

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 396**

21 Número de solicitud: 201800132

51 Int. Cl.:

G01S 3/02

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

05.06.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

05.12.2019

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE VIGO (100.0%)
Campus Universitario de Vigo s/n
36310 Vigo (Pontevedra) ES**

72 Inventor/es:

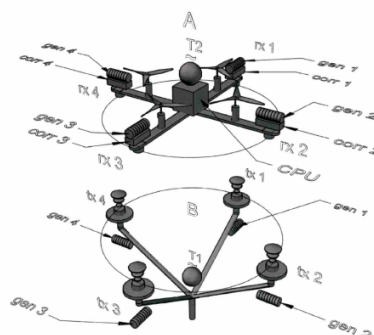
**TORÍO GÓMEZ, Pablo;
GARCÍA SÁNCHEZ, Manuel y
VERA ISASA, María**

54 Título: **Sistema para posicionamiento y orientación de una aeronave respecto a una baliza de referencia mediante ondas de radio**

57 Resumen:

Sistema para posicionamiento y orientación en tres dimensiones de una aeronave (A) respecto a una baliza de referencia (B) mediante ondas de radio, basado en el cálculo por una Unidad Central de Proceso (CPU) de las diferencias de retardo entre las señales de entrada a dicha Unidad Central de Proceso (CPU). La baliza de referencia (B) transmite varios códigos pseudoaleatorios que son detectados en la aeronave (A) mediante su correlación con otra versión de los mismos códigos generados a una frecuencia ligeramente diferente, lo cual causa un efecto de ralentización de la señal recibida que posibilita que la Unidad Central de Proceso (CPU) tenga tiempo de detectarla.

FIGURA 1



DESCRIPCIÓN

Sistema para posicionamiento y orientación de una aeronave respecto a una baliza de referencia mediante ondas de radio.

5

Sector de la técnica

Este sistema encuentra aplicación en la industria aeronáutica.

10

Estado de la técnica

15

En la actualidad, existen varios sistemas para posicionamiento de aeronaves. Entre los más extendidos se encuentra el GPS Diferencial (DGPS) es una técnica usada para la topografía y navegación marina basado en el uso de medidas de fase de navegadores con señales GPS, donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniéndose gran exactitud. Equivalentemente se puede aplicar esta técnica a otros sistemas de posicionamiento por satélite, como GLONASS, Galileo y Beidou. El principal inconveniente de esto sistemas estriba en que el GPS está limitado a su uso en exteriores puesto que la señal proveniente de los satélites difícilmente llega a espacios interiores.

20

Últimamente se están perfeccionando sistemas de posicionamiento por visión computerizada que consisten en una serie de sensores ópticos acoplados a un determinado número de procesadores de imagen que son capaces de extraer información 3D a partir de las señales digitales capturados por los sensores mediante visión stereo. A base de comparar la información sobre la escena con respecto a puntos de referencia, y utilizando la diferencia de posición para cada uno es posible, por triangulación averiguar la posición de la aeronave. Sin embargo estos sistemas son complejos y, hasta la fecha, ofrecen una fiabilidad limitada.

25

30

Otra técnica utilizada para posicionamiento se basa en el uso de radares láser (LIDAR), una tecnología de teledetección en la cual el entorno es escaneado con un rayo láser pulsado, para medir el tiempo en que la luz tarda en volver. Aunque supone algunas ventajas, presenta varios inconvenientes como la imposibilidad de medir en ciertos tipos de entornos, tales como atmósferas húmedas, zonas con vegetación o entornos reflectantes muy iluminados por el sol. Tiene un coste computacional elevado e incluso presenta peligros para el ojo humano en caso de incidencia directa del láser.

35

40

También se han usado métodos ultrasónicos, como en US2017097645. Los métodos ultrasónicos se basan en el retardo sufrido por las ondas sónicas en el aire. Este retardo, que típicamente se expresa en microsegundos o milisegundos, puede ser medido por una computadora. La recepción de ultrasonidos en aeronaves plantea serios problemas prácticos debido a las vibraciones y a las turbulencias que la propia aeronave ocasiona.

45

Como alternativa para calcular diferencias de retardos cabe considerar la utilización de ondas de radio. Sin embargo, las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz y los retardos sufridos en distancias cercanas son del orden de picosegundos que, con la tecnología actual, no pueden ser medidos por una computadora. El estado de la técnica actual no ofrece soluciones que permitan medir distancias cortas mediante un computador utilizando ondas de radio en aeronaves.

50

Explicación de la invención

La presente invención consiste en un sistema para posicionamiento y orientación en tres dimensiones de una Aeronave respecto a una Baliza de Referencia mediante ondas de radio, basado en el cálculo por una Unidad Central de Proceso o CPU de las diferencias de retardo

entre las señales de entrada a la CPU. La presente invención vence la dificultad que ofrece la medida de retardos de ondas de radio en distancias cercanas, de muy corta duración, gracias a la utilización de una técnica de correlación de códigos pseudoaleatorios que causa un efecto de ralentización de dichos retardos.

- 5 Comprende al menos los siguientes elementos:
- 10 – Una Baliza de Referencia, que actúa como entidad emisora, que a su vez comprende al menos los siguientes elementos:
 - o Un oscilador con periodo T1.
 - o M generadores de código pseudoaleatorio.
 - 15 o M transmisores de radio.
 - Una Aeronave, que actúa como entidad receptora, que a su vez comprende al menos los siguientes elementos:
 - 20 o Una Unidad Central de Proceso o CPU.
 - o Un oscilador con periodo T2.
 - o N receptores de radio.
 - 25 o N generadores de código pseudoaleatorio.
 - o N correladores.
- 30 Con las siguientes características:
- El número M de transmisores y generadores de código pseudoaleatorio en la Base de Referencia es mayor o igual que cuatro. El número N de receptores, generadores de código pseudoaleatorio y correladores en la Aeronave, es mayor o igual que M, lo cual significa que N también es mayor o igual que cuatro. Estas condiciones son necesarias para poder estimar la posición y orientación de la Aeronave en las tres direcciones del espacio.
- 35 En la Aeronave, cada generador de código pseudoaleatorio está vinculado a un receptor y a un correlador.
- 40 Cada uno de los generadores de código pseudoaleatorio de la Baliza de Referencia genera un código idéntico al de al menos uno de los generadores de la Aeronave, que es gemelo de aquel. La finalidad consiste en identificar cuándo se está recibiendo un código igual al vinculado a cada receptor.
- 45 En la Aeronave, la CPU calcula la posición usando los retardos medidos entre las señales que recibe de los correladores, a los que se encuentra conectada.
- 50 Los periodos T1 y T2 de los osciladores difieren entre sí un valor menor que un 1 % del menor de los dos, con el fin de que se produzca una dilación temporal en los correladores que permita a la CPU tener tiempo de registrar las diferencias de retardo. La razón está en que una onda de radio tiene un tiempo de propagación demasiado corto para ser detectado por una CPU, la presente invención comprende una técnica de dilatación temporal que consiste en efectuar una correlación de dos códigos pseudoaleatorios generados con periodos ligeramente diferentes.

La correlación es una operación matemática entre dos señales que se implementa como un producto seguido de una integración del resultado en el tiempo. Se utiliza habitualmente para medir el parecido entre esas dos señales.

5 Los códigos pseudoaleatorios procedentes de la entidad emisora, al recibirse por cada receptor, son correlados con su código pseudoaleatorio vinculado. Los códigos recibidos han sido generados con periodo de chip T1. El código vinculado al receptor se genera con un periodo de chip T2, que difiere ligeramente de T1. Se define como $f1 = 1 / T1$ la tasa de generación del código transmitido, y se define como $f2 = 1 / T2$ la tasa de generación del código vinculado al receptor. Se define como $\Delta f = |f1 - f2|$ la diferencia de tasas.

15 Cuando dos códigos pseudoaleatorios idénticos generados a tasas ligeramente diferentes se correlan, se origina un fenómeno de escalado en el tiempo que causa un efecto de ralentización de la señal recibida que posibilita que la CPU tenga tiempo de detectarla. Este fenómeno consiste en que, debido a que ambos códigos están generados a diferentes tasas, uno se va desplazando constantemente con respecto al otro, de manera que están la mayor parte del tiempo desfasado, excepto en un breve instante en que ambos coinciden. Es en este instante cuando la correlación produce un pico de gran amplitud que debe ser registrado en la CPU.

20 Se define como $k = f1 / \Delta f$ el Factor de Ralentización. Cuanto mayor sea k, mayor será el efecto de escalado en el tiempo y mayor será el tiempo que la CPU tendrá para detectar las señales recibidas y calcular las diferencias de retardo.

25 En una realización preferida, todos los transmisores de la Baliza de Referencia están situados sobre una circunferencia, en un mismo plano, distribuidos uniformemente, de forma que se conserve la misma distancia entre transmisores adyacentes.

30 En una realización preferida, todos los receptores de la Aeronave están situados sobre una circunferencia, en un mismo plano, distribuidos uniformemente, de forma que se conserve la misma distancia entre receptores adyacentes.

35 Estas dos últimas características facilitan la correcta estimación de los retardos de propagación realizada en el procedimiento de posicionamiento y orientación. La razón está en que, puesto que la Aeronave sólo tiene como herramienta de estimación las señales recibidas de la Baliza de Referencia, es deseable el conocimiento previo de la disposición espacial y distancia de los transmisores entre sí y de los receptores entre sí.

40 En una forma de realización, la posición de la Baliza de Referencia es fija respecto a un punto geográfico. En otra forma de realización, la Baliza de Referencia es móvil respecto a un punto geográfico.

45 En una forma de realización, la Aeronave utiliza la información calculada de posición y de orientación para aterrizar.

En otra realización preferida, la Aeronave utiliza la información calculada de posición y de orientación para mantenerse en una posición fija respecto la Baliza de Referencia. De esta manera, la Baliza de Referencia se comporta como una referencia geográfica para la Aeronave.

50 En una forma de realización, los generadores de código pseudoaleatorio de cada entidad, emisora o receptora, generan códigos diferentes.

En otra realización preferida, los generadores de código pseudoaleatorio de cada entidad, emisora o receptora, generan el mismo código, pero con diferentes desfases.

5 En una realización preferida, la Baliza de Referencia o la Aeronave, o ambas, utilizan una Unidad de Medición Inercial para calcular su movimiento, orientación e inclinación. Una Unidad de Medición Inercial o IMU comprende fundamentalmente giróscopo y acelerómetro y, como complemento, sensores magnéticos y barométricos.

10 En una forma de realización, las funciones de posicionamiento y orientación se complementan con un sistema de posicionamiento global por satélite como GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, NAVIC, QZSS.

15 En una realización preferida, la Aeronave utiliza toda la información disponible, para conducirse a sí misma a una posición y orientación concretas.

En una realización preferida, la CPU es un microcontrolador. Un microcontrolador es un circuito integrado programable, con entradas y salidas, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.

20 **Descripción de los dibujos**

Para complementar la descripción realizada, se acompaña como parte integrante de dicha descripción tres figuras donde se representa con carácter ilustrativo y no limitativo una variante de realización que será descrita en el siguiente apartado.

25 La Figura 1 representa un sistema en el que la Baliza de Referencia se nombra como B y la Aeronave es un cuadracóptero que se nombra como A.

30 Los transmisores situados en la Baliza de Referencia se nombran como tx. Se acompaña cada transmisor con una representación gráfica de tres pequeñas superficies curvas que indican emisión por radio.

Los receptores situados en la Aeronave se nombran como rx.

35 La Baliza de Referencia (B) tiene cuatro transmisores: tx 1, tx 2, tx 3 y tx 4, situados en el mismo plano. La Aeronave (A) Tiene cuatro receptores: rx 1, rx 2, rx 3 y rx 4, situados en el mismo plano. Tanto los transmisores como los receptores se encuentran sobre una circunferencia que se dibuja para enfatizar esta situación, pero que no tiene que existir necesariamente como elemento físico.

40 Las esferas T1 y T2, que tienen encima el símbolo representan osciladores. Los cilindros tumbados, compuestos de varios discos adyacentes, representan generadores de código pseudoaleatorio (gen). Los paralelepípedos tumbados que se encuentran en los brazos de la Aeronave (A) representan correladores (corr). En el centro de la Aeronave (A) se encuentra un hexaedro que representa la Unidad Central de Proceso (CPU). Las conexiones eléctricas entre todos estos elementos no se expresan gráficamente, para no perjudicar la claridad de la figura.

45 En el centro de la Baliza (B) hay un oscilador (T1), que está conectado a cuatro generadores de código pseudoaleatorio (gen 1, gen 2, gen 3 y gen 4), cuyos códigos son emitidos por radio a través de sus respectivos transmisores (tx 1, tx 2, tx 3 y tx 4) a los que están conectados.

50 En el centro de la Aeronave (A) hay también un oscilador (T2), con periodo ligeramente diferente a (T1), que está conectado a cuatro generadores de código pseudoaleatorio (gen 1,

gen 2, gen 3 y gen 4), idénticos dos a dos a los generadores (gen 1, gen 2, gen 3 y gen 4) de la Baliza de Referencia (B).

En la Aeronave (A) se encuentran cuatro receptores de radio (rx 1, rx 2, rx 3 y rx 4) que reciben señal de todos los transmisores (tx 1, tx 2, tx 3 y tx 4) y se la entregan a su correlador vinculado (corr 1, corr 2, corr 3 y corr 4) al que están conectados. Los correladores (corr) tienen sus entradas conectadas a su receptor (rx) y a su generador (gen) correspondiente, y sus salidas están conectadas a la Unidad Central de Proceso (CPU) situada en el centro de la Aeronave (A).

La Figura 2 representa un diagrama de bloques con los elementos de la entidad emisora interconectados. Existe un único oscilador (T1), que está conectado a cuatro generadores de código pseudoaleatorio (gen 1, gen 2, gen 3 y gen 4), cuyos códigos son emitidos por radio a través de sus respectivos transmisores (tx 1, tx 2, tx 3 y tx 4) a los que están conectados. Cada transmisor (tx) tiene conectada una antena, cuya emisión está representada por pequeños arcos de circunferencia concéntricos.

La Figura 3 representa un diagrama de bloques con los elementos de la entidad receptora interconectados. Se muestran cuatro receptores de radio (rx 1, rx 2, rx 3 y rx 4) que reciben señal de su antena correspondiente, cuya recepción está representada por pequeños arcos de circunferencia concéntricos. Los receptores (rx 1, rx 2, rx 3 y rx 4) entregan la señal a sus correladores vinculados (corr 1, corr 2, corr 3 y corr 4). Los correladores (corr) tienen sus entradas conectadas, por un lado, a su receptor (rx) y, por otro lado, a su generador de código pseudoaleatorio (gen) correspondiente, y sus salidas están conectadas a la Unidad Central de Proceso (CPU). Todos los generadores (gen) están sincronizados por un mismo oscilador (T2).

Descripción detallada de un modo de realización

Para una mejor comprensión, se expone de forma detallada un modo de realización que debe entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención:

El modo de realización se describe en las Figuras 1 a 3. Consiste en una Aeronave (A), que hace las veces de entidad receptora, y que vuela alrededor de una Baliza de Referencia (B), que tiene el papel de entidad transmisora. La Baliza de Referencia (B) tiene cuatro transmisores (tx) equiespaciados, separados por distancias conocidas, cada uno de los cuales transmite por radio un código pseudoaleatorio diferente, proporcionado por su generador vinculado (gen). Estos códigos son ortogonales entre sí, es decir, al hacer la correlación entre ellos el resultado es cero o cercano a cero mientras que, cuando la correlación se realiza entre dos códigos iguales, el resultado es un pico de gran amplitud, si ambos códigos coinciden en el tiempo, lo cual equivale a decir que no estén desfasados en el tiempo. Todos los transmisores (tx) de la Baliza de Referencia (B) emiten sus códigos pseudoaleatorios vinculados con la misma tasa de generación, usando un oscilador común (T1), con periodo T1. Todos esos códigos son recibidos por todos los receptores (rx) de la Aeronave (A).

En la Aeronave (A) hay un oscilador (T2), con periodo T2 ligeramente diferente a T1, que es común para todos los generadores de código (gen). Cada receptor (rx) de la Aeronave (A) realiza una correlación de su código pseudoaleatorio, en su correlador vinculado (corr), con la señal que recibe, identificando de esta manera el instante en que la señal recibida coincide con su propio código. La Unidad Central de Proceso (CPU) mide las diferencias de retardo de propagación entre los códigos identificados en cada correlador (corr) y calcula a partir de ellas la posición y orientación de la Aeronave (A) respecto de la Baliza de Referencia (B).

REIVINDICACIONES

1. Sistema para posicionamiento y orientación de una Aeronave respecto a una Baliza de Referencia mediante ondas de radio que comprende al menos los siguientes elementos:

- una Baliza de Referencia (B), que actúa como entidad emisora, que a su vez comprende al menos los siguientes elementos:
 - o un oscilador (T1) con periodo T1,
 - o M generadores de código pseudoaleatorio (gen),
 - o M transmisores de radio (tx);
- una Aeronave (A), que actúa como entidad receptora, que a su vez comprende al menos los siguientes elementos:
 - o una Unidad Central de Proceso (CPU),
 - o un oscilador (T2) con periodo T2,
 - o N receptores de radio (rx),
 - o N generadores de código pseudoaleatorio (gen),
 - o N correladores (corr);

caracterizado porque:

el número M de transmisores (tx) y generadores de código pseudoaleatorio (gen) en la Base de Referencia (B) es mayor o igual que cuatro; el número N de receptores (rx), generadores de código pseudoaleatorio (gen) y correladores (corr) en la Aeronave (A), es mayor o igual que M;

en la Aeronave (A), cada generador de código pseudoaleatorio (gen) está vinculado a un receptor (rx) y a un correlador (corr);

cada uno de los generadores de código pseudoaleatorio (gen) de la Baliza de Referencia (B) genera un código idéntico al de al menos uno de los generadores (gen) de la Aeronave (A), que es gemelo de aquel;

en la Aeronave (A), la Unidad Central de Proceso (CPU) calcula la posición usando los retardos medidos entre las señales que recibe de los correladores (corr), a los que se encuentra conectada.

los periodos T1 y T2 de los osciladores (T1 y T2) difieren entre sí un valor menor que un 1 % del menor de los dos, con el fin de que se produzca una dilación temporal en los correladores (corr), que permita a la Unidad Central de Proceso (CPU) tener tiempo de registrar las diferencias de retardo;

2. Sistema según reivindicación 1, caracterizado por que todos los transmisores (tx) de la Baliza de Referencia (B) están situados sobre una circunferencia, en un mismo plano, distribuidos uniformemente, de forma que se conserve la misma distancia entre transmisores adyacentes.

3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que todos los receptores (rx) de la Aeronave (A) están situados sobre una circunferencia, en un mismo plano, distribuidos uniformemente, de forma que se conserve la misma distancia entre receptores adyacentes.
- 5
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la posición de la Baliza de Referencia (B) es fija respecto a un punto geográfico.
- 10
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la Baliza de Referencia (B) es móvil respecto a un punto geográfico.
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, caracterizado por que la Aeronave (A) utiliza la información calculada de posición y de orientación para aterrizar.
- 15
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, caracterizado por que la Aeronave (A) utiliza la información calculada de posición y de orientación para mantenerse en una posición fija respecto la Baliza de Referencia (B).
- 20
8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, caracterizado por que los generadores de código pseudoaleatorio (gen) de cada entidad, emisora o receptora, generan códigos diferentes.
- 25
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, caracterizado por que los generadores de código pseudoaleatorio (gen) de cada entidad, emisora o receptora, generan el mismo código, pero con diferentes desfases.
- 30
10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, caracterizado por que la Baliza de Referencia (B) o la Aeronave (A), o ambas, utilizan una Unidad de Medición Inercial para calcular su movimiento y su inclinación.
- 35
11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que las funciones de posicionamiento y orientación se complementan con un sistema de posicionamiento global por satélite.
- 40
12. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que la Aeronave (A) se conduce a sí misma a una posición y orientación concretas.
- 45
13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que la Unidad Central de Proceso (CPU) es un microcontrolador.

FIGURA 1

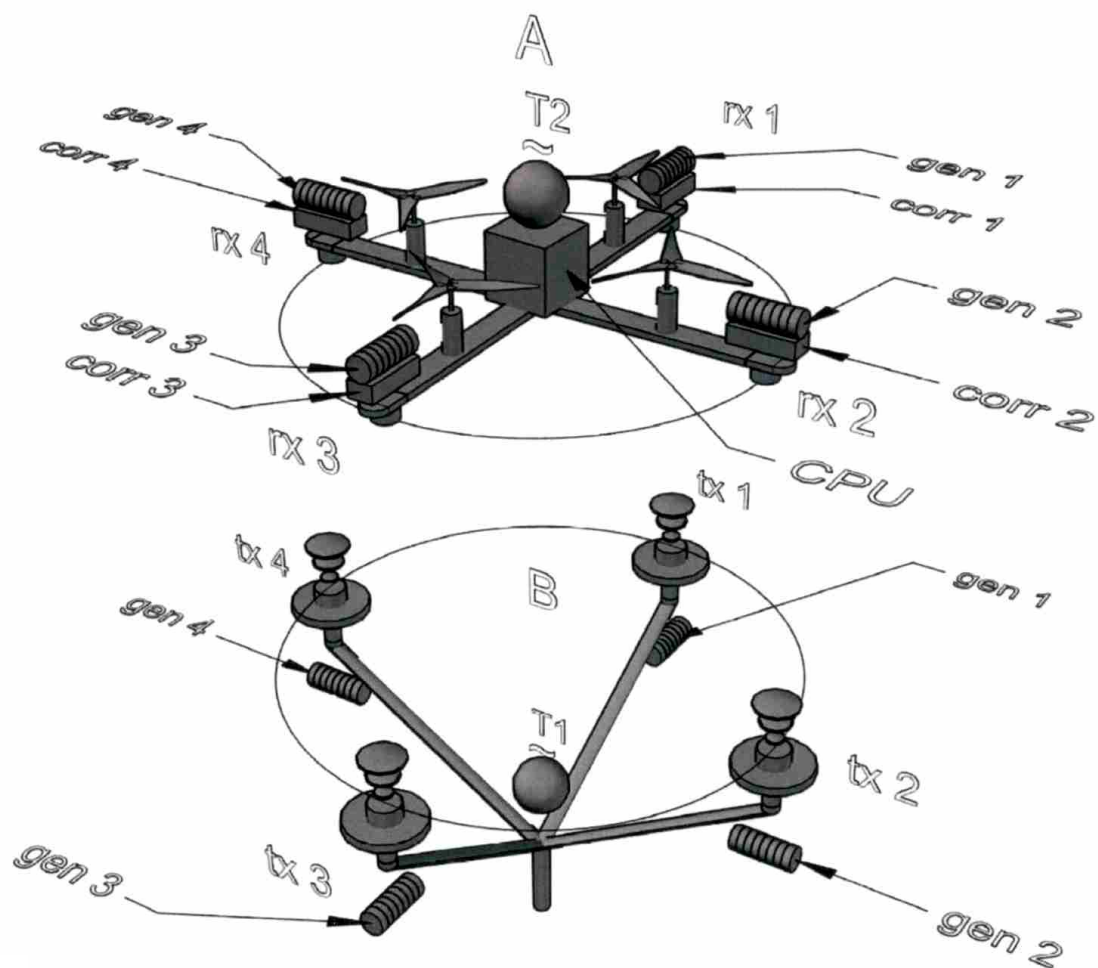


FIGURA 2

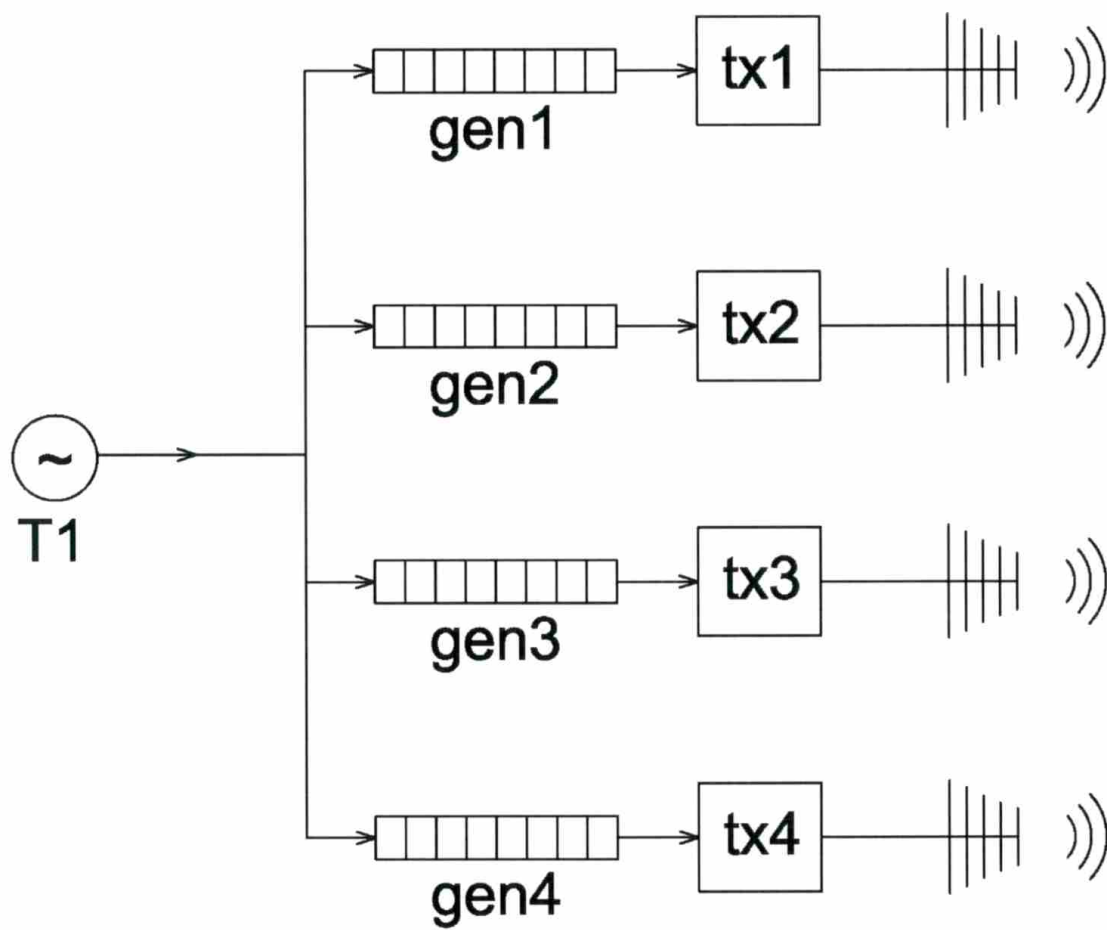
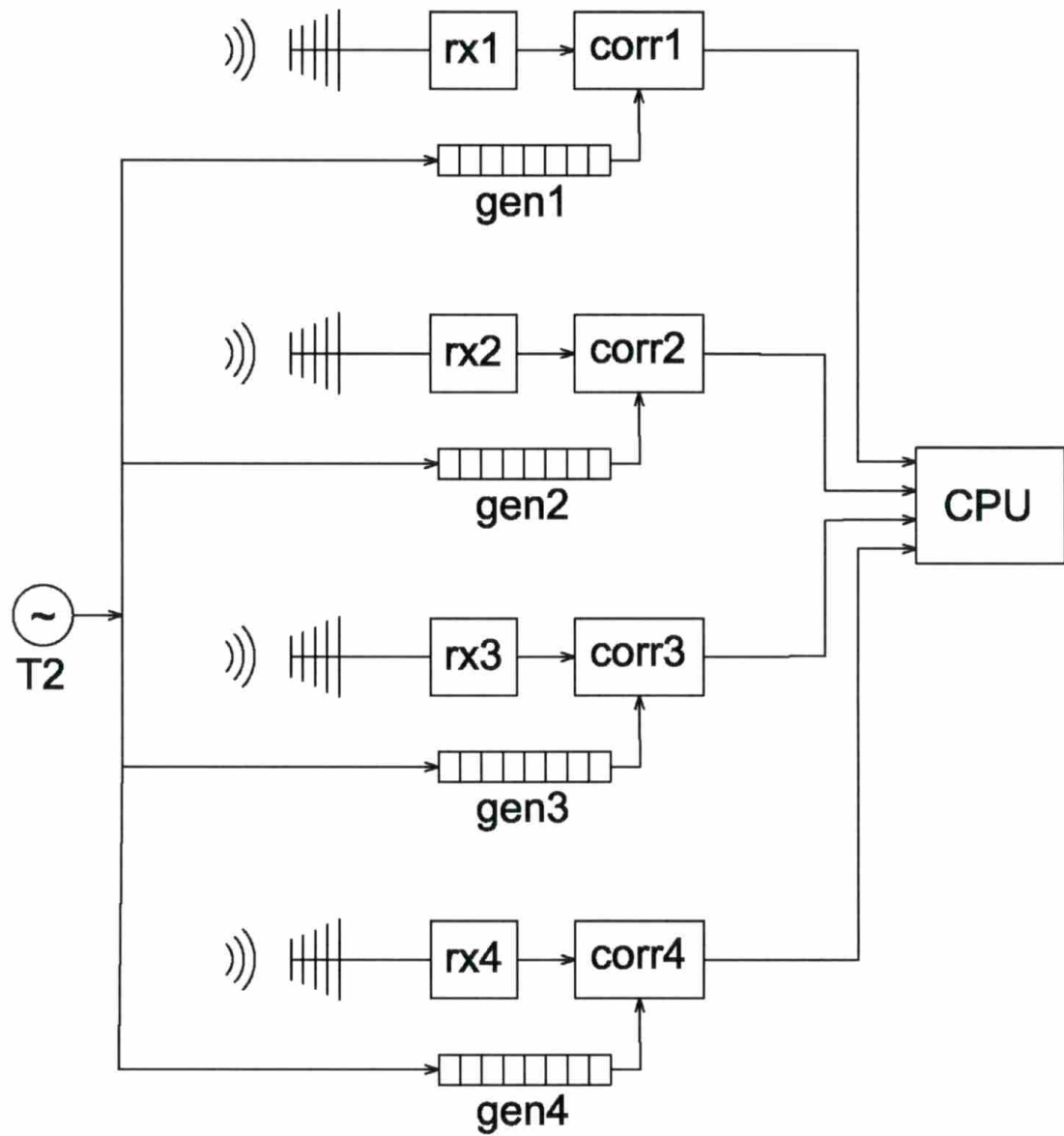


FIGURA 3





- ②① N.º solicitud: 201800132
②② Fecha de presentación de la solicitud: 05.06.2018
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01S3/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 6040801 A (DAWIRS WILLIS R) 21/03/2000, desc. figuras. 1, 2, 14, 15	1-13
A	US 6114975 A (GUILLARD PATRICE) 05/09/2000, todo el documento	1-13
A	US 2016054425 A1 (KATZ DANIEL A) 25/02/2016, todo el documento	1-13

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.01.2019

Examinador
G. Madariaga Domínguez

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01S

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

WPI, EPODOC