(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 454 970**

(51) Int. CI.:

***G01S 13/90*** (2006.01)
***G01S 13/78*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2007 E 07789427 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 2041601**

(54) Título: **Procedimiento de identificación de un objetivo para un sistema de radar de apertura sintética**

(30) Prioridad:

**20.06.2006 IT TO20060453**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**14.04.2014**

(73) Titular/es:

**TELESPAZIO S.P.A. (100.0%)**
**VIA TIBURTINA 965**
**00156 ROMA, IT**

(72) Inventor/es:

**SAITTO, ANTONIO;**
**MAZZENGA, FRANCO y**
**RONZITTI, LORENZO**

(74) Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de identificación de un objetivo para un sistema de radar de apertura sintética

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un procedimiento de identificación de un objetivo para un sistema de radar de apertura sintética.

La presente invención se puede usar de forma particularmente ventajosa, aunque no exclusivamente, para la identificación de objetivos en movimiento en una zona monitorizada por un sistema de radar de apertura sintética que comprende al menos una plataforma móvil conectada por radio a una estación de procesamiento remoto, aplicación a la cual la siguiente descripción se refiere meramente a título de ejemplo.

TÉCNICA ANTERIOR

Un sistema de radar de apertura sintética (SAR) comprende un transmisor y un receptor de señal de radar que funcionan desde una plataforma móvil, tal como un avión o un satélite, y una estación de procesamiento remoto conectada a través de un canal de radio a la plataforma móvil. El transmisor envía una señal de radar a una zona terrestre o marina monitorizada, y el receptor recibe el eco de radar reflejado por la zona y lo transmite a la estación de procesamiento remoto, que procesa el eco de radar para obtener un mapa bidimensional de la zona monitorizada.

La señal de radar transmitida comprende una sucesión de pulsos electromagnéticos en la banda de las microondas modulados mediante frecuencia lineal, también llamada modulación CHIRP, y transmitidos a intervalos regulares. Y la estación de procesamiento combina coherentemente los ecos de radar correspondientes a los pulsos transmitidos para obtener mapas de alta resolución acimutal de zonas extensas usando antenas de transmisión relativamente pequeñas. Por otra parte, la modulación pulsada CHIRP permite lograr una alta resolución perpendicular a la dirección acimutal.

Es posible cubrir zonas excepcionalmente grandes usando una serie de satélites, lo que se conoce como constelación de satélites.

Los puntos de referencia fijos en los mapas se encuentran usando transpondedores, también llamados «reflectores de esquina», que se encuentran ubicados en los puntos de referencia fijos para recibir la señal de radar y retransmitirla de forma transparente, tras una mera amplificación de la misma. La señal de radar retransmitida suele ser más intensa que las señales reflejadas por el entorno circundante y que constituye el eco del radar, por lo que los puntos de referencia fijos aparecerán más brillantes en el mapa construido.

Sin embargo, el procedimiento anterior no resulta muy eficaz en la identificación de una serie de objetivos fijos y/o en movimiento, por ejemplo, barcos, vehículos o personas, dentro de la zona monitorizada. Es decir, aunque siempre es posible detectar las posiciones (puntos más brillantes) en el mapa, los objetivos correspondientes a las posiciones detectadas no se pueden identificar con precisión, especialmente en el caso de objetivos en rápido movimiento.

Asimismo, el documento US5767802 A describe un sistema IFF que incluye un radar de apertura sintética (SAR) de baja sección transversal de radar.

En particular, el sistema IFF incluye un radar de apertura sintética interferométrico de ultra alta resolución ubicado en una aeronave y un transpondedor respectivo ubicado en uno o más objetivos terrestres que pueden ser, por ejemplo, vehículos terrestres. Cada transpondedor es sensible a pulsos de RF transmitidos desde el radar e incluye medios para generar un código de identificación que, seguidamente, modula el retorno de radar con una señal codificada indicativa de la identidad del objetivo. Al recibir la señal procedente del transpondedor, el radar procesa las señales en un modo de enfoque interferométrico sobre un objetivo en movimiento (IMTF) y un modo de procesamiento con SAR de alta resolución para proporcionar señales indicativas de los objetivos tanto en movimiento como fijos con datos de ID superpuestos sobre los mismos. El procesador de señales de radar también incluye un aparato de extracción de ID de los objetivos, que también tiene el mismo código de identificación aplicado al mismo, y extrae mediante una técnica de correlación la ID del objetivo que luego se muestra junto con la imagen de radar del objetivo en cuestión.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Constituye un objetivo de la presente invención dar a conocer un procedimiento para ocasionar que un objetivo proporcione una respectiva información sobre el objetivo.

Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, se da a conocer un procedimiento para ocasionar que un objetivo proporcione una respectiva información sobre el objetivo, tal y como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describirá una serie de realizaciones preferentes, no limitativas de la presente invención, en las que el sistema de radar de apertura sintética utiliza un satélite, a título de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 muestra un diagrama general de un sistema de radar de apertura sintética de acuerdo con la presente invención;

La figura 2 muestra una realización preferente de un dispositivo de identificación, de acuerdo con la presente invención, para el sistema de radar de apertura sintética de la figura 1;

La figura 3 muestra una secuencia de mensajes suministrados al dispositivo de identificación de la figura 2;

La figura 4 muestra un detalle de parte del sistema de radar de apertura sintética de la figura 1;

La figura 5 muestra otra realización preferente del dispositivo de identificación, de acuerdo con la presente invención, para el sistema de radar de apertura sintética de la figura 1.

MEJOR FORMA DE LLEVAR A CABO LA PRESENTE INVENCIÓN

El número (1) en la figura 1 indica, como conjunto, un sistema de radar de apertura sintética para la monitorización de una zona terrestre o marina que contiene al menos un objetivo en movimiento (2), tal como un vehículo, una persona o un buque. El objetivo (2) está equipado con un dispositivo de identificación (3) que permite al sistema de radar (1) localizar e identificar el objetivo (2) en la zona monitorizada y que, por ejemplo, está montado en el vehículo o buque, o en la indumentaria de una persona.

El sistema de radar (1) comprende una plataforma en movimiento definida, por ejemplo, por un satélite (4), que incluye un transmisor (5) para transmitir una señal de radar conocida (RS) hacia una zona monitorizada (no mostrada), un receptor (6) para recibir una señal de eco de radar (RES) reflejada por la superficie de la zona monitorizada, y un módulo de comunicación por radio (7) conectado al receptor (6) para transmitir la señal de eco de radar (RES) sobre un canal de radio (RCH) a una estación de control (8) del sistema de radar (1). La estación de control (8) comprende un enlace de radio (9) para recibir la señal de eco de radar (RES) desde el satélite (4) sobre el canal de radio (RCH); y un dispositivo de procesamiento (10) conectado al enlace de radio (9) para procesar numéricamente la señal de eco de radar (RES).

Más específicamente, la señal de radar (RS) procedente del transmisor (5) comprende una sucesión de pulsos de microondas modulados por CHIRP (no mostrados) transmitidos a intervalos de tiempo determinados y de una duración de pulso de radar determinada (DSAR).

Con referencia a la figura 2, el dispositivo de identificación (3) comprende una antena de recepción (11) para recibir la señal de radar (RS); un amplificador de nivel bajo de ruidos (LNA) (12) conectado a la antena de recepción (11) para amplificar la señal de radar entrante (RS); un modulador (13) que tiene una entrada (14) para recibir la señal de radar amplificada (RS) desde el amplificador de nivel bajo de ruidos (12), una entrada (15) para recibir una señal de modulación (MODS) que comprende información relativa al objetivo (2), y una salida (16) para suministrar una señal modulada (MS) obtenida modulando la señal de radar (RS) con la señal de modulación (MODS); un amplificador (17) conectado a la salida del modulador (13) para suministrar una señal de radar procesado (ES) obtenida amplificando la señal modulada (MS) con una ganancia determinada (G); y una antena de transmisión (18) conectada a un amplificador (17) para transmitir la señal de radar procesada (ES).

El dispositivo de identificación (3) también comprende una unidad de detección (19) conectada a la antena de

recepción (11) para detectar la presencia de la señal de radar (RS) en la antena de recepción (11), y para proporcionar una referencia de tiempo que indica el inicio de los pulsos en la señal de radar (RS); y una unidad de activación (20) definida, por ejemplo, por un conmutador que, cuando recibe órdenes de la unidad de detección (19) que detecta la presencia de la señal de radar (RS), conecta la salida del amplificador de nivel bajo de ruidos (12) a la entrada (14) del modulador (13).

Finalmente, el dispositivo de identificación (3) comprende una unidad de cifrado (21) conectada a la entrada (15) para cifrar la información en la señal de modulación (MODS) por medio de una clave de cifrado programable; y una unidad de memoria (22) para almacenar la clave.

Con referencia a la figura 3, la señal de modulación (MODS) comprende una secuencia de mensajes, que a su vez comprende un mensaje o código de identificación (ID) que identifica de manera inequívoca el objetivo (2) y, por lo tanto, el dispositivo de identificación (3) del objetivo 2; y uno o más mensajes de estado (MSG) posteriores al mensaje de identificación (ID) y que contienen información, por ejemplo, información de estado del objetivo (2), que se enviará desde el objetivo (2) a la estación de control (8).

El código de identificación (ID) está codificado mediante una secuencia respectiva de un número determinado (NID) de dígitos binarios, cada uno de una duración de dígitos determinada (DID), y cada mensaje de estado (MSG) está codificado mediante una secuencia respectiva de un número determinado (NMSG) de dígitos binarios, cada uno de una duración de dígitos determinada (DMSG), que normalmente difiere de la duración de dígitos (DID).

Las duraciones de dígitos (DID) y (DMSG) dependen, en valor absoluto, de la duración del pulso de radar (DSAR), es decir, son tales que la duración total de la secuencia de mensajes no excede la duración del pulso de radar (DSAR). La relación entre las duraciones de dígitos (DID) y (DMSG) depende de los requisitos operativos de la identificación y, en general, del número (NID) de dígitos necesarios para identificar todos los objetivos en seguimiento, y del número (NMSG) de dígitos binarios necesarios para codificar los mensajes de estado (MSG). Para simplificar la implementación en la medida de lo posible, cuando no existen requisitos operativos particulares, la duración de dígitos (DMSG) es igual a la duración de dígitos (DID).

Con referencia a la figura 4, el dispositivo de procesamiento (10) de la estación de control (8) comprende una unidad de procesamiento de SAR (23) conocida conectada a la salida del enlace de radio (9) con el fin de procesar la señal de eco de radar (RES) para proporcionar un mapa bidimensional de la zona monitorizada y localizar el dispositivo de identificación (3) en el mapa, es decir, suministrar la información sobre la posición (POS); una unidad de desmodulación (24), también conectada a la salida del enlace de radio (9) para desmodular la señal de eco de radar (RES) y extraer el código de identificación (ID) y el mensaje de estado (MSG); y una unidad de descifrado (25) conectada a la salida de la unidad de desmodulación (24) para descifrar el código de identificación (ID) y el mensaje de estado (MSG) utilizando la misma clave de cifrado que el dispositivo de identificación (3).

La unidad de desmodulación (24) comprende un número de filtros adaptados (no mostrados), que operan sucesivamente en respectivas partes sucesivas de la señal de eco de radar (RES) definidas por las duraciones de dígitos (DID), (DMSG) de los dígitos binarios que componen la secuencia de mensajes. Más específicamente, cada filtro está adaptado a una parte respectiva de la señal modulada (MS) definida por un correspondiente dígito binario de la secuencia de mensajes, por lo que el número de filtros adaptados es igual que el número de dígitos binarios que componen la secuencia de mensajes.

Durante la aplicación real, cuando la antena de recepción (11) del dispositivo de identificación (3) recibe un pulso de una señal de radar (RS), la unidad de detección (19) ordena a la unidad de activación (20) para conectar el amplificador de nivel bajo de ruidos (12) a la entrada (14) del modulador (13) para activar la modulación de la señal de radar (RS) con la señal de modulación (MODS) que contiene el código de identificación (ID) y los mensajes de estado cifrados (MSG). La señal modulada resultante (EM) es amplificada por el amplificador (17), y la señal de radar procesada resultante (ES) es transmitida por la antena de transmisión (18).

El satélite (4) recibe la señal de eco de radar (RES) que corresponde al pulso de la señal de radar transmitida (RS) y que comprende la señal de radar procesada (ES) transmitida por el dispositivo de identificación (3) y transmite la señal de eco de radar (RES) a la estación de control (8) sobre el canal de radio (RCH). Al recibir la señal de eco de radar (RES) del enlace de radio (9), la unidad de procesamiento de SAR (23) procesa la señal de eco de radar (RES) para localizar el objetivo (2) en el mapa de la zona monitorizada. Más específicamente, la posición del dispositivo de identificación (3) y, por lo tanto, del objetivo (2), se muestra como un punto más brillante en el mapa, debido a la señal de eco de radar (RES) más intensa producida en ese punto por el dispositivo de identificación (3)

que transmite la señal de radar procesada.

La cascada de la unidad de desmodulación (24) y la unidad de cifrado (25) funciona en paralelo con la unidad de procesamiento de SAR (23) para identificar el objetivo (2). Más específicamente, los filtros adaptados desmodulan partes sucesivas del pulso de la señal de eco de radar (RES) para extraer la información contenida en los correspondientes dígitos binarios del código de identificación (ID) y de los mensajes de estado (MSG) transmitidos por el objetivo (2).

Cabe señalar que, al comprender una serie de filtros igual al número de dígitos binarios que componen la secuencia de mensajes, los filtros adaptados en su conjunto actúan como un filtro subóptimo adaptado a la señal de modulación (MODS).

En una segunda realización preferente no mostrada, la señal de modulación (MODS) comprende un número de repeticiones sucesivas de la secuencia de mensajes. Y las duraciones de dígitos (DID) y (DMSG) son tales que la duración total de las repeticiones de la secuencia de mensajes no exceda la duración del pulso de radar (DSAR).

En una tercera realización preferente, el sistema de radar (1) comprende al menos un dispositivo de identificación (3) como se muestra en la figura 5, y que difiere del dispositivo de identificación (3) de la figura 2 porque comprende una antena (26), en oposición a la antena de recepción (11) y la antena de transmisión (18), y una unidad de selección (27) para conectar la antena (26) selectivamente a la entrada del amplificador de nivel bajo de ruidos (12) para recibir la señal de radar (RS), y a la salida del amplificador (17) para transmitir la señal de radar procesada (ES).

El sistema de radar (1) de acuerdo con la presente invención tiene la ventaja principal de incluso localizar e identificar un objetivo en movimiento (2) dentro de la zona monitorizada. Asimismo, también es posible localizar una serie de objetivos estacionarios o en movimiento (2) con diferentes códigos de identificación (ID). Por último, el sistema de radar (1), según se ha descrito, protege frente a resultados falsos al reconstruir el mapa o la ubicación de más de un objetivo (2) en la misma celda de resolución del mapa.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para ocasionar que un objetivo (2) proporcione una respectiva información sobre el objetivo, comprendiendo el procedimiento:

a) equipar un objetivo (2) con un dispositivo de identificación (3);
b) recibir, mediante el dispositivo de identificación (3), una señal de radar (RS) transmitida por un sistema de radar de apertura sintética (1) y que comprende al menos un pulso de radar de una duración de pulso determinada (DSAR);
c) procesar, mediante el dispositivo de identificación (3), la señal de radar recibida (RS), obteniendo de esta manera una señal de radar procesada (ES), en donde el procesamiento de la señal de radar recibida (RS) comprende la modulación de la señal de radar recibida (RS) con una señal de modulación (MODS), obteniendo de esta manera una señal modulada (MS), incluyendo dicha señal de modulación (MODS) información sobre el objetivo que comprende un código de identificación (ID) que identifica de manera inequívoca el objetivo (2);
d) transmitir, mediante el dispositivo de identificación (3), la señal de radar procesada (ES);
e) recibir, mediante el sistema de radar de apertura sintética (1), una señal de eco de radar (RES) que comprende la señal de radar procesada (ES);
f) procesar, mediante el sistema de radar de apertura sintética (1), la señal de eco de radar (RES) para localizar el objetivo (2); y
g) desmodular, mediante el sistema de radar de apertura sintética (1), la señal de eco de radar (RES) con el fin de extraer de la misma el código de identificación (ID) para identificar el objetivo (2); estando el procedimiento **caracterizado porque**:

• la información sobre el objetivo también comprende uno o más mensajes de estado (MSG) en relación con el estado del objetivo (2);
• el procesamiento, mediante el dispositivo de identificación (3), de la señal de radar recibida (RS) comprende, además, el cifrado de la información sobre el objetivo (ID, MSG) por medio de una clave de cifrado programable;
• la señal de modulación (MODS) incluye

- el código de identificación cifrado (ID) codificada mediante una respectiva primera secuencia de un primer número determinado (NID) de dígitos binarios, cada uno de ellos con una primera duración de dígitos determinada (DID), y
- el o los mensajes de estado cifrados (MSG), cada uno de ellos codificado mediante una respectiva segunda secuencia de un segundo número determinado (NMSG) de dígitos binarios, cada uno de ellos con una segunda duración de dígitos determinada (DMSG), en donde dicha primera duración de dígitos (DID) y dicha segunda duración de dígitos (DMSG) son tales que una duración total de los dígitos binarios que codifican la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG) no sea superior a la duración del pulso determinada (DSAR);

• la desmodulación, mediante el sistema de radar de apertura sintética (1), de la señal de eco de radar (RES) consiste en llevar a cabo una sucesión de desmodulaciones por filtro adaptado de respectivas partes sucesivas de la señal de eco de radar (RES) definidas por las duraciones de dígitos (DID, DMSG) de todos los dígitos binarios que codifican la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG) de manera que se extraiga la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG), en donde dichas desmodulaciones por filtro adaptado se llevan a cabo por medio de filtros, cada uno de ellos adaptado a una parte respectiva de la señal modulada (MS) definida por uno de dichos dígitos binarios correspondiente que codifica la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG), y
• el procedimiento consiste además en descifrar, mediante el sistema de radar de apertura sintética (1), la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG) extraída por medio de dicha clave de cifrado programable, obteniendo de esta manera el código de identificación (ID) y el o los mensajes de estado (MSG).

2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa c) comprende la detección de la presencia de la señal de radar (RS), y la activación de la modulación de la señal de radar recibida (RS) únicamente en presencia de la señal de radar (RS).

3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la segunda duración de dígitos (DMSG) es igual a la primera duración de dígitos (DID).

4. Un dispositivo de identificación (3) diseñado para ser montado en un objetivo (2) con el fin de ocasionar que el objetivo (2) proporcione una respectiva información sobre el objetivo, y configurado para:

• recibir una señal de radar (RS) transmitida por un sistema de radar de apertura sintética (1) y que comprende al

menos un pulso de radar de una duración de pulso determinada (DSAR);
• procesar la señal de radar recibida (RS), obteniendo de esta manera una señal de radar procesada (ES); y
• transmitir la señal de radar procesada (ES); estando el dispositivo de identificación (3) configurado además para, durante el procesamiento de la señal de radar recibida (RS), modular la señal de radar recibida (RS) con una señal de modulación (MODS), obteniendo de esta manera una señal modulada (MS), en donde dicha señal de modulación (MODS) incluye información sobre el objetivo que comprende un código de identificación (ID) que identifica de manera inequívoca el objetivo (2); estando el dispositivo de identificación (3) **caracterizado porque**:

• la información sobre el objetivo también comprende uno o más mensajes de estado (MSG) en relación con el estado del objetivo (2);
• está configurado además para, durante el procesamiento de la señal de radar recibida (RS), cifrar la información sobre el objetivo (ID, MSG) por medio de una clave de cifrado programable; y
• dicha señal de modulación (MODS) incluye

- el código de identificación cifrado (ID) codificada mediante una respectiva primera secuencia de un primer número determinado (NID) de dígitos binarios, cada uno de ellos con una primera duración de dígitos determinada (DID), y
- el o los mensajes de estado cifrados (MSG), cada una de ellos codificado mediante una respectiva segunda secuencia de un segundo número determinado (NMSG) de dígitos binarios, cada uno de ellos con una segunda duración de dígitos determinada (DMSG), en donde dicha primera duración de dígitos (DID) y dicha segunda duración de dígitos (DMSG) son tales que una duración total de los dígitos binarios que codifican la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG) no sea superior a la duración del pulso determinada (DSAR).

5. Un sistema de radar de apertura sintética (1) diseñado para cooperar con el dispositivo de identificación (3) de acuerdo con la reivindicación 4 para ocasionar que el objetivo (2) proporcione una respectiva información sobre el objetivo, y configurado para:

• transmitir una señal de radar (RS) que comprende al menos un pulso de radar de una duración de pulso determinada (DSAR);
• recibir una señal de eco de radar (RES) que comprende la señal de radar procesada (ES) transmitida por el dispositivo de identificación (3) de acuerdo con la reivindicación 4;
• procesar la señal de eco de radar (RES) para localizar el objetivo (2); y
• desmodular la señal de eco de radar (RES) con el fin de extraer de la misma el código de identificación (ID) para identificar el objetivo (2); estando el sistema de radar de apertura sintética (1) **caracterizado porque** está configurado para:

• desmodular la señal de eco de radar (RES) llevando a cabo una sucesión de desmodulaciones por filtro adaptado de respectivas partes sucesivas de la señal de eco de radar (RES) definidas por las duraciones de dígitos (DID, DMSG) de todos los dígitos binarios que codifican la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG) de manera que se extraiga la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG);
• llevar a cabo dichas desmodulaciones por filtro adaptado por medio de filtros, cada uno de ellos adaptado a una parte respectiva de la señal modulada (MS) definida por uno de dichos dígitos binarios correspondiente que codifica la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG); y
• descifrar la información sobre el objetivo cifrada (ID, MSG) extraída por medio de la clave de cifrado programable, obteniendo de esta manera el código de identificación (ID) y el o los mensajes de estado (MSG).

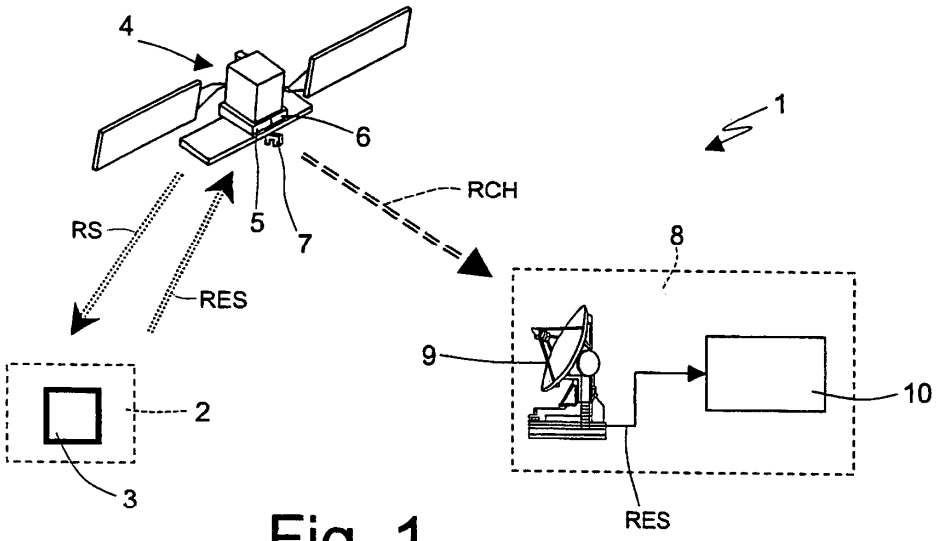


Fig. 1

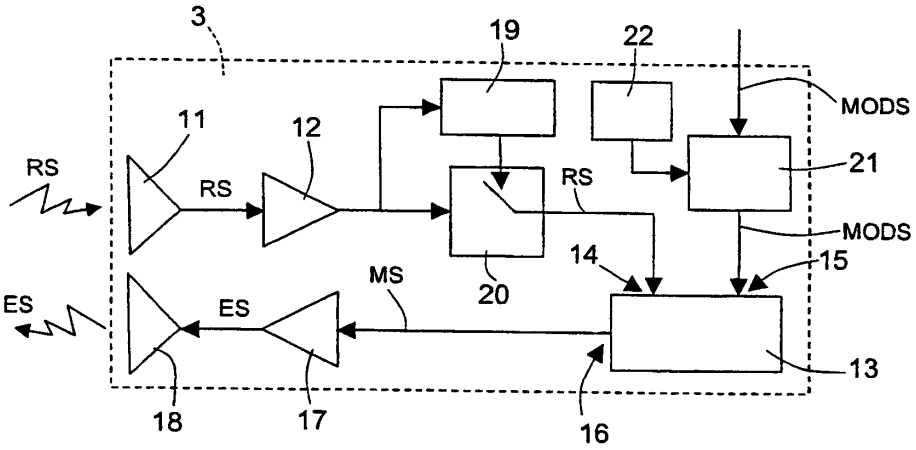


Fig. 2

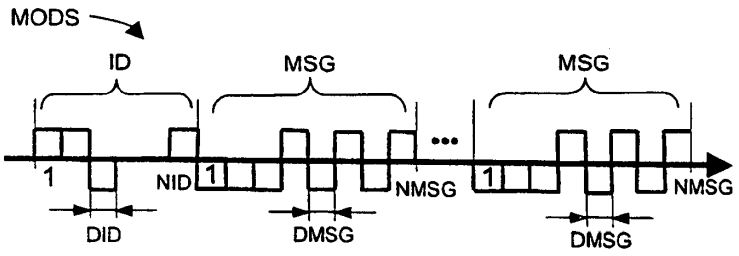


Fig. 3

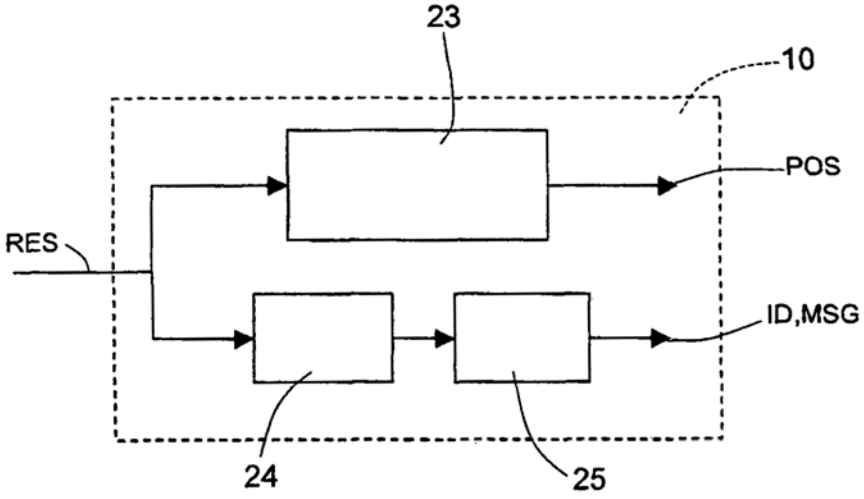
23
10
POS
RES
ID,MSG
24
25

Fig. 4

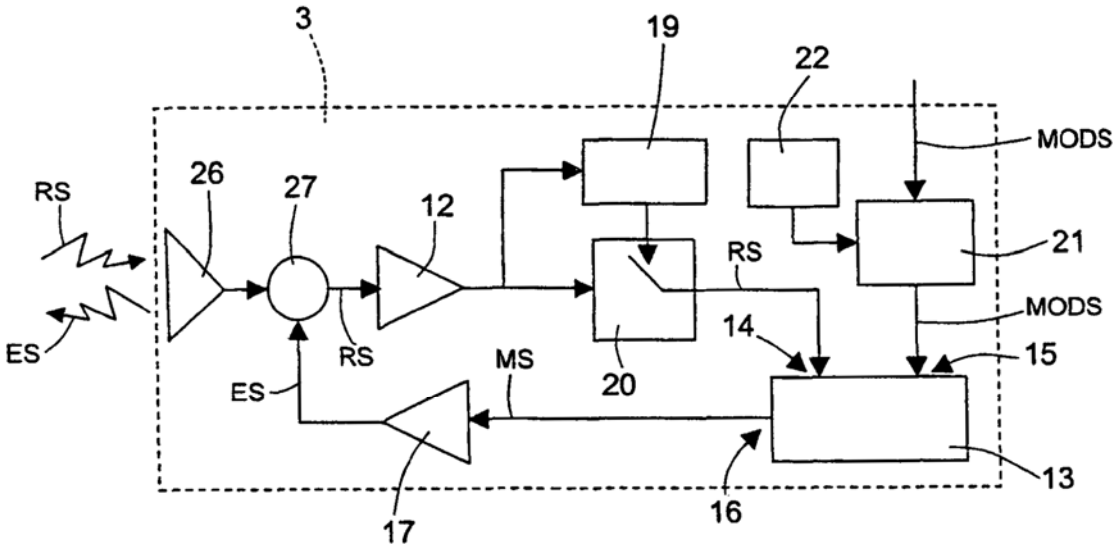
3
19
22
MODS
26
27
12
RS
21
RS
MODS
14
15
ES
RS
MS
20
ES
13
17
16

Fig. 5