



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 004**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/19** (2006.01)

**G01S 5/14** (2006.01)

**B64G 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08826623 .4**

96 Fecha de presentación : **19.06.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2165433**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.03.2010**

54 Título: **Sistema para el posicionamiento de un usuario terrestre.**

30 Prioridad: **10.07.2007 FR 07 04975**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**04.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**04.05.2011**

73 Titular/es: **ASTRIUM SAS**  
**6 rue Laurent Pichat**  
**75016 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Lainé, Robert**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 358 004 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

La presente invención se refiere a sistemas de posicionamiento de un usuario terrestre por satélites, encontrándose dicho usuario sobre la Tierra, sobre el mar o incluso también en órbita terrestre.

5 Se sabe que los sistemas de posicionamiento por satélites comprenden una constelación de satélites de navegación colocados en órbitas de altura media (del orden de 25.000 km) alrededor de la Tierra. Estos satélites de navegación y sus órbitas se designan generalmente en la técnica, respectivamente, por "satélites MEO" y "órbitas MEO", (del inglés Medium Earth Orbit, órbita terrestre media). Los satélites de navegación están repartidos uniformemente en varios planos orbitales, de forma que, en cualquier punto de la Tierra, un usuario puede ver varios satélites de navegación, es decir, encontrarse en líneas directas con los mismos (al menos tres, y más bien cuatro si el usuario desea conocer su altura) y deducir sus propias coordenadas terrestres. Además, al menos un centro de control terrestre, que coopera con estaciones de comunicación repartidas por la superficie de la Tierra, está previsto para asegurar el funcionamiento nominal de la constelación de satélites de navegación.

15 Ver el artículo de RICHTER F: "GALILEO - DIE EUROPÄISCHE SATELLITENNAVIGATION" TECHNISCHE RUNDSCHAU, EDICIÓN COLIBRI AG., WABERN, CH, número 5, 9 de marzo de 2001 (09-03-2001), páginas 34 a 36, ISSN: 1023-0823.

Para mejorar la gestión de dicha constelación de satélites de navegación, se ha propuesto ya completar dicho centro de control y dichas estaciones de comunicación terrestres por satélites de gestión colocados en órbitas altas (del orden de 45.000 km), aptas para gestionar, al menos parcialmente, dichos satélites de navegación y para comunicarse con la Tierra.

20 Ni qué decir tiene que la fabricación, la puesta en práctica, la utilización y la explotación de dichos satélites de gestión en órbitas altas representan costes elevados, de modo que es ventajoso limitar el número de dichos satélites de gestión.

El objeto de la presente invención es, por lo tanto, un sistema de posicionamiento terrestre que permita conseguir este objetivo.

25 Con este fin, según la invención, el sistema para el posicionamiento de un usuario terrestre, comprendiendo dicho sistema:

– una primera pluralidad de satélites de navegación colocados en órbitas de altura media; y

– una segunda pluralidad de satélites de gestión colocados en órbitas altas, aptos para gestionar, al menos parcialmente, dichos satélites de navegación y para comunicarse con la Tierra,

30 es destacable porque:

– dicha segunda pluralidad comprende un conjunto de al menos tres satélites de gestión colocados cada uno en una órbita alta, cuyo plano está inclinado respecto al plano del ecuador terrestre y corta este último según una recta de intersección diametral respecto a la Tierra; y

– las dos rectas de intersección diametrales externas forman entre sí un ángulo de longitud, al menos, igual a 90°.

35 De esta manera, se lleva a cabo de modo que existan al menos dos satélites de gestión a la vista de cada satélite de navegación, evitando la ocultación de la Tierra.

Para asegurar la regularidad de las comunicaciones entre los satélites de navegación y los satélites de gestión, es ventajoso que el plano determinado por los satélites de gestión de dicho conjunto sea constantemente exterior al conjunto de las órbitas de altura media de dicha primera pluralidad.

40 En la práctica, dicho ángulo de longitud es, como máximo, igual a 160°, para que dichos satélites de gestión se mantengan a la vista de la misma estación de control.

Preferentemente, las inclinaciones de los planos de las órbitas altas de los tres satélites de gestión de dicho conjunto son idénticas.

45 Para reducir el número de estaciones de comunicación al mínimo, es ventajoso que las órbitas altas inclinadas de los satélites de gestión de dicho conjunto sean geosíncronas.

En función del tiempo, las alturas aparentes de los tres satélites de gestión, vistas desde el ecuador de la Tierra, varían de forma sinusoidal. Es ventajoso entonces que las sinusoides correspondientes estén desplazadas un número de horas igual a  $24/n$ , siendo  $n$  el número de satélites de gestión de dicho conjunto.

5 Las figuras del dibujo anexo harán que se comprenda de manera adecuada cómo se puede realizar la invención. En estas figuras, referencias idénticas designan elementos semejantes.

La figura 1 es una vista esquemática y parcial de un sistema de posicionamiento por satélites que comprende satélites de gestión en órbitas altas.

La figura 2 muestra, en vista en perspectiva esquemática, un satélite de gestión dispuesto en una órbita alta geosíncrona.

10 La figura 3 ilustra la trayectoria del satélite de gestión de la figura 2, vista desde el ecuador de la Tierra.

La figura 4 es un diagrama que ilustra, en función del tiempo  $t$  (en horas), la altura aparente, por encima del ecuador, del satélite de gestión de las figuras 2 y 3.

La figura 5 ilustra en vista en perspectiva, esquemática y parcial, el sistema de posicionamiento con tres satélites de gestión, de acuerdo con la presente invención.

15 La figura 6 muestra, en vista esquemática, el conjunto de trayectorias aparentes de los tres satélites de gestión del sistema de la figura 5.

La figura 7 es un diagrama que ilustra, en función del tiempo  $t$  (en horas), el entrelazamiento de las variaciones sinusoidales de las alturas aparentes de los tres satélites de gestión del sistema de la figura 5.

20 El sistema de posicionamiento por satélites conocido, representado esquemática y parcialmente en la figura 1, comprende:

– unos satélites de navegación 1 colocados en órbitas de altura media 2 (del orden de 25.000 km) alrededor de la Tierra  $T$ ; y

– unos satélites de gestión 3 colocados en órbitas altas 4 (del orden de 45.000 km) alrededor de la Tierra  $T$ .

25 Por mediación de un centro de control y de estaciones de comunicación terrestres (no representados), dichos satélites de gestión 3 son aptos para gestionar, al menos parcialmente, los satélites de navegación 2, por ejemplo, pero no exclusivamente, de la forma descrita en la solicitud de patente francesa número 07 03562, presentada el 18 mayo de 2007 a nombre de la misma firma solicitante.

30 Las figuras 2, 3 y 4, destinadas a hacer comprender de modo adecuado la presente invención descrita en lo que sigue con relación a las figuras 5, 6 y 7, se refieren a un único satélite de gestión 3 colocado en una órbita alta 4. En este caso (ver la figura 2), dicha órbita alta 4 es geosíncrona y su plano  $P4$  está inclinado un ángulo de inclinación  $i$  respecto al plano  $PE$  del ecuador  $E$ . La intersección de los planos  $P4$  y  $PE$  es una recta diametral 5. En la figura 2, se ha representado además:

– el punto 6 del ecuador  $E$ , que se encuentra en el plano meridiano terrestre que pasa por dicho satélite de gestión 3 y la línea de visión 7 que une dicho punto 6 a este último; y

35 – la órbita geoestacionaria 8, dispuesta en el plano  $PE$  del ecuador  $E$ , de período veinticuatro horas y de radio igual a 42.000 km, correspondiendo dicha órbita geoestacionaria a la proyección ortogonal de la órbita alta 4 sobre el plano  $PE$ .

40 Debido a que la órbita alta 4 es geosíncrona, la línea de visión 7 se mantiene apuntando al satélite de gestión 3, cuando el mismo recorre dicha órbita alta 4 y el punto ecuatorial 6 gira con la Tierra alrededor del eje Norte (N) – Sur (S) de la misma.

45 De esta manera, para un observador colocado en el ecuador  $E$  y apto para observar el satélite de gestión 3, la altura aparente  $h$  de dicho satélite de gestión 3 varía de forma sinusoidal durante la rotación de la tierra  $T$  y de dicho satélite 3, debido a que el plano  $P4$  de la órbita alta geosíncrona 4 está inclinado con relación al plano  $PE$  del ecuador  $E$ . En la figura 4, se ha representado la sinusoides 10 representativa de la variación de la altura aparente  $h$  en función del tiempo  $t$  (en horas).

Si se supone, como en la figura 4, que el satélite de gestión 3 está alineado con la recta diametral 5 a las 0 horas, esta altura aparente  $h$  es nula a las 0 horas y a las 12 horas, máxima (valor  $h_{max}$ ) a las 6 horas y mínima (valor  $-h_{max}$ ) a las 18 horas (ver la figura 4).

5 Esto da como resultado que, para un observador colocado en el ecuador E, el satélite de gestión 3 describe una trayectoria aparente 9, en forma de ocho de eje Norte–Sur, dispuesta en un plano tangente a dicha órbita alta geosíncrona 4 y que comprende dos lóbulos simétricos cuyo punto de cruce está situado sobre la recta de intersección diametral 5 (ver la figura 3). Para dicho observador, se puede considerar, por lo tanto, que el satélite de gestión 3 describe en veinticuatro horas la trayectoria aparente 9 alrededor de la recta de intersección diametral 5.

10 El sistema para el posicionamiento de un usuario terrestre, de acuerdo con la presente invención y representado en la figura 5, comprende, además de una pluralidad de satélites de navegación 1 colocados en las órbitas de altura media 2, tres satélites de gestión 3.1, 3.2 y 3.3 (semejantes al satélite 3) colocados cada uno en una órbita alta. Estas tres órbitas altas no están representadas por razones de claridad del dibujo, pero cada una de las mismas es semejante a la órbita alta 4 descrita con relación a la figura 2.

15 Lo mismo que la órbita alta 4 de la figura 2, las tres órbitas altas geosíncronas (semejantes, respectivamente, a la órbita 4) en las que están colocados, respectivamente, los satélites de gestión 3.1, 3.2 y 3.3, se encuentran en planos (semejantes, respectivamente, al plano P4) inclinados respecto al plano PE del ecuador E y cortan dicho plano PE según las rectas de intersección diametrales 5.1, 5.2 y 5.3 (semejante cada una a la recta de intersección diametral 5), respectivamente. Las inclinaciones  $i$ , con relación a dicho plano PE, de los planos que contienen las órbitas altas de dichos satélites de gestión 3.1, 3.2 y 3.3 son iguales y las dos rectas de intersección diametrales 5.2 y 5.3, que se encuentran a una y otra parte de la recta de intersección diametral intermedia 5.1, forman con la misma un ángulo de longitud  $\theta$ , al menos, igual a  $45^\circ$  y, como máximo, igual a  $80^\circ$ .

20 Además, el plano P3 determinado por los tres satélites de gestión 3.1, 3.2 y 3.3 es exterior al conjunto de órbitas de altura media 2 en las que están colocados los satélites de navegación 1.

25 De esta manera, de forma semejante a lo que se ha explicado anteriormente a propósito del satélite 3, cada satélite 3.1, 3.2 y 3.3 describe, para un observador colocado en el ecuador E y el elemento de observación, una trayectoria aparente 9.1, 9.2 ó 9.3 en forma de ocho, de eje Norte–Sur y dispuesta en un plano tangente a la órbita geoestacionaria 8, cruzándose los dos lóbulos de cada trayectoria aparente 9.1, 9.2 y 9.3 sobre la recta de intersección diametral 5.1, 5.2 ó 5.3, respectivamente. Esto se ilustra por el esquema de la figura 6, en la que se han representado, frontalmente, las tres trayectorias aparentes 9.1, 9.2 y 9.3.

30 Las alturas aparentes  $h$  de dichos satélites de gestión 3.1, 3.2, 3.3 varían, por lo tanto, de forma sinusoidal en función del tiempo  $t$ . En la figura 7, se han representado las tres sinusoides 10.1, 10.2, 10.3 correspondientes (siendo cada una de ellas semejantes a la senoide 10 de la figura 4).

En el ejemplo de las figuras 6 y 7, el satélite de gestión 3.2 tiene un retardo de fase de ocho horas respecto al satélite de gestión 3.1 y un avance de fase de ocho horas respecto al satélite 3.3.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema para el posicionamiento de un usuario terrestre, comprendiendo dicho sistema:

– una primera pluralidad de satélites de navegación (1) colocados en órbitas de altura media (2); y

5 – una segunda pluralidad de satélites de gestión (3) colocados en órbitas altas (3), aptos para gestionar, al menos parcialmente, dichos satélites de navegación (1) y para comunicarse con la Tierra (T),

caracterizado porque

– dicha segunda pluralidad comprende un conjunto de al menos tres satélites de gestión (3.1, 3.2, 3.3) colocados cada uno en una órbita alta, cuyo plano está inclinado respecto al plano (PE) del ecuador terrestre (E) y corta este último según una recta de intersección diametral (5.1, 5.2, 5.3) respecto a la Tierra (T); y

10 – las dos rectas de intersección diametrales externas (5.2, 5.3) forman entre sí un ángulo de longitud ( $2\theta$ ), al menos, igual a  $90^\circ$ .

2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque el plano determinado por los satélites de gestión (3.1, 3.2, 3.3) de dicho conjunto es constantemente exterior al conjunto de órbitas de altura media (2) de dicha primera pluralidad.

15 3. Sistema según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque dicho ángulo de longitud ( $2\theta$ ) es, como máximo, igual a  $160^\circ$ .

4. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque las inclinaciones (i) de los planos de las órbitas altas de los satélites de gestión (3.1, 3.2, 3.3) de dicho conjunto son idénticas.

20 5. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque las órbitas altas de los satélites de gestión de dicho conjunto son geosíncronas.

6. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque las alturas aparentes sinusoidales (h) de dichos tres satélites de gestión (3.1, 3.2, 3.3), vistas desde la Tierra (T), están desfasadas un número de horas igual a  $24/n$ , siendo n el número de satélites de gestión de dicho conjunto.

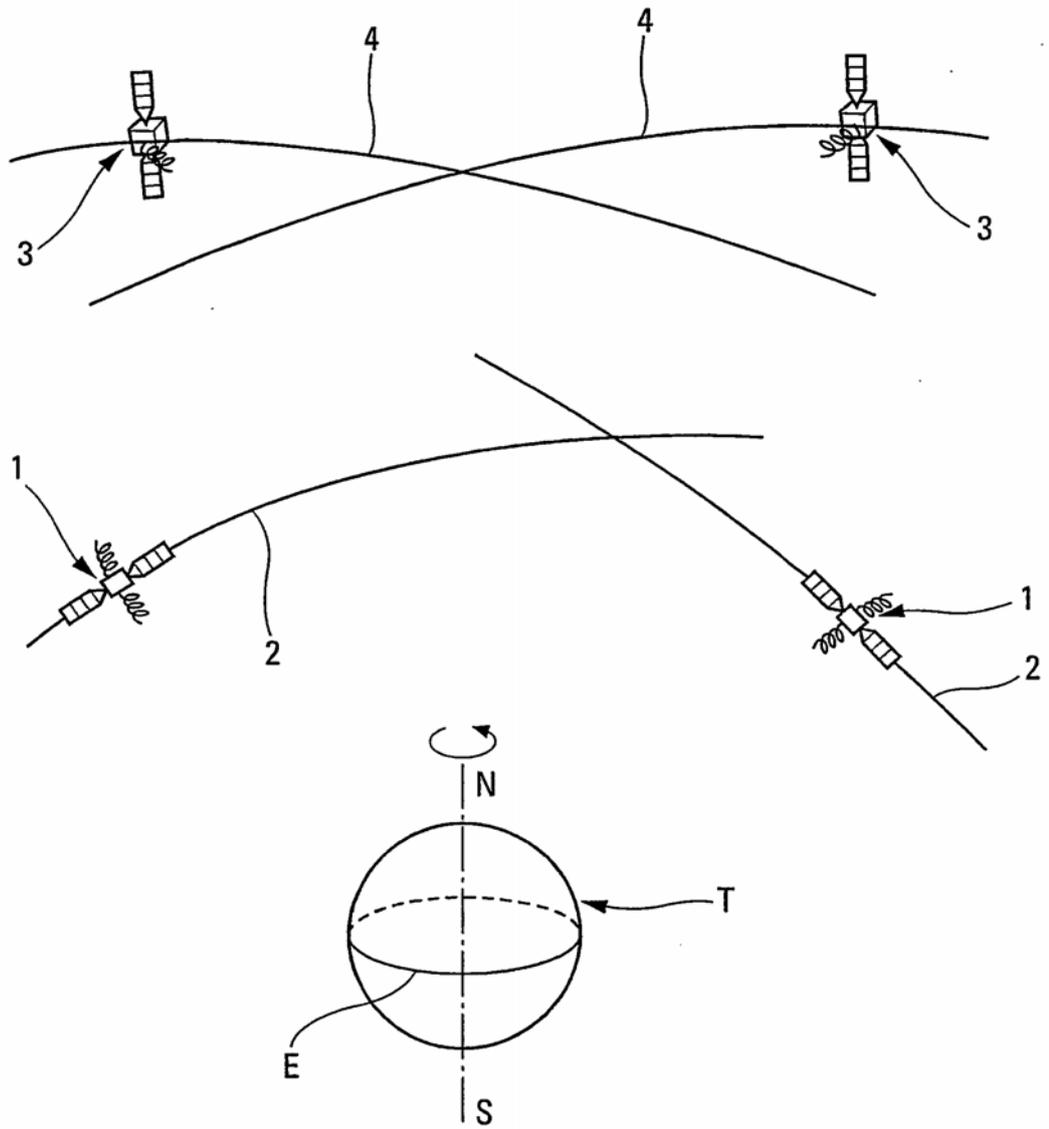


Fig. 1

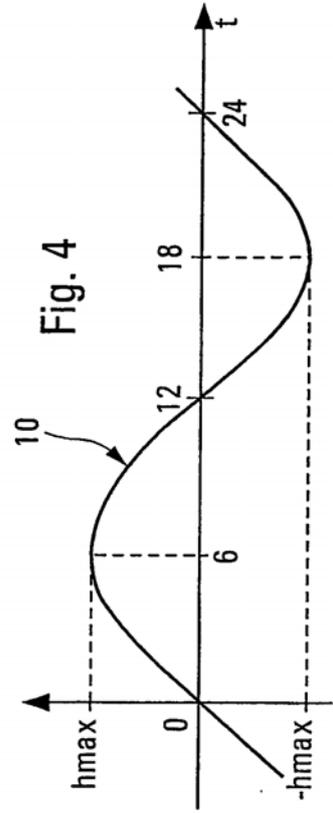
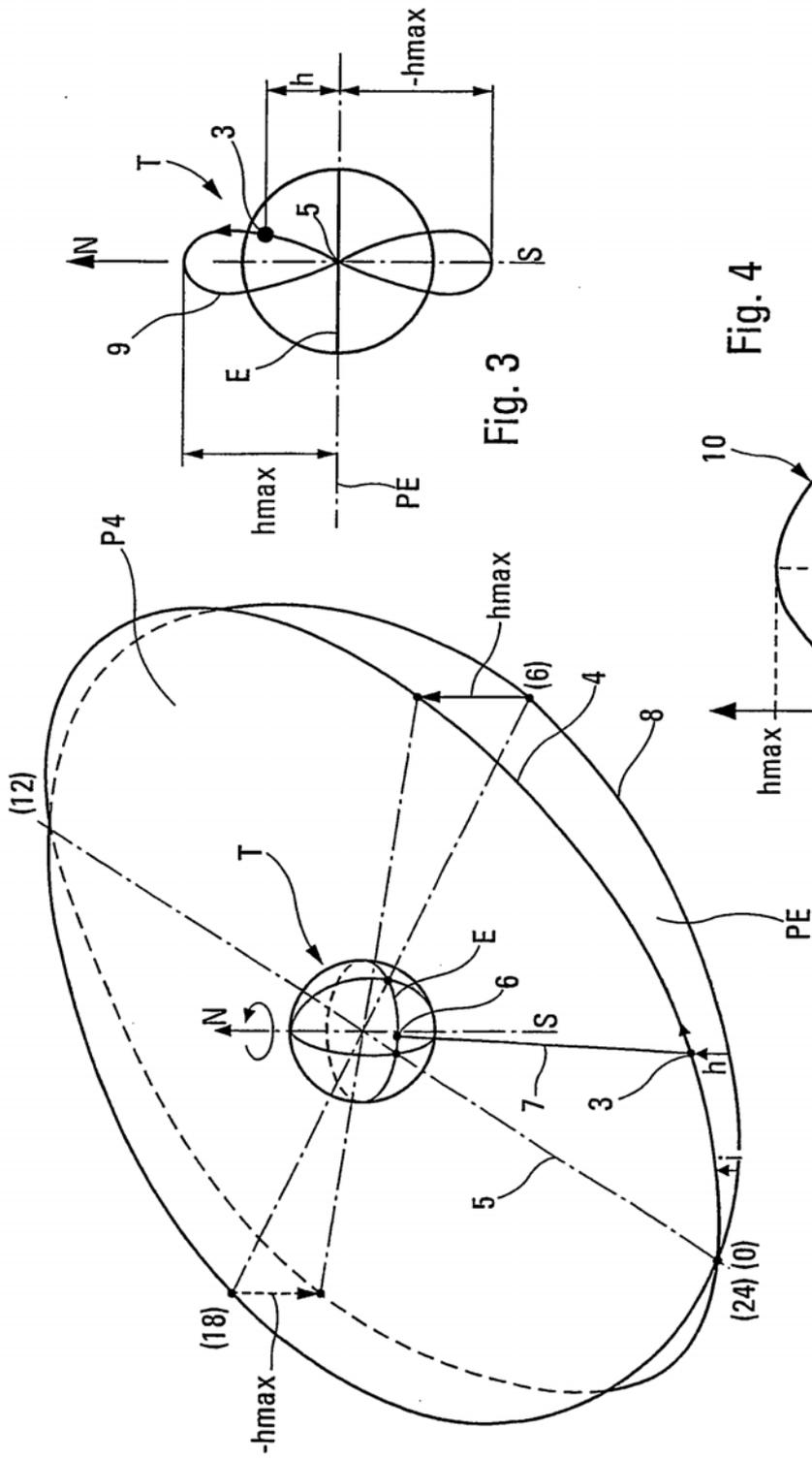


Fig. 2

Fig. 4

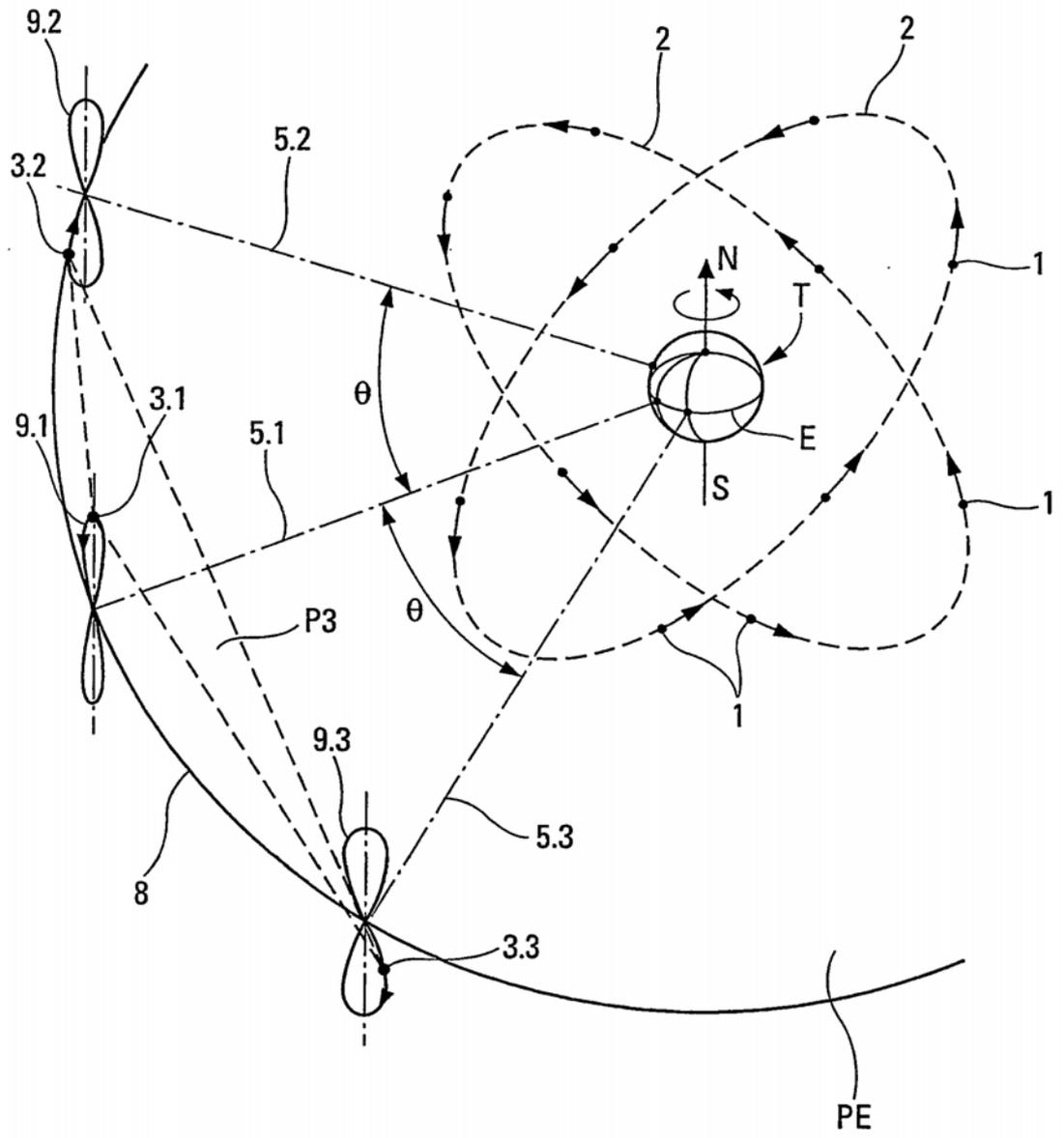


Fig. 5

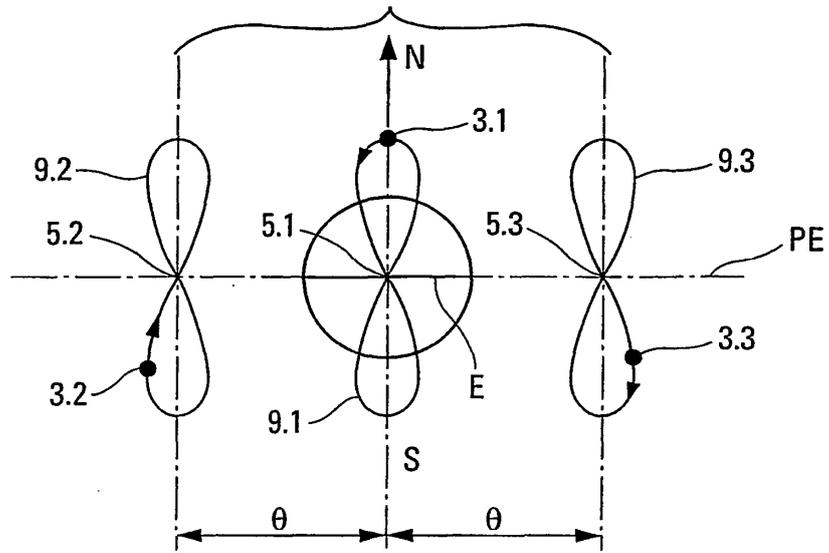


Fig. 6

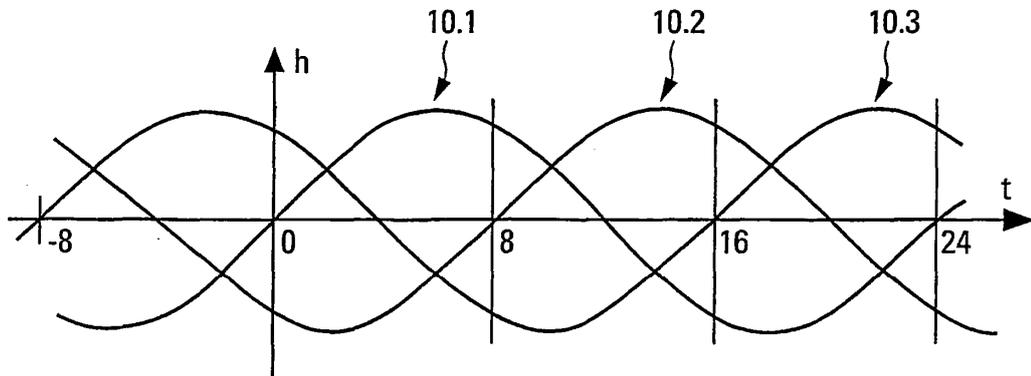


Fig. 7