos a un funcionamiento mediante la torre o torres de estación base celular más próximas o más apropiadas. Por ejemplo, el avión pueden asignarse para funcionar a través de la torre de estación base que proporciona la máxima calidad de señal. Si un avión está demasiado cerca de una torre concreta, el ángulo de elevación puede ser demasiado grande. Por lo tanto, la red de control puede asignar una torre de estación base más alejada con objeto de situar el avión dentro del haz elevado.

10 La invención puede incluir asimismo un sistema de control de potencia que sirve para asegurar que tanto el transmisor terrestre como el transmisor del avión utilizan únicamente la potencia necesaria para llegar mutuamente al avión y en la torre más próxima, evitando interferencias con las torres más distantes que puede producirse utilizando la misma frecuencia para un avión diferente, o con torres considerablemente más alejadas que pueden recibir una señal de avión no deseada como interferencia con respecto a sus lóbulos horizontales de antena celular terrestre.

15 Tal como en las redes de comunicación celular, la red de control incluye un sistema de transferencia para asignar torres diferentes a medida que el avión se desplaza a través de la red. En una realización, se utiliza la misma potencia de transmisión desde la torre hacia el avión que desde la torre hacia los usuarios terrestres, asegurando de este modo que, para cada receptor previsto, la relación de la intensidad de la señal deseada frente a la no deseada está determinada por la relación de la ganancia del lóbulo principal de la antena prevista frente al nivel del lóbulo lateral del otro lóbulo. El sistema celular de tercera generación conocido como UMT-2000, que utiliza CDMA de banda ancha (WCDMA, wideband CDMA), es una técnica de transmisión preferida, para aprovechar la utilización de tecnología existente.

20 En otra realización, pueden conectarse diferentes redes celulares a la misma estación base. Una red celular puede dar servicio a los abonados con base terrestre a través de haces de antena horizontales formados mediante sistema de antenas de la presente invención. Una segunda red celular puede dar servicio a abonados en vuelo, a través de haces de antena elevados formados mediante el sistema de antenas de la presente invención.

25 La figura 8 es un diagrama de bloques simplificado de otra realización del sistema de la presente invención. La red 51 de control del tráfico aéreo (ATC) proporciona información ATC a la estación base 52. Análogamente, una red 53 de telecomunicaciones celulares proporciona información telefónica y multimedia de banda ancha a la estación base. Un multiplexor/desmultiplexor (MUX) 54 multiplexa la información, y la estación base transmite la información multiplexada a un avión 55 utilizando la configuración de antenas de la presente invención.

30 Las señales radioeléctricas procedentes de la estación base son recibidas preferentemente mediante una antena externa 56, que puede estar instalada en el fuselaje del avión 55, de tal modo que las propiedades de la señal son más predecibles que en el caso de las antenas de los dispositivos portátiles 57 de los pasajeros en el interior de la cabina de pasajeros. Un transceptor 58 de a bordo recibe las señales y las envía a un códec 59, que puede descodificar la información ATC y la información celular contenidas en el flujo de datos. A continuación, el códec puede recodificar la información ATC en un formato compatible con los instrumentos 61 de la cabina de pilotaje. El códec puede recodificar la información celular en un formato compatible con los dispositivos portátiles 57 de los pasajeros. El flujo de información recodificada es enviado a continuación a un MUX 62, que separa la información ATC respecto de la información celular. La información ATC es enviada a los instrumentos 61 de la cabina de pilotaje, mientras que la información celular es enviada a un repetidor 63 o retransmisor de a bordo para su retransmisión dentro del avión.

35 40 La estación base 52 puede transmitir las señales al avión 55 utilizando, por ejemplo, señales de acceso descendente de paquetes de datos a alta velocidad (HSDPA, High-Speed Downlink Packet Access). Después de su recodificación mediante el códec 59, la información celular puede ser transmitida mediante el repetidor 63 de a bordo utilizando un protocolo similar a WCDMA u otro, un protocolo GSM o EDGE , o un protocolo Bluetooth ó 802.11. De este modo, puede proporcionarse el servicio en el interior del avión a los dispositivos 57 de los pasajeros, sustancialmente de acuerdo con cualquier estándar. Análogamente, el repetidor de a bordo recibe transmisiones inversas desde los dispositivos de los pasajeros y/o el equipo de seguridad de a bordo, tal como una cámara web 64. Las transmisiones inversas son recodificadas y multiplexadas sobre la conexión avión-tierra junto con la información ATC y transmisiones de seguridad. De este modo, puede considerarse que la conexión aire-tierra proporciona comunicaciones de red de retroceso para una estación base microcelular de a bordo.

45 50 Debe observarse que la invención puede asimismo comunicar directamente con dispositivos 57 de pasajeros en vuelo, sin la utilización del dispositivo 63 de retransmisión o repetidor de a bordo. Sin embargo, debido a la diversidad de estándares y funcionamientos de los dispositivos de los pasajeros, la utilización del repetidor proporcionará un rendimiento y una flexibilidad superiores.

55 Tal como reconocerán los expertos en la materia, los conceptos innovadores descritos en la presente invención pueden modificarse y variarse en una amplia gama de aplicaciones. Por consiguiente, el alcance de la materia objeto patentada no debe limitarse a ninguna de las explicaciones ejemplares específicas discutidas anteriormente, sino que está definido mediante las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de comunicaciones celulares para comunicar con abonados móviles con base terrestre situados dentro de una célula y con un avión (55) que vuela a través de la célula, comprendiendo dicho sistema:
  - 5 una estación base (52) con base terrestre que da servicio a la célula, incluyendo dicha estación base con base terrestre:
    - una disposición de antena para generar un haz de antena elevado para comunicar con el avión;
    - una interfaz de control de tráfico aéreo, (ATC), para recibir información ATC desde una red ATC (51);
    - una interfaz celular para recibir comunicaciones celulares desde una red (53) de telecomunicaciones celulares;
  - 10 un multiplexor (54) para multiplexar la información ATC con las comunicaciones celulares en un flujo de datos enviado al avión (55) con el haz de antena elevado; y
    - un transceptor para transmitir el flujo de datos al avión a través del haz de antena elevado;
    - un transceptor (58) del avión a bordo del avión para recibir el flujo de datos desde la estación base con base terrestre; y
  - 15 un desmultiplexor (62) a bordo del avión para desmultiplexar el flujo de datos y encaminar la información ATC a la cabina de pilotaje del avión, encaminando al mismo tiempo las comunicaciones celulares a los dispositivos de comunicación portátiles a bordo del avión.
2. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 1, que comprende además una estación base microcelular (63) conectada al transceptor del avión, en el que la estación base microcelular transmite las comunicaciones celulares a los dispositivos de comunicación portátiles a bordo del avión.
  - 20 3. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 1, que comprende además un códec (59) para descodificar el flujo de datos recibido desde la estación base con base terrestre, y para recodificar la información celular en un formato utilizado por los dispositivos de comunicación portátiles.
  4. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 3, en el que el desmultiplexor envía la información ATC a los instrumentos (61) de la cabina de pilotaje y el códec recodifica la información ATC en un formato utilizado por los instrumentos de la cabina de pilotaje.
    - 25 5. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 1, en el que la disposición de antena de la estación base con base terrestre está adaptada asimismo para generar un haz de antena horizontal a través del cual son transmitidas y recibidas señales entre la estación base con base terrestre y los abonados con base terrestre.
  6. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 5, en el que la disposición de antena de la estación base con base terrestre está adaptada para generar el haz de antena horizontal con un pico del haz de antena horizontal dirigido aproximadamente a una elevación de cero grados, generando al mismo tiempo el haz de antena elevado con un pico del haz de antena elevado dirigido a una elevación de aproximadamente 30 grados, en el que el haz de antena elevado está lo suficientemente separado en elevación respecto del haz de antena horizontal como para eliminar la interferencia mutua entre los dos haces.
    - 30 7. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 6, en el que la estación base con base terrestre está adaptada para utilizar el mismo espectro de frecuencias en el haz de antena horizontal y el haz de antena elevado.
    - 35 8. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 1, en el que la disposición de antena incluye:
      - 40 un sistema de elementos de antena orientado verticalmente; y
        - una disposición de línea de alimentación conectada a cada uno de los elementos de antena para alimentar los elementos de antena con señales retardadas en fase progresivamente, generando de ese modo un haz de antena elevado dirigido hacia arriba en dirección al avión.
    9. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 8, en el que la disposición de línea de alimentación alimenta progresivamente los elementos de antena con señales retardadas en fase 90 grados comenzando con el elemento de antena inferior y prosiguiendo hacia arriba, generando de ese modo un haz de antena elevado dirigido hacia arriba a 30 grados.
    - 45 10. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 1, en el que la disposición de antena está situada sobre una serie de torres (21, 22) de antena y el sistema comprende además un controlador para rastrear el

avión y asignar el avión para un funcionamiento a través de una torre de antena que proporcione la máxima calidad de señal.

5 11. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 10, en el que el controlador está adaptado para transferir el avión desde una primera torre de antena hasta una segunda torre de antena cuando el avión se desplaza desde una primera célula a una segunda célula servidas mediante la primera y la segunda torres de antena, respectivamente.

10 12. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 5, en el que la disposición de antena genera haces de antena horizontales y elevados separados acimutalmente en sectores acimutales de una célula servida, y el espectro de frecuencias utilizado por el sistema está dividido entre los sectores de los haces de antena horizontales separados acimutalmente, y está dividido asimismo entre los sectores acimutales de, por lo menos, uno de los haces de antena elevados.

15 13. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 12, en el que la división del espectro de frecuencias entre los sectores acimutales de los haces de antena horizontales está rotada con respecto a la división entre los sectores acimutales de, por lo menos, un haz de antena elevado, en el que en cualquiera de los sectores, el haz de antena horizontal y el haz de antena elevado utilizan espectros de frecuencia diferentes.

20 14. El sistema de comunicaciones celulares acorde con la reivindicación 1, que comprende además un mecanismo de control de potencia para controlar los niveles de potencia de transmisión de la estación base con base terrestre y del transceptor a bordo del avión, en el que el mecanismo de control de potencia asegura que la estación base con base terrestre y el transceptor a bordo del avión transmiten a un nivel de potencia suficiente sólo para que las señales transmitidas alcancen mutuamente el avión y la torre de antena más próxima.

15. Un método en un sistema de comunicaciones celulares para comunicar con abonados móviles con base terrestre situados dentro de una célula y con un avión (55) que vuela a través de la célula, comprendiendo dicho método las etapas de:

25 generar mediante una disposición de antenas en una estación base (52) con base terrestre que da servicio a la célula, un haz de antena elevado para comunicar con el avión;

recibir mediante la estación base (52) con base terrestre, información de control del tráfico aéreo, (ATC), procedente de una red ATC (51);

recibir mediante la estación base (52) con base terrestre, comunicaciones celulares procedentes de una red (53) de telecomunicaciones celulares;

30 multiplexar mediante una estación base (52) con base terrestre, la información ATC con las comunicaciones celulares en un flujo de datos;

transmitir mediante la estación base (52) con base terrestre el flujo de datos multiplexado al avión (55);

recibir mediante un transceptor (58) a bordo del avión, el flujo de datos multiplexado procedente de la estación base (52) con base terrestre;

35 desmultiplexar el flujo de datos mediante un desmultiplexor (62) a bordo del avión (55);

encaminar la información ATC a la cabina (61) de pilotaje del avión; y

encaminar las comunicaciones celulares a los dispositivos (57) de comunicación portátiles a bordo del avión (55).

40 16. El método acorde con la reivindicación 15, en el que la etapa de generar un haz de antena elevado incluye las etapas de:

orientar una serie de elementos de antena en un sistema vertical;

conectar una disposición de líneas de alimentación a cada uno de los elementos de antena; y

alimentar los elementos de antena con señales retardadas en fase progresivamente, generando de ese modo un haz de antena elevado dirigido hacia arriba en dirección al avión (55).

45 17. El método acorde con la reivindicación 15, en el que la etapa de encaminar las comunicaciones celulares a los dispositivos de comunicación portátiles a bordo del avión incluye las etapas de:

encaminar las comunicaciones celulares a una estación base microcelular (63) conectada al transceptor a bordo del avión (55); y



mediante la estación base microcelular (63), transmitir las comunicaciones celulares a los dispositivos (57) de comunicación portátiles a bordo del avión.

18. El método acorde con la reivindicación 17, que comprende además las etapas de:

descodificar el flujo de datos recibidos desde la estación base (52) con base terrestre;

5 recodificar la información celular en un formato utilizado mediante los dispositivos (57) de comunicación portátiles; y

recodificar la información ATC en un formato utilizado mediante los instrumentos (61) de la cabina de pilotaje.

19. El método acorde con la reivindicación 15, que comprende además generar mediante la disposición de antenas en la estación base con base terrestre que da servicio a la célula, un haz de antena horizontal a través del cual son transmitidas y recibidas comunicaciones celulares entre la estación base (52) con base terrestre y los abonados con base terrestre.

20. Una estación base (52) en un sistema de comunicaciones celulares para comunicar con un avión (55) que vuela a través de una célula servida mediante la estación base (52), comprendiendo dicha estación base:

una disposición de antena para generar un haz de antena elevado para comunicar con el avión;

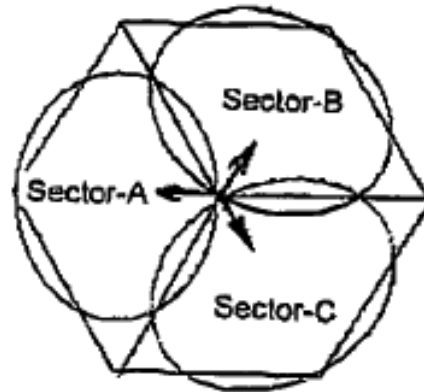
15 una interfaz de control de tráfico aéreo, (ATC), para recibir información ATC desde una red ATC (51);

una interfaz celular para recibir comunicaciones celulares desde una red (55) de telecomunicaciones celulares;

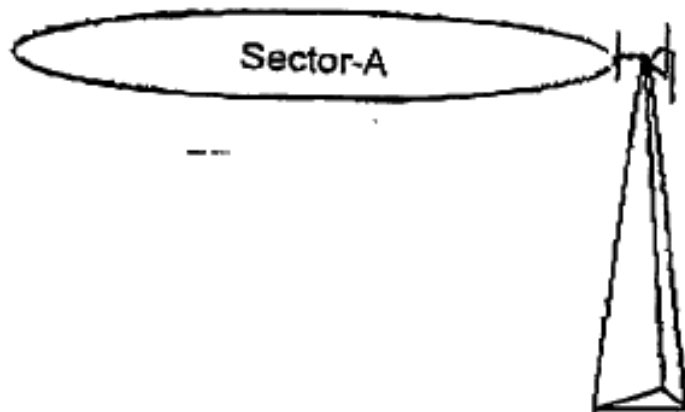
un multiplexor para multiplexar la información ATC con las comunicaciones celulares en un flujo de datos enviado al avión (55) con el haz de antena elevado; y

un transceptor para transmitir el flujo de datos al avión (55) a través del haz de antena elevado.

20 21. La estación base acorde con la reivindicación 20, en la que la disposición de antena está adaptada asimismo para generar un haz de antena horizontal a través del cual son transmitidas y recibidas señales entre la estación base y los abonados con base terrestre.



—  
**FIG. 1A**  
(Técnica anterior)



—  
**FIG. 1B**  
(Técnica anterior)

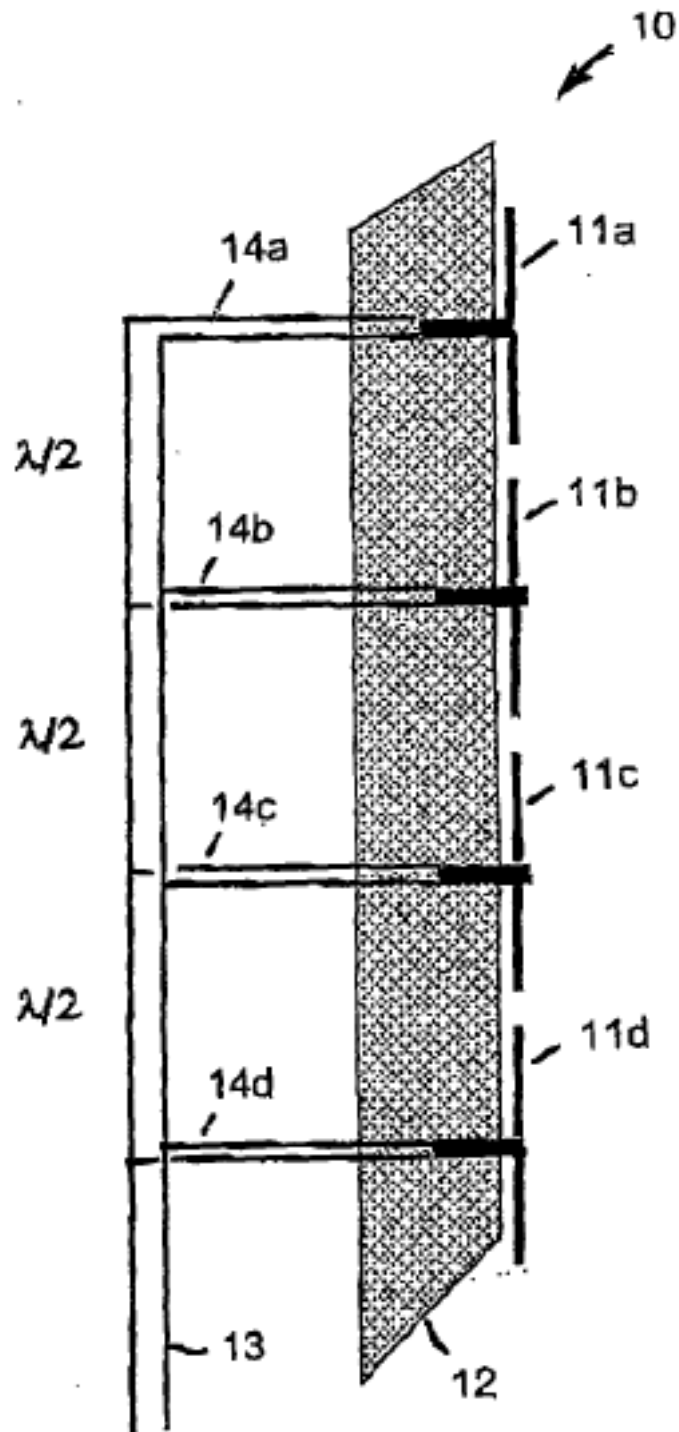


FIG. 2

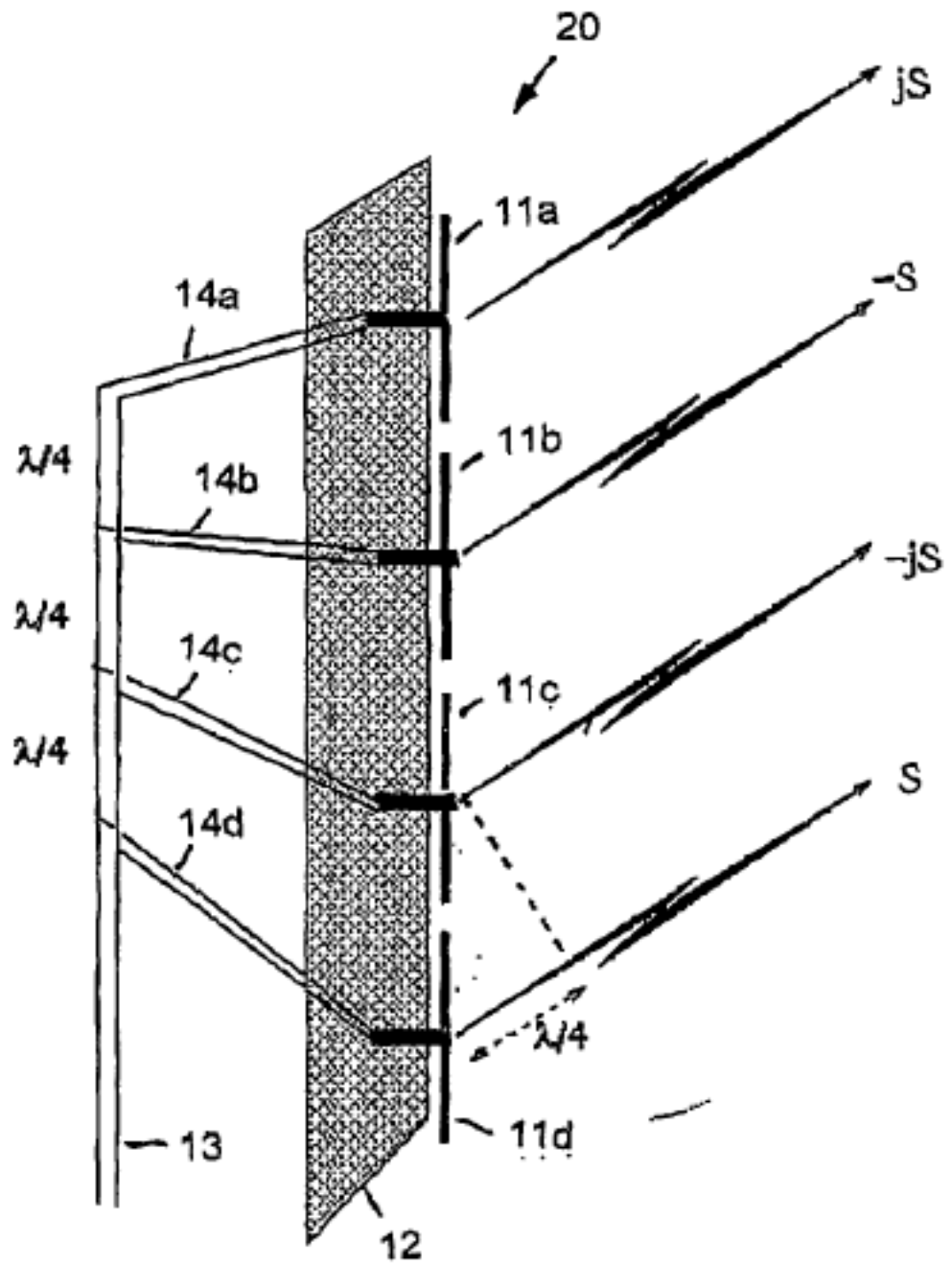


FIG. 3

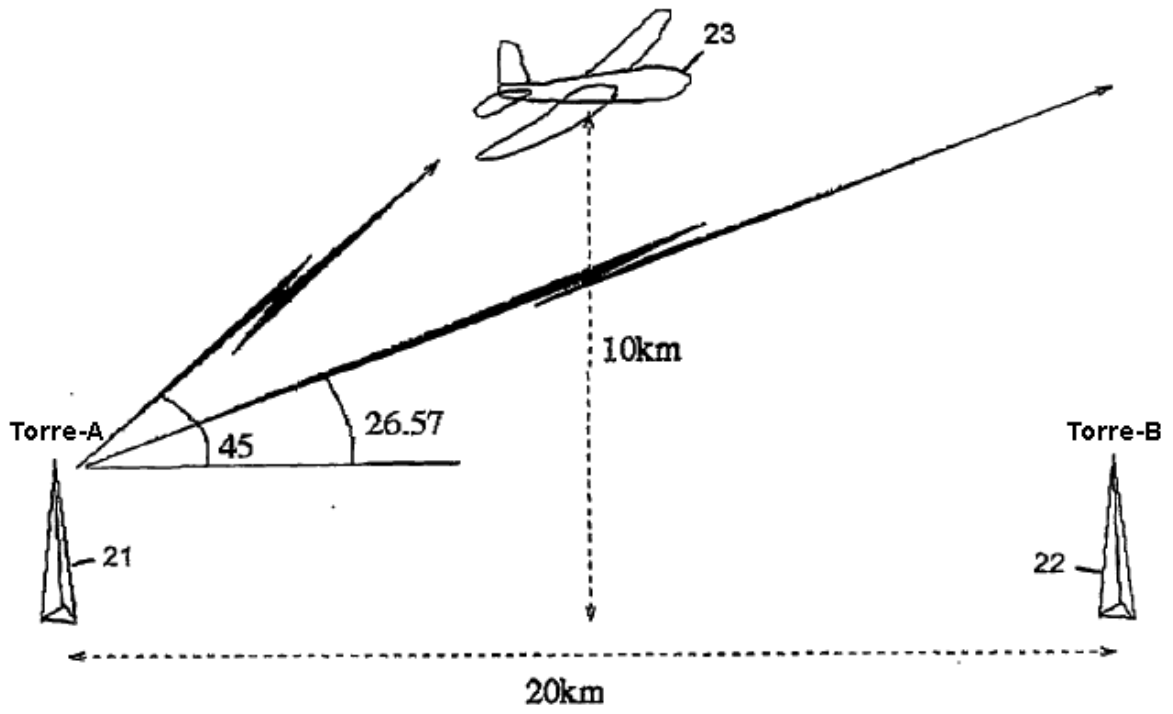


FIG. 4

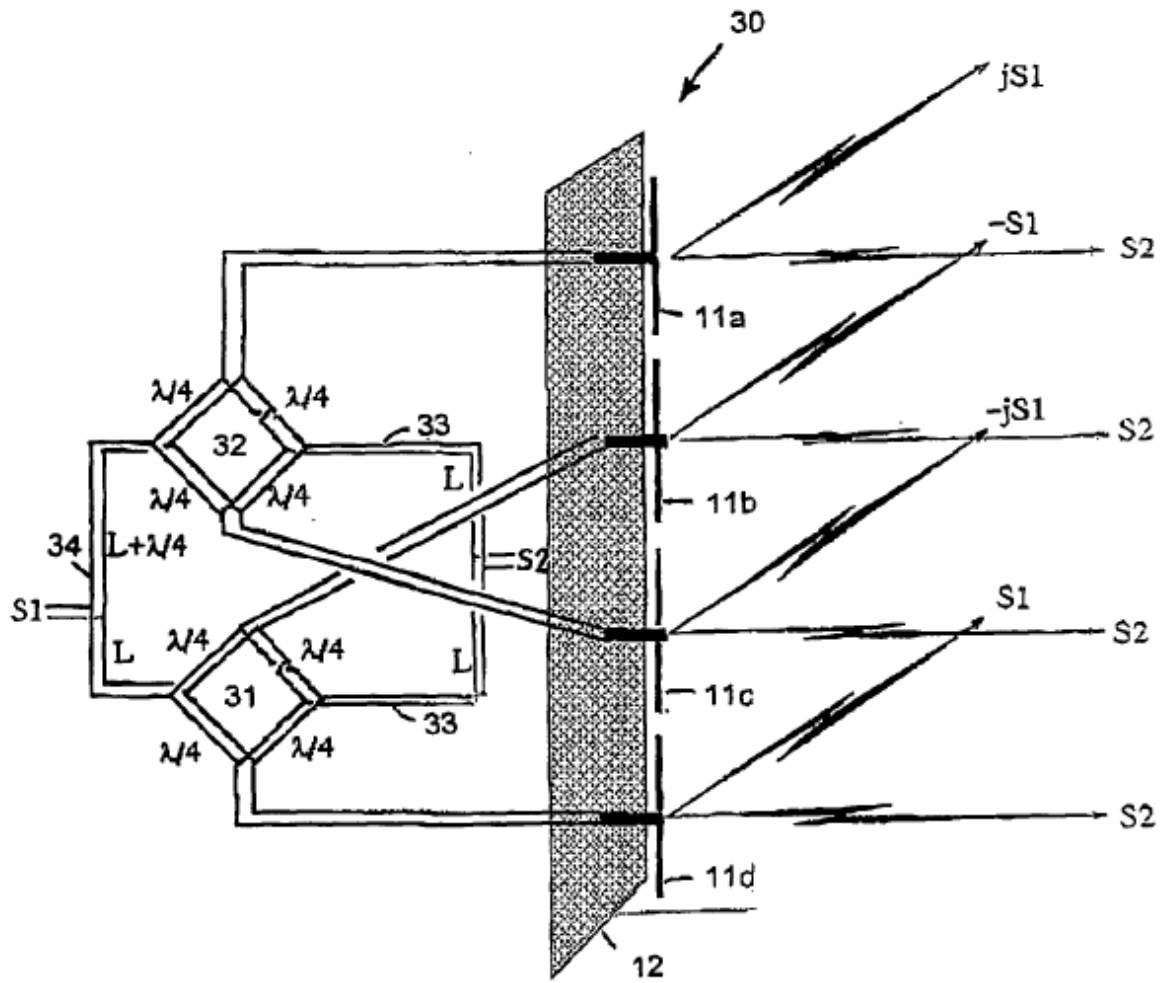


FIG. 5

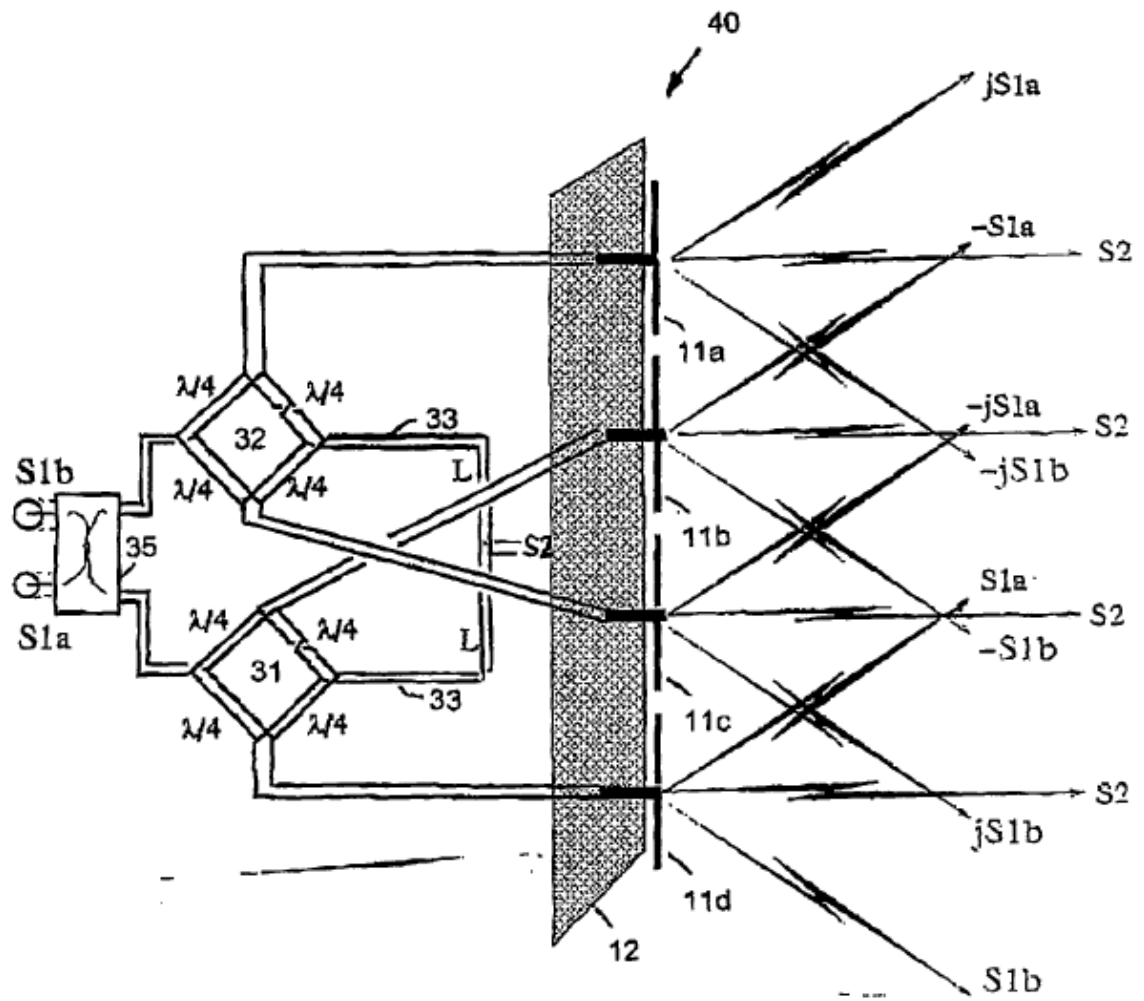


FIG. 6

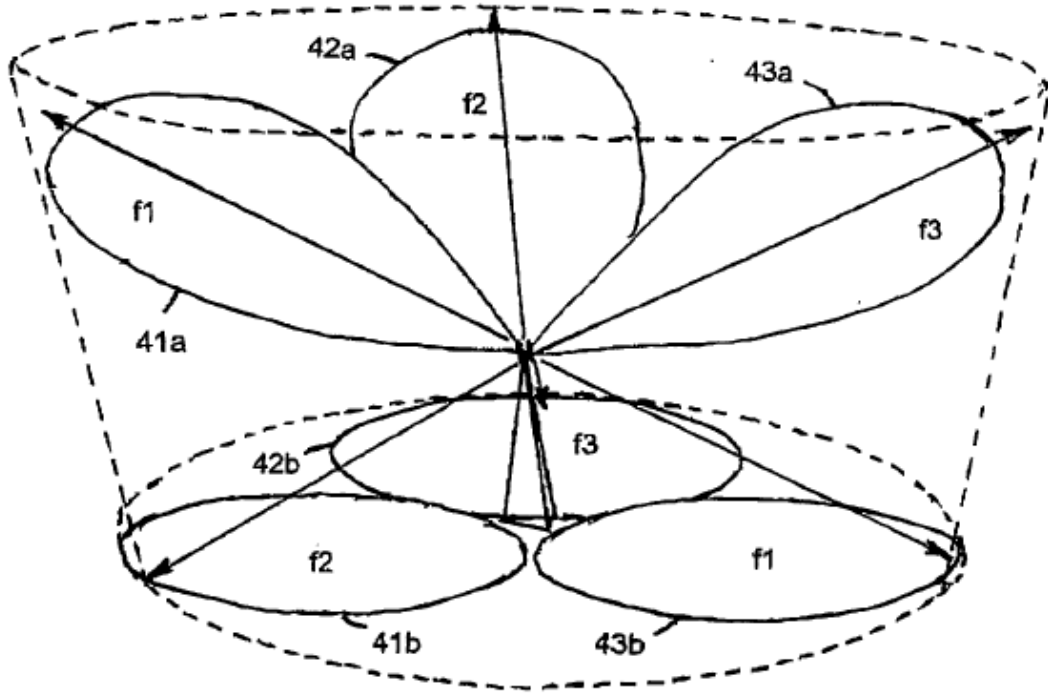


FIG. 7



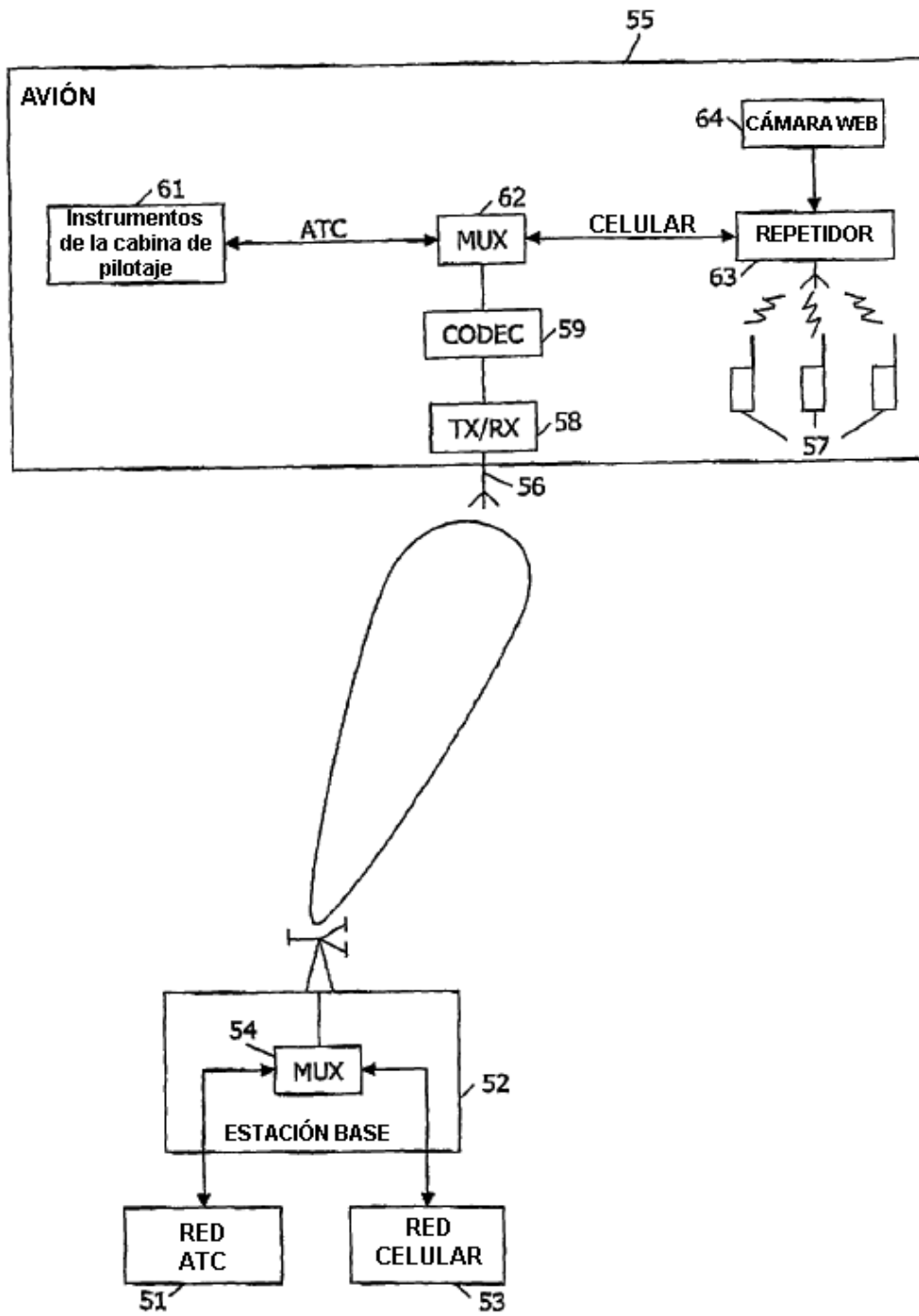


Fig. 8