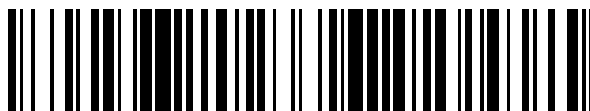


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 685**

51 Int. Cl.:

H01Q 3/26

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2003 PCT/IT2003/000655**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2005 WO05041353**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2003 E 03775787 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 1676338**

54 Título: **Sistema de antena y método para configurar un patrón radiante**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.04.2018

73 Titular/es:

TELECOM ITALIA S.P.A. (50.0%)

Via Gaetano Negri, 1

20123 Milano, IT y

PIRELLI & C. S.P.A. (50.0%)

72 Inventor/es:

CROZZOLI, MAURIZIO;

DISCO, DANIELE y

GIANOLA, PAOLO

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 661 685 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 de antena y método para configurar un patrón radiante

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a las técnicas que permiten lograr el control sobre el patrón de radiación (en transmisión y/o recepción) de una antena formada por una matriz de elementos radiantes (antena de matriz). Como es bien sabido, dichas antenas ofrecen la capacidad de establecer casi cualquier forma para el patrón de radiación, siempre que sea compatible con la teoría de antenas de matriz clásica.

Descripción de la técnica anterior

[0002] La investigación específica en el sector y la evolución tecnológica de los últimos años han permitido diseñar y construir sistemas radiantes particulares capaces de modificar profundamente el papel sustancialmente pasivo de las antenas tradicionales utilizadas para aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones y, en particular, para las estaciones base de radio (RBS) de sistemas de comunicación móvil.

[0003] En este contexto, la antena es el elemento final del proceso de planificación que, basándose en una serie de parámetros de diseño, determina las áreas de cobertura en función de variables tales como posición del sitio, orientación de la celda, potencia radiada, tipo de antena, etc., y en la que también se pueden asignar las frecuencias en uso (GSM, GPRS) o los códigos de propagación y aleatorización (UMTS).

[0004] Después de este proceso, en contextos tradicionales, algunas de las elecciones realizadas ya no se pueden modificar, a menos que se realicen intervenciones *in situ*, tales como cambios mecánicos en la orientación del haz de la antena, o se reemplaza el modelo de antena para obtener un diagrama de radiación diferente (cambio de lóbulo).

[0005] En vista del paso de los sistemas actuales 2G a los sistemas 3G donde las estaciones base tendrán que cumplir requisitos de calidad de servicio (QoS) cada vez más estrictos, parece deseable poder beneficiarse del potencial ofrecido por las antenas cuyo diagrama de radiación puede ser controlado, particularmente operando a distancia.

[0006] Para conformar el diagrama de radiación de una antena, en la técnica anterior se hace uso de antenas de "matriz". Estas son antenas formadas por un conjunto (matriz) de elementos radiantes idénticos entre sí, colocados de cualquier manera en el espacio (siempre que cada uno de ellos irradie la señal con la misma polarización) en el que, aplicando transformaciones apropiadas a la señal en tránsito (es decir, señal entrante a irradiar o señal saliente recibida por la antena) en términos de amplitud y fase, se obtiene el así llamado "efecto matriz", es decir, el efecto de conformar el diagrama de radiación. En particular, examinando solo el enlace de recepción por el momento, las señales recibidas por cada elemento radiante de la matriz se vuelven a combinar por medio de una combinación lineal apropiada que puede variar cada una de las señales implicadas en amplitud y/o fase. La selección de los coeficientes utilizados en la combinación lineal de las señales recibidas por la antena determina sus características de radiación. Estos coeficientes se expresan matemáticamente por medio de números complejos llamados coeficientes (de alimentación) o ponderaciones de la antena de matriz. Para el enlace de transmisión, lo mismo se aplica de manera dual.

[0007] Si el procesamiento de señal operado por la antena de matriz es del tipo analógico de radiofrecuencia (RF), la técnica anterior relacionada con antenas de esta naturaleza pertenece a dos conceptos fundamentales.

[0008] En el primer concepto, se describe una solución conocida, por ejemplo, en el documento US-A-5 917 455, en el que el diagrama de radiación se combina por medio de la combinación de dispositivos desfasadores pasivos que operan en RF, asociados con la antena. En particular, en el documento conocido, el accionamiento mecánico de los desfasadores se logra por medio de actuadores electromecánicos asociados con la antena y controlados a distancia.

[0008] Esta solución permite obtener diferencias de fase en la red de alimentación de radiofrecuencia con respecto a los elementos de antena que comprenden la matriz, enfocando así el diagrama de antena en la dirección deseada.

[0009] Un problema de este tipo de solución reside en el hecho de que estas antenas permiten normalmente variar la dirección del lóbulo principal del patrón de radiación solamente.

[0010] En el segundo concepto de soluciones conocidas, véase, a modo de ejemplo, el documento US-A-6 366 237, el diagrama de antena se controla mediante desfases activos, por ejemplo, diodos PIN (Positivo-Intrínseco-Negativo), y por medio de amplificadores de ganancia ajustables para obtener variaciones de amplitud. En 5 ambos casos, son dispositivos de RF activa asociados con la antena.

[0011] Entre los problemas críticos de este segundo tipo de sistemas, está el hecho de que son propensos a fallos debido a la naturaleza delicada de los diodos PIN. También existe la complejidad de la construcción de dichos sistemas y la limitación intrínseca en los grados de libertad que son típicos de los desfases de diodo PIN.

10 **[0012]** Un tipo adicional de soluciones se refiere al caso en el que el procesamiento de señal operado por la antena es de tipo digital.

[0013] En este tipo de soluciones, tales como el ejemplo descrito en la solicitud de patente US 2003/032424, 15 la arquitectura general es tal que a cada elemento radiante de la antena corresponde una fase de conversión de la señal asociada al mismo que realiza su transformación desde analógico (RF) a digital y viceversa. El conjunto de señales digitales relacionadas con cada elemento radiante se intercambia entonces con la unidad para el procesamiento digital de la señal.

20 **[0014]** Un problema de este tipo de solución reside en la alta capacidad de ancho de banda requerida de la conexión física entre la unidad para el procesamiento digital de la señal y la antena. En este caso, dado que la antena y la unidad para el procesamiento digital de la señal, por ejemplo, una estación base de radio (RBS) están ubicadas típicamente a varios metros una de la otra, es necesario tener un enlace de datos bidireccional de alta capacidad por medio de cable de fibra óptica o coaxial, que les permite intercambiar datos, véase, por ejemplo, 25 "High speed optical data link for Smart Antenna Radio System", Multiaccess, Mobility and Teletraffic for Wireless Communications Conference, Venecia, Italia, 6-8 de octubre de 1999.

[0015] Un ejemplo adicional de antenas cuyo diagrama de radiación puede controlarse se describe en el documento US 2003/032454, que describe un sistema para compartir una torre de distribución de señal entre 30 múltiples operadores. Esta solución permite a cada uno de dichos operadores controlar las características de los haces irradiados individualmente.

[0016] La limitación del sistema de la técnica anterior es que la operación de formación de haz se realiza lejos de la antena (ya sea pasiva o activa), en unidades de procesamiento de señal de banda base apropiadas 35 (situadas, por ejemplo, en la base de la torre de soporte de antena).

[0017] Para este tipo de solución, el problema ya destacado para la solicitud de patente US 2003/032424 también se aplica: en este caso, también, existe la necesidad de transportar cada señal individual de cada elemento radiante de la matriz a la unidad de procesamiento, lejos de la antena, y viceversa, lo que implica, como se describe, 40 un enlace bidireccional de alta capacidad entre la RBS y la antena.

[0018] Plenamente a modo de indicación, se puede hacer referencia a las técnicas que permiten obtener antenas de matriz adaptadas o antenas inteligentes (véase, por ejemplo, el documento WO 9853625). En este tipo de solución, las características de radiación pueden modificarse selectivamente mediante el procesamiento 45 analógico o digital de la señal que transita por la cadena de radio (transmisión o recepción). De este modo es posible adaptar el diagrama de radiación a las necesidades específicas de un único usuario de un sistema, por ejemplo, permitiendo que cierta antena "rastree" con un lóbulo de su diagrama de radiación a un usuario determinado en movimiento. Estas antenas pueden participar activamente en el proceso de transmisión de señales dentro de una red de radio móvil, interactuando explícitamente con el área de cobertura, o más bien con los usuarios individuales 50 presentes en cada momento dentro de dicha área (para antecedentes generales, véase, por ejemplo, "Smart antennas for wireless communications: IS-95 and third generation CDMA Applications", J.C.Liberti y T.S.Rappaport, Prentice Hall, 1999, Capítulo 3).

[0019] La capacidad de adaptarse dinámicamente (de ahí la definición de antena "adaptativa") al diagrama de radiación en función del número y la posición de los usuarios proporciona a estos nuevos sistemas de radiación un considerable potencial de aplicación dentro del campo del sistema móvil de la segunda generación (2G: por ejemplo, GSM, GPRS, EDGE) y de la tercera generación (3G: por ejemplo UMTS, CDMA2000). Esto es particularmente cierto para la capacidad de controlar y limitar los niveles de interferencia que, para los sistemas móviles actualmente operativos (GSM, GPRS) es sin duda la limitación más importante que impide mayores aumentos en el número y

calidad de usuarios/servicios para el mismo número de canales espectrales disponibles, mientras que para el sistema de tercera generación aparece como el parámetro cuyo control es esencial en la operación intrínseca de la red, ya que la misma banda de frecuencia se comparte entre los diversos usuarios.

5 **[0020]** Aparte de todas las demás consideraciones, las técnicas de antenas adaptativas se perciben normalmente como técnicas bastante sofisticadas, con una carga de procesamiento considerable asociada a las mismas, tanto en términos de coste como en términos de la naturaleza compleja y delicada de los dispositivos requeridos para su implementación. Dado que el requisito de implementar adaptabilidad en tiempo real es una de las especificaciones más difíciles de lograr y especialmente de gestionar, el uso de antenas adaptativas (a veces
10 también definidas como "sistemas de antena adaptativa/inteligente") dentro del sistema de radio móvil es, hasta la fecha, aún muy inusual y sustancialmente limitado a algunos casos esporádicos.

[0021] Más específicamente, la presente invención se refiere a un método para configurar el diagrama de radiación de una antena de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, que se conoce, por ejemplo, a partir del
15 documento EP 1 315 235 A1.

Objetos y resumen de la presente invención

[0022] El objetivo de la presente invención es proporcionar una solución tal que supere los inconvenientes intrínsecos de las soluciones de la técnica anterior, tal como se ha descrito anteriormente, proporcionar una solución
20 tal que permita obtener antenas reconfigurables que, tanto en términos de coste como en términos de complejidad y fragilidad de los dispositivos necesarios para su implementación, puedan proponerse para su uso en redes normales de telecomunicaciones.

[0023] De acuerdo con la presente invención, dicho objeto se logra gracias a un método que tiene las características específicamente establecidas en las siguientes reivindicaciones. La invención también se refiere a la antena correspondiente, una red de telecomunicaciones relacionada, así como un producto informático que puede cargarse en la memoria de al menos un dispositivo electrónico, por ejemplo, un dispositivo microprogramable, y que
25 contiene porciones del código de software para implementar el método de acuerdo con la invención cuando el producto se realiza en dicho dispositivo.
30

[0024] Esencialmente, la solución descrita hasta ahora se basa en la elección de abandonar la capacidad de optimizar el funcionamiento del sistema en una base de usuario, lo que conduce a lograr simplificaciones considerables a nivel del control/gestión del aparato radiante, operando en una base celular. Esta es una elección
35 sustancialmente aceptable porque deja inalterada la considerable ventaja de poder explotar la "reconfiguración" (antenas reconfigurables) del diagrama de radiación, por ejemplo, en función de algunas características de una red de radio móvil.

[0025] De acuerdo con la realización actualmente preferida de la invención, las características de radiación de una antena pueden configurarse incluyendo en la antena una pluralidad de elementos radiantes y asociando a cada uno de dichos elementos radiantes una cadena de procesamiento de señal respectiva en la transmisión y/o
40 recepción, ubicados cerca de la antena o constituyendo una parte integral de la misma, que comprende:

- un módulo de ponderación de señal digital, capaz de aplicar al menos un coeficiente de ponderación respectivo
45 (típicamente complejo) a una señal, y
- un conjunto de conversión de antena interpuesto entre el módulo de ponderación de señal digital y uno de los elementos radiantes de la antena, operando el conjunto de conversión en una señal digital en el lado del módulo de ponderación de señal y en una señal analógica (típicamente radiofrecuencia) en el lado del elemento de antena.

[0026] Una señal distribuida en las cadenas de procesamiento asociadas a cada elemento radiante de la antena se propaga (en transmisión y/o recepción), mientras que los respectivos coeficientes de ponderación se aplican a los módulos mencionados anteriormente para ponderar la señal digital. Dichos coeficientes de ponderación, aplicados a la señal hecha para propagarse en las cadenas de transmisión y/o recepción, determinan,
50 posiblemente de forma diferenciada en la transmisión y en la recepción, el diagrama de radiación de la antena.
55

[0027] Una realización preferida de la solución descrita en el presente documento proporciona el uso de una técnica digital para controlar los aparatos de radiación operados de forma remota, aprovechando al máximo todos los grados de libertad permitidos por una antena de matriz.

[0028] Una realización particularmente preferida de la solución descrita en el presente documento proporciona la presencia de dispositivos asociados a la antena (es decir, módulo de ponderación de señal, conjunto de conversión de antena) y de otros dispositivos situados a cierta distancia y conectados a los primeros dispositivos posiblemente por medio de enlace de fibra óptica. De esta forma, es posible obtener una red de comunicación, por ejemplo, una red de radio móvil, que se beneficie durante las etapas de planificación y operativas de la capacidad de modificar los diagramas de antena de acuerdo con las necesidades relacionadas con la variabilidad de las condiciones del tráfico en el tiempo.

[0029] En comparación con la técnica anterior, la realización particularmente preferida mencionada anteriormente introduce tres fuentes principales de ventaja:

- la información para controlar el haz de antena puede transportarse a través del mismo enlace (por ejemplo, fibra óptica) utilizado para transportar la señal de información, eliminando todas las redundancias en el transporte de la señal sobre fibra óptica o cable como es el caso, como se muestra en la técnica anterior, si las operaciones de formación de haz se realizan lejos de los elementos radiantes;
- los aparatos de procesamiento de señales se pueden subdividir en dos partes: por un lado (en el nivel de la unidad central) hay todo lo que está dedicado al procesamiento de la banda base (BB) y posiblemente la frecuencia intermedia (IF); por otro lado se encuentra el procesamiento restante (es decir, formación de haz) hasta el nivel de radiofrecuencia (RF): preferiblemente, las dos partes se comunican entre sí por medio de un enlace de fibra óptica o de cable (técnica Radio sobre Fibra - RoF);
- se pueden introducir sistemas de antena avanzados, capaces de permitir variaciones genéricas (no solo en términos de cambiar el enfoque del haz principal) del haz de la antena.

Breve descripción de los dibujos adjuntos

[0030] La invención se describirá ahora, puramente a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La Figura 1 es un diagrama de bloques funcionales que propone una comparación directa entre una solución de la técnica anterior y la solución descrita en el presente documento,
- las Figuras 2 y 3 desarrollan, en el diagrama de bloques de función, la comparación introducida en la Figura 1, y
- la figura 4 es un diagrama de bloques de función que ilustra los criterios para obtener una estación base de radio que implementa la solución descrita en el presente documento.

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

[0031] La siguiente descripción detallada utiliza como referencia los principios generales de la teoría de matrices de antena, como se presenta, por ejemplo, en el texto de referencia: - Y. T. Lo, S. W. Lee, Ed., "Antenna handbook - Theory, applications and design", Van Nostrand Reinhold, Nueva York 1988 (en particular en los Capítulos 11, 13, 14, 18, 19), y en la bibliografía disponible para los versados en la técnica de construir dichas antenas.

[0032] Se pueden usar técnicas de síntesis ya conocidas tales como, por ejemplo, las técnicas conocidas como métodos de Dolph-Chebyshev, Taylor, Woodward-Lawson, para diseñar dichas antenas. Estas técnicas bien conocidas no serán objeto de una descripción detallada en el presente documento.

[0033] Para los fines de la presente descripción, bastará recordar que una antena configurable controlada a distancia es, por ejemplo, una antena en la que el ajuste de los coeficientes o ponderaciones de la fuente de alimentación, aplicados a cada elemento radiante, se varía operando a distancia; en este caso, este es un concepto que ya se ha aplicado a una red celular para comunicaciones móviles o una red de telefonía móvil: por ejemplo, el documento US-A-6 366 237 mencionado previamente permite controlar a distancia la inclinación del haz principal de un antena por medio de componentes, llamados desfasadores, que actúan en RF.

[0034] Una ventaja significativa de la solución descrita en el presente documento (que es aplicable no solo a las redes de radio móviles, sino también cuando las características de radiación de una antena deben ser configuradas), viene dada por la capacidad de procesar la señal que logra el efecto matriz en forma digital, operando tanto en banda base (BB) como en frecuencia intermedia (IF), cerca de la antena o en un aparato que está integrado con la misma, gracias a la información de control de diagrama proporcionada a distancia.

- [0035]** De acuerdo con la arquitectura descrita en el presente documento por medio del ejemplo de realización actualmente preferido, se considera una estación base de radio SRB en la que existe el transporte, a través de un mismo enlace de fibra óptica, tanto de la señal de datos como de la señal de control del diagrama de radiación de antena (ambos en formato digital) hacia un aparato (unidad de antena o AU) situado lo más cerca posible de la antena, si no está integrado en la misma. Por lo tanto, esta solución podría implementarse con la técnica Radio sobre fibra, pero no exclusivamente: cualquier tipo de enlace, por ejemplo, también con un cable coaxial que tenga la capacidad de transmisión necesaria, es adecuado para los requisitos.
- [0036]** Este concepto se destaca en la Figura 1, donde la parte de la izquierda, designada a), muestra esquemáticamente una configuración de estación base de acuerdo con la técnica anterior, mientras que la parte de la derecha, designada b), muestra esquemáticamente una configuración de estación base de acuerdo con la solución descrita en el presente documento, en la que, en aras de la simplicidad, solo se ha introducido el objeto gráfico denominado A para representar la antena de matriz sin detallar los cables relacionados con cada elemento radiante (es decir, sin especificar el tipo de formación del haz aplicado).
- [0037]** En general, se asumirá aquí que los elementos funcionales que se ilustran a continuación pueden funcionar tanto en transmisión (enlace descendente - DL) como en recepción (enlace ascendente - UL). Por este motivo, en lo sucesivo se destacarán los dos modos operativos presentes en cada bloque.
- [0038]** Considerando primero la funcionalidad de transmisión (DL), en ambas partes de la Figura 1, la BS1 es un bloque funcional conocido capaz de generar una señal (datos/información) útil y una señal de control (detección del estado operativo de todos los aparatos presentes en el sistema), así como, en el caso de la solución de la Figura 1b, también la información requerida para lograr la reconfigurabilidad de la antena A. Ambas señales en cuestión están en formato digital.
- [0039]** La referencia DDL-C (Enlace de datos digitales - lado central) designa un bloque funcional conocido capaz de recibir una señal eléctrica en formato digital, para su disposición en tramas, por ejemplo, de acuerdo con la jerarquía digital síncrona (SDH), para serializarla y convertirla en una señal óptica adecuada para enviarse por fibra óptica F.
- [0040]** La referencia DDL-A (Enlace de datos digitales - Lado de la antena) designa un bloque de función conocido que, realizando las operaciones realizadas por el bloque DDL-C en orden y manera inversa, devuelve exactamente (excluyendo cualquier error de transmisión a lo largo de la fibra óptica) la señal eléctrica en formato digital recibida por el bloque DDL-C.
- [0041]** BS2 es un bloque de función constituido por una unidad de procesamiento de señal digital y por una unidad de tratamiento analógica que recibe como entrada una única señal eléctrica en formato digital a fin de suministrarla a la antena A por medio de una señal de RF.
- [0042]** En una solución tradicional (Figura 1a), el bloque BS2, destinado a suministrar el elemento radiante constituido por la antena A, comprende esencialmente:
- un convertidor digital-analógico
 - una etapa de conversión de frecuencia (mezclador, filtros, etc.) que lleva la señal a RF;
 - un amplificador de potencia de RF;
 - un posible duplexor (componente generalmente pasivo que permite separar los flujos de transmisión y recepción conectados con una antena) si la técnica de transmisión es FDD (Dúplex por división de frecuencia) o un conmutador si la técnica transmisiva es TDD (Dúplex por división de tiempo).
- [0043]** En el caso de la solución innovadora descrita en el presente documento (Figura 1b), el bloque BS2 puede generar un cierto número de réplicas reprocesadas apropiadamente de la señal presentada a su entrada. Cada réplica alimenta la cadena de transmisión correspondiente (convertidor D/A, fase de conversión de frecuencia, amplificador de potencia de RF, duplexor o conmutador) del tipo descrito anteriormente, conectada a su vez al elemento de antena respectivo.
- [0044]** De manera dual, considerando la funcionalidad de recepción (UL) y refiriéndose únicamente por simplicidad a la solución innovadora descrita en el presente documento, el bloque BS2 recibe del elemento radiante A un cierto número de señales procedentes de los elementos radiantes de la antena, permitiendo que las señales recibidas pasen a través de una cadena receptora que comprende:

- el posible duplexor ya descrito anteriormente, constituido, por ejemplo, por un componente generalmente pasivo que permite separar los flujos de transmisión y recepción en el caso de la técnica FDD o mediante un conmutador en el caso de la técnica TDD;

5 - un amplificador de RF de bajo ruido;

- una fase de conversión de frecuencia (mezclador, filtros, etc.) para llevar la señal a frecuencias más bajas (frecuencia intermedia o banda base) donde se puede convertir a formato digital; y

- un convertidor analógico-digital.

10 **[0045]** En la recepción (UL), el bloque DDL-A recibe como entrada una señal eléctrica en formato digital y la organiza en tramas, por ejemplo, de acuerdo con la jerarquía síncrona SDH, para serializarla y convertirla en una señal óptica adecuada para ser enviada por la fibra óptica F.

15 **[0046]** También en la recepción (UL), el bloque DDL-C realiza en orden y forma inversa las operaciones realizadas por el bloque DDL-A y devuelve exactamente (excluyendo cualquier error de transmisión a lo largo de la fibra óptica) la señal eléctrica en formato digital que el bloque DDL-A había recibido a su entrada.

20 **[0047]** Finalmente, en la recepción, el bloque BS1 genera, a partir de la señal recibida del bloque DDL-C, una señal útil (de información) y una señal de control, ambas en formato digital.

25 **[0048]** En el caso de la solución innovadora descrita en el presente documento (Figura 1b), el bloque BS2 puede recombinar apropiadamente las señales de RF recibidas por cada uno de los elementos radiantes de la antena ponderando las señales (la recombinación se realiza en modo digital), para producir una señal, resultante de la ponderación o reconfiguración, que se transmitirá en la BS1.

30 **[0049]** Los expertos en la técnica apreciarán que, en algunas realizaciones posibles, los componentes presentes en el bloque BS2 que realizan, respectivamente en transmisión y en recepción, las funciones de elemento radiante, de duplexor o conmutador y de procesamiento de señal digital, pueden estar integrados entre sí.

35 **[0050]** Lo anterior se destaca adicionalmente en las representaciones de las Figuras 2 y 3, que se refieren respectivamente a una solución conocida (sin reconfiguración de antena, incluso en presencia de transporte de señal por fibra óptica) y a la solución innovadora descrita en el presente documento (con reconfiguración de antena).

40 **[0051]** En particular, la Figura 2 muestra que, en la transmisión (DL), la señal de información saliente del bloque BS1 (por construcción ya en forma digital) pasa al módulo DDL-C que empaqueta apropiadamente la señal (mapeo, estructuración, serialización) y la convierte en formato óptico que se recibe a través del enlace de fibra óptica (F) por el módulo DDL-A.

45 **[0052]** Una vez que alcanza el DDL-A, la señal experimenta las transformaciones inversas con respecto a las que experimentó en DDL-C, es decir, transformación de óptica a eléctrica (módulo 10), mapeo inverso y estructuración y finalmente deserialización (módulo 12), devolviendo de este modo la misma señal eléctrica digital disponible en la salida de BS1, idealmente inalterada (en realidad, las Tasas de errores de bits típicas para enlaces ópticos no son iguales a cero, pero ciertamente son bastante bajas, por ejemplo del orden de 10^{-12}) y lista para pasar por las fases típicas que deberán llevarla a RF, es decir conversión D/A (módulo 14), conversión de frecuencia de BB o IF a RF (módulo 16) y finalmente amplificación de potencia (módulo 18), antes acceder al duplexor (o conmutador) 20 y, a partir de allí, a la antena A a irradiar.

50 **[0053]** De manera similar, aunque invertida, se encuentra la ruta de la señal de información en la recepción (UL) procedente de la antena A, pasando así, en este orden, a través de:

- el duplexor o conmutador 20,

- un amplificador de RF de bajo ruido 22,

- un convertidor de frecuencia descendente (convertidor descendente) 24,

- un convertidor A/D 26.

55

[0054] Se apreciará que, antes de entrar en DDL-A, la señal saliente de BS2 se puede muestrear y discretizar, es decir, convertirse en señal digital, operando ya sea en la banda base (BB) o en la frecuencia intermedia (IF).

[0055] En el bloque DDL-A, la señal se somete, en un módulo 28, a operaciones de procesamiento que son complementarias a las realizadas en el módulo 12 y finalmente se convierten en forma óptica en un módulo 30 en vista de su transmisión hacia DDL-C a través de la fibra F.

5 **[0056]** Lo anterior es sustancialmente válido también para la solución innovadora que se muestra en la Figura 3, donde se usaron referencias idénticas para indicar elementos que son idénticos o equivalentes a los ya descritos con referencia a la Figura 2.

[0057] Esencialmente, mientras se mantiene una estructura idéntica para el módulo DDL-A, en la solución descrita en la Figura 3 el conjunto de partes designadas como BS2 en la Figura 2 (módulos 14 a 26) se multiplexa en forma de un cierto número de bloques idénticos (en el número de cuatro, en la realización ilustrada en el presente documento). Cada uno de los bloques en cuestión puede conectarse a un elemento radiante respectivo de la antena A.

15 **[0058]** En este caso, en la transmisión, la señal que sale del módulo DDL-A (que es una señal digital) se procesa de forma digital de la siguiente manera:

- la señal se replica, por medio de un divisor (DL)/combinador (UL) 32 tantas veces como los grados de libertad deseados a través de los cuales se controlará el diagrama de la antena (igual al número de ponderaciones, típicamente igual al número de elementos radiantes de la matriz, es decir, cuatro en el ejemplo considerado en el presente documento);
- a cada réplica se aplica, en un módulo de ponderación correspondiente 34a, 34b, 34c y 34d, una ponderación relacionada (generalmente compleja, es decir, expresable en términos de módulo y fase) establecida en una unidad de control CU ubicada en el bloque BS1, que se selecciona de acuerdo con criterios conocidos, por ejemplo, de tal manera que se cumplan los requisitos determinados en términos de cobertura del territorio al que da servicio la estación base de radio (celda);
- cada réplica ponderada de la señal, independientemente de las demás, pasa por las fases necesarias que la llevarán a RF: conversión D/A (módulo 14), conversión de frecuencia de BB o IF a RF (módulo 16) y por último amplificación de potencia (módulo 18) antes de acceder al duplexor o conmutador 20 y, desde allí, al elemento correspondiente de la antena de matriz A a irradiar.

[0059] En algunas situaciones, en particular cuando el diagrama de radiación de la antena A debe someterse únicamente a una variación de la inclinación del haz, la potencia total emitida por los amplificadores 18 asignados a cada elemento radiante puede reducirse a la potencia de salida en el sistema tradicional, donde hay un solo amplificador de potencia a lo largo de la cadena de radio, dividido por el número de ponderaciones introducidas.

[0060] Lo indicado anteriormente con referencia a la operación en la transmisión (DL) se aplica de manera dual en la recepción (UL), donde las señales digitales salientes de los convertidores individuales 26 se someten a ponderación en los respectivos módulos de ponderación 36a, 36b, 36c y 36d, operando de manera "homóloga" con respecto a los módulos 34a, 34b, 34c y 34d vistos previamente, para converger posteriormente hacia el divisor (DL)/combinador (UL) 32 que los recombina en vista de la transferencia al módulo DDL-A.

[0061] La referencia a un comportamiento "homólogo" de los módulos de ponderación 36a, 36b, 36c y 36d con respecto a los módulos 34a, 34b, 34c y 34d expresa simplemente la naturaleza similar de la función y, por lo tanto, no debe interpretarse en el sentido de que significa la forma del diagrama de radiación utilizado en la transmisión (dado por los coeficientes aplicados en los módulos de ponderación 34a, 34b, 34c y 34d) y la forma del diagrama de radiación utilizado en la recepción (dado por los coeficientes aplicados en los módulos de ponderación 36a, 36b, 36c y 36d) deben ser idénticos entre sí. La solución descrita en el presente documento permite utilizar, si es útil o necesario, diferentes diagramas de radiación en la transmisión y en la recepción.

[0062] Haciendo referencia conjuntamente a la Figura 3 y a la Figura 4 (que reproduce, designados por las mismas referencias, algunos de los elementos ya presentados en la Figura 3, presentados en el presente documento de acuerdo con una organización gráfica diferente), se observa que, haciendo referencia, en aras de la simplicidad, a la transmisión (DL) en solitario, ya que la recepción (UL) opera de forma simétrica, a la entrada del módulo DDL-A, hay una señal óptica a convertir en eléctrica a través del módulo 10 (para UL, hay una conversión electro-óptica que se realizará por medio del módulo 30) y el convertidor de salida tiene una señal en formato digital.

[0063] Para realizar el transporte sobre fibra, es necesario organizar los datos en un formato que sea compatible con el estándar de transmisión y, en consecuencia, inmediatamente después de la conversión óptico-

eléctrica, es necesario eliminar el formateo (estructuración o mapeo inverso): estas operaciones se llevan a cabo en los respectivos módulos 40, 42, 44 representados en la Figura 4 como capaces de operar tanto en transmisión como en recepción.

- 5 **[0064]** La señal procesada es el resultado del agrupamiento de dos flujos digitales, el primero constituido por la señal de datos y el segundo por la señal de control que, entre las demás funciones, también cumple la función de transportar los coeficientes de ponderación que deben aplicarse a cada cadena de radio: un módulo demultiplexor 46 separa estas dos partes.
- 10 **[0065]** En este punto, dentro de la unidad de procesamiento de señal digital, el flujo de datos se replica tantas veces como elementos radiantes en la antena haya: por ende, las señales digitales, después del procesamiento descrito a continuación, continúan en paralelo hasta alcanzar la antena A (o, más específicamente, un elemento de antena respectivo).
- 15 **[0066]** Después de aislar la señal relacionada con cada cadena, se procesa por medio de su coeficiente de ponderación: esta operación se ilustra esquemáticamente por medio de los módulos 34a, 34b, 34c y 34d. Los detalles específicos de las operaciones de procesamiento realizadas dentro de estos bloques dependen de tener a la entrada del módulo DDL-A una señal de banda base o de frecuencia intermedia: en cualquier caso, dichos detalles de implementación están más allá del alcance de la presente invención.
- 20 **[0067]** Después de la ponderación, la señal digital correspondiente a cada cadena de transmisión, emitida por la unidad para el procesamiento digital de la señal (por ejemplo, FPGA) continua de la forma tradicional (conversión digital-analógica, modulación y traducción a RF, amplificación de potencia) para generar la señal de radio que se enviará a los elementos radiantes.
- 25 **[0068]** La operación en recepción es, como se ha visto previamente, completamente dual.
- [0069]** En la solución descrita en el presente documento, todas las operaciones que se realizarán en la señal, desde el momento en que se reconvierte en una señal eléctrica hasta justo antes de que se reconvierta de digital a analógica y se lleve a radiofrecuencia, se pueden realizar por medio de una o más unidades de procesamiento de señal digital (FPGA, ASIC, DSP).
- 30 **[0070]** La aplicación de las ponderaciones (o "formación de haz"), además de ser diferente entre los enlaces DL y UL, también puede diferir según si se opera en señales en BB o IF. Ambas metodologías pueden aplicarse a tal sistema, que se relaciona con los casos en los que se elige transportar señales por fibra óptica, respectivamente, en BB o IF.
- [0071]** Para detalles adicionales sobre la técnica de procesamiento de señal de banda base (BB), puede hacerse referencia de forma útil a "Beamforming: a versatile approach to spatial filtering", B. D. Van Veen, K. M. Buckley, IEEE ASSP Magazine, abril de 1988.
- 40 **[0072]** El sistema descrito en el presente documento no está claramente limitado al tipo o tipo de diagrama de radiación obtenido: la selección de ponderación se realiza fuera del sistema que, a través del módulo BS1, hace que se proporcionen a BS2 y se apliquen a la matriz.
- 45 **[0073]** Por lo tanto, el sistema descrito en el presente documento es válido en general, si la formación de haz debe lograrse en los planos acimutal (horizontal) o en alzado (vertical), o en ambos, y también se mantiene cualquiera que sea la disposición geométrica de los elementos radiantes de la antena, que puede ser plana o conformada. La formación de haz se puede lograr, por ejemplo, por medio de una matriz bidimensional de elementos radiantes y, para cada elemento radiante, una cadena de procesamiento de señal correspondiente de acuerdo con la presente invención.
- 50 **[0074]** La síntesis del diagrama de radiación por medio de formación de haz tanto en alzado como en acimut no se describe en detalle en el presente documento, porque se conoce a partir de la bibliografía dedicada a la materia.
- 55 **[0075]** Una consideración adicional es que las estaciones base de radio actualmente utilizadas y/o previstas para 2G y 3G están constituidas por aparatos para procesar la señal en las diversas frecuencias (BB, IF, RF) y por un sistema radiante que puede ser de dos tipos:

- con formación de haz fija (el más común en términos absolutos),
- con formación de haz que es variable prácticamente solo en términos de modificación de la inclinación en el plano vertical o en alzado (inclinación), o en la dirección de enfoque principal, y se puede controlar de forma local o remota.

[0076] Sin embargo, en ambos casos, la señal de información se transporta por radiofrecuencia desde y hacia la antena utilizando cables eléctricos coaxiales de baja pérdida (típicamente muy voluminosos y costosos), mientras que el control sobre la formación de haz se logra por medio de un comando, que pueden operarse a distancia, implementado con la ayuda de un actuador electromecánico (en este caso, los comandos de control pueden viajar de varias maneras: línea en serie, el mismo cable coaxial utilizado para la señal de información, etc.).

[0077] La consecuencia más obvia de la separación de la unidad de procesamiento en dos subunidades conectadas entre sí a través de una fibra óptica, como se describe en el presente documento, es que pueden ubicarse en posiciones que están incluso bastante distantes entre sí: por ejemplo, la primera en la base de un edificio o en una ubicación central, mientras que la segunda siempre se coloca lo más cerca posible del sistema radiante.

[0078] Por lo tanto, también resulta realista imaginar la ubicación de múltiples unidades remotas a lo largo del mismo anillo de fibra óptica, con beneficios en términos de facilidad de optimización de los recursos de radio y reducción en los costes de instalación y operación, aprovechando, por ejemplo, las oportunidades ofrecidas por técnicas de multiplexación de señales ópticas (WDM).

[0079] La solución mediante la cual la señal es transportada entre las dos subunidades de procesamiento no está ligada en sí misma a la opción de operar con señales analógicas o digitales, sin embargo, puede sugerirse una preferencia a favor de transportar dichas señales digitales por razones de mayor economía de los aparatos ópticos útiles en este contexto.

[0080] La posibilidad de posicionar aparatos cerca de los sistemas radiantes, así como la eliminación de los cables coaxiales que, independientemente de su alto rendimiento, provocan una atenuación no despreciable de la señal tienen la importante consecuencia de permitir una reducción significativa en las potencias emitidas por los amplificadores de potencia de RF (HPA), con ventajas importantes en términos de consumo de energía eléctrica, disipación de calor (y por lo tanto, gestión de la temperatura en el aparato AU) y reducción del tamaño y del coste operativo.

[0081] Todos los beneficios derivados de la reducción de la potencia de salida por los amplificadores de RF se enfatizan aún más si se usan los sistemas avanzados de antenas proporcionados por la presente invención. En este caso, no se hace uso de un único amplificador de RF, sino que debe haber uno para cada elemento radiante, cada uno capaz de transmitir una potencia máxima que es típicamente menor que la transmitida por el amplificador individual (esto es particularmente cierto si solo se varían los cambios de fase en las fuentes de alimentación de radiofrecuencia de los elementos radiantes individuales).

[0082] Naturalmente, sin alterar el principio de la invención, los detalles de construcción y las realizaciones pueden variar ampliamente de lo que se describe y se ilustra en el presente documento, sin por ello apartarse del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para configurar el diagrama de radiación de una antena, comprendiendo el método las etapas de:
- 5
- incluir en dicha antena (A) una pluralidad de elementos radiantes,
 - asociar a cada uno de dichos elementos radiantes al menos una cadena de procesamiento de señal respectiva, incluyendo en dicha cadena respectiva:
 - al menos un módulo para ponderar señales digitales (34a, 34b, 34c, 34d; 36a, 36b, 36c, 36d) capaz de aplicar a
 - 10 una señal digital al menos un coeficiente de ponderación respectivo, y
 - al menos un conjunto de conversión de antena (14 a 20; 20 a 26) interpuesto entre dicho módulo para ponderar señales digitales y uno de los elementos radiantes de la antena, estando configurado dicho conjunto de conversión de antena para operar sobre señales digitales en el lado de dicho módulo de ponderación respectivo y sobre señales analógicas en el lado del elemento de antena, y
 - 15 - causar la propagación de una señal distribuida en las cadenas de procesamiento asociadas a dicha pluralidad de elementos radiantes de la antena (A), aplicando coeficientes de ponderación respectivos a dichos módulos de ponderación de señal digital (34a, 34b, 34c, 34d; 36a, 36b, 36c, 36d), determinando dichos coeficientes de ponderación el diagrama de radiación de la antena, **caracterizado por que** el método comprende además las etapas de:
 - 20 - incorporar en dicha señal distribuida la información relativa a dichos coeficientes de ponderación, y
 - extraer dichos coeficientes de ponderación que parten de dicha señal en vista de su aplicación a dichos módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d, 36a, 36b, 36c, 36d).
2. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende la etapa de incluir en dichas
- 25 cadenas de procesamiento de señal primeros (34a, 34b, 34c, 34d) y segundos (36a, 36b, 36c, 36d) módulos para ponderar señales digitales, así como los primeros (14 a 20) y segundos (20 a 26) conjuntos de conversión de antena, operando dichos primeros módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d) y conjuntos de conversión de antena (14 a 20) sobre la señal propagada hacia dichos elementos radiantes de la antena (A), operando dichos segundos módulos de ponderación (36a, 36b, 36c, 36d) y conjuntos de conversión de antena (20 a 26) sobre la
- 30 señal propagada partiendo de dichos elementos radiantes de dicha antena (A).
3. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** comprende la etapa de aplicar a dichos primeros módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d) y a dichos segundos módulos de ponderación (36a, 36b, 36c, 36d) unos coeficientes de ponderación, en el que dicho diagrama de radiación aplicado por dicha antena a dicha
- 35 señal es igual tanto para la señal propagada hacia dicha antena (A) como para la señal propagada partiendo de dicha antena (A).
4. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** comprende la etapa de aplicar a dichos primeros módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d) y a dichos segundos módulos de ponderación (36a, 36b, 36c, 36d) unos coeficientes de ponderación, en el que dicho diagrama de radiación aplicado por dicha antena a dicha
- 40 señal es diferente para la señal propagada hacia dicha antena (A) y para la señal propagada partiendo de dicha antena (A).
5. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende la etapa de incluir en dicho
- 45 conjunto de conversión de antena al menos una función de conversión (16, 24) operativa entre la frecuencia de radio (RF) y la banda base (BB).
6. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende la etapa de incluir en dicho
- 50 conjunto de conversión de antena al menos una función de conversión (16, 24) operativa entre la frecuencia de radio (RF) y la frecuencia intermedia (IF).
7. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** comprende la etapa de asociar a dicho primer (14 a 20) y segundo (20 a 26) conjuntos de conversión de antena unos elementos de distribución de señal (20) capaces de operar tanto en una señal propagada hacia dicha antena (A) como en una señal propagada
- 55 partiendo de dicha antena (A).
8. Un método según la reivindicación 7, **caracterizado por que** comprende la etapa de elegir dichos elementos de distribución de señal (20) en el grupo constituido por duplexores y conmutadores de radiofrecuencia.

9. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende las etapas de:

- generar (32) una pluralidad de réplicas de una señal que se suministrará hacia dicha antena (A), y
- enviar dichas réplicas de la señal en respectivas cadenas de procesamiento asociadas a dichos elementos radiantes de la antena.

10. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende la etapa de recoger (32) los componentes de una señal recibida partiendo de dicha antena (A) y distribuida en dichas respectivas cadenas de procesamiento formando una única señal desde dichos componentes.

11. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende la etapa de asociar a la antena un módulo (DDL-A) para convertir la señal, que se propaga en dichas cadenas de procesamiento asociadas a dichos elementos radiantes de la antena, entre un formato óptico y un formato eléctrico (10, 30), de manera que dicha señal puede transmitirse con respecto a dicha antena en formato óptico.

12. Un método según la reivindicación 11, **caracterizado por que** comprende la etapa de incluir en la señal propagada en formato óptico la información sobre dichos coeficientes de ponderación aplicados a dichos módulos de ponderación de señal digital (34a, 34b, 34c, 34d; 36a, 36b, 36c, 36d).

13. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende la etapa de colocar dichas cadenas de procesamiento asociadas a dichos elementos radiantes de la antena muy cerca de la propia antena (A).

14. Antena con diagrama de radiación configurable que comprende:

- una pluralidad de elementos radiantes de antena, y
- asociada a cada uno de dichos elementos radiantes, al menos una cadena de procesamiento de señal respectiva, comprendiendo la cadena de procesamiento a su vez:
 - al menos un módulo de ponderación de señal digital (34a, 34b, 34c, 34d; 36a, 36b, 36c, 36d) capaz de aplicar a una señal de datos digital al menos un coeficiente de ponderación respectivo, y
 - al menos un conjunto de conversión de antena (14 a 20; 20 a 26) interpuesto entre dicho módulo para ponderar señales digitales y uno de los elementos radiantes de la antena, estando dicho conjunto de conversión de antena configurado para operar sobre señales digitales en el lado de dicho módulo de ponderación respectivo y sobre señales analógicas en el lado del elemento de antena, siendo la disposición de tal forma que los coeficientes de ponderación aplicados a dichos módulos de ponderación de señal digital (34a, 34b, 34c, 34d; 36a, 36b, 36c, 36d) determinan la radiación diagrama de la antena (A),

caracterizado por que dichos coeficientes de ponderación se transportan a través del mismo enlace utilizado para transportar la señal de datos, y en el que la antena comprende un módulo de extracción (46) configurado para extraer dichos coeficientes de ponderación en vista de la aplicación a dichos módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d, 36a, 36b, 36c, 36d) partiendo de dicha señal.

15. Antena según la reivindicación 14, **caracterizada por que** dichas cadenas de procesamiento de señal comprenden primeros (34a, 34b, 34c, 34d) y segundos (36a, 36b, 36c, 36d) módulos de ponderación de señal digital, así como los primeros (14 a 20) y segundos (20 a 26) conjuntos de conversión de antena, operando dichos primeros módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d) y conjuntos de conversión de antena (14 a 20) sobre una señal propagada hacia dichos elementos radiantes de la antena (A), operando dichos segundos módulos de ponderación (36a, 36b, 36c, 36d) y conjuntos de conversión de antena (20 a 26) sobre una señal propagada partiendo de dichos elementos radiantes de dicha antena (A).

16. Antena según la reivindicación 15, **caracterizada por que** comprende al menos un bloque de control de ponderación (46) configurado para aplicar a dichos primeros módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d) y dichos segundos módulos de ponderación (36a, 36b, 36c, 36d) unos coeficientes de ponderación, en el que dicho diagrama de radiación aplicado por dicha antena a dicha señal es igual tanto para la señal propagada hacia dicha antena (A) como para la señal propagada partiendo de dicha antena (A).

17. Antena según la reivindicación 15, **caracterizada por que** comprende al menos un bloque de control de ponderación (46) configurado para aplicar a dichos primeros módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d) y dichos segundos módulos de ponderación (36a, 36b, 36c, 36d) unos coeficientes de ponderación, en el que dicho diagrama de radiación aplicado por dicha antena a dicha señal es diferente para la señal propagada hacia dicha

antena (A) y para la señal propagada partiendo de dicha antena (A).

18. Antena según la reivindicación 14, **caracterizada por que** dicho conjunto de conversión de antena comprende al menos un convertidor de frecuencia (16, 24) que opera entre la frecuencia de radio (RF) y la banda base (BB).
19. Antena según la reivindicación 14, **caracterizada por que** dicho conjunto de conversión de antena comprende al menos un convertidor de frecuencia (16, 24) que opera entre la frecuencia de radio (RF) y la frecuencia intermedia (IF).
20. Antena según la reivindicación 15, **caracterizada por que**, con dicho primer (14 a 20) y segundo (20 a 26) conjuntos de conversión de antena se asocian unos elementos de distribución de señal (20) capaces de operar tanto en una señal propagada hacia dicha antena (A) como en una señal propagada partiendo de dicha antena (A).
21. Antena según la reivindicación 20, **caracterizada por que** dichos elementos de distribución de señal (20) se eligen en el grupo constituido por duplexores y conmutadores de radiofrecuencia.
22. Antena según la reivindicación 14, **caracterizada por que** comprende un elemento de distribución (32) configurado para:
- generar una pluralidad de réplicas de una señal que se suministrará hacia dicha antena (A), y
 - enviar dichas réplicas de la señal en respectivas cadenas de procesamiento asociadas a dichos elementos radiantes de la antena.
23. Antena según la reivindicación 14, **caracterizada por que** comprende un elemento de recogida (32) configurado para recoger el componente de una señal recibida partiendo de dicha antena (A) y distribuida en dichas cadenas de procesamiento asociadas a dichos elementos radiantes de la antena.
24. Antena según la reivindicación 14, **caracterizada por que** dichas cadenas de procesamiento que asocian dichos elementos radiantes de la antena están situadas muy cerca de la propia antena (A).
25. Un aparato que comprende una antena según una de las reivindicaciones 14-24, **caracterizado por que** a la antena se asocia a:
- un módulo convertidor electro-óptico (DDL-A) configurado para convertir la señal, que se propaga en dichas cadenas de procesamiento asociadas a dichos elementos radiantes de la antena, entre un formato óptico y un formato eléctrico (10, 30).
26. Un aparato según la reivindicación 25, **caracterizado por que** dicho módulo convertidor electro-óptico (DDL-A) ha asociado un módulo de extracción (46) configurado para extraer dichos coeficientes de ponderación en vista de la aplicación a dichos módulos de ponderación (34a, 34b, 34c, 34d, 36a, 36b, 36c, 36d) partiendo de dicha señal óptica.
27. Estación base de radio que comprende un aparato según la reivindicación 25 o 26, **caracterizada por que** comprende una unidad de control (CU) y un enlace óptico (F) para la transmisión de una señal óptica entre dicha unidad de control y dicho módulo convertidor electro-óptico (DDL-A) asociado a dicha antena.
28. Estación base de radio según la reivindicación 27, **caracterizada por que** dicha unidad de control comprende un bloque de función (BS1) que puede generar una señal de información y una señal para controlar el diagrama de radiación de la antena.
29. Red de telecomunicaciones que comprende al menos una antena según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 24.
30. Producto de programa informático capaz de cargarse en la memoria de al menos un dispositivo electrónico y que comprende porciones de códigos de software para implementar el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

FIG. 1

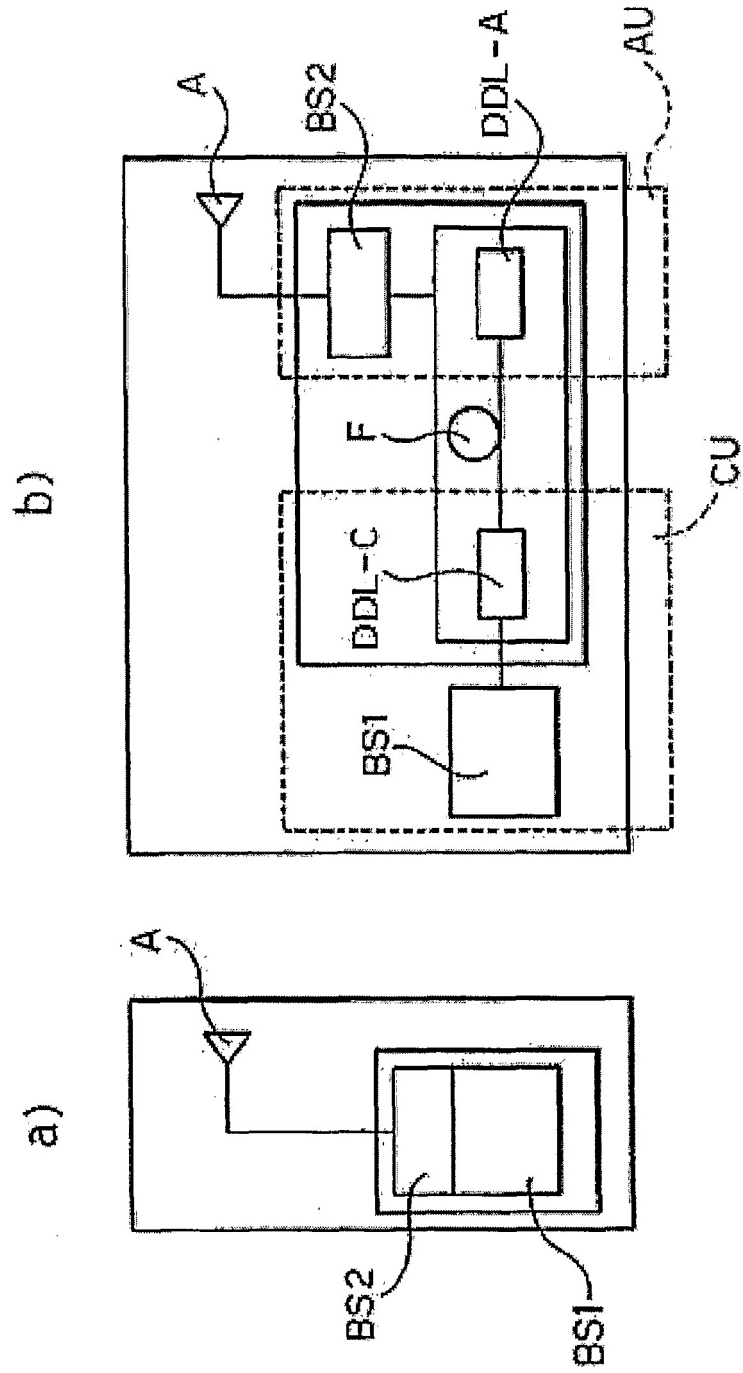


Fig. 2

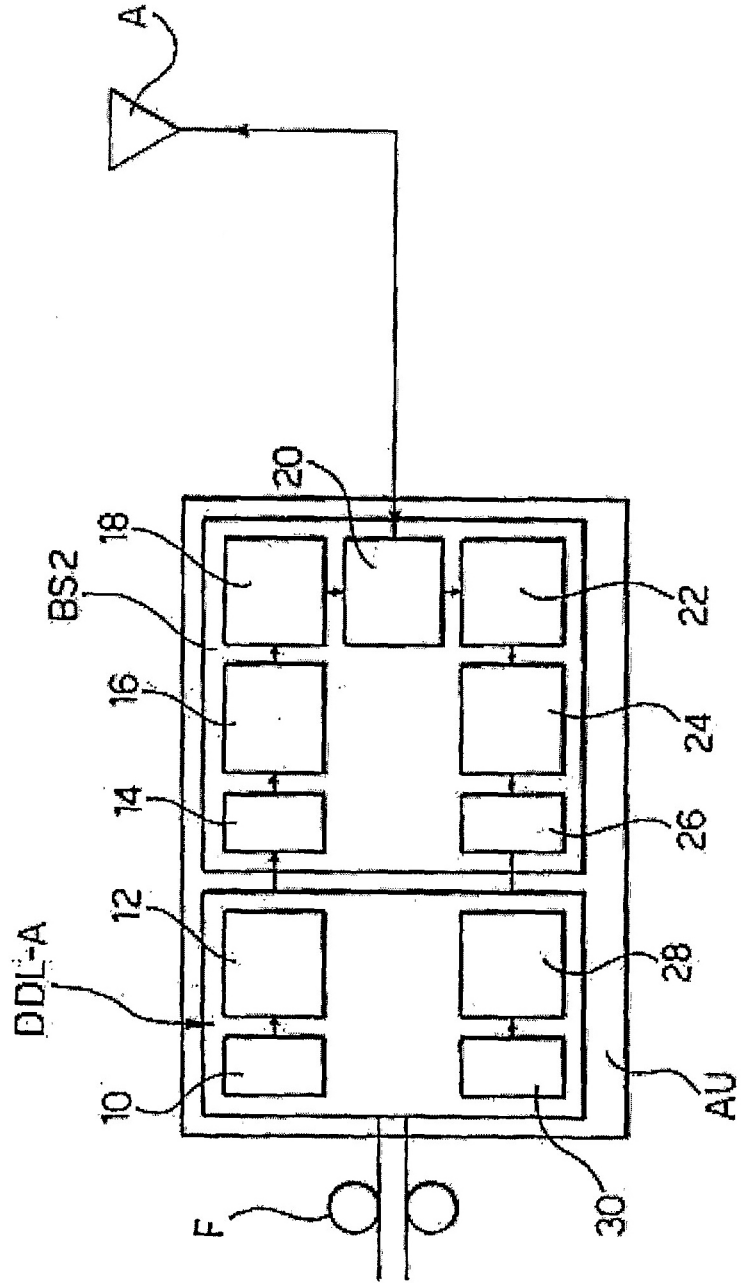


FIG. 3

