

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 587 517**

51 Int. Cl.:

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2014 E 14175239 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2822193**

54 Título: **Procedimiento, aparato y sistema para reconstruir tres señales transmitidas por un enlace de radio de MIMO con tres antenas de transmisión para cada polarización**

30 Prioridad:

02.07.2013 IT MI20131108

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

25.10.2016

73 Titular/es:

**SIAE MICROELETTRONICA S.P.A. (100.0%)
Via Buonarroti 21
20093 Cologno Monzese (MI), IT**

72 Inventor/es:

**ROSSI, LEONARDO y
SALATIN, MATTEO**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 587 517 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento, aparato y sistema para reconstruir tres señales transmitidas por un enlace de radio de MIMO con tres antenas de transmisión para cada polarización

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y aparato para reconstruir señales transmitidas en modulación por un único canal de enlace de radio de corto alcance, que comprende múltiples antenas y múltiples entradas / salidas (MIMO) de canal.

10 Se sabe que en el sector técnico de las telecomunicaciones existe la necesidad de proporcionar sistemas de transmisión con una capacidad crecientemente mayor para el mismo ancho de banda disponible. Estos sistemas, en particular, son crecientemente requeridos, por ejemplo, en un entorno urbano y sobre distancias cortas, a fin de proporcionar a los usuarios conexiones inalámbricas de Internet y servicios de datos de alta velocidad.

15 Además, a fin de servir a los usuarios, también debe ser instalada una red que interconecte las estaciones base; esta red se proporciona usualmente por medio de conexiones de retransmisión de radio que también son sobre una distancia corta (generalmente, de menos de 5 km) entre dos puntos fijos. Estas últimas secciones, que también son mencionadas como de "corta distancia" (o "urbanas"), tienen la característica de ofrecer un canal con un medio de transmisión que puede ser considerado como "invariable en el tiempo": esto es, tal que puede ser considerado como uniforme y constante a lo largo del tiempo, dado que los fenómenos que afectan a la propagación de señales (principalmente asociados a los múltiples trayectos, debido a la estratificación del aire y, por lo tanto, a las condiciones atmosféricas) no llegan a producir variaciones tales como para alterar la geometría predefinida de la propagación por el enlace de radio.

20 Una técnica conocida para aumentar la información transmitida por tales enlaces de radio implica usar, para la propagación de las señales, ondas electromagnéticas que pueden ser distinguidas entre sí por la modalidad y / o por la polarización de la transmisión (que puede ser, por ejemplo, horizontal / vertical circular en el sentido de las agujas del reloj, o en el sentido contrario, o similares) por múltiples antenas que transmiten señales isofrecuentes que son intrínsecamente tales como para permitir un cierto grado de discriminación para el reconocimiento de las mismas durante la recepción (p. ej., transmisión polar cruzada).

25 Los documentos US 2009/296 486 A1 y WO 02/15456 A2 divulgan una técnica para proporcionar enlaces de radio de MIMO usando una configuración de enlace de radio con N antenas transmisoras y las correspondientes N antenas receptoras.

30 La señal transmitida por cada una de las N antenas transmisoras es recibida por cada una de las N antenas receptoras, con un desfase relativo introducido por las diferencias de trayecto entre la antena transmisora y las diversas antenas receptoras.

35 En particular, cada antena receptora recibe tanto la señal útil transmitida por su correspondiente antena transmisora como todas las otras N-1 señales transmitidas por las restantes antenas; estando las señales recibidas superpuestas entre sí y desfasadas las unas con respecto a las otras. Un enlace de radio, según lo descrito en el preámbulo de la reivindicación 1 o 10, cae dentro de esta configuración general de enlace de radio.

Los documentos US'486 y WO'456 instruyen sobre la construcción de una matriz de canal de tamaño NxN y la reconstrucción durante la recepción de cada señal transmitida por medio de la inversión de la matriz de canal, usando un procedimiento que prevé las siguientes etapas:

- inversión de la matriz de canal de tamaño NxN, obteniendo de tal modo una matriz inversa de tamaño NxN;
- 40 - reconstrucción de cada señal transmitida por medio de operaciones de cancelación cruzada lineal, usando todas las N señales recibidas por las N antenas, que son rotadas y / o comprimidas usando coeficientes adecuados (determinados sobre la base de la matriz inversa calculada) y sumadas entre sí por medio de operaciones lineales.

Este procedimiento tiene inconvenientes significativos en cuanto a que:

- 45 - para la reconstrucción de cada una de las N señales es necesario usar todas las N señales que sean recibidas en las N antenas, y que sean rotadas adecuadamente y sumadas entre sí por medio de operaciones lineales y según la característica de la matriz de canal del enlace de radio; ruido introducido en la señal reconstruida por los correspondientes módulos de recepción / demodulación; esto significa que la reconstrucción de cada señal está afectada por el ruido de todos los N receptores / demoduladores del enlace de radio; el sistema, por lo tanto, es sumamente poco fiable;
- 50 - la implementación de estas soluciones es muy compleja y no es práctica.

Una técnica adicional conocida para proporcionar enlaces de radio de corta distancia con una capacidad aumentada de transmisión, que explota la invariancia en el tiempo de los medios de transmisión que caracterizan estas cortas distancias, usa la configuración de antenas de acuerdo al diagrama mostrado en la Figura 1 adjunta, que comprende dos antenas transmisoras AT1 y AT2, que están situadas a una distancia "d" entre sí y que transmiten con la misma

- polarización (transmisión co-polar) una respectiva señal tx1, tx2, usando ambas el mismo enlace de radio, en la misma frecuencia portadora (generalmente, dentro de las bandas de micro-ondas) y hacia dos antenas receptoras, AR1, AR2, situadas a una distancia L (posiblemente, de unos pocos kilómetros pero, usualmente, de menos de alrededor de 20km y, en cualquier caso, de menos que la distancia en la cual, en la frecuencia de transmisión, los medios de transmisión ya no puedan ser considerados como "invariables en el tiempo") desde las respectivas antenas de transmisión AT1, AT2 y a una distancia entre sí, habitualmente, pero no necesariamente, nuevamente igual a "d". En tal caso, las señales recibidas por las antenas individuales son definidas como que están en interferencia total, esto es, son señales compuestas que ya no pueden ser intrínsecamente discriminadas durante la recepción entre la componente útil y la componente interferente, sino que requieren técnicas adecuadas de reconocimiento y separación.
- 5 Las señales transmitidas tx1, tx2 son generadas por una respectiva unidad funcional moduladora / transmisora convencional MT1, MT2, que recibe en su entrada una respectiva señal D1, D2 de origen de banda base. Con referencia a los puntos focales de cada antena, los dos pares de antenas transmisoras / receptoras deben ser dispuestos de modo que las distancias relativas entre cada antena transmisora AT1; AT2 y la otra antena receptora AR2; AR1 (mencionadas más adelante también como "trayecto de interferencia") sean idénticas entre sí; en el caso de diferencias limitadas, se conoce la existencia de técnicas de compensación.
- 10 Con esta configuración del enlace de radio, tiene lugar una interferencia relativa entre las señales transmitidas durante la recepción, de modo que cada una de las antenas receptoras AR1, AR2 reciba una correspondiente señal rx1; rx2, que contiene, respectivamente:
- la señal útil tx1; tx2 transmitida por la antena asociada AT1; AT2 y
 - 20 - la señal interferente tx2; tx1, transmitida por la otra antena AT2; AT1 y recibida con la misma intensidad (condiciones de interferencia total) y un desfase ϕ_0 introducido por la diferencia en longitud entre el trayecto útil (AT1-AR1; AT2-AR2) y que, con una acción interferente ("trayecto interferente" AT1-AR2; AT2-AR1), viajó junto con cada señal transmitida (tx1; tx2) en la frecuencia de la portadora.
- Con esta configuración es posible, debido a la geometría fija del trayecto cubierto, y siempre que el desfase relativo ϕ_0 introducido sea mayor que 10° o, en cualquier caso, mayor que el valor adoptado como el umbral de deterioro de la señal recibida, implementar procedimientos para eliminar la componente interferente de la señal recibida en cada antena, impartiendo, según la geometría predefinida, desfases adecuados a las señales (rx1, rx2) recibidas por las distintas antenas, y sumando o restando adecuadamente las mismas entre sí, a fin de obtener solamente las señales útiles.
- 25 Un ejemplo específico de las técnicas de transmisión / recepción descritas anteriormente se conoce a raíz del documento EP 2.282.419, a nombre del mismo Solicitante presente, que describe una aplicación específica de reutilización del canal que usa una geometría de enlace de radio particularmente ventajosa, definida por la relación [("trayecto interferente"- "trayecto útil")= $\lambda/4$], a fin de obtener un procedimiento para eliminar las componentes interferentes, que es especialmente rápido y barato.
- 30 Aunque cumplen su función, estas técnicas conocidas, sin embargo, son aplicables solamente a enlaces de radio que tengan un máximo de dos antenas transmisoras para cada polarización de transmisión.
- El problema técnico que se plantea, por lo tanto, es el de proporcionar una solución a los precitados defectos de la técnica anterior.
- En particular, el problema técnico que se plantea es el de proporcionar un procedimiento y un sistema de telecomunicaciones de micro-ondas o frecuencia de radio, adecuados para permitir, de una manera específicamente sencilla y barata, un incremento adicional, en comparación con la técnica anterior, de la capacidad de transmisión de datos en enlaces de radio del tipo de MIMO de corta distancia, en los cuales se transmiten señales moduladas múltiples, isofrecuentes y co-polares, que permitan, durante la recepción, la separación de las componentes útiles de las componentes interferentes de las señales recibidas por las múltiples antenas receptoras de dichos enlaces de radio.
- 40 Se requiere, además, que este procedimiento y sistema deberían permitir un incremento adicional en la capacidad de transmisión de enlaces de radio de MIMO de corta distancia, que comprenden dos antenas transmisoras / receptoras para la polarización, introduciendo mejoras que permitan un aumento en la capacidad y / o fiabilidad del canal de transmisión, sin variar la ubicación de las antenas pre-existentes.
- 45 También es deseable que este aumento en la capacidad no debiera afectar adversamente la fiabilidad de la conexión.
- Estos resultados son logrados, de acuerdo a la presente invención, por un procedimiento para reconstruir señales de acuerdo a los rasgos característicos de la Reivindicación 1, por un aparato correspondiente, de acuerdo a los rasgos característicos de la Reivindicación 11, y por un sistema de telecomunicación, de acuerdo a los rasgos característicos de la Reivindicación 17.
- 50 Pueden obtenerse detalles adicionales a partir de la siguiente descripción de ejemplos no limitadores de una
- 55

realización del procedimiento, del aparato y del sistema, de acuerdo a la presente invención, proporcionada con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 muestra el diagrama de una configuración para un enlace de radio de MIMO con dos antenas transmisoras / receptoras para la polarización de acuerdo a la técnica anterior;

- 5 la Figura 2 muestra el diagrama de una primera realización de un sistema de telecomunicaciones de MIMO que comprende tres antenas transmisoras / receptoras para la polarización de acuerdo a la presente invención;

la Figura 3 muestra el diagrama de bloques de una primera realización del sector receptor de un sistema de MIMO con tres antenas, de acuerdo a la invención, con el detalle de un ejemplo de realización del aparato de reconstrucción de acuerdo a la invención;

- 10 la Figura 4 muestra el diagrama de bloques de una segunda realización del sector receptor de un sistema de MIMO con tres antenas, de acuerdo a la invención, con el detalle de un segundo ejemplo de realización del aparato de reconstrucción de acuerdo a la invención.

Un ejemplo no limitador y preferido de un sistema de telecomunicaciones de acuerdo a la presente invención comprende un enlace de radio con la estructura mostrada en la Fig. 2, que comprende tres pares de antenas transmisoras / receptoras AT1-AR1; AT2-AR2; AT3-AR3 para cada polarización de transmisión; los tres pares de antenas transmisoras y receptoras están dispuestas de modo que:

- 15 a) la distancia L entre cada antena transmisora AT1, AT2, AT3 y la respectiva antena receptora AR1, AR2, AR3 es igual a las otras, y tal que, en la frecuencia de transmisión, los fenómenos que afectan a la propagación de las señales no producen variaciones tales como para alterar la geometría predefinida de la propagación del enlace de radio.

- 20 b) la distancia $d/2$ entre la primera antena transmisora AT1 y la segunda antena transmisora AT2 es igual a la distancia entre dicha segunda antena transmisora AT2 y la tercera antena transmisora AT3; y

c) la distancia entre la primera antena transmisora AT1 y la tercera antena transmisora AT3 es igual al doble de dicha distancia $d/2$ entre la primera antena transmisora AT1 y la segunda antena transmisora AT2, y entre la segunda antena transmisora AT2 y la tercera antena transmisora AT3.

- 25 Esta configuración preferida es ventajosa porque permite el montaje de las antenas en el sector transmisor y / o receptor sobre un mismo poste de soporte, simplificando la instalación.

Esta configuración, sin embargo, también puede ser excluida para situaciones en las cuales no es posible una instalación con antenas alineadas.

- 30 Más en general, las configuraciones preferidas del enlace de radio comprenden todos aquellos casos donde las antenas están dispuestas de modo que la diferencia entre el trayecto AT1-AR2 entre la primera antena transmisora y la segunda antena receptora, y el trayecto AT2-AR2 entre la segunda antena transmisora y la correspondiente antena receptora, sea igual a la diferencia entre el trayecto AT3-AR2 entre la tercera antena transmisora y la segunda antena receptora, y dicho trayecto AT2-AR2.

- 35 Por motivos de simplicidad, se describe un ejemplo de realización donde hay una única polarización de transmisión y, por lo tanto, un único conjunto de tres antenas transmisoras y receptoras; se supondrá además que la potencia de transmisión sea la misma para las tres antenas transmisoras AT1, AT2, AT3, aunque la invención no está limitada a este respecto. Además, con respecto a la instalación de antenas se sabe que, en el caso de diferencias limitadas en comparación con la configuración ideal, existen técnicas para compensar dichas diferencias.

- 40 Cada antena de transmisión AT1, AT2, AT3 transmite una respectiva señal tx1, tx2, tx3 generada por una respectiva unidad moduladora / transmisora convencional, que recibe en su entrada una respectiva señal de datos de origen de banda base D1, D2, D3; en el ejemplo mostrado se supone, para facilitar la descripción, que los valores tomados por tx1, tx2, tx3 en los instantes de símbolos adecuados pueden ser precisamente superpuestos sobre los correspondientes símbolos de información de las señales de origen D1, D2, D3 y que las señales transmitidas tx1, tx2, tx3, por lo tanto, no contienen componentes de ruido adicional en comparación con las señales de origen D1, D2, D3.

- 45 La señal tx1 transmitida por la primera antena AT1:

- se propaga hacia la primera antena AR1 a lo largo de su trayecto primario de longitud L y es recibida por la primera antena receptora AR1;

- se propaga hacia la segunda antena AR2 a lo largo del trayecto interferente AT1-AR2 y es recibida por la segunda antena receptora AR2, con un primer desfase relativo (retardo) α ;

- 50 - se propaga hacia la tercera antena receptora AR3 a lo largo del trayecto interferente AT1-AR3 y es recibida por la tercera antena receptora AR3, habiendo acumulado un retardo con respecto a la propagación a lo largo del trayecto primario correspondiente a un segundo desfase relativo β .

La señal tx2 transmitida por la segunda antena AT2:

- se propaga hacia la segunda antena AR2 a lo largo de su trayecto primario de longitud L y es recibida por la segunda antena AR2;

5 - se propaga hacia la primera antena receptora AR1 a lo largo del trayecto interferente AT2-AR1 y es recibida por la misma con un desfase relativo igual al primer desfase α ;

- se propaga hacia la tercera antena receptora AR3 a lo largo del trayecto interferente AT2-AR3 y es recibida por la misma con un desfase relativo igual al primer desfase α .

De manera similar a la ilustrada para la señal tx1, ilustrada por la primera antena AT1, la señal tx3, transmitida por la tercera antena transmisora AT3:

10 - se propaga hacia la tercera antena receptora AR3 a lo largo de su trayecto primario de longitud L y es recibida por la tercera antena receptora AR3;

- se propaga hacia la segunda antena AR2 a lo largo del trayecto interferente AT3-AR2 y es recibida por la segunda antena receptora AR2 con un desfase relativo igual al primer desfase relativo α ;

15 - se propaga hacia la primera antena receptora AR1 a lo largo del trayecto interferente AT3-AR1 y es recibida por la primera antena receptora AR1 con un desfase relativo igual al segundo desfase β .

Dicho primer desfase α y dicho segundo desfase β entre las señales útiles y la señal interferente son dependientes de la geometría predefinida del enlace de radio, siendo el segundo desfase β siempre mayor (en radianes) que el primer desfase α . En general, el procedimiento y el aparato de acuerdo a la invención son aplicables a sistemas de telecomunicación que comprenden un enlace de radio de MIMO de corta distancia, con tres pares de antenas transmisoras /receptoras AT1-AR1; AT2-AR2; AT3-AR3 para cada polarización de transmisión, en donde:

20 - cada antena transmisora AT1, AT2, AT3 transmite una respectiva señal de las tres señales moduladas tx1, tx2, tx3; y en donde cada una de dichas antenas receptoras AR1, AR2, AR3 es capaz de recibir una respectiva señal de alta frecuencia rx1, rx2, rx3, consistente en una componente primaria, correspondiente a la señal transmitida por la respectiva antena transmisora, y una componente interferente, consistente en una combinación de las señales transmitidas por las otras dos antenas transmisoras;

y con una configuración tal que cada una de las tres antenas receptoras AR1, AR2, AR3 recibe una respectiva señal rx1, rx2, rx3:

-) la primera antena receptora AR1 recibe y tiene en su salida una señal rx1 que es la suma de:

--) la primera señal útil tx1 transmitida por la respectiva antena AT1;

30 --) una primera señal interferente $tx2 \cdot \exp(j\alpha)$ correspondiente a la señal tx2 transmitida por la segunda antena AT2 y recibida con un desfase relativo igual a α , con respecto a dicha señal útil tx1 recibida;

--) una segunda señal interferente $tx3 \cdot \exp(j\beta)$ correspondiente a la señal tx3 transmitida por la tercera antena AT3 y recibida con un desfase relativo igual a β , con respecto a dicha señal útil tx1 recibida;

-) la segunda antena receptora AR2 recibe y tiene en su salida una señal rx2 que es la suma de:

35 --) la segunda señal útil tx2 transmitida por la respectiva antena transmisora AT2;

--) una primera señal interferente $tx1 \cdot \exp(j\alpha)$ correspondiente a la señal transmitida por la primera antena AT1 y recibida con un desfase relativo igual a α , con respecto a dicha señal útil tx2 recibida;

40 --) una segunda señal interferente $tx3 \cdot \exp(j\alpha)$ correspondiente a la señal tx3 transmitida por la tercera antena AT3 y recibida con un desfase relativo igual a α , con respecto a dicha señal útil tx2 recibida por la segunda antena receptora AR2;

-) la tercera antena receptora AR3 tiene en su salida una señal rx3 que es la suma de:

--) la tercera señal útil tx3 transmitida por la respectiva antena transmisora AT3;

--) una primera señal interferente $tx2 \cdot \exp(j\alpha)$ correspondiente a la señal tx2 transmitida por la segunda antena AT2 y recibida con un desfase relativo igual a α , con respecto a dicha señal útil tx3 recibida por la tercera antena transmisora;

45 --) una segunda señal interferente $tx1 \cdot \exp(j\beta)$ correspondiente a la señal tx1 transmitida por la primera antena transmisora AT1 y recibida con un desfase relativo igual a β , con respecto a dicha señal útil tx3 recibida por AR3.

En estas condiciones, el procedimiento de reconstrucción de acuerdo a la presente invención prevé al menos las

siguientes etapas:

- calcular la señal conjugada compleja $rx2^*$ de la señal $rx2$ recibida por la segunda antena AR2;

- desfasar dicha señal conjugada compleja $rx2^*$ en una magnitud igual al primer desfase α , dando como resultado una señal conjugada compleja desfasada $rx2^*\exp(j\alpha)$;

5 - restar dicha señal conjugada compleja $rx2^*\exp(j\alpha)$, desfasada en α , a la señal $rx1$ recibida por la primera antena receptora AR1, con la generación de una señal reconstruida $\underline{tx3}$ que comprende solamente las componentes $tx3$ provenientes de la tercera antena transmisora AT3;

- restar dicha señal conjugada compleja $rx2^*\exp(j\alpha)$, desfasada en α , a la señal $rx3$ recibida por la tercera antena, con la generación de una señal reconstruida $\underline{tx1}$ que comprende solamente las componentes ($tx1$) provenientes de la primera antena transmisora AT1;

10 - estimar $D1^\wedge$ el valor de la señal transmitida ($D1$, $tx1$) por la primera antena transmisora AT1, sobre la base de la señal reconstruida $\underline{tx1}$ que comprende solamente componentes ($tx1$) provenientes de la primera antena transmisora AT1;

- estimar $D3^\wedge$ el valor de la señal transmitida ($D3$, $tx3$) por la tercera antena transmisora (AT3), sobre la base de la señal reconstruida ($\underline{tx3}$) que comprende solamente componentes ($\underline{tx3}$) provenientes de la tercera antena transmisora AT3;

15 - restar $(rx2-(D1^\wedge\exp(j\alpha)+D3^\wedge\exp(j\alpha)))$, a la señal $rx2$ recibida por la segunda antena receptora AR2, la suma de dichas señales de estimación $D1^\wedge$, $D3^\wedge$, cada una desfasada de antemano en una magnitud igual al primer desfase α , con la reconstrucción $\underline{tx2}$ de la señal ($D2$, $tx2$) transmitida por la segunda antena transmisora AT2.

20 Como se sabe, la conjugada compleja de una señal es una señal que tiene la misma parte real, pero con una parte imaginaria de signo opuesto. El cálculo de la conjugada compleja es una operación no lineal que, por ejemplo, puede ser realizada multiplicando la señal original por una senoide, y también por la misma senoide desfasada en $n/2$, produciendo así dos componentes en cuadratura de la señal original. Luego, se invierte el signo de una de las dos componentes obtenidas, es decir, la componente desfasada en $+n/2$ con respecto a la primera componente. Las dos componentes obtenidas se suman luego entre sí, obteniendo la señal conjugada compleja de la señal original.

25 Una primera ventaja del procedimiento de acuerdo a la presente invención es que, debido a la operación no lineal de cálculo de la conjugada compleja de la señal $rx2$ recibida por la segunda antena AR2, es posible reconstruir las señales $tx1$, $tx3$ transmitidas, realizando la suma lineal de solamente dos señales ($rx1/rx3$ y $rx2^*\exp(j\alpha)$), limitando por lo tanto el ruido superpuesto sobre las señales reconstruidas $\underline{tx1}, \underline{tx3}$ a la suma de los factores de ruido de solamente dos receptores / demoduladores ($MR1$, $MR2$; $MR3$, $MR2$).

30 Preferiblemente, el procedimiento prevé estimar $D2^\wedge$ el valor de la señal transmitida ($D2$, $tx2$) por la segunda antena transmisora AT2 en base a dicha señal reconstruida $\underline{tx2}$, por medio de la resta $rx2-(D1^\wedge\exp(j\alpha)+D3^\wedge\exp(j\alpha))$.

Ventajosamente, en una realización preferida, dicha estimación $D1^\wedge$, $D3^\wedge$ de la primera señal transmitida ($D1$, $tx1$) y de la tercera señal transmitida ($D3$, $tx3$) es realizada por medio de una operación no lineal llevada a cabo por una respectiva unidad estimadora (134; 114). De esta manera, la reconstrucción $\underline{tx2}$ de la señal $tx2$ transmitida por la segunda antena también es realizada a continuación de la estimación no lineal $D1^\wedge$, $D3^\wedge$ de la primera señal transmitida ($D1$, $tx1$) y la tercera señal transmitida ($D3$, $tx3$); si estas estimaciones son correctas, la reconstrucción de la segunda señal transmitida $tx2$ será afectada únicamente por el factor de ruido del receptor / demodulador $MR2$ asociado a la segunda antena receptora AR2.

40 El procedimiento de acuerdo a la invención puede ser implementado con distintas combinaciones de técnicas digitales de banda base y / o técnicas analógicas en la frecuencia de transmisión o una frecuencia intermedia, como quedará claro a partir de la siguiente descripción de algunos ejemplos preferidos del aparato que implementa el procedimiento de acuerdo a la invención.

45 La Fig. 3 muestra un primer ejemplo de realización de un aparato 100 para la reconstrucción del conjunto de tres señales $D1$, $D2$, $D3$ transmitidas por medio de $tx1$, $tx2$, $tx3$, en base a las señales $rx1$, $rx2$, $rx3$ emitidas por las respectivas tres antenas receptoras AR1, AR2, AR3 del enlace de radio. En esta primera realización preferida, las tres señales $rx1$, $rx2$, $rx3$ recibidas en alta frecuencia se envían de antemano a las respectivas unidades de recepción / demodulación de banda base $MR1$, $MR2$, $MR3$ y, una vez demoduladas, se envían a los respectivos convertidores que convierten las señales analógicas en señales digitales $Drx1$, $Drx2$, $Drx3$, a enviar a la entrada del aparato 100 de acuerdo a la invención.

50 Dado que las potencias de las señales $tx1$, $tx2$, $tx3$ transmitidas son las mismas, la potencia de las tres señales recibidas $rx1$, $rx2$, $rx3$ y la de las respectivas componentes primaria e interferente también es la misma; sin embargo, es preferible que la amplitud de las señales recibidas por las antenas AR1, AR2, AR3 sea ecualizada por medio de los respectivos módulos de ACG (Control Automático de Ganancia) (no mostrados en las Figuras) dispuestos en cascada con dichas antenas receptoras.

Durante la recepción, la segunda señal rx_2 , que contiene una componente de ruido n_2 y es recibida por la segunda antena receptora AR2, es enviada a una etapa 120 para convertirla en su conjugada compleja, proporcionando dicha etapa, en su salida, una señal rx_2^* que tiene una potencia (señal y ruido) que es invariable, pero que es la conjugada compleja de la señal de entrada rx_2 ; dicha señal conjugada compleja rx_2^* es luego ingresada a una etapa de desfase 121 que emite una señal $rx_2^* \cdot \exp(j\alpha)$ correspondiente a la señal de entrada rx_2^* , y desfasada con respecto a esta última en un desfase α .

La primera señal rx_1 suministrada por la primera antena receptora AR1, que contiene una componente de ruido n_1 , y la señal conjugada compleja desfasada $rx_1 - (rx_2^* \cdot \exp(j\alpha))$, son ingresadas a un circuito de resta 112 que determina la diferencia $[rx_1 - (rx_2^* \cdot \exp(j\alpha))]$ entre las dos señales, emitiendo una señal reconstruida tx_3 que contiene solamente dos componentes tx_3 de la señal transmitida por la tercera antena AT3, que están desfasadas entre sí (en un ángulo $-\beta$), y son tales que su suma vectorial corresponde a una señal $tx_3 = Gtx_3(+N_3)$ correspondiente a la única señal tx_3 transmitida por la tercera antena AT3, multiplicada por un factor G de ganancia / atenuación, dependiente del ángulo de desfase β , a lo cual se añade una componente de ruido (N_3) obtenida solamente a partir de las componentes de ruido n_1 y n_2 de las señales rx_1 , rx_2 recibidas por la primera antena receptora AR1 y la segunda antena receptora AR2. La reconstrucción de la señal tx_3 transmitida por la tercera antena transmisora AT3 es realizada, por lo tanto, por medio de una suma con solamente dos sumandos y, por lo tanto, está sujeta solamente a los dos factores de ruido n_1 , n_2 , debidos, principalmente, a los módulos de recepción / modulación primero y segundo MR1; MR2 asociados a la primera antena receptora AT1 y a la segunda antena receptora AT2.

La señal tx_3 reconstruida por la etapa de resta 112 es luego transferida a una unidad de decisión 114 que realiza la operación no lineal de estimar el valor transmitido (tx_3 , D_3) de la señal; esta operación, si el factor de ruido N_3 no es tal como para producir un error de estimación, emite desde la unidad de decisión 114 una señal estimada D_3^{\wedge} correspondiente a la señal de origen de banda base original D_3 transmitida (tx_3) por la tercera antena transmisora AT3. Preferiblemente, la señal tx_3 reconstruida por la etapa de resta 112 es transferida, en primer lugar, a un controlador automático de ganancia AGC que ecualiza la amplitud amplificada / atenuada por el factor G de la señal en un valor predeterminado.

Una operación similar es llevada a cabo sobre la señal rx_3 recibida por la tercera antena receptora AR3:

la señal rx_3 recibida por la tercera antena receptora AR3, que contiene una respectiva componente de ruido n_3 , introducida, principalmente por el módulo de recepción / demodulación MR3, y la señal conjugada compleja desfasada $rx_2^* \cdot \exp(j\alpha)$, suministrada por el módulo desfasador 121, son ingresadas a un circuito de resta 132 que determina la diferencia $[rx_3 - (rx_2^* \cdot \exp(j\alpha))]$ entre las dos señales, emitiendo una señal reconstruida tx_1 que contiene solamente dos componentes de la señal tx_1 transmitida por la primera antena AT1 con desfase relativo ($\Gamma - \beta$) entre sí; dichas componentes de la primera señal tx_1 tienen una suma vectorial que corresponde a una señal $tx_1 = Gtx_1(+N_1)$ correspondiente a la única señal tx_1 transmitida por la primera antena AT1, multiplicada por un factor G de ganancia / atenuación, dependiente del ángulo de desfase β , a lo cual se añade una componente de ruido N_1 obtenido solamente a partir de las componentes de ruido n_3 y n_2 y, por lo tanto, nuevamente con solamente dos factores de ruido.

La señal tx_1 reconstruida por la etapa de resta 132 es luego transferida a una unidad de decisión 134 que realiza la operación no lineal de estimar el valor transmitido tx_1 de la señal (D_1); esta operación, si el factor de ruido N_1 no es tal como para producir un error en la estimación del valor transmitido, emite desde la unidad de decisión 134 una señal estimada D_1^{\wedge} correspondiente a la señal de origen de banda base original D_1 transmitida (tx_1) en modulación por la primera antena transmisora AT1. Preferiblemente, la señal tx_1 reconstruida por la etapa de resta 132 es transferida preliminarmente a un controlador automático de ganancia AGC que ecualiza la amplitud amplificada / atenuada por el factor G de la señal en un valor predeterminado.

Finalmente, la señal rx_2 recibida por la segunda antena AR2 y que contiene la componente de ruido n_2 es ingresada a una etapa de resta 122 que resta a dicha señal rx_2 la suma de las dos señales estimadas D_1^{\wedge} , D_3^{\wedge} que son suministradas por las unidades de decisión 114, 134 y, por lo tanto, sin componentes de ruido, cada una de las cuales ha sido desfasada de antemano en el primer desfase α dentro de una respectiva unidad desfasadora 1221; 1223, y la etapa de resta 122 realiza por lo tanto la operación vectorial:

$$rx_2 - D_1^{\wedge} \exp(j\alpha) + D_3^{\wedge} \exp(j\alpha) = tx_2$$

y emite una señal reconstruida tx_2 de la señal tx_2 , D_2 transmitida por la segunda antena transmisora AT2. La operación de reconstruir la señal tx_2 transmitida por la segunda antena AT2 está por tanto sujeta solamente a la componente de ruido n_2 de la segunda antena receptora AR2; de hecho, si las señales estimadas D_1^{\wedge} y D_3^{\wedge} han sido correctamente reconstruidas, las componentes $D_1^{\wedge} \exp(j\alpha)$; $D_3^{\wedge} \exp(j\alpha)$, que están libres de ruido y son exactamente las mismas que las componentes interferentes (D_1 ; D_3) intrínsecas en rx_2 , son restados a rx_2 ; esta operación no sería posible en otro caso, si las señales rx_1 , rx_3 recibidas por las antenas transmisoras primera y tercera AT1; AT3 fueran usadas en forma lineal.

La señal reconstruida tx_2 , por lo tanto, no está sujeta a ningún factor G de ganancia / atenuación, y es por tanto transferida a una unidad estimadora 124, similar a las dos unidades 114, 134 ya descritas, a fin de obtener una señal estimada D_2^{\wedge} correspondiente a la señal de origen de banda base original D_2 .

Las tres señales de banda base originales D1, D2, D3 transmitidas en modulación tx1, tx2, tx3 por el enlace de radio están por tanto disponibles en la salida del aparato 10.

5 Dado que en el sector del procesamiento numérico de señales se conocen los circuitos y cálculos necesarios para realizar las funciones especificadas en este aparato, solamente se muestra el diagrama básico que muestra un ejemplo de las unidades funcionales necesarias para realizar la separación de las señales recibidas y la supresión de las respectivas componentes interferentes.

10 Una ventaja del aparato descrito en esta primera realización es que las señales primera y tercera tx1, tx3 transmitidas son reconstruidas tx1, tx3, determinando la suma lineal de solamente dos señales (rx1/rx3 y rx2+*exp(j(α))), limitando por tanto el ruido superpuesto sobre las señales reconstruidas tx1, tx3 a la suma de los factores de ruido de solamente dos receptores / demoduladores (MR1, MR2; MR3, MR2). Esto hace más fiable la estimación sucesiva D1[^]; D3[^] del valor transmitido tx1; tx3, D1; D3 usando dichas señales reconstruidas tx1, tx3. Con referencia a la Fig. 4, se muestra un segundo ejemplo de realización de un sistema de comunicación con tres pares de antenas transmisoras / receptoras para la polarización de transmisión, en el cual algunas de las operaciones del aparato que implementa el procedimiento de reconstrucción de acuerdo a la invención son realizadas en la frecuencia de transmisión (generalmente, la frecuencia de micro-ondas). En este caso, las operaciones del cálculo de la conjugada compleja y del desfase de la señal rx2 recibida por la segunda antena receptora AT2, y de la resta de dicha señal conjugada compleja desfasada rx2*[expj(α)] a la señal rx1 recibida por la primera antena receptora AR1 y a la señal rx3 recibida por la tercera antena receptora AR3, son llevadas a cabo en la frecuencia de transmisión, aguas arriba de la demodulación y la conversión digital. Aunque las unidades funcionales 120, 121, 112, 132 del aparato 1100 realizan las mismas funciones lógicas que las ilustradas con relación a la primera realización mostrada en la Fig. 3, las mismas operaciones son directamente realizadas en modalidad analógica, sobre las señales de alta frecuencia rx1, rx2, rx3 recibidas por las antenas AR1, AR2, AR3. Las técnicas de la implementación analógica de estas unidades funcionales (por ejemplo, usando circuitos pasivos como retardadores y desfasadores en π/2 de las señales recibidas rx1, rx2, rx3) son igualmente bien conocidas en la técnica.

25 Esta realización tiene la ventaja adicional de que las señales reconstruidas tx1, tx3 de la primera señal transmitida (tx1, D1) y la tercera señal transmitida (tx3, D3) tienen una respectiva componente de ruido N1, N3 originada únicamente a partir del respectivo módulo de recepción / demodulación MR1; MR3; la estimación D3[^]; D1[^] dentro de las respectivas unidades estimadoras 114; 134, por lo tanto, estará influida solamente por el factor de ruido del respectivo módulo receptor / demodulador MR1; MR3 y, por lo tanto, intrínsecamente con una mejora en la razón entre señal y ruido S / N en comparación con el procesamiento anterior. Aunque los circuitos analógicos necesarios para esta implementación son más complejos y tienen mayores pérdidas que la solución mostrada en la Fig. 3, estos inconvenientes pueden ser fácilmente compensados usando técnicas conocidas.

30 También está dentro de la competencia de la persona experta en la técnica aplicar las mismas operaciones a señales que, a continuación de la recepción por las tres antenas receptoras AR1, AR2, AR3, se fijan en una frecuencia intermedia por medio de respectivos módulos de reducción de frecuencia, conocidos en el sector de las telecomunicaciones, solución ésta, sin embargo, que elimina la ventaja precitada del único factor de ruido durante la reconstrucción.

35 Es claro, por lo tanto, cómo, con el procedimiento y el aparato de acuerdo a la invención, es posible reconstruir señales moduladas transmitidas en alta frecuencia por un único enlace de radio de MIMO de corta distancia, con tres antenas para la polarización de la transmisión, de manera sencilla y usando pocos circuitos convencionales.

De acuerdo a una realización preferida, se prevé que las etapas de desfase sean de tipo variable, para permitir la configuración estática del aparato en el momento de la activación.

Además de esto, los desfasadores, en la práctica, pueden ser implementados en asociación con medios de cálculo automático para ajustar ángulos de desfase de las señales recibidas.

45 Además, debido al hecho de que la reconstrucción de la señal D2, transmitida tx2 por la segunda antena AT2, es realizada usando las señales reconstruidas primera y tercera tx1, tx3, a continuación de la estimación D1[^]; D3[^] del valor D1; D3 transmitido tx1, tx3 de las mismas, es posible recuperar efectivamente la señal tx2 transmitida por la segunda antena transmisora AT2, también en el caso de configuraciones del enlace de radio en las cuales la distancia d/2 entre dicha segunda antena y las otras dos antenas AT1, AT3 es tal como para determinar un primer desfase α menor que el límite inferior descrito en la introducción (en ese momento, definido como de 15° y, en cualquier caso, mayor que 5°), y por debajo del cual las señales transmitidas por un enlace de radio de MIMO con dos antenas para cada polarización serían excesivamente atenuadas a continuación de la reconstrucción y, por lo tanto, no serían utilizables en el sector receptor. Esto da como resultado la ventaja de que, además de la implementación completamente nueva de sistemas de MIMO con tres antenas transmisoras / receptoras para cada polarización de transmisión, también es posible adaptar el aparato pre-existente:

- insertando una tercera antena transmisora y una correspondiente antena receptora, dispuestas entre, y equidistantes entre, las antenas transmisoras / receptoras de un enlace de radio de MIMO que comprende dos antenas transmisoras / receptoras para la polarización, también en el caso en que la distancia (d) entre dichas dos antenas pre-existentes

ya es la mínima aceptada como posible de acuerdo a la técnica anterior;

- con la adición de una tercera antena, por encima o por debajo de una de dichas antenas pre-existentes, a una distancia igual a la distancia entre estas últimas.

5 Un sistema de acuerdo a la invención, para la transmisión y reconstrucción de conjuntos de tres señales transmitidas, isofrecuentes y co-polares en modulación, por un enlace de radio de MIMO de corta distancia con tres antenas transmisoras / receptoras para la polarización, comprende esencialmente:

--) un enlace de radio de MIMO de corta distancia que comprende tres antenas transmisoras / receptoras para la polarización de transmisión, de acuerdo a lo que se ha ilustrado hasta aquí, con respectivos módulos de modulación / demodulación y de conversión (D / A, A / D) asociados a dichas antenas;

10 --) un aparato 100 para reconstruir las señales transmitidas de acuerdo a la invención, situado en el sector receptor del enlace de radio.

De acuerdo a una realización preferida del sistema de telecomunicaciones de acuerdo a la invención, se prevé que dicho sistema también comprenda medios de gestión de transmisión capaces de implementar las siguientes modalidades operativas:

15 --) en condiciones normales, se transmiten tres señales independientes tx1, tx2, tx3, cada una de las cuales transporta su propia señal de datos de información D1, D2, D3;

20 --) en condiciones en que hay un deterioro en la transmisión, es decir, un alto porcentaje de errores de transmisión detectados durante la recepción por los canales correspondientes a la primera antena transmisora AT1 y la tercera antena transmisora AT3, los medios de gestión "apagan" la segunda antena transmisora AT2 usando la señal recibida por la segunda antena receptora AR2, y compuesta ahora solamente por componentes de tx1 y tx3 que están desfasadas en dicho primer desfase α , a fin de reforzar la calidad de las señales recibidas rx1, rx3 y la reconstrucción de las mismas;

25 --) en condiciones en que hay un deterioro adicional, o como alternativa al punto precedente, la segunda antena AT2 puede transmitir una combinación de las señales tx1, tx2, respectivamente transmitidas por las antenas primera y tercera, a fin de reforzar aún más la calidad de las señales tx1, tx3 a recibir y reconstruir.

30 Preferiblemente, las antenas transmisoras AT1, AT2, AT3 y las antenas receptoras AR1, AR2, AR3 están dispuestas de modo que dicho segundo desfase β sea mayor que 45° ; esta condición es ventajosa en cuanto a que el factor G de ganancia / atenuación determina una ganancia en amplitud de las señales reconstruidas primera y tercera tx1, tx3 en comparación con la correspondiente señal transmitida tx1, tx3, asegurando por tanto una estimación no lineal $D1^\wedge$, $D3^\wedge$ más fiable del valor transmitido.

35 Como se muestra en la Fig. 2, se prevé además que el sistema de telecomunicaciones de acuerdo a la invención pueda proporcionar un aumento adicional en la capacidad del canal, transmitiendo en paralelo con cada señal tx1v, tx2v, tx3v transmitida con una polarización dada, una señal isofrecuente tx1h, tx2h, tx3h con polarización ortogonal, siendo las dos señales intrínsecamente discriminatorias, de modo que puedan ser separadas durante la recepción usando técnicas comunes de XPD para eliminar la interferencia polar cruzada.

Aunque descrita con relación a un cierto número de realizaciones y a un cierto número de ejemplos preferidos de realización de la invención, se entiende que el ámbito de protección de la presente patente está determinado únicamente por las reivindicaciones a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para reconstruir durante la recepción tres señales de origen de banda base (D1, D2, D3) moduladas (tx1, tx2, tx3) en alta frecuencia y transmitidas de forma isofrecuente y co-polar, por un enlace de radio de corta distancia que comprende tres pares de antenas transmisoras / receptoras (AT1-AR1; AT2-AR2; AT3-AR3) para cada polarización de transmisión, en el que:
- 5 - cada una de dichas tres señales moduladas (tx1, tx2, tx3) es transmitida por una respectiva antena transmisora (AT1, AT2, AT3);
- cada una de dichas antenas receptoras (AR1, AR2, AR3) es capaz de recibir una respectiva señal de alta frecuencia (rx1, rx2, rx3) que consiste en una componente primaria, correspondiente a la señal transmitida por la respectiva
- 10 antena transmisora, y una componente interferente, que consiste en una combinación de las señales transmitidas por las otras dos antenas transmisoras;
- la señal (rx1) recibida por la primera antena receptora (AR1) es una suma de:
- la primera señal útil (tx1) transmitida por la respectiva antena (AT1);
- una primera señal interferente ($tx2 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal (tx2) transmitida por la segunda antena (AT2)
- 15 y recibida con un primer desfase relativo α con respecto a dicha señal útil (tx1) recibida;
- una segunda señal interferente ($tx3 \exp(j\beta)$) correspondiente a la señal (tx3) transmitida por la tercera antena (AT3) y recibida con un primer desfase relativo β con respecto a dicha señal útil (tx1) recibida;
- la señal (rx2) recibida por la segunda antena receptora (AR2) es una suma de:
- la segunda señal útil (tx2) transmitida por la respectiva antena transmisora (AT2);
- 20 -- una primera señal interferente ($tx1 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal transmitida por la primera antena (AT1) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx2) recibida;
- una segunda señal interferente ($tx3 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal (tx3) transmitida por la tercera antena (AT3) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx2) recibida por la segunda antena receptora (AR2); y
- 25 - la señal (rx3) recibida por la tercera antena receptora (AR3) es una suma de:
- la tercera señal útil (tx3) transmitida por la respectiva antena transmisora (AT3);
- una primera señal interferente ($tx2 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal (tx2) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx3) recibida por la tercera antena receptora;
- 30 -- una segunda señal interferente ($tx1 \exp(j\beta)$) correspondiente a la señal (tx1) transmitida por la primera antena transmisora (AT1) y recibida con un desfase relativo igual a dicho segundo desfase β con respecto a dicha señal útil (tx3) recibida por (AR3); **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
- calcular la señal conjugada compleja ($rx2^*$) de la señal (rx2) recibida por la segunda antena (AR2);
- desfasar dicha señal conjugada compleja ($rx2^*$) en una magnitud igual al primer desfase α , dando como resultado
- 35 una señal conjugada compleja desfasada ($rx2^* \exp(j\alpha)$);
- restar dicha señal conjugada compleja ($rx2^* \exp(j\alpha)$), desfasada en α , a la señal (rx1) recibida por la primera antena receptora (AR1), con generación de una señal reconstruida (tx3) que comprende solamente las componentes (tx3) provenientes de la tercera antena transmisora (AT3);
- 40 - restar dicha señal conjugada compleja ($rx2^* \exp(j\alpha)$), desfasada en α , a la señal (rx3) recibida por la tercera antena, con generación de una señal reconstruida (tx1) que comprende solamente las componentes (tx1) provenientes de la primera antena transmisora (AT1);
- estimar (D1[^]) el valor de la señal transmitida (D1, tx1) por la primera antena transmisora (AT1), sobre la base de la señal reconstruida (tx1) que comprende solamente las componentes (tx1) provenientes de la primera antena transmisora (AT1);
- 45 - estimar (D3[^]) el valor de la señal transmitida (D3, tx3) por la tercera antena transmisora (AT3), sobre la base de la señal reconstruida (tx3) que comprende solamente las componentes (tx3) provenientes de la tercera antena transmisora (AT3);
- restar ($rx2 - (D1^{\wedge} \exp(j\alpha) + D3^{\wedge} \exp(j\alpha))$) a la señal (rx2) recibida por la segunda antena receptora (AR2) la suma de dichas

señales de estimación ($D1^\wedge$, $D3^\wedge$), cada una desfasada de antemano en una magnitud igual al primer desfase α , con la reconstrucción ($tx2$) de la señal ($D2$, $tx2$) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2).

2. Procedimiento de acuerdo a la Reivindicación 1, **caracterizado porque** prevé una operación (134) para estimar ($D2^\wedge$) el valor de la señal ($D2$, $tx2$) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2) aguas abajo de dicha reconstrucción ($tx2$) de la señal ($D2$, $tx2$) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2).
3. Procedimiento de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque dicha estimación ($D1^\wedge$, $D3^\wedge$) de la primera señal transmitida ($D1$, $tx1$) y de la tercera señal transmitida ($D3$, $tx3$), es realizada por medio de una operación no lineal llevada a cabo por una respectiva unidad estimadora (134; 114).
4. Procedimiento de acuerdo a la Reivindicación 1, 2 o 3, caracterizado porque, aguas arriba de dicha estimación ($D1^\wedge$) de la señal ($tx1$, $D1$) transmitida por la primera antena transmisora (AT1) y / o de dicha estimación ($D3^\wedge$) de la señal ($tx3$, $D3$) transmitida por la tercera antena transmisora (AT3), se realiza una operación de ecualización (AGC) en un valor predeterminado de la amplitud de la señal reconstruida ($tx1$, $tx3$).
5. Procedimiento de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las señales de alta frecuencia ($rx1$, $rx2$, $rx3$) recibidas por cada antena receptora (AR1, AR2, AR3), son demoduladas de antemano (MR1, MR2, MR3) a banda base y convertidas (A / D) al formato digital (Drx1, Drx2, Drx3).
6. Procedimiento de acuerdo a la Reivindicación 4, **caracterizado porque** las señales ($rx1$, $rx2$, $rx3$) recibidas por cada antena receptora (AR1, AR2, AR3) se fijan de antemano en la frecuencia intermedia.
7. Procedimiento de acuerdo a la Reivindicación 5 o 6, **caracterizado porque** aplica técnicas para el procesamiento digital de las señales (Drx1, Drx2, Drx3), emitiendo las tres señales de origen ($D1$, $D2$, $D3$) en banda base.
8. Procedimiento de acuerdo a las Reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** aplica al menos una técnica de procesamiento analógico a las señales de alta frecuencia ($rx1$, $rx2$, $rx3$) recibidas por cada antena receptora (AR1, AR2, AR3).
9. Procedimiento de acuerdo a la reivindicación precedente, **caracterizado porque** al menos una de las etapas de:
 - calcular la señal conjugada compleja ($rx2^*$) de la señal ($rx2$) recibida por la segunda antena (AR2);
 - desfasar dicha señal conjugada compleja ($rx2^*$);
 - restar dicha señal conjugada compleja ($rx2^* \exp(j\alpha)$), desfasada en α , a la señal ($rx1$) recibida por la primera antena receptora (AR1);
 - restar dicha señal conjugada compleja ($rx2^* \exp(j\alpha)$), desfasada en α , a la señal ($rx3$) recibida por la tercera antena;
 se realiza en la frecuencia de transmisión usando técnicas de procesamiento analógico y aguas arriba de las unidades (MR1; MR2; MR3) para recibir / demodular las señales recibidas;
10. Procedimiento de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la modulación es modulación QAM y / o la amplitud de cada señal recibida ($rx1$, $rx2$, $rx3$) es ecualizada de antemano.
11. Aparato (100, 1100) para reconstruir durante la recepción tres señales isofrecuentes y co-polares ($tx1$, $tx2$, $tx3$; $D1$, $D2$, $D3$) que son transmitidas en modulación de alta frecuencia por un enlace de radio de corta distancia, que comprende tres pares de antenas transmisoras / receptoras (AT1-AR1; AT2-AR2; AT2-AR3), en el que:
 - cada antena transmisora es capaz de transmitir una de dichas tres señales ($tx1$, $tx2$, $tx3$), generadas por una respectiva unidad moduladora / transmisora convencional (MT1, MT2, MT3), que recibe en su entrada una respectiva señal de datos de origen de banda base ($D1$, $D2$, $D3$).
 - cada una de dichas antenas receptoras (AR1, AR2, AR3) es capaz de recibir una respectiva señal ($rx1$, $rx2$, $rx3$) que consiste en una componente primaria, correspondiente a la señal transmitida por la respectiva antena transmisora (AT1, AT2, AT3), y una componente interferente, que consiste en una combinación de las señales transmitidas por las otras dos antenas transmisoras:
 - la señal ($rx1$) recibida por la primera antena receptora (AR1) es una suma de:
 - la primera señal útil ($tx1$) transmitida por la respectiva antena (AT1);
 - una primera señal interferente ($tx2 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal ($tx2$) transmitida por la segunda antena (AT2) y recibida con un primer desfase relativo α con respecto a dicha señal útil ($tx1$) recibida;

-) una segunda señal interferente ($tx_3 \exp(j\beta)$) correspondiente a la señal (tx_3) transmitida por la tercera antena transmisora (AT3) y recibida con un segundo desfase relativo β con respecto a dicha señal útil (tx_1) recibida;
- la señal (rx_2) recibida por la segunda antena receptora (AR2) es una suma de:
-) la segunda señal útil (tx_2) transmitida por la respectiva antena transmisora (AT2);
- 5 --) una primera señal interferente ($tx_1 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal transmitida por la primera antena (AT1) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx_2) recibida;
-) una segunda señal interferente ($tx_3 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal (tx_3) transmitida por la tercera antena (AT3) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx_2) recibida por la segunda antena receptora (AR2); y
- 10 - la señal (rx_3) recibida por la tercera antena receptora (AR3) es una suma de:
-) la tercera señal útil (tx_3) transmitida por la respectiva antena transmisora (AT3);
-) una primera señal interferente ($tx_2 \exp(j\alpha)$) correspondiente a la señal (tx_2) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx_3) recibida por la tercera antena receptora;
- 15 --) una segunda señal interferente ($tx_1 \exp(j\beta)$) correspondiente a la señal (tx_1) transmitida por la primera antena transmisora (AT1) y recibida con un desfase relativo igual a dicho segundo desfase β con respecto a dicha señal útil (tx_3) recibida por (AR3); **caracterizado porque** comprende:
- una etapa (120) para convertir una señal (rx_2) en la señal conjugada compleja asociada (rx_2^*), capaz de recibir en su entrada la señal (rx_2) recibida por la segunda antena (AR2) y de emitir una señal conjugada compleja (rx_2^*) de la misma;
- 20 - una etapa de desfase (121) capaz de recibir en su entrada dicha señal conjugada compleja (rx_2^*) de la señal (rx_2) recibida por la segunda antena (AR2) y generar en su salida una correspondiente señal ($rx_2^* \exp(j\alpha)$) con la misma amplitud, pero desfasada en dicho primer desfase α ;
- un primer circuito de resta (112) capaz de recibir en su entrada la señal (rx_1) recibida por la primera antena (AR1) y dicha señal conjugada compleja ($rx_2^* \exp(j\alpha)$) desfasada en (α), restar esta última a la primera y generar en su salida una señal reconstruida (tx_3) que comprende solamente las componentes (tx_3) provenientes de la tercera antena transmisora (AT3);
- 25 - un segundo circuito de resta (132) capaz de recibir en su entrada la señal (rx_3) recibida por la tercera antena (AR3) y dicha señal conjugada compleja ($rx_2^* \exp(j\alpha)$) desfasada en α , restar esta última a la primera y generar en su salida una señal reconstruida (tx_1) que comprende solamente las componentes (tx_1) provenientes de la primera antena transmisora (AT1);
- 30 - una etapa (114) para estimar la señal (D_3^{\wedge}) transmitida (tx_3 , D_3) por la tercera antena transmisora (AT3), sobre la base de dicha señal reconstruida (tx_3) emitida por el primer circuito de resta (112);
- una etapa (134) para estimar la señal (tx_1 , D_1) transmitida por la primera antena (AT1), sobre la base de dicha señal reconstruida (tx_3) emitida por el segundo circuito de resta (132);
- 35 - una etapa (124) para reconstruir la señal (tx_2, D_2) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2), capaz de recibir en su entrada la señal (rx_2) recibida por la segunda antena receptora (AR2) y dichas señales estimadas (D_1^{\wedge} , D_3^{\wedge}) emitidas por dichas etapas (114; 134) para estimar la primera señal transmitida (D_1 , tx_1) y la tercera señal transmitida (D_3 , tx_3), cada una desfasada de antemano en el primer desfase α dentro de una correspondiente unidad desfasadora (1221; 1223), y capaz de realizar la resta ($rx_2 - (D_1^{\wedge} \exp(j\alpha) + D_3^{\wedge} \exp(j\alpha))$) entre la señal (rx_2) recibida por la segunda antena receptora (AR2) y la suma de dichas señales estimadas, desfasadas en α , ($D_1^{\wedge} \exp(j\alpha)$; $D_3^{\wedge} \exp(j\alpha)$), generando en su salida una señal reconstruida (tx_2) de la señal (tx_2 , D_2) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2);
- 40
12. Aparato de acuerdo a la Reivindicación 11 **caracterizado porque** comprende:
- 45 - una etapa (144) para estimar (D_2^{\wedge}) la señal (D_2 , tx_2) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2), sobre la base de dicha señal reconstruida tx_2 emitida por dicha etapa (124) para reconstruir la señal transmitida por la segunda antena (AT2).
13. Aparato de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** está situado aguas abajo de las unidades (MR1; MR2; MR3) para la demodulación de banda base y la conversión digital (A / D) de las señales (rx_1 ; rx_2 ; rx_3) recibidas por las antenas receptoras (AR1; AR2; AR3), y **porque** funciona usando técnicas para el procesamiento digital de las señales.
- 50

14. Aparato de acuerdo a la Reivindicación 11 **caracterizado porque** al menos una de dichas etapas usa técnicas para el procesamiento analógico de las señales en la frecuencia de transmisión o en una frecuencia intermedia entre la frecuencia de transmisión y la de banda base.
- 5 15. Aparato de acuerdo a la reivindicación precedente, **caracterizado porque** al menos una – preferiblemente, todas – de entre la etapa de conversión (12), la etapa de desfase (121), el primer circuito de resta (112) y el segundo circuito de resta (132) – preferiblemente, todas ellas – funcionan en la frecuencia de transmisión usando técnicas analógicas y / o están situadas aguas arriba de las unidades (MR1; MR2; MR3) para la recepción / demodulación de las señales recibidas.
- 10 16. Aparato de acuerdo a una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** tiene un ecualizador automático de amplitud (AGC) situado aguas arriba de la etapa (114; 134) para estimar la primera señal (D1, tx1) y / o la tercera señal (D3, tx3) transmitidas y / o aguas abajo de cada antena receptora (AR1; AR2; AR3).
- 15 17. Sistema para transmitir y reconstruir durante la recepción conjuntos de tres señales isofrecuentes y co-polares (D1, tx1; D2, tx2; D3, tx3) transmitidas por un enlace de radio de MIMO de corta distancia, en el que:
- dicho enlace de radio comprende tres pares de antenas transmisoras / receptoras (AT1-AR1; AT2- AR2; AT3-AR3) para la polarización de la transmisión
 - cada antena transmisora es capaz de transmitir una de dichas tres señales (tx1, tx2, tx3), generadas por una respectiva unidad moduladora / transmisora convencional (MT1, MT2, MT3), que recibe en su entrada una respectiva señal de datos de origen de banda base (D1, D2, D3);
 - cada una de dichas antenas receptoras (AR1, AR2, AR3) es capaz de recibir una respectiva señal (rx1, rx2, rx3) que consiste en una componente primaria, correspondiente a la señal transmitida por la respectiva antena transmisora (AT1, AT2, AT3), y una componente interferente, que consiste en una combinación de las señales transmitidas por las otras dos antenas transmisoras;
 - los tres pares de antenas transmisoras y receptoras están dispuestas de modo tal que:
 - la señal (rx1) recibida por la primera antena receptora (AR1) es una suma de:
 - 25 --) la primera señal útil (tx1) transmitida por la respectiva antena (AT1);
 -) una primera señal interferente (tx2exp(jα)) correspondiente a la señal (tx2) transmitida por la segunda antena (AT2) y recibida con un primer desfase relativo α con respecto a dicha señal útil (tx1) recibida;
 -) una segunda señal interferente (tx3exp(jβ)) correspondiente a la señal (tx3) transmitida por la tercera antena transmisora (AT3) y recibida con un segundo desfase relativo β con respecto a dicha señal útil (tx1) recibida;
 - 30 - la señal (rx2) recibida por la segunda antena receptora (AR2) es una suma de:
 -) la segunda señal útil (tx2) transmitida por la respectiva antena transmisora (AT2);
 -) una primera señal interferente (tx1*exp(jα)) correspondiente a la señal transmitida por la primera antena (AT1) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx2) recibida;
 - 35 --) una segunda señal interferente (tx3*exp(jα)) correspondiente a la señal (tx3) transmitida por la tercera antena (AT3) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx2) recibida por la segunda antena receptora (AR2); y
 - la señal (rx3) recibida por la tercera antena receptora (AR3) es una suma de:
 -) la tercera señal útil (tx3) transmitida por la respectiva antena transmisora (AT3);
 -) una primera señal interferente (tx2*exp(jα)) correspondiente a la señal (tx2) transmitida por la segunda antena transmisora (AT2) y recibida con un desfase relativo igual a dicho primer desfase α con respecto a dicha señal útil (tx3) recibida por la tercera antena receptora;
 - 40 --) una segunda señal interferente (tx1*exp(jβ)) correspondiente a la señal (tx1) transmitida por la primera antena transmisora (AT1) y recibida con un desfase relativo igual a dicho segundo desfase β con respecto a dicha señal útil (tx3) recibida por (AR3);
- 45 **caracterizado porque** el sector receptor del sistema comprende:
- un aparato (100; 1100) para reconstruir las señales transmitidas (tx1; tx2; tx3) de acuerdo a una cualquiera de las Reivindicaciones 11 a 16.
18. Sistema de acuerdo a la reivindicación precedente, **caracterizado porque** comprende medios de gestión de

transmisión / recepción capaces de detectar un deterioro en la calidad de transmisión / recepción / reconstrucción de dichas señales primera y tercera (tx1; tx3) transmitidas por las antenas transmisoras primera y tercera.

- 5 19. Sistema de acuerdo a la reivindicación precedente, **caracterizado porque** dichos medios de gestión de transmisión / recepción son capaces de interrumpir, por mandato, la transmisión por parte de la segunda antena transmisora (AT2), y de usar la señal recibida por la segunda antena receptora, estando dicha señal compuesta solamente por componentes de (tx1) y (tx3), desfasadas en dicho primer desfase α , a fin de reforzar la calidad de las señales recibidas (rx1, rx3) y la reconstrucción de las señales transmitidas (tx1, tx2) por parte de la primera antena transmisora (AT1) y de la tercera antena transmisora (AT3).
- 10 20. Sistema de acuerdo a la Reivindicación 18 o 19, **caracterizado porque** dichos medios de gestión de transmisión / recepción son capaces de transmitir, por mandato, mediante la segunda antena (AT2), una combinación de las señales (tx1, tx3) transmitidas por las antenas transmisoras primera y tercera (AT1, AT3).
21. Sistema de acuerdo a la Reivindicación 19 o 20, **caracterizado porque** dicho mandato se envía automáticamente en el caso en que se supere un cierto porcentaje de errores para la reconstrucción durante la recepción.
- 15 22. Sistema de acuerdo a una cualquiera de las Reivindicaciones 17 a 21, **caracterizado porque** la distancia $d/2$ entre la segunda antena transmisora (AT2) y la antena transmisora primera o tercera (AT1; AT3), y la distancia L entre cada antena transmisora y la correspondiente antena receptora (AR1; AR2, AR3) son tales que el primer desfase α oscila entre 5° y 15° .
- 20 23. Sistema de acuerdo a una cualquiera de las Reivindicaciones 17 a 21, **caracterizado porque** la distancia d entre la primera antena transmisora (AT1) y la tercera antena transmisora (AT3) y la distancia (L) entre cada antena transmisora y la correspondiente antena receptora (AR1, AR2, AR3) son tales que el segundo desfase β es mayor que 45° .

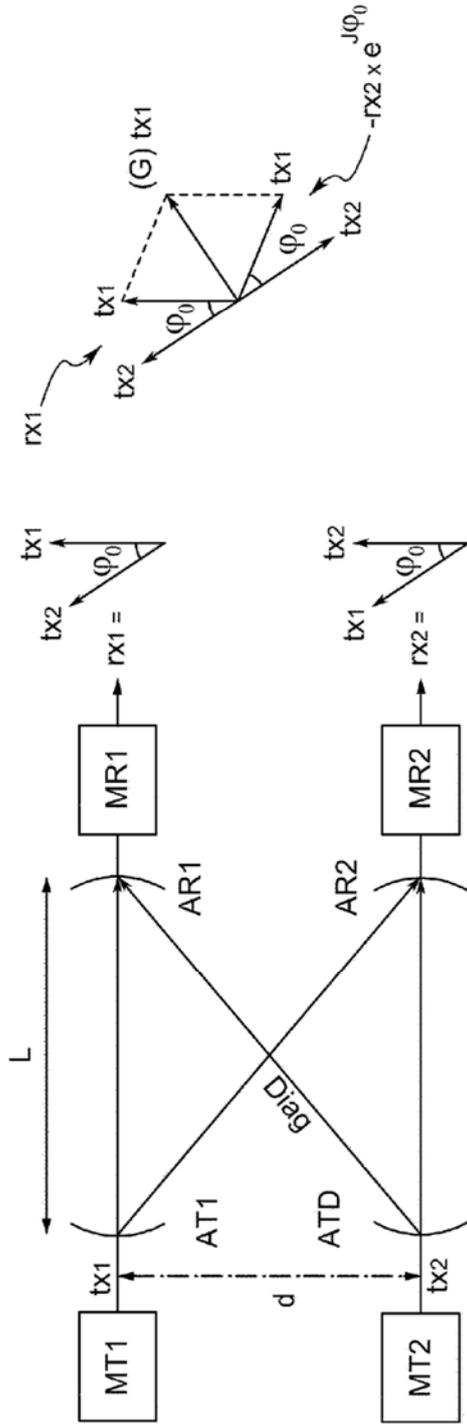


Fig. 1

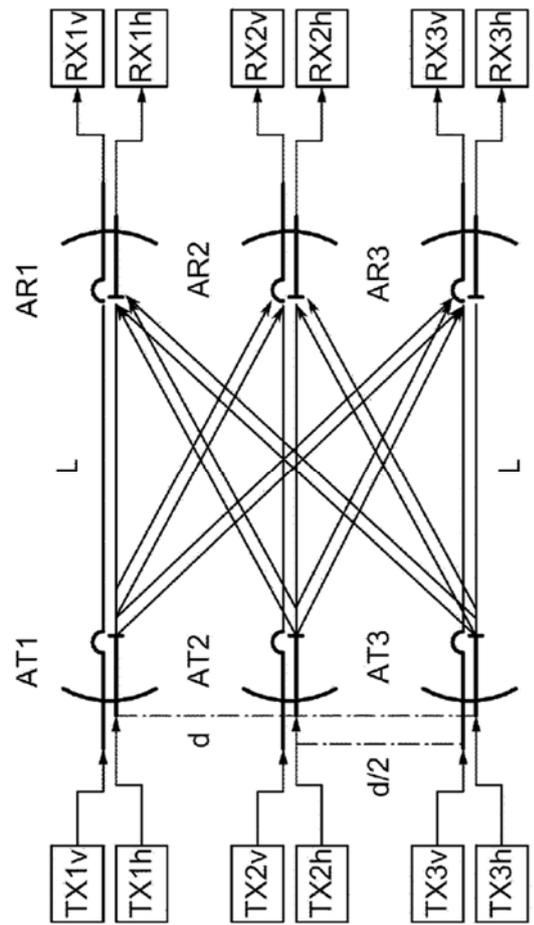
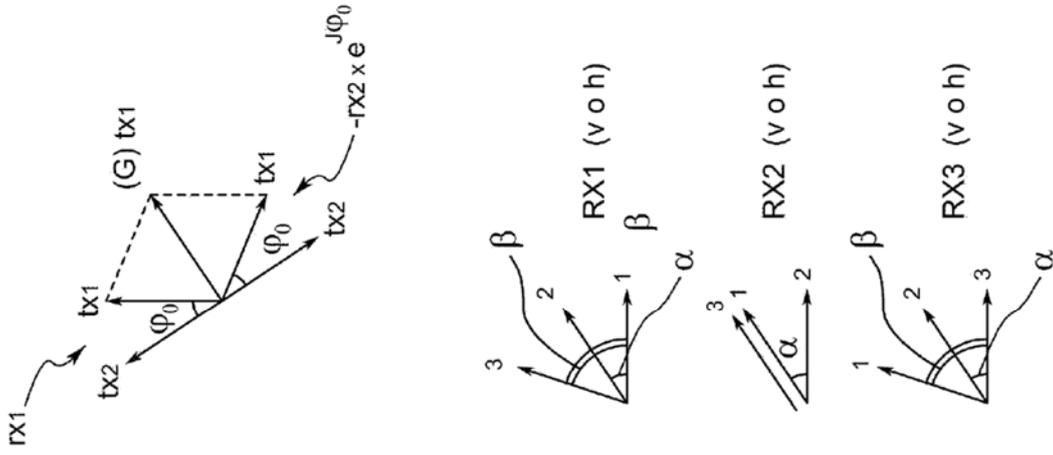
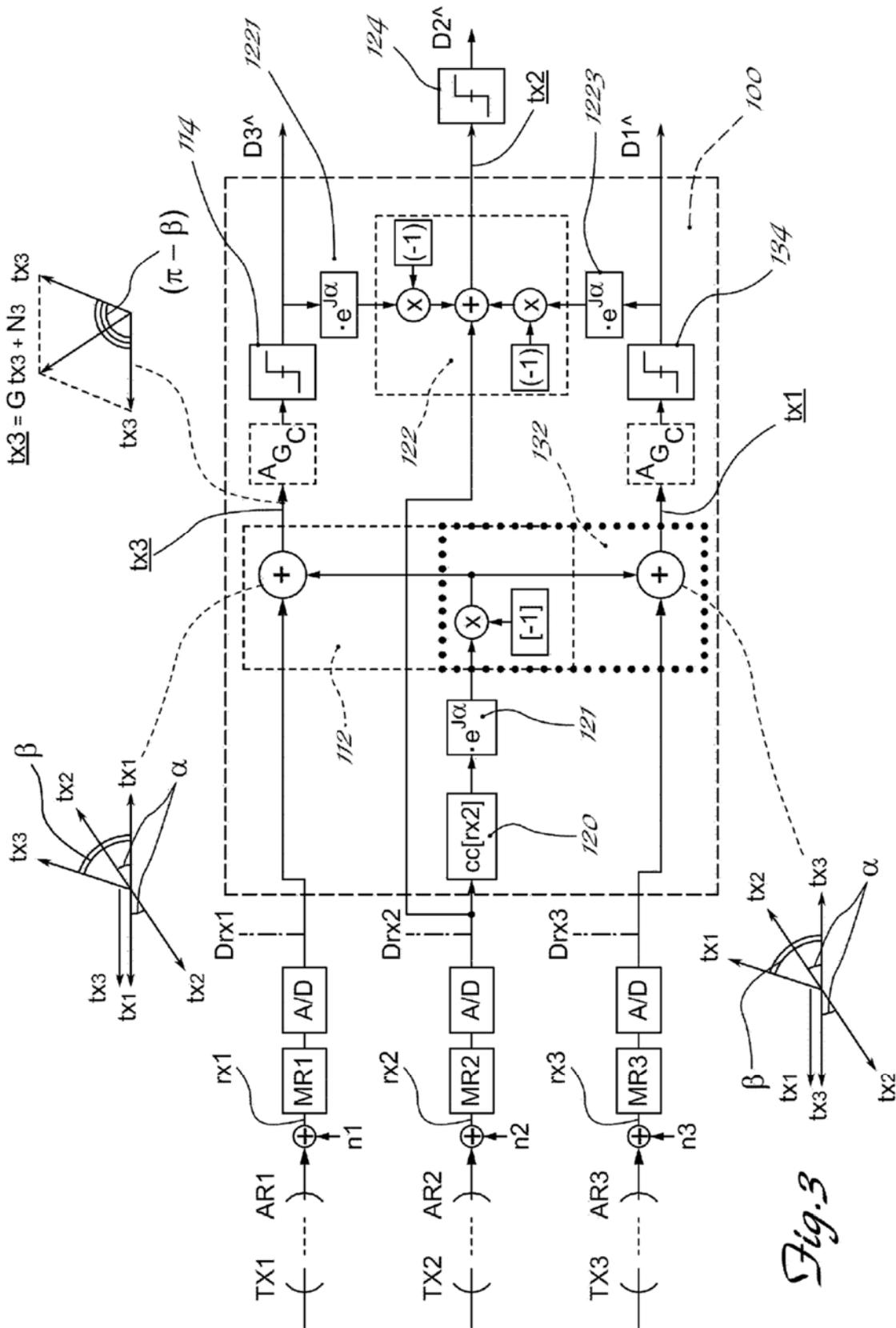


Fig. 2



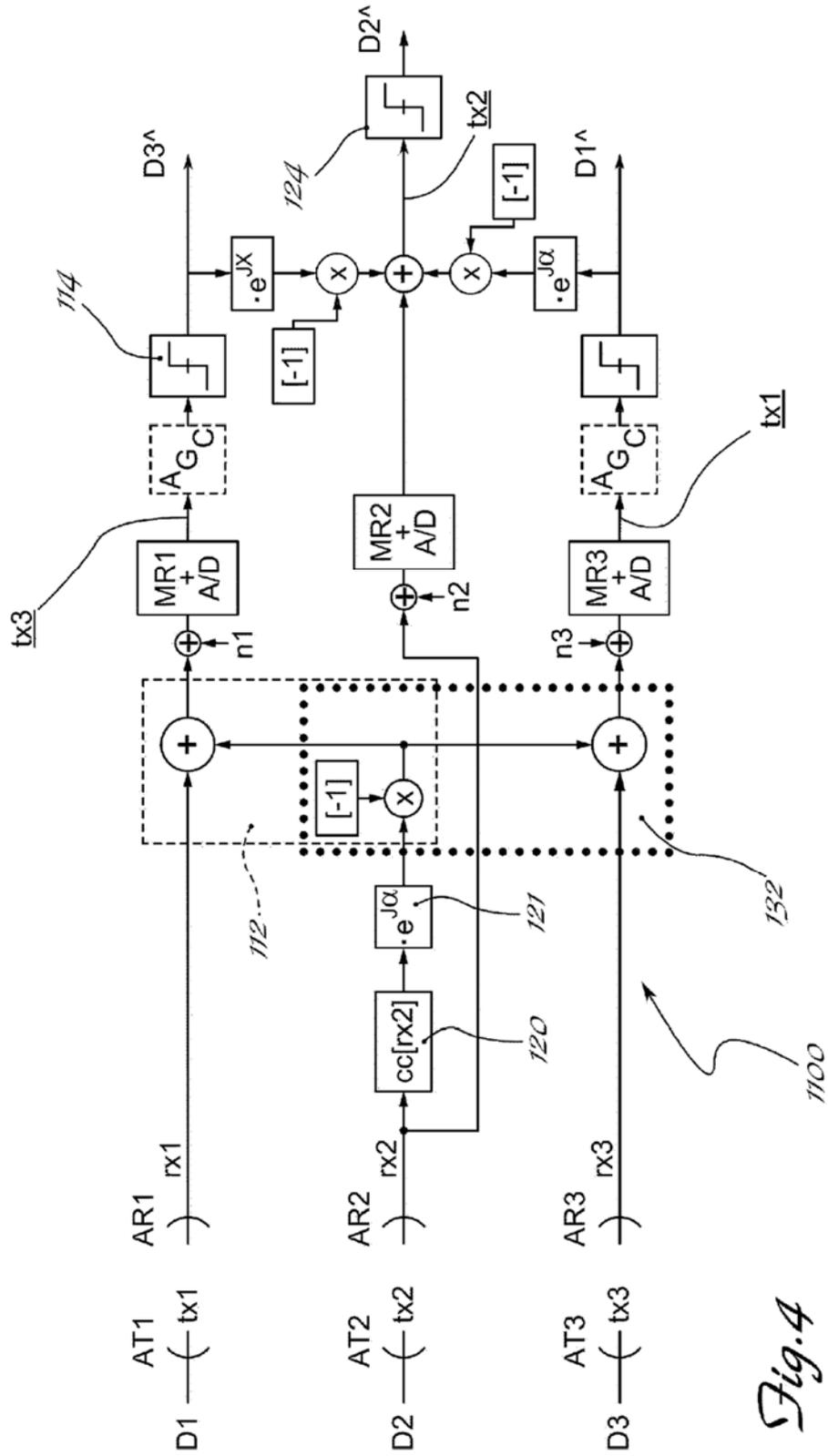


Fig.4

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 2009296486 A1 [0005]
- WO 0215456 A2 [0005]
- EP 2282419 A [0014]