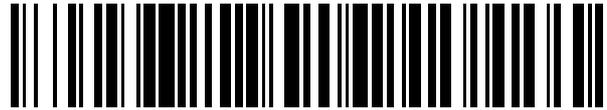


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 183**

51 Int. Cl.:

G01S 19/27 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01959651 .9**

96 Fecha de presentación: **07.08.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **1307762**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2003**

54 Título: **Procedimiento, aparato y sistema para una predicción de señal de GPS**

30 Prioridad:

08.08.2000 US 223670 P
13.07.2001 US 905266

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

19.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

19.12.2012

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

GAAL, PETER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 393 183 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

Procedimiento, aparato y sistema para una predicción de señal de GPS

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

- 5 La presente invención versa acerca de la recepción de señales procedentes de fuentes conocidas y, más específicamente, acerca de la predicción del contenido de señales recibidas procedentes de fuentes conocidas.

Descripción de la técnica relacionada

10 La facilidad y la precisión de una determinación de la posición y de la hora han aumentado significativamente desde el desarrollo del bien conocido Sistema de posicionamiento global por satélite NAVSTAR. El sistema GPS NAVSTAR se describe en la Global Positioning System Standard Positioning Service Signal Specification, 2ª edición, 2 de junio de 1995, United States Coast Guard Navigation Center, Alexandria, Virginia, EE. UU. Otro sistema tal es el sistema GPS GLONASS mantenido por la República Rusa. En la actualidad hay disponibles receptores GPS para uso en aeronaves, barcos y vehículos terrestres y para ser llevados en la mano por individuos.

15 El sistema GPS NAVSTAR proporciona treinta y dos satélites o "vehículos espaciales" (SV) que orbitan la Tierra en seis planos orbitales (cuatro satélites, además de satélites redundantes, en cada plano). Cada órbita de SV repite casi la misma ruta terrestre cada día según gira la Tierra bajo los SV del sistema. Los planos orbitales están separados uniformemente e inclinados con respecto al plano ecuatorial, garantizando de ese modo que existe un trayecto de línea recta hasta al menos cinco SV desde cualquier punto (sin obstrucciones) sobre la Tierra.

20 Estaciones terrestres de monitorización miden las señales procedentes de los SV e incorporan estas mediciones en modelos orbitales para cada satélite. Se calculan datos orbitales y correcciones del reloj del SV para cada satélite a partir de estos modelos y son cargados en cada SV. Entonces, el SV transmite información relacionada con su posición con una tasa de datos de 50 bits por segundo, mediante modulación BPSK una señal de espectro de propagación de secuencia directa que tiene una tasa de *chip* de 1,023 MHz que es modulada en una portadora de RF, utilizando cada SV un distinto código de propagación (también denominado código oro o adquisición grosera o código C/A). Más adelante, la información portada en la señal transmitida por un SV es denominada "datos de navegación".

25 Un receptor GPS calcula su posición al combinar datos de navegación que indican la posición de los SV con el retraso o la fase de la señal recibida de los SV (que indica la distancia entre el receptor y los SV). Debido a las inexactitudes en el oscilador de la base de tiempos del receptor, se requieren las señales de al menos cuatro SV para determinar una posición en tres dimensiones, aunque se pueden utilizar las señales de SV adicionales (si están disponibles) para proporcionar una mejor precisión.

30 Es deseable aumentar ciertos sistemas inalámbricos para comunicaciones móviles añadiendo la capacidad para localizar la posición de una unidad móvil particular. Una razón es un reglamento publicado por el Federal Communications Commission (FCC) (Expediente nº 94-102, Third Report and Order adoptado el 15 de septiembre de 1999, publicado el 6 de octubre de 1999) que requiere que todos los operadores móviles en los Estados Unidos de América puedan localizar la posición de un teléfono móvil que realiza una llamada al 911 en menos de 50 metros para un 67 por ciento de las llamadas y en menos de 150 metros para un 95 por ciento de las llamadas antes de octubre de 2001. Otros usos de la capacidad de localización de la posición en sistemas de comunicaciones inalámbricas incluyen características de consumo de valor añadido tales como un soporte de navegación y de gestión de flotas de vehículos.

35 Un enfoque posible para soportar una localización de la posición en un sistema de comunicaciones inalámbricas es añadir capacidades de localización por GPS a las unidades móviles. Sin embargo, los receptores GPS requieren, en general, señales intensas sin obstrucciones que pueden no estar disponibles para una unidad móvil. La detección de la señal GPS bajo condiciones desfavorables de SNR (por ejemplo, dentro de un edificio o vehículo en el que no puede establecerse ninguna línea recta directa del receptor a al menos cuatro SV) es un problema que persiste.

40 Para detectar la señal de GPS en el receptor, se puede utilizar un filtro adaptado para generar el código de propagación y aplicarlo a la señal recibida en una búsqueda de un pico de correlación. Este procedimiento es denominado integración coherente. Una integración coherente corta denota una integración durante un periodo de menos de un bit de datos (en el caso de una señal de GPS, menos de 20 milisegundos), mientras que una integración coherente larga denota una integración durante un periodo de más de un bit de datos. Puede ser deseable aplicar una integración coherente larga, dado que un periodo más prolongado de integración puede permitir una mayor ganancia de procesamiento.

45 Un inconveniente del uso de una integración coherente larga en una señal tal como una señal de GPS es que los datos modulados en ella pueden integrarse para producir una salida de magnitud baja o nula. En otras palabras, si cada símbolo binario de dato modulado en la señal (expresada en el presente documento como "0" o "1") aparece

con tanta frecuencia como el otro símbolo binario de dato durante el periodo de integración, entonces la salida del filtro adaptado durante el periodo de integración sumará cero y no se detectará ninguna señal. Aunque los símbolos de datos sumen un valor no nulo, se reducirá mucho el rendimiento resultante del receptor en la mayor parte de los casos.

5 La patente U.S. nº 6.118.977, expedida a Vannucci, da a conocer un procedimiento en el que se utilizan los datos conocidos de navegación por GPS en un receptor móvil para generar una réplica local de la señal transmitida, que incluye la representación de la modulación de datos en la señal. Esto permite que el receptor móvil correlacione la señal recibida utilizando un periodo prolongado de integración coherente sin experimentar la degradación de salida explicado anteriormente. El procedimiento de la patente U.S. nº 6.118.977 requiere llevar a cabo las etapas de
10 procesamiento descritos subsiguientemente en este párrafo. El receptor móvil almacena muestras de datos procesados de la señal recibida en una memoria FIFO para un procesamiento posterior fuera de línea. Un sistema auxiliar, que tiene una vista sin obstrucciones de todos los SV por encima del horizonte, recibe las señales de GPS al mismo tiempo con el receptor móvil y desmodula los bits transmitidos de datos de navegación. El sistema auxiliar transmite los bits desmodulados de datos de navegación al receptor móvil. El receptor móvil procesa fuera de línea
15 las muestras almacenadas de datos, utilizando los bits de datos de navegación transmitidos al mismo por el sistema auxiliar.

Por desgracia, la capacidad de memoria necesaria para almacenar muestras procesadas de datos en el receptor móvil hace que el procedimiento de la patente U.S. nº 6.118.977 sea poco viable. La capacidad requerida de memoria está dictada por la tasa de muestreo de datos, la longitud de la integración coherente, el número de SV y el
20 número de la fase de código y la hipótesis de Doppler para los cuales se intenta simultáneamente una búsqueda de señales. Se hace notar que un receptor móvil típico no puede detectar señales tanto de los SV como de la unidad auxiliar al mismo tiempo, por lo tanto, no se puede reducir la capacidad requerida de memoria mediante una operación cíclica (es decir, cuando se reutiliza la misma celda de memoria para almacenar distintos segmentos de la señal recibida mientras se mantiene una integración coherente).

25 Por lo tanto, existe una necesidad de un procedimiento, de un aparato y de un sistema que permitan a un receptor llevar a cabo una integración coherente larga en receptores de señales sin la carga indebida de tener que incorporar dispositivos de memoria de gran escala en esos receptores.

Se llama la atención sobre el documento EP-A-1 008 862 que versa acerca de un procedimiento para estimar una sincronización PRN y un desplazamiento Doppler de una señal de satélite en una ubicación de referencia en una
30 celda y sector donde hay ubicado un terminal inalámbrica o un cliente WAG. Las estimaciones están basadas en información transmitida por una señal de GPS adquirida por un sistema auxiliar o un servidor WAG, que puede encontrarse en una ubicación distinta que la del terminal inalámbrico o del cliente WAG. Las estimaciones de sincronización PRN y de desplazamiento Doppler también están basadas en el mismo tiempo de referencia, que es un instante que está lo suficientemente lejos en el futuro para permitir que el cliente WAG desmodule y decodifique
35 las estimaciones de sincronizaciones PRN y de desplazamiento Doppler de un mensaje auxiliar transmitido por el servidor WAG y utilizar tales estimaciones para adquirir señales de GPS, indicando el mensaje auxiliar las estimaciones de sincronización PRN y de desplazamiento Doppler.

Se llama la atención, además, sobre el documento US-A-5 847 680 que versa acerca de un detector de ambigüedad de la portadora para resolver una ambigüedad de la fase de la portadora de 1/2 ciclo en una señal entrante de GPS
40 antes de la llegada del siguiente preámbulo al detectar una coincidencia o una coincidencia invertida entre un mensaje de datos esperado almacenado internamente y los datos entrantes en la subtrama restante antes de la llegada del siguiente preámbulo. El detector de ambigüedad de la portadora incluye una memoria intermedia para poner en memoria intermedia datos entrantes, una memoria de datos para almacenar datos esperados con etiqueta de tiempo, un puntero de datos para seleccionar ciertos datos esperados correspondientes a una hora basada en
45 GPS que están sincronizados con los datos entrantes, comparadores no inversores e inversores para comparar los datos en la memoria intermedia con los datos esperados, y un detector de comparación de datos acoplado a los comparadores para indicar una coincidencia no invertida o una invertida para una resolución de cero grados o de ciento ochenta grados, respectivamente, de información de la fase de la portadora.

Resumen

50 Según la presente invención, se proporciona un procedimiento para proporcionar datos previstos, como se define en la reivindicación 1. Se reivindican realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La FIGURA 1 ilustra diversas divisiones de un mensaje de datos de GPS.

La FIGURA 2 ilustra la estructura de una subtrama de GPS y la estructura de una palabra de traspaso de GPS.

55 La FIGURA 3 ilustra la división de una trama de GPS en un grupo de subtramas de estado (o efemérides) del transmisor y un grupo de subtramas de estado (o almanaque) del sistema.

La FIGURA 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización de la invención.

La FIGURA 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según otra realización de la invención.

5 La FIGURA 6 ilustra un principio de operación de una memoria intermedia de predicción.

La FIGURA 7A ilustra un principio de operación de un conjunto de memorias intermedias de predicción.

La FIGURA 7B ilustra un principio de operación de otro conjunto de memorias intermedias de predicción.

Las FIGURAS 8A-C muestran esquemas de bloques de un aparato según las realizaciones de la invención.

10 La FIGURA 9A es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención.

La FIGURA 9B es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención.

La FIGURA 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención.

15 La FIGURA 11 es un diagrama de flujo que muestra una implementación de una tarea para verificar una palabra de TLM y una tarea para corregir una palabra de TLM.

La FIGURA 12 es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención.

20 La FIGURA 13A es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención.

La FIGURA 13B es un diagrama de flujo de un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención.

Descripción detallada

25 Durante el curso de la presente divulgación, se debería interpretar que el término "ejemplar" indica un ejemplo o un caso y no significa que haya ninguna preferencia para ese ejemplo particular.

30 Se puede aplicar un conocimiento *a priori* de los datos portados por una señal recibida para soportar una integración coherente larga. Si se conoce la secuencia de símbolos binarios de datos en una señal (por ejemplo, los datos de navegación en una señal de GPS), entonces se podría evitar el problema de degradación de rendimiento debido a una integración de símbolos de datos durante una integración coherente, y se podría conseguir un mejor rendimiento del receptor. Tal procedimiento también será denominado más adelante "eliminación de modulación". Por ejemplo, se podría aplicar una eliminación de modulación a la recepción de datos de GPS al predecir los datos de navegación.

35 Como se muestra en la FIGURA 1, una trama de datos de NAVSTAR GPS (más adelante "GPS") comprende 1500 bits transmitidos durante un periodo de 30 segundos (es decir, con una tasa de 50 bits por segundos). Se transmite un mensaje de datos de GPS durante un bloque de veinticinco tramas (denominadas habitualmente "supertrama"). Cada trama en una supertrama está dividida en cinco subtramas de 300 bits. En consecuencia, con una tasa de 50 bits por segundo, cada subtrama tiene una duración de seis segundos. Cada subtrama está dividida, además, en diez palabras de 30 bits, conteniendo cada palabra 24 bits de datos y una secuencia de códigos de 6 bits (habitualmente una suma de verificación de código de redundancia cíclica (CRC)). El algoritmo CRC de GPS puede ser expresado como sigue:

bit 1 de suma de verificación = XOR{bits de datos 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 23};

bit 2 de suma de verificación = XOR{bits de datos 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 21, 24};

bit 3 de suma de verificación = XOR{bits de datos 1, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 22};

bit 4 de suma de verificación = XOR{bits de datos 2, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 23};

45 bit 5 de suma de verificación = XOR{bits de datos 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 24};

bit 6 de suma de verificación = XOR{bits de datos 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 19, 22, 23, 24};

en las que el bit 1 de datos y el bit 6 de suma de verificación son los bits extremo izquierdo y extremo derecho, respectivamente, de una palabra como se muestra en la FIGURA 1, y XOR{•} indica que la suma módulo-2 de las cantidades dentro de los corchetes. Otros formatos de señal pueden utilizar uno o más algoritmos de código de detección de errores para producir sumas de verificación. Estas sumas de verificación pueden aparecer al principio o en el medio de una palabra de datos, por ejemplo, o pueden estar intercaladas con otros bits de la palabra.

Cada bit de una subtrama de GPS (incluyendo los bits de la suma de verificación de CRC) también está cubierta por paridad antes de la transmisión al pasarlo por una puerta XOR con uno especificado de los últimos dos bits de la suma de verificación de la palabra anterior (según es transmitida) como sigue:

bit 1 transmitido = (bit 1 de datos) XOR (bit 30 transmitido anteriormente);

bit 2 transmitido = (bit 2 de datos) XOR (bit 30 transmitido anteriormente);

bit 3 transmitido = (bit 3 de datos) XOR (bit 30 transmitido anteriormente); ...

bit 24 transmitido = (bit 24 de datos) XOR (bit 30 transmitido anteriormente);

bit 25 transmitido = (bit 1 de suma de verificación) XOR (bit 29 transmitido anteriormente);

bit 26 transmitido = (bit 2 de suma de verificación) XOR (bit 30 transmitido anteriormente);

bit 27 transmitido = (bit 3 de suma de verificación) XOR (bit 29 transmitido anteriormente);

bit 28 transmitido = (bit 4 de suma de verificación) XOR (bit 30 transmitido anteriormente);

bit 29 transmitido = (bit 5 de suma de verificación) XOR (bit 30 transmitido anteriormente);

bit 30 transmitido = (bit 6 de suma de verificación) XOR (bit 29 transmitido anteriormente).

Otros formatos de señal pueden utilizar un distinto sistema de codificación, de cobertura o de encriptación. Asimismo, solo se puede codificar una porción de los bits de una secuencia de datos. Además, las operaciones de detección de errores de GPS y de cobertura por paridad esbozadas anteriormente pueden ser expresadas en otras formas (por ejemplo, pueden ser combinadas en una única operación produciendo un resultado equivalente, como se describe en la sección 2.5.2 del documento de estándar GPS citado anteriormente y esquemas a los que se hace referencia en el mismo).

Como se muestra en la FIGURA 2, cada subtrama de GPS comprende en secuencia una cadena (denominada palabra de telemetría o TLM), una palabra de traspaso, y ocho palabras de mensaje. La palabra de traspaso (o "HOW") comprende, en secuencia, un sello de tiempo de diecisiete bits denominado valor de tiempo de la semana (o "TOW"), dos bits indicadores, un código de identificación de la subtrama (o "SFID") de tres bits que indica la posición de la subtrama en la trama, dos bits de control de paridad, y la suma de verificación de seis bits. Los bits de control de la paridad (es decir, los bits 23 y 24 de la HOW) están seleccionados de forma que los dos bits finales de la suma de verificación (es decir, los bits 5 y 6 de la suma de verificación, o los bits 29 y 30 de la HOW) sean cero. Debido a que la décima palabra (la última) de cada subtrama también tiene bits de control de la paridad en estas ubicaciones, la operación de cobertura por paridad descrita anteriormente no alterará las palabras primera y tercera de una subtrama de GPS. En un procedimiento según una realización de la invención, se puede aplicar este efecto para evitar que errores de datos se propaguen más allá de los límites de la subtrama (por ejemplo, al obligar que los dos últimos bits de una subtrama tengan valores de cero).

Como se muestra en la FIGURA 3, cada subtrama de una trama de GPS puede indicar el estado del transmisor o el estado del sistema. Específicamente, las palabras del mensaje de las tres primeras subtramas de cada trama de datos de GPS (que comprenden el grupo de estado del transmisor) contienen datos orbitales y de reloj del SV transmisor. La subtrama 1 contiene correcciones de reloj e información de salud relacionada con el SV transmisor, y las subtramas dos y tres contienen conjuntos de datos orbitales precisos (también denominados "datos de efemérides") para el SV transmisor. Más adelante, se denomina a los datos de mensaje de las subtramas 1-3 el "conjunto de datos de efemérides". En ausencia de actualizaciones de los datos, se repite el conjunto de datos de efemérides específico para el SV en cada trama.

Las subtramas cuatro y cinco comprenden el grupo de estado del sistema, y las palabras de mensaje de estas subtramas contienen datos de almanaque y otros que son comunes a todos los satélites. En ausencia de actualizaciones de los datos, se repite el conjunto de todo el sistema de datos de almanaque únicamente cada supertrama (es decir, cada veinticinco tramas o 125 subtramas). Por lo tanto, un SV transmite un mensaje completo de datos cada 12,5 minutos. [Para una descripción más detallada del sistema GPS NAVSTAR, véase, por ejemplo, Global Positioning System: Theory and Applications (Volumen I), editado por B. W. Parkinson y J. J. Spilker Jr., 1996].

La FIGURA 4 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento para predecir datos según una realización de la invención. En la tarea P100, se reciben datos (por ejemplo, se reciben datos de navegación procedentes de un SV). En la tarea P200, se predicen datos “futuros” (por ejemplo, datos que serán recibidos en el futuro) con base en al menos los datos recibidos, y en la tarea P300, se almacenan los datos futuros previstos.

5 Suponiendo que no se producen actualizaciones de los datos, se puede esperar que la mayor parte de los datos en una supertrama sean los mismos que los datos en la anterior supertrama. Por lo tanto, dada cualquier secuencia de 125 subtramas consecutivas, se puede esperar que las siguientes 125 subtramas sea igual en gran medida. La FIGURA 5 muestra un procedimiento para predecir datos según otra realización de la invención. En la tarea P110, se recibe una supertrama de GPS. En la tarea P310, dado que hay poco cambio en el contenido de dos supertramas
10 adyacentes transmitidas una después de otra, se almacena la supertrama en una memoria intermedia (denominada más adelante “memoria intermedia de predicción”) como una predicción de una supertrama que va a ser transmitida por el SV en un momento posterior, y normalmente como una predicción de la siguiente supertrama). Se debería hacer notar que cuanto más en el futuro se utilice la predicción, menos precisa será la predicción. Por lo tanto, la supertrama recibida más recientemente es utilizada con más precisión para predecir la siguiente supertrama que va a ser recibida. Se almacenan los datos futuros previstos (es decir, la supertrama recibida anteriormente) en una
15 memoria intermedia de predicción. La tarea P310 puede ocurrir a la vez que la tarea P110, de forma que al menos una porción de los datos previstos estará disponible antes de que se haya recibido toda la supertrama completa.

La FIGURA 6 muestra un ejemplo de la operación de una memoria intermedia de predicción adecuada para ser utilizada con un procedimiento como se muestra en la FIGURA 4 o 5. La memoria intermedia de predicción de este
20 ejemplo puede ser implementada como una cola circular de espera (también denominado “memoria intermedia en anillo”). En un ejemplo particular, la memoria intermedia tiene una capacidad de dos supertramas de GPS (es decir, 250 subtramas, o 25 minutos de datos de navegación). Los bits de datos previstos son escritos a la memoria intermedia en ubicaciones como se indica por medio de un puntero de escritura, que atraviesa la memoria intermedia únicamente en una dirección. Una vez se ha llenado la memoria intermedia, operaciones adicionales de
25 escritura sobrescribirán los datos almacenados anteriormente en las ubicaciones escritas. En un procedimiento como se muestra en la FIGURA 5, el puntero de escritura puede indicar un tiempo eficaz que es de 12,5 minutos (es decir, una supertrama de GPS) antes de t_0 , en el que se define t_0 como el instante en el que se recibieron los datos observados (correspondientes a los datos previstos que están siendo escritos).

Utilizando una memoria intermedia como se muestra en la FIGURA 6, se pueden suministrar datos previstos para
30 cualquier parte de una ventana de tiempo que abarca desde t_0 hasta 25 minutos (es decir, dos supertramas de GPS) más allá de t_0 . Esta ventana de veinticinco minutos puede extenderse (o reducirse) arbitrariamente mediante un simple cambio en el tamaño de la memoria intermedia. Dependiendo de las especificaciones de una implementación particular, puede ser deseable escribir los datos recibidos en la memoria intermedia y/o recuperar datos previstos de la memoria intermedia en unidades de bytes de 8 bits, palabras de mensaje de navegación o subtramas, o bloques
35 de un tamaño distinto.

Como se muestra en la FIGURA 7A, se puede mantener un conjunto de memorias intermedias para un número limitado de SV (por ejemplo, solo para un subconjunto de los SV que son visibles en ese momento). De forma alternativa, se puede mantener una memoria intermedia de predicción que comprende un conjunto de 32 memorias intermedias individuales como se muestra en la FIGURA 7B, estando dedicado cada memoria intermedia individual a
40 un SV particular del GPS e indexada según el número de identificación (ID) del SV (expresado en la FIGURA 7B como un número binario desde 00000 hasta 11111). En tal disposición, se puede identificar cualquier subtrama particular de datos previstos en el conjunto de memorias intermedias al especificar el número de ID del SV transmisor para seleccionar la memoria intermedia relevante y un número de índice de subtrama (por ejemplo, el valor mod deseado 250 de valor de TOW, para una memoria intermedia de 250 subtramas, como se muestra en la
45 FIGURA 6) para seleccionar la subtrama en la memoria intermedia.

La FIGURA 8A muestra un diagrama de bloques de un aparato 100 según una realización de la invención. La entidad 10 de predicción recibe datos (por ejemplo, según son transmitidos por un receptor) y lleva a cabo un procedimiento para la predicción de datos como se describe en el presente documento. Una memoria intermedia de predicción (por ejemplo, la memoria intermedia 20 de predicción) incluye un elemento de almacenamiento que
50 puede estar configurado como se ha descrito anteriormente con referencia a las FIGURAS 6, 7A, y/o 7B. Por ejemplo, una memoria intermedia de predicción puede comprender uno o más dispositivos semiconductores de memoria [por ejemplo, memoria de acceso aleatorio dinámico o estático (RAM)], dispositivos ferromagnéticos de memoria, y/o dispositivos ópticos de almacenamiento. Tal dispositivo puede estar fabricado como un *chip* o paquete dedicado, o tal dispositivo puede estar integrado en un *chip* o paquete que incluye uno o más elementos distintos del
55 aparato y/o de un electrodoméstico que incorpora tal aparato. En una implementación, la memoria intermedia de predicción está acoplada a una entidad de predicción por medio de uno o más buses que pueden portar señales de control, datos y/o dirección.

Una memoria intermedia de predicción puede tener un mecanismo de doble puerto u otro para permitir un almacenamiento y una recuperación simultáneos de datos. Un elemento de almacenamiento de una memoria
60 intermedia de predicción también puede almacenar otros datos del aparato y/o de un electrodoméstico que incorpora

tal aparato. En tal caso, la memoria intermedia de predicción no necesita residir en una parte fija de un elemento de almacenamiento, y se puede utilizar un área del elemento de almacenamiento en un tiempo para almacenar datos de predicción y en otro tiempo para almacenar otros datos. En algunas implementaciones, se puede acceder a un elemento de almacenamiento de una memoria intermedia de predicción por medio de dispositivos distintos de la entidad de predicción.

Una entidad de predicción (por ejemplo, la entidad 10 de predicción) puede incluir una unidad de procesamiento que tiene uno o más microprocesadores, procesadores de señales digitales, y/u otros conjuntos de elementos lógicos. Tal conjunto puede estar fabricado como un *chip* o paquete dedicado, o tal conjunto puede estar integrado en un *chip* o paquete que incluye uno o más elementos distintos del aparato y/o de un electrodoméstico que incorpora tal aparato. Por ejemplo, una entidad de predicción puede incluir un procesador embebido y/o un núcleo del procesador fabricado en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC).

Una entidad de predicción lleva a cabo un procedimiento como se ha descrito en el presente documento (y posiblemente otras funciones) al ejecutar instrucciones (en secuencia y/o en paralelo) según uno o más programas o rutinas que pueden estar cableadas o almacenadas en la memoria de solo lectura (ROM), en la ROM programable (PROM) tal como PROM borrable o borrable eléctricamente (EPROM o EEPROM, respectivamente), en la RAM o RAM no volátil (NVRAM) tal como memoria *flash*. En algunas implementaciones, se puede almacenar al menos una parte de las instrucciones y/o de los valores asociados (tales como variables a las que se accede durante la ejecución) en un elemento de almacenamiento de la memoria intermedia de predicción. De forma alternativa, una entidad de predicción puede recibir todas sus instrucciones, o parte de ellas, de uno o más dispositivos o electrodomésticos distintos (por ejemplo, por una conexión de red que puede ser cableada y/o inalámbrica). Una entidad de predicción también puede ejecutar instrucciones relacionadas con otras funciones del aparato y/o de un electrodoméstico que incorpora tal aparato. En vez de tales instrucciones, o además de las mismas, una entidad de predicción también puede llevar a cabo un procedimiento como se describe en el presente documento en respuesta a señales (por ejemplo, solicitudes de interrupción) recibidas de otros dispositivos dentro o fuera del aparato y/o de otros programas o rutinas que se ejecutan en la unidad de procesamiento.

La FIGURA 8B muestra un diagrama de bloques de un aparato 110 según una realización alternativa de la invención que incluye un receptor 30 de señales que recibe una señal transmitida y da salida a datos hacia la entidad 12 de predicción, que calcula y almacena datos previstos en la memoria intermedia 21 de predicción. La FIGURA 8C muestra un diagrama de bloques de una implementación 110a del aparato 110 que incluye un receptor 32 de GPS. El receptor 32 recibe una señal transmitida por un SV y da salida a datos de navegación de GPS hacia la entidad 14 de predicción, que calcula y almacena datos previstos en la memoria intermedia 22 de predicción, como se describe en el presente documento.

En una implementación, cada memoria intermedia individual de predicción comprende celdas de cuatro bytes (es decir, 32 bits) que contienen datos previstos e información adicional. Por ejemplo, cada celda puede tener una bandera válida, que está puesta para mostrar que la celda contiene una predicción válida. Al inicio de la operación, se reponen todas las banderas válidas. Después de que un SV entra en el campo de visión, los datos recibidos se vuelven disponibles y se almacenan los bits válidos que están puestos como predicciones. A partir de entonces, se pueden reponer las banderas válidas según acontecimientos que pueden afectar la fiabilidad de la predicción, o no se puede llevar a cabo ninguna reinicialización. En otra implementación, se puede utilizar una bandera válida de más de un bit para indicar distintos grados de fiabilidad.

Cada celda de 32 bits puede contener una palabra de navegación de 30 bits y una bandera válida de 1 bit. De forma alternativa, se pueden almacenar las diez palabras de navegación como una subtrama de 300 bits con una o más banderas válidas. De forma alternativa, se pueden almacenar los datos de cada palabra de navegación como 24 bits de datos (es decir, sin un cálculo de suma de verificación y/o sin cobertura por paridad), o se pueden almacenar los datos de cada subtrama de diez palabras como 240 bits o 30 bytes. Se puede reducir adicionalmente la longitud de almacenamiento de una subtrama prevista al omitir otra información redundante tal como los bits de control de paridad y/u otros bits del mensaje de datos que puedan ser regenerados fácilmente. En los últimos casos, se puede llevar a cabo el cálculo de suma de verificación, la cobertura por paridad, y/o el cálculo de otra información redundante en algún punto mientras que se recuperan los datos, o después de ello, de la memoria intermedia (por ejemplo, en respuesta a una solicitud de predicción como se describe a continuación).

Aunque el procedimiento de la FIGURA 5 tiene poca sobrecarga de procesamiento, se pueden cambiar porciones de los datos recibidos de una supertrama a la siguiente. Por ejemplo, al menos algunas porciones de un mensaje de datos de navegación de GPS cambiarán de una supertrama a la siguiente. Debido a las operaciones de suma de verificación y de cobertura por paridad, un cambio únicamente a un bit puede corromper una porción significativa del resto de una subtrama de GPS.

Una porción de un mensaje de GPS que cambia en cada subtrama es el sello de tiempo que aparece como los primeros 17 bits de la HOW (es decir, el valor de la TOW). Reponer a medianoche del sábado – domingo, el valor de la TOW indica la hora del GPS de la siguiente transición de subtrama. Cada unidad en el valor de la TOW indica un periodo de seis segundos (es decir, una subtrama de GPS), y se aumenta el valor de la TOW exactamente una

unidad de una subtrama a la siguiente. Como resultado de este incremento, los sellos de tiempo (y, por lo tanto, las HOW) en las subtramas de GPS según son previstas por medio del procedimiento de la FIGURA 5 serán incorrectos.

5 Debido a que los últimos dos bits de la HOW están definidos para tener valores de cero, puede ser deseable eliminar la propagación de errores de HOW en las subtramas 3-10 de GPS al obligar a estos bits a ser cero (es decir, antes de hacer referencia a ellos en operaciones de suma de verificación o de cobertura por paridad para la siguiente subtrama). También se puede saltar o rechazar la HOW durante la predicción, o se puede ajustar el intervalo durante el cual se solicita la predicción (con una notificación apropiada al solicitante), de forma que los datos previstos recuperados de la memoria intermedia de predicción no incluyan una HOW. De forma alternativa, una
10 unidad que aplica los datos previstos puede ignorar la HOW prevista.

En la FIGURA 9A, se presenta un procedimiento según una realización alternativa de la invención. Se recibe un mensaje de datos en la tarea P105, y la tarea P205 actualiza uno o más sellos de tiempo en el mensaje. La tarea P215 genera nuevos códigos de detección de errores que pueden reflejar un cambio en el mensaje como resultado de los nuevos sellos de tiempo, y la tarea P315 almacena el mensaje previsto en una memoria intermedia de
15 predicción.

La FIGURA 9B muestra un diagrama de flujo para una implementación de un procedimiento como se muestra en la FIGURA 9A. En la tarea P210, se incrementa en 125 la TOW de cada subtrama recibida. En la tarea P220, se regenera la suma de verificación para cada una de las palabras de cada subtrama, se calculan los bits 23 y 24 de control de paridad de las palabras dos y diez, y se cubren por paridad todos los bits como se ha descrito
20 anteriormente. De forma alternativa, se pueden regenerar solo la suma de verificación de la palabra 2 y los bits 23 y 24 de control de paridad de la palabra 2. Se pueden llevar a cabo a la vez una o más entre las tareas P210, P220, y P320 con la tarea P110, de forma que al menos una porción de los datos previstos pueda ser procesada y/o pueda estar disponible antes de que se haya recibido toda la supertrama. En otra implementación, se pueden llevar a cabo las tareas P210 y P220 después de que se almacenan los datos recibidos en la memoria intermedia de predicción, reponiéndose los bits válidos apropiados hasta que se completan estas tareas. Suponiendo una recepción perfecta de la señal y ninguna actualización de los datos, se puede esperar una predicción completamente precisa.
25

En un procedimiento de predicción de datos según una realización adicional de la invención, se verifica una secuencia fija (por ejemplo, la palabra de TLM de GPS). La palabra de TLM de GPS incluye un preámbulo constante de 8 bits para una sincronización y, en la mayoría de los casos, la palabra de TLM es la misma en todas las subtramas de GPS durante un periodo de una semana. Sin embargo, ocasionalmente un SV transmitirá una subtrama en la que se sustituye la palabra regular de TLM por una irregular (por ejemplo, una palabra de TLM que contiene un mensaje clasificado del sistema). Aunque la incidencia de una palabra irregular de TLM es en gran medida imprevisible, la aparición de palabras irregulares de TLM en subtramas consecutivas es muy improbable. Al almacenar una copia de la palabra regular de TLM, y al sustituir esta copia en la predicción por una palabra irregular de TLM que fue recibida, se puede reducir el número de errores de predicción de la palabra de TLM
30 aproximadamente un 50%.
35

La FIGURA 10 muestra un diagrama de flujo para una implementación particular de un procedimiento como se ha descrito anteriormente. En la tarea P112, se recibe una porción de un mensaje de datos (por ejemplo, una subtrama de GPS). En la tarea P212, se verifica una secuencia fija de la porción. La secuencia fija puede ser una palabra de TLM en un mensaje de datos de GPS, o una secuencia de sincronización y/o de training (por ejemplo, para una estimación de canal) en otro mensaje de datos. Se puede utilizar el resultado de tal prueba para corregir la secuencia en la predicción o, de forma alternativa, marcar el error con una bandera (por ejemplo, al emitir una señal de aviso o al reponer la bandera válida para el bloque afectado de datos previstos). En la tarea P322, se almacenan los datos previstos en una memoria intermedia de predicción (por ejemplo, según se indexan mediante la TOW e ID del SV).
40
45

La FIGURA 11 muestra una implementación P212a de la tarea P212 que lleva a cabo una verificación de la palabra de TLM de GPS, junto con una implementación de una tarea P770 que lleva a cabo una corrección de TLM. En la tarea P562, se comprueba la palabra de TLM recibida para ver si es distinta de la última palabra de TLM recibida. Si se ha recibido la misma palabra de TLM dos veces consecutivamente, entonces es almacenada (por ejemplo, en un registro de microprocesador u otra ubicación de memoria) como la palabra regular de TLM en la tarea P564. En la tarea P566, la TLM recibida es almacenada en la memoria como la última palabra recibida de TLM. En la tarea P770, la TLM regular es sustituida por la TLM recibida en los datos previstos.
50

En los datos de mensaje de un mensaje de datos de GPS, pueden ocurrir dos tipos principales de actualizaciones. El primero es una actualización de los datos de efemérides, que ocurre una vez cada dos horas y comienza exactamente en el límite horario del GPS. Las actualizaciones de efemérides dejan sin cambios los datos de almanaque, y debido a que el conjunto completo de datos de efemérides tiene una longitud únicamente de 3 subtramas, cada periodo de dos horas incluirá únicamente 18 segundos durante los que es probable que la predicción de efemérides sea errónea. Incluso en este tramo de tres subtramas, se puede seguir llevando a cabo una predicción limitada dado que se pueden predecir las primeras dos palabras de cada una de las tres subtramas
55

ausentes de GPS: lo más probable es que la palabra de TLM esté sin modificar y los bits indicadores de la HOW pueden ser generados a partir de datos recibidos anteriores y de la hora del GPS.

5 Al aplicar un procedimiento para predecir datos que predicen la siguiente supertrama (por ejemplo, como se muestra en la FIGURA 5), puede ser necesario en algunos casos SV) esperar 12,5 minutos antes de que esté disponible la primera predicción para un SV (por ejemplo, después de un arranque en frío o durante una readquisición de un SV), aunque el conjunto de datos de efemérides se repite. La FIGURA 12 muestra un procedimiento según una realización adicional de la invención en el que las predicciones de gran parte de un mensaje de datos de GPS pueden estar disponibles tras únicamente 30 segundos.

10 En la tarea P120, se reciben las palabras 3-10 de las subtramas 1-3 (cualesquiera otros datos recibidos pueden ser procesados o ignorados). En la tarea P330, se almacenan las palabras 3-10 en la memoria intermedia de predicción como predicciones de las palabras correspondientes en la siguiente trama. Como se ha hecho notar anteriormente, las operaciones de codificación de la paridad y de CRC en las palabras 3-10 no dependen del contenido de las palabras 1 y 2. Si se desea, también se puede incluir la palabra de TLM (palabra 1) en la predicción, dado que solo se espera que cambie con poca frecuencia.

15 La FIGURA 13 muestra un procedimiento en el que las técnicas descritas anteriormente son aplicadas para obtener datos previstos para una subtrama completa únicamente tras 30 segundos (únicamente las subtramas 1-3). En la tarea P230, se actualiza la TOW de la subtrama recibida en la tarea P130 para corresponderse con la siguiente trama (es decir, se incrementa su valor en 5). En la tarea P240, se vuelven a calcular los bits de comprobación de paridad con base en los otros bits de los datos futuros previstos, se regenera la suma de verificación, y se lleva a cabo una cobertura como se ha descrito anteriormente con respecto a la tarea P220. En la tarea P340, se almacena la subtrama prevista en la memoria intermedia de predicción en una ubicación correspondiente a la misma subtrama de la siguiente trama. Se debe hacer notar que aunque este procedimiento es útil para proporcionar predicciones de las subtramas 1-3 únicamente tras 30 segundos, los datos de almanaque de las subtramas 4 y 5 únicamente se repiten cada supertrama incluso en la ausencia de una actualización, y la información necesaria para proporcionar una predicción para la siguiente trama puede no estar disponible generalmente.

20 Tras un arranque en frío de un receptor GPS (por ejemplo, un receptor GPS de mano, o un receptor GPS que está instalado en un vehículo o en una unidad móvil tal como un teléfono móvil), o en el caso de una adquisición de un SV que asciende desde una elevación baja o una readquisición de un SV, se puede utilizar un procedimiento como se muestra en la FIGURA 13 para predecir hasta un 60% de los bits de un mensaje de datos de GPS únicamente tras un retraso de 30 segundos. Si se puede sincronizar que una operación que aplica los datos previstos sean activos únicamente durante las subtramas 1-3 de cada trama recibida, entonces la predicción puede ser 100% eficaz. En tal caso, se supone que el receptor que aplica los datos previstos está sincronizado, o puede estarlo, con la hora del GPS (en los 30 segundos iniciales de operación si es necesario).

Memoria en limpio con enmiendas incorporadas

35 Los procedimientos de las FIGURAS 12 y 13 pueden ser modificados para permitir una predicción por duplicado. En estas realizaciones, los datos de efemérides son copiados no solo a la siguiente trama en la memoria intermedia de predicción sino también a una o más tramas distintas. Bajo una operación normal, tal operación puede ser redundante. En el caso de una interrupción en la señal recibida de datos, o una corrupción de la misma, (que puede estar indicado por un fallo en la suma de verificación, y que puede estar causado, por ejemplo, porque se produzca una pérdida de señal de los satélites a ángulos de baja elevación), sin embargo, una predicción por duplicado puede ayudar a reducir o evitar el efecto de la pérdida de datos. En una implementación distribuida de un procedimiento según una realización de la invención, se pueden remitir los datos previstos a otros predictores (por ejemplo, a través de una red de área local) para aliviar los efectos de invisibilidades localizados de SV.

40 En el límite semanal del GPS (medianoche del sábado – domingo), se reponen los números de trama y de subtrama. En un procedimiento según una realización adicional de la invención, cambios en la corrección de cambio de semana. En esta realización, cuando la TOW se aproxima a su valor máximo, se sabe que sigue un cambio de semana. Es decir, cuando la TOW prevista indica un cambio de semana, se corrige el valor de la TOW y se incrementa el número de semana en la palabra 3 de la subtrama 1. Dado que en el límite semanal se reponen tanto los números de trama como de subtrama, se ajusta el índice en la memoria intermedia de predicción en consecuencia. Se debería hacer notar que aunque el número total de subtramas en una semana (100.800) es un número entero múltiplo de 5, no es un número entero múltiplo de 125. Por lo tanto, en los límites semanales, habrá un salto en la secuencia de índice de las tramas.

45 La operación del algoritmo de predicción de bits es como sigue. En primer lugar, se recibe una subtrama actual de una señal de GPS y se almacena en una memoria intermedia. A continuación, se predice una siguiente subtrama correspondiente utilizando los procedimientos descritos anteriormente. La subtrama prevista es almacenada y termina el procedimiento.

55 Se lleva a cabo un procedimiento para determinar si es factible una predicción de subtrama, lo que lleva unos pocos milisegundos, o el usuario tiene que esperar a la siguiente subtrama, lo que lleva 6 segundos. En primer lugar, se

recibe una subtrama de un SV. A continuación, (resolver la ambigüedad BPSK) el procedimiento determina si el bit 30 de la palabra 2 es cero, y si el bit 30 de la palabra 2 es cero, entonces se almacena la subtrama en una memoria intermedia. Si el bit 30 de la palabra 2 no es cero, entonces se invierten todos los bits en la subtrama recibida y se almacenan en la memoria intermedia.

5 Después de almacenar la subtrama recibida en la memoria intermedia, el procedimiento determina si es válido el registro de cabecera de la subtrama. Se verifica el preámbulo y se comprueba el CRC. Si el registro de cabecera de la subtrama no es válido, entonces el procedimiento terminará y esperará a la siguiente subtrama, que dura 6 segundos. Si el registro de cabecera de la subtrama es válido, entonces el procedimiento comprueba si el CRC es válido para todas las 10 palabras. De nuevo, si el CRC para todas las 10 palabras no es válido, entonces el
10 procedimiento terminará y esperará a la siguiente subtrama.

A continuación, el procedimiento determina si hay una predicción válida para esta subtrama. Si no hay ninguna predicción válida para esta subtrama, entonces el procedimiento llevará a cabo una predicción de subtrama. Si hay una predicción válida para la subtrama, entonces el procedimiento determinará si las TOW recibida y prevista coinciden. Si las TOW recibida y prevista no coinciden, entonces el procedimiento llevará a cabo la predicción de
15 subtrama. Si las TOW recibida y prevista coinciden, entonces el procedimiento pasará a la siguiente etapa que es determinar si existe una coincidencia perfecta entre las subtramas recibida y prevista. Si no hay una coincidencia perfecta, entonces el procedimiento determinará el código de error y registrará el error. Si hay una coincidencia perfecta entre las subtramas recibida y prevista, entonces el procedimiento llevará a cabo la predicción de la subtrama. Después de que se registra el código de error, el procedimiento determina si la subtrama es una subtrama
20 de almanaque, y si no lo es, entonces el procedimiento llevará a cabo la predicción de subtrama. Si el procedimiento determina que la subtrama es una subtrama de almanaque, entonces el procedimiento llevará a cabo la actualización de almanaque. Después de que se efectúa la actualización de almanaque, el procedimiento llevará a cabo la predicción de la subtrama.

Se describirá ahora la tarea de predicción de la subtrama. Se guarda el valor de la TOW según es recibida. A
25 continuación, el procedimiento determina si la subtrama era una subtrama de almanaque. Si la subtrama recibida es una subtrama de almanaque, entonces se pone el valor de incremento de bucle a 125. Si la subtrama recibida no es una subtrama de almanaque, entonces se pone el valor de incremento de bucle a 5. Se incrementa la TOW en el valor de incremento de bucle. Se lleva a cabo el cálculo y el almacenamiento de la subtrama prevista.

Un procedimiento determina la TOW correcta para un cambio de semana. El procedimiento determina si la TOW es
30 menor que el número de segundos en una semana. Si la TOW no es menor que el número de segundos en una semana, entonces el procedimiento reduce el módulo de TOW al número de segundos en una semana e incrementa el WIN en 1. El procedimiento descartará la TLM y utilizará la TLM regular en su lugar.

El procedimiento genera el CRC para la subtrama. Entonces, el procedimiento lleva a cabo una operación de cifrado
35 por XOR, almacena la subtrama prevista en la posición apropiada en la memoria intermedia de predicción (por ejemplo, como se indica mediante la TOW), y pone una bandera válida.

Se explicará ahora la actualización del almanaque. El procedimiento comienza la actualización del almanaque. A
continuación, el procedimiento extrae la ID de página. Entonces, el procedimiento determina si la ID de página es 51 o si es una ID válida del SV, entonces el procedimiento extraerá las TOW vieja y nueva, y almacenará las TOW para
40 el SV en una memoria intermedia. Si la ID de página no es ni 51 ni es un SV válido, entonces el procedimiento sacará las TOW vieja y nueva de la memoria intermedia. El procedimiento pasa a determinar si la TOW vieja y el último instante de actualización del almanaque es el mismo. Si la TOW vieja y el último instante de actualización del almanaque son los mismos, entonces el procedimiento repondrá la tabla de actualización del almanaque como se muestra; si la TOW vieja y el último instante de actualización del almanaque no son los mismos, entonces el procedimiento determinará si la TOW nueva y el último instante del almanaque son los mismos.

45 Si la nueva TOW y el último instante de actualización del almanaque no son los mismos, entonces el procedimiento saldrá y terminará el procedimiento de actualización del almanaque como se muestra. Si la TOW nueva y el último instante de actualización del almanaque son los mismos, entonces el procedimiento determinará si la ID de página es una ID válida de SV, una ID falsa de SV o si es 51, 55 o 56 como se muestra. Si la ID de página es una ID válida de SV, una ID falsa de SV o 51, 55 o 56, entonces el procedimiento determinará si la subtrama es válida en la tabla
50 de actualización del almanaque. Si la subtrama no es válida en la tabla de actualización del almanaque, entonces el procedimiento almacenará la subtrama en la tabla de actualización del almanaque, pondrá una bandera válida para esta subtrama y terminará el procedimiento de actualización del almanaque y comienza el procedimiento de predicción de la subtrama. Si el procedimiento determina que la subtrama es válida en la tabla de actualización del almanaque, entonces el procedimiento sacará todas las subtramas válidas de la tabla de actualización del
55 almanaque y sustituirá las palabras 2-10 en las subtramas previstas por este SV y pasará a realizar la predicción de la subtrama.

Con base en las anteriores consideraciones, se puede llevar a cabo una estimación de la predicción. Suponiendo que las actualizaciones del almanaque se producen cada 20 horas, entonces en un periodo dado de 20 horas o de 72.000 segundos, para cualquier satélite, habrá una actualización de almanaque y 10 actualizaciones de efemérides.

Se puede estimar la interrupción debido a la actualización del almanaque como $318 / 5 = 64$ segundos, mientras que la interrupción debida a la actualización de la efemérides será de $10 \times 18 = 180$ segundos. Además, durante las actualizaciones del almanaque, con base en datos experimentales, se espera que se produzcan aproximadamente cinco mensajes irregulares de TLM, que son transmitidos en las subtramas de efemérides. Esto añadirá 30 segundos adicionales de error de predicción. Por lo tanto, se puede estimar la tasa de predicciones erróneas de subtrama como $(180 + 64 + 30) / 72.000 = 0,38\%$. Los datos experimentales muestran aproximadamente una tasa de error del 0,5%. La diferencia es debida a mensajes irregulares impredecibles del sistema contenidos en los campos reservados de datos, por ejemplo, datos clasificados.

Se podría estimar la tasa de error de predicción de bits como la mitad de la tasa de error de la subtrama. Esto parecería razonable si se da por sentado que se cambian los bits con un 50% de probabilidad. Sin embargo, esta suposición es inválida por dos razones. En primer lugar, en una actualización, normalmente solo se cambian algunos bits menos significativos en los datos de navegación. Esto tiene como resultado una tasa reducida de errores de bits. En segundo lugar, cuando una predicción de palabra es errónea, entonces con un 50% de probabilidad, se cambiará el bit 30 del CRC, lo que invertirá todos los bits de datos en la siguiente palabra. En general, predomina el segundo efecto, que proporciona una tasa de error de bits ligeramente superior a la mitad de la tasa de error de subtramas. Esto coincide bien con los datos experimentales.

Aparentemente, un problema adicional es que los bits desconocidos 29° y 30° de las subtramas no previstas se propagan por el mecanismo XOR a la parte predecible de los datos. Obviamente, si se determinan las cuatro hipótesis según todos los valores posibles de los bits 29 y 30, entonces una de las hipótesis de predicción siempre será correcta. Además, si se considera que es suficiente predecir todos los bits con una constante aditiva de módulo 2 (es decir, está bien que todos los bits estén invertidos para obtener el mismo rendimiento GPS), entonces se puede afirmar que son suficientes dos hipótesis. Por desgracia, cada duplicación del número de hipótesis también dobla la probabilidad de una falsa alarma (es decir, escoger el cronocorrimiento/la frecuencia incorrectos en la búsqueda del código). Sin embargo, se pueden desechar totalmente si la predicción de bits siempre comienza en límites de las subtramas. Esto es debido a que las palabras segunda y décima en cada subtrama contienen los bits 23 y 24, que se determinan de tal forma que los bits 29 y 30 de las palabras segunda y décima son siempre ceros. Entonces, se puede predecir perfectamente la secuencia de datos que sigue.

Incluso si no se comienza la predicción en límites de subtramas, la degradación del rendimiento del receptor GPS debido a la propagación de los errores de bits mediante el mecanismo XOR seguirá siendo limitada. Esto es debido a que la mayor parte de los errores de bits pueden ser modelados como una modulación aleatoria con una forma de onda digital ± 1 que tiene una tasa muy baja de bits de 50 Hz / 30 = 1,6 Hz, siendo 50 Hz la tasa de bits de navegación y el factor de 30 es el número de bits en una palabra. Por lo tanto, cuando se realiza la detección de la señal de GPS en el dominio de frecuencia, entonces se espera que los espectros sean ensanchados únicamente 1,6 Hz. Los componentes periódicos discretos de los espectros de modulación serán ceros debido a que son igual de probables los bits de error de modulación +1 y -1.

En un procedimiento para predecir datos de navegación según otras realizaciones de la invención se proporciona a un solicitante una porción de los datos previstos. Como se describe a continuación, el solicitante puede ser un receptor GPS (por ejemplo, una unidad móvil), y se pueden utilizar datos previstos para soportar un periodo prolongado de integración coherente. En otras realizaciones, la entidad de predicción puede meter datos previstos en otra entidad en vez de (o además de) responder a una solicitud de datos.

En una implementación de un sistema según una realización de la invención, se pueden ignorar predicciones de la palabra 2 de cada subtrama (por ejemplo, por parte de la unidad móvil que aplica las predicciones) para evitar la imprecisión de la TOW descrita anteriormente.

Como se describe a continuación, se puede aplicar un procedimiento según una realización de la invención para soportar una localización de la posición tras una solicitud en los receptores móviles. Se puede implementar completamente el procedimiento de predicción en un sitio central, que tiene un acceso sin obstrucciones a las señales de satélites, o en el lado receptor, en cuyo caso el sitio central solo envía un conjunto mínimo de información que permite al receptor llevar a cabo la predicción de datos de navegación.

Se pueden ajustar de forma discrecional el momento de inicio de la predicción y la duración, según los términos de la consulta del solicitante. De esta forma, se evita la sobrecarga que se provocaría al transmitir más datos de navegación de los que necesita el solicitante.

Una entidad de determinación de la posición (PDE) puede incluir un aparato que lleva a cabo un procedimiento de predicción como se describe en el presente documento. En un sistema celular para comunicaciones inalámbricas móviles, una estación base puede incluir una PDE (que puede recibir datos de GPS procedentes de un receptor GPS, o ella misma puede incluir un receptor GPS). En otras implementaciones, una estación base que incluye una PDE puede recibir datos de GPS procedentes de un receptor GPS de referencia que recibe y remite los datos a más de una estación base. De forma alternativa, una PDE puede estar ubicada alejada de la estación base. En un sistema celular para comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, un controlador de estación base (BSC) o un

- controlador de servicios móviles (MSC) puede incluir la PDE en vez de la estación base, y tal PDE puede soportar capacidades de predicción para más de una estación base. En otras implementaciones y/o en otros sistemas, se pueden encontrar los elementos de una PDE en más de una ubicación. Se debe hacer notar que en un sistema que ya utiliza las señales de GPS para fines de sincronización (por ejemplo, un sistema de teléfono celular de CDMA), puede ser incluso posible incorporar una o más PDE en la estructura existente.
- Se pueden utilizar los datos de un único receptor GPS para soportar una predicción en un área geográfica amplia. Un límite práctico al tamaño de tal área puede ser mantener el conjunto de SV visibles sustancialmente constante sobre el área. Si el receptor no puede ver todos los SV visibles por una unidad móvil particular, por ejemplo, puede no ser capaz de suministrar los datos de predicción necesarios para la unidad móvil para llevar a cabo una eliminación de modulación. En otra implementación, se pueden combinar datos recibidos de GPS por receptores en distintas ubicaciones para proporcionar datos apropiados de predicción a unidades móviles en un área geográfica más amplia.
- No es necesario que una PDE sea limitada por geografía de la misma forma, y es posible que una única PDE soporte un procedimiento de predicción como se describe en el presente documento en un área arbitrariamente grande. Por otra parte, se puede limitar la distancia eficaz entre una PDE y una entidad que recibe los datos previstos (por ejemplo, una unidad móvil) por el retraso entre la transmisión de los datos de predicción y su recepción (también denominado "latencia"). En algunas aplicaciones (por ejemplo, en las que la latencia no es lo suficientemente grave para afectar a la precisión de la localización de la posición), se pueden suministrar las predicciones con suficiente antelación para contrarrestar tales efectos de latencia.
- En un sistema según una realización de la invención, una entidad solicitante (por ejemplo, una unidad móvil) envía una consulta a una PDE que comprende una solicitud de una secuencia de datos previstos (una "secuencia de predicción"). Son posibles varios formatos distintos de consulta. Por ejemplo, la solicitud puede indicar los instantes de comienzo y de finalización de un periodo de datos de GPS para los cuales se desea una secuencia correspondiente de predicción. En un ejemplo adicional, se puede deducir el instante de comienzo y/o la duración de un periodo de datos de GPS para los cuales se desea una secuencia correspondiente de predicción (por ejemplo, según una relación predeterminada) desde un instante en el que se transmite la consulta por medio del solicitante o es recibida por la PDE.
- En un sistema según una realización alternativa de la invención, una PDE puede enviar una secuencia de predicción a una o más entidades sin haber recibido una solicitud correspondiente explícita. Por ejemplo, se puede radiodifundir una secuencia de predicción que se corresponde a un periodo de datos de GPS que tiene una longitud y/o un instante de comienzo predeterminado por medio de una PDE a intervalos predeterminados. En otro ejemplo, se puede iniciar la transmisión de una serie de secuencias de predicción según un horario predeterminado al menos en parte mediante una entidad solicitante, tal como una unidad móvil. En un ejemplo adicional, se puede determinar o influir en el inicio de la transmisión de una secuencia de predicción al menos en parte por un evento tal como un evento de registro (por ejemplo, tras el encendido de una unidad móvil, el movimiento de una unidad móvil entre áreas de servicio, etc.). En un ejemplo adicional, se pueden determinar o influir en las características del periodo correspondiente de datos de GPS al menos en parte mediante condiciones medioambientales (por ejemplo, las tarifas de servicio actualmente en vigor (horas punta o normales), la calidad de la señal recibida procedente de un SV, etc.).
- En un aparato según una realización adicional de la invención, una entidad solicitante tal como una unidad móvil incluye un receptor GPS local. La información recibida por el receptor GPS local puede ser almacenada para un procesamiento fuera de línea. Para soportar la eliminación de modulación en este caso, la unidad móvil puede enviar una solicitud de una secuencia histórica (es decir, una secuencia de datos de GPS que fue recibida por una PDE en el pasado) a diferencia de una secuencia de predicción. Aunque se pueden reducir (por ejemplo, porque no se requiere ninguna predicción) los requerimientos de procesamiento para una PDE en un sistema que incluye tal aparato, esta reducción puede estar compensada por mayores requerimientos de almacenamiento en la entidad solicitante para la información recibida por el receptor GPS local.
- En un aparato según una realización adicional de la invención, una entidad solicitante tal como una unidad móvil incluye un receptor GPS local. La información de almanaque recibida por el receptor GPS local procedente de un SV visible es almacenada en una tabla de almanaque. Entonces, la información de la tabla de almanaque es utilizada para soportar una eliminación de modulación en señales de GPS recibidas por el receptor GPS local procedentes de los SV que son menos visibles. De esta forma, se puede obtener una posición y/o una determinación de la hora precisas aunque solo haya visible un número limitado de satélites. Se debe hacer notar que se pueden utilizar tal aparato incluso sin una PDE.
- Se debe hacer notar en particular que un enlace de transmisión entre una PDE y una entidad solicitante no necesita ser inalámbrico. Por ejemplo, una PDE puede incluir un servidor conectado a Internet, y una entidad solicitante puede comprender cualquier dispositivo conectado a Internet que puede solicitar (por ejemplo, por medio de una conexión de HTTP) y/o aplicar una predicción y/o una secuencia histórica como se describe en el presente documento. Para tal aplicación, es posible que la latencia fuera significativamente mayor de lo que podría ocurrir en

una aplicación que incluyera una conexión inalámbrica entre una PDE basada en estación base y una unidad móvil solicitante. En otro ejemplo, la solicitud de predicción y/o la secuencia de predicción es transmitida por una conexión que cumple con al menos una porción de una o más versiones de la especificación Bluetooth™.

5 De forma alternativa, la PDE puede enviar una secuencia de predicción por propia iniciativa. En otra implementación, una unidad móvil puede recoger y registrar señales de GPS por sí sola. Estas señales pueden ser almacenadas para un procesamiento fuera de línea. Para llevar a cabo una eliminación de modulación, el móvil necesitará obtener datos de GPS del pasado. Se debe hacer notar que no se requiere ninguna predicción en este caso. Sin embargo, puede ser menos probable que esta variación sea implementada debido a los mayores requerimientos de almacenamiento que se imponen sobre la unidad móvil. (Normalmente datos del pasado para una eliminación de modulación pasado/presente/futuro).

10 En un caso en el que la unidad móvil pueda ver uno o más satélites bien pero no uno o más distintos (por ejemplo, se encuentra en el interior pero junto a una ventana), se pueden utilizar los datos de almanaque recibidos de el o los satélites visibles para predecir los datos recibidos de el o los satélites menos visibles. En tal caso, los datos pueden ser recibidos por la unidad móvil en vez de un receptor de referencia, y la unidad móvil puede ser una unidad independiente que no requiera una PDE.

15 Son posibles varios formatos distintos para la secuencia de predicción (o la secuencia histórica). Cuando el receptor tiene que atender frecuentes solicitudes de mediciones de satélites, entonces se reducirá la sobrecarga de comunicación si en vez de enviar la predicción de bits de navegación cada vez, el sitio central solo envía la cantidad mínima de información que permite al receptor llevar a cabo la predicción de bits. Por ejemplo, es innecesario comunicar el preámbulo, el número de semana (WIN), la TOW, la ID de subtrama (SFID) y el CRC dado que pueden ser regenerados fácilmente en el receptor si hay disponible un reloj local. Una parte significativa del resto de los datos de navegación tiene que ser transmitida al receptor de todos modos cuando se debe soportar un modo de receptor autónomo.

20 Como tal, un objeto de una unidad móvil es medir la fase de la señal de GPS. Sin embargo, no hay ninguna forma directa de que la unidad móvil mida una fase de la señal. Esto es debido a que para cada desfase posible, la unidad móvil debe efectuar una verificación para comprobar si hay o no una señal de correlación. Hay más de 2.000 ubicaciones posibles en el círculo de fases en una implementación móvil particular. Específicamente, hay 2.046 ubicaciones posibles de los 1.023 *chips* (en un ciclo del código CA conocido) con una tasa de muestreo de dos ($\times 2$). Se puede reducir el número de ubicaciones que deben ser buscadas, sin embargo, si se conoce dónde buscar, o aproximadamente dónde debería tener lugar la búsqueda en el círculo de fases.

25 Por lo tanto, la unidad móvil puede solicitar una predicción en algún punto en el futuro. Normalmente, es típico un tiempo de inicio de 10 segundos en el futuro. Se debería hacer notar que la unidad móvil solo solicita una secuencia de bits prevista cuando la necesita, por ejemplo, cuando la unidad móvil ha sido solicitada para proporcionar su posición.

30 La solicitud de la unidad móvil contiene dos elementos, un instante en el que comenzar la predicción en el futuro, y la duración de la predicción. La longitud de la duración está ligada al periodo de integración. Normalmente, se proporcionan treinta hipótesis de fase, y el periodo de integración es de más de 20 milisegundos. Esto tiene como resultado una integración coherente larga que requiere una eliminación de modulación. Normalmente, tarda entre medio segundo y un segundo para que la unidad móvil verifique todas las hipótesis de fase, dependiendo de los parámetros de solicitud de la unidad móvil en el tiempo tal como el tiempo hasta la primera determinación de la posición geográfica, la tasa de transferencia de datos desde la estación base a la unidad móvil, y el tiempo requerido de procesamiento o de correlación.

35 Cuando el receptor realiza un arranque en frío, entonces el sitio central envía todos los campos de datos, omitiendo las partes redundantes mencionadas anteriormente. El receptor almacena estos datos en la memoria. El sitio central también mantiene una copia actualizada de los datos que envió al receptor. El receptor puede extraer datos de efemérides, de almanaque y de salud del SV a partir de la información recibida si trabaja en un modo operativo autónomo. En cualquier caso, la predicción de bits puede ser llevada a cabo en el receptor utilizando los datos almacenados en su memoria. Si no hubiese ninguna actualización de datos de navegación, entonces no sería necesaria ninguna comunicación adicional entre el sitio central y el receptor para mantener una predicción continua de bits. Cuando se produce de hecho una actualización, entonces el sitio central solo envía al receptor la diferencia (XOR bit a bit) entre los nuevos datos y los datos almacenados. La diferencia es transmitida utilizando una codificación por longitud de serie, para reducir adicionalmente la sobrecarga de comunicaciones. Entonces, el receptor actualiza su versión de los datos de navegación. El sitio central hace lo mismo, de forma que siempre tiene una copia precisa del contenido de la memoria de datos de navegación del receptor. Para mantener un sincronismo entre las dos copias de los datos de navegación, el receptor envía periódicamente sumas de verificación para todas las palabras o subtramas. Si hay una discrepancia, entonces se volverán a transmitir los contenidos de datos de las palabras o subtramas en cuestión desde el sitio central al receptor.

5 El aparato, el procedimiento y el sistema dados a conocer son proporcionados para permitir que cualquier persona con un nivel normal de dominio de la técnica para realizar o utilizar la presente invención. Las diversas modificaciones al aparato, al procedimiento y al sistema dados a conocer serán inmediatamente evidentes para los expertos en la técnica, y se pueden aplicar los principios genéricos definidos en el presente documento a otras realizaciones sin el uso de una facultad inventiva. Por lo tanto, no se pretende que la presente invención esté limitada a los aparatos, los procedimientos y los sistemas descritos en el presente documento pero debe ser conceder el alcance más amplio de acuerdo con las reivindicaciones definidas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para proporcionar datos previstos, comprendiendo dicho procedimiento:
 - recibir (P100) datos de GPS, que incluyen una subtrama de una señal de GPS, procedentes de un transmisor;
 - 5 predecir (P200) datos futuros de navegación con base en los datos recibidos de GPS, en el que los datos de navegación son información portada una señal transmitida por un vehículo espacial;
 - almacenar (P300) los datos futuros previstos de navegación en una memoria intermedia;
 - recibir una solicitud de predicción;
 - 10 obtener datos futuros previstos de la memoria intermedia; y
 - transmitir los datos futuros previstos **caracterizado porque**
 - la solicitud de predicción define un intervalo de tiempo para el que se solicita una predicción
 - los datos futuros previstos obtenidos se corresponden con el intervalo de tiempo.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los datos recibidos de GPS incluyen una pluralidad de subtramas recibidas, incluyendo adicionalmente el procedimiento:
 - 15 incrementar (P250) en un valor predeterminado un sello de tiempo asociado con una entre la pluralidad de subtramas recibidas.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los datos previstos de navegación incluyen bits de paridad, incluyendo el procedimiento, además:
 - 20 volver a calcular los bits de paridad de los datos futuros previstos de navegación con base en el estado de los otros bits en los datos futuros previstos de navegación.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los datos previstos de navegación incluyen bits de suma de verificación, incluyendo el procedimiento, además:
 - 25 volver a generar los bits de suma de verificación de los datos futuros previstos de navegación con base en el estado de los otros bits en los datos futuros previstos.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el almacenamiento de los datos futuros previstos de navegación incluye almacenar los datos futuros previstos de navegación en una ubicación predeterminada de una memoria intermedia.

6. El procedimiento de proporcionar datos previstos según la reivindicación 1, en el que la recepción (P100) de datos de GPS incluye:
 - 30 almacenar la subtrama recibida en una memoria intermedia; y
 - en el que la predicción de datos futuros de navegación incluye predecir una siguiente subtrama correspondiente al cambiar el Tiempo de la semana y al regenerar el Código de redundancia cíclica de la subtrama recibida.

7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la fase de predicción de subtrama comprende, además, predecir datos de efemérides al repetir los datos de efemérides de la subtrama recibida en una siguiente trama.

8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la fase de predicción de subtrama comprende, además, predecir datos de efemérides al repetir los datos de efemérides de la subtrama recibida en las siguientes 50 tramas.

9. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que se utiliza un mensaje regular de telemetría en la fase de predicción de subtrama.

10. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que se mantiene una lista de los cambios más recientes de datos de almanaque, de forma que la fase de predicción de subtrama incluirá los últimos datos conocidos de almanaque.

11. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la fase de predicción de subtrama utiliza predicciones antiguas.

12. Un programa de ordenador adaptado para llevar a cabo el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

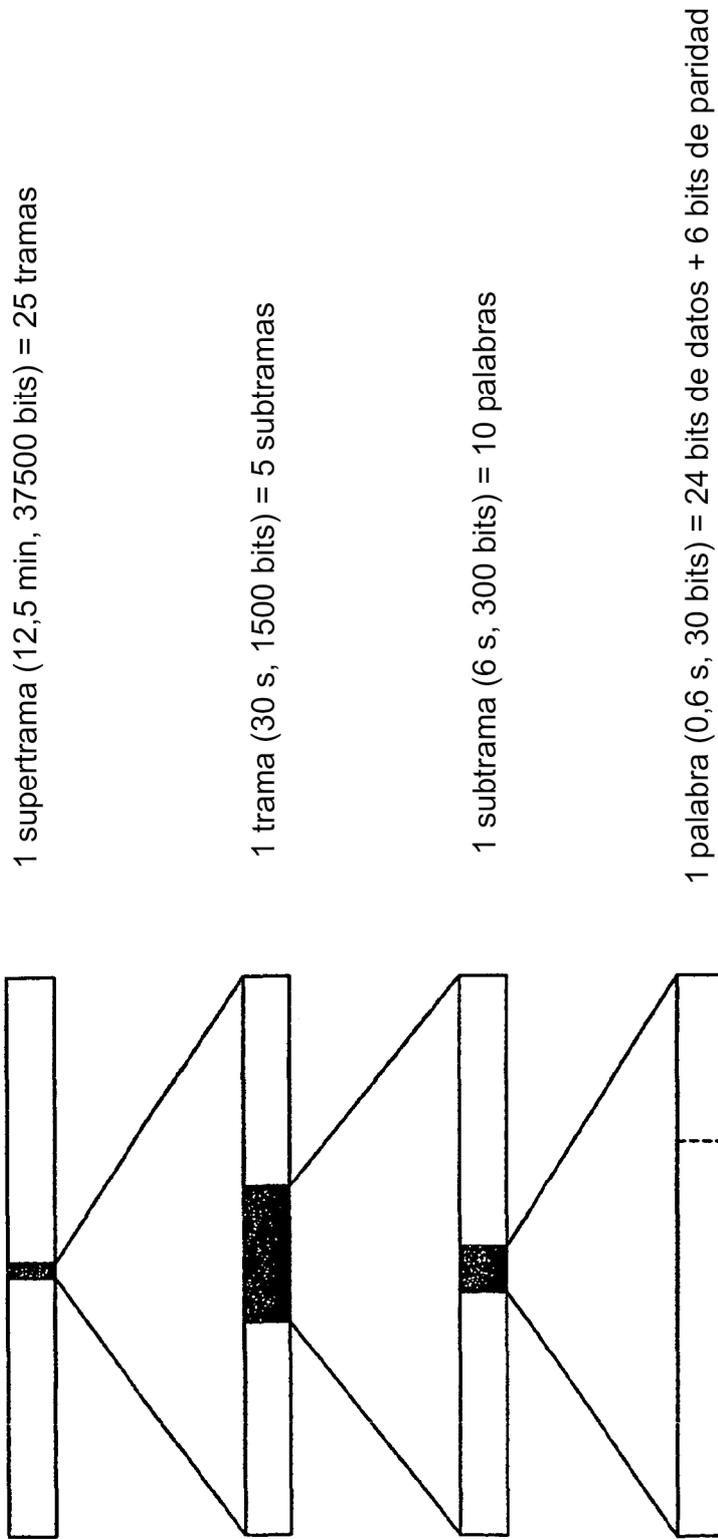


FIG. 1

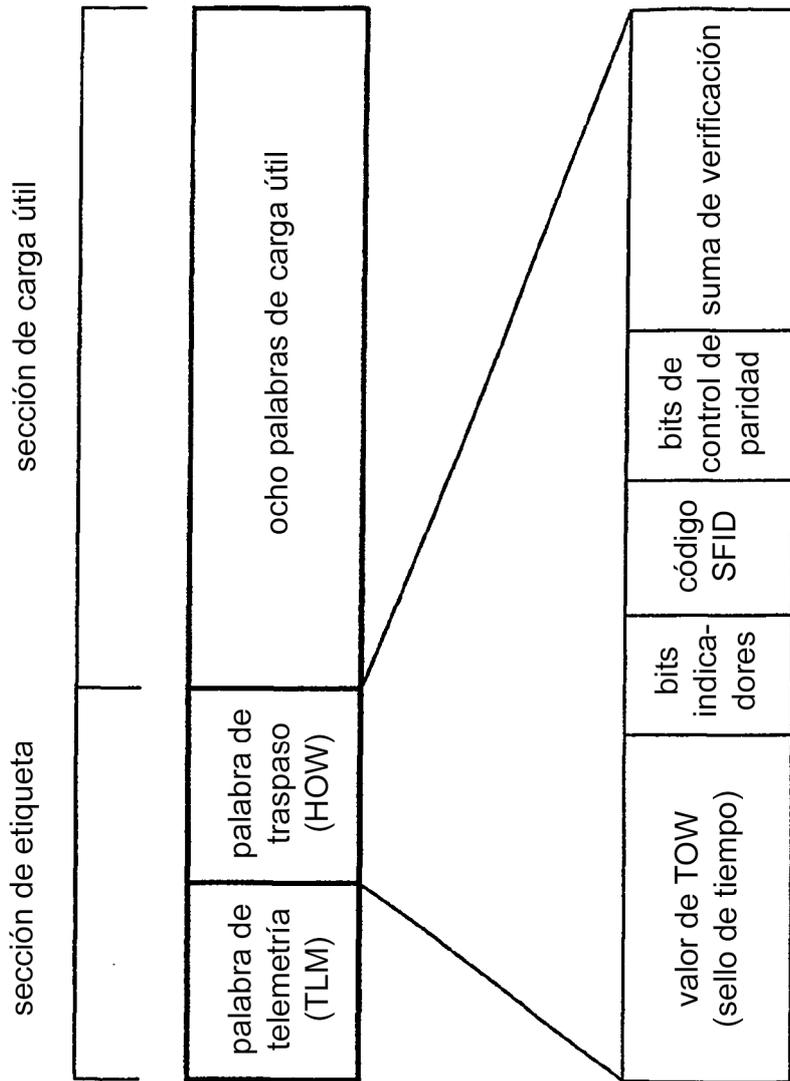


FIG. 2

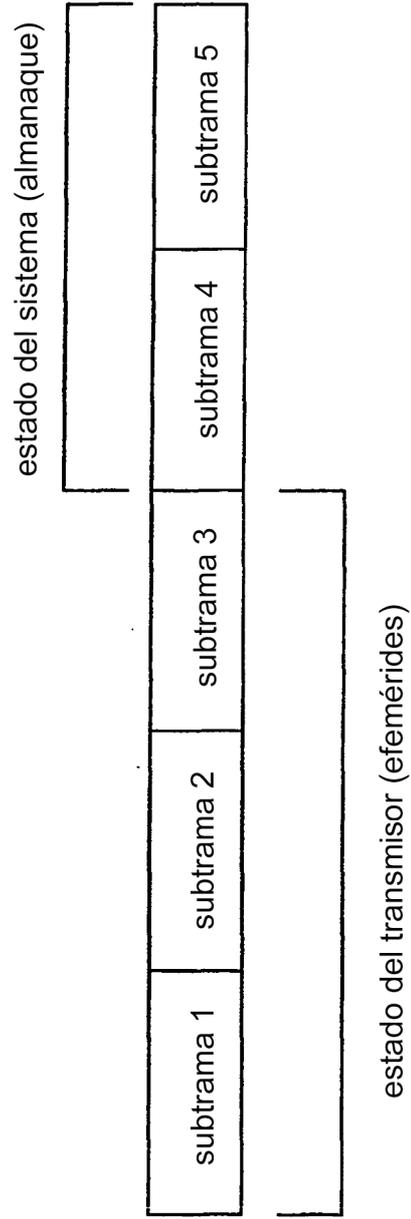


FIG. 3

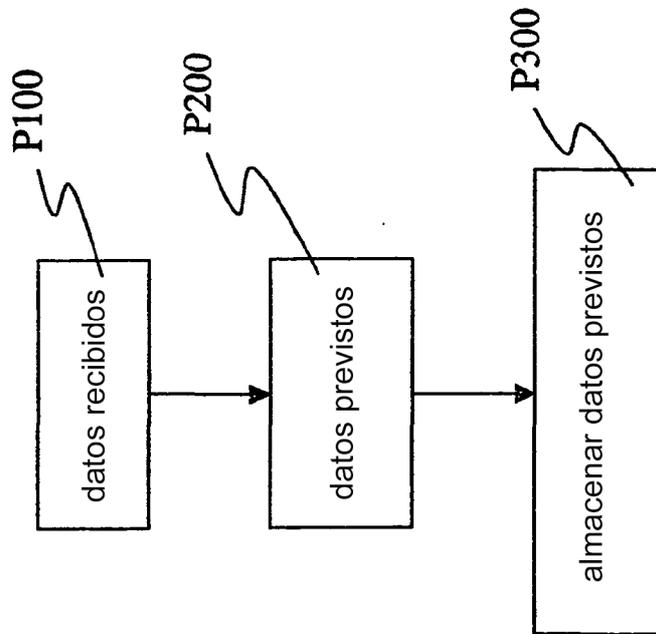


FIG. 4

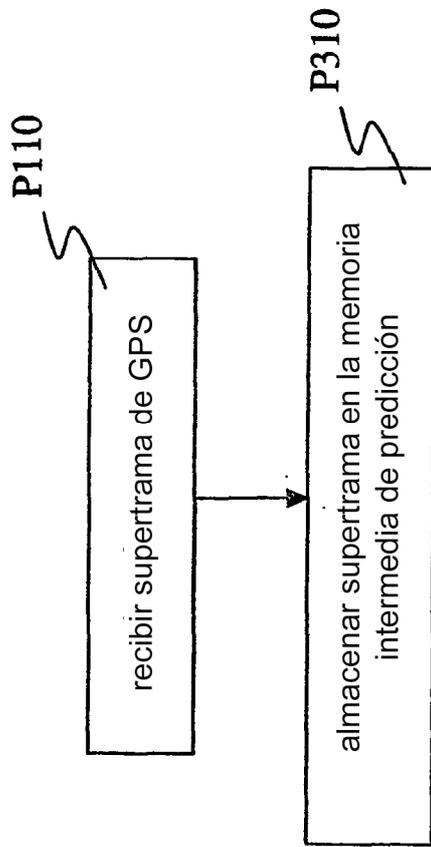


FIG. 5

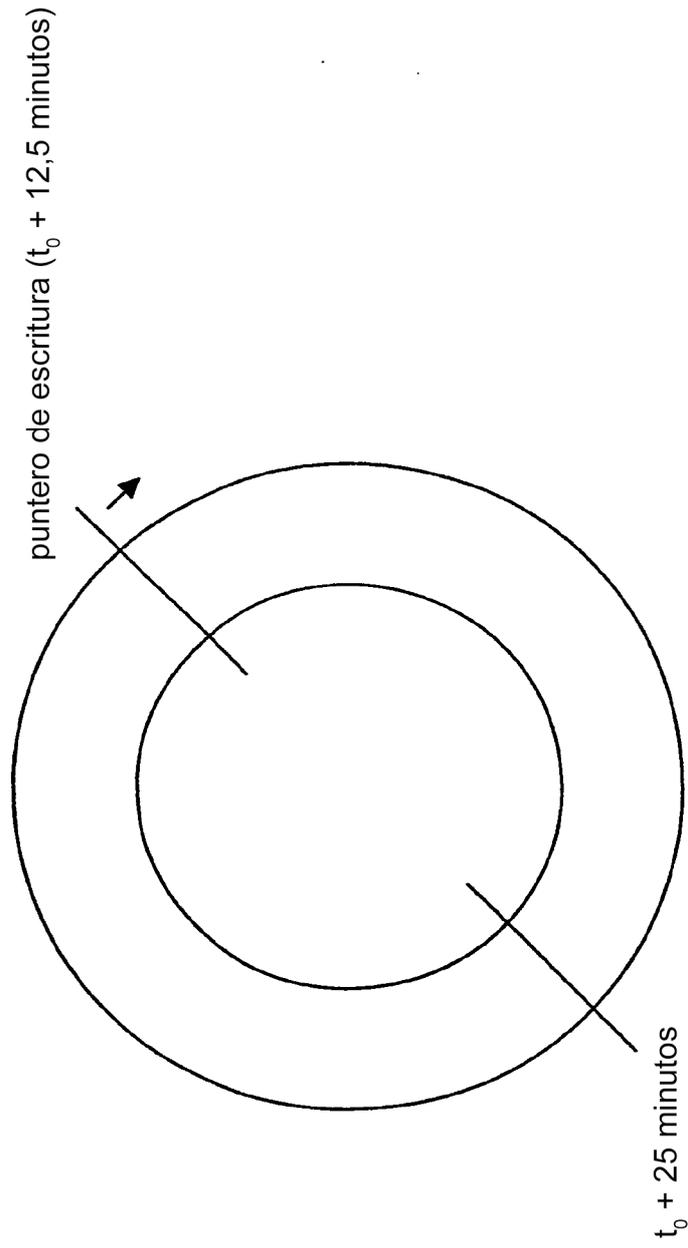


FIG. 6

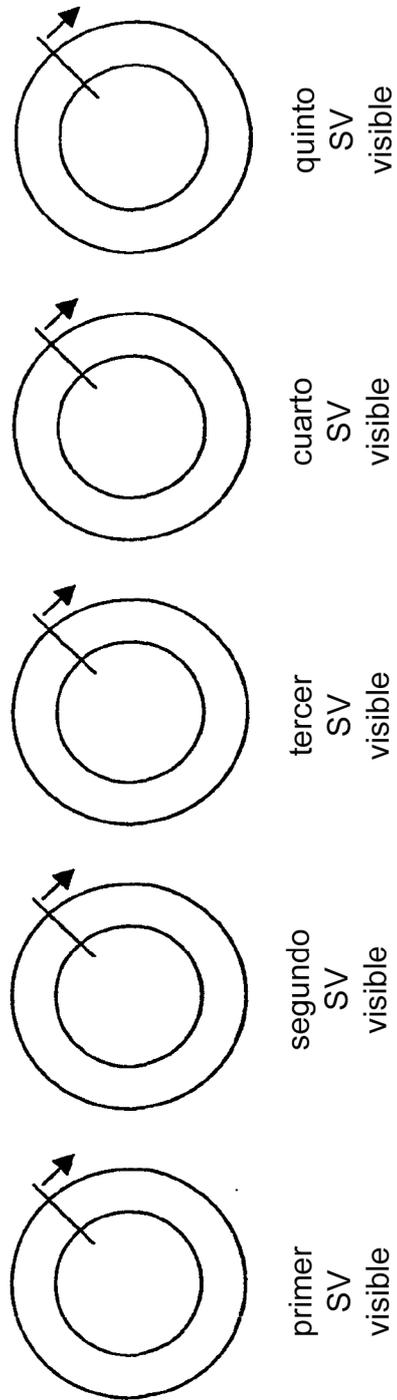


FIG. 7A

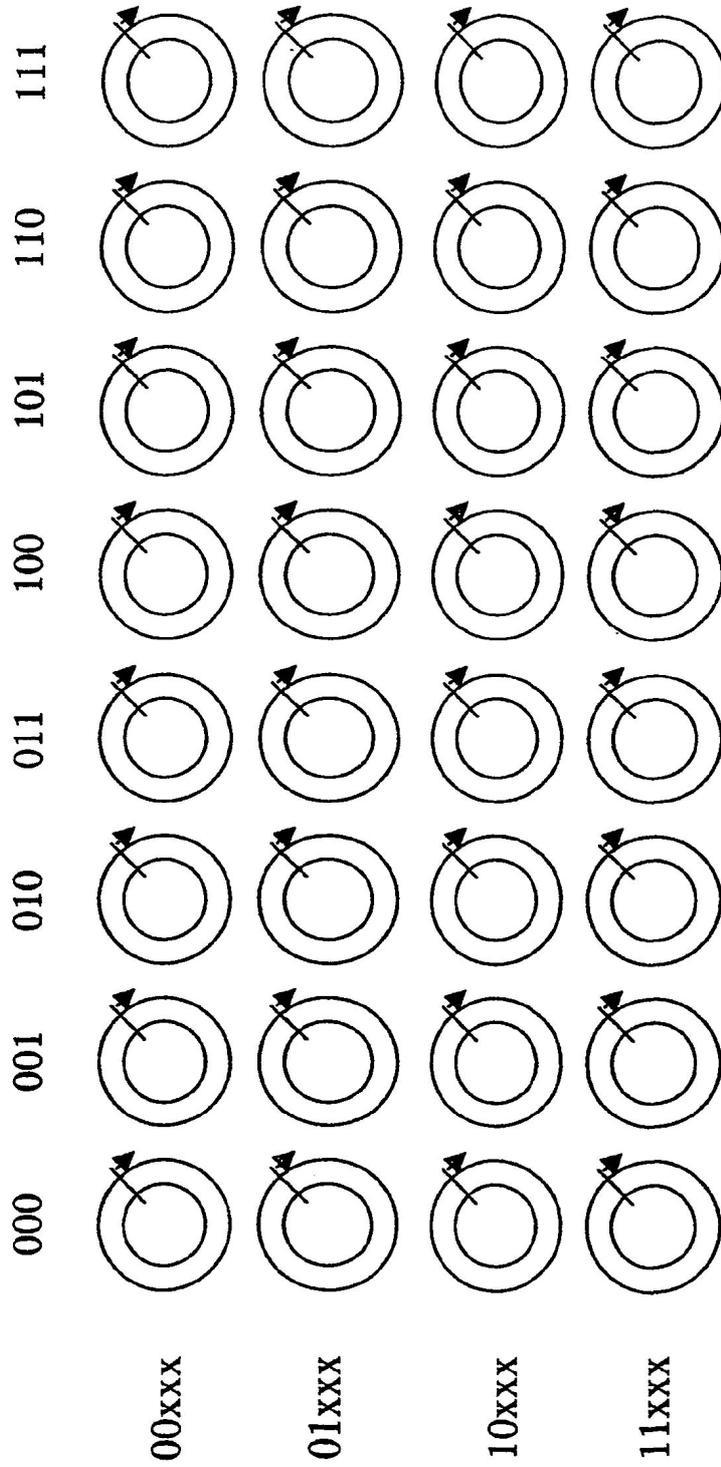


FIG. 7B

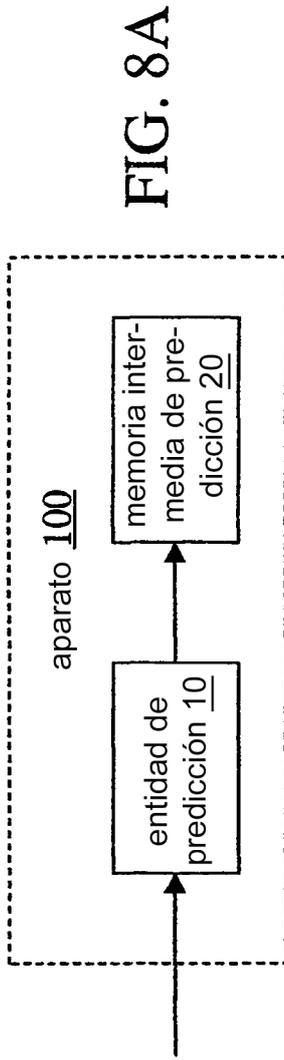


FIG. 8A

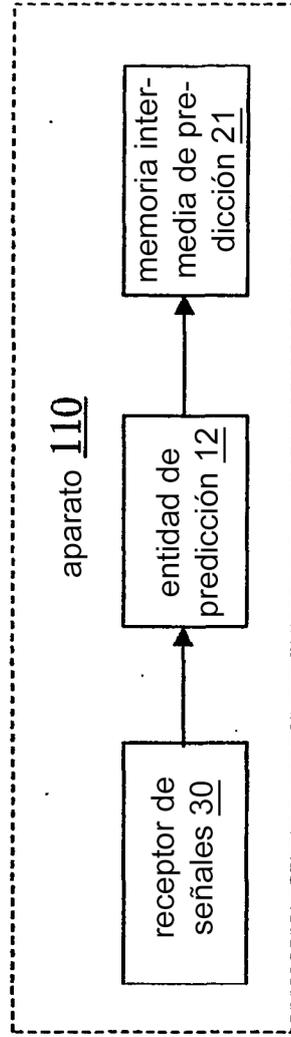


FIG. 8B

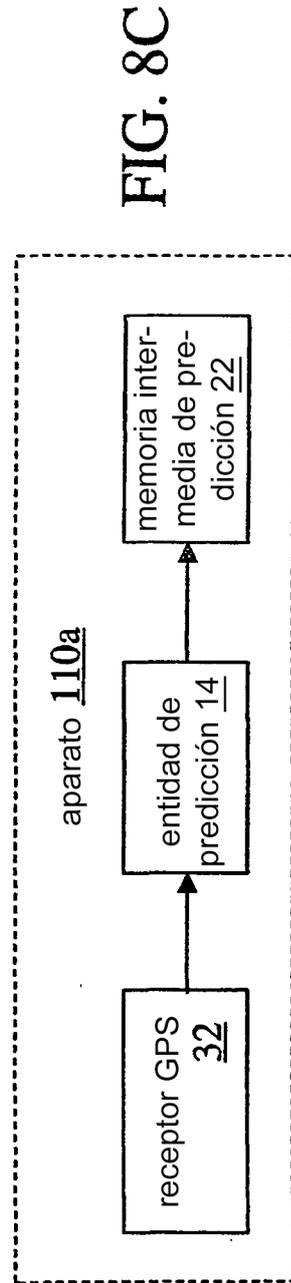


FIG. 8C

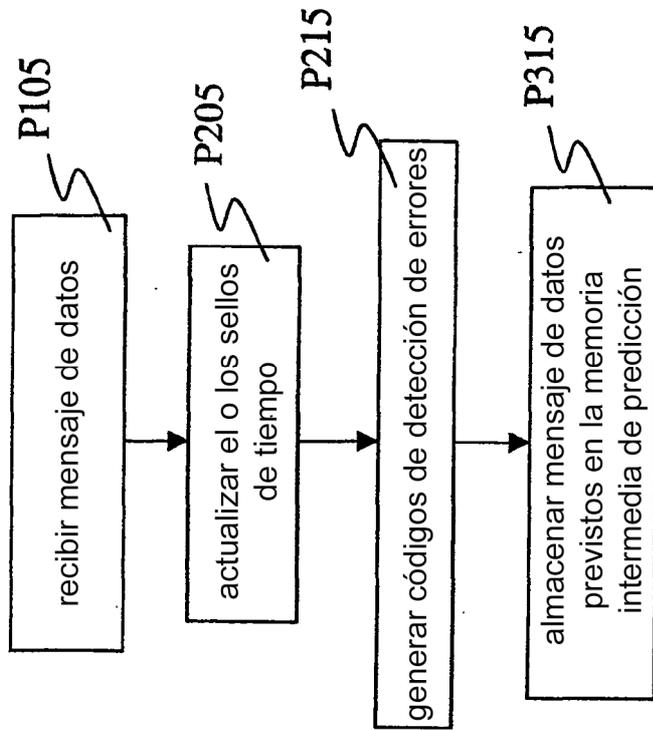


FIG. 9A

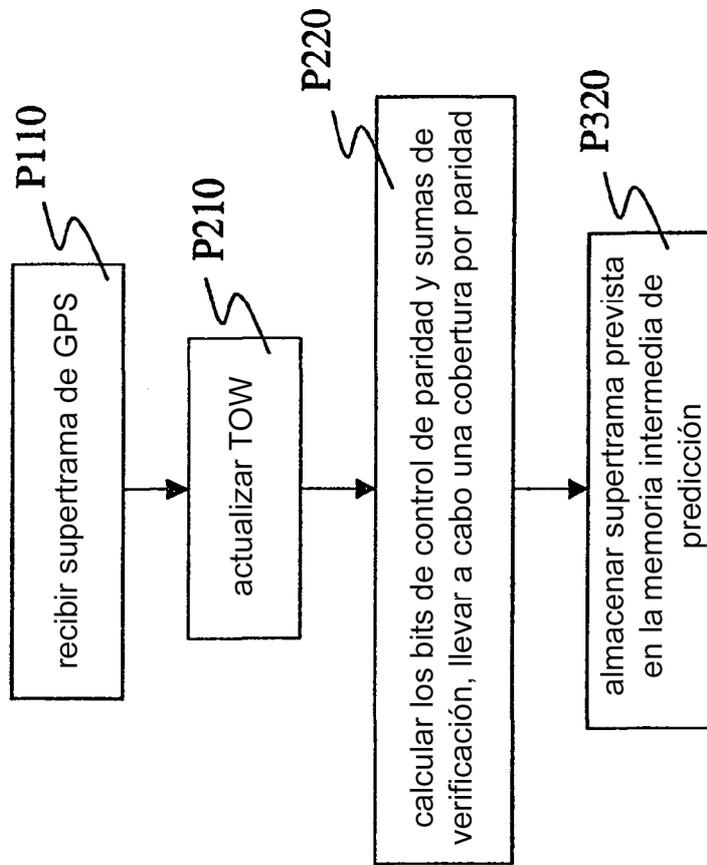


FIG. 9B

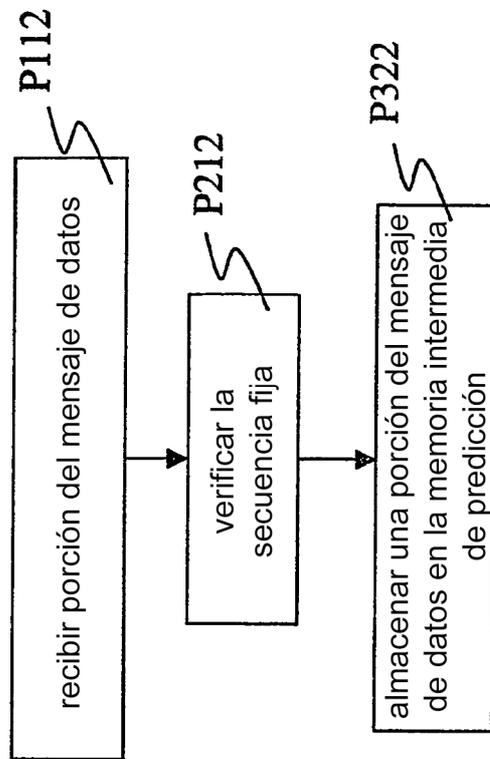


FIG. 10

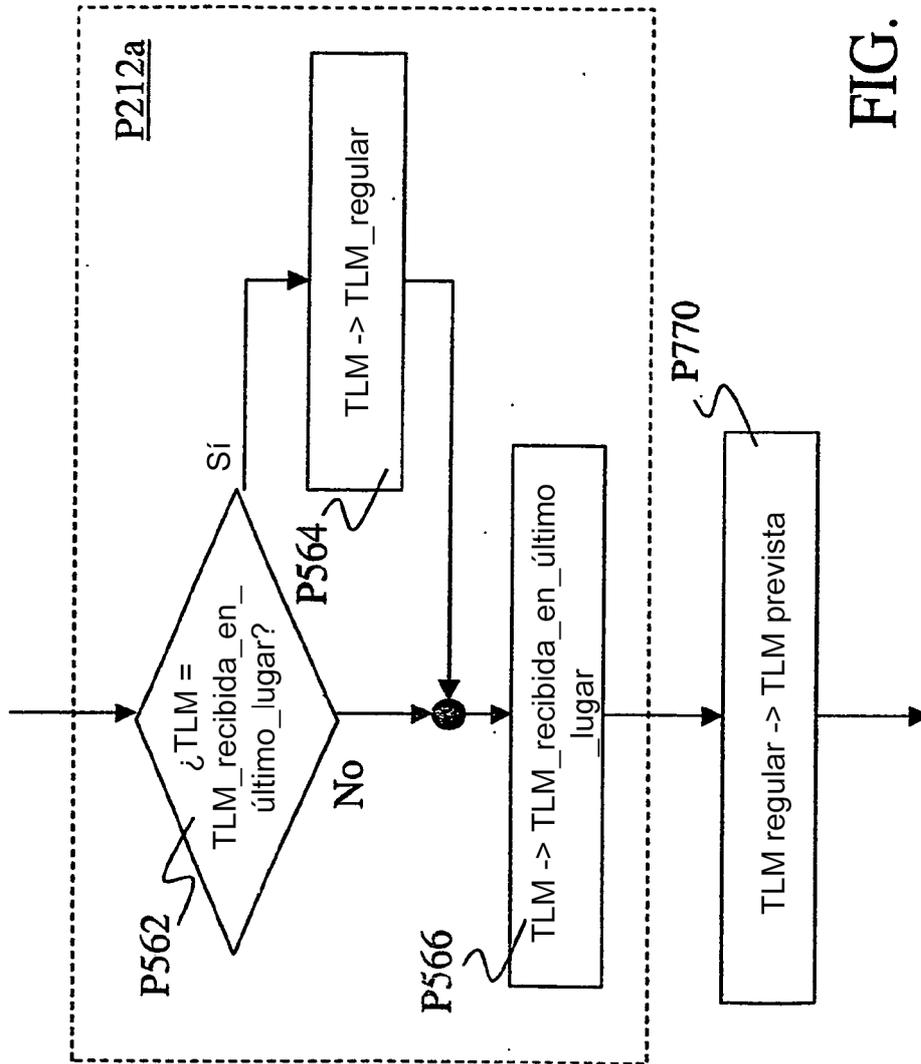


FIG. 11

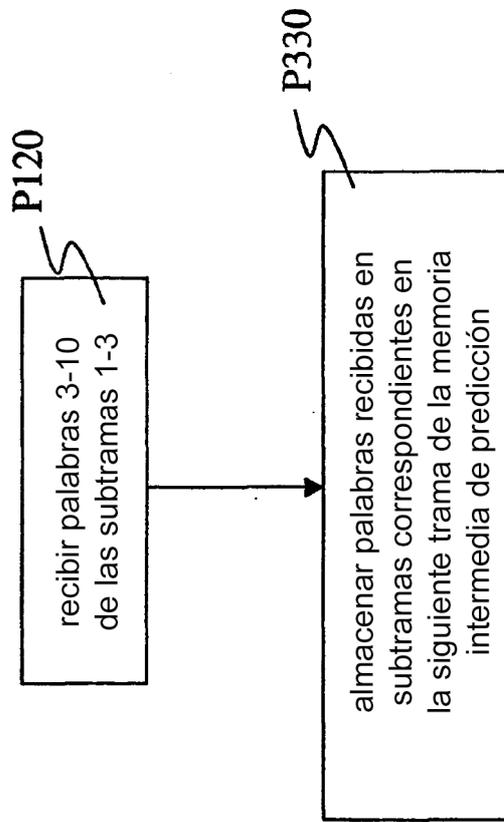


FIG. 12

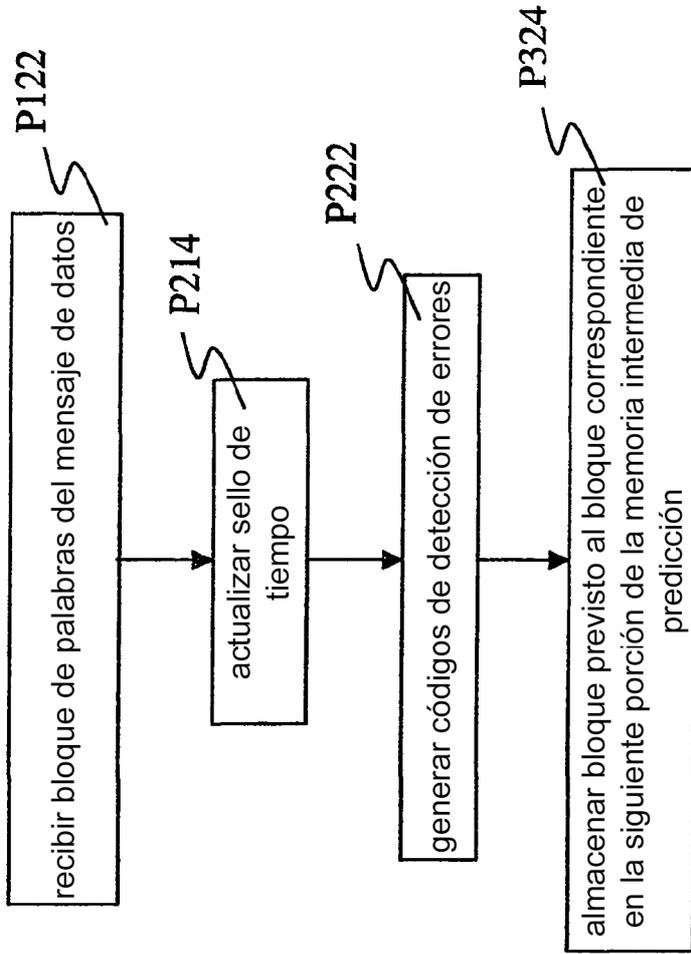


FIG. 13A

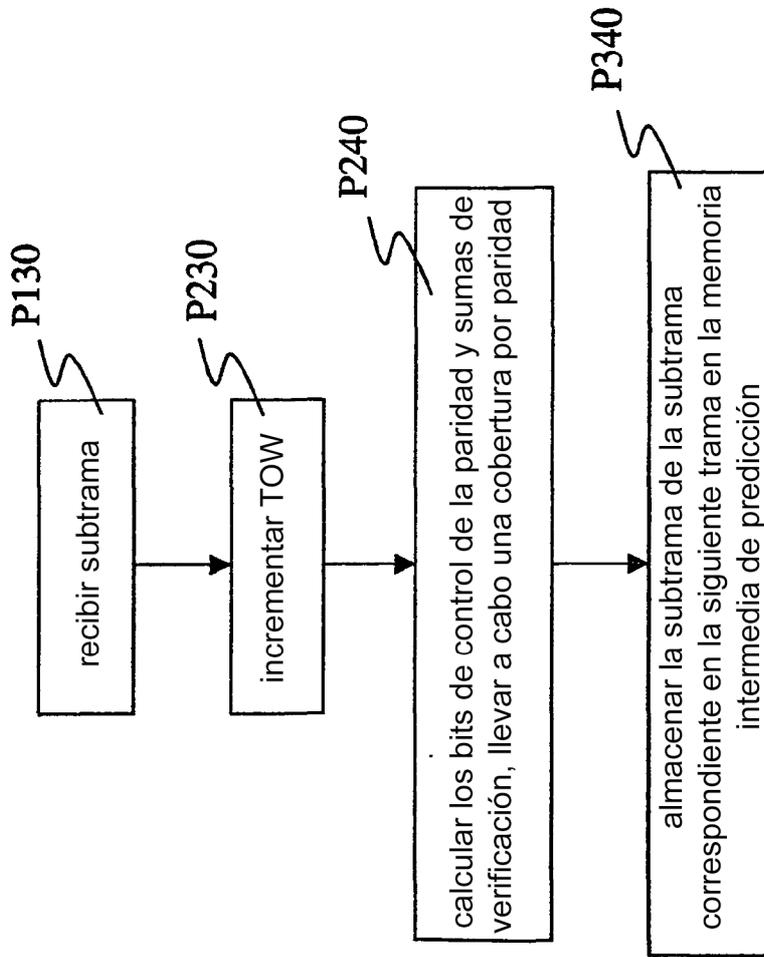


FIG. 13B