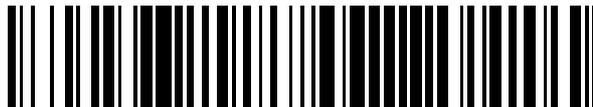


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 817**

51 Int. Cl.:

G01S 3/28 (2006.01)

G05D 1/10 (2006.01)

B64G 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2006 E 06300041 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013 EP 1813955**

54 Título: **Dispositivo de control de posición(es) relativa(s) mediante medidas de potencia de la señal, para un ingenio espacial de un grupo de ingenios espaciales en formación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.06.2013

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**FRENKIEL, ROLAND y
MEHLEN, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 407 817 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

Dispositivo de control de posición(es) relativa(s) mediante medidas de potencia de la señal, para un ingenio espacial de un grupo de ingenios espaciales en formación

5 La invención se refiere a grupos de ingenios espaciales, como por ejemplo satélites, que tienen por objeto desplazarse en formación para cumplir colectivamente una misión, y más concretamente para controlar las posiciones relativas de estos ingenios espaciales, los unos con respecto a los otros.

10 Como saben los expertos en la materia, ciertos grupos de ingenios espaciales, como los satélites, deben situarse los unos con respecto a los otros, con cierta precisión con el fin de cumplir colectivamente una misión. Esta colocación debe efectuarse al principio de la misión, por ejemplo durante la puesta en órbita de los satélites. Aunque, también puede realizarse durante la misión, bien para efectuar una reconfiguración parcial o total del grupo, o bien para paliar un fallo técnico (o una avería del equipo) de al menos uno de los ingenios espaciales.

15 Con el fin de permitir una colocación de este tipo, se ha propuesto equipar cada ingenio espacial (o al menos los que revisten más importancia en el marco de la misión) con un dispositivo de control que comprenda al menos, en primer lugar, antenas de emisión/recepción, que eventualmente se completan con antenas de recepción, implantadas en caras con orientaciones diferentes del ingenio espacial, y encargadas de emitir/recibir señales de radiofrecuencias (RF), en segundo lugar, un "sensor de RF" que comprenda concretamente unos primeros medios de medición encargados de estimar diferencias de marcha de las señales recibidas entre antenas y, en tercer lugar, medios de tratamiento encargados de estimar las direcciones de transmisión de las señales que emiten los otros ingenios espaciales del grupo (denominadas en general "ejes de visión"), a partir de las potencias de las señales recibidas.

20 Un dispositivo de control de este tipo también puede comprender unos segundos medios de medición encargados de estimar cada distancia que separa su ingenio espacial de uno de los otros ingenios espaciales del grupo, a partir de la señales que reciben las antenas y de la señales auxiliares que transmiten los otros ingenios espaciales del grupo y que son representativas de las distancias que las separan respectivamente de su ingenio espacial. En este caso, los medios de tratamiento pueden determinar las posiciones relativas de los ingenios espaciales del grupo, con respecto a un sistema de referencia establecido, a partir de las distancias estimadas y de los ejes de visión estimados.

25 Por último, si el dispositivo de control comprende medios de análisis, puede detectar los riesgos de colisión entre ingenios espaciales a partir de las posiciones relativas determinadas, e incluso proponer maniobras de evasión de su ingenio espacial, en función de estas posiciones relativas así como reconfigurar eventualmente toda la formación una vez descartadas las averías y los riesgos de colisión.

30 Cuando se implantan las antenas en lugares elegidos correctamente (por ejemplo limitando los trayectos múltiples) y que los primeros medios de medición aplican un método sólido para eliminar ambigüedades en la medición de las diferencias de marcha, es posible obtener diferencias de marcha de aproximadamente unos milímetros, y por lo tanto de direcciones de transmisión que tengan una precisión de aproximadamente un grado.

35 Para que el dispositivo de control pueda funcionar en todas las direcciones y por lo tanto determinar cualquier posición relativa, es necesario que cada ingenio espacial tenga varias caras equipadas con tríos de antenas (de las cuales una de emisión/recepción y dos de recepción). Ahora bien, en primer lugar, la instalación de las antenas sobre los ingenios espaciales es una tarea difícil, en segundo lugar, el número elevado de antenas vuelve más complejo el dispositivo de control, y en tercer lugar, la eliminación de ambigüedades sobre la diferencias de marcha es un proceso complejo, difícilmente compatible con la solidez y el tiempo de reacción necesario en cuestión de detección de colisiones.

40 Sin lugar a dudas, es posible utilizar otras técnicas para estimar cualquier posición relativa de los ingenios espaciales, como por ejemplo el LIDAR o el RADAR, pero estas técnicas son o bien costosas y complicadas, o bien difíciles de implantar en los ingenios espaciales, en particular cuando se trata de satélites.

45 También es posible aplicar una técnica de estimación de cualquier posición relativa a base de GPS relativo (« Global Positioning System » - posicionamiento mediante satélites). Pero esta solución no siempre está adaptada a las misiones de vuelo en formación, bien porque la altitud de la misión es demasiado elevada con respecto a la altitud de la constelación GPS, o bien porque se precisa un medio de posicionamiento adicional o independiente. El documento US-A-6 072 433 propone un sistema de localización autónomo que integra un módulo de emisión de señales GPS en cada receptor de los ingenios espaciales. No obstante, esta técnica requiere suficiente diversidad de ejes de observación y por lo tanto un número importante de ingenios espaciales. Durante un modo de funcionamiento de urgencia, tal como el de anti colisiones, la observación es demasiado débil como para poder eliminar la ambigüedad sobre la portadora.

50 Dado que ninguna solución conocida aporta una solución satisfactoria, la invención tiene por lo tanto por objeto mejorar la situación.

A este efecto, se propone un dispositivo de control, para un ingenio espacial de un grupo de ingenios espaciales que tiene por objeto desplazarse de acuerdo con una formación establecida, comprendiendo, por un lado, un conjunto de al menos tres antenas de emisión/recepción que tienen por objeto implantarse sobre al menos tres caras de orientación diferente del ingenio espacial y capaces de emitir/recibir unas señales de radiofrecuencia, y por otro lado, unos medios de tratamiento encargados de estimar las direcciones de transmisión de las señales que emiten los otros ingenios espaciales del grupo a partir de las señales que reciben las antenas.

Este dispositivo de control se caracteriza por el hecho de que:

- 10 - comprende unos medios (MC) de control dispuestos para asignar, a cada antena de emisión/recepción, unas franjas de emisión diferentes y unas franjas de recepción diferentes siguiendo un esquema de reparto temporal en el que las antenas no emiten simultáneamente,
- y que comprende, por un lado, unos primeros medios de medición encargados de determinar la potencia de las señales que reciben cada una de las antenas y de suministrar unos conjuntos de (medidas de) potencias, asociados cada uno a uno de los otros ingenios espaciales del grupo, y por otro lado, unos medios de memorización encargados de almacenar unos conjuntos de datos cartográficos, representativos cada uno de las potencias de las señales recibidas en función de la dirección de transmisión establecida, y
- 15 - que sus medios de tratamiento están encargados de comparar cada conjunto de potencias (suministrada por los primeros medios de medición) a los conjuntos de datos cartográficos almacenados con el fin de estimar cada dirección de transmisión de las señales emitidas por los otros ingenios espaciales del grupo, con respecto a un sistema de referencias vinculado a su ingenio espacial.

El dispositivo de acuerdo con la invención, puede contar con otras características que pueden tomarse conjunta o separadamente, y en particular:

- 25 - sus primeros medios de medición pueden encargarse de efectuar unas mediciones de la relación señal/ruido (S/B) para cada una de las señales recibidas con el fin de determinar su potencia;
- puede comprender unos medios de control encargados, en caso de que se asigne una franja temporal de emisión y una franja temporal de recepción (complementarias entre sí) a cada ingenio espacial del grupo, de conformidad con un esquema establecido, de recortar las franjas temporales de emisión y recepción asignadas a su ingenio espacial en un número de subfranjas de emisión y de subfranjas de recepción igual cada uno al número de antenas de emisión/recepción de su ingenio espacial, y de asignar una subfranja de emisión a cada una de las antenas de emisión/recepción de acuerdo con una primera disposición establecida y una subfranja de recepción a cada una de las antenas de emisión/recepción según una segunda disposición establecida. Cada antena de emisión/recepción puede entonces emitir durante la subfranja de emisión que le ha sido asignada y recibir durante la subfranja de recepción que le ha sido asignada. Además, cada conjunto de potencias (suministrado por los primeros medios de medición) abarca las señales que reciben las antenas de emisión/recepción durante las respectivas subfranjas de recepción;
- 30 > los medios de control pueden encargarse de hacer variar el primer orden establecido y/o el segundo orden establecido;
- 40 - puede comprender unos segundos medios de medición encargados de estimar cada distancia que separa su ingenio espacial de uno de los otros ingenios espaciales del grupo a partir al menos de las señales que recibe cada una de las antenas. En ese caso, sus medios de tratamiento pueden encargarse de determinar las posiciones relativas de los ingenios espaciales del grupo con respecto a un sistema de referencias establecido, a partir de las distancias estimadas y de las direcciones de transmisión de señales estimadas;
- 45 > sus segundos medios de medición pueden encargarse de estimar cada distancia que separa su ingenio espacial de uno de los otros ingenios espaciales del grupo, a partir de las señales que recibe cada una de las antenas y de las señales auxiliares que transmiten los otros ingenios espaciales del grupo y que son representativas de las mediciones de las distancias correspondientes que han efectuado por su lado;
- sus medios de memorización pueden almacenar unos conjuntos de datos cartográficos representativos de las potencias normalizadas con respecto a un nivel de referencia. En este caso, los medios de tratamiento se encargan de analizar las (medidas de) potencias de cada conjunto de potencias que suministran los primeros medios de medición con el fin de determinar, por ejemplo, la potencia máxima en el interior de cada uno de entre ellos (que se convierte entonces en la potencia (o nivel) de referencia de la medición), y de aplicar a las señales recibidas (procedentes de un mismo ingenio espacial), durante una duración establecida, una ganancia que se establece de manera que las potencias de las señales recibidas se normalicen con respecto a esta potencia (o este nivel) de referencia;
- 50 > puede comprender unos medios de análisis encargados de detectar unos riesgos de colisión a partir de las posiciones relativas de los ingenios espaciales del grupo;

- los medios de análisis pueden encargarse, en caso de que se detecte un riesgo de colisión, de determinar una maniobra de evasión para su ingenio espacial, en función de las posiciones relativas de los ingenios espaciales del grupo;

5 > puede comprender unos medios de control encargados de controlar la vuelta a una geometría nominal de la formación, partiendo de las condiciones geométricas y cinemáticas obtenidas tras una maniobra de evasión de colisión y tras volver a unas condiciones sanas en todos los satélites;

- las antenas de emisión/recepción pueden encargarse de emitir/recibir unas señales de radiofrecuencia que se presentan en forma de portadora modulada mediante unos códigos pseudoaleatorios establecidos;
- las antenas de emisión/recepción pueden encargarse de emitir/recibir unas portadoras que presenten una frecuencia perteneciente a una banda de frecuencias establecida de entre las bandas S, SHF y EHF.

15 La invención también propone un ingenio espacial, que tiene por objeto desplazarse en formación dentro de un grupo de ingenios espaciales del mismo tipo, y que comprende un dispositivo de control del tipo al presentado anteriormente.

La invención está particularmente bien adaptada, aunque no de forma exclusiva, a los ingenios espaciales tales como los satélites o las aeronaves.

20 Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto tras el examen de la siguiente descripción detallada, y de los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 ilustra de forma muy esquemática un grupo de tres satélites en formación, comprendiendo cada uno, un dispositivo de control de acuerdo con la invención,
- la figura 2 ilustra de forma muy esquemática y funcional, un ejemplo de realización de un dispositivo de control de acuerdo con la invención,
- 25 - la figura 3 ilustra de forma esquemática en representación polar, un ejemplo de diagrama de potencia (PM) que recibe una antena omnidireccional con diagrama hemisférico en función del ángulo de incidencia con respecto a su normal (Z),
- la figura 4 ilustra de forma muy esquemática un ejemplo de posicionamiento de seis antenas de un conjunto de antenas, sobre las caras de un satélite, así como los principales parámetros en la determinación de las coordenadas un eje de visión,
- 30 - las figuras 5A a 5F son ejemplos de diagramas de potencia recibida respectivamente por las seis antenas del conjunto de la figura 4, en función del ángulo ϕ y cuando el ángulo ψ es igual a 0 (con respecto a el eje X),
- las figuras 6A a 6F son ejemplos de diagramas de potencia recibida respectivamente por las seis antenas del conjunto de la figura 4, en función del ángulo ϕ y cuando el ángulo ψ es igual a $\pi/4$ (con respecto a el eje X),
- 35 - las figuras 7A a 7F son ejemplos de diagramas de potencia recibida respectivamente por las seis antenas del conjunto de la figura 4, en función del ángulo ϕ y cuando el ángulo ψ es igual a $\pi/2$ (con respecto a el eje X),
- las figuras 8A a 8F son ejemplos de diagramas de potencia recibida respectivamente por las seis antenas del conjunto de la figura 4, en función del ángulo ϕ y cuando el ángulo ψ es igual a π (con respecto a el eje X).

40 Los dibujos adjuntos podrán servir, no solamente para completar la invención, sino también contribuir a definirla, en caso necesario.

45 La invención tiene por objeto permitir la determinación, mediante un dispositivo de control implantado en un ingenio espacial de un grupo de ingenios espaciales que se desplazan en formación, de ejes de visión, así como eventualmente de las posiciones relativas de los ingenios espaciales, e incluso la detección del riesgo de colisión, las maniobras de evasión asociadas, así como eventualmente la reconfiguración nominal.

50 En el resto del documento, se considera a modo de ejemplo no limitativo que los ingenios espaciales del grupo, son satélites de observación que vuelan (o que tienen por objeto volar) en formación con el fin de cumplir una misión de observación espacial o terrestre.

Pero, la invención no se limita a este tipo de ingenio espacial. Se refiere de hecho, a todos los ingenios espaciales que tienen por objeto volar en formación según una configuración establecida (eventualmente modificable).

55 rSe hace referencia primero a las figuras 1 y 2 para presentar un grupo de ingenios espaciales (satélites) en el que se puede aplicar la invención.

60 En la figura 1 se encuentra representado un grupo de tres satélites S_i ($i= 1$ a 3) volando en formación. Es importante tener en cuenta que la invención no se limita a los grupos que constan de tres ingenios espaciales. También se refiere de hecho, a todos los grupos que comprendan al menos dos ingenios espaciales.

Dentro de este tipo de grupos, al menos uno de los satélites S_i (S_1 a S_3) consta de un dispositivo D de control de acuerdo con la invención. Aunque resulte ventajoso que cada satélite de un grupo (o de una formación) disponga de

su propio dispositivo D.

Un dispositivo D de control, de acuerdo con la invención, comprende al menos un conjunto constituido por al menos tres antenas A_j de emisión/recepción implantadas en ubicaciones establecidas, sobre al menos tres caras con orientaciones diferentes del satélite S_i al que equipan. En el ejemplo que se ilustra en las figuras 1 y 2, cada dispositivo D sólo consta de tres antenas A_j ($j = 1$ a 3). Aunque, un conjunto puede comprender más de tres antenas. En particular, ese es el caso del conjunto que se ilustra en la figura 4, que consta de seis antenas ($j = 1$ a 6) implantadas en las seis caras de un satélite S_1 . Por ejemplo, cada antena A_j de un conjunto se implanta sustancialmente en el centro de la cara de un satélite S_i . Aunque, no es imprescindible.

Cada antena A_j es capaz de emitir y recibir unas señales (RF) de radiofrecuencia que presentan una frecuencia f_1 establecida.

Estas señales de radiofrecuencia se presentan preferentemente en forma de portadoras moduladas mediante códigos pseudoaleatorios establecidos.

La frecuencia f_1 preferentemente pertenece a la banda S, aunque, no es imprescindible. De hecho, también puede pertenecer a la banda SHF o EHF.

Se considera que la frecuencia f_1 pertenece a la banda S. Por ejemplo, $f_1 = 2,1$ GHz.

Eventualmente, un dispositivo D de control puede comprender al menos una antena complementaria implantada sobre al menos una de las caras de su satélite S_i y dedicada exclusivamente a recibir señales RF que presenten la frecuencia f_1 . Se puede, por ejemplo, prever que una (o varias) cara(s) de un satélite S_i esté(n) equipada(s) con una antena A_j de emisión/recepción y con una o dos antenas de recepción complementarias.

De acuerdo con la invención, cada dispositivo D de control también comprende, al menos un módulo MM de medición, de los medios BD de memorización y un módulo MT de tratamiento.

El primer módulo MM de medición comprende al menos un primer submódulo M1 de medición encargado de determinar la potencia de las señales que reciben cada una de las antenas A_j (y las eventuales antenas complementarias) con el fin de suministrar unos conjuntos de datos representativos de estas mediciones de las potencias, estando cada conjunto asociado a uno de los otros satélites S_i' del grupo al que pertenece su propio satélite S_i .

Por ejemplo, el primer módulo MM de medición puede determinar la potencia de cada señal recibida por una antena A_j , efectuando una medición de su relación señal/ruido (S/B), lo que permite liberarse del valor exacto de la ganancia de amplificación/atenuación aportado por la cadena de tratamiento, sabiendo que el nivel de ruido es relativamente bien conocido.

La medición de la relación señal/ruido (S/B) puede realizarse mediante cualquier técnica conocida por el experto el materia. Por ejemplo, puede medirse la energía en una banda de frecuencias que contenga la señal así como la energía en una banda de frecuencias cercana que no contenga la señal.

Si la misión implica una gran dinámica de potencia recibida de los diferentes ingenios espaciales (dependiendo de si los ingenios espaciales están cerca o lejos), particularmente en lo que se refiere a las mediciones de potencia, el dispositivo D de control puede contar con un módulo MCG de control de ganancia colocado antes del módulo MM de medición y acoplado a este último. Este módulo MCG de control de ganancia es más concretamente un bucle de control de ganancia automático encargado de atenuar/amplificar la señal de manera a llevarla a un nivel compatible con el tratado con una etapa de conversión analógica/digital. De una franja de tiempos a otra, correspondiente a la recepción en una nueva antena o a la recepción de otro satélite, el nivel de la potencia recibida puede variar considerablemente y conlleva una variación de la ganancia aportada por el módulo MCG de control de ganancia. Este valor de ganancia debe ser conocida por el módulo MM de mediciones, con el fin de tener en cuenta durante el cálculo de la potencia recibida antes del módulo MCG. El módulo MCG suministra por lo tanto al módulo MM el valor de la ganancia que ha utilizado para cada franja de tiempo.

En ese caso, el primer submódulo M1 de medición preferentemente determina la potencia de cada señal recibida por una antena A_j en función de la medición de potencia efectuada sobre la señal digitalizada y de la ganancia que se le ha aplicado en el módulo de pretratamiento analógico.

Como se ilustra esquemáticamente en la figura 2, el módulo MCG de control de ganancia forma parte, por ejemplo de un módulo MP de pretratamiento analógico/digital encargado de tratar las señales recibidas (concretamente mediante el control de ganancia) y de convertirlas en señales digitales con el fin de alimentar el primer módulo MM de medición.

Este módulo MP de pretratamiento analógico/digital se acopla por ejemplo a las antenas A_j del conjunto (así como a

las eventuales antenas complementarias) a través del primer y del segundo módulos C1 y C2 de derivación.

El primer módulo C1 de derivación garantiza el acoplamiento con una u otra de las antenas, en función de las instrucciones procedentes del módulo MC de control del que se habla más adelante.

5 El segundo módulo C2 de derivación está conectado a una entrada/salida del primer módulo C1 de derivación y, por un lado, a la entrada del módulo MP de pretratamiento analógico/digital, y por otro lado, a la salida de un módulo MF de formación de señales RF (para la parte de transmisión de unas señales RF destinadas a los otros satélites Si'). Permite por lo tanto que el funcionamiento del dispositivo D de control esté bien en modo de recepción de señales, o bien en modo de emisión de señales en función de las instrucciones procedentes del módulo MT de tratamiento.

10 El dispositivo D de control comprende un reloj H que permite suministrar unas señales de reloj necesarias para el funcionamiento de al menos algunos de sus componentes y concretamente necesarios para el control de la transmisión y de la recepción.

15 Los medios BD de memorización se encargan de almacenar unos conjuntos de datos cartográficos que representan las potencias predeterminadas y normalizadas de las señales que reciben cada una de las antenas Aj (y la eventual o eventuales antenas complementarias) en función de las direcciones de transmisión establecidas. La normalización permite interesarse sólo en las relaciones de potencias medidas, que son los únicos representantes del eje de visión, independientemente de la distancia entre satélites. Tal y como se verá más adelante, es importante efectuar una normalización idéntica en el módulo MT de tratamiento, con el fin de poder comparar las magnitudes tabuladas en los medios BD de memorización con el conjunto de mediciones efectuadas en una antena del ingenio espacial que se quiere controlar.

20 Las potencias de los datos cartográficos se predeterminan cuando se realiza un análisis cartográfico previo, por ejemplo dentro de una cámara RF de ensayos de tipo anecoica, o bien mediante un programa informático de simulación alimentado con un modelo que representa los emplazamientos respectivos de las diferentes antenas, su entorno, y sus características, en particular de radiación.

25 Se ha representado esquemáticamente en la figura 3, en representación polar, un ejemplo de diagrama de potencia PM recibida por una antena omnidireccional en función del ángulo de incidencia con respecto a su normal Z.

30 Además, se ha representado esquemáticamente en las figuras 5 a 8, cuatro ejemplos de conjuntos de seis diagramas de potencia recibida PMj (j = 1 a 6) respectivamente por las seis antenas Aj del conjunto de antenas implantado en el ejemplo de satélite Si que se ilustra en la figura 4, respectivamente para cuatro valores diferentes del ángulo ψ que representa la elevación.

35 Más concretamente, las figuras 5A a 5F ilustran los seis diagramas de potencia recibida (PM1 a PM6) respectivamente por las seis antenas A1 a A6 en función del ángulo ϕ que representa el acimut, y para un ángulo ψ igual a 0 con respecto al eje X del sistema de referencias (X, Y, Z). Las figuras 6A a 6F ilustran los seis diagrama de potencia recibida (PM1 a PM6) respectivamente por las seis antenas A1 a A6 en función del ángulo ϕ , y para un ángulo ψ igual a $\pi/4$ con respecto al eje X del sistema de referencias (X, Y, Z). Las figuras 7A a 7F ilustran los seis diagramas de potencia recibida (PM1 a PM6) respectivamente por las seis antenas A1 a A6 en función del ángulo ϕ , y para un ángulo ψ igual a $\pi/2$ con respecto al eje X del sistema de referencias (X, Y, Z). Las figuras 8A a 8F ilustran los seis diagramas de potencia recibida (PM1 a PM6) respectivamente por las seis antenas A1 a A6 en función del ángulo ϕ , y para un ángulo ψ igual a π con respecto al eje X del sistema de referencias (X, Y, Z).

40 En las figuras 5 a 8, los conjuntos de seis diagramas se normalizan con respecto a un nivel de referencia establecido P_{Max} que representa el valor máximo de la potencia PMj recibida por las (seis) antenas Aj de un mismo conjunto sean cuales sean los valores de los ángulos ϕ y ψ . Otra posible normalización consiste, por ejemplo, en determinar la norma 2 del vector de las potencias medidas en cada antena y en dividir las mediciones de las potencias brutas (es decir recibidas y sin tratar) entre el valor de esta norma 2 del vector de las potencias medidas. En este caso, el vector de las potencias recibidas, medidas en cada antena y luego normalizadas mediante el módulo MT de tratamiento, y los vectores de potencias recibidas, tabuladas en los medios BD de memorización en función del eje de visión, tienen entonces todos una norma 2 igual a 1.

45 Cada conjunto de datos cartográficos, almacenado en los medios BD de memorización, se construye a partir de conjuntos de diagramas de potencia (determinados previamente), del tipo a los ilustrados en las figuras 5 a 8. En presencia de potencias normalizadas, cada conjunto de datos cartográficos es representativo de potencias normalizadas, por ejemplo con respecto al nivel de referencia P_{Max} , o bien con respecto a la norma 2 del vector de las potencias (como se ha indicado anteriormente).

Puede preverse cualquier tipo de medio BD de memorización, y en particular una memoria o una base de datos.

50 Además, en el ejemplo no limitativo que se ilustra en la figura 2, los medios BD de memorización se implantan en el

módulo MT de tratamiento. Aunque no es imprescindible.

El módulo MT de tratamiento se encarga de comparar cada conjunto de mediciones de potencia, que suministra el primer submódulo M1 de medición, a los conjuntos de datos cartográficos que se almacenan en los medios BD de memorización. Esta comparación tiene por objeto estimar cada dirección de transmisión (o eje de visión) AVi' de las señales recibidas por las antenas Aj y procedentes de los otros satélites Si' del grupo, con respecto a un sistema de referencias (X, Y, Z) vinculado al satélite Si, del tipo al ilustrado en la figura 4. Este sistema de referencias está, por ejemplo vinculado al centro de gravedad O del satélite Si, aunque no es imprescindible.

De hecho, cada vez que el módulo MT de tratamiento recibe un conjunto de medidas de potencia, procedentes del primer submódulo M1 de medición, empieza por normalizar las potencias medidas del conjunto recibido, utilizando una técnica idéntica a la utilizada durante el cálculo y el almacenamiento de los datos cartográficos.

Más concretamente, el módulo MT de tratamiento analiza las medidas de potencia de cada conjunto de potencias, suministrado por el primer submódulo M1 de medición, con el fin de determinar, por ejemplo, la potencia máxima dentro de este conjunto. Esta potencia máxima se considera entonces como la potencia (o el nivel) de referencia de la medición. A continuación, el módulo MT de tratamiento aplica a las señales recibidas (procedentes de un mismo ingenio espacial), durante un tiempo establecido, una ganancia que se establece de manera a normalizar las potencias de las señales recibidas con respecto al nivel de referencia.

A continuación, el módulo MT de tratamiento busca entre los conjuntos de datos cartográficos almacenados el que o los que se correspondan mejor a este conjunto recibido. Después, o bien interpola en el conjunto de los datos cartográficos el conjunto de medidas de potencias recibidas y normalizadas, o bien identifica el vector de las potencias recibidas, tabulado en los datos cartográficos, el más próximo a l conjunto de las medidas de potencias recibidas y normalizadas, para deducir una estimación de las coordenadas del eje AVi' de visión. El módulo MT de tratamiento determina así para su satélite Si el eje AVi' de visión correspondiente a cada satélite Si' distante.

Con el fin de poder diferenciar las señales emitidas por los diferentes satélites distantes Si' se pueden prever dos soluciones.

Una primera solución consiste en asignar a cada satélite Si de un grupo, una frecuencia de emisión propia y equiparlo con antenas Aj multifrecuencia. En ese caso, que corresponde a una multiplexación en frecuencia, cada primer submódulo M1 de medición constituye cada conjunto de medidas de potencia reagrupando las señales que proceden de las antenas Aj del conjunto y que presentan una misma frecuencia (asociada un satélite Si' distante).

Una segunda solución consiste en asignar a cada ingenio Si espacial un código pseudoaleatorio propio. En este caso, que corresponde a una multiplexación mediante un código, cada primer submódulo M1 de medición constituye cada conjunto de medidas de potencias reagrupando las señales que proceden de las antenas Aj del conjunto y que presentan un mismo código (asociado a un satélite Si' distante).

Una tercera solución consiste en aplicar una multiplexación temporal dentro del grupo de satélites Si. Más concretamente, se asigna a cada satélite Si una franja temporal durante la cual es el único autorizado a emitir sus señales RF con destino a los otros satélites, conforme a un esquema establecido. Por ejemplo, en presencia de tres satélites S1 a S3, se asigna una primera franja TE1 temporal de emisión al primer satélite S1, una segunda franja TE2 temporal de emisión al segundo satélite S2, que viene después de la primera franja TE1 temporal de emisión, y una tercera franja TE3 temporal de emisión al tercer satélite S3, que viene justo después de la segunda franja TE2 temporal de emisión y justo antes de la primera franja TE1 temporal de emisión del periodo siguiente.

Durante las franjas TEi' temporales de emisión en las que un satélite Si no emite, dispone de una franja TRi temporal de recepción igual a la suma de las franjas TEi' temporales de emisión de los otros satélites Si'.

En este ejemplo de realización (de multiplexación temporal), resulta ventajoso que el dispositivo D de control comprenda un módulo MC de control encargado en primer lugar de recortar las franjas TEi y TRi temporales de emisión y de recepción asignadas a su satélite Si en un número Nij de subfranjas TEij de emisión y de subfranjas TRij de recepción cada uno igual al número de antenas Aj de emisión/recepción (y la eventual o eventuales o complementarias) de su satélite Si.

A continuación el módulo MC de control se encarga de asignar, por un lado, una subfranja TEij de emisión a cada antena Aj de emisión/recepción de su dispositivo D de control, en función de una primera disposición establecida, y por otro lado, una subfranja TRij de recepción a cada una de las antenas de emisión/recepción (y antena o antenas eventuales de recepción complementarias) en función de una segunda disposición establecida.

De esta manera, cada antena Aj de emisión/recepción está habilitada, por un lado, para emitir durante la subfranja TEij de emisión que le ha sido asignada, y por otro lado, para recibir durante la subfranja TRij de recepción que le ha sido asignada. De esta forma, cada conjunto de potencias que suministra el primer submódulo M1 de medición se refiere a unas señales que han recibido las diferentes antenas Aj durante sus respectivas subfranjas TRij de

recepción.

El módulo MC de control puede fijar las disposiciones primera y segunda de las subfranjas TEij y TRij de emisión y de recepción de forma definitiva.

5 Esto se adapta bien a un esquema de reparto temporal en la emisión, en el que cada ingenio Si espacial emite por todas sus antenas simultáneamente.

10 No obstante, la emisión simultánea en varias antenas puede degradar ciertas direcciones de eje de visión si las antenas tienen unos diagramas de radiación que no sean completamente exclusivos. Con el fin de evitar este defecto, es posible elegir un esquema de reparto temporal en la emisión en el que cada ingenio Si espacial emite sucesivamente en estas diferentes antenas.

15 En este caso, no es posible medir simultáneamente la potencia recibida por las diferentes antenas de un ingenio Si espacial y emitidas por una misma antena de otro ingenio Si espacial'. De hecho, si la subfranja de tiempo asignada al segundo ingenio espacial para la emisión en su antena n° 1 coincide con la subfranja de tiempo asignada al primer ingenio espacial para la recepción en su antena n° 1, no puede coincidir con la subfranja asignada al primer ingenio espacial en otra antena de recepción. Esta otra antena de recepción de hecho tiene una subfranja que coincide con la de otra antena del segundo ingenio espacial. Por lo tanto resulta ventajoso hacer que la disposición de las subfranjas asignadas a las diferentes antenas de recepción del ingenio espacial, evolucionen en el tiempo, con el fin de recopilar secuencialmente todas las mediciones de potencia.

Puede preverse variar cada disposición periódicamente, por ejemplo cada 5 o 10 segundos.

25 Cuando el módulo MT de tratamiento está en posesión de las coordenadas de un eje AVi' de visión, eventualmente puede determinar la distancia que separa su satélite Si del siguiente satélite Si' de este eje AVi' de visión.

30 Para ello, el dispositivo D de control debe comprender, preferentemente en su primer módulo MM de medición, un segundo submódulo M2 de medición. Más concretamente, este último se encarga de estimar cada distancia que separa su satélite Si de otro satélite Si' del mismo grupo a partir al menos de las señales RF recibidas por cada una de las antenas Aj y procedentes de ese otro satélite Si'.

35 Debido a las desviaciones temporales introducidas por la ausencia de sincronización de alta precisión entre los relojes H de los satélites Si del grupo, cada segundo submódulo M2 de medición realiza preferentemente su estimación de la distancia a partir, no solo de las señales RF, que reciben cada una de las antenas Aj y procedentes de otro satélite Si', sino también de las señales auxiliares que transmite ese otro satélite Si'.

40 Estas señales auxiliares consisten preferentemente en una modulación de la portadora de la señal mediante un código pseudoaleatorio establecido, así como eventualmente en datos informativos, con el fin de que la señal emitida sea la imagen del tiempo local del ingenio Si' espacial emisor y que la observación de esta señal permita al ingenio Si espacial receptor obtener una medición de pseudodistancia.

45 Comparando su propia medición de la pseudodistancia con la transmitida por un ingenio espacial (por ejemplo S2) en forma de datos informativos en las señales auxiliares, el segundo submódulo M2 de medición de otro ingenio espacial (por ejemplo S1) puede aislar la desviación de reloj y conocer la distancia d(S1, S2) entre ingenios espaciales. De hecho, la distancia real es igual a la mitad de la suma de la pseudodistancia medida por el ingenio S1 espacial en la primera señal emitida por el ingenio S2 espacial y de la pseudodistancia medida por el ingenio S2 espacial en la primera señal emitida por el ingenio S1 espacial.

50 El segundo submódulo M2 de medición de un satélite Si transmite a continuación el valor determinado de la distancia d(Si, Si') entre ingenios espaciales al módulo MT de tratamiento.

55 Conociendo una distancia d(Si, Si') entre satélites y la estimación del eje AVi' de visión correspondiente, el módulo MT de tratamiento puede entonces determinar las posiciones relativas de los dos satélites (Si y Si') afectados con respecto a un sistema de referencia establecido, por ejemplo el sistema de referencia (X, Y, Z) que se vincula al satélite Si (o bien cualquier otro sistema de referencia).

60 Cada módulo MT de tratamiento puede determinar así las posiciones relativas de cada satélite Si' del grupo con respecto a su propio satélite Si.

El segundo submódulo M2 de medición eventualmente puede aplicar una función de filtrado que tiene por objeto permitirle determinar las velocidades relativas de los otros satélites Si' con respecto al satélite Si en el que se ha implantado, a partir de las posiciones relativas de cada satélite Si' con respecto a dicho satélite Si.

65 Como se ilustra en la figura 2 a modo de ejemplo no limitativo, el dispositivo D de control también puede comprender un módulo MA de análisis encargado de detectar los riesgos de colisión con otros satélites Si' del grupo, a partir de

las posiciones relativas de estos satélites Si', que determinó anteriormente. En este estadio, se le puede aplicar cualquier tipo de detección de riesgo de colisiones conocido por el experto en la materia.

- 5 Cada vez que detecte un riesgo de colisión, el módulo MA de análisis puede igual y eventualmente determinar una maniobra de evasión para su satélite Si en función de las posiciones relativas de los otros satélites Si' del grupo. En este caso, el módulo MA de análisis dirige unas instrucciones que definan esta maniobra de evasión al módulo MD de control del satélite Si, encargado del posicionamiento de este último. Se trata por ejemplo, de actuar sobre una o varias toberas, o cualquier otro accionador que permita controlar la altitud y la trayectoria de los satélites.
- 10 También pueden disponerse el módulo MA de análisis o un módulo de control adicional también de manera que controlen el retorno de la formación a una geometría nominal, a partir de las condiciones geométricas y cinemáticas obtenidas después de una maniobra de evasión de colisión y después del retorno a unas condiciones seguras para todos los satélites.
- 15 El dispositivo D de control de acuerdo con la invención, y en particular su módulo MT de tratamiento, su módulo MM de medición, y sus eventuales módulo MC de control y módulo MA de análisis, pueden realizarse en forma de circuitos electrónicos, de módulos de software (o programas informáticos), o de una combinación de circuitos y programas informáticos.
- 20 Dentro del dispositivo D de control, el módulo MM de medición, los módulos C1 y C2 de derivación, el módulo MP de pretratamiento, el módulo MF de formación de rayos, así como eventualmente, el módulo MC de control, pueden reunirse en una entidad que constituya un sensor SR.
- 25 La invención no se limita a los modos de realización del dispositivo de control y del ingenio espacial, descritos anteriormente, sólo a modo de ejemplo, sino

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (D) de control, para un ingenio (Si) espacial de un grupo de ingenios espaciales que tiene por objeto desplazarse según una formación determinada, que comprende un conjunto de al menos tres antenas (Aj) de emisión/recepción implantadas sobre al menos tres caras de orientación diferentes de dicho ingenio (Si) espacial, y adecuadas para emitir/recibir señales de radiofrecuencia, y medios (MT) de tratamiento dispuestos para estimar las direcciones de transmisión de las señales emitidas por los otros ingenios (Si') espaciales del grupo a partir de dichas señales recibidas por dichas antenas (Aj), **caracterizado porque** comprende:
- unos medios (MC) de control dispuestos para asignar, a cada antena de emisión/recepción, unas franjas de emisión diferentes y unas franjas de recepción diferentes siguiendo un esquema de reparto temporal en el que las antenas no emitan simultáneamente,
 - unos primeros medios (M1) de medición, dispuestos para determinar la potencia de las señales que recibe cada una de dichas antenas (Aj) y suministrar unos conjuntos de potencias, cada uno asociado a uno de dichos otros ingenios (Si') espaciales del grupo,
 - y unos medios (BD) de memorización aptos para almacenar unos conjuntos de datos cartográficos, representativo cada uno, de las potencias de las señales que recibe cada una de dichas antenas (Aj) en función de las direcciones de transmisión establecidas,
 - y **porque** dichos medios (MT) de tratamiento están dispuestos para comparar cada conjunto de potencias que suministran dichos primeros medios (M1) de medición a los dichos conjuntos de datos cartográficos almacenados para así estimar cada dirección de transmisión de las señales que emiten los otros ingenios (Si') espaciales del grupo, con respecto a un sistema de referencia vinculado a dicho ingenio (Si) espacial.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** dichos medios (BD) de memorización están dispuestos para almacenar unos conjuntos de datos cartográficos, representativos de potencias normalizadas con respecto a un nivel de referencia, y **porque** dichos medios (MT) de tratamiento están dispuestos para analizar dichas potencias de cada conjunto de potencias que suministran dichos primeros medios de medición (M1) con el fin de determinar una potencia de referencia, y para aplicar a las señales recibidas procedentes de un mismo ingenio (Si') espacial, durante un tiempo establecido, una ganancia establecida de manera que las potencias de dichas señales recibidas se normalicen con respecto a dicha potencia de referencia.
3. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** dichos primeros medios (M1) de medición están dispuestos para efectuar unas mediciones de relación señal/ruido para cada una de dichas señales recibidas con el fin de determinar la potencia de cada señal recibida.
4. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los medios (MC) de control están dispuestos para, en caso de asignación de una franja temporal de emisión y de una franja temporal de recepción complementarias a cada ingenio espacial de dicho grupo, de conformidad con un esquema establecido, recortar las franjas temporales de emisión y de recepción asignadas a su ingenio (Si) espacial en un número de subfranjas de emisión y de subfranjas de recepción cada uno igual al número de antenas (Aj) de emisión/recepción de su ingenio (Si) espacial, y asignar unas subfranjas de emisión diferentes a cada una de dichas antenas (Aj) de emisión/recepción según una primera disposición establecida y unas subfranjas de recepción diferentes a cada una de dichas antenas (Aj) de emisión/recepción según una segunda disposición establecida, autorizando entonces a cada antena (Aj) de emisión/recepción a emitir durante la subfranja de emisión que le ha sido asignada y a recibir durante la subfranja de recepción que le ha sido asignada, y abarcando cada conjunto de potencias suministrado unas señales recibidas por dichas antenas (Aj) de emisión/recepción durante sus subfranjas de recepción respectivas.
5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** dichos medios (MC) de control están dispuestos para hacer variar dicha primera disposición establecida y/o dicha segunda disposición establecida.
6. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** comprende unos segundos medios (M2) de medición dispuestos para estimar cada distancia que separa su ingenio espacial de uno de dichos otros ingenios (Si') espaciales del grupo a partir de al menos dichas señales recibidas por cada una de dichas antenas (Aj), y **porque** dichos medios (MT) de tratamiento están dispuestos para determinar las posiciones relativas de los ingenios espaciales de dicho grupo con respecto a un sistema de referencia establecido a partir de dichas distancias estimadas y de dichas direcciones de transmisión de señales estimadas.
7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** dichos segundos medios (M2) de medición están dispuestos para estimar cada distancia que separa su ingenio (Si) espacial de uno de los otros dichos ingenios (Si') espaciales del grupo a partir de dichas señales recibidas por cada una de dichas antenas (Aj) y de señales auxiliares transmitidas por los dichos otros ingenios (Si') espaciales del grupo y representativas de las mediciones de distancia correspondientes entre ellos (Si') y dicho ingenio (Si) espacial.
8. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado porque** comprende unos medios (MA) de análisis dispuestos para detectar unos riesgos de colisión a partir de dichas posiciones relativas de los

ingenios espaciales de dicho grupo.

5 9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado porque** dichos medios (MA) de análisis están dispuestos, en caso de que se detecte un riesgo de colisión, para determinar una maniobra de evasión de dicho ingenio (Si) espacial en función de dichas posiciones relativas de los otros ingenios (Si') espaciales de dicho grupo.

10 10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** comprende unos medios de control dispuestos, tras una maniobra de evasión de colisión, para determinar unas maniobras de reconfiguración nominal de los ingenios (Si) espaciales de dicho grupo en función de sus posiciones relativas después de dicha maniobra de evasión de colisión.

15 11. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** dichas antenas (Aj) de emisión/recepción son aptas para emitir y/o recibir unas señales de radiofrecuencia que se presenten en forma de portadora modulada mediante unos códigos pseudoaleatorios establecidos.

20 12. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** dichas antenas (Aj) de emisión/recepción están dispuestas para emitir/recibir las portadoras que presentan una frecuencia perteneciente a una banda de frecuencias establecidas de un grupo que comprende las bandas S, SHF y EHF.

25 13. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** dicha banda de frecuencias es la banda S.

14. Ingenio (Si) espacial que tiene por objeto desplazarse en formación dentro de un grupo de ingenios espaciales del mismo tipo, **caracterizado porque** comprende un dispositivo de control (D) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

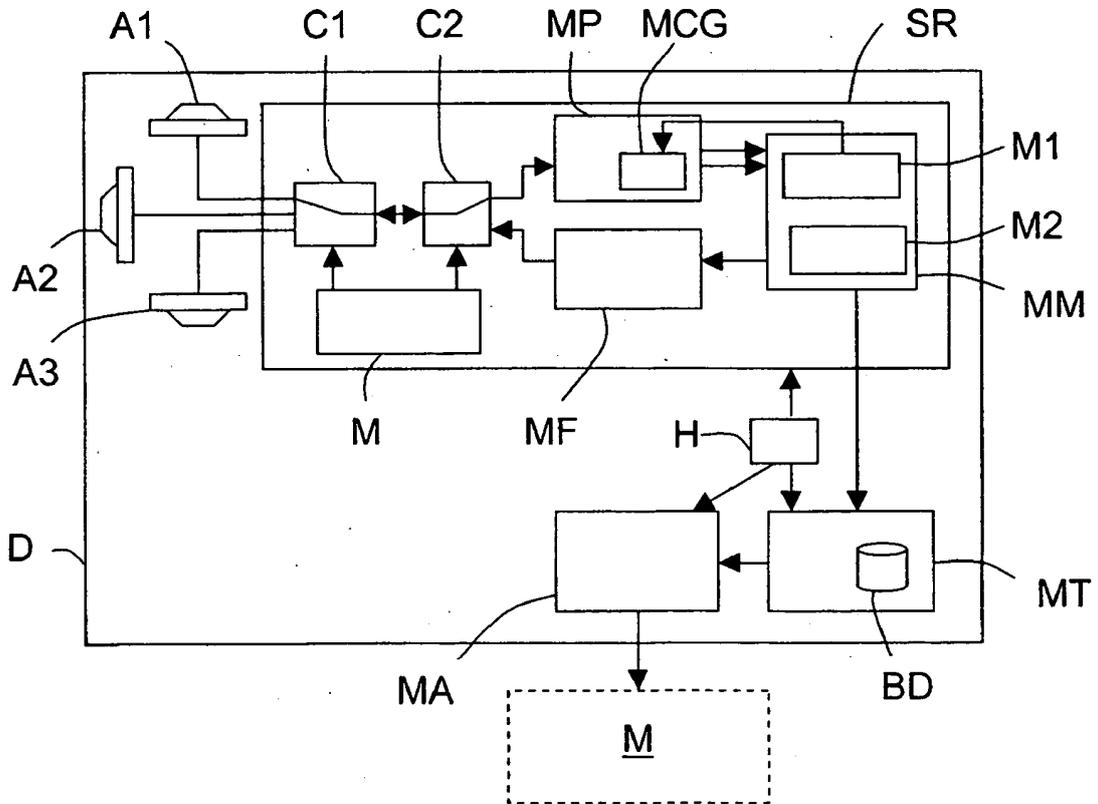
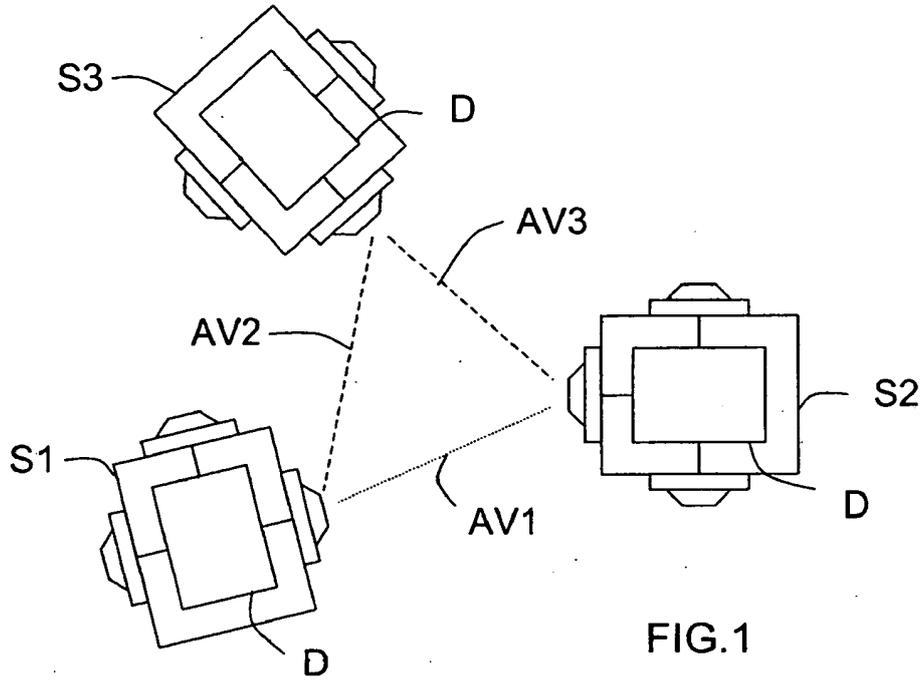


FIG. 2

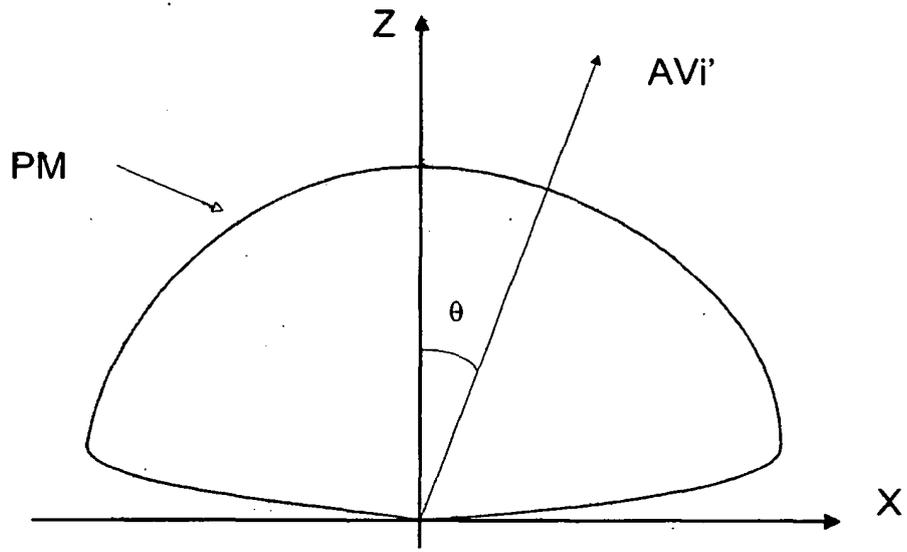


FIG.3

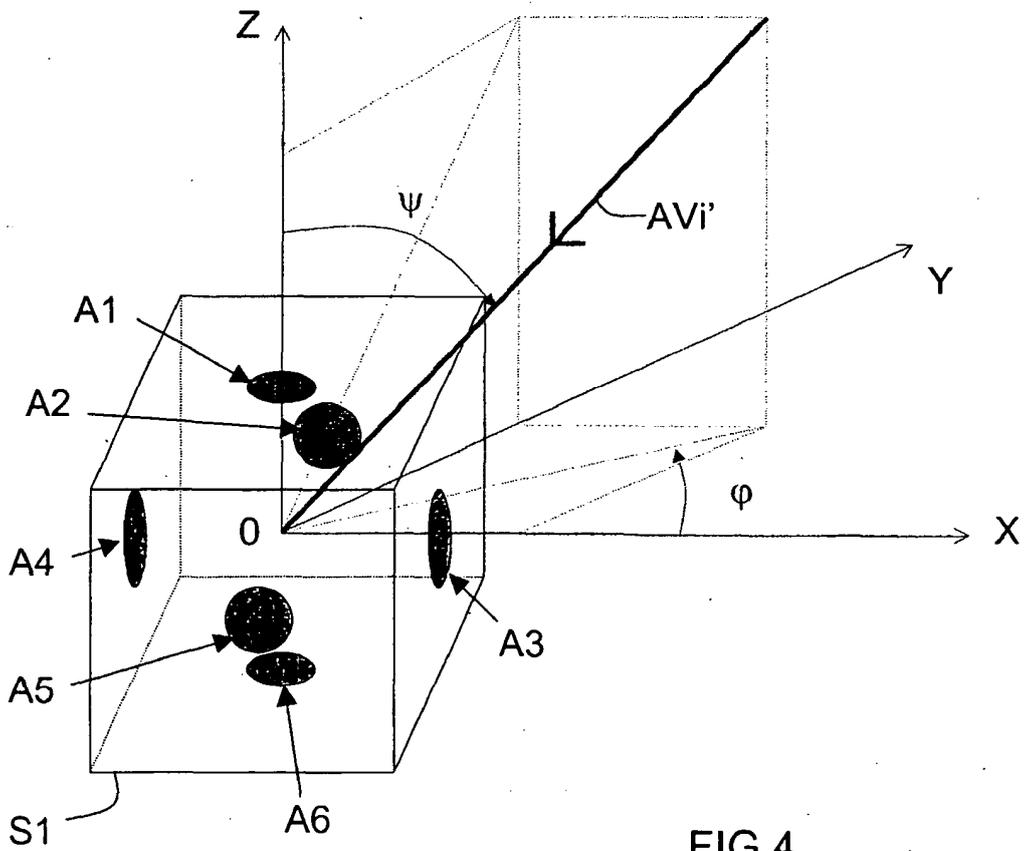


FIG.4

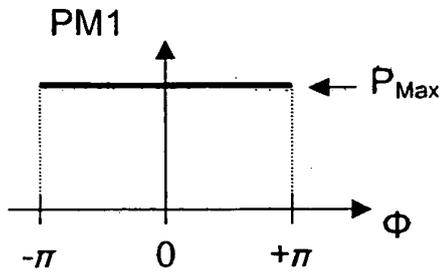


FIG.5A

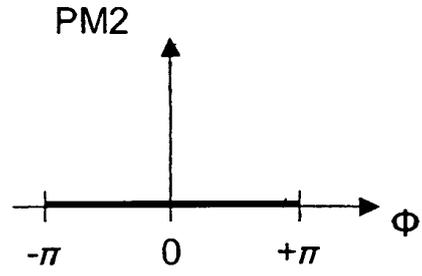


FIG.5B

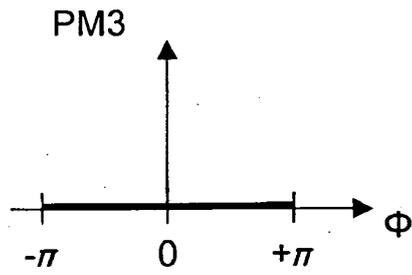


FIG.5C

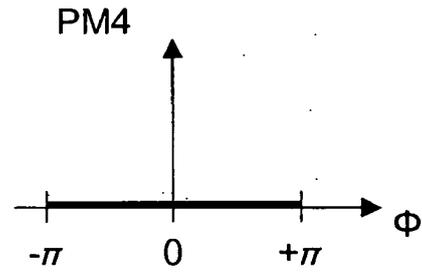


FIG.5D

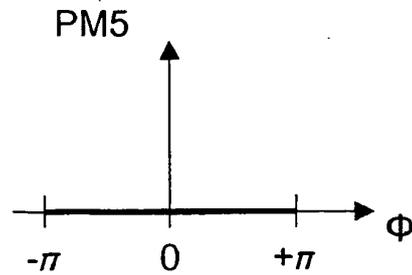


FIG.5E

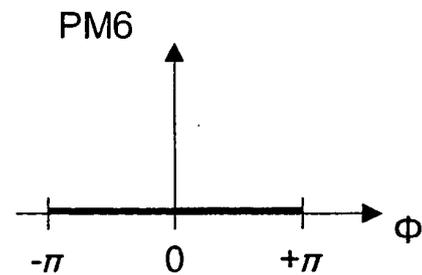


FIG.5F

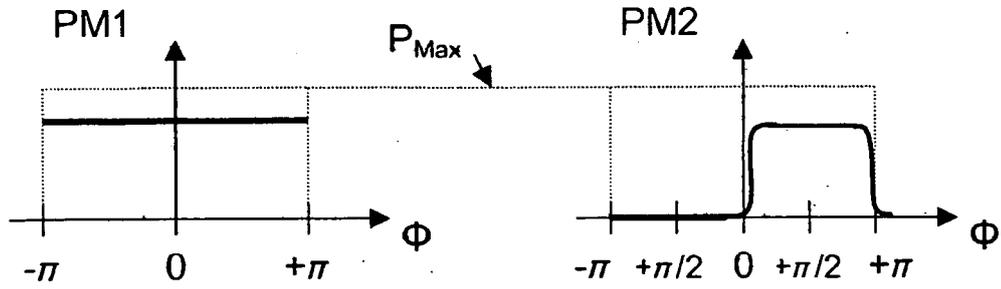


FIG. 6A

FIG. 6B

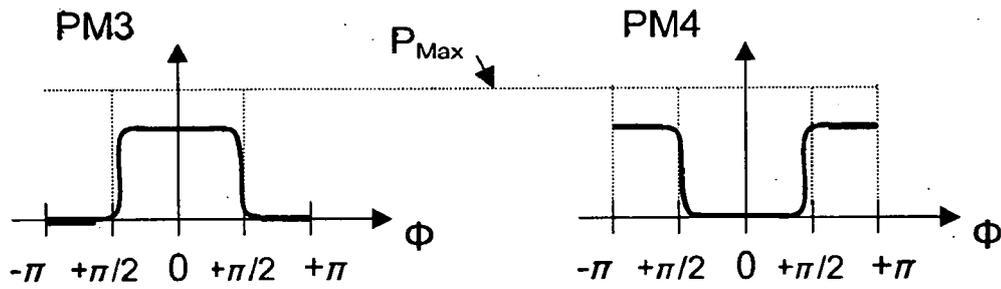


FIG. 6C

FIG. 6D

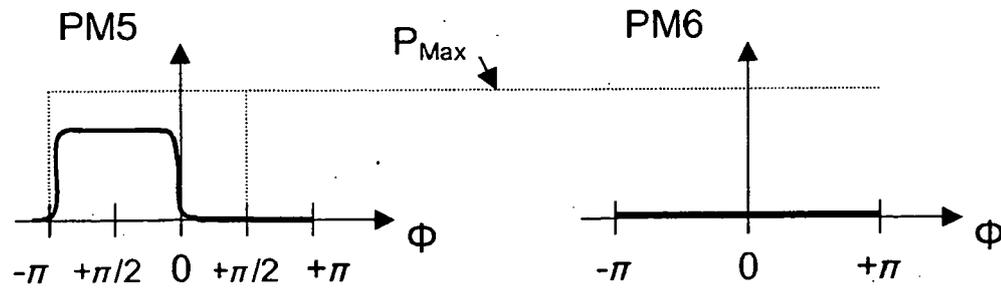


FIG. 6E

FIG. 6F

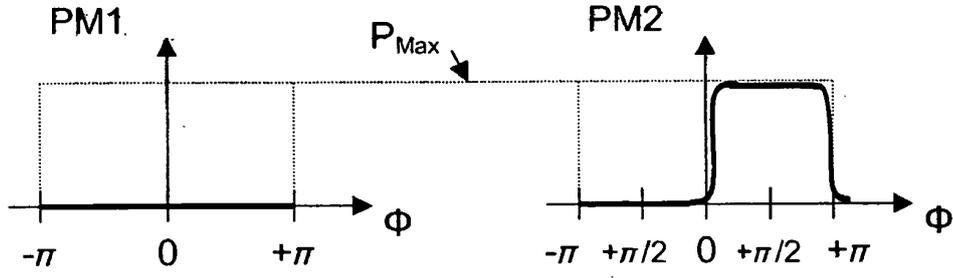


FIG. 7A

FIG. 7B

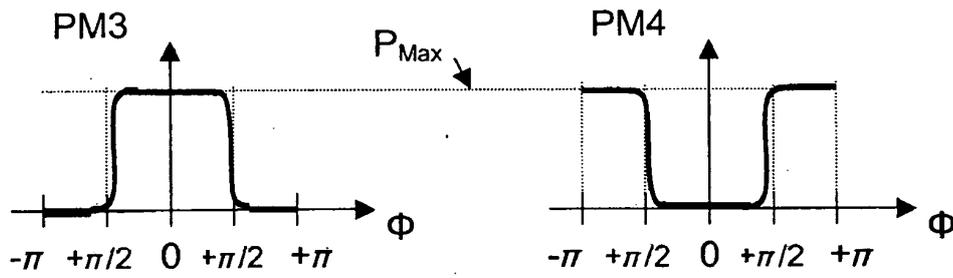


FIG. 7C

FIG. 7D

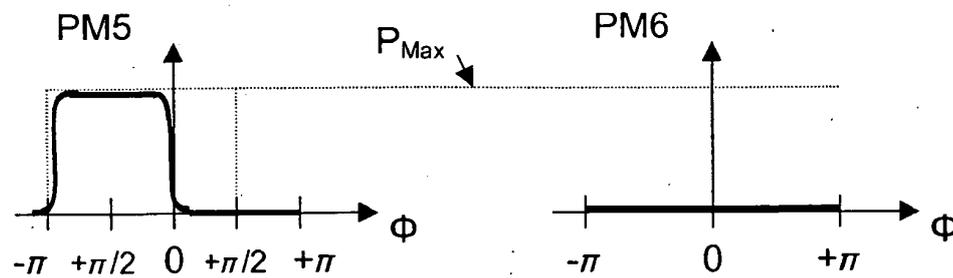


FIG. 7E

FIG. 7F

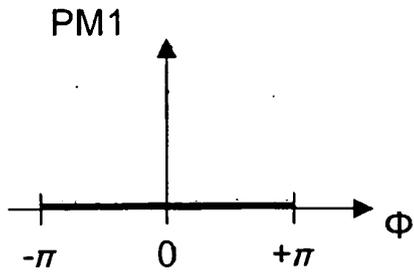


FIG. 8A

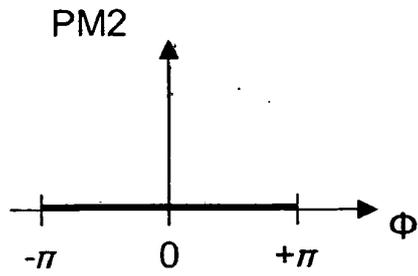


FIG. 8B

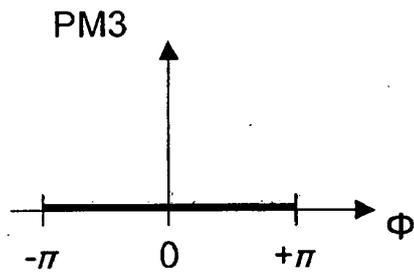


FIG. 8C

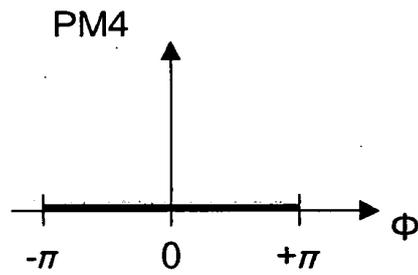


FIG. 8D

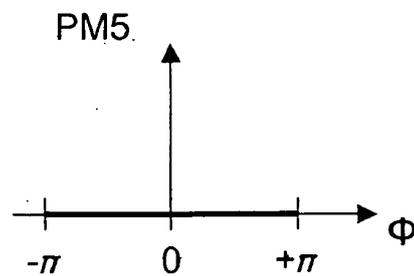


FIG. 8E

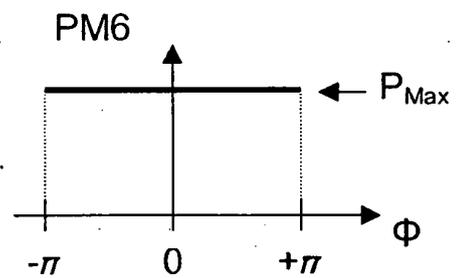


FIG. 8F