

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 736**

51 Int. Cl.:

B64G 1/10 (2006.01)

G05D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.04.2012 E 12714481 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.01.2015 EP 2694374**

54 Título: **Sistemas y métodos de canal de comunicaciones de emergencia para controlar un satélite**

30 Prioridad:

06.04.2011 US 201161472459 P
03.04.2012 US 201213438377

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.04.2015

73 Titular/es:

ORBITAL SCIENCES CORPORATION (100.0%)
45101 Warp Drive
Dulles, VA 20166, US

72 Inventor/es:

BOILEAU, STEVEN, I.;
VORIS, BRUCE, PRESSLEY;
KEARNEY, CHRISTOPHER, OWEN y
SCHAEFFER, MICHAEL, LEE

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 534 736 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

Sistemas y métodos de canal de comunicaciones de emergencia para controlar un satélite

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a sistemas y métodos de control de satélite y, más en particular, a un sistema de control de satélite que permite controlar un satélite modulando de manera remota parámetros de datos de telemetría que indican el funcionamiento de una o más de las cargas útiles del satélite.

10 Sistemas y métodos para controlar satélites en órbita desde una estación terrestre son ampliamente conocidos en la técnica. Durante un funcionamiento normal, la estación terrestre envía comandos al satélite. Los comandos son recibidos por los subsistemas de comunicaciones del satélite, que incluyen un receptor primario, y se envían al ordenador de vuelo del satélite para su ejecución. Sin embargo, un fallo en uno o más de los subsistemas de comunicaciones del satélite puede hacer que el satélite no pueda recibir comandos desde la estación terrestre, aunque sigue estando operativo. Por 15 consiguiente, existe la necesidad de sistemas y métodos de reserva para transmitir comandos al satélite, siendo los métodos de reserva robustos frente a fallos en el subsistema de comunicaciones.

20 **Sumario de la invención**

Para abordar estos y otros inconvenientes de la técnica, el sistema de control de satélite de canales de comunicaciones de emergencia (ECC) según un aspecto de la invención permite controlar un satélite modulando de manera remota parámetros de datos de telemetría que indican el funcionamiento de una o más de las cargas útiles del satélite modulando señales enviadas directamente a la carga útil desde una estación terrestre.

25 El sistema ECC incluye software y hardware en el ordenador de vuelo del satélite, y software y hardware implementados en una estación terrestre. La parte de satélite del sistema ECC incluye un bus de datos y una o más cargas útiles acopladas al bus de datos. Cada una de las cargas útiles incluye un transpondedor de carga útil (que puede proporcionar funciones tanto de receptor como de transmisor). La parte de satélite del sistema ECC incluye además un receptor 30 primario acoplado al bus de datos y un procesador acoplado al bus de datos. El procesador está configurado para recibir un primer comando desde el receptor primario a través del bus de datos. El procesador está configurado además para recibir datos de telemetría desde la carga útil a través del bus de datos. El procesador está configurado además para detectar un segundo comando procesando los datos de telemetría recibidos desde la carga útil. Cuando se detecta el segundo comando, el procesador está configurado para ejecutar el segundo comando detectado. De manera ventajosa, este sistema para controlar un satélite no requiere usar el receptor primario para recibir el segundo comando, ni requiere trayectorias de comunicación adicionales paralelas al bus de datos.

40 En algunas realizaciones, el procesador está configurado para detectar una ausencia de comandos en el receptor primario. El procesador procesa los datos de telemetría para detectar el segundo comando en respuesta a la ausencia de comandos en el receptor primario. En algunas realizaciones, la ausencia de comandos en el receptor primario puede incluir la ausencia de comandos en el receptor primario durante una cantidad de tiempo predeterminada. En algunas realizaciones, la cantidad de tiempo predeterminada es configurable.

45 En algunas realizaciones, el procesador está configurado para procesar un parámetro de los datos de telemetría para detectar el segundo comando. El procesador detecta el segundo comando detectando cambios en el parámetro de los datos de telemetría de la carga útil e interpreta los cambios detectados como bits de datos. En algunas realizaciones, detectar cambios en el parámetro de los datos de telemetría incluye detectar cambios en la cantidad de potencia consumida por el transpondedor de carga útil. En algunas realizaciones, el procesador detecta el segundo comando usando un proceso de señalización que se sincroniza automáticamente y que es sustancialmente independiente del 50 tiempo. En algunas realizaciones, el procesador detecta el segundo comando basándose en la detección de una secuencia de preámbulos predeterminada.

55 En algunas realizaciones, el procesador está configurado para confirmar la ejecución del segundo comando detectado silenciando el transpondedor de carga útil durante una cantidad de tiempo predeterminada. Según algunas realizaciones, la cantidad de tiempo predeterminada es configurable.

60 Según otro aspecto, la invención se refiere a un método y a un medio legible por ordenador no transitorio que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo un método para controlar un satélite. El método incluye recibir, con un procesador, un primer comando desde un receptor primario a través de un bus de datos, recibir datos de telemetría desde una carga útil a través del bus de datos y detectar un segundo comando procesando los datos de telemetría recibidos desde la carga útil. El método incluye además ejecutar el segundo comando detectado.

65 El documento US 2009/0015466 A1 da a conocer el envío de información de respuesta de ejecución de comandos desde un satélite hasta una estación terrestre como una trama de transferencia de datos de telemetría.

Breve descripción de los dibujos

- Estos y otros objetos y ventajas de la invención resultarán evidentes tras analizar la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que los mismos caracteres de referencia se refieren a las mismas partes, y en los que:
- 5 La figura 1 muestra un sistema de control de satélite a modo de ejemplo que incluye el sistema ECC según una realización de la presente invención.
- 10 La figura 2 muestra los subsistemas de un satélite en órbita a modo de ejemplo que incluye software ECC según una realización de la presente invención.
- La figura 3 muestra un método ilustrativo de puesta en marcha e inicialización del sistema ECC según una realización de la presente invención.
- 15 La figura 4A muestra un esquema a modo de ejemplo para modificar parámetros de datos de telemetría para transmitir datos de comando según una realización de la presente invención.
- La figura 4B muestra otro esquema a modo de ejemplo para modificar parámetros de datos de telemetría para transmitir datos de comando según una realización de la presente invención.
- 20 La figura 5 muestra un método a modo de ejemplo para detectar valores de datos de comando según una realización de la presente invención.
- 25 La figura 6 muestra un formato a modo de ejemplo de una trama de comando ECC según una realización de la presente invención.
- La figura 7A muestra un patrón de preámbulo ilustrativo según una realización de la presente invención.
- 30 La figura 7B muestra otro patrón de preámbulo ilustrativo según una realización de la presente invención.
- La figura 8 muestra un método de confirmación a modo de ejemplo según una realización de la presente invención.
- 35 La figura 9 muestra un método de búsqueda de canal de comando a modo de ejemplo según una realización de la presente invención.

Descripción detallada

- Para proporcionar un entendimiento global de la invención, a continuación se describirán determinadas realizaciones ilustrativas. Sin embargo, un experto en la técnica entenderá que los sistemas y métodos descritos en el presente documento pueden adaptarse y modificarse según sea apropiado para la aplicación que está abordándose y que los sistemas y métodos descritos en el presente documento pueden utilizarse en otras aplicaciones adecuadas, y que tales otras adiciones y modificaciones no se apartan del alcance de los mismos.
- 40 La figura 1 ilustra un sistema de control de satélite 100 a modo de ejemplo que incluye el sistema ECC según la presente invención. El sistema de control de satélite 100 incluye un segmento espacial 102 que incluye un satélite 104 y un segmento terrestre 106 que incluye una estación terrestre 108. La estación terrestre 108 incluye hardware y software para la comunicación con el satélite 104 a través de canales de enlace ascendente 110 y canales de enlace descendente 112. La estación terrestre 108 según la presente invención puede comunicarse con múltiples satélites aunque, por simplicidad, solo se muestra un satélite 104. Los datos transmitidos al satélite 104 a través del canal de enlace ascendente 110 pueden incluir comandos para el satélite 104, y los datos recibidos desde el satélite 104 a través del canal de enlace descendente 112 pueden incluir datos de telemetría del satélite 104. Durante el funcionamiento normal, el software de estación terrestre 116 usa un segmento terrestre primario para una trayectoria de comunicaciones y comandos de segmento espacial 120 (la "trayectoria de comandos primaria"). La trayectoria de comandos primaria 120 incluye el software de estación terrestre 116, una unidad de procesador digital (DPU) 122, una interfaz 130, un equipo de estación terrestre 124, los canales de enlace ascendente 110 y de enlace descendente 112, y varios subsistemas del satélite 104. El software de estación terrestre 116 recibe en primer lugar comandos destinados para el satélite 104. Estos comandos pueden generarse por el propio software de estación terrestre 116, introducirse en la consola 114 de un operador o recibirse desde otras fuentes. El software de estación terrestre 116 procesa estos comandos, convirtiéndolos en el formato apropiado reconocible por el satélite 104. En una realización, el software de estación terrestre 116 usa un protocolo tal como el protocolo de control de enlace de datos síncrono (SDLC) en estrella 2 para comunicarse con el satélite 104. Transmitir comandos según el protocolo SDLC incluye transmitir tramas de comando SDLC. El software de estación terrestre 116 genera las tramas de comando y después transmite las tramas de comando a la unidad de procesador digital (DPU) 122. La DPU 122 convierte las tramas de comando en señales. En una realización, las señales son señales de frecuencia intermedia. En otra realización, las señales incluyen una señal de portadora. Las señales son transmitidas por la DPU a través de la interfaz 130 al equipo de radiofrecuencia (RF) de estación terrestre 124, el cual las
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

transmite después al satélite 104 como señales RF.

La figura 1 ilustra además un segmento terrestre alternativo para una trayectoria de comunicaciones y comandos de segmento espacial 118 usada por el sistema ECC 100 (la "trayectoria de comandos alternativa"). La trayectoria de comandos alternativa 118 incluye el software de estación terrestre 116, un procesador ECC 126, un bastidor de unidad de interfaz terrestre (GIU) ECC 128, una interfaz 132, el equipo de estación terrestre 124, los canales de enlace ascendente 110 y de enlace descendente 112, y varios subsistemas del satélite 104. En una realización, la trayectoria de comandos alternativa 118 puede usarse en una situación de emergencia, cuando hay un fallo o una avería en la trayectoria de comandos primaria 120. Según esta realización, si se detecta un fallo en la trayectoria de comandos primaria 120, el software de estación terrestre 116 puede transmitir en cambio los comandos recibidos al procesador ECC 126. En otra realización, la trayectoria de comandos alternativa 118 puede usarse cuando la trayectoria de comandos normal 120 está operativa. Cuando se usa la trayectoria de comandos alternativa 118, el procesador ECC 126 convierte la trama de comando SDLC en una trama de comando ECC, y la reenvía al bastidor de unidad de interfaz terrestre (GIU) ECC 128. El bastidor GIU 128 genera señales correspondientes a la trama de comando ECC. En una realización, el bastidor GUI 128 genera las señales correspondientes a la trama de comando ECC modulando una señal de portadora. El bastidor GIU 128 reenvía las señales generadas al equipo de estación terrestre 124 para su transmisión al satélite 104.

La figura 2 ilustra subsistemas 200 de un satélite en órbita 104 a modo de ejemplo que incluye software ECC 202 según la presente invención. Los subsistemas de satélite 200 incluyen un ordenador de vuelo 204 acoplado a un bus de datos 206, tal como el bus de datos MIL-STD-1553 B. En una realización, las comunicaciones a través del bus de datos 206 son comunicaciones de acceso directo a memoria (DMA). Según la presente invención, los subsistemas de satélite 200 pueden incluir múltiples ordenadores de vuelo redundantes aunque, por simplicidad, solo se muestra un ordenador de vuelo 204. El ordenador de vuelo 204 está acoplado al subsistema electrónico de banda base (BBE) 208 a través del bus de datos 206. El subsistema BBE 208 está acoplado a su vez al subsistema de telemetría, control y determinación de distancia (TC&R) 210.

El subsistema TC&R 210 incluye una pluralidad de antenas y uno o más receptores de comandos 214. Los receptores de comandos 214 se usan para recibir y desmodular datos, incluyendo comandos, de la estación terrestre 108 recibidos en los canales de enlace ascendente 110. El subsistema TC&R 210 incluye además uno o más transmisores de telemetría 216 que se usan para transmitir datos, incluyendo datos de telemetría y de determinación de distancia, a la estación terrestre 108 en los canales de enlace descendente 112. En una realización, los datos son proporcionados por el ordenador de vuelo 204.

El subsistema electrónico de banda base (BBE) 208 está configurado para recibir los comandos desmodulados desde el subsistema TC&R 210, descifrar los comandos y reenviar los comandos al ordenador de vuelo 204 u otros subsistemas de satélite usando el bus de datos 206. El ordenador de vuelo 204 recibe y procesa los comandos. En una realización, el ordenador de vuelo ejecuta los comandos. En otra realización, el ordenador de vuelo valida los comandos y reenvía los comandos validados a otros subsistemas de satélite para su posterior ejecución.

El subsistema de satélite 200 incluye además una o más cargas útiles acopladas al bus de datos 206. Por simplicidad, en la figura 2 solo se ilustra una única carga útil 218. En una realización, la carga útil 218 es un sistema de comunicaciones, tal como un sistema de comunicaciones de radiodifusión Ku-Band. La carga útil incluye una o más antenas 224 y uno o más transpondedores de carga útil 226. Los transpondedores de carga útil 226 pueden comunicarse con la estación terrestre 108 recibiendo datos que incluyen señales de RF en los canales de enlace ascendente 110. Los transpondedores de carga útil 226 pueden comunicarse además con la estación terrestre 108 transmitiendo datos que incluyen señales de RF en los canales de enlace descendente 112. En una realización, los transpondedores de carga útil 226 reciben señales de comunicaciones desde una primera estación terrestre, y los transpondedores de carga útil 226 difunden las señales de comunicaciones a una segunda estación terrestre.

El ordenador de vuelo 204 puede comunicarse con la carga útil 218 enviando datos a la unidad de interfaz remota (RIU) 228 y recibiendo datos desde la RIU 228. En una realización, el ordenador de vuelo 204 solo puede comunicarse con la carga útil 218 comunicándose con la RIU 228. En esta realización, la RIU 228 aísla a la carga útil 218 de una comunicación directa con otros subsistemas de satélite actuando como una interfaz entre la carga útil 218 y los otros subsistemas de satélite. El ordenador de vuelo 204 puede enviar varios comandos para controlar elementos de la carga útil 218. Estos comandos pueden incluir activar o desactivar varios elementos de carga útil, tales como los transpondedores de carga útil 226. El ordenador de vuelo 204 también puede solicitar datos de telemetría de los elementos de carga útil. En una realización, los elementos de carga útil desde los que pueden solicitarse datos de telemetría incluyen los transpondedores de carga útil 226. Los datos de telemetría incluyen una pluralidad de parámetros de datos de telemetría. En otra realización adicional, los parámetros de datos de telemetría incluyen la cantidad de potencia consumida por los transpondedores de carga útil 226.

El sistema de control ECC 100 según la presente invención incluye software ECC 202 almacenado en la memoria del ordenador de vuelo 204. En una realización, el software ECC 202 está almacenado en la memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente (EEPROM) del ordenador de vuelo 204. En esta realización, el software ECC 202 se transfiere automáticamente a la memoria de acceso aleatorio (RAM) del ordenador de vuelo 204 antes de ejecutarse,

y se almacena en la RAM durante su ejecución junto con variables y datos de sistema asociados. En otra realización, el software ECC 202 se carga directamente en la RAM del ordenador de vuelo 204 a través de una carga de parches RAM durante la cual los datos, incluyendo el software ECC 202, se envían al satélite mediante la estación terrestre 108. En esta realización, el software ECC 202 se vuelve activo tras la finalización de la carga de parches RAM.

5 En una realización, el software ECC 202 incluye parámetros almacenados que asocian dos de los transpondedores 226 a un canal ECC primario y otro secundario. Los canales ECC primario y secundario son usados por el software ECC 202 para la comunicación con la estación terrestre 108. Cada uno de los canales ECC primario y secundario está asociado a uno de los transpondedores de carga útil 226. En otra realización, los parámetros almacenados incluyen la dirección de la RIU 228 de cada transpondedor y comandos para solicitar datos de telemetría apropiados.

15 La figura 3 muestra el método de puesta en marcha e inicialización de sistema ECC 300, implementado por el software ECC 202, según la presente invención. El software ECC 202 supervisa los comandos ejecutados por el ordenador de vuelo 204. La supervisión puede realizarse manteniendo una variable de tiempo límite que indica la cantidad de tiempo que ha pasado desde que el ordenador de vuelo 204 ejecutó el último comando. En 302, el software ECC 202 inicializa la variable de tiempo límite. En 304, el software ECC 202 incrementa la variable de tiempo límite después de un periodo de tiempo predeterminado. En 306, el software ECC 202 comprueba si el ordenador de vuelo 204 ha ejecutado un comando. Cada vez que el ordenador de vuelo 204 ejecute un comando, el software ECC 202 vuelve a 302 y la variable de tiempo límite se reajusta. En 308, el software ECC 202 comprueba si la variable de tiempo límite ha alcanzado un determinado valor de umbral, que indica una condición de tiempo límite. La condición de tiempo límite indica que la cantidad de umbral de tiempo ha pasado desde que el ordenador de vuelo 204 ha ejecutado un comando. Si se produce la condición de tiempo límite, el software ECC 202 activa su función de comunicaciones de emergencia (EC) en 310. En una realización, la función EC puede activarse manualmente fijando la variable de tiempo límite al valor de umbral a través de una inserción directa en memoria. En una realización, la característica ECC puede habilitarse o inhabilitarse a través de una inserción directa en memoria.

30 Cuando la función EC del software ECC 202 que se ejecuta en el ordenador de vuelo 204 se activa, el software ECC 202 empieza a supervisar cambios en parámetros de datos de telemetría asociados a los canales ECC primario y secundario. En una realización, cambios en los parámetros de datos de telemetría están relacionados con cambios en el nivel de portadora de RF introducido por el software de GIU 128 en la señal de RF transmitida por la estación terrestre 108. En otra realización, estos cambios están asociados a varios esquemas de señalización y esquemas de transmisión para transmitir datos y comandos desde la parte de estación terrestre 108 del sistema ECC 100 hasta la parte de satélite 104 del sistema ECC 100. En otra realización adicional, estos cambios incluyen cambios en la cantidad de potencia consumida por los elementos de la carga útil 218, tales como los transpondedores de carga útil 226.

35 Las figuras 4a y 4b muestran esquemas 400 y 401 a modo de ejemplo para modificar parámetros de datos de telemetría para transmitir datos de comando. En una realización, los datos pueden codificarse designando diferentes intervalos de valores de un parámetro de datos de telemetría como diferentes estados. Cada intervalo de valores está definido por un umbral mínimo y un umbral máximo. Por ejemplo, el intervalo de valores 402 tiene un umbral mínimo 404 y un umbral máximo 406. El número de estados diferentes varía según el esquema de transmisión particular. En el esquema de señalización 400 a modo de ejemplo mostrado en la figura 4A, tres intervalos de valores correspondientes a un estado de datos bajo 408, un estado inactivo 410 y un estado de datos alto 412 se usan para codificar valores de datos binarios, un '0' binario y un '1' binario. En el esquema 401 a modo de ejemplo mostrado en la figura 4B, cinco intervalos de valores correspondientes a un estado de datos muy bajo 414, un estado de datos bajo 416, un estado inactivo 418, un estado de datos alto 420 y un estado de datos muy alto 422 se usan para codificar bloques binarios de dos bits de valores de datos correspondientes a '00', '01', '10' y '11'. En ambos esquemas a modo de ejemplo, los estados inactivos 410 y 418 se usan para bloquear el valor de datos de salida o el bloque de valores de datos. Otros esquemas pueden usar un mayor número de estados para permitir una gran variedad de posibles esquemas de codificación. En una realización, los valores de datos se codifican usando codificación de retorno a cero.

50 La figura 5 muestra un método a modo de ejemplo para detectar valores de datos de comando según la presente invención. En 502, el software ECC 202 muestrea parámetros de datos de telemetría asociados al canal ECC primario o secundario a intervalos predeterminados. En una realización, el intervalo en el que el software ECC 202 muestrea los datos de telemetría desde el canal elegido puede configurarse. En 504, el software ECC 202 sigue muestreando el canal hasta que detecte dos o más valores consecutivos del parámetro de datos de telemetría dentro del intervalo de valores correspondiente al mismo estado de datos. Si, en 506, el software ECC 202 detecta que los dos o más estados de datos idénticos van seguidos inmediatamente por dos o más valores consecutivos del parámetro de datos de telemetría correspondiente a un estado inactivo, el software ECC 202 considera que el valor de datos transmitido correspondiente a dos o más estados de datos idénticos es válido. Cuando se considera que el valor es válido, el software ECC 202 lo almacena para un procesamiento adicional en 508. En caso contrario, el software ECC 202 vuelve a 502 y reanuda el muestreo de los datos de telemetría.

65 Puesto que el proceso de señalización descrito anteriormente puede incluir una pluralidad de estados de datos idénticos consecutivos y una pluralidad de estados inactivos consecutivos que pueden tener una duración mayor que un número variable de periodos de muestra, el proceso de señalización se sincroniza automáticamente y es sustancialmente independiente del tiempo. Puesto que el método de detección de valores de datos 500 tiene en cuenta una pluralidad de

estados de datos idénticos consecutivos y una pluralidad de estados inactivos consecutivos que pueden tener una duración mayor que un número variable de periodos de muestra, el método de detección de valores de datos 500 también se sincroniza automáticamente y también es sustancialmente independiente del tiempo.

5 Una secuencia de valores de datos válidos forma una trama de comando ECC. La figura 6 muestra un formato a modo de ejemplo de una trama de comando ECC 600. La trama de comando ECC 600 a modo de ejemplo tiene una longitud de 17 octetos.

10 El primer campo es un campo Octeto de Sincronización 602 de 1 octeto. En una realización, el campo Octeto de Sincronización 602 se usa para identificar el inicio de la trama de comando ECC. En otra realización, el campo Octeto de Sincronización 602 se usa para calibrar los intervalos de valores de un parámetro de datos de telemetría que corresponden a los diferentes estados usados en un esquema de comunicación. En esta realización, el campo Octeto de Sincronización 602 codifica una secuencia de estados predeterminada. En el caso del esquema de señalización de tres estados 400 mostrado en la figura 4A, el campo Octeto de Sincronización 602 puede incluir cada estado usado en la señalización, es decir, el estado de datos bajo 208, el estado inactivo 410 y el estado de datos alto 412. En el caso del esquema de señalización de cinco estados 401 mostrado en la figura 4B, el campo Octeto de Sincronización 602 puede incluir cada estado usado en la señalización, es decir, el estado de datos muy bajo 414, el estado de datos bajo 416, el estado inactivo 418, el estado de datos alto 420 y el estado de datos muy alto 422. Comparando los niveles de señal en un campo Octeto de Sincronización 602 de una trama de comando ECC recibida con la secuencia predeterminada de estados que se sabe que están codificados por el campo Octeto de Sincronización 602, el software ECC 202 puede ajustar los intervalos de valores que corresponden a los estados respectivos. De manera ventajosa, este proceso de 'autocalibración' permite al software ECC 202 compensar cambios en la trayectoria de comunicaciones entre la estación terrestre 108 y el satélite 104 sin comunicarse con la estación terrestre 108.

25 El campo Octeto de Sincronización 602 va seguido de un campo ID de Vehículo Espacial 604 de 1 octeto, que se usa para identificar de manera unívoca al satélite 104 particular al que está transmitiéndose la trama de comando ECC 600. En una realización, el campo ID de Vehículo Espacial 604 incluye una dirección de trama SDLC o dirección de satélite especificada por el formato de comando SDLC estándar.

30 El campo ID de Vehículo Espacial 604 va seguido de un campo Código de Operación 606 de 1 octeto. Los códigos incluidos en el campo Código de Operación 606 se usan para especificar una operación de alto nivel que va a realizarse en asociación con el comando ECC 600. En una realización, los códigos incluidos en el campo Código de Operación 606 pueden estar en el formato de código de operación de bloque de comando estándar, y pueden tener un formato idéntico a los códigos estándar transmitidos al satélite 104 durante el funcionamiento normal, tales como códigos especificados por el protocolo SDLC. En otra realización, los códigos incluidos en el campo Código de Operación 606 están abreviados y tienen una menor longitud que los códigos estándar. En esta realización, cada uno de los códigos abreviados que puede incluirse en el campo Código de Operación 606 está asociado a un código estándar único almacenado en una base de datos accesible por el software ECC 202. Durante el procesamiento de la trama de comando ECC 600, el software ECC 202 determina el código estándar basándose en el código abreviado incluido en el campo Código de Operación 606.

45 El campo Código de Operación 606 va seguido de un campo Palabras de Datos 608 de 12 octetos. En una realización, las palabras de datos incluidas en el campo Palabras de Datos 608 pueden tener un formato idéntico a las transmitidas al satélite durante el funcionamiento normal, tales como palabras de datos especificadas por el protocolo SDLC.

50 El campo Palabras de Datos 608 va seguido de un campo Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC) 610 de 2 octetos. Los datos incluidos en el campo CRC 610 se usan para detectar errores introducidos en la trama de comando ECC recibida 600 durante el proceso de transmisión. En una realización, el código CRC para la trama de comando ECC 600 se calcula usando el polinomio CRC " $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ " según métodos ampliamente conocidos en la técnica. La CRC se calcula empezando por el campo ID de Vehículo Espacial 604.

55 Las figuras 7a y 7b ilustran patrones de preámbulo 700 y 701 a modo de ejemplo incluidos en el campo Octeto de Sincronización 602 de la trama de comando ECC 600. Los patrones de preámbulo, tales como el 700 y el 701, se usan para designar el inicio de una trama de comando ECC 600.

60 La figura 7A ilustra un patrón 700 a modo de ejemplo de valores de datos que pueden usarse junto con el esquema de señalización de tres estados 400 a modo de ejemplo mostrado en la figura 4A. El patrón 700 consiste en una sucesión de estados inactivos 702, secuencias tales como la 704 de estados de datos bajos 706 seguidos de estados inactivos 708, correspondiendo cada secuencia 704 a un valor de datos '0' válido, y secuencias tales como la 710 de estados de datos altos 712 seguidos de estados inactivos 714, correspondiendo cada secuencia 710 a un valor de datos '1' válido. En una realización, los valores de datos codifican una constante única usada para identificar la trama de comando ECC 600, por ejemplo '0x39' en formato hexadecimal que corresponde a '001110001' en formato binario. En otra realización, la constante usada para identificar la trama de comando ECC 600 puede configurarse.

65 La figura 7B ilustra un patrón a modo de ejemplo de valores de datos 701 que pueden usarse junto con el esquema de señalización de cinco estados 401 a modo de ejemplo mostrado en la figura 4B. El patrón 701 consiste en una sucesión

de estados inactivos 716, una secuencia 718 de estados de datos muy bajos 720 seguidos de estados inactivos 722, una secuencia 724 de estados de datos muy altos 726 seguidos de estados inactivos 728, una secuencia 730 de estados de datos altos 732 seguidos de estados inactivos 734, y una secuencia 736 de estados de datos bajos 738 seguidos de estados inactivos 740, correspondiendo cada estado de datos a uno de los bloques de valores de datos binarios válidos '00', '01', '10' y '11'.

Aunque el método de detección de valores de datos 500 a modo de ejemplo según la presente invención es sustancialmente independiente del tiempo, puede calcularse una tasa máxima de datos de comando para un método de detección a modo de ejemplo. Los siguientes cálculos se muestran solamente con fines ilustrativos y no tienen como objetivo limitar la presente invención a las realizaciones descritas.

En una realización, el software ECC 202 muestrea los datos de telemetría del canal escogido 16 veces por segundo. Según el método 500 a modo de ejemplo para detectar valores de datos de comando, el software ECC 202 debe detectar al menos dos estados consecutivos correspondientes a dos valores de datos idénticos, seguidos de al menos dos estados consecutivos correspondientes a dos valores inactivos. Por tanto, el software ECC 202 necesita al menos cuatro periodos de muestra, correspondientes a un cuarto de segundo, para detectar un único valor de datos válido correspondiente a un bit de datos binarios o a un bloque de datos binarios. Si se usa el esquema de señalización de tres estados 400 mostrado en la figura 4A, el software ECC 202 puede detectar un bit válido cada cuarto de segundo. Puesto que la trama de comando ECC 600 a modo de ejemplo tiene una longitud de 17 octetos, el software ECC 202 puede detectar como máximo un comando cada 34 segundos. Si se usa el esquema de señalización de cinco estados 401 mostrado en la figura 4A, el software ECC 202 puede detectar dos bits válidos cada cuarto de segundo. Puesto que una trama de comando ECC 600 a modo de ejemplo tiene una longitud de 17 octetos, el software ECC 202 puede detectar como máximo un comando cada 17 segundos. El envío de una confirmación por el software ECC 202, que se describirá a continuación en mayor detalle, puede añadir una cantidad de tiempo adicional al tiempo necesario para recibir un comando y, por consiguiente, puede reducir la tasa de datos efectiva de comando.

Cuando el software ECC 202 detecta una trama de comando ECC 600 válida y completa según, por ejemplo, el proceso 500, el software ECC 202 reenvía el comando a un procesador de comandos del ordenador de vuelo 204, que procesa el comando. El procesador de comandos del ordenador de vuelo 204 puede procesar el comando ejecutándolo o reenviándolo a otros subsistemas del satélite 104 para su ejecución. Tras ejecutar con éxito el comando, el procesador de comandos proporciona una indicación de la ejecución satisfactoria al software ECC 202. Tras recibir la indicación, el software ECC 202 puede confirmar la ejecución satisfactoria comunicándose con la estación terrestre 108.

La figura 9 muestra un método de confirmación 800 a modo de ejemplo según una realización de la presente invención. En 802, tras recibir una indicación de la ejecución satisfactoria de un comando, el software ECC 202 envía un comando a la RIU 228 para silenciar el canal ECC primario o secundario, provocando la pérdida de una señal de portadora enviada por el transpondedor de carga útil de enlace descendente 226 asociado con el canal ECC primario o secundario. En 804, después de una cantidad de tiempo predeterminada, el software ECC 202 envía otro comando que cancela el silencio del canal. En 806, el software ECC 202 reanuda el procesamiento de datos de telemetría para tramas de comando ECC incluidas 600 según, por ejemplo, el método 500. En una realización, la cantidad de tiempo predeterminada es medio segundo. En otra realización, la cantidad de tiempo predeterminada puede configurarse. Cuando el procesador ECC 126 en la estación terrestre 108 detecta la pérdida de la portadora en el transpondedor de carga útil 226 y la reaparición de la portadora después de un periodo de tiempo predeterminado, el procesador ECC 126 reconoce la confirmación de la ejecución de comando satisfactoria enviada por el software ECC 202. El procesador ECC 126 envía después comandos adicionales según sea necesario.

La figura 9 muestra un método de búsqueda 900 a modo de ejemplo según la presente invención, que el software ECC 202 puede usar para determinar si supervisar el canal ECC primario o el canal ECC secundario. Tras la activación de la función EC, el software ECC 202 entra en el método 900 en 902. En 902, el software ECC 202 empieza a supervisar el canal ECC primario para detectar comandos transmitidos. En 904, si se detecta un comando, el software ECC 202 vuelve a 902. En 904, si no se detecta un comando en un periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo 24 horas, se declara una primera condición de tiempo límite de sesión. Cuando se declara la primera condición de tiempo límite de sesión, el software ECC pasa del canal ECC primario al canal ECC secundario y comienza a supervisar el canal ECC secundario para detectar comandos transmitidos en 908. En 910, si se detecta un comando, el software ECC 202 vuelve a 908. En 912, si no se detecta un comando dentro de un periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo 24 horas, se declara una segunda condición de tiempo límite de sesión. Cuando se declara la segunda condición de tiempo límite de sesión, el software ECC pasa del canal ECC secundario al canal ECC primario y comienza a supervisar el canal ECC primario para detectar comandos transmitidos en 902.

Según una implementación de la presente invención, el software ECC 202 se comunica con la estación terrestre 108 según un esquema de señalización por defecto tal como el esquema de señalización de tres estados 400 ilustrado en la figura 4A. La estación terrestre puede hacer que el software ECC 202 se comuniquen según un nuevo esquema de señalización, tal como el esquema de señalización de cinco estados 401 ilustrado en la figura 4B. Si se produce una condición de tiempo límite de sesión durante el método de búsqueda 900 en 904 o en 912, el software ECC 202 pasa del nuevo esquema de señalización al esquema de señalización por defecto y después continúa en 906 o en 902, respectivamente.

Según otra implementación de la presente invención, en caso de que el canal ECC primario o el canal ECC secundario no esté disponible, la estación terrestre 108 designa un nuevo canal en lugar del canal no disponible. La estación terrestre 108 designa el nuevo canal asociando un transpondedor 226 al nuevo canal.

5 Según otra implementación adicional de la presente invención, el software ECC 202 envía periódicamente información de estado a la estación terrestre 108. La información de estado puede incluir el esquema de señalización según el cual el software ECC 202 está comunicándose actualmente. La información de estado también puede incluir el canal que el software ECC 202 está usando actualmente. El software ECC 202 puede enviar la información de estado usando repetidamente el método de confirmación 800 ilustrado en la figura 8. Para enviar la información de estado, el software ECC 202 silencia el canal que está usando actualmente un número predeterminado de veces y a intervalos periódicos. Por ejemplo, el software ECC 202 silencia el canal dos veces consecutivas para indicar a la estación terrestre 108 que el software ECC 202 está usando actualmente el canal ECC primario y el esquema de transmisión de tres estados 400. El software ECC 202 silencia el canal tres veces consecutivas para indicar a la estación terrestre 108 que el software ECC 202 está usando actualmente el canal ECC primario y el esquema de transmisión de cinco estados 401. El software ECC 202 silencia el canal cuatro veces consecutivas para indicar a la estación terrestre 108 que el software ECC 202 está usando actualmente el canal ECC secundario y el esquema de transmisión de tres estados 401. Finalmente, el software ECC 202 silencia el canal cinco veces consecutivas para indicar a la estación terrestre 108 que el software ECC 202 está usando actualmente el canal ECC secundario y el esquema de transmisión de cinco estados 401. Varios esquemas similares para transmitir información de estado a la estación terrestre 108 pueden usarse sin apartarse del espíritu de la presente invención.

Lo expuesto anteriormente simplemente ilustra los principios de esta invención y los expertos en la técnica pueden realizar varias modificaciones sin salir del alcance de la invención. Las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención se presentan con fines ilustrativos y no limitativos, y la presente invención solo está limitada por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Un sistema para controlar un satélite (104), que comprende:

5 un bus de datos (206);

una carga útil (218) acoplada al bus de datos, comprendiendo la carga útil un receptor de carga útil;

un receptor primario (214) acoplado al bus de datos;

10

un procesador (204) acoplado al bus de datos, estando configurado el procesador para:

- recibir un primer comando desde el receptor primario (214) a través del bus de datos,

15

- recibir datos de telemetría desde la carga útil (218) a través del bus de datos,

- detectar un segundo comando procesando los datos de telemetría recibidos desde la carga útil, y

- ejecutar el segundo comando detectado.

20

2.- El sistema según la reivindicación 1, en el que:

el procesador está configurado para detectar una ausencia de comandos en el receptor primario; y

25

el procesador detecta el segundo comando en respuesta a la detección de la ausencia de comandos en el receptor primario.

3.- El sistema según la reivindicación 1 ó 2, en el que la ausencia de comandos en el receptor primario comprende una ausencia de comandos en el receptor primario durante una cantidad de tiempo predeterminada.

30

4.- El sistema según la reivindicación 3, en el que la cantidad de tiempo predeterminada puede configurarse.

5.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que procesar los datos de telemetría para detectar el segundo comando comprende detectar cambios en un parámetro de los datos de telemetría recibidos desde la carga útil e interpretar cambios detectados como bits de datos.

35

6.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que detectar el segundo comando comprende detectar cambios en la cantidad de potencia consumida por la carga útil.

40

7.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que:

el segundo comando comprende una pluralidad de bits de datos, donde cada uno de la pluralidad de bits de datos corresponde a un estado diferente de un parámetro de los datos de telemetría, y

45

detectar el segundo comando comprende detectar cada uno de la pluralidad de bits de datos asociados al segundo comando, comprendiendo la detección de cada uno de la pluralidad de bits de datos:

- detectar un primer valor de bit en respuesta a la detección de un primer estado del parámetro de los datos de telemetría seguido de la detección de un estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente a un estado inactivo, y

50

- detectar un segundo valor de bit en respuesta a la detección de un segundo estado del parámetro de los datos de telemetría seguido de la detección del estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente al estado inactivo.

55

8.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que:

el segundo comando comprende una pluralidad de símbolos, donde cada uno de la pluralidad de símbolos corresponde a un estado diferente de un parámetro de los datos de telemetría, y

60

detectar el segundo comando comprende detectar cada uno de la pluralidad de símbolos correspondientes al segundo comando, comprendiendo la detección de cada uno de la pluralidad de símbolos:

detectar el estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente a cada uno de la pluralidad de símbolos, seguido de la detección de un estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente a un estado inactivo.

65

- 9.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que detectar el segundo comando comprende un proceso de señalización que es sustancialmente independiente del tiempo.
- 5 10.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que el procesador está configurado además para confirmar la ejecución del segundo comando detectado silenciando un transpondedor de carga útil durante una cantidad de tiempo predeterminada.
- 10 11.- El sistema según la reivindicación 10, en el que la cantidad de tiempo predeterminada puede configurarse.
- 12.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que:
la carga útil está acoplada al bus de datos mediante una unidad de interfaz remota;
- 15 la unidad de interfaz remota está configurada para recopilar los datos de telemetría de la carga útil y para proporcionar los datos de telemetría al procesador; y
la unidad de interfaz remota está configurada para recibir comandos desde el procesador y enviar los comandos a la carga útil a través de un enlace unidireccional.
- 20 13.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que:
- el primer comando comprende:
25 una primera parte del primer comando que está en un primer formato;
una segunda parte del primer comando que está en el primer formato;
- el segundo comando comprende:
30 una primera parte del segundo comando que está en el primer formato;
una segunda parte del segundo comando que está en un segundo formato diferente al primer formato; y
35 - la ejecución del segundo comando comprende:
detectar la primera parte del segundo comando dentro del segundo comando; y
ejecutar la primera parte del segundo comando.
- 40 14.- El sistema según cualquier reivindicación anterior, en el que detectar el segundo comando comprende:
detectar un preámbulo predeterminado que comprende una pluralidad de bits, y
45 detectar el segundo comando en función del preámbulo detectado.
- 15.- Un método para controlar un satélite, comprendiendo el método:
50 recibir, con un procesador, un primer comando desde un receptor primario a través de un bus de datos;
recibir, mediante el procesador, datos de telemetría desde una carga útil a través del bus de datos;
detectar, mediante el procesador, un segundo comando procesando los datos de telemetría recibidos desde la carga útil;
y
55 ejecutar, mediante el procesador, el segundo comando detectado.
- 16.- El método según la reivindicación 15, que comprende además detectar, mediante el procesador, una ausencia de comandos en el receptor primario, donde el segundo comando se detecta, mediante el procesador, en respuesta a la detección de la ausencia de comandos en el receptor primario.
- 60 17.- El método según la reivindicación 15, en el que procesar los datos de telemetría, mediante el procesador, para detectar el segundo comando comprende detectar cambios en un parámetro de los datos de telemetría recibidos desde la carga útil e interpretar cambios detectados como bits de datos.
- 65 18.- El método según la reivindicación 15, en el que detectar el segundo comando, mediante el procesador, comprende

detectar cambios en la cantidad de potencia consumida por la carga útil.

19.- El método según la reivindicación 15, en el que:

5 el segundo comando comprende una pluralidad de bits de datos, donde cada uno de la pluralidad de bits de datos corresponde a un estado diferente de un parámetro de los datos de telemetría, y

detectar el segundo comando, mediante el procesador, comprende detectar cada uno de la pluralidad de bits de datos asociados al segundo comando, comprendiendo la detección de cada uno de la pluralidad de bits de datos:

10 - detectar un primer valor de bit en respuesta a la detección de un primer estado del parámetro de los datos de telemetría seguido de la detección de un estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente a un estado inactivo, y

15 - detectar un segundo valor de bit en respuesta a la detección de un segundo estado del parámetro de los datos de telemetría seguido de la detección del estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente al estado inactivo.

20.- El método según la reivindicación 15, en el que:

20 el segundo comando comprende una pluralidad de símbolos, donde cada uno de la pluralidad de símbolos corresponde a un estado diferente de un parámetro de los datos de telemetría, y

25 detectar el segundo comando comprende detectar, mediante el procesador, cada uno de la pluralidad de símbolos correspondientes al segundo comando, comprendiendo la detección de cada uno de la pluralidad de símbolos:

detectar el estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente a cada uno de la pluralidad de símbolos, seguido de la detección de un estado diferente del parámetro de los datos de telemetría correspondiente a un estado inactivo.

30 21.- El método según la reivindicación 15, en el que:

la carga útil está acoplada al bus de datos mediante una unidad de interfaz remota;

35 la unidad de interfaz remota está configurada para recopilar los datos de telemetría de la carga útil y para proporcionar los datos de telemetría al procesador; y

la unidad de interfaz remota está configurada para recibir comandos desde el procesador y enviar los comandos a la carga útil a través de un enlace unidireccional.

40 22.- El método según la reivindicación 15, en el que:

el primer comando comprende:

45 - una primera parte del primer comando que está en un primer formato;

- una segunda parte del primer comando que está en el primer formato; y

el segundo comando comprende:

50 - una primera parte del segundo comando que está en el primer formato;

- una segunda parte del segundo comando que está en un segundo formato diferente al primer formato; y

55 la ejecución del segundo comando, mediante el procesador, comprende:

- detectar la primera parte del segundo comando dentro del segundo comando; y

- ejecutar la primera parte del segundo comando.

60 23.- Un medio no transitorio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 22.

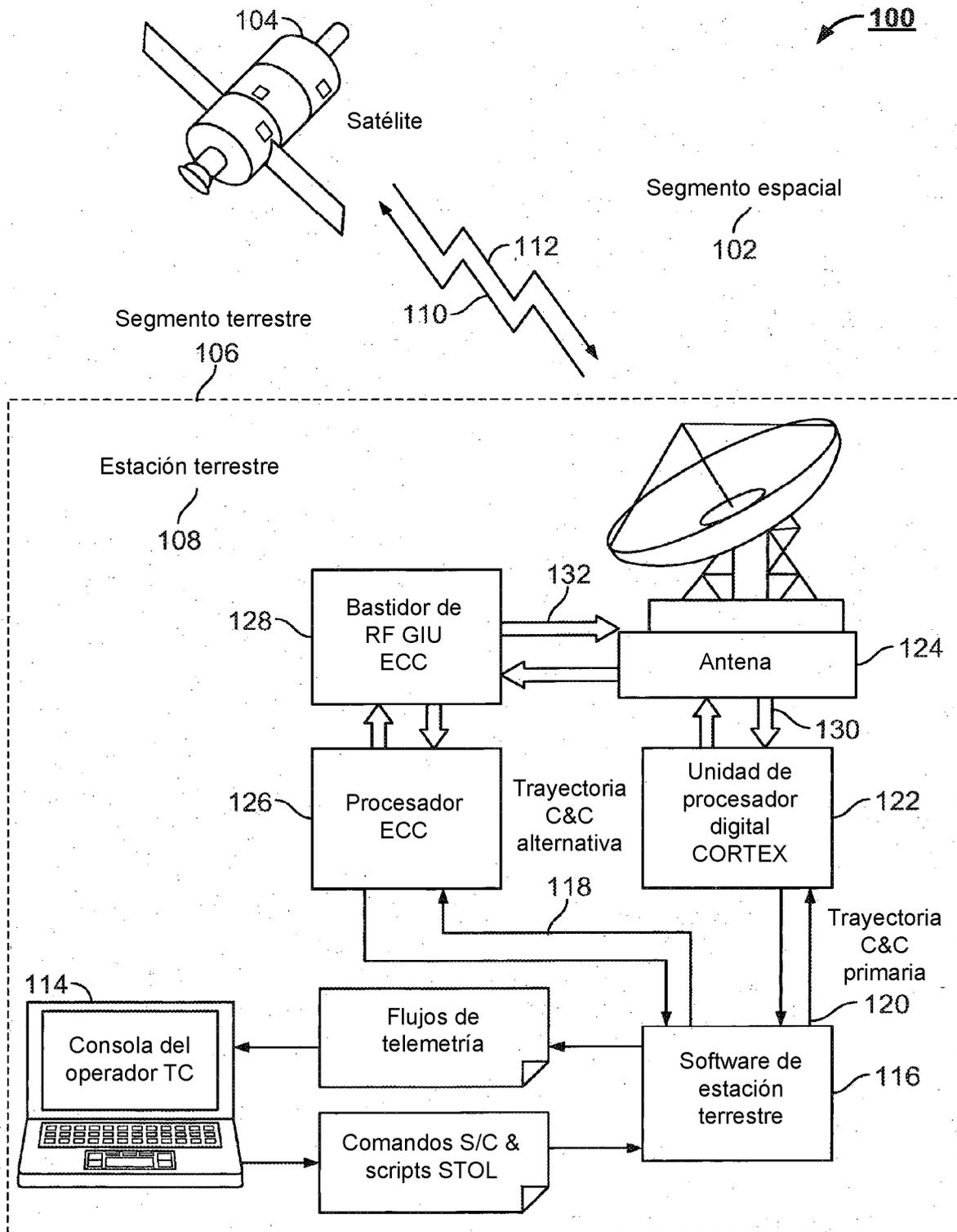


FIG. 1

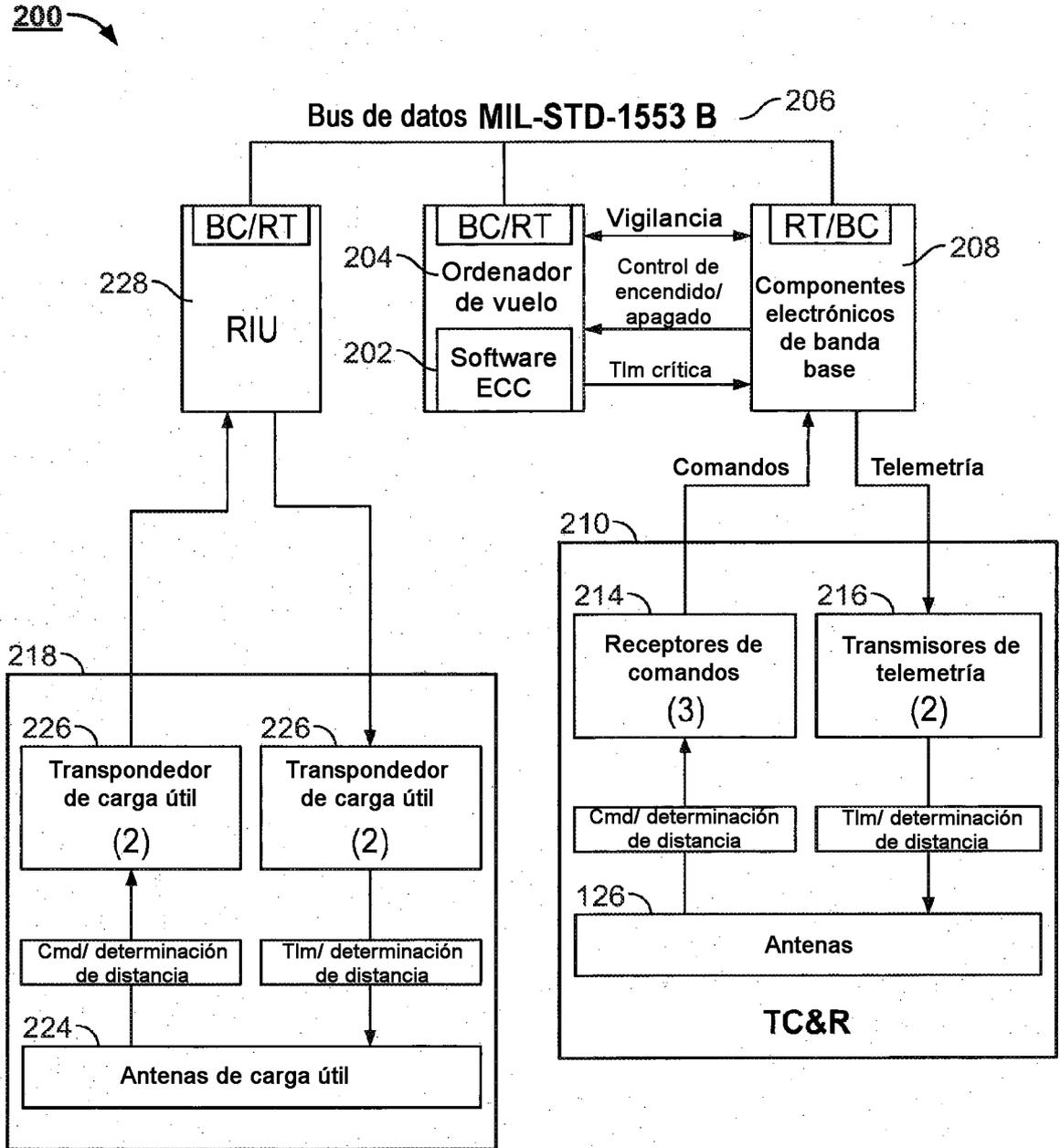


FIG. 2

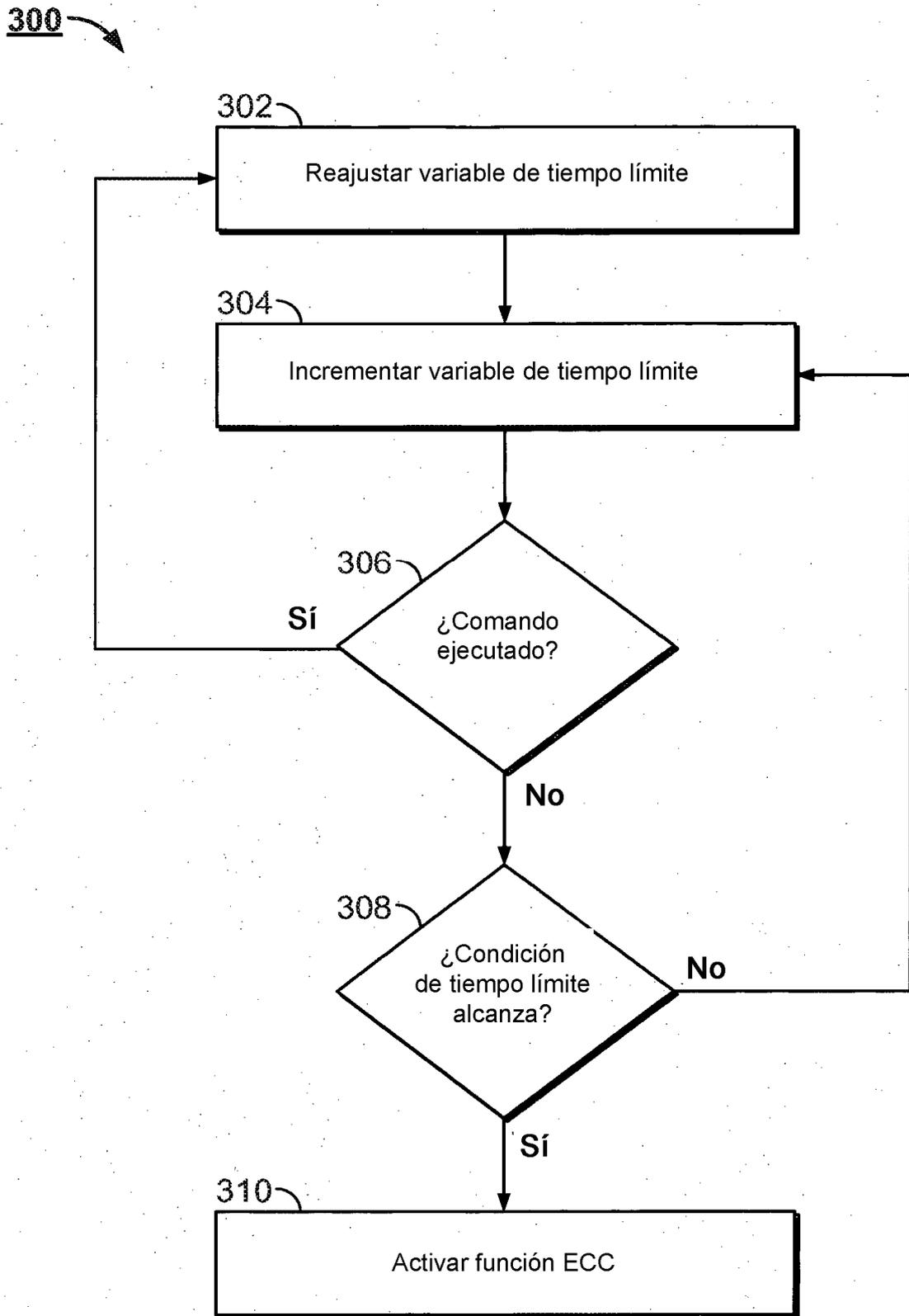


FIG. 3

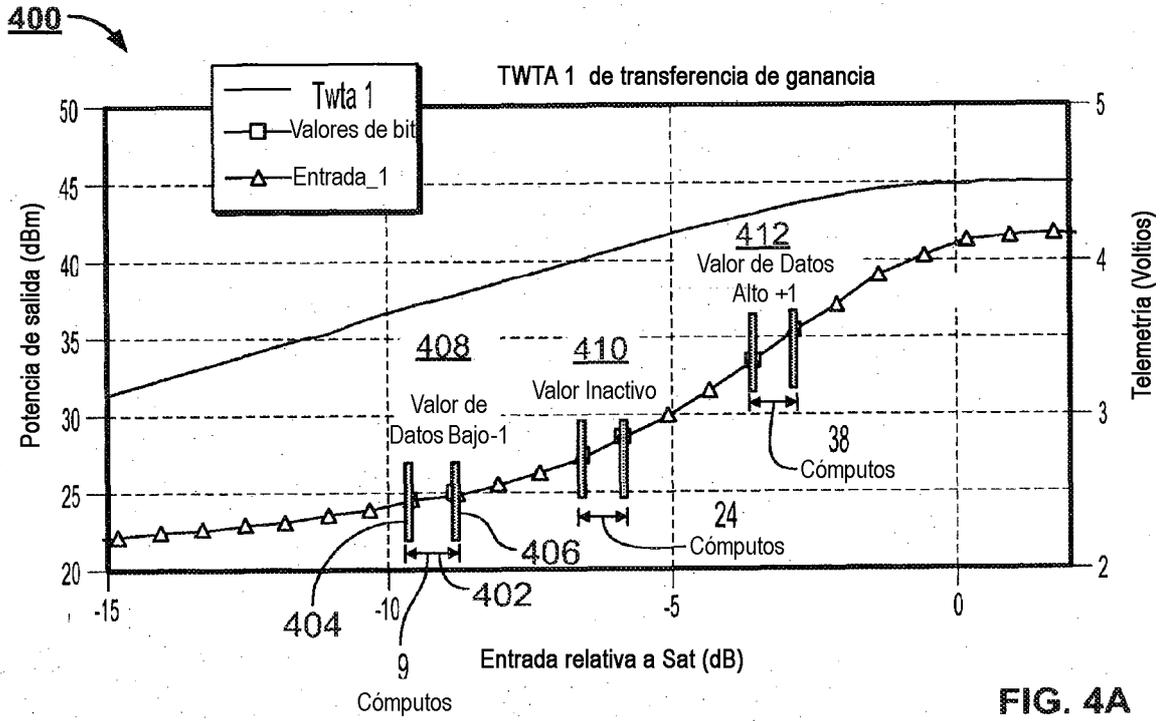


FIG. 4A

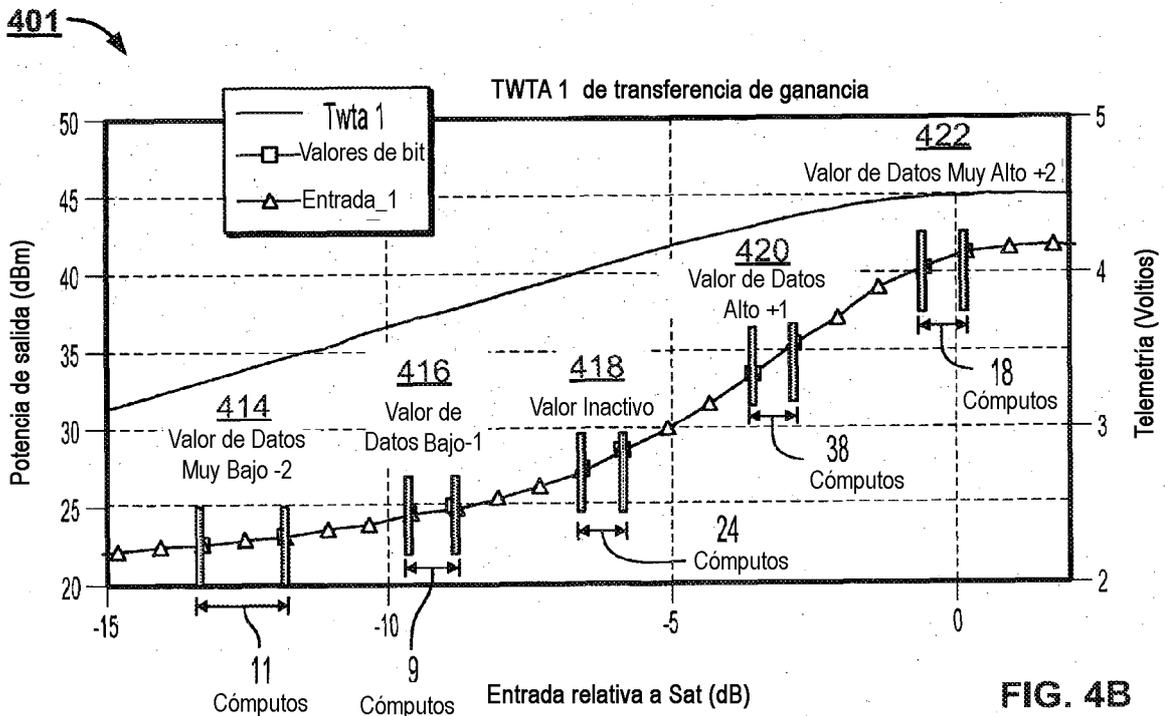


FIG. 4B

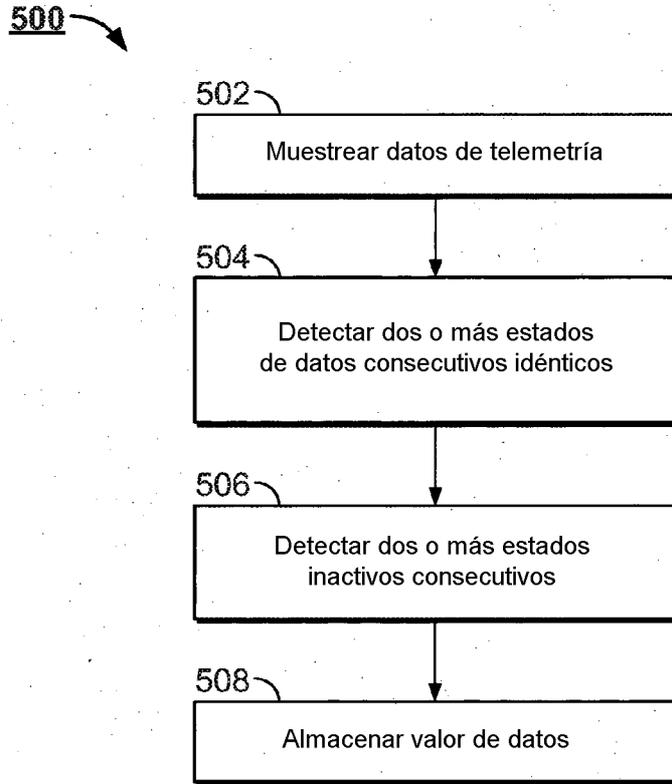


FIG. 5

600 →

602 Octeto de sincronización	604 ID de Vehículo espacial	606 Código de operación	608 Palabras de datos	610 CRC
(0x39)	TBD	Código de operación normal	Palabras de datos habituales	CRC calculada empezando por el ID de vehículo espacial
[1 octeto]	[1 octeto]	[1 octeto]	[12 octetos]	[2 octetos]

FIG. 6

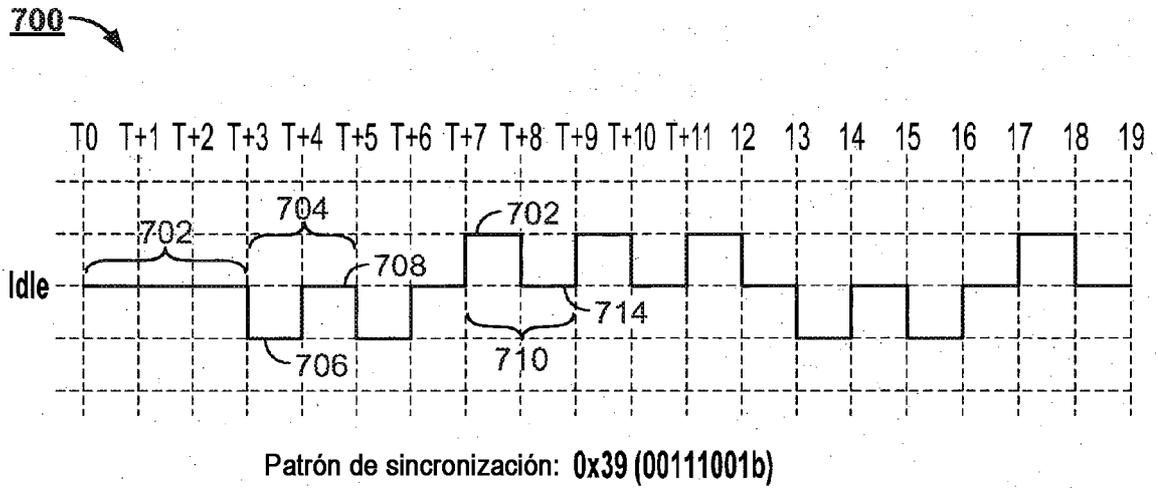


FIG. 7A

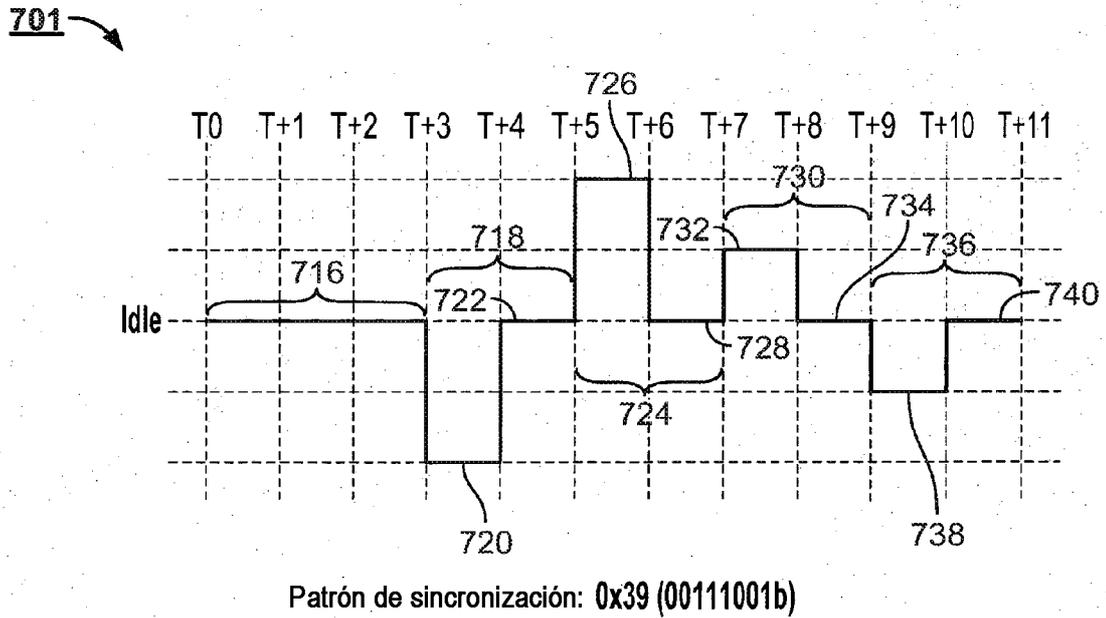


FIG. 7B

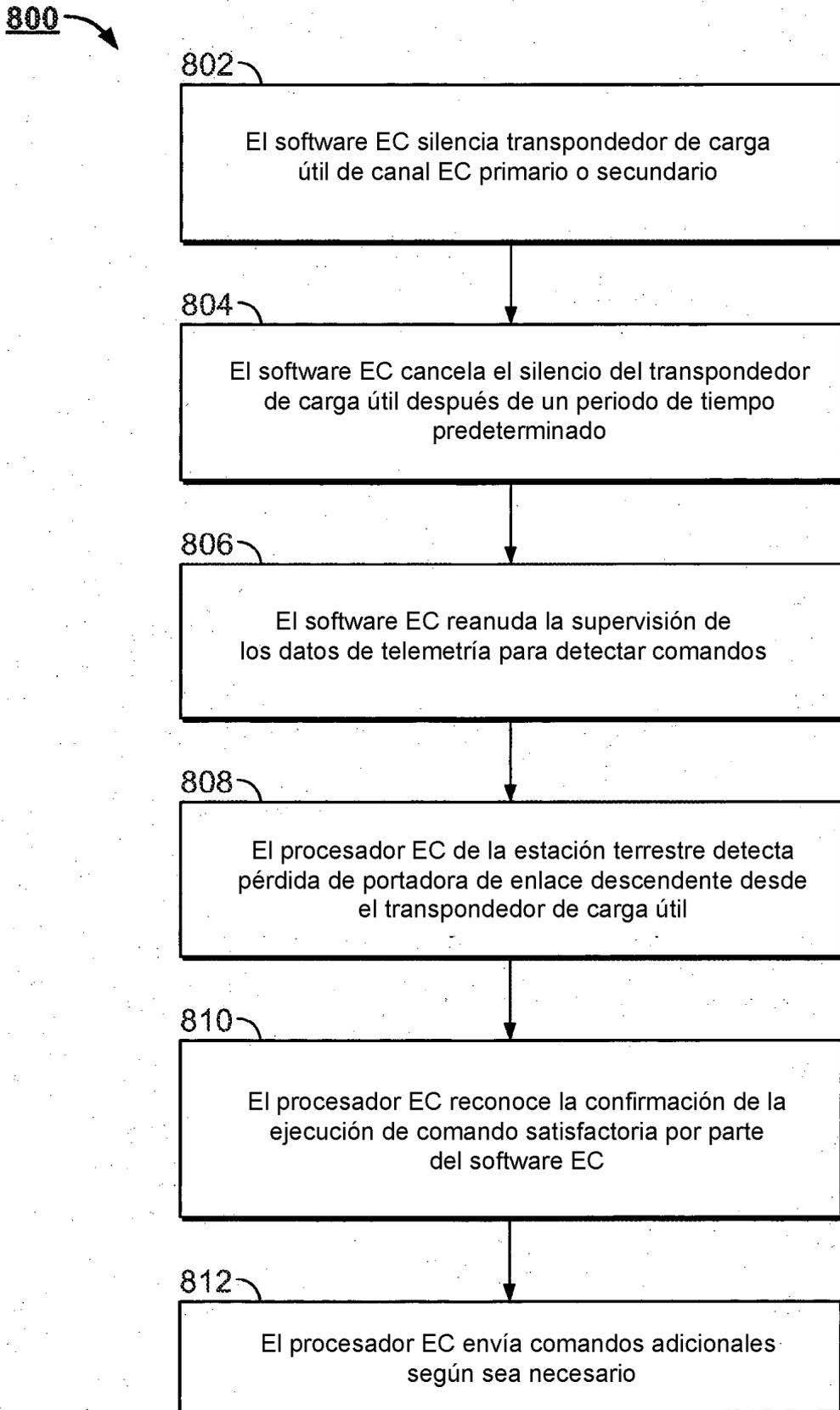


FIG. 8

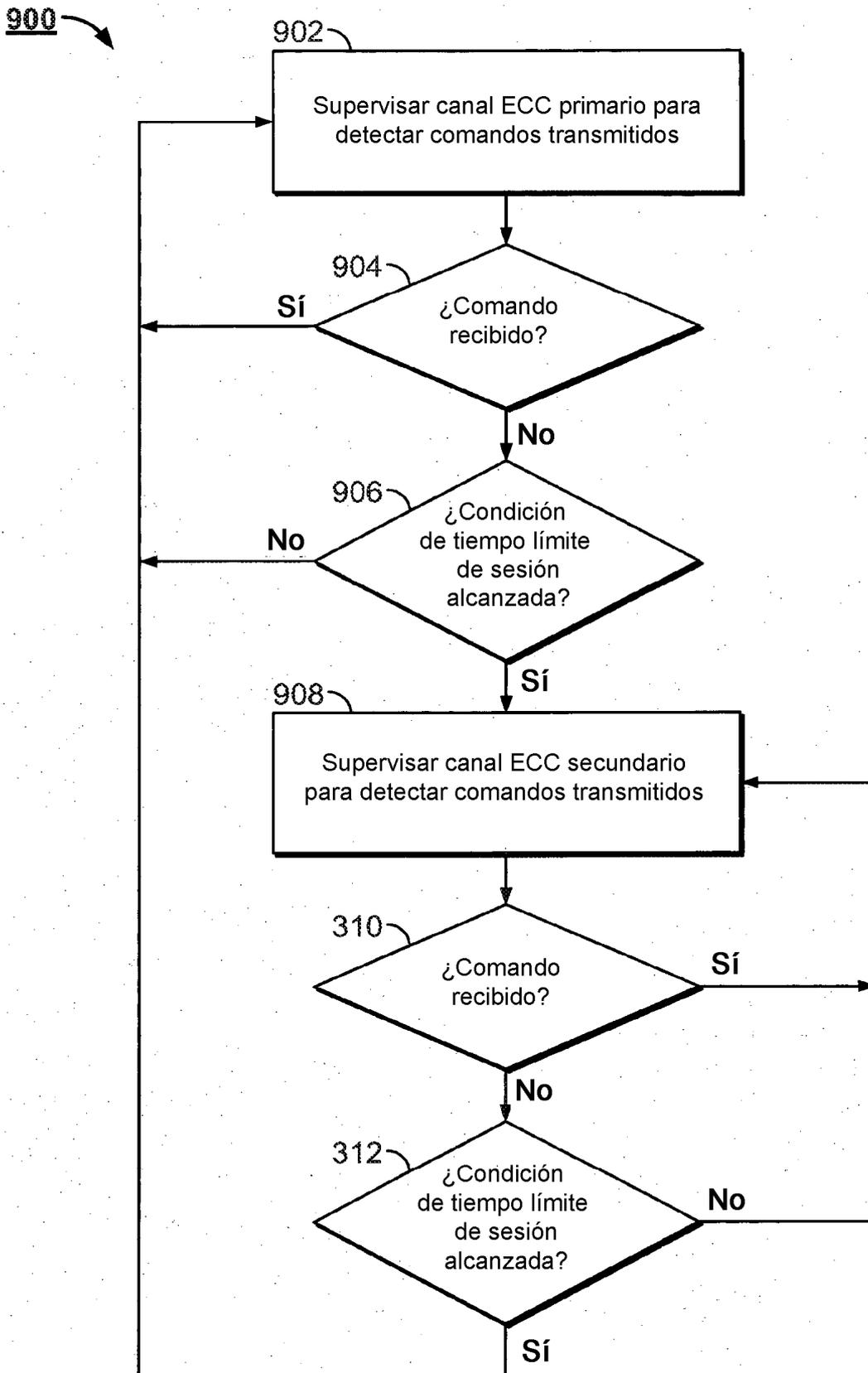


FIG. 9