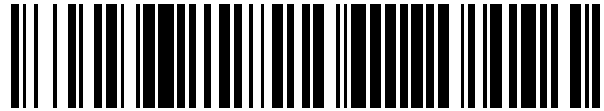


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 527**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2010.01)
B64G 1/66 (2006.01)
B64G 1/10 (2006.01)
G01S 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2012 E 12169875 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2530022**

54 Título: **Sistema de localización geográfica de un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra y procedimiento asociado de interferometría distribuida**

30 Prioridad:

01.06.2011 FR 1101682

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

13.06.2019

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**PEYROTTE, CHRISTIAN;
MARTINERIE, FRANCIS y
THEVENET, JEAN-BAPTISTE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 716 527 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de localización geográfica de un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra y procedimiento asociado de interferometría distribuida

5 La presente invención se refiere a un sistema de localización geográfica de al menos un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra y a un procedimiento asociado de interferometría distribuida.

10 Se conocen sistemas de localización geográfica o geolocalización de al menos un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra que utiliza un conjunto de satélites equipados con receptores GPS (acrónimo de "Global Positioning system" en inglés para sistema de posicionamiento global por satélites). Es posible citar como ejemplos, los programas AIS, acrónimo de "Automatic Identification System" en inglés para sistema de identificación automática y el sistema ORB- COM.

15 Tales sistemas de localización geográfica de emisores de señales radioeléctricas situados en la superficie de la Tierra con frecuencia dependen de un sistema externo, el sistema GPS. De este modo, en caso de avería del sistema GPS o de inexactitudes o de que su propietario se niegue a compartir los datos, tal sistema de localización geográfica, que depende de ellos, se volvería entonces inoperativo o su inexactitud se vería enormemente aumentada.

El documento US 6 072 433 se refiere a un sistema de localización geográfica de al menos un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra, que utiliza dos interferómetros en cascada para mejorar la precisión final.

20 El documento US 5 914 687 se refiere a un sistema de localización geográfica de al menos un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra, que utiliza unas mediciones diferentes efectuadas por un mismo dispositivo de interferometría.

Tales sistemas tienen una precisión de localización limitada cuando el segmento espacial del sistema se limita a un único satélite, ya que la base-antena formada no supera en general una decena de metros.

25 Tales sistemas tienen una capacidad de detección y de seguimiento limitada cuando el sistema está distribuido en varios satélites debido a la dificultad para sincronizar e intercambiar datos entre satélites. La localización se efectúa posteriormente, en tierra.

30 Un objetivo de la invención consiste en proponer un sistema de localización geográfica de un emisor de señales eléctricas situado en la superficie de la Tierra, que sea independiente del sistema GPS, autónomo, con una precisión mejorada, incluso en presencia de maniobras de los satélites, flexible y que posea una interferometría extendida, es decir, cuya base-antena varíe de unos metros a unas decenas de kilómetros.

Se propone, según un aspecto de la invención, un sistema de localización geográfica de al menos un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra, que comprende:

- un conjunto de satélites provistos de antenas de recepción adaptadas para recibir dichas señales, formando un dispositivo principal de interferometría extendida,
- 35 - un dispositivo de metrología relativa entre satélites de determinación de las posiciones relativas de dichos satélites entre sí, que comprende al menos un sensor dedicado para cada satélite, así como unos medios de comunicación entre satélites,
- un dispositivo de datación de dichas señales recibidas a partir de dicha determinación de las posiciones relativas de dichos satélites entre sí suministradas por dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites,
- 40 - un dispositivo secundario de interferometría que comprende al menos un conjunto de al menos tres antenas de un satélite,
- una estación base terrestre,
- un dispositivo de transmisión de las mediciones adquiridas en los satélites hacia la estación base terrestre y
- unos medios de determinación de la posición absoluta de al menos uno de los satélites,

45 comprendiendo el conjunto de satélites un satélite principal y al menos un satélite secundario, comprendiendo dicho satélite principal dicho dispositivo de transmisión que comprende una única antena y estando adaptado para recoger el conjunto de dichas señales recibidas, de dichas posiciones relativas y de dichas dataciones transmitidas por dicho conjunto de satélites, y transmitir las a dicha estación base terrestre, y unos medios de determinación de una localización geográfica de dicho emisor dispuestos en dicho satélite principal,

50 estando el dispositivo secundario de interferometría adaptado para suministrar una localización geográfica aproximada de dicho emisor adaptada para servir de inicialización para una localización geográfica precisa de dicho emisor por el dispositivo principal de interferometría extendida.

55 Tal sistema permite acceder a una detección autónoma, sustancialmente en tiempo real, según las capacidades de cálculo integradas a bordo de los satélites y a una precisión mejorada de localización cuando la señal es armónica y/o cuyo análisis puede beneficiarse de una base-antena extendida, propuesta en el presente caso por el dispositivo

principal de interferometría.

La presente invención es particularmente útil en el campo de la observación en la banda de radio frecuencias o RF pasiva, para la identificación de emisores terrestres, por ejemplo, de tipo detección de baliza de salvamento.

5 Además, la utilización combinada de un dispositivo de interferometría secundario y de un dispositivo de metrología entre satélites de determinación de las posiciones relativas de dichos satélites entre sí, situado en un satélite dado, permite despejar la ambigüedad de los ciclos de la fase portadora antes de extender la precisión de localización a través de la base-antena ampliada del dispositivo principal de interferometría.

10 Además, la utilización combinada de un dispositivo de interferometría secundario y de un dispositivo de metrología entre satélites de determinación de las posiciones relativas de dichos satélites entre sí, situado en un satélite dado, permite despejar la ambigüedad de los ciclos de la fase portadora antes de extender la precisión de localización a través de la base-antena ampliada del dispositivo principal de interferometría.

15 El dispositivo de metrología entre satélites puede comprender un dispositivo de Radio-Frecuencia de Vuelo en Formación o FFRF (por sus siglas en inglés de "Formation-Flying Radio Frequency"), eventualmente completado por un dispositivo de metrología óptica. La utilización de datos procedentes de la metrología entre satélites permite prescindir de un sistema de posicionamiento por satélites, tal como el sistema GPS, y tener acceso a una precisión mejorada del posicionamiento relativo de los satélites. Esto permite, además, una sincronización precisa de las mediciones de las señales terrestres, que pueden intercambiarse por vía del enlace de comunicación (por ejemplo, del dispositivo FFRF), abriendo la posibilidad de un tratamiento autónomo de los datos a bordo y, por tanto, de la localización de emisores terrestres en tiempo real.

20 La utilización de la metrología entre satélites permite, asimismo, un control autónomo de la formación de satélites y aporta gran flexibilidad en términos de configuración (posible redundancia del enlace con el suelo, reconfiguración del papel y de la posición de los satélites...).

La utilización de la metrología entre satélites también permite contemplar la adaptación del sistema a cualquier tipo de órbita (LEO, MEO, GEO, HEO, IGSO).

25 Este modo de realización simplifica la realización de la transmisión de los datos hacia el suelo, asignando un papel prioritario a uno de los satélites, que entonces también podrá hacerse cargo del tratamiento o pretratamiento de las mediciones. Al hacerlo, la arquitectura de los demás satélites podría simplificarse.

30 En efecto, cuando las mediciones se tratan a bordo de los satélites, el dispositivo secundario de interferometría puede utilizarse para determinar la localización geográfica del emisor con una precisión aproximada o para inicializar la localización geográfica precisa del emisor por parte del dispositivo principal de interferometría. La base-antena implicada es la distancia que separa las antenas dedicadas del interior del satélite implicado.

35 El dispositivo principal de interferometría puede utilizarse entonces para una localización geográfica del emisor con más precisión y la base-antena implicada es la distancia que separa los satélites, conocida gracias al dispositivo de metrología entre satélites. Este modo de realización es posible gracias a la sincronización precisa y al intercambio de las mediciones entre satélites, que permiten calcular una posición angular una vez que se conoce la base antena, sobre unas mediciones sincronizadas de diferencia de marcha de la señal.

En un modo de realización, dichos medios de determinación de la posición absoluta de al menos uno de los satélites comprenden al menos un emisor en tierra de localización conocida.

40 Como variante, dichos medios de determinación de la posición absoluta de al menos uno de los satélites comprenden un receptor de un sistema de posicionamiento por satélites, tal como GPS, GALILEO o DORIS.

En un modo de realización, al menos uno de dichos satélites comprende un dispositivo de micro propulsión.

De este modo, es posible modificar a demanda, y con precisión, las distancias relativas de las antenas de los satélites en el transcurso de la medición y liberarse de las desviaciones de medición.

45 Por ejemplo, dichas antenas de recepción están adaptadas para recibir señales eléctricas de RF, acrónimo de radiofrecuencias.

De este modo, es potencialmente posible localizar cualquier tipo de emisor de señales de radiofrecuencia terrestre compatible con la precisión de determinación de la base antena de medición.

En un modo de realización, dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites comprende un dispositivo de Radio Frecuencias de Vuelo en Formación y eventualmente un dispositivo de metrología óptica.

50 Según otro aspecto de la invención, también se propone un procedimiento de localización geográfica de al menos un emisor de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra, en el que se determinan unas posiciones relativas y una sincronización relativa de satélites entre sí por metrología entre satélites, y se datan dichas señales

recibidas a partir de dicha determinación de las posiciones relativas de dichos satélites entre sí.

La invención se comprenderá mejor tras estudiar algunos modos de realización descritos a modo de ejemplos, en absoluto limitativos, e ilustrados por los dibujos adjuntos en los que:

- 5 - la figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema de localización geográfica de un emisor de señales eléctricas según un aspecto de la invención; y
- la figura 2 ilustra esquemáticamente un sistema de localización geográfica de un emisor de señales eléctricas según otro aspecto de la invención.

En el conjunto de las figuras, los elementos que tienen las mismas referencias son similares.

10 La figura 1 representa esquemáticamente un sistema de localización geográfica de al menos un emisor ES de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra, que comprende un conjunto de satélites, por ejemplo, tres satélites SAT1, SAT2 y SAT3 provistos respectivamente de antenas de recepción ANT1, ANT2 y ANT3 adaptadas para recibir las señales emitidas por el emisor ES. Como variante, el sistema de localización geográfica puede comprender un número cualquiera de satélites, superior o igual a dos.

15 El sistema comprende un dispositivo principal de interferometría extendida que comprende al menos una antena ANT1_1, ANT1_2, ANT1_3, de cada satélite SAT1, SAT2, SAT3.

El sistema comprende asimismo un dispositivo de metrología relativa entre satélites de determinación de las posiciones relativas de dichos satélites SAT1, SAT2 y SAT3 entre sí, que comprende al menos un sensor dedicado, en este caso concreto un sensor dedicado SENSd_1, SENSd_2 y SENSd_3 de cada satélite SAT1, SAT2 y SAT3, así como unos módulos de comunicación entre satélites COMM1, COMM2 y COMM3.

20 El sistema comprende, además, un dispositivo de datación DAT1, DAT2 y DAT3 de las señales recibidas, a partir de la determinación de las posiciones relativas de los satélites SAT1, SAT2 y SAT3 entre sí suministradas por dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites. El dispositivo de datación del ejemplo de realización de la figura 1 comprende los tres módulos de datación DAT1, DAT2 y DAT3 respectivamente, montados en los satélites SAT1, SAT2 y SAT3. De este modo, la datación de las mediciones puede sincronizarse entre los satélites mediante el
25 dispositivo de metrología relativa entre satélites.

El dispositivo de datación DAT1, DAT2 y DAT3 utiliza mediciones de pseudo-distancias de las diferentes señales emitidas por los satélites SAT1, SAT2 y SAT3 de la formación. La técnica de correlación de código RPN se utiliza para identificar las desviaciones de tiempo entre emisores y receptores. La datación precisa utiliza a continuación una técnica de transferencia de datos (mediciones de pseudo-distancias) y de tiempo, para sincronizar entre sí los
30 relojes de los satélites SAT1, SAT2 y SAT3. Este tiempo de referencia permite entonces datar, en el mismo sistema de referencia, las mediciones de los emisores radioeléctricos en tierra, capturadas por los satélites SAT1, SAT2 y SAT3.

El sistema comprende asimismo un dispositivo secundario de interferometría que comprende al menos un conjunto de al menos tres antenas ANT21_3, ANT22_3, ANT23_3 de un satélite, en este caso concreto, el tercer satélite SAT3, una estación base terrestre EBT y un módulo de determinación de la posición absoluta DPA de al menos uno de los satélites, en este caso concreto, el primer satélite SAT1. Un satélite prioritario, en este caso concreto, el tercer
35 satélite SAT3, suministra la referencia de tiempo, mediante el dispositivo secundario de interferometría.

El módulo de determinación de la posición absoluta DPA del primer satélite SAT1 comprende, como se ha ilustrado en este ejemplo, al menos un emisor en tierra EC de localización conocida.

40 Como variante, el módulo de determinación de la posición absoluta DPA de al menos uno de los satélites puede comprender un receptor de un sistema de posicionamiento por satélites.

Este módulo de determinación de una localización geográfica DPA, puede, por ejemplo, implementar unas mediciones de pseudo-distancias y/o Doppler efectuadas a partir de las señales de los enlaces de telecomunicaciones entre la o las estaciones de base en tierra EBT y el satélite.

45 Al menos uno de los satélites SAT1, SAT2 y SAT3 comprende un dispositivo de micro propulsión, en este caso concreto, en el modo de realización de la figura 1, cada uno de los satélites SAT1, SAT2 y SAT3 comprende un módulo de micro propulsión MP1, MP2 y MP3.

La estación base terrestre EBT comprende un módulo de determinación de una localización geográfica DLG. La
50 técnica de localización en tierra se efectúa con el retorno a tierra de las diferentes mediciones, datadas, efectuadas por los diferentes satélites.

Como variante, el módulo de determinación de una localización geográfica DLG puede estar integrado a bordo de un satélite.

Además, los módulos de datación DAT1, DAT2, DAT3, pueden, por ejemplo, realizarse implementando las

enseñanzas de la patente europea EP 1 813 957 B1 y no depender así de la utilización de receptores GPS.

De este modo, el módulo de datación DAT1, DAT2, DAT3 de un satélite se beneficia del dispositivo de metrología relativa. Este puede implementar un procedimiento de mediciones de pseudo-distancia entre satélites bidireccionales ("Two-Way" en inglés), del que extrae la desviación temporal entre satélites, que permite realizar la datación relativa de las mediciones del interferómetro con precisión. El dispositivo de metrología también puede estimar las direcciones de transmisión de las señales emitidas por los demás satélites.

La precisión de localización de un sistema de este tipo mejora con respecto a los sistemas conocidos implementando unos receptores de tipo GPS, ya que la precisión del posicionamiento relativo de los satélites puede llegar a ser inferior a un centímetro y la sincronización temporal es inferior a tres nanosegundos en tiempo real, incluso en presencia de maniobras de los satélites.

En la figura 2, se ha ilustrado esquemáticamente otro modo de realización de un sistema de localización geográfica, en el que el conjunto de satélites SATP, SATS1 y SATS2, de nuevo un total de tres, de manera no limitativa, comprende un satélite principal SATP y al menos un satélite secundario, en este caso concreto, dos satélites secundarios, SATS1 y SATS2. El satélite principal SATP está adaptado para recoger el conjunto de señales recibidas, de las posiciones relativas y de las dataciones transmitidas por el conjunto de los satélites SATP, SATS1, SATS2 y transmitir las a la estación base terrestre EBT. Los tratamientos de datos pueden efectuarse a bordo del satélite principal SATP o en la estación base terrestre EBT, concretamente, la detección, el seguimiento y un primer nivel de geolocalización. Por otra parte, se puede disponer un módulo de determinación de la localización geográfica DLG del emisor ES en el satélite principal SATP.

Como variante, se puede disponer el módulo de determinación de la localización geográfica DLG del emisor ES en la estación base terrestre EBT.

Los tres satélites, el principal SATP y los secundarios SATS1 y SATS2, están provistos respectivamente de unas antenas de recepción ANTP, ANTS1 y ANTS2 adaptadas para recibir las señales emitidas por el emisor ES. Como variante, el sistema de localización geográfica puede comprender un número cualquiera de satélites, superior o igual a dos.

El sistema comprende un dispositivo principal de interferometría que comprende al menos una antena ANT1_P, ANT1_S1, ANT1_S2, de cada satélite SATP, SATS1, SATS2.

El sistema también comprende un dispositivo de metrología relativa entre satélites de determinación de las posiciones relativas de los satélites SATP, SATS1 y SATS2 entre sí, que comprende al menos un sensor dedicado SENSd_P, SENSd_S1, SENSd_S2, de cada satélite SATP, SATS1, SATS2, así como unos módulos de comunicación entre satélites COMMP, COMMS1, COMMS2.

El sistema comprende, además, un dispositivo de datación DATP, DATS1, DATS2 de las señales recibidas, a partir de la determinación de las posiciones relativas de los satélites SATP, SATS1, SATS2 entre sí suministradas por dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites, en este caso concreto, el dispositivo de FFRF. El dispositivo de datación del ejemplo de realización de la figura 2 comprende los tres módulos de datación DATP, DATS1 y DATS2 respectivamente, montados en los satélites SATP, SATS1 y SATS2. De este modo, se puede sincronizar la datación de las mediciones entre los satélites.

El sistema comprende asimismo un dispositivo secundario de interferometría que comprende al menos un conjunto de al menos tres antenas ANT21_S1, ANT22_S1, ANT23_S1 de un satélite, en este caso concreto, el satélite secundario SATS1, una estación base terrestre EBT y un módulo de determinación de la posición absoluta DPA de al menos uno de los satélites, en este caso concreto, el satélite secundario SATS2. Un satélite prioritario, en este caso concreto, el satélite secundario SATS2, suministra la referencia de tiempo, mediante el dispositivo secundario de interferometría.

El módulo de determinación de la posición absoluta DPA del primer satélite SAT1 comprende, como se ha ilustrado en este ejemplo, al menos un emisor en tierra EC de localización conocida.

Como variante, el módulo de determinación de la posición absoluta DPA de al menos uno de los satélites puede comprender un receptor de un sistema de posicionamiento por satélites.

El módulo de determinación de una localización geográfica DLG puede estar integrado a bordo de un satélite, en este caso concreto, el satélite principal SATP.

Como variante, la estación base terrestre EBT puede comprender un módulo de determinación de una localización geográfica DLG.

El dispositivo de datación del ejemplo de realización de la figura 2 comprende tres módulos de datación DATP, DATS1 y DATS2 respectivamente, montados en los satélites principal SATP y secundarios SATS1 y SATS2.

Como variante, se podría disponer un único módulo de datación en la estación de base EBT en tierra, sustituyendo

los tres módulos de datación DATP, DATS1 y DATS2.

Al menos uno de los satélites principal SATP y secundarios SATS1 y SATS2 comprende un dispositivo de micro propulsión, en este caso concreto, en el modo de realización de la figura 2, cada uno de los satélites principal SATP y secundarios SATS1 y SATS2 comprende un módulo de micro propulsión MPP, MPS1 y MPS2.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de localización geográfica de al menos un emisor (ES) de señales radioeléctricas situado en la superficie de la Tierra, que comprende:

- 5 - un conjunto de satélites (SAT1, SAT2, SAT3) provistos de antenas de recepción (ANT1, ANT2, ANT3) adaptadas para recibir dichas señales, formando un dispositivo principal de interferometría extendida,
- un dispositivo de metrología relativa entre satélites de determinación de las posiciones relativas de dichos satélites (SAT1, SAT2, SAT3) entre sí, que comprende al menos un sensor dedicado (SENSd_1, SENSd_2, SENSd_3) de cada satélite (SAT1, SAT2, SAT3), así como unos medios de comunicación entre satélites (COMM1, COMM2, COMM3),
- 10 - un dispositivo de datación (DAT1, DAT2, DAT3) de dichas señales recibidas a partir de dicha determinación de las posiciones relativas de dichos satélites (SAT1, SAT2, SAT3) entre sí suministradas por dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites, a partir de mediciones de pseudo-distancias por correlación de código PRN y por sincronización de los relojes de dichos satélites por transferencia de tiempo entre satélites,
- 15 - un dispositivo secundario de interferometría que comprende al menos un conjunto de al menos tres antenas (ANT21_3, ANT22_3, ANT23_3) de un satélite,
- una estación base terrestre (EBT),
- un dispositivo de transmisión de las mediciones adquiridas en los satélites hacia la estación base terrestre (EBT) y
- 20 - unos medios de determinación de la posición absoluta (DPA) de al menos uno de los satélites (SAT1, SAT2, SAT3),

comprendiendo el conjunto de satélites un satélite principal (SATP) y al menos un satélite secundario (SATS1, SATS2), comprendiendo dicho satélite principal (SATP) dicho dispositivo de transmisión que comprende una única antena (ANTI_P), y estando adaptado para recoger el conjunto de dichas señales recibidas, de dichas posiciones relativas y de dichas dataciones (DATP, DATS1, DATS2) transmitidas por dicho conjunto de satélites, y transmitir las a dicha estación base terrestre (EBT), y unos medios de determinación de una localización geográfica (DLG) de dicho emisor (ES) dispuestos en dicho satélite principal (SATP),

25 estando el dispositivo secundario de interferometría adaptado para suministrar una localización geográfica aproximada de dicho emisor (ES) adaptada para servir de inicialización para una localización geográfica precisa de dicho emisor (ES) por el dispositivo principal de interferometría extendida.

- 30 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que dichos medios de determinación de la posición absoluta (DPA) de al menos uno de los satélites comprenden al menos un emisor en tierra (EC) de localización conocida.
- 3. Sistema según la reivindicación 1, en el que dichos medios de determinación de la posición absoluta (DPA) de al menos uno de los satélites comprenden un receptor de un sistema de posicionamiento por satélites.
- 35 4. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de dichos satélites comprende un dispositivo de micro propulsión (MPi).
- 5. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas antenas de recepción (ANT1, ANT2, ANT3) están adaptadas para recibir señales de RF.
- 6. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites comprende un dispositivo de Radio Frecuencias de Vuelo en Formación.
- 40 7. Sistema según la reivindicación 6, en el que dicho dispositivo de metrología relativa entre satélites comprende, además, un dispositivo de metrología óptica.

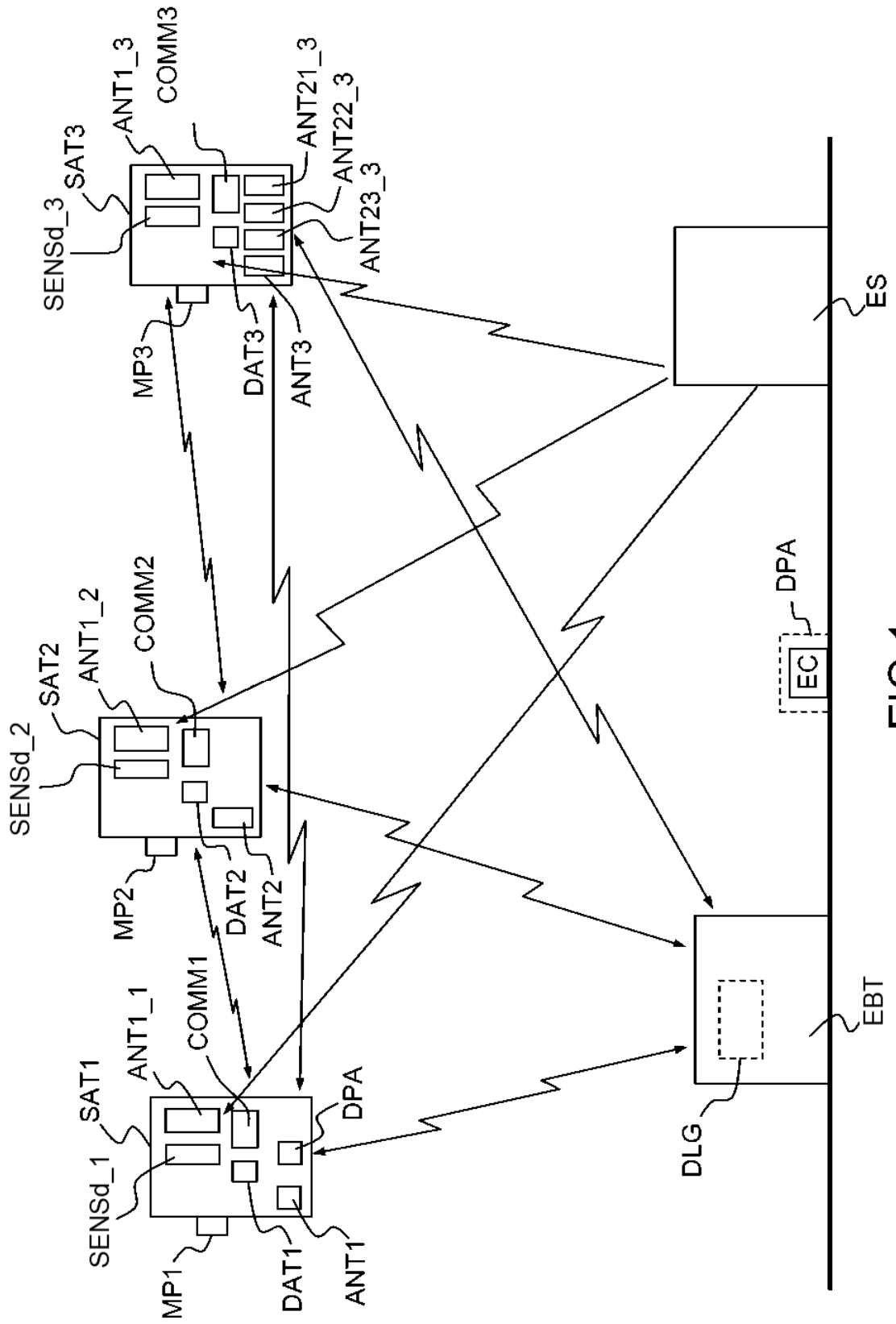


FIG.1

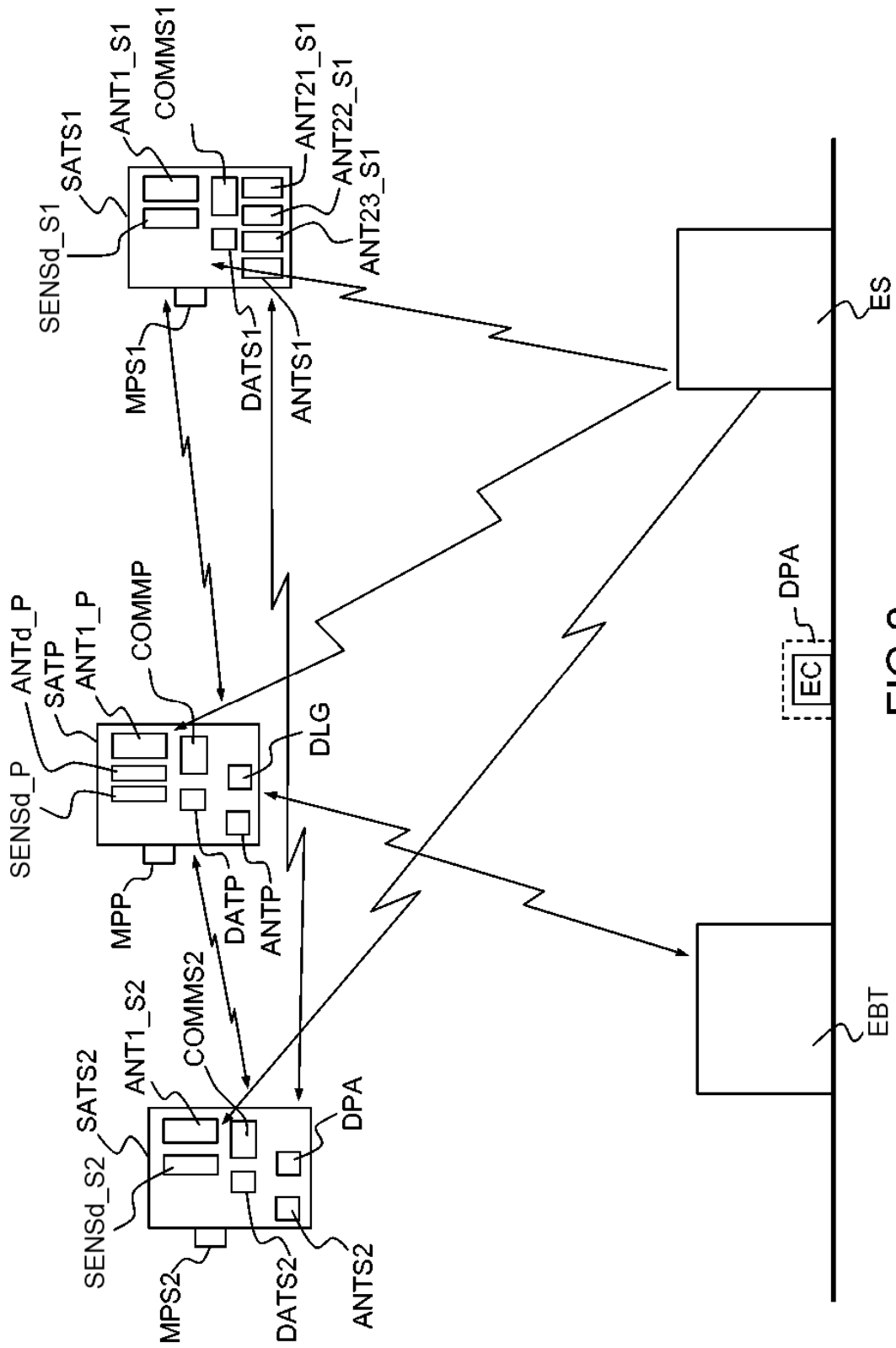


FIG.2