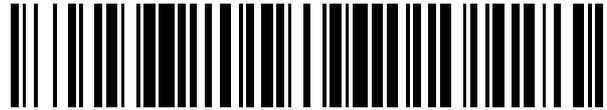


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 509**

51 Int. Cl.:

**G01R 29/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2010 E 10004236 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015 EP 2246707**

54 Título: **Procedimiento y disposición para medir la característica direccional de una antena que debe ser ensayada**

30 Prioridad:

**28.04.2009 DE 102009018925**

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

**26.01.2016**

73 Titular/es:

**AIRBUS DS GMBH (100.0%)  
Robert-Koch-Strasse 1  
82024 Taufkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**EIBERT, THOMAS;  
SCHMIDT, CARSTEN;  
FRITZEL, TORSTEN y  
STEINER, HANS JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 557 509 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y disposición para medir la característica direccional de una antena que debe ser ensayada.

La invención concierne a un procedimiento y una disposición para medir la característica direccional de una antena que debe ser ensayada, denominada seguidamente antena de ensayo.

5 En la caracterización de campos electromagnéticos se presenta en general el problema de las contribuciones de campo perturbadoras. Este problema resulta debido a que la superposición de una onda irradiada directamente por una antena con porciones de onda dispersadas por el terreno conduce en parte a errores de medida considerables. Como consecuencia de la distancia relativamente grande (distancia de medida) entre una sonda de medida y la antena de ensayo que se debe medir se obtiene un ángulo de incidencia plano de la onda directamente generada  
10 sobre el terreno. En particular, este problema se manifiesta en las llamadas instalaciones de medición del campo lejano de una antena. Esto tiene la consecuencia de que el diagrama direccional de la antena de ensayo no es directamente mensurable a consecuencia de las porciones de campo dispersadas en el terreno.

15 Por este motivo, para mejorar el procedimiento de medida se aspira a reprimir las porciones de la señal de medida dispersadas en el suelo. Esto se efectúa, por ejemplo, disponiendo la sonda de medida y la antena de ensayo en posición elevada con respecto al terreno a fin de lograr un retardo temporal lo más largo posible de la señal irradiada hasta su captación por el receptor. La represión de las porciones de campo dispersadas en el suelo se efectúa, por ejemplo, por medio de interruptores rápidos.

20 Como alternativa, se conoce una llamada prueba vertical de la sonda de medida para determinar la ondulación producida por la superposición de la porción de señal directa y la porción de señal dispersada y para tenerla en cuenta globalmente como magnitud de corrección en los diagramas de antena medidos.

Los documentos DE 198 07 208 A1, WO 03/056349 A1 y Schirmmacher et al. "Rechnergestütztes Verfahren für die Bestimmung der Richtdiagramme von Antennen in reflektierender Umgebung" revelan procedimientos de esta clase.

25 Otro método para reprimir porciones de campo dispersadas en el suelo consiste en colocar cuerpos de dispersión lo más irregulares posible y absorbentes a lo largo del suelo para impedir porciones de señal especularmente reflejadas en el suelo.

30 Sin embargo, todos los modos de actuación conocidos por el estado de la técnica no están en condiciones de impedir completamente la superposición de la porción de señal directa con las porciones de señal dispersadas desde el suelo, de modo que una medición sigue estando afectada de errores. Particularmente con ángulos de incidencia planos sobre el suelo apenas es posible reprimir efectivamente las porciones de campo dispersadas o eliminarlas del resultado de medida.

Por tanto, el problema de la presente invención consiste en indicar un procedimiento y una disposición para medir el diagrama direccional de una antena de ensayo, con lo cuales se haga posible de manera sencilla y más exacta la determinación de un diagrama direccional de la antena de ensayo.

35 Estos problemas se resuelven por un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y una disposición con las características de la reivindicación 9. Ejecuciones ventajosas se desprenden de las reivindicaciones subordinadas.

40 La invención crea un procedimiento para medir el diagrama direccional de una antena de ensayo. En éste se disponen varias sondas de medida con relación a la antena de ensayo. La antena de ensayo se dispone a una altura prefijada sobre un plano de referencia, especialmente un terreno. De manera correspondiente, las varias sondas de medida se disponen cada una de ellas a una altura prefijada sobre el plano de referencia. Se realiza entre todas las sondas de medida y la antena de ensayo una medición del comportamiento de transmisión con respecto a la antena de ensayo. Se efectúa en este caso especialmente una medición según valor absoluto y fase. Se obtiene de ésta el comportamiento de dispersión predominante del plano de referencia en el momento tiempo de medida y se le tiene en cuenta para la determinación del diagrama direccional de la antena de ensayo.

45 La invención crea también una disposición para medir el diagrama direccional de una antena de ensayo, que comprende varias sondas de ensayo que se disponen con relación a la antena de ensayo, estando dispuesta la antena de ensayo a una altura prefijada sobre un plano de referencia, especialmente del terreno, y estando dispuestas las varias sondas de medida cada una de ellas a una altura prefijada sobre el plano de referencia. La disposición comprende un medio que está concebido para realizar entre todas las sondas de medida y la antena de ensayo una medición del comportamiento de transmisión con respecto a la antena de ensayo y para obtener las propiedades de dispersión predominantes del plano de referencia en el respectivo momento de medida y tenerlas en cuenta para la medición del diagrama direccional de la antena de ensayo.  
50

El empleo de varias sondas de medida que están dispuestas con relación a la antena de ensayo hace posible la

utilización de un modelo paramétrico en base al cual se pueden minimizar o reprimir las porciones de campo de dispersión. Debido a la medición empleando varias sondas de medida se pueden tener en cuenta las respectivas propiedades de dispersión temporalmente variables y predominantes del plano de referencia, en general del suelo. Esto es ventajoso especialmente por el hecho de que las propiedades de dispersión pueden variarse considerablemente y a corto plazo, por ejemplo por la humedad o las variaciones de vegetación en el transcurso de un año. Esta propiedad diferencia la actuación según la invención respecto de las actuaciones conocidas por el estado de la técnica, las cuales no pueden tener en cuenta especialmente las variaciones del suelo para la eliminación o represión de las propiedades de dispersión.

Las porciones de señal dispersadas en el plano de referencia son reprimidas en lo que respecta a la amplitud de la señal. A este fin, la disposición comprende un medio correspondiente con el cual se pueden reprimir las porciones de señal dispersadas en el suelo en lo que respecta a la amplitud de la señal.

Según otra ejecución, para la obtención asistida por ordenador de las propiedades de dispersión (es decir, de las porciones de señal perturbadoras) del plano de referencia se suponen como representantes del plano de referencia uno o varios radiadores parásitos con una respectiva amplitud de radiación y fase desconocidas. En este contexto, es conveniente que la antena de ensayo no esté sensiblemente acoplada con el suelo. Esto significa que la antena de ensayo tiene que instalarse a suficiente altura y sobre el plano de referencia. La altura exacta entre el plano de referencia y la antena de ensayo puede ser averiguada en este caso por el experto con unos sencillos ensayos. En particular, se ha previsto a este respecto que los radiadores parásitos se dispongan o estén dispuestos en forma distribuida entre la antena de ensayo y las sondas de medida. Por ejemplo, los radiadores parásitos pueden estar dispuestos de forma equidistribuida entre la antena de ensayo y las sondas de medida.

En una ejecución conveniente se registran por  $n+1$  sondas de medida  $n+1$  valores de medida linealmente independientes, representando  $n$  el número de radiadores parásitos supuestos. Se genera un sistema de ecuaciones lineales con un número correspondiente de coeficientes. A continuación, se determinan a partir del sistema de ecuaciones lineales las amplitudes de radiación de la porción de señal directa de la antena de ensayo y/o de la señal de los radiadores parásitos que representa la porción de señal indirecta. Estos pasos del procedimiento se ejecutan por el medio de la disposición mencionado al principio. En este caso, la determinación de los coeficientes se determina teniendo en cuenta la disposición geométrica de la antena de ensayo, la pluralidad de sondas de medida y de radiadores parásitos y una propagación de campo lejano supuesta. Se parte entonces convenientemente de las leyes de la óptica de radiación.

La determinación de los coeficientes teniendo en cuenta la disposición geométrica de los componentes implicados se efectúa también ejecutando el medio de la disposición según la invención correspondientemente configurado para ello.

Las varias sondas de medida están dispuestas simétricamente con respecto a un plano de simetría que está dispuesto paralelamente al plano de referencia y en el que está situada la antena de ensayo. Es conveniente también que las varias sondas de medida se dispongan una sobre otra en un plano que está orientado perpendicularmente al plano de referencia. Como ya se ha explicado, los radiadores parásitos se disponen en forma distribuida entre la antena de ensayo y las sondas de medida. La solución del sistema de ecuaciones generado a partir de los valores de medida suministra, aparte de las amplitudes de radiación de los radiadores parásitos, la amplitud de radiación buscada de la porción de señal directa de la antena de ensayo.

Es ventajoso también que el intervalo angular bajo el cual están dispuestas las sondas de medida con respecto a la antena de ensayo, se elija de tal manera que el diagrama direccional dentro del intervalo angular sea constante dentro de una amplitud de fluctuación prefijada. En general, esta premisa se satisface suficientemente bien en instalaciones de medida de campo libre con una distancia grande entre la antena de ensayo y las sondas de medida.

Siempre que la elección del intervalo angular bajo el cual están dispuestas las sondas de medida con respecto a la antena de ensayo no sea tal que la amplitud de radiación dentro del intervalo angular sea constante dentro de una amplitud de fluctuación prefijada, puede estar previsto que se genere y se resuelva un sistema de ecuaciones para una sección especialmente completa a través del diagrama de la antena de ensayo teniendo en cuenta para ello las variaciones del diagrama de antena dentro del intervalo angular con respecto a las sondas de medida.

Seguidamente, se explica la invención ayudándose de un ejemplo de realización. La figura única muestra una disposición según la invención para la medición del campo lejano de un diagrama de antena de espacio libre.

Una antena ANT que se debe ensayar, denominada seguidamente antena de ensayo, está dispuesta a una altura  $h_t$  sobre un plano de referencia B. El plano de referencia B está representado, por ejemplo, por una superficie plana del suelo, si bien están permitidas también irregularidades en el suelo. A una distancia  $d_1$  de la antena de ensayo ANT están previstas una sobre otra a título de ejemplo cuatro sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 dispuestas en dirección perpendicular al plano de referencia B. La sonda de medida MS1 está dispuesta aquí a una altura  $h_{r1}$  sobre el plano de referencia B. La sonda de medida MS2 está dispuesta a una altura  $h_{r2}$  sobre el plano de referencia B. De manera correspondiente, las sondas de medida MS3, MS4 están dispuestas a unas alturas  $h_{r3}$  y  $h_{r4}$ ,

respectivamente, sobre el plano de referencia B. Las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 están dispuestas en este caso simétricamente, a modo de ejemplo, con respecto a un plano de simetría que es paralelo al plano de referencia y en el que está situada la antena ANT. Esto significa:  $(h_{r1}+h_{r4})/2 = (h_{r2}+h_{r3})/2 = h_t$ .

5 Entre la antena de ensayo ANT y las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 unos radiadores parásitos PS2, PS3, PS4 sirven de representantes para porciones de campo de dispersión de la señal de medida producidas en el suelo. Los radiadores parásito PS2, PS3, PS4 se suponen para la actuación ulterior como situados a una distancia conocida  $h_{tp}$  por debajo del plano de referencia B. Los radiadores parásitos PS2, PS3, PS4 se suponen también a una distancia conocida  $d_2, d_3$  y  $d_4$  respecto de las sondas de medida MS1, MS2, MS3 y MS4.

10 La actuación según la invención se basa en un modelo paramétrico, en base al cual se pueden reprimir o eliminar las porciones de campo de dispersión por el suelo. A este fin, empleando todas las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 se realiza una medición del comportamiento de transmisión con respecto a la antena de ensayo. Esto se ha representado en la figura por unos respectivos valores de tensión  $U_1, U_2, U_3, U_4$ . Las porciones de señal dispersadas en el suelo se representan por medio de los radiadores parásitos supuestos PS2, PS3, PS4 con una respectiva amplitud de radiación y fase desconocidas. Debido a la medición con las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 se tienen en cuenta las respectivas propiedades de dispersión temporalmente variables y predominantes del suelo.

20 Por tanto, la actuación se basa en suponer radiadores parásitos en posiciones conocidas por debajo del plano de referencia B, cuya amplitud de radiación y cuya fase son desconocidas. En sentido figurado, se puede retirar el suelo después de la introducción de los radiadores parásitos, ya que la contribución de dispersión es proporcionada ahora por los radiadores parásitos PS2, PS3, PS4. Es conveniente para ello que la antena de ensayo ANT no esté sensiblemente acoplada con el suelo, lo que puede asegurarse mediante una altura  $h_t$  suficientemente grande.

25 En el ejemplo de realización se han supuesto a título de ejemplo  $n = 3$  radiadores parásitos PS2, PS3, PS4, pudiendo en principio elegirse también diferente el número de radiadores parásitos. Por tanto, el campo total se compone del entorno libre de la antena emisora y las contribuciones de los radiadores parásitos PS2, PS3, PS4. Esto significa que tienen que registrarse al menos  $n+1 = 3+1 = 4$  valores de medida linealmente independientes, es decir, uno por cada una de las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4, a partir de los cuales se puede generar un sistema de ecuaciones lineales que permite la determinación del valor del diagrama direccional de la antena de ensayo ANT y de las amplitudes de radiación de los tres radiadores parásitos PS2, PS3, PS4.

30 La determinación de los coeficientes del sistema de ecuaciones puede efectuarse con ayuda de los datos geométricos conocidos (se conocen la altura  $h_t$  de la antena ANT sobre el plano de referencia B, las alturas  $h_{r1}, h_{r2}, h_{r3}, h_{r4}$  de las respectivas sondas de medida MS1, MS2, MS3 sobre el plano de referencia B, la distancia  $d_1$  entre la antena de ensayo ANT y las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 y las distancias  $d_2, d_3, d_4$  entre los radiadores parásitos PS2, PS3, PS4 y las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4) en el supuesto de una propagación de campo lejano y una aplicación de las leyes conocidas por la óptica de radiación. La determinación de los coeficientes del sistema de ecuaciones puede efectuarse también con métodos de cálculo más complejos.

35 La solución del sistema de ecuaciones proporciona, aparte de las amplitudes de radiación de los radiadores parásitos PS2, PS3, PS4, el valor buscado del diagrama direccional de la antena de ensayo ANT en dirección a las sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4. En este caso, se supone que la diferencia angular bajo la cual la antena de ensayo ANT ve las distintas sondas de medida MS1, MS2, MS3, MS4 es tan pequeña que no varía el diagrama direccional de la antena de ensayo ANT en este intervalo angular.

40 En caso de que no se aplique este supuesto, se puede considerar una sección completa del diagrama de antena y se puede considerar un sistema de ecuaciones para todos los puntos de exploración considerados de la sección.

45 Los costes para la implementación del procedimiento son pequeños. En este caso, se consigue una alta relación de beneficio a coste. En particular, la actuación es prácticamente independiente del ancho de la banda de medida en comparación con los métodos conocidos por el estado de la técnica, los cuales a menudo trabajan con suficiente exactitud solamente para anchos muy grandes o muy pequeños de la banda de medida.

**Lista de símbolos de referencia**

ANT	Antena de ensayo
MS1	Sonda de medida
50 MS2	Sonda de medida
MS3	Sonda de medida
MS4	Sonda de medida
PS2	Radiador parásito
PS3	Radiador parásito
55 PS4	Radiador parásito
B	Plano de referencia

	$h_t$	Altura
	$h_{r1}$	Altura
	$h_{r2}$	Altura
	$h_{r3}$	Altura
5	$h_{r4}$	Altura
	$h_{tp}$	Altura
	$d_1$	Distancia entre antena de ensayo y sondas de medida
	$d_2$	Distancia entre radiador parásito y sondas de medida
	$d_3$	Distancia entre radiador parásito y sondas de medida
10	$d_4$	Distancia entre radiador parásito y sondas de medida
	$U_1$	Tensión
	$U_2$	Tensión
	$U_3$	Tensión
	$U_4$	Tensión
15		

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para medir el diagrama direccional de una antena de ensayo (ANT), en el que
  - se disponen varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) con relación a la antena de ensayo (ANT);
  - se dispone la antena de ensayo (ANT) a una altura prefijada ( $h_i$ ) sobre un plano de referencia (B) especialmente un terreno, y se disponen las varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) a una respectiva altura prefijada ( $h_{r1}$ , ...,  $h_{r4}$ ) sobre el plano de referencia (B);
  - se realiza entre todas las sondas de medida (MS1, ..., MS4) y la antena de ensayo (ANT) una medición del comportamiento de transmisión con respecto a la antena de ensayo (ANT); y
  - se obtiene el comportamiento de dispersión predominante del plano de referencia en el respectivo momento de medida y se le tiene en cuenta para la medición del diagrama direccional de la antena de ensayo (ANT);
- 5 **caracterizado** por que
  - se disponen simétricamente las varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) con respecto a un plano de simetría que es paralelo al plano de referencia (B) y en el cual está situada la antena de ensayo (ANT); y
  - se reprimen respecto de la amplitud de señal las porciones de señal dispersadas en el plano de referencia, obteniéndose las amplitudes de señal por un modelo paramétrico a partir de los valores de medida de las varias sondas de medida.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que, para la obtención asistida por ordenador de las propiedades de dispersión del plano de referencia, se suponen como representantes del plano de referencia uno o varios radiadores parásitos (PS2, PS3, PS4) con una respectiva amplitud de radiación y fase desconocidas.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que
  - se registran n+1 valores de medida linealmente independientes correspondientes a n+1 sondas de medida (MS1, ..., MS4), representando n el número de radiadores parásitos supuestos (PS2, PS3, PS4);
  - se genera un sistema de ecuaciones lineales con un número correspondiente de coeficientes; y
  - a partir del sistema de ecuaciones lineales se determinan el valor del diagrama direccional de la antena de ensayo (ANT) y las amplitudes de radiación y las fases de los radiadores (PS2, PS3, PS4).
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que la determinación de los coeficientes se efectúa teniendo en cuenta la disposición geométrica de la antena de ensayo (ANT), la pluralidad de sondas de medida (MS1, ..., MS4) y de radiadores parásitos (PS2, PS3, PS4) y una propagación de campo lejano supuesta.
- 30 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se disponen las varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) una sobre otra en un plano que está orientado perpendicularmente al plano de referencia (B).
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se disponen los radiadores parásitos (PS2, PS3, PS4) de forma distribuida entre la antena de ensayo (ANT) y las sondas de medida (MS1, ..., MS4).
- 35 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el intervalo angular bajo el cual están dispuestas las sondas de medida (MS1, ..., MS4) con respecto a la antena de ensayo se elige de tal manera que el diagrama direccional dentro del intervalo angular sea constante dentro de una amplitud de fluctuación prefijada.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que
  - se genera un diagrama de ecuaciones para una sección especialmente completa a través del diagrama de la antena de ensayo;
  - se resuelve el sistema de ecuaciones teniendo en cuenta variaciones del diagrama de antena dentro del intervalo angular con respecto a las sondas de medida.
- 40 9. Disposición para medir el diagrama direccional de una antena de ensayo (ANT), que comprende varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) que están dispuestas con relación a la antena de ensayo (ANT), estando dispuesta la antena de ensayo (ANT) a una altura prefijada ( $h_i$ ) sobre un plano de referencia (B), especialmente de un terreno, y estando dispuestas las varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) a una respectiva altura prefijada ( $h_{r1}$ , ...,  $h_{r4}$ ) sobre el plano de referencia (B), y comprendiendo la disposición un medio que está concebido para realizar entre todas las sondas de medida (MS1, ..., MS4) y la antena de ensayo una medición del comportamiento de transmisión con respecto a la antena de ensayo y para obtener las propiedades de dispersión predominantes del plano de referencia en el
- 45

respectivo momento de medida y tenerlas en cuenta para la medición del diagrama direccional de la antena de ensayo (ANT),

**caracterizada** por que

- 5 - las varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) están dispuestas simétricamente con respecto a un plano de simetría que es paralelo al plano de referencia (B) y en el cual está situada la antena de ensayo (ANT), y
- el medio está concebido para reprimir respecto de la amplitud de señal las porciones de señal dispersadas en el plano de referencia y que se obtienen por un modelo paramétrico a partir de los valores de medida de las varias sondas de medida.
- 10 10. Disposición según la reivindicación 9, en la que, para la obtención asistida por ordenador de las propiedades de dispersión del plano de referencia, están previstos como representante del plano de referencia uno o varios radiadores parásitos (PS2, PS3, PS4) con una respectiva amplitud de radiación y fase desconocidas.
11. Disposición según cualquiera de las reivindicación 9 o 10, en la que las varias sondas de medida (MS1, ..., MS4) están dispuestas una sobre otra en un plano que está orientado perpendicularmente al plano de referencia (B).
- 15 12. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en la que el intervalo angular bajo el cual están dispuestas las distintas sondas de medida (MS1, ..., MS4) con respecto a la antena de ensayo (ANT) se ha elegido de tal manera que el diagrama direccional dentro del intervalo angular sea constante dentro de una amplitud de fluctuación prefijada.

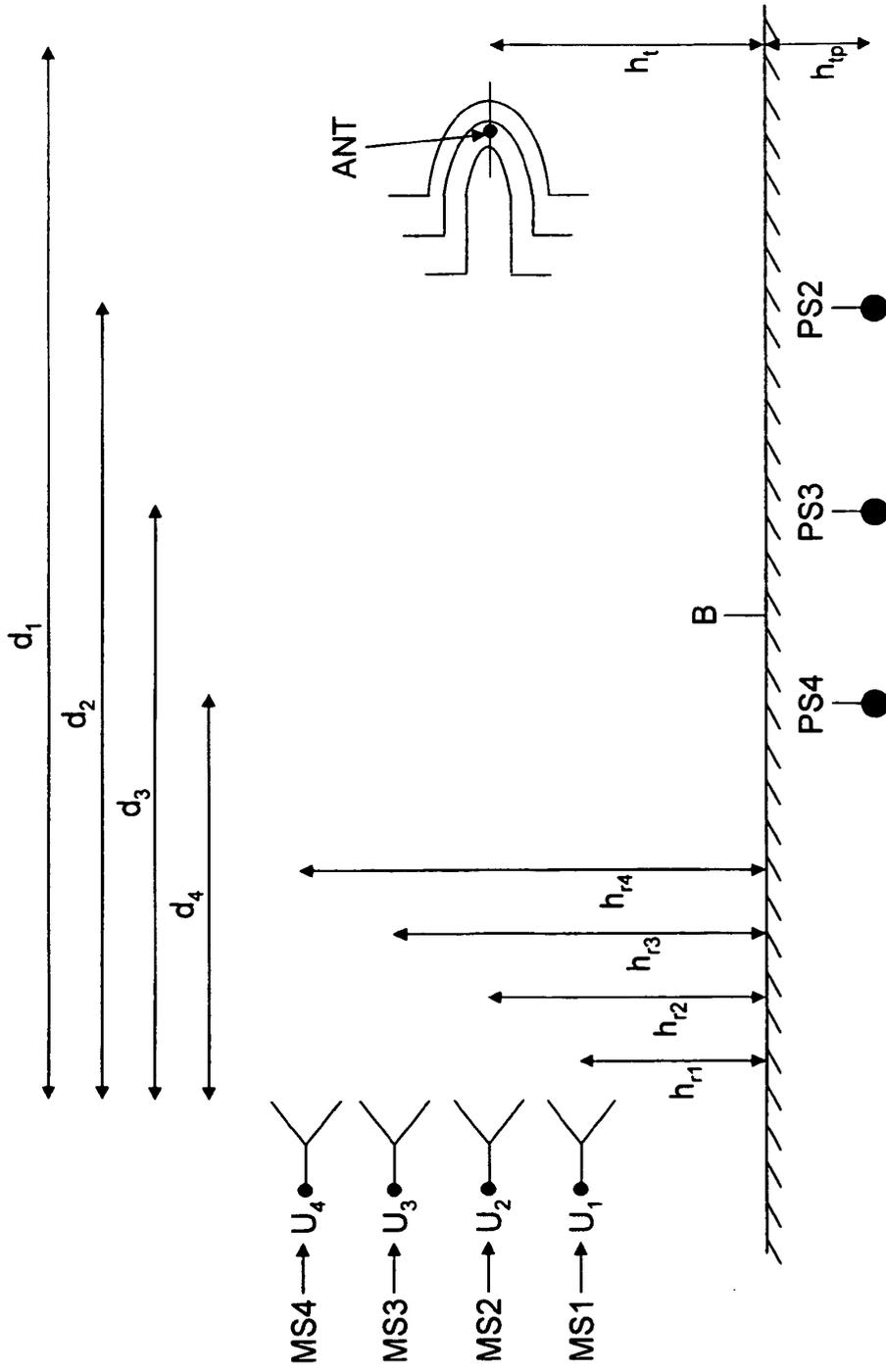


Fig. 1