

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 945**

51 Int. Cl.:

H04B 1/04 (2006.01)

H04B 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2009 PCT/JP2009/057904**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2009 WO09131110**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2009 E 09734275 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2270993**

54 Título: **Sistema de radiocomunicación y método de radiocomunicación**

30 Prioridad:

21.04.2008 JP 2008110750

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

16.11.2018

73 Titular/es:

**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION (100.0%)
3-1, Otemachi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8116, JP**

72 Inventor/es:

**FUJINO, YOSUKE;
UCHIDA, DAISEI y
FUJITA, TAKAFUMI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 689 945 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de radiocomunicación y método de radiocomunicación

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un sistema de radiocomunicación y un método de radiocomunicación.

Antecedentes de la técnica

- 10 Un sistema de radiocomunicación digital usa un sistema de modulación tal como modulación por desplazamiento de fase (PSK) o modulación por amplitud en cuadratura (QAM) para mejorar el uso de frecuencias y características de transmisión.
- 15 En el sistema de modulación PSK o QAM, la información se carga en una fase para modulación. Por consiguiente, cuando existe un desplazamiento de frecuencia de portadora debido a un desplazamiento de frecuencia en transmisores en un lado de transmisión y un lado de recepción, características de transmisión se degradan enormemente por rotación de fase debido al desplazamiento de frecuencia de portadora.
- 20 Para evitar la degradación de las características de transmisión debido al desplazamiento de frecuencia de portadora, el sistema de modulación PSK o QAM requiere estimar el desplazamiento de frecuencia de portadora y corregir el desplazamiento en el transmisor usando cualquier medio.
- 25 Métodos de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora incluyen un método de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora usando una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada, y un método ciego que no requiere señales de entrenamiento.
- 30 El método ciego puede realizar una alta eficiencia de transmisión ya que las señales de entrenamiento son innecesarias. Sin embargo, el desplazamiento de frecuencia de portadora no puede estimarse en poco tiempo.
- 35 Por consiguiente, un sistema de radiocomunicación que realiza transmisión de ráfaga en la que el desplazamiento de frecuencia de portadora se requiere que se estime en poco tiempo usa el método de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora usando una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada (Documento No de Patente 1).
- 40 La Figura 15 es un diagrama que muestra un dispositivo de transmisión 5 y un dispositivo de recepción 6 en un sistema de radiocomunicación 300. Con referencia a la Figura 15 se describirá el sistema de radiocomunicación 300 usando un método de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora usando una secuencia conocida de señales de entrenamiento mostrada en el Documento No de Patente 1. El sistema de radiocomunicación 300 incluye el dispositivo de transmisión 5 y el dispositivo de recepción 6.
- El dispositivo de transmisión 5 incluye una unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 51, una unidad de radio 52 y una antena de transmisión 53.
- 45 La unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 51 genera una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada.
- 50 La unidad de radio 52 realiza conversión analógica y conversión de frecuencia en las señales de entrenamiento generadas mediante la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 51, y transmite una señal de radio desde la antena de transmisión 53 al dispositivo de recepción 6.
- El dispositivo de recepción 6 incluye una antena de recepción 61, una unidad de radio 62, una unidad de detección de diferencia de fase 63, una unidad de promediación 64 y una unidad de estimación de frecuencia 65.
- 55 La antena de recepción 61 recibe la señal de radio transmitida desde el dispositivo de transmisión 5.
- La unidad de radio 62 realiza conversión de frecuencia y conversión digital en la señal de radio recibida mediante la antena de recepción 61 para generar una señal de recepción.
- 60 La unidad de detección de diferencia de fase 63 compara la señal de recepción con señales de entrenamiento que se basan en una secuencia previamente determinada, y detecta cantidades físicas que incluyen efectos de ruido obtenidos dependiendo de cantidades de desplazamiento de fase durante un periodo de tiempo. En el Documento No de Patente 1, las señales de entrenamiento son una secuencia de señales repetidas en intervalos de 0,8 μ s, y la señal de recepción se retarda 0,8 μ s para detectar las cantidades físicas que son una función de cantidades de desplazamiento de fase para 0,8 μ s.
- 65

La unidad de promediación 64 promedia las cantidades físicas detectadas mediante la unidad de detección de diferencia de fase 63 para evitar los efectos del ruido.

5 La unidad de estimación de frecuencia 65 estima un desplazamiento de frecuencia de portadora a partir de la cantidad física promediada obtenida mediante la unidad de promediación 64.

A continuación, se describirá un principio operacional de un método convencional de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora usando fórmulas.

10 El símbolo n representa un número de muestra, y el símbolo $s(n)$ representa la señal de entrenamiento generada por la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 51. Una señal de recepción $y(n)$ obtenida a través de la recepción en la antena de recepción 61, la conversión de frecuencia en la unidad de radio 62 y la conversión digital en la unidad de radio 62 se expresa mediante la Fórmula 1.

15 [Fórmula 1]

$$y(n) = s(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot h + \eta(n) \quad \dots (1)$$

20 En este documento, el símbolo h representa una respuesta de amplitud compleja entre la antena de transmisión 53 y la antena de recepción 61. El símbolo Δf representa un desplazamiento de frecuencia de portadora entre el dispositivo de transmisión 5 y el dispositivo de recepción 6. El símbolo f_s representa una frecuencia de muestreo. El símbolo $\eta(n)$ es un independiente de ruido para cada muestra y dependiente de una distribución de Gauss compleja en la que una cantidad de potencia promedio es 1.

25 Por simplicidad de explicación, se supone en lo sucesivo que un valor absoluto ($|s(n)|$) de la señal de entrenamiento $s(n)$ para cada muestra es 1.

30 La unidad de detección de diferencia de fase 63, la unidad de promediación 64 y la unidad de estimación de frecuencia 65 estiman un desplazamiento de frecuencia de portadora Δf usando la señal de recepción $y(n)$ generada a partir de la señal de radio recibida y la señal de entrenamiento $s(n)$ generada por la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 5 1.

35 La señal de entrenamiento $s(n)$ es una señal de entrenamiento que se basa en una secuencia de señales previamente determinadas.

40 Cuando la unidad de detección de diferencia de fase 63 usa detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, es decir, cuando un número complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en una muestra de diferencia de tiempo τ de la señal de recepción $y(n)$ se multiplica por un número complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en una muestra de diferencia de tiempo τ de la señal de entrenamiento $s(n)$, una cantidad física $z(n)$ que es una función de cantidades de desplazamiento de fase en la muestra de diferencia de tiempo τ se expresa mediante la Fórmula 2.

[Fórmula 2]

$$\begin{aligned} z(n) &= s^*(n) \cdot s(n-\tau) \cdot y(n) \cdot y^*(n-\tau) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau\right) \cdot h \cdot h^* \\ &\quad + h \cdot s(n-\tau) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \eta^*(n-\tau) \\ &\quad + h^* \cdot s^*(n) \cdot \exp\left(-j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot (n-\tau)\right) \cdot \eta(n) \\ &\quad + s^*(n) \cdot s(n-\tau) \cdot \eta(n) \cdot \eta^*(n-\tau) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \left\{ |h|^2 + h \cdot \alpha(n-\tau) + h^* \cdot \alpha^*(n) \right\} \\ &\quad + s^*(n) \cdot s(n-\tau) \cdot \eta(n) \cdot \eta^*(n-\tau) \quad \dots (2) \end{aligned}$$

45

En la Fórmula 2, $\alpha(n)$ se expresa mediante la Fórmula 3.

[Fórmula 3]

$$\alpha(n) = s(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \eta^*(n) \quad \dots (3)$$

5 Cuando la unidad de promediación 64 promedia cantidades físicas $z(n)$ de N muestras, una cantidad física promediada Φ se expresa mediante la Fórmula 4 si el número de muestras N es mayor que un valor de la muestra de diferencia de tiempo τ (diferencia de fase $N > \tau$).

[Fórmula 4]

$$\begin{aligned} \Phi &= \sum_{n=1}^N z(n) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau\right) \cdot \left\{ N \cdot |h|^2 + \sum_{n=1-\tau}^0 h \cdot \alpha(n) + 2 \cdot \sum_{n=0}^{N-\tau} \text{Re}[h \cdot \alpha(n)] \right. \\ &\quad \left. + \sum_{n=N-\tau+1}^N h^* \cdot \alpha^*(n) \right\} + \sum_{n=1}^N s^*(n) \cdot s(n-\tau) \cdot \eta(n) \cdot \eta^*(n-\tau) \quad \dots (4) \end{aligned}$$

15 En la Fórmula 4, el símbolo $\text{Re}[\cdot]$ representa un número real.

Cuando el número de muestras N es igual a o más pequeño que el valor de la muestra de diferencia de tiempo τ (diferencia de fase $N \leq \tau$), la cantidad física promediada Φ se expresa mediante la Fórmula 5.

20 [Fórmula 5]

$$\begin{aligned} \Phi &= \sum_{n=1}^N z(n) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau\right) \cdot \left\{ N \cdot |h|^2 + \sum_{n=1-\tau}^{N-\tau} h \cdot \alpha(n) + \sum_{n=1}^N h^* \cdot \alpha^*(n) \right\} \\ &\quad + \sum_{n=0}^N s^*(n) \cdot s(n-\tau) \cdot \eta(n) \cdot \eta^*(n-\tau) \quad \dots (5) \end{aligned}$$

25 Cuando la unidad de detección de diferencia de fase 63 usa la detección de retardo, la unidad de estimación de frecuencia 65 calcula una estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la Fórmula 6.

[Fórmula 6]

$$f_{\text{est}} = \frac{f_s}{2\pi \cdot \tau} \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\text{Im}[\Phi]}{\text{Re}[\Phi]}\right) \quad \dots (6)$$

30 En la Fórmula 6, el símbolo $\text{Im}[\cdot]$ representa un número imaginario.

35 Cuando los efectos del ruido $\eta(n)$ en la cantidad física promediada Φ son insignificanemente más pequeños, componentes distintos de un primer término incluido en corchetes $\{\}$ en la Fórmula 4 o 5 son 0 (cero), es decir, la Fórmula 4 o 5 incluye únicamente un componente de número real. Por consiguiente, la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora puede calcularse sin un error.

40 Sin embargo, efectos del ruido $\eta(n)$ no pueden despreciarse en un sistema de radiocomunicación general. La estimación de error cuando los efectos del ruido $\eta(n)$ no pueden despreciarse se describirá ahora usando fórmulas.

El ruido $\eta(n)$ es independiente para cada muestra y estocásticamente dependiente en una distribución de Gauss compleja. Por consiguiente, cuando dos variables independientes que dependen de la distribución de Gauss se someten a una operación lineal, una cantidad física promediada Φ de $N > \tau$ en la Fórmula 4 puede expresarse como la Fórmula 7 por la naturaleza de la distribución de Gauss. La naturaleza de la distribución de Gauss incluye una naturaleza de aproximación a una distribución de Gauss con una varianza obtenida a través de una operación lineal de varianzas de dos variables.

5 Cuando se multiplican dos variables independientes que dependen de la distribución de Gauss, se obtiene una distribución que no es estrictamente una distribución de Gauss, pero que está cerca a una distribución de Gauss. Por consiguiente, se supone en lo sucesivo que la distribución puede aproximarse a una distribución de Gauss con una varianza obtenida multiplicando las varianzas de las dos variables.

[Fórmula 7]

$$\Phi = \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau\right) \cdot \left\{ N \cdot |h|^2 + \sqrt{(2N - \tau) \cdot |h|^2 + \frac{N}{2}} \cdot \eta_r + j \cdot \sqrt{\tau \cdot |h|^2 + \frac{N}{2}} \cdot \eta_i \right\} \dots (7)$$

15 La cantidad física promediada φ cuando $N \leq \tau$ en la Fórmula 5 puede expresarse como la Fórmula 8.

[Fórmula 8]

$$\Phi = \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau\right) \cdot \left\{ N \cdot |h|^2 + \sqrt{N \cdot |h|^2 + \frac{N}{2}} \cdot \eta_r + j \cdot \sqrt{N \cdot |h|^2 + \frac{N}{2}} \cdot \eta_i \right\} \dots (8)$$

25 En las Fórmulas 7 y 8, los ruidos η_r y η_i son variables que dependen de la distribución de Gauss en la que la varianza es 1.

En este documento, se describirá el caso en el que una potencia total de señales de recepción usadas para la estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora es lo suficientemente mayor que la potencia de ruido, es decir, el caso expresado mediante la Fórmula 9.

[Fórmula 9]

$$N \cdot |h|^2 \gg 1 \dots (9)$$

35 Cuando la potencia total se expresa mediante la Fórmula 9, la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora calculada por la unidad de estimación de frecuencia 65 usa una relación de tan θ es casi igual a θ cuando θ toma un valor suficiente más pequeño que 1 ($\theta \ll 1$). Cuando $N > \tau$, la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora se aproxima mediante la Fórmula 10.

[Fórmula 10]

$$f_{est} \approx \Delta f + \frac{f_s}{2\pi \cdot \sqrt{\tau \cdot N \cdot |h|^2}} \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{1}{2\tau \cdot |h|^2}} \cdot \eta_\theta \dots (10)$$

45 Cuando $N \leq \tau$, la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora se aproxima a la Fórmula 11.

[Fórmula 11]

$$f_{est} \approx \Delta f + \frac{f_s}{2\pi \cdot \tau \cdot |h| \cdot \sqrt{N}} \sqrt{1 + \frac{1}{2|h|^2}} \cdot \eta_0 \quad \dots (11)$$

En las Fórmulas 10 y 11, el ruido η_0 es una variable que depende de la distribución de Gauss en la que la varianza es 1.

5 Un intervalo de adquisición en el que el desplazamiento de frecuencia de portadora puede estimarse se define, por ejemplo, mediante la Fórmula 12.

[Fórmula 12]

$$-\frac{f_s}{2\tau} < f_{est} < \frac{f_s}{2\tau} \quad \dots (12)$$

15 Como se muestra en la Fórmula 10 u 11, un sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora convencional puede reducir un error de estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora ya que una tasa de muestreo es menor, un tiempo de la muestra de diferencia de tiempo τ es mayor, un nivel de recepción $|h|^2$ es mayor y un número de muestras en promedio N es mayor. Entre los mismos, un intervalo en el que la tasa de muestreo f_s y la muestra de diferencia de tiempo τ pueden establecerse se limitan por el intervalo de adquisición del desplazamiento de frecuencia de portadora mostrado en la Fórmula 12.

20 Por consiguiente, el sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia convencional determina una tasa de muestreo f_s y el valor de una muestra de diferencia de tiempo τ a partir del intervalo de adquisición de desplazamientos de frecuencia de portadora requeridos. El sistema a continuación determina el número de muestras N a partir de un error de estimación permitido y un nivel de recepción supuesto $|h|^2$.

25 Sin embargo, en un entorno de múltiples trayectorias tal como propagación fuera de línea de visión, una pluralidad de trayectorias se añaden en una fase inversa y el nivel de recepción se degrada enormemente con una cierta probabilidad. Por ejemplo, en un entorno de desvanecimiento de Rayleigh, la probabilidad de que un nivel de recepción instantáneo será de al menos 20 dB inferior que un nivel de recepción promedio es de aproximadamente el 1 %. Este entorno de desvanecimiento de Rayleigh es un modelo general de un entorno de múltiples trayectorias.

30 Por consiguiente, cuando se usa un sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora convencional en un entorno de desvanecimiento de múltiples trayectorias, es necesario establecer un número de muestras en promedio a un valor suficientemente mayor que el número definido como la relación portadora a ruido (CNR) y para aumentar suficientemente un nivel de recepción promedio para evitar que un error de estimación aumente debido a una degradación de nivel de recepción. Esto provoca degradación de eficiencia de uso de trama, un aumento de un tiempo de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora y un aumento de consumo de potencia y coste de un dispositivo de transmisión debido a potencia de transmisión aumentada, siempre que se asigne señal de entrenamiento.

40 [Documento No de Patente 1] Masahiro Morikura, Shuji Kubota, et al., "Revised version 802.11 High-speed Wireless LAN Textbook", Impress, pp. 204-205, 2005

Divulgación de la invención

45 El documento D1 ("Estimation of Carrier-Frequency Offset and Frequency-Selective Channels in MIMO OFDM Systems using a Common Training Signal" Hlaing Minn y Naoufal Al-Dhahir) divulga un diseño de señal de entrenamiento común y correspondientes métodos de estimación en los que, en el diseño de la señal de entrenamiento común, una estructura de señal de entrenamiento que produce métodos de estimación de baja complejidad se desarrolla mientras se mantiene la optimalidad de la señal de entrenamiento. La estimación de
50 desplazamiento de frecuencia se basa en el mejor principio de estimación imparcial lineal mientras que la estimación de canal se basa en el enfoque de menos cuadrados.

Problemas a resolver mediante la invención

55 La presente invención se ha conseguido en vista de las anteriores circunstancias, y es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema de radiocomunicación y un método de radiocomunicación que estimen de forma precisa un desplazamiento de frecuencia de portadora con un número de muestras de promedio pequeño incluso en un entorno de múltiples trayectorias.

Realizaciones que no pertenecen al alcance de las reivindicaciones deben interpretarse como ejemplos útiles para entender la invención.

Medios para resolver los problemas

5 (1) Un sistema de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un sistema de radiocomunicación que incluye un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio y un dispositivo de recepción que recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, incluyendo el sistema de radiocomunicación: el dispositivo de transmisión que bifurca una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento, y transmite las señales de radio moduladas con frecuencias de los desplazamientos de frecuencia de portadora que tiene regularidad para una primera secuencia de una pluralidad de señales de entrenamiento bifurcadas; y el dispositivo de recepción que estima el desplazamiento de frecuencia de portadora con el dispositivo de transmisión de acuerdo con la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y cantidades de desplazamiento de fase obtenidas a partir de la primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento.

10 Así pues, detección de diferencia de fase para las señales de entrenamiento se facilita mediante una función de los desplazamientos de frecuencia asignados a la primera secuencia de señales de entrenamiento transmitida mediante la pluralidad de señales de radio. Por consiguiente, el desplazamiento de frecuencia de portadora puede estimarse de forma precisa con una longitud de señal de entrenamiento más corta o una potencia de transmisión inferior.

20 (2) Un sistema de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un sistema de radiocomunicación que incluye un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio desde una pluralidad de antenas de transmisión y un dispositivo de recepción que recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión usando una antena de recepción y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, en el que el dispositivo de transmisión incluye: una primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; una primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia a respectivas frecuencias asignadas a la primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, siendo los desplazamientos de frecuencia un entero multiplicado por una frecuencia f_1 ; y una unidad de transmisión que transmite las señales de radio que incluyen la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión, y en el que el dispositivo de recepción incluye: una unidad de recepción que recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión a través de la antena de recepción; una primera unidad de detección de diferencia de fase que detecta primeras cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 basándose en la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; una primera unidad de promediación que calcula una primera cantidad física promediada promediando las primeras cantidades físicas; y una unidad de estimación de frecuencia que estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada.

30 Así pues, puede evitarse una caída normal del nivel de recepción mediante una función de los desplazamientos de frecuencia asignados a una secuencia dada de señales de entrenamiento transmitidas mediante la pluralidad de señales de radio desde la pluralidad de antenas de transmisión. Por consiguiente, pueden reducirse efectos de ruido en la detección de diferencia de fase, de tal forma que el desplazamiento de frecuencia de portadora puede estimarse de forma precisa con una longitud de señal de entrenamiento más corta o una potencia de transmisión inferior incluso en un entorno de desvanecimiento de múltiples trayectorias.

40 (3) En el sistema de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el dispositivo de transmisión puede incluir adicionalmente: una segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y una segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 , a respectivas frecuencias asignadas a la segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, en el que la unidad de transmisión puede multiplexar la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia y la segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, y transmiten las señales resultantes como las señales de radio al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión, en el que el dispositivo de recepción puede incluir adicionalmente: una segunda unidad de detección de diferencia de fase que detecta segundas

cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 que es más corta que la diferencia de tiempo T_1 basándose en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y una segunda unidad de promediación que calcula una segunda cantidad física promediada promediando las segundas cantidades físicas, y en el que la unidad de estimación de frecuencia puede estimar el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada y la segunda cantidad física promediada.

Así pues, pueden realizarse un intervalo de adquisición extenso y un tiempo de adquisición corto realizando la detección de diferencia de fase usando la segunda secuencia de señales de entrenamiento. La precisión de estimación está dentro de un intervalo de adquisición de la detección de diferencia de fase usando la primera secuencia de señales de entrenamiento. Por consiguiente, precisión de estimación alta también puede proporcionarse a través de una combinación con posterior detección de diferencia de fase usando la primera secuencia de señales de entrenamiento.

(4) En el sistema de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención, la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia puede asignar los desplazamientos de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados es un entero multiplicado por la frecuencia f_2 , y en el que la segunda unidad de promediación puede promediar las segundas cantidades físicas en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f_2 .

Así pues, ya que la segunda unidad de detección de diferencia de fase usa la detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, el desplazamiento de frecuencia de portadora puede estimarse con alta precisión.

(5) Un dispositivo de transmisión de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio desde una pluralidad de antenas de transmisión, incluyendo el dispositivo de transmisión: una primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; una primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia a respectivas frecuencias asignadas a la primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, siendo los desplazamientos de frecuencia un entero multiplicado por una frecuencia f_1 ; y una unidad de transmisión que transmite las señales de radio que incluyen la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión.

(6) En el dispositivo de transmisión de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el dispositivo de transmisión puede incluir adicionalmente: una segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento genera una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y una segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 , a frecuencias asignadas a la segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, y en el que la unidad de transmisión puede multiplexar la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia y la segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, y transmiten las señales resultantes como las señales de radio al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión.

(7) En el dispositivo de transmisión de acuerdo con un aspecto de la presente invención, la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia puede asignar los desplazamientos de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados es un entero multiplicado por una frecuencia f_2 .

(8) Un dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un dispositivo de recepción que comunica con un dispositivo de transmisión que asigna desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 a respectivas frecuencias asignadas a una primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada para transmitir una pluralidad de señales de radio desde una pluralidad de antenas de transmisión, recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión usando una antena de recepción y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, incluyendo el dispositivo de recepción: una unidad de recepción que recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión a través de la antena de recepción; una primera unidad de detección de diferencia de fase que detecta primeras cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 basándose en la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; una primera unidad de promediación que calcula una primera cantidad física promediada promediando las primeras cantidades físicas; y una unidad de estimación de frecuencia que estima un desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada.

(9) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el dispositivo de

recepción puede comunicarse con un dispositivo de transmisión que multiplexa y transmite una segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 , para respectivas frecuencias asignadas a una segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada, y la primera secuencia de señales de entrenamiento, el dispositivo de recepción puede incluir adicionalmente: una segunda unidad de detección de diferencia de fase que detecta segundas cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 que es más corta que la diferencia de tiempo T_1 basándose en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y una segunda unidad de promediación calcula una segunda cantidad física promediada promediando las segundas cantidades físicas, en el que la unidad de estimación de frecuencia puede estimar el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada y la segunda cantidad física promediada.

(10) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el dispositivo de recepción puede comunicarse con un dispositivo de transmisión que asigna el desplazamiento de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados es un entero multiplicado por la frecuencia f_2 , y en el que la segunda unidad de promediación puede promediar las segundas cantidades físicas en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f_2 .

(11) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, la primera unidad de detección de diferencia de fase puede calcular las primeras cantidades físicas restando una cantidad de desplazamiento de fase en la diferencia de tiempo de la primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento de una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 de la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión.

Así pues, una operación de detección de fase puede realizarse únicamente sumando o restando, simplificando de este modo una configuración de circuito.

(12) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, la primera unidad de detección de diferencia de fase puede calcular las primeras cantidades físicas multiplicando un complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en la diferencia de tiempo T_1 de la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión por un complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en la diferencia de tiempo de la primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento.

Así pues, la primera unidad de detección de diferencia de fase usa detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, estimando de este modo el desplazamiento de frecuencia de portadora con alta precisión.

(13) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, en el que la primera unidad de promediación puede calcular la primera cantidad física promediada promediando las primeras cantidades físicas en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 .

Así pues, la primera unidad de promediación promedia las cantidades físicas $z_1(n)$ de N_1 muestras que son un número natural multiplicado por f_s/f_1 muestras. Por lo tanto, puede obtenerse una precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora que corresponde al número de muestras en promedio N_1 .

(14) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, la segunda unidad de detección de diferencia de fase puede calcular las segundas cantidades físicas restando una cantidad de desplazamiento de fase en la diferencia de tiempo de la segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento de una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 de la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión.

Así pues, una operación de detección de fase puede realizarse únicamente sumando o restando, simplificando de este modo una configuración de circuito.

(15) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, la segunda unidad de detección de diferencia de fase puede calcular las segundas cantidades físicas multiplicando un resultado de detección de retardo en una diferencia de tiempo T_2 de la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión por un complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en la diferencia de tiempo de la segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento.

Así pues, los desplazamientos de frecuencia se asignan de modo que el valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia es un entero multiplicado por la frecuencia f_2 . También, la segunda unidad de promediación promedia las segundas cantidades físicas de N_2 muestras que corresponden a un número natural multiplicado por las f_s/f_2 muestras. Por consiguiente, puede obtenerse precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora que corresponde al número de muestras en promedio N_2 .

(16) En el dispositivo de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el dispositivo de recepción puede incluir una pluralidad de al menos una de la unidad de recepción, la primera unidad de detección de diferencia de fase, la primera unidad de promediación y la unidad de estimación de frecuencia, y en el que el dispositivo de recepción puede incluir una unidad de selección y combinación de señales que selecciona o combina una pluralidad de señales emitidas por la al menos una de la unidad de recepción, la

primera unidad de detección de diferencia de fase, la primera unidad de promediación y la unidad de estimación de frecuencia, y emitir las señales resultantes.

(17) Un método de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un método de radiocomunicación que usa un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio, y un dispositivo de recepción que recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, en el que el dispositivo de transmisión bifurca una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento, y transmite las señales de radio moduladas con frecuencias mediante los desplazamientos de frecuencia de portadora que tiene regularidad para una primera secuencia de una pluralidad de señales de entrenamiento bifurcadas, y en el que el dispositivo de recepción estima el desplazamiento de frecuencia de portadora con el dispositivo de transmisión de acuerdo con la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y cantidades de desplazamiento de fase obtenidas a partir de la primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento.

(18) Un método de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un método de radiocomunicación que usa un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio desde una pluralidad de antenas de transmisión, y un dispositivo de recepción para recibir la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión que usa una antena de recepción y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, en el que el dispositivo de transmisión realiza: un primer proceso de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; un primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia a respectivas frecuencias asignadas a la primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, siendo los desplazamientos de frecuencia un entero multiplicado por una frecuencia f_1 ; y un proceso de transmisión que transmite las señales de radio que incluyen la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión, y en el que el dispositivo de recepción realiza: un proceso de recepción que recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión a través de la antena de recepción; un primer proceso de detección de diferencia de fase que detecta primeras cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 basándose en la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; un primer proceso de promediación que calcula una primera cantidad física promediada promediando las primeras cantidades físicas; y un proceso de estimación de frecuencia que estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada.

(19) En un método de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el dispositivo de transmisión puede efectuar adicionalmente: un segundo proceso de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y un segundo proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 , a respectivas frecuencias asignadas a la segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, el proceso de transmisión puede incluir la multiplexación de la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia y la segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el segundo proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia, y la transmisión de las señales resultantes como las señales de radio al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión, y en el que el dispositivo de recepción puede efectuar adicionalmente: un segundo proceso de detección de diferencia de fase que detecta segundas cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 que es más corta que la diferencia de tiempo T_1 basándose en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y un segundo proceso de promediación que calcula una segunda cantidad física promediada promediando las segundas cantidades físicas, el proceso de estimación de frecuencia que incluye la estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada y la segunda cantidad física promediada.

(20) En un método de radiocomunicación de acuerdo con un aspecto de la presente invención, el segundo proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia puede incluir asignar los desplazamientos de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados es un entero multiplicado por la frecuencia f_2 , y en el que el segundo proceso de promediación incluye promediar las segundas cantidades físicas en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f_2 .

(21) Un método de transmisión de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un método de transmisión que usa un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio desde una pluralidad de

antenas de transmisión, incluyendo el método de transmisión: un primer proceso de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; un primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia a respectivas frecuencias asignadas a la primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión, siendo los desplazamientos de frecuencia un entero multiplicado por una frecuencia f_1 ; y un proceso de transmisión que transmite las señales de radio que incluyen la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión.

(22) Un método de recepción de acuerdo con un aspecto de la presente invención es un método de recepción que usa un dispositivo de recepción que comunica con un dispositivo de transmisión que asigna desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 a respectivas frecuencias asignadas a una primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada para transmitir una pluralidad de señales de radio desde una pluralidad de antenas de transmisión, recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión usando una antena de recepción y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, incluyendo el método de recepción: un proceso de recepción que recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión a través de la antena de recepción; un primer proceso de detección de diferencia de fase que detecta primeras cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 basándose en la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; un primer proceso de promediación que calcula una primera cantidad física promediada promediando las primeras cantidades físicas; y un proceso de estimación de frecuencia que estima un desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada.

Efectos de la invención

El sistema de radiocomunicación, el dispositivo de transmisión, el dispositivo de recepción, el método de radiocomunicación, el método de transmisión y el método de recepción de la presente invención son capaces de estimar de forma precisa el desplazamiento de frecuencia de portadora con un número de muestras de promedio pequeño incluso en un entorno de múltiples trayectorias.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de radiocomunicación 100 de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

la Figura 2 es un gráfico que muestra una comparación de una propiedad de error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora entre una técnica de la primera realización de la presente invención y una técnica convencional;

la Figura 3 es un gráfico que muestra una comparación de una propiedad de error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora entre la técnica de la primera realización de la presente invención y la técnica convencional;

la Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en un dispositivo de transmisión 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la Figura 5 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en un dispositivo de recepción 2 de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la Figura 6 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de radiocomunicación 200 de acuerdo con una segunda realización;

la Figura 7 muestra un formato de señal de transmisión en el sistema de radiocomunicación 200 de acuerdo con la segunda realización;

la Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en un dispositivo de transmisión 3 de acuerdo con la segunda realización de la presente invención;

la Figura 9 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en un dispositivo de recepción 4 de acuerdo con la segunda realización de la presente invención;

la Figura 10 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un dispositivo de recepción 7 de acuerdo con una tercera realización de la presente invención;

la Figura 11 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un dispositivo de recepción 7a de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

la Figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en un dispositivo de transmisión 1 de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

la Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra el proceso en el dispositivo de transmisión 1 de acuerdo con la tercera realización de la presente invención;

la Figura 14 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un dispositivo de recepción 8 de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención; y

la Figura 15 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de radiocomunicación 300 de acuerdo con una realización convencional.

Realizaciones para efectuar la invención

5 (Primera realización)

En lo sucesivo, se describirá una primera realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

10 La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un sistema de radiocomunicación 100 de acuerdo con la presente realización. Con referencia a la Figura 1 se describirá un sistema de radiocomunicación 100 para estimar un desplazamiento de frecuencia de portadora usando una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada.

15 El sistema de radiocomunicación 100 mostrado en la Figura 1 incluye un dispositivo de transmisión 1 y un dispositivo de recepción 2. El dispositivo de transmisión 1 incluye una unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11, unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M, unidades de radio 13-1 a 13-M y antenas de transmisión 14-1 a 14-M. El símbolo M representa un entero igual a o mayor de 2.

20 La unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 genera una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada y emite las señales de entrenamiento a las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M.

25 Las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 a las señales de entrenamiento generada por la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 y emiten las señales de entrenamiento resultantes a las unidades de radio 13-1 a 13-M.

30 Las unidades de radio 13-1 a 13-M realizan conversión analógica y conversión de frecuencia en las señales de entrenamiento, que se generan mediante la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 y asignan los desplazamientos de frecuencia mediante las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M y emiten las señales de entrenamiento como señales de radio a las antenas de transmisión 14-1 a 14-M.

35 Las antenas de transmisión 14-1 a 14-M transmiten las señales de radio emitidas desde las unidades de radio 13-1 a 13-M conectadas a las antenas de transmisión 14-1 a 14-M, al dispositivo de recepción 2.

40 En lo sucesivo, se describirán una conexión de los componentes del dispositivo de transmisión 1 y un flujo de señales.

45 La unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 tiene un terminal de salida conectado a respectivos terminales de entrada de las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M. La unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 bifurca la señal de entrenamiento generada y emite las señales de entrenamiento a las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M.

50 Las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M tienen los terminales de entrada conectados al terminal de salida de la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11, y terminales de salida conectados a terminales de entrada de las unidades de radio 13-1 a 13-M en una correspondencia de uno a uno. Las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan los desplazamientos de frecuencia a las señales de entrenamiento de entrada y emiten las señales de entrenamiento resultantes a las unidades de radio 13-1 a 13-M.

55 Las unidades de radio 13-1 a 13-M tienen los terminales de entrada conectados a los terminales de salida de las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M en una correspondencia de uno a uno, y terminales de salida conectados a terminales de entrada de las antenas de transmisión 14-1 a 14-M en una correspondencia de uno a uno. Las unidades de radio 13-1 a 13-M realizan conversión en las señales de entrada, es decir, las señales de entrenamiento asignaron los desplazamientos de frecuencia, para generar señales de radio, y transmiten las señales de radio al dispositivo de recepción 2 a través de las antenas de transmisión 14-1 a 14-M.

60 El dispositivo de recepción 2 incluye una antena de recepción 21, una unidad de radio 22, una unidad de detección de diferencia de fase 23, una unidad de promediación 24 y una unidad de estimación de frecuencia 25.

65 La antena de recepción 21 recibe las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 1 y emite las señales de radio a la unidad de radio 22.

La unidad de radio 22 realiza conversión de frecuencia y conversión digital en las señales de radio recibidas mediante la antena de recepción 21 para generar señales de recepción y emite las señales de recepción a la unidad de detección de diferencia de fase 23.

5 La unidad de detección de diferencia de fase 23 compara la señal de recepción generada por la unidad de radio 22 con una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada. La unidad de detección de diferencia de fase 23 detecta cantidades físicas representadas por una función de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de una frecuencia f_1 y emite las cantidades físicas a la unidad de promediación 24.

10 La unidad de promediación 24 promedia las cantidades físicas emitidas desde la unidad de detección de diferencia de fase 23 para evitar efectos de ruido y emite una cantidad física promediada a la unidad de estimación de frecuencia 25.

15 La unidad de estimación de frecuencia 25 estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la cantidad física promediada de la unidad de promediación 24.

Ahora se describirán una conexión de los componentes del dispositivo de recepción 2 y un flujo de señales.

20 La antena de recepción 21 es un terminal de salida conectado a un terminal de entrada de la unidad de radio 22. La antena de recepción 21 emite la señal de radio recibida a la unidad de radio 22.

25 La unidad de radio 22 tiene el terminal de entrada conectado al terminal de salida de la antena de recepción 21 y un terminal de salida conectado a un terminal de entrada de la unidad de detección de diferencia de fase 23. La unidad de radio 22 emite la señal de recepción generada desde la señal de radio recibida por la antena de recepción 21, a la unidad de detección de diferencia de fase 23.

30 La unidad de detección de diferencia de fase 23 tiene el terminal de entrada conectado al terminal de salida de la unidad de radio 22 y un terminal de salida conectado a la unidad de promediación 24. La unidad de detección de diferencia de fase 23 extrae una porción de señal de entrenamiento incluida en la señal de recepción introducida desde la unidad de radio 22 y emite las cantidades físicas representadas por una función de las cantidades de desplazamiento de fase obtenidas comparando las señales de entrenamiento con una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada, a la unidad de promediación 24.

35 La unidad de promediación 24 tiene un terminal de entrada conectado al terminal de salida de la unidad de detección de diferencia de fase 23 y un terminal de salida conectado a la unidad de estimación de frecuencia 25. La unidad de promediación 24 emite una cantidad física promediada obtenida a través de un proceso de promediación realizado en las cantidades físicas introducidas desde la unidad de detección de diferencia de fase 23, a la unidad de estimación de frecuencia 25.

40 La unidad de estimación de frecuencia 25 tiene un terminal de entrada conectado al terminal de salida de la unidad de promediación 24. La unidad de estimación de frecuencia 25 estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la cantidad física promediada introducida y emite el resultado.

45 A continuación, se describirá un principio operacional de un sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora en la primera realización de la presente invención usando fórmulas. En lo sucesivo, por simplicidad de explicación, se proporcionará una descripción de una unidad de muestra.

50 En este documento, n es un número de muestra. $s_1(n)$ es una señal de entrenamiento generada por la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11. La primera señal de entrenamiento $x_{1m}(n)$ asignó el desplazamiento de frecuencia mediante la unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia 12- m puede expresarse mediante la Fórmula 13 cuando el desplazamiento de frecuencia se asigna en intervalos regulares. El símbolo m representa un número natural de 1 a M .

55 [Fórmula 13]

$$x_{1m}(n) = s_1(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{m \cdot f_1}{f_s} \cdot n\right) \quad \dots (13)$$

60 En la Fórmula 13, f_s es una frecuencia de muestreo. Una frecuencia f_1 cuando el desplazamiento de frecuencia se asigna en intervalos regulares necesita satisfacer una relación de la Fórmula 14 para evitar que una variación de fase debido a la asignación de desplazamiento de frecuencia sea la misma entre muestras.

[Fórmula 14]

$$f_s \geq M \cdot f_1 \quad \dots (14)$$

5 En este caso, la señal de recepción $y_1(n)$ generada a través de la recepción en la antena de recepción 21 y la conversión de frecuencia y conversión digital en la unidad de radio 22 puede expresarse mediante la Fórmula 15.

[Fórmula 15]

$$\begin{aligned} y_1(n) &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \sum_{m=1}^M h_m \cdot x_{1m}(n) + \eta_1(n) \\ &= s_1(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \beta_1(n) + \eta_1(n) \end{aligned} \quad \dots (15)$$

10 En la Fórmula 15, h_m es una respuesta de amplitud compleja entre la antena de transmisión 14-m (el símbolo m representa un número natural de 1 a M) y la antena de recepción 21. Δf es un desplazamiento de frecuencia de portadora entre el dispositivo de transmisión 1 y el dispositivo de recepción 2. f_s es una frecuencia de muestreo. El símbolo $\eta_1(n)$ representa un ruido independiente para cada muestra y dependiente en una distribución de Gauss compleja en la que una cantidad de potencia promedio es 1.

15 En este documento, cuando la secuencia de señal de entrenamiento $s(n)$ es $s_1(n)$, la Fórmula 15 se obtiene sustituyendo la respuesta de amplitud de fase h en la Fórmula 1 con una variable variable con el tiempo $\beta_1(n)$. $\beta_1(n)$ puede considerarse una variable que corresponde a la respuesta de amplitud de fase y puede expresarse mediante la Fórmula 16.

[Fórmula 16]

$$\beta_1(n) = \sum_{m=1}^M h_m \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{m \cdot f_1}{f_s} \cdot n\right) \quad \dots (16)$$

25 La unidad de detección de diferencia de fase 23, la unidad de promediación 24 y la unidad de estimación de frecuencia 25 estiman el desplazamiento de frecuencia de portadora Δf usando la información de la señal de recepción generada $y_1(n)$ y la señal de entrenamiento previamente determinada $s_1(n)$ generada por la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11.

30 Cuando la unidad de detección de diferencia de fase 23 usa detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, una cantidad física $z_1(n)$ que es una función de cantidades de desplazamiento de fase en una muestra de diferencia de tiempo τ_1 puede expresarse mediante la Fórmula 17.

35 [Fórmula 17]

$$\begin{aligned} z_1(n) &= s_1^*(n) \cdot s_1(n - \tau_1) \cdot y_1(n) \cdot y_1^*(n - \tau_1) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_1\right) \cdot \beta_1(n) \cdot \beta_1^*(n - \tau_1) \\ &\quad + s_1(n - \tau_1) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \beta_1(n) \cdot \eta_1^*(n - \tau_1) \\ &\quad + s_1^*(n) \cdot \exp\left(-j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot (n - \tau_1)\right) \cdot \beta_1^*(n - \tau_1) \cdot \eta_1(n) \\ &\quad + s_1^*(n) \cdot s_1(n - \tau_1) \cdot \eta_1(n) \cdot \eta_1^*(n - \tau_1) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_1\right) \left\{ \left| \beta_1(n) \right|^2 + \beta_1(n - \tau_1) \cdot \alpha(n - \tau_1) + \beta_1^*(n) \cdot \alpha_1^*(n) \right\} \\ &\quad + s_1^*(n) \cdot s_1(n - \tau_1) \cdot \eta_1(n) \cdot \eta_1^*(n - \tau_1) \end{aligned} \quad \dots (17)$$

En la Fórmula 17, $\alpha_1(n)$ se muestra mediante la Fórmula 18.

[Fórmula 18]

$$\alpha_1(n) = s_1(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \eta_1^*(n) \quad \dots (18)$$

5

En este documento, $\tau_1 = f_s T_1$. Cuando k es cualquier número natural, la muestra de diferencia de tiempo τ_1 se establece para satisfacer una relación de la Fórmula 19.

10 [Fórmula 19]

$$\tau_1 = f_s \cdot T_1 = k \cdot \frac{f_s}{f_1} \quad \dots (19)$$

15 Cuando la unidad de promediación 24 promedia las cantidades físicas $z_1(n)$ de N_1 muestras que son un número natural multiplicado por f_s/f_1 muestras que corresponden a un periodo de una variable $\beta_1(n)$, la cantidad física promediada Φ_1 puede expresarse mediante la Fórmula 20 si el número de muestras N es mayor que el valor de la muestra de diferencia de tiempo τ_1 ($N > \tau_1$).

20 [Fórmula 20]

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= \sum_{n=1}^{N_1} z_1(n) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_1\right) \cdot \left\{ \sum_{n=1}^{N_1} |\beta_1(n)|^2 + \sum_{n=1-\tau_1}^0 \beta_1(n) \cdot \alpha_1(n) \right. \\ &\quad \left. + 2 \cdot \sum_{n=0}^{N_1-\tau_1} \text{Re}[\beta_1(n) \cdot \alpha_1(n)] + \sum_{n=N_1-\tau_1+1}^{N_1} \beta_1^*(n) \cdot \alpha_1^*(n) \right\} \\ &\quad + \sum_{n=0}^{N_1} s_1^*(n) \cdot s_1(n - \tau_1) \cdot \eta_1(n) \cdot \eta_1^*(n - \tau_1) \quad \dots (20) \end{aligned}$$

25 Cuando el número de muestras N es igual a o más pequeño que el valor de muestra de diferencia de tiempo τ_1 ($N \leq \tau_1$), la cantidad física promediada Φ_1 puede expresarse mediante la Fórmula 21.

[Fórmula 21]

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= \sum_{n=1}^{N_1} z_1(n) \\ &= \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_1\right) \cdot \left\{ \sum_{n=1}^{N_1} |\beta_1(n)|^2 + \sum_{n=1-\tau_1}^{N_1-\tau_1} \beta_1(n) \cdot \alpha_1(n) + \sum_{n=1}^{N_1} \beta_1^*(n) \cdot \alpha_1^*(n) \right\} \\ &\quad + \sum_{n=0}^{N_1} s_1^*(n) \cdot s_1(n - \tau_1) \cdot \eta_1(n) \cdot \eta_1^*(n - \tau_1) \quad \dots (21) \end{aligned}$$

30 Cuando la unidad de detección de diferencia de fase 23 usa la detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, la unidad de estimación de frecuencia 25 calcula la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora. Una fórmula de cálculo para obtener la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora se expresa mediante la Fórmula 22.

35 [Fórmula 22]

$$f_{est} = \frac{f_c}{2\pi \cdot \tau_1} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}[\Phi_1]}{\text{Re}[\Phi_1]} \right) \quad \dots (22)$$

5 Cuando el ruido $\eta_1(n)$ en la cantidad física promediada φ_1 es tan pequeña que efectos del ruido pueden despreciarse, componentes distintos de un primer término en corchetes $\{$ de las Fórmulas 20 y 21 son 0 (cero), es decir, las Fórmulas 20 y 21 incluyen únicamente un componente de número real. Por consiguiente, la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora puede calcularse sin error.

10 A continuación, se describirá la estimación de error cuando los efectos del ruido $\eta_1(n)$ no pueden despreciarse usando fórmulas.

Primero, una variable $\beta_1(n)$ que corresponde a la respuesta de amplitud de fase se considera. Un nivel de la variable $\beta_1(n)$, es decir, un cuadrado del valor absoluto puede expresarse mediante la Fórmula 23.

[Fórmula 23]

15

$$|\beta_1(n)|^2 = \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{M-1} \text{Re} \left[\exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{i}{\tau_1} \cdot n \right) \cdot \sum_{k=i+1}^M h_{k-i} \cdot h_k^* \right] \quad \dots (23)$$

20 Un periodo de variación de la variable $\beta_1(n)$ corresponde a τ_1 muestras y un nivel promedio de la variable se expresa mediante la Fórmula 24.

20

[Fórmula 24]

$$\frac{1}{\tau_1} \sum_{n=1}^{\tau_1} |\beta_1(n)|^2 = \sum_{m=1}^M |h_m|^2 \quad \dots (24)$$

25 El ruido $\eta(n)$ es independiente para cada muestra y estocásticamente dependiente en la distribución de Gauss compleja. Por consiguiente, cuando la naturaleza de la distribución de Gauss y Fórmula 22 se usan, la cantidad física promediada φ_1 cuando el número de muestras N_1 de la Fórmula 20 es mayor que el valor de la muestra de diferencia de tiempo τ_1 ($N_1 > \tau_1$) puede expresarse como la Fórmula 25. La naturaleza de la distribución de Gauss incluye una naturaleza de aproximación a una distribución de Gauss con una varianza obtenida a través de una operación lineal de las dos variables independientes cuando las dos variables independientes que dependen de la distribución de Gauss se someten a la operación lineal.

30

[Fórmula 25]

35

$$\Phi_1 = \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_c} \cdot \tau_1 \right) \cdot \left\{ N_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + \sqrt{(2N_1 - \tau_1) \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + \frac{N_1}{2} \cdot \eta_r} \right. \\ \left. + j \cdot \sqrt{\tau_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + \frac{N_1}{2} \cdot \eta_i} \right\} \quad \dots (25)$$

Una cantidad física promediada φ_1 cuando el número de muestras N_1 en la Fórmula 21 es igual a o más pequeño que el valor de la muestra de diferencia de tiempo τ_1 ($N_1 \leq \tau_1$) se representa mediante la Fórmula 26.

40 [Fórmula 26]

$$\Phi_1 = \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_c} \cdot \tau_1 \right) \cdot \left\{ N_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + \sqrt{N_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + \frac{N_1}{2} \cdot \eta_r} \right. \\ \left. + j \cdot \sqrt{N_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 + \frac{N_1}{2} \cdot \eta_i} \right\} \quad \dots (26)$$

Ruidos η_r y η_i son variables que dependen de la distribución de Gauss con una varianza de 1.

El caso en el que una potencia total de la recepción señales usadas para la estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora es lo suficientemente mayor que la potencia de ruido en la Fórmula 26, es decir, se describirá el caso en el que la potencia total se expresa mediante la Fórmula 27.

[Fórmula 27]

$$N \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2 \gg 1 \quad \dots (27)$$

Si la potencia total se expresa mediante la Fórmula 27, la estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora calculada por la unidad de estimación de frecuencia 25 puede aproximarse a la Fórmula 28 cuando el número de muestras N_1 es mayor que el valor de la muestra de diferencia de tiempo τ_1 ($N_1 > \tau_1$). Además, se usa una relación de tan θ cuando θ es suficientemente más pequeño que 1 ($\theta \ll 1$).

[Fórmula 28]

$$f_{est} \approx \Delta f + \frac{f_s}{2\pi \cdot \sqrt{\tau_1 \cdot N_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2}} \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{2\tau_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2}} \cdot \eta_\theta \quad \dots (28)$$

Cuando el número de muestras N_1 es igual a o más pequeño que el valor de la muestra de diferencia de tiempo τ_1 ($N_1 \leq \tau_1$), la estimada puede aproximarse mediante la Fórmula 29.

[Fórmula 29]

$$f_{est} \approx \Delta f + \frac{f_s}{2\pi \cdot \tau_1 \cdot \sqrt{N_1 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2}} \sqrt{1 + \frac{1}{2 \cdot \sum_{m=1}^M |h_m|^2}} \cdot \eta_\theta \quad \dots (29)$$

En las Fórmulas 28 y 29, η_θ es una variable que depende de la distribución de Gauss con una varianza de 1.

Además, un intervalo de adquisición en el que el desplazamiento de frecuencia de portadora puede estimarse puede definirse, por ejemplo, mediante la Fórmula 30.

[Fórmula 30]

$$-\frac{f_s}{2\tau_1} < f_{est} < \frac{f_s}{2\tau_1} \quad \dots (30)$$

Cuando $\tau = \tau_1$ y $N = N_1$ en las Fórmulas 28 y 29, las Fórmulas 28 y 29 se obtienen sustituyendo $|h|^2$ en las Fórmulas 9 y 10 con $\Sigma |h_m|^2$. Como se ha descrito previamente, en un entorno de desvanecimiento de múltiples trayectorias, un nivel de recepción cae con una cierta probabilidad. Sin embargo, en general, una probabilidad de que niveles de recepción desde todas las antenas de transmisión serán bajas es baja. Por consiguiente, una probabilidad de que $\Sigma |h_m|^2$ es igual a o más pequeño que un cierto nivel, es decir, una probabilidad de que $|h|^2$ es igual a o más pequeño que el cierto nivel es baja. Esto generalmente se llama un efecto de diversidad de transmisión.

Por lo tanto, el método de estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora en la primera realización de la presente invención puede reducir el error de transmisión con la misma longitud de señal de entrenamiento y la misma potencia de transmisión en un entorno de desvanecimiento de múltiples trayectorias en comparación con el método convencional de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora. También, la estimada con el mismo error de estimación puede obtenerse con una longitud de señal de entrenamiento más corta o una potencia de transmisión inferior.

Comparaciones de una propiedad de error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora entre la

técnica de la primera realización de la presente invención y una técnica convencional se muestran en las Figuras 2 y 3. En este documento, ya que el error de transmisión exhibe un comportamiento estocástico, se usó valor cuadrático medio (RMS) para evaluación. La tasa de modulación fue 9600 baudios y un intervalo de detección de diferencia de fase fue 8 símbolos. Además, en la técnica de la primera realización, un número de antena de transmisión fue 2.

5 Una trayectoria de desvanecimiento de Rayleigh de una sola onda independiente para cada antena también se supuso como una trayectoria de propagación

En la Figura 2, un eje horizontal indica CNR [dB]. Un eje vertical indica un error de estimación de portadora de desplazamiento de frecuencia [Hz]. En la Figura 2, una curva g11 muestra una propiedad cuando se usa la técnica de la primera realización. Una curva g12 muestra una propiedad cuando se usa una técnica convencional.

10

En la Figura 2, CNR se fijó a 10 dB y una longitud de señal de entrenamiento se cambió para evaluar una propiedad del error de estimación. Como resultado de la comparación de longitudes de señales de entrenamiento requerida para obtener un error de estimación de 10 Hz, la técnica convencional requirió aproximadamente 10000 símbolos, mientras que la técnica de la primera realización requirió aproximadamente 30 símbolos. Es decir, cuando el error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora es 10 [Hz], la técnica de la primera realización puede reducir la longitud de señal de entrenamiento a aproximadamente 1/300 de la longitud de señal de entrenamiento en la técnica convencional.

15

En la Figura 3, un eje horizontal indica una longitud de señal de entrenamiento [símbolos]. Un eje vertical indica un error de estimación de portadora de desplazamiento de frecuencia [Hz]. En la Figura 3, una curva g13 muestra una propiedad cuando se usa la técnica de la primera realización. Una curva g14 muestra una propiedad cuando se usa una técnica convencional.

20

En la Figura 3, una longitud de señal de entrenamiento se fijó a 54 símbolos y se cambió una CNR para evaluar una propiedad del error de estimación. Como resultado de la comparación de CNR requeridos para obtener el error de transmisión de 10 [Hz], la técnica convencional requirió aproximadamente 23 dB, mientras que la técnica de la primera realización requirió aproximadamente 8 dB. Es decir, cuando el error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora es 10 [Hz], la técnica de la primera realización puede reducir una potencia de transmisión a aproximadamente 1/30 de la potencia de transmisión de la técnica convencional.

25

30

En la presente realización, dos o más de la pluralidad de unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M puede asignar el mismo desplazamiento de frecuencia. Incluso en este caso, el sistema en la presente realización puede operar normalmente. Sin embargo, cuando todas las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan la misma frecuencia, únicamente se obtienen los mismos efectos que efectos convencionales. Por consiguiente, es preferible que las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan dos o más desplazamientos de frecuencia.

35

El ruido no afecta a la señal de recepción $y_1(n)$ ya que el valor absoluto de la variable $\beta_1(n)$ es mayor. Por consiguiente, la unidad de detección de diferencia de fase 23 puede detectar la diferencia de fase con mayor precisión ya que el valor absoluto de la variable $\beta_1(n)$ es mayor. La variable $\beta_1(n)$ varía con los desplazamientos de frecuencia asignados mediante las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M, y un patrón de la variación no se determina de forma única.

40

Por consiguiente, si la unidad de promediación 24 establece un número de muestra de promediación inapropiado N_1 , únicamente se promedia la diferencia de fases detectada desde una señal de recepción en la que el valor absoluto de la variable $\beta_1(n)$ es pequeño. Por consiguiente, la precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora que corresponde al número de muestras en promedio N_1 no se obtiene en la unidad de estimación de frecuencia 25.

45

50

En este documento, cuando las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan los desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por la frecuencia f_1 , un periodo de variación de la variable $\beta_1(n)$ necesariamente se vuelve un periodo de f_s/f_1 muestras.

55

Por consiguiente, la unidad de promediación 24 promedia cantidades físicas $z_1(n)$ de N_1 muestras que son un número natural multiplicado por f_s/f_1 muestras que corresponden a un periodo de la variable $\beta_1(n)$, de tal forma que se realiza la promediación en la que una cantidad física con alta precisión se incluye necesariamente. La unidad de estimación de frecuencia 25 puede obtener la precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora que corresponde al número de muestras en promedio N_1 .

60

Como se ha descrito anteriormente, la diferencia de fase puede detectarse con mayor precisión ya que el valor absoluto de la variable $\beta_1(n)$ es mayor, y el tamaño de la variable $\beta_1(n)$ se cambia. Por consiguiente, cuando la propia diferencia de fase detectada se somete a promedio simple, información de una diferencia de fase por la que la precisión de detección es baja puede tener un efecto, y en este caso, la precisión de estimación para el desplazamiento de frecuencia de portadora obtenido por la unidad de estimación de frecuencia 25 no es alto.

65

En este documento, cuando la unidad de detección de diferencia de fase 23 usa la detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, un componente de fase de una cantidad física $z_1(n)$ indica la diferencia de fase detectada. Además, el tamaño de la cantidad física $z_1(n)$ indica un cuadrado del valor absoluto, es decir, la fiabilidad de la diferencia de fase detectada.

5 Así pues, como la unidad de detección de diferencia de fase 23 usa la detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, la unidad de promediación 24 automáticamente realiza promedio apropiado que corresponde a la precisión de detección de diferencia de fase. Por consiguiente, la unidad de estimación de frecuencia 25 puede estimar el desplazamiento de frecuencia de portadora con alta precisión.

10 Mientras en la presente realización, las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan los desplazamientos de frecuencia en intervalos regulares como se ha descrito anteriormente, la presente invención no se limita a lo mismo. Las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M pueden asignar desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 .

15 Mientras en la presente realización, la unidad de detección de diferencia de fase 23 usa la detección de retardo como se ha descrito anteriormente, la presente invención no se limita a la misma. Como la unidad de detección de diferencia de fase 23, puede usarse cualquier medio de detección de diferencia de fase para detectar cantidades físicas que es una función de cantidades de desplazamiento de fase en la muestra de diferencia de tiempo τ_1 . Por ejemplo, puede usarse un medio de detección de diferencia de fase para detectar una diferencia de fase en sí misma restando una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo de la señal de entrenamiento de una cantidad de desplazamiento de fase en una muestra de diferencia de tiempo τ_1 de la señal de recepción en una porción en la que existen señales de entrenamiento.

20 Mientras en la presente realización, la unidad de promediación 24 promedia las cantidades físicas $z_1(n)$ de N_1 muestras que corresponden a un número natural multiplicado por el número de muestras de retardo τ_1 como se ha descrito anteriormente, la presente invención no se limita a lo mismo. El número de muestras en promedio N_1 puede tener cualquier valor.

30 Además, puede proporcionarse un filtro de paso de banda antes de la unidad de detección de diferencia de fase 23 para reducir efectos del ruido en la detección de diferencia de fase.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en el dispositivo de transmisión 1 de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

35 Primero, la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 genera señales de entrenamiento previamente determinadas en el dispositivo de transmisión 1 (etapa S11).

40 A continuación, las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M asignan desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por la frecuencia f_1 , a frecuencias asignadas a señales de entrenamiento bifurcadas en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión 14-1 a 14-M (etapa S12).

45 A continuación, las unidades de radio 13-1 a 13-M transmiten señales de radio que incluyen las señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M al dispositivo de recepción 2 a través de las antenas de transmisión 14-1 a 14-M (etapa S13).

50 La Figura 5 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en el dispositivo de recepción 2 de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

Primero, la unidad de radio 22 recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión 1 a través de la antena de recepción 21 (etapa S21).

55 La unidad de detección de diferencia de fase 23 a continuación detecta cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 basándose en las señales de entrenamiento incluida en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 1 y en señales de entrenamiento previamente determinadas en el dispositivo de recepción 2 (etapa S22).

60 La unidad de promediación 2 a continuación promedia cantidades físicas detectadas en la etapa S22 para calcular una cantidad física promediada (etapa S23).

65 La unidad de estimación de frecuencia 25 a continuación estima un desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la cantidad física promediada (etapa S24).

(Segunda realización)

En lo sucesivo, se describirá una segunda realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

5 La Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un sistema de radiocomunicación 200 de acuerdo con la presente realización.

La Figura 7 es un diagrama que muestra un ejemplo de un formato de señal de transmisión en el sistema de radiocomunicación 200.

10 El sistema de radiocomunicación 200 mostrado en la Figura 6 incluye un dispositivo de transmisión 3 y un dispositivo de recepción 4.

15 El dispositivo de transmisión 3 incluye una primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31, primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M, una segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33, segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M, unidades de radio 35-1 a 35-M y antenas de transmisión 36-1 a 36-M, en el que M es un entero igual a o mayor de 2.

20 La primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 genera una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento y emite la primera secuencia de señales de entrenamiento a las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M.

25 Las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M asignan desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 a la primera secuencia de señales de entrenamiento generada por la primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 y emiten las señales de entrenamiento resultantes a las unidades de radio 35-1 a 35-M.

30 La segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 genera una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento y emite la segunda secuencia de señales de entrenamiento a las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M.

35 Las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M asignan desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 a la segunda secuencia de señales de entrenamiento generada por la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 y emiten las señales de entrenamiento resultantes a las unidades de radio 35-1 a 35-M.

40 Las unidades de radio 35-1 a 35-M multiplexan por división de tiempo la primera secuencia de señales de entrenamiento generada por la primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 y asignan los desplazamientos de frecuencia mediante las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M, y la segunda secuencia de señales de entrenamiento generada por la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 y asignan los desplazamientos de frecuencia mediante las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M, realizan conversión analógica y conversión de frecuencia en las señales de entrenamiento multiplexadas por división de tiempo y emiten señales de radio a las antenas de transmisión 36-1 a 36-M.

45 Las antenas de transmisión 36-1 a 36-M transmiten las señales de radio emitidas desde las unidades de radio 35-1 a 35-M al dispositivo de recepción 4.

50 Por ejemplo, como en el formato de señal de transmisión mostrado en la Figura 7, la primera secuencia de señales de entrenamiento 50 y la segunda secuencia de señales de entrenamiento 60 se transmiten continuamente de una forma para solaparse entre sí temporalmente antes de transmisión de una porción de datos 70. En la Figura 7, el eje horizontal es un eje de tiempo. El formato de señal de transmisión mostrado en la Figura 7 es un formato de señal en el que la primera secuencia de señales de entrenamiento 50, la segunda secuencia de señales de entrenamiento 60, y la porción de datos 70 se transmiten en este orden.

Se describirán una conexión de los componentes del dispositivo de transmisión 3 y un flujo de señales.

60 La primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 tiene un terminal de salida conectado a terminales de entrada de las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M. La primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 bifurca la primera secuencia de señales de entrenamiento generadas y emite la primera secuencia de señales de entrenamiento a las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M.

65 Las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M tienen los terminales de entrada

5 conectados al terminal de salida de la primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31, y terminales de salida conectados a primeros terminales de entrada de las unidades de radio 33-1 a 33-M en una correspondencia de uno a uno. Las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M asignan desplazamientos de frecuencia a la primera secuencia de señales de entrenamiento de entrada y emiten las señales de entrenamiento resultantes a las unidades de radio 35-1 a 35-M.

10 La segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 tiene un terminal de salida conectado a terminales de entrada de las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M. La segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 bifurca la segunda secuencia de señales de entrenamiento generadas y emite la segunda secuencia de señales de entrenamiento a las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M.

15 Las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M tienen los terminales de entrada conectados al terminal de salida de la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 y terminales de salida conectados a segundos terminales de entrada de las unidades de radio 35-1 a 35-M en una correspondencia de uno a uno. Las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M asignan los desplazamientos de frecuencia a la segunda secuencia de señales de entrenamiento de entrada y emiten las señales de entrenamiento resultantes a las unidades de radio 35-1 a 35-M.

20 Las unidades de radio 35-1 a 35-M tienen los primeros terminales de entrada conectados a los terminales de salida de las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M y los segundos terminales de entrada conectados a los terminales de salida de unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M. Las unidades de radio 35-1 a 35-M tienen terminales de salida conectados a terminales de entrada de las antenas de transmisión 36-1 a 36-M en una correspondencia de uno a uno. Las unidades de radio 35-1 a 35-M realizan
25 conversión en las señales de entrenamiento de entrada asignaron los desplazamientos de frecuencia para generar señales de radio y transmiten las señales de radio al dispositivo de recepción 4 a través de las antenas de transmisión 36-1 a 36-M.

30 El dispositivo de recepción 4 incluye una antena de recepción 41, una unidad de radio 42, una primera unidad de detección de diferencia de fase 43, una primera unidad de promediación 44, una segunda unidad de detección de diferencia de fase 45, una segunda unidad de promediación 46 y una unidad de estimación de frecuencia 47.

35 La antena de recepción 41 recibe las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 3 y emite las señales de radio a la unidad de radio 42.

La unidad de radio 42 realiza conversión de frecuencia y conversión digital en las señales de radio recibidas mediante la antena de recepción 41 para generar señales de recepción y emite las señales de recepción a la primera unidad de detección de diferencia de fase 43 y la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45.

40 La primera unidad de detección de diferencia de fase 43 compara la señal de recepción introducida desde la unidad de radio 42 con una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento para detectar primeras cantidades físicas que son una función de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 y emite las primeras cantidades físicas a la primera unidad de promediación 44.

45 La primera unidad de promediación 44 promedia las primeras cantidades físicas de entrada para evitar efectos de ruido y emite una primera cantidad física promediada a la unidad de estimación de frecuencia 47.

50 La segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 compara la señal de recepción introducida desde la unidad de radio 42 con una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento para detectar segundas cantidades físicas que son una función de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 que es más corta que una diferencia de tiempo T_1 y emite las segundas cantidades físicas a la segunda unidad de promediación 46.

55 La segunda unidad de promediación 46 promedia las segundas cantidades físicas de entrada para evitar efectos de ruido y emite una segunda cantidad física promediada a la unidad de estimación de frecuencia 47.

60 La unidad de estimación de frecuencia 47 estima el desplazamiento de frecuencia de portadora a partir de la primera cantidad física promediada introducida por la primera unidad de promediación 44 y la segunda cantidad física promediada introducida por la segunda unidad de promediación 46.

Se describirán una conexión de los componentes del dispositivo de recepción 4 y un flujo de señales.

65 La antena de recepción 41 tiene un terminal de salida conectado a un terminal de entrada de la unidad de radio 42. La antena de recepción 41 emite la señal de radio recibida a la unidad de radio 42.

La unidad de radio 42 tiene el terminal de entrada conectado al terminal de salida de la antena de recepción 41 y un

terminal de salida conectado a un terminal de entrada de la primera unidad de detección de diferencia de fase 43 y un terminal de entrada de la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45. La unidad de radio 42 emite las señales de recepción generadas a partir de las señales de radio recibidas mediante la antena de recepción 21 a la primera unidad de detección de diferencia de fase 43 y a la primera unidad de detección de diferencia de fase 45.

5 La primera unidad de detección de diferencia de fase 43 tiene el terminal de entrada conectado al terminal de salida de la unidad de radio 42 y un terminal de salida conectado a la primera unidad de promediación 44. La primera unidad de detección de diferencia de fase 43 extrae la primera secuencia de señales de entrenamiento de la señal de recepción introducida desde la unidad de radio 42 y emite cantidades físicas, que se representan mediante una
10 función de las cantidades de desplazamiento de fase, obtenidas comparando la primera secuencia de señales de entrenamiento extraídas y una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento a la primera unidad de promediación 44.

15 La primera unidad de promediación 44 tiene un terminal de entrada conectado al terminal de salida de la primera unidad de detección de diferencia de fase 43 y un terminal de salida conectado a un primer terminal de entrada de la unidad de estimación de frecuencia 47. La primera unidad de promediación 44 emite una cantidad física promediada obtenida realizando un proceso de promedio en las cantidades físicas introducidas desde la primera unidad de detección de diferencia de fase 43, a la unidad de estimación de frecuencia 47.

20 La segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 tiene el terminal de entrada conectado al terminal de salida de la unidad de radio 42 y un terminal de salida conectado a la segunda unidad de promediación 46. La segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 extrae la segunda secuencia de señales de entrenamiento a partir de la señal de recepción introducida desde la unidad de radio 42 y emite cantidades físicas, que se representan mediante una función de las cantidades de desplazamiento de fase, obtenidas comparando la segunda secuencia de señales
25 de entrenamiento extraídas y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento a la segunda unidad de promediación 46.

30 La segunda unidad de promediación 46 tiene un terminal de entrada conectado al terminal de salida de la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 y un terminal de salida conectado a un segundo terminal de entrada de la unidad de estimación de frecuencia 47. La segunda unidad de promediación 46 emite una cantidad física promediada obtenida realizando un proceso de promedio en la cantidad física introducida desde la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45, a la unidad de estimación de frecuencia 47.

35 El primer terminal de entrada de la unidad de estimación de frecuencia 47 se conecta al terminal de salida de la primera unidad de promediación 44 y el segundo terminal de entrada se conecta al terminal de salida de la segunda unidad de promediación 46. La unidad de estimación de frecuencia 47 estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en las respectivas cantidades físicas promediadas de entrada y emite el resultado de estimación.

40 En el método de estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora en la primera realización de la presente invención, cuando el número de antena de transmisión M es mayor a partir de las relaciones de las Fórmulas 14, 19 y 27, el número de muestras de retardo τ_1 tras la estimación de desplazamiento de diferencia de fase es grande y se restringe un intervalo de frecuencia de adquisición.

45 En la segunda realización, el dispositivo de transmisión 3 incluye adicionalmente la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 y las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M para asignar los desplazamientos de frecuencia a la segunda secuencia de señales de entrenamiento generadas, a diferencia del método de estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora en la primera realización. El dispositivo de recepción 4 incluye adicionalmente la segunda unidad de detección de
50 diferencia de fase 45 para detectar las segundas cantidades de desplazamiento de fase con un número de muestra de retardo pequeño usando la segunda secuencia de señales de entrenamiento y la segunda unidad de promediación 46 para promediar las segundas cantidades de desplazamiento de fase detectadas. Por consiguiente, la segunda realización realiza un intervalo de adquisición extenso.

55 A continuación, un principio operacional de un sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora en la segunda realización de la presente invención se describirá usando fórmulas.

60 La primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 realiza la misma operación que la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11. Las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M realizan la misma operación que las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M. La primera unidad de detección de diferencia de fase 43 realiza la misma operación que la unidad de detección de diferencia de fase 23. La primera unidad de promediación 44 realiza la misma operación que la unidad de promediación 24. Por consiguiente, en la segunda realización, se obtiene la primera cantidad física promediada ϕ_1 mostrada en las Fórmulas 20 y 21 o Fórmulas 25 y 26 en la primera
65 realización.

n es un número de muestra. La segunda secuencia de señales de entrenamiento generada por la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 es $s_2(n)$. Las segundas señales de entrenamiento $x_{2m}(n)$ asignaron los desplazamientos de frecuencia mediante la unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-m puede expresarse mediante la Fórmula 31 cuando los desplazamientos de frecuencia se asignan para estar en intervalos regulares representados por la frecuencia f_2 . En este documento, el símbolo m representa un número natural de 1 a M.

[Fórmula 31]

$$x_{2m}(n) = s_2(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{m \cdot f_2}{f_s} \cdot n\right) \quad \dots (31)$$

10

En la Fórmula 31, el símbolo f_s representa una frecuencia de muestreo.

En lo sucesivo, por simplicidad de explicación, todo se describirá en una unidad de muestra.

15

En este caso, una señal de recepción $y_2(n)$ generada a través de la recepción en la antena de recepción 41 y la conversión de frecuencia y conversión digital en la unidad de radio 42 puede expresarse mediante la Fórmula 32.

[Fórmula 32]

20

$$\begin{aligned} y_2(n) &= \sum_{m=1}^M h_m \cdot x_{2m}(n) + \eta_2(n) \\ &= s_2(n) \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot n\right) \cdot \beta_2(n) + \eta_2(n) \quad \dots (32) \end{aligned}$$

En la Fórmula 32, el símbolo h_m representa una respuesta de amplitud compleja entre la antena de transmisión 36-m (el símbolo m representa un número natural de 1 a M) y la antena de recepción 41. El símbolo Δf representa un desplazamiento de frecuencia de portadora entre el dispositivo de transmisión 3 y el dispositivo de recepción 4. El símbolo f_s representa la frecuencia de muestreo. $\eta_2(n)$ es un ruido independiente para cada muestra y dependiente en la distribución de Gauss compleja en la que una cantidad de potencia promedio es 1.

Cuando la señal de entrenamiento $s(n)$ es $S_2(n)$, Fórmula 32 se obtiene sustituyendo la respuesta de amplitud de fase h de la Fórmula 1 con una variable variable con el tiempo $\beta_2(n)$. $\beta_2(n)$ puede considerarse una variable que corresponde a la respuesta de amplitud de fase y puede expresarse mediante la Fórmula 33.

[Fórmula 33]

$$\beta_2(n) = \sum_{m=1}^M h_m \cdot \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{m \cdot f_2}{f_s} \cdot n\right) \quad \dots (33)$$

35

En la segunda realización de la presente invención, el sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora proporciona tanto un intervalo de adquisición extenso como una precisión de estimación alta. Por consiguiente, la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45, la segunda unidad de promediación 46 y la unidad de estimación de frecuencia 47 calculan una estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f'_{est} . Posteriormente, la primera unidad de detección de diferencia de fase 43, la primera unidad de promediación 44 y la unidad de estimación de frecuencia 47 adicionalmente estiman un desplazamiento de frecuencia de portadora restante después de que se eliminen los efectos de la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f'_{est} .

45

La segunda unidad de detección de diferencia de fase 45, la segunda unidad de promediación 46 y la unidad de estimación de frecuencia 47 calculan la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f'_{est} usando la señal de recepción $y_2(n)$ generada a partir de la señal de radio recibida y la segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento $s_2(n)$ generada por la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33. Posteriormente, la unidad de estimación de frecuencia 47 obtiene la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora f_{est} basándose en la Fórmula 34 usando la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada obtenida f'_{est} y la primera cantidad física promediada ϕ_1 .

50

[Fórmula 34]

$$f_{est} = f_{est} + \frac{f_s}{2\pi \cdot \tau_1} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}[\Phi_1]}{\text{Re}[\Phi_1]} \right) \quad \dots (34)$$

5 En la Fórmula 34, la variable φ_1 es un promedio de cantidades físicas de cantidades de desplazamiento de fase en una muestra de diferencia de tiempo τ_1 restante después de que se corrija la cantidad de desplazamiento de fase que corresponde a la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f_{est} .

Es decir, la variable φ_1 puede expresarse mediante la Fórmula 35.

10

[Fórmula 35]

$$\Phi_1 = \Phi_1 \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{f_{est}}{f_s} \cdot \tau_1 \right) \quad \dots (35)$$

15 Un error de la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f_{est} se provoca mediante efectos de los desplazamientos de frecuencia asignados a la segunda secuencia de señales de entrenamiento y efectos de ruido $\eta_2(n)$. Por simplicidad de explicación, los efectos del ruido $\eta_2(n)$ se desprecian, y el error de transmisión provocado por únicamente los efectos del desplazamiento de frecuencia se considera en lo sucesivo.

20 Cuando la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 usa detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, una cantidad de desplazamiento de fase $z_2(n)$ en un número de muestras de retardo 12 muestra (donde $\tau_2=f_s T_2$) puede expresarse mediante la Fórmula 36.

[Fórmula 36]

25

$$\begin{aligned} z_2(n) &= s_2^*(n) \cdot s_2(n - \tau_2) \cdot y_2(n) \cdot y_2^*(n - \tau_2) \\ &= \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \cdot \beta_2(n) \cdot \beta_2^*(n - \tau_2) \\ &= \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \cdot \left\{ \sum_{m=1}^M |h_m|^2 \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{m \cdot f_2}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \right. \\ &\quad + \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{k=i+1}^{M-1} h_{k-i} \cdot h_k^* \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{k \cdot f_2}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{(k-i) \cdot f_2}{f_s} \cdot n \right) \\ &\quad \left. + \sum_{i=2}^M \sum_{k=i-1}^{M-1} h_{k-i} \cdot h_k^* \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{k \cdot f_2}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{(k-i) \cdot f_2}{f_s} \cdot n \right) \right\} \quad \dots (36) \end{aligned}$$

La segunda unidad de promediación 46 promedia las segundas cantidades físicas $z_2(n)$ de N_2 muestras que son un número natural multiplicado por las f_s/f_2 muestras que corresponden a un periodo de la variable $\beta_2(n)$ para calcular la segunda cantidad física promediada φ_2 . La segunda cantidad física promediada φ_2 puede expresarse mediante la Fórmula 37.

30

[Fórmula 37]

$$\begin{aligned} \Phi_2 &= \sum_{n=1}^{N_2} z_2(n) \\ &= \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \cdot \left\{ \sum_{m=1}^M |h_m|^2 \cdot \exp \left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{m \cdot f_2}{f_s} \cdot \tau_2 \right) \right\} \quad \dots (37) \end{aligned}$$

35

Cuando la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 usa la detección de diferencia de fase del tipo de

detección de retardo, la unidad de estimación de frecuencia 47 calcula una estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f'_{est} basándose en la Fórmula 38.

[Fórmula 38]

5

$$f'_{est} = \frac{f_s}{2\pi \cdot \tau_2} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}[\Phi_2]}{\text{Re}[\Phi_2]} \right) \quad \dots (38)$$

El intervalo de adquisición en el que se permite la estimación de la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f'_{est} se define mediante la Fórmula 39.

10

[Fórmula 39]

$$-\frac{f_s}{2\tau_2} < f'_{est} < \frac{f_s}{2\tau_2} \quad \dots (39)$$

15 En la segunda realización, ya que el intervalo de adquisición de la estimada de desplazamiento de frecuencia de portadora aproximada f'_{est} mostrada en la Fórmula 39 es más extenso que la de la unidad de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora 25 en la primera realización mostrada en la Fórmula 30, se establece $\tau_2 > \tau_1$.

20 En la estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora usando la segunda cantidad física promediada ϕ_2 de la segunda realización, puede usarse un valor pequeño para el número de muestras de retardo τ_2 incluso cuando el número de antena M es grande, a diferencia de la estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora usando la primera cantidad física promediada ϕ_1 en la segunda realización.

25 Por consiguiente, el intervalo de adquisición mostrado en la Fórmula 39 puede ensancharse suficientemente.

La precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora en la segunda realización de la presente invención es la misma que la de la primera realización. Es decir, incluso cuando la segunda realización se usa, pueden conseguirse los mismos efectos que los de la primera realización descrita en las Figuras 2 y 3.

30

En la presente realización, dos o más de la pluralidad de segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M puede asignar el mismo desplazamiento de frecuencia. Incluso en este caso, el sistema en la presente realización puede operar normalmente. Sin embargo, cuando todas las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M asignan la misma frecuencia, únicamente el mismo efecto que la primera realización se obtiene. Por consiguiente, es preferible que las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M asignan dos o más desplazamientos de frecuencia.

35

A partir de las Fórmulas 34 y 36, el error de transmisión de f'_{est} se maximiza cuando el nivel de recepción h_m es suficientemente más grande que los otros niveles de recepción h_1 a h_{M-1} . En este caso, el error de transmisión es $M \cdot f_2$. Es decir, el error de transmisión es un valor máximo de los valores absolutos de los desplazamientos de frecuencia asignados mediante las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M.

40

Por consiguiente, los desplazamientos de frecuencia se asignan de modo que todos los desplazamientos de frecuencia asignados mediante las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M están en un intervalo de adquisición de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora usando la primera cantidad física promediada ϕ_1 en la primera realización. Es decir, los desplazamientos de frecuencia se asignan de modo que valores absolutos de todos los desplazamientos de frecuencia asignados son más pequeños que $f_s/2\tau_1$. Por consiguiente, puede conseguirse tanto un intervalo de adquisición amplio como precisión de estimación alta.

45

Las segundas unidades de asignación de desplazamiento 34-1 a 34-M asignan los desplazamientos de frecuencia de modo que todos los desplazamientos de frecuencia asignados son un número entero multiplicado por la frecuencia f_2 . Por consiguiente, el valor de la variable $\beta_2(n)$ pueden variar con f_s/f_2 muestras. Además, la segunda unidad de promediación 46 promedia las segundas cantidades físicas $z_2(n)$ de N_2 muestras que son un número natural multiplicado por las f_s/f_2 muestras que corresponden a un periodo de un periodo de variación de la variable $\beta_2(n)$. Por consiguiente, se realiza el promedio en el que una cantidad física con alta precisión se incluye necesariamente. Por consiguiente, la unidad de estimación de frecuencia 47 puede mejorar la precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora que corresponde al número de muestras en promedio N_2 .

55

Cuando la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 usa detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, un componente de fase de una cantidad física $z_2(n)$ indica la diferencia de fase detectada. Además, el componente de amplitud indica un cuadrado del valor absoluto de la variable $\beta_2(n)$, es decir, la fiabilidad de la diferencia de fase detectada.

5 Así pues, como la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 usa la detección de diferencia de fase del tipo de detección de retardo, la segunda unidad de promediación 46 automáticamente realiza promedio apropiado que corresponde a la precisión de detección para la diferencia de fase. Por consiguiente, la unidad de estimación de frecuencia 47 puede estimar el desplazamiento de frecuencia de portadora con alta precisión.

10 Mientras la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 usa la detección de retardo como se describe en la presente realización, la presente invención no se limita a lo mismo. Como la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45, puede usarse cualquier medio para detectar segundas cantidades físicas que son una función de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 muestra. Por ejemplo, un medio de detección de diferencia de fase para obtener la diferencia de fase en sí misma restando una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo de la segunda secuencia de señales de entrenamiento de la cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 muestra de la señal de recepción en una porción que contiene la segunda secuencia de señales de entrenamiento puede usarse. Cuando se usa un medio de detección de diferencia de fase de este tipo, una operación en la detección de diferencia de fase consiste en únicamente sumar y restar, simplificando por lo tanto una configuración de circuito.

20 Mientras la segunda unidad de promediación 46 promedia las segundas cantidades físicas $s_2(n)$ de N_2 muestras que son un número natural multiplicado por las f_s/f_2 muestras que corresponden a un periodo de la variable $\beta_2(n)$, como se describe en la presente realización, la presente invención no se limita a lo mismo. El número de muestras en promedio N_2 puede tener cualquier valor.

Puede proporcionarse un filtro de supresión de banda antes de la primera unidad de detección de diferencia de fase 43 y la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 para reducir los efectos de ruido en la detección de diferencia de fase.

30 Mientras de acuerdo con el formato de señal de transmisión mostrado en la Figura 7, la primera secuencia de señales de entrenamiento 50 y la segunda secuencia de señales de entrenamiento 60 se transmiten continuamente para no solapar temporalmente antes de transmisión de la porción de datos 70 como se ha descrito anteriormente, la presente invención no se limita a lo mismo. La primera secuencia de señales de entrenamiento 50 y la segunda secuencia de señales de entrenamiento 60 pueden asignarse a cualquier tiempo siempre que las señales no se solapen temporalmente.

40 Mientras la primera secuencia de señales de entrenamiento 50 y la segunda secuencia de señales de entrenamiento 60 se multiplexan por división de tiempo como se describe en la descripción de la Figura 7, la presente invención no se limita a lo mismo. Por ejemplo, la primera secuencia de señales de entrenamiento 50 y la segunda secuencia de señales de entrenamiento 60 pueden multiplexarse usando, por ejemplo, multiplexación por división de frecuencia o multiplexación por división de código.

45 La Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en el dispositivo de transmisión 3 de acuerdo con la segunda realización de la presente invención.

Primero, la primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31 genera la primera secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada por el dispositivo de transmisión 3 (etapa S31).

50 A continuación, la segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 33 genera la segunda secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada por el dispositivo de transmisión 3 (etapa S32).

55 Las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M asignan los desplazamientos de frecuencia que son un número entero multiplicado por la frecuencia f_1 a frecuencias asignadas a la primera secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión 36-1 a 36-M (etapa S33).

60 Las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M a continuación asignan desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 , a frecuencias asignadas a la segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en el mismo número que el número de la pluralidad de antenas de transmisión 36-1 a 36-M (etapa S34). Específicamente, las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M asignan desplazamientos de frecuencia de modo que un valor absoluto de la diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia es un entero multiplicado por la frecuencia $\Sigma 2$.

65 A continuación, las unidades de radio 35-1 a 35-M multiplexan por división de tiempo la primera secuencia de

5 señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M y la segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante las segundas unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 34-1 a 34-M, y transmiten las señales resultantes como señales de radio al dispositivo de recepción 4 a través de las antenas de transmisión 36-1 a 36-M (etapa S35).

10 Mientras el proceso en la etapa S32 se realiza posteriormente al proceso en la etapa S31 y el proceso en la etapa S34 se realiza posteriormente al proceso en la etapa S33 como se describe en la Figura 8, la presente invención no se limita a lo mismo. Por ejemplo, el proceso en la etapa S31 puede realizarse posteriormente al proceso en la etapa S32, y el proceso en la etapa S33 puede realizarse posteriormente al proceso en la etapa S34. El proceso en la etapa S31 y el proceso en la etapa S32 puede realizarse simultáneamente y el proceso en la etapa S33 y el proceso en la etapa S34 puede realizarse simultáneamente.

15 La Figura 9 es un diagrama de flujo que muestra un proceso en el dispositivo de recepción 4 de acuerdo con la segunda realización de la presente invención.

Primero, la unidad de radio 42 recibe una señal de radio desde el dispositivo de transmisión 3 a través de la antena de recepción 41 (etapa S41).

20 A continuación, la primera unidad de detección de diferencia de fase 43 detecta las primeras cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en la diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por el tiempo representado por el recíproco de una frecuencia f_1 basándose en la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 3 y una primera secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada en el dispositivo de recepción 4 (etapa S42).

30 La segunda unidad de detección de diferencia de fase 45 a continuación detecta las segundas cantidades físicas que dependen de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_2 que es más corta que la diferencia de tiempo T_1 basándose en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 3 y una segunda secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada en el dispositivo de recepción 4 (etapa S43).

35 La primera unidad de promediación 44 a continuación calcula la primera cantidad física promediada promediando las primeras cantidades físicas detectadas en la etapa S42 (etapa S44).

40 La segunda unidad de promediación 46 a continuación calcula la segunda cantidad física promediada promediando las segundas cantidades físicas detectadas en la etapa S43 (etapa S45). Específicamente, la segunda unidad de promediación 46 promedia las segundas cantidades físicas en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f_2 .

A continuación, la unidad de estimación de frecuencia 47 estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera cantidad física promediada calculada en la etapa S44 y la segunda cantidad física promediada calculada en la etapa S45 (etapa S46).

45 Mientras el proceso en la etapa S43 se realiza posteriormente al proceso en la etapa S42 y el proceso en la etapa S45 se realiza posteriormente al proceso en la etapa S44 como se describe en la Figura 9, la presente invención no se limita a lo mismo. Por ejemplo, el proceso en la etapa S42 puede realizarse posteriormente al proceso en la etapa S43 y el proceso en la etapa S44 puede realizarse posteriormente al proceso en la etapa S45. Como alternativa, el proceso en la etapa S42 y el proceso en la etapa S43 puede realizarse simultáneamente y el proceso en la etapa S44 y el proceso en la etapa S45 puede realizarse simultáneamente.

(Tercera realización)

55 En lo sucesivo, se describirá una tercera realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

la Figura 10 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un dispositivo de recepción 7 de acuerdo con la tercera realización de la presente invención.

60 Un dispositivo de transmisión que comunica con el dispositivo de recepción 7 es la misma que el dispositivo de transmisión 1 (Figura 1) en la primera realización, y componentes, una conexión de los componentes, y un flujo de señales son los mismo que los de la primera realización.

65 El dispositivo de recepción 7 incluye antenas de recepción 71-1 a 71- L_1 , unidades de radio 72-1 a 72- L_2 , unidades de detección de diferencia de fase 73-1 a 73- L_3 , unidades de promediación 74-1 a 74- L_4 , unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75- L_5 y unidades de selección y combinaciones de señales 76-1 a 76-5.

ES 2 689 945 T3

Las antenas de recepción 71-1 a 71-L₁ reciben las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 1 y emiten las señales de radio a la unidad de selección y combinación de señales 76-1.

5 La unidad de selección y combinación de señales 76-1 selecciona o combina las señales de radio recibidas mediante las antenas de recepción 71-1 a 71-L₁ para evitar efectos de ruido mediante un efecto de diversidad de recepción y emite las señales de radio resultantes a las unidades de radio 72-1 a 72-L₂.

10 Las unidades de radio 72-1 a 72-L₂ realizan conversión de frecuencia y conversión digital en las señales de radio emitidas por la unidad de selección y combinación de señales 76-1 para generar señales de recepción y emiten la recepción señales a la unidad de selección y combinación de señales 76-2.

15 La unidad de selección y combinación de señales 76-2 selecciona o combina la recepción señales generada por las unidades de radio 72-1 a 72-L₂ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las señales de recepción resultantes a las unidades de detección de diferencia de fase 73-1 a 73-L₃.

20 Las unidades de detección de diferencia de fase 73-1 a 73-L₃ comparan la señal de recepción generada por la unidad de selección y combinación de señales 76-1 con una secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada para detectar cantidades físicas representadas por una función de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de una frecuencia f_1 y emite las cantidades físicas a la unidad de selección y combinación de señales 76-3.

25 La unidad de selección y combinación de señales 76-3 selecciona o combina las cantidades físicas emitidas desde las unidades de detección de diferencia de fase 73-1 a 73-L₃ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las cantidades físicas resultantes al promedio 74-1 a 74-L₄.

La promediación 74-1 a 74-L₄ promedia las cantidades físicas emitidas desde la unidad de selección y combinación de señales 76-3 para evitar los efectos de ruido y emiten cantidades físicas promediadas a la unidad de selección y combinación de señales 76-4.

30 La unidad de selección y combinación de señales 76-4 selecciona o combina las cantidades físicas promediadas emitidas desde la promediación 74-1 a 74-L₄ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las cantidades físicas promediadas resultantes a las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅.

35 Las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅ estiman desplazamientos de frecuencia de portadora basándose en las cantidades físicas promediadas emitidas desde la unidad de selección y combinación de señales 76-4 y emiten los desplazamientos de frecuencia de portadora a la unidad de selección y combinación de señales 76-5.

40 La unidad de selección y combinación de señales 76-5 selecciona o combina los desplazamientos de frecuencia de portadora estimados por las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción.

45 En la presente realización, cuando un número de antenas de recepción L_1 es 1 o cuando el número de antenas de recepción L_1 es igual a un número de unidades de radio L_2 , puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 76-1.

50 Cuando el número de unidades de radio L_2 es 1 o cuando el número de unidades de radio L_2 es igual a un número de unidades de detección de diferencia de fase L_3 , puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 76-2.

55 Cuando el número de unidades de detección de diferencia de fase L_3 es 1 o cuando el número de unidades de detección de diferencia de fase L_3 es igual a un número de unidades de promediación L_4 , puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 76-3.

Cuando el número de unidades de promediación L_4 es 1 o cuando el número de unidades de promediación L_4 es igual a un número de unidades de estimación de frecuencia L_5 , puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 76-4.

60 Cuando el número de unidades de estimación de frecuencia L_5 es 1, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 76-5.

65 Las unidades de selección de señal 76-1 a 76-5 seleccionan y emiten tres señales de alto nivel de cinco señales de entrada o dividen seis señales de entrada por dos señales, combinan las dos señales y emiten tres señales.

En el método de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora en la primera realización de la

presente invención, puede obtenerse un efecto de diversidad de transmisión ya que un número de antena de transmisión es 2 o más, pero la diversidad de recepción no puede obtenerse ya que el número de antenas de recepción es 1.

5 En la tercera realización, se proporciona una pluralidad de antenas de recepción en comparación con la primera realización. El dispositivo de recepción 7 incluye la unidad de selección y combinación de señales 76-1 para seleccionar o combinar una pluralidad de señales de radio recibidas mediante la pluralidad de antenas de recepción 71-1 a 71-L₁. El dispositivo de recepción 7 incluye adicionalmente la unidad de selección y combinación de señales 76-2 para seleccionar o combinar una pluralidad de señales de recepción generada desde las señales de radio.

10 El dispositivo de recepción 7 incluye adicionalmente la unidad de selección y combinación de señales 76-3 para seleccionar o combinar una pluralidad de cantidades físicas representadas por una función de las cantidades de desplazamiento de fase calculadas a partir de la señal de recepción. El dispositivo de recepción 7 incluye adicionalmente la unidad de selección y combinación de señales 76-4 para seleccionar o combinar una pluralidad de cantidades físicas promediadas obtenida promediando las cantidades físicas representadas por una función de las cantidades de desplazamiento de fase. El dispositivo de recepción 7 incluye adicionalmente la unidad de selección y combinación de señales 76-5 para seleccionar o combinar una pluralidad de desplazamientos de frecuencia de portadora estimada a partir de las cantidades físicas promediadas.

20 Por consiguiente, el desplazamiento de frecuencia de portadora se realiza con alta precisión mediante el efecto de diversidad de recepción.

A continuación, un principio operacional de un sistema de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora en la tercera realización de la presente invención se describirá usando fórmulas. Por simplicidad de explicación, en lo sucesivo se describirá un caso en el que el número de antenas de recepción L₁ el número de unidades de radio L₂, el número de unidades de detección de diferencia de fase L₃ y el número de unidades de promediación L₄ son L, y el número de unidades de estimación de frecuencia L₅ es 1. Se describirá una configuración en la que se han omitido las unidades de selección y combinaciones de señales 76-1, 76-2, 76-3 y 76-5. Con referencia a la Figura 11 se describirá un dispositivo de recepción 7a que tiene una configuración de este tipo.

30 La Figura 11 es un diagrama de bloques esquemático que muestra el dispositivo de recepción 7a. Se describirá el caso en el que la unidad de selección y combinación de señales 76-4 realiza combinación simple usando la cantidad física promediada Φ₁₁ calculada por la unidad de promediación 74-1 (el símbolo 1 representa un número natural de 1 a L) como un coeficiente de ponderación 1.

35 Cada una de las antenas de recepción 71-1 a 71-L realiza la misma operación que la antena de recepción 21. Cada una de las unidades de radio 72-1 a 72-L realiza la misma operación que la unidad de radio 22. Cada una de las unidades de detección de diferencia de fase 73-1 a 73-L realiza la misma operación que la unidad de detección de diferencia de fase 23. Cada una de las unidades de promediación 74-1 a 74-L realiza la misma operación que la unidad de promediación 24.

40 Por consiguiente, las cantidades físicas promediadas Φ₁₁ calculadas por la unidad de promediación 74-1 (el símbolo 1 representa un número natural de 1 a L) puede expresarse como la Fórmulas 40 y 41, como en las Fórmulas 25 y 26.

45 [Fórmula 40]

$$\Phi_{11} = \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{N}{f_c} \cdot \tau_i\right) \left\{ N_i \cdot \sum_{m=1}^M |h_{m1}|^2 + \sqrt{(2N_i - \tau_i) \cdot \sum_{m=1}^M |h_{m1}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_r} + j \cdot \sqrt{\tau_i \cdot \sum_{m=1}^M |h_{m1}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_i} \right\} \dots (40)$$

50 [Fórmula 41]

$$\Phi_{11} = \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{N}{f_c} \cdot \tau_i\right) \left\{ N_i \cdot \sum_{m=1}^M |h_{m1}|^2 + \sqrt{N_i \cdot \sum_{m=1}^M |h_{m1}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_r} + j \cdot \sqrt{N_i \cdot \sum_{m=1}^M |h_{m1}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_i} \right\} \dots (41)$$

55 En las Fórmulas 40 y 41, el símbolo h_{m1} representa una respuesta de amplitud compleja entre la antena de transmisión 14-m (el símbolo m representa un número natural de 1 a M) y la antena de recepción 71-1 (el símbolo 1 representa un número natural de 1 a L).

La unidad de selección y combinación de señales 76-4 realiza combinación simple usando la cantidad física promediada Φ_{11} calculada por la unidad de promediación 74-1 (el símbolo 1 representa un número natural de 1 a L) como un coeficiente de ponderación 1. Por consiguiente, la cantidad física promediada combinada Φ_{11} se expresa mediante la Fórmulas 42 y 43.

5 [Fórmula 42]

$$\Phi_{ij} = \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_i\right) \left\{ N_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2 + \sqrt{(2N_i - \tau_i) \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_i} + j \cdot \sqrt{\tau_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_i} \right\} \dots (42)$$

10 [Fórmula 43]

$$\Phi_i = \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot \frac{\Delta f}{f_s} \cdot \tau_i\right) \left\{ N_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2 + \sqrt{N_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_i} + j \cdot \sqrt{N_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2 + \frac{N_i}{2} \cdot \eta_i} \right\} \dots (43)$$

15 La unidad de estimación de frecuencia 75-1 realiza la misma operación que la unidad de estimación de frecuencia 25. Por consiguiente, una estimada f_{est} del desplazamiento de frecuencia de portadora calculada por las unidades de estimación de frecuencia 75-1 puede aproximarse a las Fórmulas 44 y 45 cuando una potencia de señal total usada para la estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora es suficientemente más alta que una potencia de ruido.

20 [Fórmula 44]

$$f_{est} \approx \Delta f + \frac{f_s}{2\pi \cdot \sqrt{\tau_i \cdot N_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2}} \sqrt{1 + \frac{1}{2\tau_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2}} \cdot \eta_{\theta} \dots (44)$$

25 [Fórmula 45]

$$f_{est} \approx \Delta f + \frac{f_s}{2\pi \cdot \tau_i \cdot \sqrt{N_i \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2}} \sqrt{1 + \frac{1}{2 \cdot \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M |h_{lm}|^2}} \cdot \eta_{\theta} \dots (45)$$

30 Fórmulas 42 y 43 se obtienen sustituyendo $\Sigma|h_m|^2$ en las Fórmulas 28 y 29 con $\Sigma\Sigma|h_{m1}|^2$. En general, la respuesta de amplitud compleja entre la antena de transmisión y la antena de recepción se cambia independientemente. Por consiguiente, una probabilidad de que $\Sigma\Sigma|h_{m1}|^2$ sea igual a o más pequeño que un cierto nivel es menor que una probabilidad de que $\Sigma|h_m|^2$ sea igual a o más pequeño que el cierto nivel. Esto generalmente se denomina como un efecto de diversidad de recepción.

35 Así pues, el método de estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora en la tercera realización de la presente invención puede reducir el error de transmisión con la misma longitud de señal de entrenamiento y la misma potencia de transmisión en el entorno de desvanecimiento de múltiples trayectorias en comparación con el método de estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora en la primera realización. También, la estimada con el mismo error de estimación puede obtenerse con una longitud de señal de entrenamiento más corta o una potencia de transmisión inferior.

40 En las Figuras 12 y 13 se muestran comparaciones en propiedades de error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora entre la técnica de la tercera realización de la presente invención y una técnica convencional. En este documento, el error de transmisión exhibe un comportamiento estocástico. Por consiguiente, se usó RMS para evaluación. Una tasa de modulación fue 9600 baudios y un intervalo de detección de diferencia de fase fue 8 símbolos. Además, en la tercera realización, un número de antena de transmisión fue 2 y un número de antenas de recepción fue 2. Una trayectoria de desvanecimiento de Rayleigh de una sola onda independiente para cada antena también se supuso como una trayectoria de propagación.

En la Figura 12, un eje horizontal indica CNR [dB]. Un eje vertical indica un error de estimación de portadora de desplazamiento de frecuencia [Hz]. En la Figura 12, una curva g31 muestra una propiedad cuando la técnica de la tercera realización se usa. Una curva g32 muestra una propiedad cuando se usa una técnica convencional.

- 5 En la Figura 12, CNR se fijó a 10 dB y la longitud de señal de entrenamiento se cambió para evaluar la propiedad de error de transmisión. Como resultado de la comparación de longitudes de señales de entrenamiento requerida para obtener el error de transmisión de 10 Hz, la técnica convencional requirió aproximadamente 10000 símbolos, mientras que la técnica de la tercera realización requirió aproximadamente 20 símbolos. Es decir, cuando el error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora es 10 [Hz], la técnica de la tercera realización permite que
10 la longitud de señal de entrenamiento se reduzca a aproximadamente 1/500 de la longitud de señal de entrenamiento en la técnica convencional.

Además, la técnica de la tercera realización puede reducir la longitud de señal de entrenamiento a aproximadamente 2/3 de la longitud de señal de entrenamiento en la técnica de la primera realización.

- 15 En la Figura 13, un eje horizontal indica una longitud de señal de entrenamiento [símbolos]. Un eje vertical indica un error de estimación de portadora de desplazamiento de frecuencia [Hz]. En la Figura 13, una curva g33 muestra una propiedad cuando la técnica de la tercera realización se usa. Una curva g34 muestra una propiedad cuando se usa una técnica convencional.

- 20 En la Figura 13, una longitud de señal de entrenamiento se fijó a 54 símbolos y CNR se cambió para evaluar la propiedad de error de transmisión. Como resultado de la comparación de CNR requeridos para obtener el error de transmisión de 10 [Hz], la técnica convencional requirió aproximadamente 23 dB, mientras que la técnica de la tercera realización requirió aproximadamente 2 dB. Es decir, cuando el error de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora es 10 [Hz], la técnica de la tercera realización permite que la potencia de transmisión se reduzca a aproximadamente 1/120 de la potencia de transmisión usada en una técnica convencional.

La técnica de la tercera realización puede reducir la potencia de transmisión a aproximadamente 1/4 de la potencia de transmisión usada en la técnica de la primera realización.

- 30 (Cuarta realización)

En lo sucesivo, se describirá una cuarta realización de la presente invención con referencia al dibujo adjunto.

- 35 La Figura 14 es un diagrama de bloques esquemático que muestra un dispositivo de recepción 8 de acuerdo con la cuarta realización de la presente invención. Un dispositivo de transmisión que comunica con el dispositivo de recepción 8 es la misma que el dispositivo de transmisión 3 en la segunda realización, y componentes, una conexión de los componentes, y un flujo de señales son los mismo que los de la segunda realización.

- 40 El dispositivo de recepción 8 incluye antenas de recepción 81-1 a 81-L₁, unidades de radio 82-1 a 82-L₂, primeras unidades de detección de diferencia de fase 83-1 a 83-L₃, primeras unidades de promediación 84-1 a 84-L₄, segundas unidades de detección de diferencia de fase 85-1 a 85-L₆, segundas unidades de promediación 86-1 a 86-L₇, unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅, y unidades de selección y combinaciones de señales 88-1 a 88-7.

- 45 Las antenas de recepción 81-1 a 81-L₁ reciben señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión 3 y emiten las señales de radio a la unidad de selección y combinación de señales 88-1.

- 50 La unidad de selección y combinación de señales 88-1 selecciona o combina las señales de radio recibidas mediante las antenas de recepción 81-1 a 81-L₁ para evitar efectos de ruido mediante un efecto de diversidad de recepción y emite señales resultantes a las unidades de radio 82-1 a 82-L₂.

- 55 Las unidades de radio 82-1 a 82-L₂ realizan conversión de frecuencia y conversión digital en la señal de radio emitida por la unidad de selección y combinación de señales 88-1 para generar señales de recepción y emiten la recepción señales a la unidad de selección y combinación de señales 88-2.

- 60 La unidad de selección y combinación de señales 88-2 selecciona o combina la recepción señales generada por las unidades de radio 82-1 a 82-L₂ para evitar efectos de ruido mediante un efecto de diversidad de recepción y emite señales de recepción resultantes a las primeras unidades de detección de diferencia de fase 83-1 a 83-L₃ y las segundas unidades de detección de diferencia de fase 85-1 a 85-L₆.

- 65 Las primeras unidades de detección de diferencia de fase 83-1 a 83-L₃ comparan la señal de recepción generada por la unidad de selección y combinación de señales 88-1 con una primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento para detectar cantidades físicas representadas por una función de cantidades de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T₁ y emiten las cantidades físicas a la unidad de selección y combinación de señales 88-3.

ES 2 689 945 T3

- La unidad de selección y combinación de señales 88-3 selecciona o combina las primeras cantidades físicas emitidas desde las primeras unidades de detección de diferencia de fase 83-1 a 83-L₃ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las primeras cantidades físicas resultantes a la primeras unidades de promediación 84-1 a 74-L₄.
- 5 La primeras unidades de promediación 84-1 a 74-L₄ promedian las primeras cantidades físicas emitidas desde la unidad de selección y combinación de señales 88-3 para evitar efectos de ruido y emiten primeras cantidades físicas promediadas a la unidad de selección y combinación de señales 88-4.
- 10 La unidad de selección y combinación de señales 88-4 selecciona o combina las primeras cantidades físicas promediadas emitidas desde la primeras unidades de promediación 84-1 a 84-L₄ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las primeras cantidades físicas resultantes promediadas a las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅.
- 15 Las segundas unidades de detección de diferencia de fase 85-1 a 85-L₆ comparan la señal de recepción generada por la unidad de selección y combinación de señales 88-1 con una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento para detectar segundas cantidades físicas que son una función de una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T₂ que es más corta que la diferencia de tiempo T₁ y emiten las segundas cantidades físicas a la unidad de selección y combinación de señales 88-5.
- 20 La unidad de selección y combinación de señales 88-5 selecciona o combina las segundas cantidades físicas emitidas desde las segundas unidades de detección de diferencia de fase 85-1 a 85-L₆ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las segundas cantidades físicas resultantes a la segundas unidades de promediación 86-1 a 86-L₇.
- 25 La segundas unidades de promediación 86-1 a 86-L₇ promedian las segundas cantidades físicas emitidas desde la unidad de selección y combinación de señales 88-5 para evitar los efectos de ruido y emiten segundas cantidades físicas promediadas a la unidad de selección y combinación de señales 88-6.
- 30 La unidad de selección y combinación de señales 88-6 selecciona o combina las segundas cantidades físicas promediadas emitidas desde la segundas unidades de promediación 86-1 a 86-L₇ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción y emite las segundas cantidades físicas resultantes promediadas a las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅.
- 35 Las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅ estiman desplazamientos de frecuencia de portadora basándose en las primeras cantidades físicas promediadas emitidas desde la unidad de selección y combinación de señales 88-4 y las segundas cantidades físicas promediadas emitidas desde la unidad de selección y combinación de señales 88-6 y emiten los desplazamientos de frecuencia de portadora a las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅.
- 40 La unidad de selección y combinación de señales 88-7 selecciona o combina desplazamientos de frecuencia de portadora estimados por las unidades de estimación de frecuencia 75-1 a 75-L₅ para evitar los efectos de ruido mediante el efecto de diversidad de recepción.
- 45 En la presente realización, cuando un número de antenas de recepción L₁ es 1 o cuando el número de antenas de recepción L₁ es igual a un número de unidades de radio L₂, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 88-1.
- 50 Cuando el número de unidades de radio L₂ es 1 o el número de unidades de radio L₂ es igual a un número de primeras unidades de detección de diferencia de fase L₃ y un número de segundas unidades de detección de diferencia de fase L₆, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 88-2.
- 55 Cuando el número de primeras unidades de detección de diferencia de fase L₃ es 1 o cuando el número de primeras unidades de detección de diferencia de fase L₃ es igual a un número de primeras unidades de promediación L₄, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 88-3.
- 60 Cuando el número de primeras unidades de promediación L₄ es 1 o cuando el número de primeras unidades de promediación L₄ es igual a un número de unidades de estimación de frecuencia L₅, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 88-4.
- 65 Cuando un número de segundas unidades de detección de diferencia de fase L₆ es 1 o cuando el número de segundas unidades de detección de diferencia de fase L₆ es igual a un número de segundas unidades de promediación L₇, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 88-5.
- 65 Cuando el número de segundas unidades de promediación L₇ es 1 o cuando el número de segundas unidades de promediación L₇ es igual al número de unidades de estimación de frecuencia L₅, puede omitirse la unidad de

selección y combinación de señales 88-6.

Cuando el número de unidades de estimación de frecuencia L_5 es 1, puede omitirse la unidad de selección y combinación de señales 88-7.

5 En el método de estimación de un desplazamiento de frecuencia de portadora en la segunda realización de la presente invención, el efecto de diversidad de transmisión puede obtenerse ya que el número de antena de transmisión es 2 o mayor, pero la diversidad de recepción no puede obtenerse ya que el número de antenas de recepción es 1.

10 En la cuarta realización, una pluralidad de antenas de recepción se proporcionan en comparación con la segunda realización. El dispositivo de recepción 8 incluye la unidad de selección y combinación de señales 88-1 para seleccionar o combinar una pluralidad de señales de radio recibidas mediante las antenas de recepción 81-1 a 81- L_1 . El dispositivo de recepción 8 incluye adicionalmente la unidad de selección y combinación de señales 88-2 para seleccionar o combinar la pluralidad de señales de recepción generadas a partir de las señales de radio. El dispositivo de recepción 8 incluye adicionalmente las unidades de selección y combinaciones de señales 88-3 y 88-5 para seleccionar o combinar una pluralidad de primeras cantidades físicas que se representan como una función de las cantidades de desplazamiento de fase calculada a partir de la señal de recepción.

20 El dispositivo de recepción 8 incluye adicionalmente las unidades de selección y combinaciones de señales 84-1 y 86-1 para seleccionar o combinar la pluralidad de primeras cantidades físicas promediadas obtenidas promediando las primeras cantidades físicas representadas por una función de una cantidad de desplazamiento de fase. El dispositivo de recepción 8 incluye adicionalmente las unidades de selección y combinaciones de señales 88-4 y 88-6 para seleccionar o combinar una pluralidad de segundas cantidades físicas promediadas obtenidas promediando la pluralidad de segundas cantidades físicas que se representan mediante una función de las cantidades de desplazamiento de fase calculadas a partir de la recepción señales y las segundas cantidades físicas que se representan mediante una función de las cantidades de desplazamiento de fase. El dispositivo de recepción 8 incluye adicionalmente la unidad de selección y combinación de señales 88-7 para seleccionar o combinar una pluralidad de desplazamientos de frecuencia de portadora estimada a partir de las primeras cantidades físicas promediadas y las segundas cantidades físicas promediadas.

Por lo tanto, el desplazamiento de frecuencia de portadora se estima con alta precisión mediante el efecto de diversidad de recepción, como en la tercera realización.

35 Además, la precisión de estimación de desplazamiento de frecuencia de portadora en la segunda realización de la presente invención es la misma que la de la tercera realización.

40 En las respectivas realizaciones descritas anteriormente, los desplazamientos de frecuencia se asignan apropiadamente a las señales de entrenamiento mediante una secuencia de señales previamente determinadas transmitidas desde la pluralidad de antenas de transmisión. Por lo tanto, es posible para evitar la degradación del nivel de recepción. Además, la degradación de precisión de estimación debido a la asignación de desplazamiento de frecuencia puede evitarse mediante la detección de una diferencia de fase apropiada usando la secuencia de señales de entrenamiento. Adicionalmente, incluso en el entorno de múltiples trayectorias, es posible estimar de forma precisa el desplazamiento de frecuencia de portadora con un número de muestras de promedio pequeño.

45 La presente invención puede aplicarse a un sistema de radiocomunicación en el que una pluralidad de señales de radio generadas por una pluralidad de unidades de radio (unidades de transmisión) se transmiten desde la misma antena de transmisión. En este caso, una pluralidad de señales de radio pasa desde la antena de transmisión a una antena de recepción. Los efectos de la presente invención pueden esperarse siempre que las características de propagación que implican a las antenas no sean las mismas entre todas las de una pluralidad de señales de radio transmitidas desde la misma antena de transmisión.

50 El dispositivo de transmisión de la presente invención corresponde al dispositivo de transmisión 1 y el dispositivo de transmisión 3.

55 La primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento de la presente invención corresponde a la unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 11 y la primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento 31.

60 La primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia de la presente invención corresponde a las unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 12-1 a 12-M y las primeras unidades de asignación de desplazamiento de frecuencia 32-1 a 32-M.

65 La unidad de transmisión de la presente invención corresponde a las unidades de radio 13-1 a 13-M y las unidades de radio 35-1 a 35-M.

Las antenas de transmisión de la presente invención corresponden a las antenas de transmisión 14-1 a 14-M y las antenas de transmisión 36-1 a 36-M.

5 Además, la primera secuencia de señales de entrenamiento de la presente invención corresponde a la secuencia de señales de entrenamiento previamente determinada en la primera realización y la primera secuencia de señales de entrenamiento en la segunda realización.

10 La primera cantidad física de la presente invención corresponde a la cantidad física en la primera realización y la primera cantidad física en la segunda realización.

La primera cantidad física promediada de la presente invención corresponde a la cantidad física promediada en la primera realización y la primera cantidad física promediada en la segunda realización.

15 Además, el dispositivo de recepción de la presente invención corresponde al dispositivo de recepción 2 y el dispositivo de recepción 4.

La antena de recepción de la presente invención corresponde a la antena de recepción 21 y la antena de recepción 41.

20 La unidad de recepción de la presente invención corresponde a la unidad de radio 22 y la unidad de radio 42.

La primera unidad de detección de diferencia de fase de la presente invención corresponde a la unidad de detección de diferencia de fase 23 y la primera unidad de detección de diferencia de fase 43.

25 La primera unidad de promediación de la presente invención corresponde a la unidad de promediación 24 y la primera unidad de promediación 44.

La segunda unidad de detección de diferencia de fase de la presente invención corresponde a la segunda unidad de detección de diferencia de fase 45.

30 La segunda unidad de promediación de la presente invención corresponde a la segunda unidad de promediación 46.

La unidad de estimación de frecuencia de la presente invención corresponde a la unidad de estimación de frecuencia 25 y la unidad de estimación de frecuencia 47.

35 La unidad de selección y combinación de la presente invención corresponde a la unidad de selección y combinación de señales 76-1 a 76-5 y las unidades de selección y combinaciones de señales 88-1 a 88-7.

40 **Aplicabilidad industrial**

La presente invención puede aplicarse a un sistema de radiocomunicación, un dispositivo de transmisión, un dispositivo de recepción, un método de radiocomunicación, un método de transmisión, un método de recepción y así sucesivamente que de forma precisa estiman el desplazamiento de frecuencia de portadora con un número de muestras de promedio pequeño en un entorno de múltiples trayectorias.

45 **Descripción de números de referencia**

1: dispositivo de transmisión, 2: dispositivo de recepción, 3: dispositivo de transmisión, 4: dispositivo de recepción, 7: dispositivo de recepción, 7a: dispositivo de recepción, 8: dispositivo de recepción, 11: unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento, 12-1 a 12-M: unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, 13-1 a 13-M: unidad de radio, 14-1 a 14-M: antena de transmisión, 21: antena de recepción, 22: unidad de radio, 23: unidad de detección de diferencia de fase, 24: unidad de promediación, 25: unidad de estimación de frecuencia, 31: primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento, 32-1 a 32-M: primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, 33: segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento, 34-1 a 34-M: segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, 35-1 a 35-M: unidad de radio, 36-1 a 36-M: antena de transmisión, 41: antena de recepción, 42: unidad de radio, 43: primera unidad de detección de diferencia de fase, 44: primera unidad de promediación, 45: segunda unidad de detección de diferencia de fase, 46: segunda unidad de promediación, 47: unidad de estimación de frecuencia, 71-1 a 71-L₁: antena de recepción, 72-1 a 72-L₂: unidad de radio, 73-1 a 73-L₃: unidad de detección de diferencia de fase, 74-1 a 74-L₄: unidad de promediación, 75-1 a 75-L₅: unidad de estimación de frecuencia, 76-1 a 76-5: unidad de selección y combinación de señales, 81-1 a 81 -L₁: antena de recepción, 82-1 a 82-L₂: unidad de radio, 83-1 a 83-L₃: primera unidad de detección de diferencia de fase, 84-1 a 84-L₄: primera unidad de promediación, 85-1 a 85-L₆: segunda unidad de detección de diferencia de fase, 86-1 a 86-L₇: segunda unidad de promediación, 75-1 a 75-L₅: unidad de estimación de frecuencia, 88-1 a 88-7: unidad de selección y combinación de señales, 100: sistema de radiocomunicación, 200: sistema de radiocomunicación

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de radiocomunicación (100, 200) que comprende un dispositivo de transmisión (1, 3) que transmite una pluralidad de señales de radio desde M, $M > 1$, antenas de transmisión, y un dispositivo de recepción (2, 4, 7, 7a, 8) que recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión usando una antena de recepción y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, comprendiendo el dispositivo de transmisión:
- 10 una primera unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento (11, 31) que genera una primera secuencia previamente determinada de señal de entrenamiento y bifurca la primera secuencia de señal de entrenamiento en M;
- una primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia (12, 32) que asigna desplazamientos de frecuencia que están asignados a intervalos regulares y son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 a M primera secuencia de señales de entrenamiento respectivamente; y
- 15 una unidad de transmisión (13, 35) que transmite las señales de radio que incluyen la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, al dispositivo de recepción a través de las M antenas de transmisión, y
- 20 comprendiendo el dispositivo de recepción:
- una unidad de recepción (22, 42, 72, 82) que recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión a través de la antena de recepción;
- una primera unidad de detección de diferencia de fase (23, 43, 73, 83) que detecta primeras diferencias de fase determinadas mediante la diferencia entre una primera señal que se obtuvo multiplicando la primera secuencia de señales de entrenamiento, incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión, por un complejo conjugado de una señal de entrenamiento previamente determinada y una segunda señal que se obtuvo retardando la primera señal una diferencia de tiempo T_1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 ;
- 25 una primera unidad de promediación (24, 44, 74, 84) que calcula una primera diferencia de fase promediada promediando las primeras diferencias de fase de N_1 muestras que son un número natural multiplicado por f_s/f_1 muestras, donde f_s representa una frecuencia de muestreo, y
- 30 una unidad de estimación de frecuencia (25, 47, 75) que estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera diferencia de fase promediada.
- 35
2. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de transmisión comprende además:
- 40 una segunda unidad de generación de secuencias de señales de entrenamiento (33) que genera una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y
- una segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia (34) que asigna desplazamientos de frecuencia, cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T_1 , a respectivas frecuencias que están asignadas a la segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en M,
- 45 en el que la unidad de transmisión multiplexa la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la primera unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia y la segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados mediante la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia, y transmite las señales resultantes como las señales de radio al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión,
- 50 en el que el dispositivo de recepción comprende además:
- una segunda unidad de detección de diferencia de fase (45, 85) que detecta segundas diferencias de fase en una diferencia de tiempo T_2 que es más corta que la diferencia de tiempo T_1 basándose en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y
- 55 una segunda unidad de promediación (46, 86) que calcula una segunda diferencia de fase promediada promediando las segundas diferencias de fase, y
- 60 en el que la unidad de estimación de frecuencia estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera diferencia de fase promediada y la segunda diferencia de fase promediada,
- en el que la segunda unidad de asignación de desplazamiento de frecuencia asigna los desplazamientos de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados son un número entero multiplicado por la frecuencia f_2 , y
- 65 en el que la segunda unidad de promediación promedia las segundas diferencias de fase en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f_2 .

3. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el dispositivo de recepción comunica con un dispositivo de transmisión que multiplexa y transmite una segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T1, para respectivas frecuencias asignadas a una segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada, y la primera secuencia de señales de entrenamiento, comprendiendo el dispositivo de recepción además:

una unidad de detección de segunda diferencia de fase (45, 85) que detecta segundas diferencias de fase en una diferencia de tiempo T2 que es más corta que la diferencia de tiempo T1 basándose en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y una segunda unidad de promediación (46, 86) que calcula una segunda diferencia de fase promediada promediando las segundas diferencias de fase, en el que la unidad de estimación de frecuencia estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera diferencia de fase promediada y la segunda diferencia de fase promediada; en el que el dispositivo de recepción comunica con un dispositivo de transmisión que asigna el desplazamiento de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados son un número entero multiplicado por la frecuencia f2, y en el que la segunda unidad de promediación promedia las segundas diferencias de fase en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f2.

4. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la primera unidad de detección de diferencia de fase calcula las primeras diferencias de fase restando una cantidad de desplazamiento de fase en la diferencia de tiempo de la primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento de una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T1 de la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión.

5. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la primera unidad de detección de diferencia de fase calcula las primeras diferencias de fase multiplicando un complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en la diferencia de tiempo T1 de la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión por un complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en la diferencia de tiempo de la primera secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento.

6. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la segunda unidad de detección de diferencia de fase calcula las segundas diferencias de fase restando una cantidad de desplazamiento de fase en la diferencia de tiempo de la segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento de una cantidad de desplazamiento de fase en una diferencia de tiempo T2 de la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión.

7. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la segunda unidad de detección de diferencia de fase calcula las segundas diferencias de fase multiplicando un resultado de detección de retardo en una diferencia de tiempo T2 de la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión por un complejo conjugado de un resultado de detección de retardo en la diferencia de tiempo de la segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento.

8. El sistema de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende una pluralidad de al menos una de la unidad de recepción, la primera unidad de detección de diferencia de fase, la primera unidad de promediación y la unidad de estimación de frecuencia, en el que el dispositivo de recepción comprende una unidad de selección y combinación de señales que selecciona o combina una pluralidad de señales emitidas por la al menos una de la unidad de recepción, la primera unidad de detección de diferencia de fase, la primera unidad de promediación y la unidad de estimación de frecuencia, y emitir señales resultantes.

9. Un método de radiocomunicación usando un dispositivo de transmisión que transmite una pluralidad de señales de radio desde M, $M > 1$, antenas de transmisión, y un dispositivo de recepción que recibe la pluralidad de señales de radio desde el dispositivo de transmisión usando una antena de recepción y estima, como un desplazamiento de frecuencia de portadora, una diferencia entre una frecuencia de portadora transmitida por el dispositivo de transmisión y una frecuencia de recepción de referencia usada para recepción, realizando el dispositivo de transmisión:

un primer proceso de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una primera secuencia

previamente determinada de señal de entrenamiento y bifurca la primera secuencia de señal de entrenamiento en M;

un primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia que están asignados a intervalos regulares y son un número entero multiplicado por una frecuencia f_1 a M primera secuencia de señales de entrenamiento respectivamente; y

un proceso de transmisión que transmite las señales de radio que incluyen la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia al dispositivo de recepción a través de las M antenas de transmisión, y realizando el dispositivo de recepción:

un proceso de recepción que recibe las señales de radio desde el dispositivo de transmisión a través de la antena de recepción;

un primer proceso de detección de diferencia de fase que detecta primeras diferencias de fase determinadas mediante la diferencia entre una primera señal obtenida multiplicando la primera secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión por un complejo conjugado de una señal de entrenamiento previamente determinada y una segunda señal obtenida retardando la primera señal una diferencia de tiempo T1 que es un número natural multiplicado por un tiempo representado por el recíproco de la frecuencia f_1 ;

un primer proceso de promediación que calcula una primera diferencia de fase promediada promediando las primeras diferencias de fase de N_1 muestras que son un número natural multiplicado por f_s/f_1 muestras, donde f_s representa una frecuencia de muestreo, y

un proceso de estimación de frecuencia que estima el desplazamiento de frecuencia de portadora basado en la primera diferencia de fase promediada.

10. El método de radiocomunicación de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el dispositivo de transmisión adicionalmente realiza:

un segundo proceso de generación de secuencias de señales de entrenamiento que genera una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y

un segundo proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia que asigna desplazamientos de frecuencia cuyos valores absolutos son más pequeños que la mitad del recíproco de una diferencia de tiempo T1, a respectivas frecuencias que están asignadas a la segunda secuencia de señales de entrenamiento bifurcada en M,

el proceso de transmisión que incluye la multiplexación de la primera secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el primer proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia y la segunda secuencia de señales de entrenamiento que tienen los desplazamientos de frecuencia asignados en el segundo proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia, y transmitir las señales resultantes como las señales de radio al dispositivo de recepción a través de las antenas de transmisión, y

en el que el dispositivo de recepción adicionalmente realiza:

un segundo proceso de detección de diferencia de fase que detecta segundas diferencias de fase en una diferencia de tiempo T2 que es más corta que la diferencia de tiempo T1 basada en la segunda secuencia de señales de entrenamiento incluidas en las señales de radio transmitidas desde el dispositivo de transmisión y una segunda secuencia previamente determinada de señales de entrenamiento; y

un segundo proceso de promediación que calcula una segunda diferencia de fase promediada promediando las segundas diferencias de fase,

el proceso de estimación de frecuencia que incluye la estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora basándose en la primera diferencia de fase promediada y la segunda diferencia de fase promediada,

en el que el segundo proceso de asignación de desplazamiento de frecuencia comprende asignar los desplazamientos de frecuencia de modo que un valor absoluto de una diferencia entre todos los desplazamientos de frecuencia asignados son un número entero multiplicado por la frecuencia f_2 , y

en el que el segundo proceso de promediación comprende promediar las segundas diferencias de fase en un intervalo de tiempos que son un número natural multiplicado por el recíproco de la frecuencia f_2 .

FIG. 1

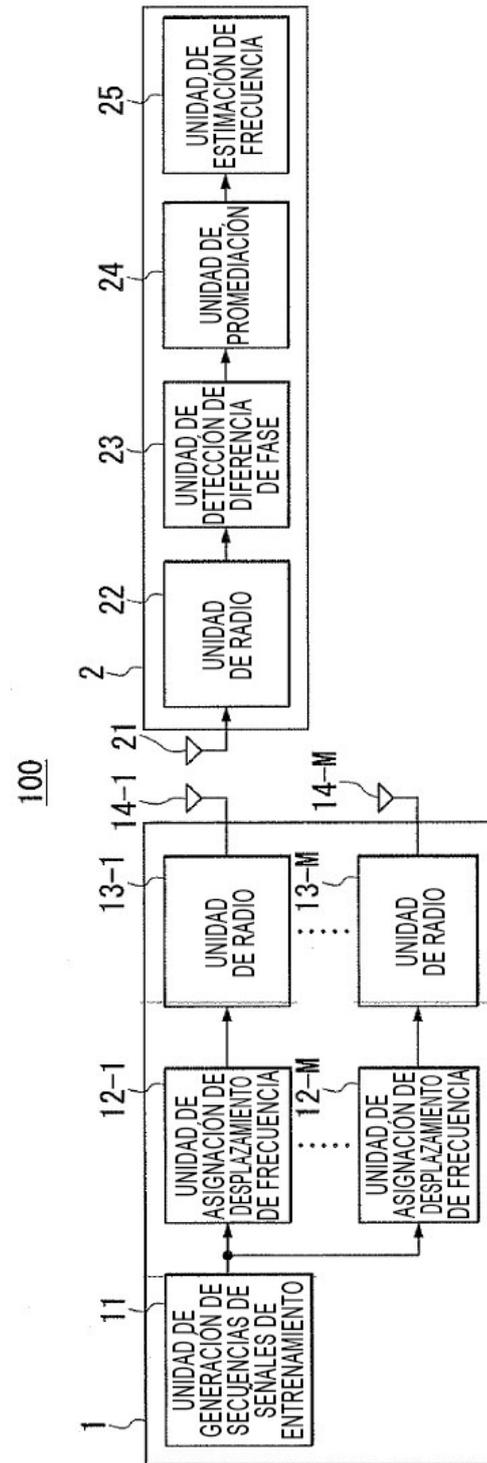


FIG. 2

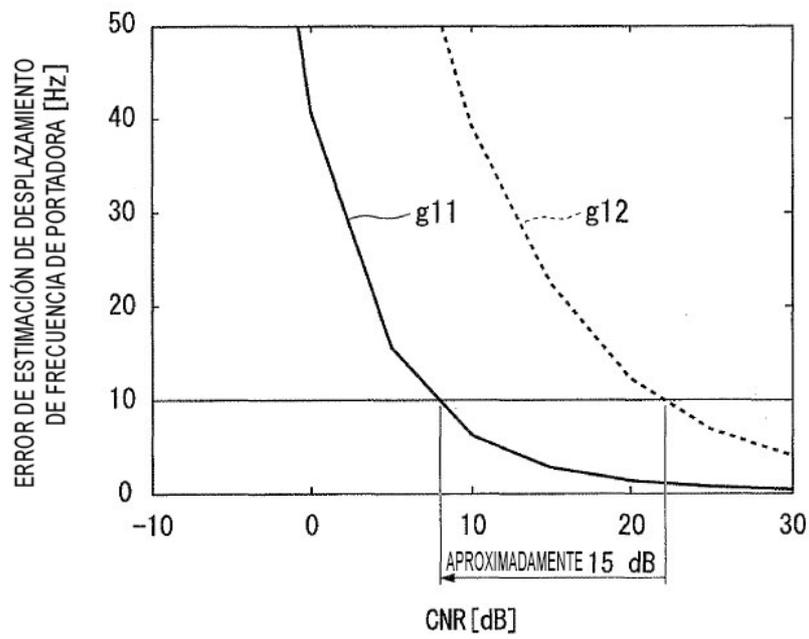


FIG. 3

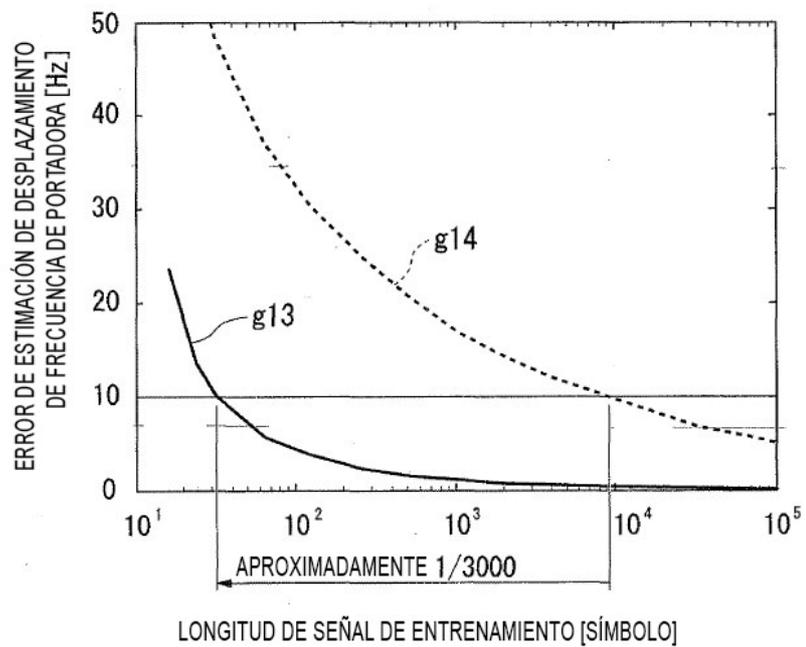


FIG. 4



FIG. 5

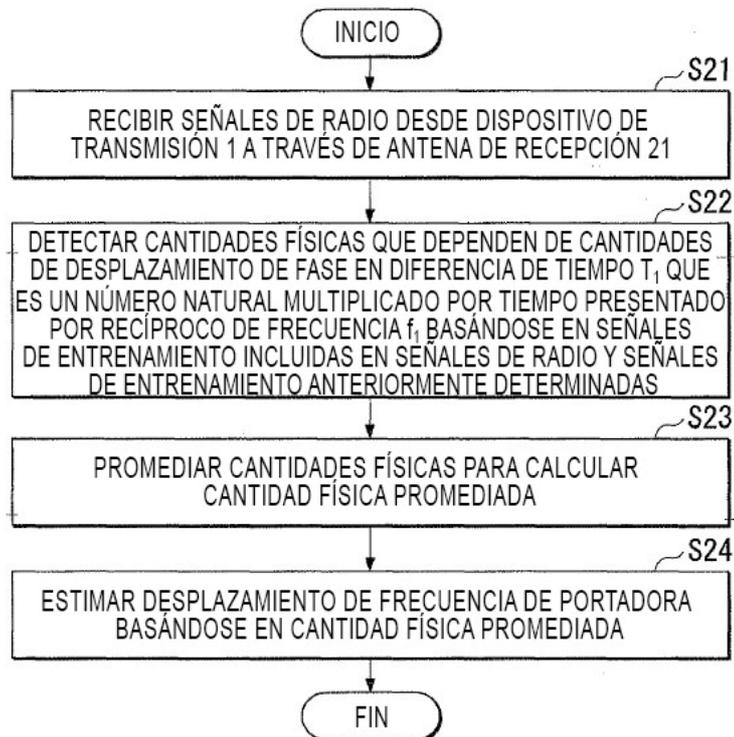


FIG. 6

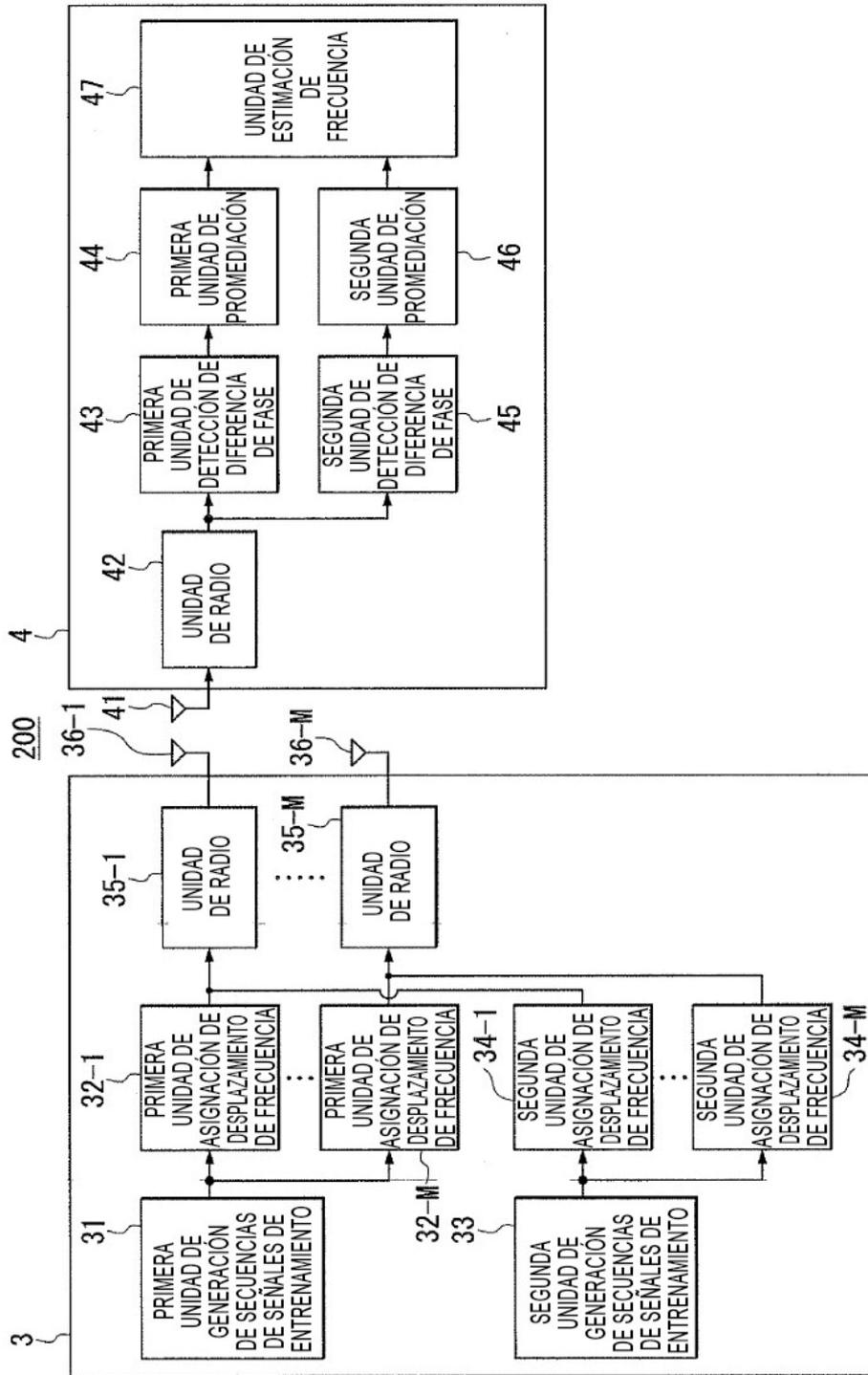


FIG. 7

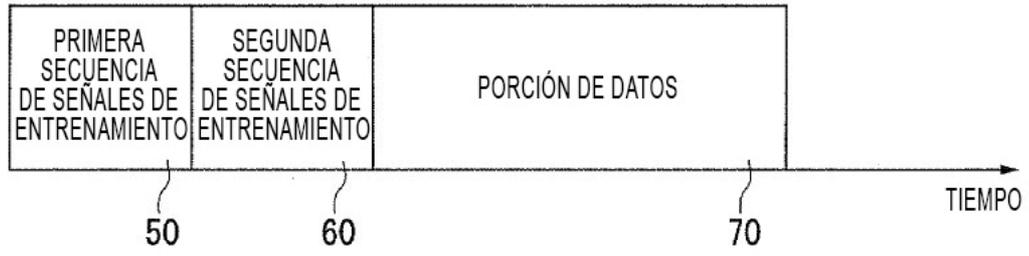


FIG. 8

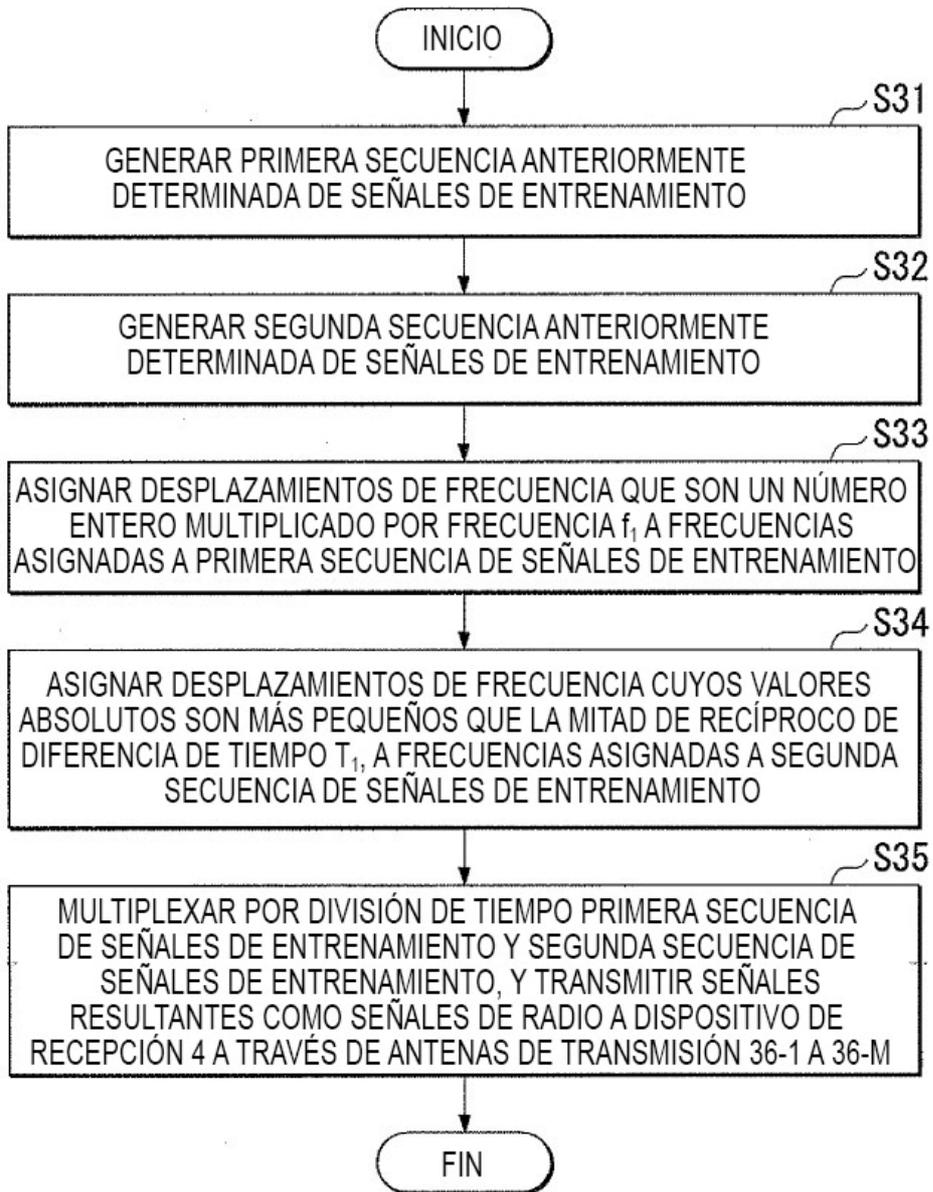


FIG. 9



FIG. 10

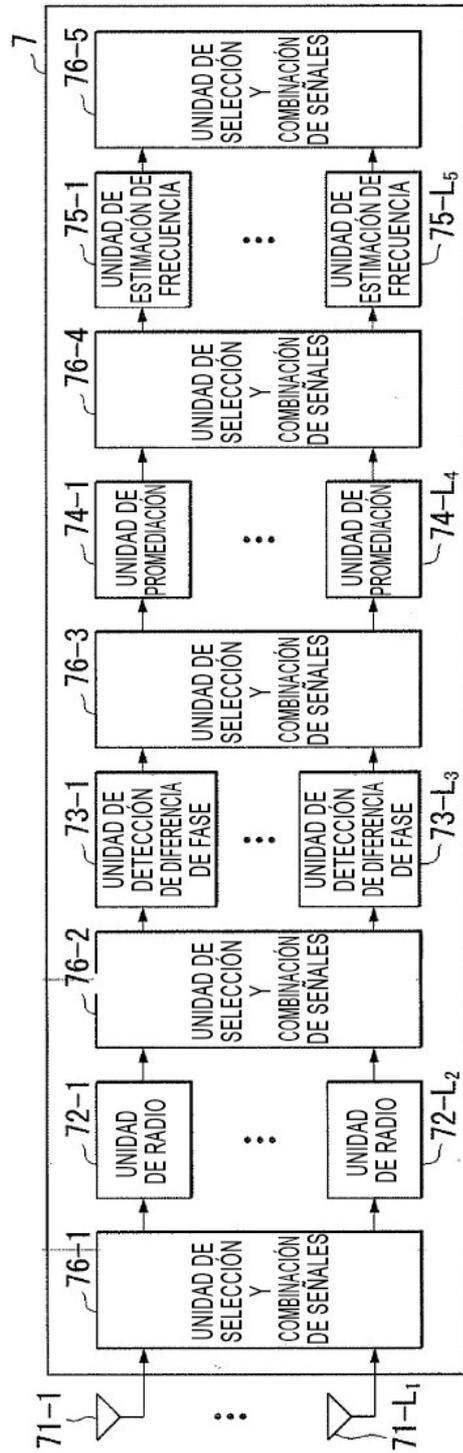


FIG. 11

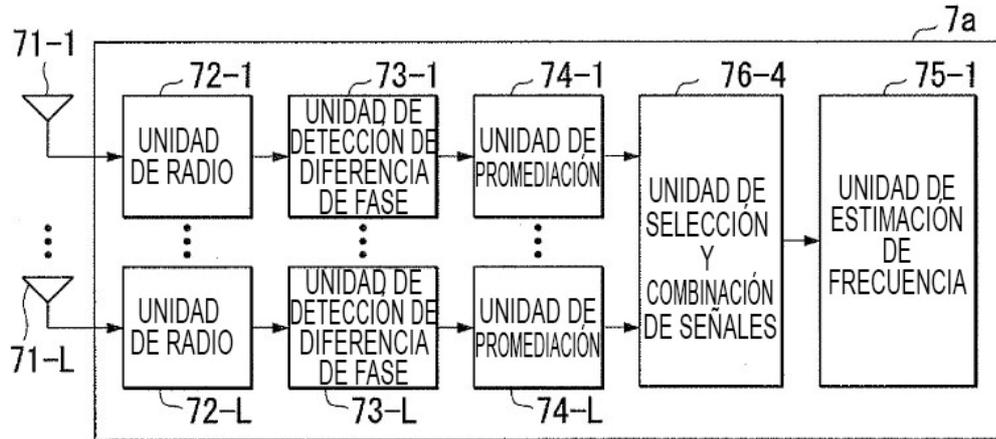


FIG. 12

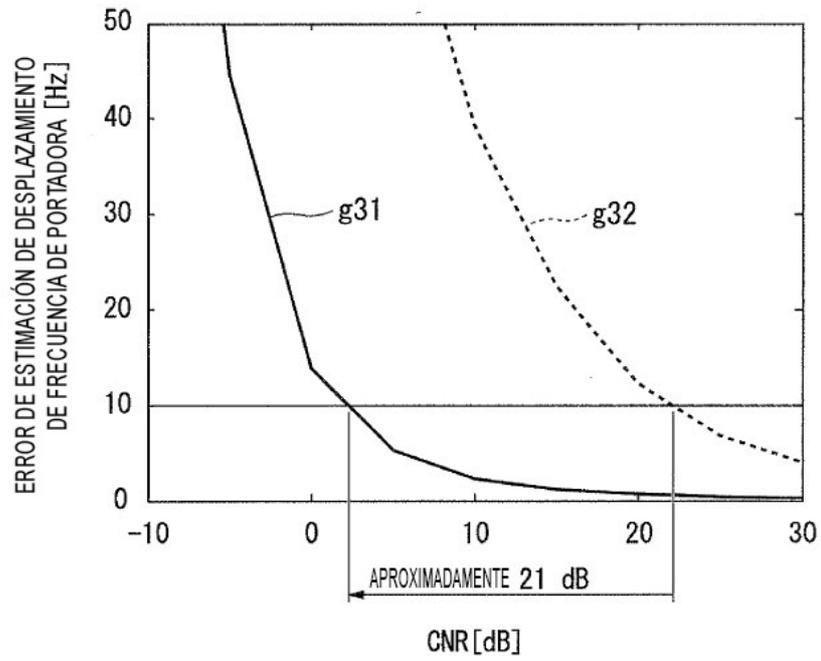


FIG. 13

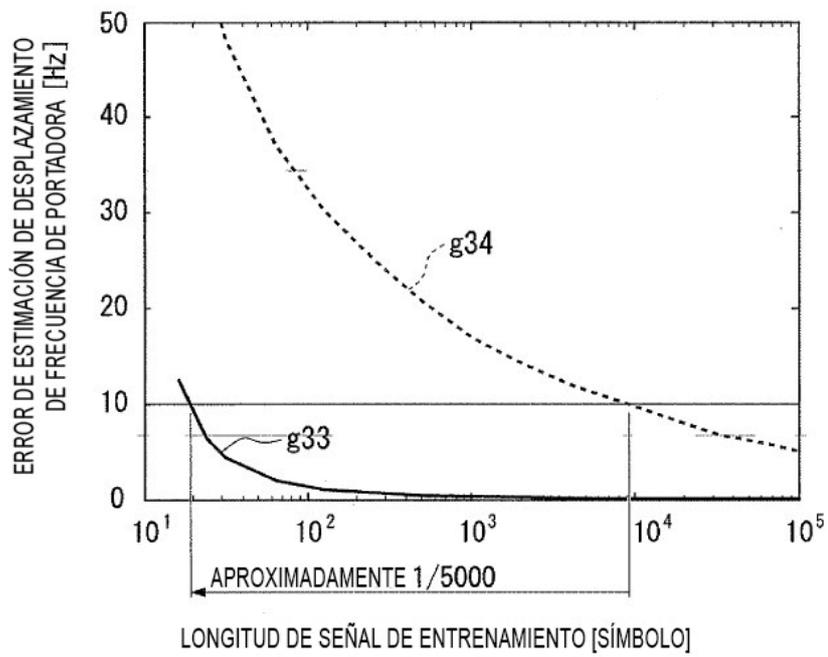


FIG. 14

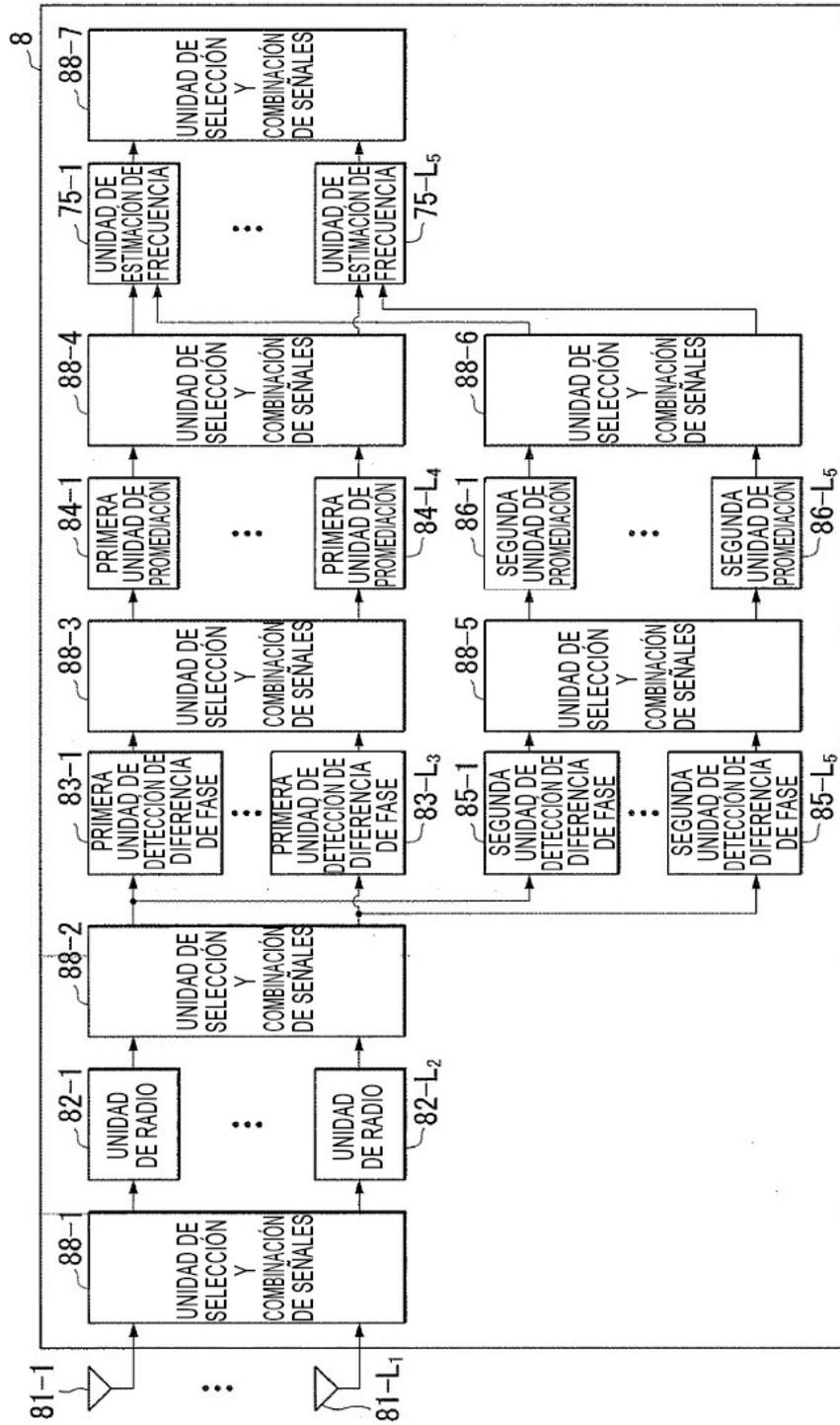


FIG. 15

