

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 808 523**

51 Int. Cl.:

H04W 74/00 (2009.01)

H04W 72/02 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2014** E 19176142 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020** EP 3550923

54 Título: **Formato de preámbulo PRACH mejorado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2021

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

ANDERSSON, HÅKAN;
SAHLIN, HENRIK;
FURUSKOG, JOHAN;
NAUCLÉR, PETER;
BALDEMAIR, ROBERT y
PARKVALL, STEFAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 808 523 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

Formato de preámbulo PRACH mejorado

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un terminal de usuario en un sistema de comunicación inalámbrico, donde el terminal de usuario comprende una unidad receptora, una unidad transmisora configurada para transmitir datos en subtramas de transmisión que se producen a intervalos de subtrama definidos, y una unidad de control configurada para controlar el circuito receptor y el circuito transmisor. La unidad de control también está configurada para crear un preámbulo PRACH (canal físico de acceso aleatorio) como una transmisión de enlace ascendente a un nodo que está dispuesto para recibir comunicación desde el terminal de usuario en dichas subtramas. Esta comunicación
10 comprende símbolos basados en OFDM (multiplexación por división de frecuencias ortogonales).

15 La presente invención también se refiere a un método para crear un preámbulo PRACH (canal físico de acceso aleatorio) que se utiliza en una transmisión de enlace ascendente desde un terminal de usuario a un nodo en un sistema de comunicación inalámbrico. La comunicación utiliza símbolos basados en OFDM (multiplexación por división de frecuencias ortogonales), transmitidos y recibidos en subtramas que se producen a intervalos de subtrama definidos

Antecedentes

20 En un sistema de radio celular típico, los terminales inalámbricos o de radio de usuario final, también conocidos como terminales de usuario, estaciones móviles y/o unidades de equipos de usuario (UE), están dispuestos para comunicarse a través de una red de acceso de radio (RAN) a uno o más redes centrales. La red de acceso de radio (RAN) cubre un área geográfica que está dividida en áreas de celda, y cada área de celda es atendida por una estación base, por ejemplo, una estación base de radio (RBS), que en algunas redes también puede llamarse, por ejemplo, un "NodoB" o un "eNodoB". A continuación, se utilizarán los términos UE y eNodoB. Una celda es un área geográfica donde el equipo de la estación base de radio proporciona cobertura de radio en el sitio de una estación base.

25 El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) es un sistema de comunicación móvil de tercera generación, que evolucionó del Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM). UTRAN es una red de acceso por radio que utiliza acceso múltiple por división de código de banda ancha (W-CDMA) para las comunicaciones entre los UE y las estaciones base, a las que se hace referencia en los estándares de UTRAN como NodeB.

30 En un foro conocido como Proyecto de Colaboración de tercera generación (3GPP), los proveedores de telecomunicaciones proponen y acuerdan estándares para redes de tercera generación en general y UTRAN específicamente, e investigan técnicas para mejorar las velocidades de datos inalámbricas y la capacidad de radio. 3GPP se ha comprometido a desarrollar aún más las tecnologías de red de acceso por radio basadas en UTRAN y GSM. Se han publicado varias versiones para la especificación de la Red de Acceso de Radio Terrestre Evolucionado Universal (E-UTRAN), y los estándares continúan evolucionando. La red de acceso de radio terrestre
35 universal evolucionada (E-UTRAN) comprende evolución a largo plazo (LTE) y evolución de la arquitectura del sistema (SAE).

40 La transmisión y recepción desde un nodo, por ejemplo, un terminal de radio como un UE en un sistema celular como LTE, se puede multiplexar en el dominio de frecuencia o en el dominio de tiempo, o en combinaciones de los mismos. En los sistemas de dúplex por división de frecuencia (FDD), las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente tienen lugar en bandas de frecuencia diferentes, suficientemente separadas. En dúplex por división de tiempo (TDD), las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente tienen lugar en ranuras de tiempo diferentes, no superpuestas. Por lo tanto, TDD puede operar en un espectro de frecuencia no emparejado, mientras que FDD requiere un espectro de frecuencia emparejado. En este caso, solo un intervalo de espectro está disponible en un espectro no emparejado, de modo que este intervalo de espectro único se usa tanto para el enlace
45 ascendente como para el enlace descendente. Esto en contraste con un espectro de frecuencia emparejado, en el que están disponibles diferentes intervalos de espectro para el enlace descendente y el enlace ascendente, respectivamente.

50 Típicamente, una señal transmitida en un sistema de comunicación está organizada en alguna forma de estructura de trama. Por ejemplo, LTE usa diez subtramas de igual tamaño 0-9 de duración de 1 milisegundo por trama de radio.

55 En LTE, el enlace descendente se basa en multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) mientras que el enlace ascendente se basa en OFDM de transformada de Fourier discreta ensanchada (propagación DFT), también conocida como acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA). El intervalo de tiempo de transmisión (TTI) equivale a una subtrama de 1 milisegundo, que se compone de 14 símbolos OFDM en el enlace descendente y 14 símbolos SC-FDMA en el enlace ascendente, dado un prefijo cíclico de longitud normal. Se añade un prefijo cíclico a cada uno de los 14 símbolos OFDM.

5 Algunas partes de los símbolos OFDM y SC-FDMA transmitidos se utilizan para transportar datos de usuario en canales físicos denominados canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH) y canal físico compartido de enlace ascendente (PUSCH). Los símbolos OFDM y SC-FDMA recibidos se procesan usando FFT (transformadas rápidas de Fourier) donde se calcula un FFT para cada símbolo OFDM y SC-FDMA. Por ejemplo, estas FFT tienen un tamaño de 2048 muestras.

10 Se utiliza un canal físico de acceso aleatorio (PRACH) para el acceso inicial para un UE y la estimación del desplazamiento de temporización. A la recepción en el eNodoB, el PRACH debe ser detectado con alta precisión, y se debe hacer una estimación precisa del desplazamiento de la temporización. Se utiliza un desplazamiento de temporización para compensar el tiempo que tarda una señal en viajar a un UE y volver al eNodoB, de modo que el eNodoB pueda detectar correctamente la información recibida del UE a través del PUSCH.

PRACH puede consistir en uno o dos preámbulos, cada uno con una cierta longitud en las muestras, por ejemplo 24 576 muestras. Los preámbulos tienen un prefijo cíclico, que por ejemplo puede tener una longitud entre 3 168 y 21 024 muestras para diferentes formatos.

15 Se han propuesto varios métodos para detectar los preámbulos PRACH. En un enfoque de frecuencia completa, la señal recibida se detecta en una ventana del receptor PRACH y se procesa con un PRACH FFT correspondiente a la longitud del preámbulo. Por lo tanto, se requiere un PRACH FFT de longitud 24 576 para cada antena de recepción. La longitud del preámbulo, que es considerablemente más larga que los símbolos SC-OFDM utilizados en el enlace ascendente, se utiliza para producir suficiente potencia de salida. Esto a su vez mejora la cobertura PRACH en la celda.

20 Un ejemplo de la técnica anterior se da a conocer en el documento de solicitud de patente WO 2007/149290 A2 (INTERDIGITAL TECH CORP [US]) 27 de diciembre de 2007.

25 Con las tecnologías emergentes 5G con frecuencias portadoras mucho más altas, se requiere un mayor número de elementos de antena para obtener una cobertura suficiente. A continuación, se calcula típicamente una FFT para cada antena o subconjunto de antenas, de modo que se puedan extraer diferentes usuarios y canales en diferentes subbandas de la señal recibida antes del procesamiento de señal adicional.

En un sistema TDD (dúplex por división de tiempo), la misma banda de frecuencia se usa tanto para el enlace descendente como para el enlace ascendente. Tanto el UE como el eNodoB deben a continuación cambiar entre transmisión y recepción, suponiendo que no es posible el funcionamiento en dúplex completo.

30 Con una gran cantidad de antenas de receptor, la cantidad de procesamiento de FFT en el receptor también es grande. Con el procesamiento de señal de antena dedicado solo utilizado para PRACH, se debe incluir una gran cantidad de hardware especial para PRACH. Este hardware adicional tiene un costo en material y esfuerzo de diseño, así como un mayor consumo de energía. Además, ejecutar el procesamiento de señales de antena específicas de PRACH consume energía y requiere capacidad de refrigeración.

Por lo tanto, existe la necesidad de reducir la cantidad de procesamiento de FFT en el eNodoB receptor.

35 **Compendio**

Es un objeto de la presente invención dar a conocer un método y una estación base, .por ejemplo un eNodoB, que permite que se reduzca la cantidad de procesamiento de FFT en la estación base receptora, .por ejemplo un eNodoB.

Dicho objetivo se establece en las reivindicaciones independientes adjuntas.

40 Otros ejemplos se describen en las reivindicaciones dependientes.

Se proporcionan varias ventajas por medio de la presente invención. Por ejemplo:

- No se necesita PRACH FFT especial en el nodo receptor.
- Espectro eficiente, ya que no se necesita protección de frecuencia.
- No se necesita protección de frecuencia ya que se usa el mismo espacio de subportadoras para PRACH que para otros canales.
- En TDD no se necesita ninguna subtrama de enlace descendente especial (truncada) antes de una subtrama PRACH.

Breve descripción de los dibujos

50 La presente invención se describirá a continuación más detalladamente haciendo referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- la Figura 1 muestra esquemáticamente un nodo, eNodoB, y terminales de usuario, UE, en una red de comunicación inalámbrica;
- la Figura 2 muestra un diagrama de flujo de las etapas iniciales de configuración tomados en un UE;
- la Figura 3 muestra un diagrama de flujo de las etapas iniciales de configuración tomados en un eNodoB;
- 5 la Figura 4 muestra dos subtramas de comunicación en enlace ascendente y enlace descendente, donde se muestran dos preámbulos PRACH para ilustrar el tiempo de guarda;
- la Figura 5 muestra una trama de radio con subtramas fijas;
- la Figura 6 muestra un formato PRACH de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 7 muestra un par de subtramas en el eNodoB;
- 10 la Figura 8 corresponde a la Figura 6, donde se agrega un tiempo de guarda inicial;
- la Figura 9 muestra una subtrama que se divide en dos partes, con diferentes posibles preámbulos PRACH en cada parte;
- la Figura 10 corresponde a la Figura 9, donde se agrega un tiempo de guarda inicial; y
- la Figura 11 muestra diferentes posibles preámbulos PRACH a diferentes frecuencias.

15 **Descripción detallada**

El desarrollo de la tecnología de acceso 5G y la interfaz aérea aún es muy prematuro, pero ha habido algunas publicaciones tempranas sobre posibles candidatos de tecnología. Un candidato en una interfaz aérea 5G es escalar el LTE actual, que está limitado a un ancho de banda de 20 MHz, N veces en ancho de banda con una duración de tiempo 1/N veces menor, en este caso abreviado como LTE-Nx. Un valor típico puede ser N = 5, de modo que la portadora se escala de 20 MHz a 100 MHz de ancho de banda y la subtrama se escala de 1 milisegundo a 0.2 milisegundos. La frecuencia de muestreo también se escalaría con el mismo factor, es decir, de 30,72 MHz a 153,6 MHz, manteniendo al mismo tiempo el mismo tamaño de todas las operaciones FFT. Una trama de radio de 10 ms puede dividirse en este caso en cincuenta subtramas, cada una con una longitud de 0,2 ms, como es el caso de los ejemplos en el resto de la descripción.

25 La frecuencia de muestreo también se escalaría N veces de 30.72 MHz a 153.6 MHz. Con este enfoque, muchas funciones en LTE pueden seguir siendo las mismas, lo que simplificaría el esfuerzo de estandarización y permitiría la reutilización de componentes tecnológicos. La longitud de una subtrama podría por tanto reducirse significativamente. Esto reducirá los retardos en los datos del usuario, que se analizarán a continuación. Además, tanto el enlace descendente como el enlace ascendente pueden basarse en OFDM.

30 Haciendo referencia a la Figura 1, hay una red de comunicación móvil 1 que comprende un nodo 2 en una celda 3 que constituye un área de celda geográfica. En este caso, el nodo 2 tiene la forma de una estación base 2, que se conoce como un eNodoB en el contexto de una red de acceso por radio LTE (evolución a largo plazo), conocida formalmente como la red de acceso por radio terrestre universal evolucionada (E-UTRAN). La red de comunicación móvil está dispuesta para proporcionar servicios de comunicación inalámbrica a terminales de usuario, que se denominan "equipo de usuario" o "UE" en la terminología del 3GPP (Proyecto de Colaboración de tercera Generación). Los términos eNodoB y UE se usarán a continuación, en este caso un primer UE 4a está cerca del eNodoB 2, y un segundo UE 4b está lejos del eNodoB 2, pero ambos UE 4a, 4b están dentro de la celda 3 .

35 Cada UE 4a, 4b comprende una unidad receptora correspondiente 5a, 5b, unidad transmisora 6a, 6b configurada para transmitir datos en subtramas de transmisión que se producen a intervalos de subtrama definidos y que tienen un número predeterminado de intervalos de símbolos, y una unidad de control 7a, 7b configurada para controlar dicho circuito receptor 5a, 5b y dicho circuito transmisor 6a, 6b.

40 En consecuencia, el eNodoB 2 comprende una unidad receptora 8, una unidad transmisora 9 y una unidad de control 10. El eNodoB 2 también comprende una disposición de antena 11 que puede comprender una o más antenas de conjunto.

45 Los UE 4a, 4b recibe señales del eNodoB 2 en uno o más canales de enlace descendente (DL) 12a, 12b, y transmite señales al eNodoB 2 en uno o más canales de enlace ascendente (UL) 13a, 13b. En un sistema TDD (dúplex por división de tiempo), la misma banda de frecuencia se usa tanto para el enlace descendente como para el enlace ascendente. Ambos UE 4a, 4b y el eNodoB 2 deben entonces conmutar entre transmisión y recepción, suponiendo que la operación dúplex completo no sea posible.

50 Haciendo referencia a la Figura 2 y la Figura 3, que muestran las etapas correspondientes en el primer UE 4a y el eNodoB 2, en la configuración inicial, el UE 4a comienza recibiendo y sincronizando 14a a las señales de

sincronización de enlace descendente transmitidas 15a por el eNodoB 2. Como ejemplo, en LTE, el primer UE 4a comienza detectando el PSS (Señal de sincronización primaria) después de lo cual el primer UE 4a tendrá sincronización de subtramas, sincronización de símbolos OFDM y conocerá el grupo de identidad de celda (ID de celda). A continuación, el primer UE 4a detecta SSS (Señal de sincronización secundaria), después de lo cual el primer UE 4a se sincroniza en tramas y conoce la ID de la celda.

Por ejemplo, PSS y SSS pueden transmitirse en las subtramas 0 y 25 en un sistema TDD dinámico.

El primer UE 4a recibe y detecta a continuación 14b una información del sistema transportada por una señal de difusión transmitida 15b por el eNodoB 2. En LTE, esta información de difusión es transportada por PBCH (canal de difusión físico). En base a la información de difusión, o preconfigurado en el primer UE 4a según la especificación, se construye una señal de preámbulo PRACH (canal físico de acceso aleatorio) en el primer UE 4a. El primer UE 4a transmite a continuación 14c el preámbulo PRACH, que es recibido 15c por el eNodoB 2.

La información de difusión puede relacionarse con la asignación de tiempo y frecuencia de PRACH, de modo que el primer UE 4a sepa cuándo y dónde está permitido transmitir los preámbulos PRACH, de modo que el eNodoB 2 reciba los preámbulos PRACH.

Haciendo referencia también a la Figura 7, se muestran varias subtramas 16, 17, 18, 19 en el eNodoB 2 sobre frecuencia y tiempo. En este ejemplo de LTE-Nx se divide una trama de radio de 10 ms está dividida en cincuenta subtramas, cada una con una longitud de 0,2 ms, donde cada subtrama comprende catorce intervalos para símbolos OFDM o SC-FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única) 20 (solo indicados esquemáticamente en la Figura 7) en el enlace ascendente, dado un prefijo cíclico de longitud normal. Las partes de los símbolos OFDM o SC-FDMA 20 transmitidas en estos intervalos de símbolos se utilizan para transportar datos de usuario en el canal físico de enlace ascendente 42 (PUSCH). El enlace ascendente comprende señales de referencia de sondeo (SRS) 21, una señal de referencia que, por ejemplo, podría transmitirse cada segunda trama de tiempo, y señales piloto de referencia que ocurren regularmente 22. Un canal físico de control de enlace ascendente 43 (PUCCH) salta de una frecuencia a otra entre una primera mitad de una subtrama 16 y una segunda mitad de la subtrama 16, una media subtrama también conocida como ranura.

Todos los símbolos OFDM o SC-FDMA transmitidos en el enlace ascendente, es decir, PUSCH 42, las señales piloto de referencia 22, PUCCH 43 y SRS se reciben en un conjunto de catorce ventanas FFT 23. Cada una de esas ventanas FFT 23a, 23b, 23c, 23d (solo algunas indicadas en la Figura 7) se procesan en un FFT 24 de tamaño 2048.

En cada ventana de FFT 23a, 23b, 23c, 23d, los símbolos OFDM o SC-FDMA 20 recibidos se procesan con un OFDM FFT 24, que por ejemplo es del tamaño de 2048 muestras. Los símbolos SC-FDMA a menudo se denominan DFT OFDM ensanchado. Un símbolo SC-FDMA se puede denominar un símbolo basado en OFDM.

La temporización de las transmisiones de UE está controlada por el eNodoB 2, de modo que las partes portadoras de datos de subtramas de enlace ascendente consecutivas de múltiples UE no se superponen entre sí y caen dentro de las ventanas FFT 23.

Los retardos de propagación pueden diferir entre los UE 4a, 4b debido a su distancia respectiva del eNodoB 2. Esto se ilustra en la Figura 4, donde se muestra cómo las diferencias de tiempo entre los preámbulos PRACH recibidos de diferentes UE 4a, 4b están dando como resultado diferentes desplazamientos de temporización al transmitir. En la Figura 4, el eNodoB DL se muestra encima de una primera línea de puntos y trazos 25a, UE DL y UL se muestran debajo de la primera línea de puntos y trazos 25a y encima de una segunda línea de puntos y trazos 25b. Debajo de la segunda línea de puntos y trazos 25b, se muestra el eNodoB UL.

Tras la recepción en el eNodoB 2, el preámbulo PRACH debe detectarse con gran precisión y deben realizarse estimaciones precisas de compensación de temporización de modo que las transmisiones de UE de las partes portadoras de datos de subtramas de enlace ascendente consecutivas desde múltiples UE no se superpongan entre sí y caigan dentro de las ventanas FFT 23.

En la Figura 4, se envía un mensaje DL 26 en forma de PDSCH (canal físico compartido de enlace descendente) desde el eNodoB 2, y es recibido por el primer UE 4a y el segundo UE 4b en el UE DL en una primera subtrama 44. El primer UE 4a envía un primer preámbulo PRACH 27a y el segundo UE 4b envía un segundo preámbulo PRACH 27b en respuesta al mensaje DL recibido 26 en una segunda subtrama 45. Los preámbulos PRACH 27a, 27b pueden transmitirse por muchas otras razones, por ejemplo, cuando los UE 4a, 4b no reaccionan a una transmisión DL, sino que requieren recursos iniciales de UL para transmitir en la UL. Ejemplos de otras ocasiones para transmitir un preámbulo PRACH son el traspaso y la resincronización. El primer preámbulo PRACH 27a tiene una llegada anticipada, es decir, el primer UE 4a está muy cerca del eNodoB 2.

En la Figura 4, el primer preámbulo PRACH 27a comienza más tarde que el comienzo de la subtrama 45 en un cierto tiempo 28b llamado "tiempo de conmutación de enlace descendente a enlace ascendente del UE", que está preconfigurado. El tiempo entre el final del primer preámbulo PRACH 27a y el segundo preámbulo PRACH 27b hasta el final de la segunda subtrama 45 se denomina "tiempo de guarda" 28. Este "tiempo de guarda" se utiliza de

modo que ningún preámbulo PRACH enviado dentro de la celda en cuestión llegue al eNodoB 2 fuera de la subtrama 45.

5 Todos los preámbulos PRACH en una celda 2 tienen la misma longitud, que se establece de tal manera que un preámbulo PRACH que se envía desde el segundo UE 4b, que es el más alejado del eNodoB 2, se sigue recibiendo y detectando en el eNodoB 2 dentro de una y la misma subtrama, lo que se muestra para el segundo preámbulo PRACH 27b.

10 Como se muestra en la Figura 5, que muestra una trama de radio 32 de 10 ms, un sistema TDD dinámico está configurado en este caso con unas pocas subtramas 30, 31 que son fijas para el enlace descendente, es decir, no pueden usarse para el enlace ascendente. Estas subtramas 30, 31 podrían ser necesarias para transmitir señales de sincronización y transmitir mensajes de control utilizados para la sincronización inicial del enlace descendente, la sincronización continua del enlace descendente y el establecimiento de llamada. Un sistema TDD dinámico también puede configurarse asimismo con subtramas fijas de enlace ascendente 29. Dichas subtramas pueden, por ejemplo, usarse para PRACH para soportar el acceso inicial y la sincronización de enlace ascendente. En este ejemplo, el UE puede transmitir preámbulos PRACH en la subtrama número cinco 29, que en este sistema TDD es una asignación fija para transmisiones de enlace ascendente. Del mismo modo, las subtramas número cero 30 y veinticinco 31 son, en este sistema TDD, asignaciones fijas a transmisiones de enlace descendente.

20 De acuerdo con la presente invención, haciendo referencia a la Figura 6 que muestra una subtrama 36 en un UE con un PUSCH 42, para cada UE, el preámbulo PRACH 27 creado está diseñado de manera que comprende una secuencia de una pluralidad de secuencias de acceso aleatorio idénticas $s(n)$ 33 (solo se indican unas pocas en la Figura 6), donde cada secuencia de acceso aleatorio $s(n)$ tiene la misma longitud en el tiempo que cada símbolo OFDM 20a, 20b, 20c (solo se indican unos pocos en la Figura 6), que se utiliza para todos los demás canales físicos, tales como datos de usuario y control, y señales de referencia.

25 Una serie de ventanas FFT 23a, 23b, 23c, 23d (solo se indican unas en la Figura 6) se utilizan para reunir las señales recibidas para ser utilizadas en el procesamiento de FFT. Las mismas ventanas FFT 23a, 23b, 23c, 23d se pueden usar para PRACH y todos los demás canales físicos, tales como datos de usuario y control, y señales de referencia.

La secuencia de preámbulo se crea repitiendo la secuencia de acceso aleatorio $s(n)$ varias veces de manera que el preámbulo PRACH 27 construido sea al menos tan largo como el lapso de tiempo del número deseado de ventanas FFT 23 más el tiempo máximo de ida y vuelta.

30 De nuevo haciendo referencia a la Figura 7, en la segunda subtrama 17, se muestran un primer preámbulo PRACH 27a y un segundo preámbulo PRACH 27b, donde el primer preámbulo PRACH 27a tiene una llegada anticipada y el segundo preámbulo PRACH 27b tiene una llegada tardía, y donde hay un tiempo de guarda 28 de la misma manera que se discutió anteriormente haciendo referencia a la Figura 4.

35 Hay una pluralidad de símbolos OFDM 20 dentro de la segunda subtrama 17, cada uno de ellos procesado por separado con el FFT 24 del mismo tamaño. Al usar un número de estos FFT 24, por ejemplo doce de ellos como se ilustra por las ventanas FFT 23 en la Figura 6, o catorce como se ilustra en las ventanas FFT 23 en la Figura 7, es posible detectar el preámbulo PRACH 27a, 27b a pesar de que el preámbulo PRACH 27a, 27b ocurre en la mayor parte de la segunda subtrama 17. Por lo tanto, la FFT 24 adaptada a los símbolos OFDM 20 se reutiliza para el preámbulo PRACH 27a, 27b.

40 La secuencia de preámbulo $s(n)$ depende de la asignación de frecuencia PRACH, de modo que el número de subportadoras asignadas para PRACH es igual al número máximo de símbolos en la secuencia. Por ejemplo, con la nomenclatura LTE, seis bloques de recursos se asignan a PRACH, que corresponden a 72 subportadoras.

Una secuencia corta puede, por ejemplo, construirse usando secuencias de Zadoff-Chu. La u -ésima secuencia raíz de Zadoff-Chu se define como

$$45 \quad x_u(n) = e^{-j \frac{\pi n(n+1)}{N_{ZC}}}, \quad 0 \leq n \leq N_{ZC} - 1, \quad (1)$$

donde la longitud N_{ZC} de la secuencia de Zadoff-Chu es un número primo. Para una asignación PRACH de 72 subportadoras, la longitud de la secuencia puede, por ejemplo, establecerse en 71. Una señal de acceso aleatorio corta continua en el tiempo $s(t)$ se define mediante

$$s_{short}(t) = \beta_{PRACH} \sum_{k=0}^{N_{ZC}-1} \sum_{n=0}^{N_{ZC}-1} x_u(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi nk}{N_{ZC}}} \cdot e^{j2\pi(k+k_0)\Delta f t}, \quad (2)$$

50 donde $0 \leq t < T_{short}$, β_{PRACH} es un factor de escala de amplitud para ajustarse a la potencia de transmisión de PRACH, $k_0 = n_{PRB}^{RA} N_{sc}^{RB} - N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} / 2$, y Δf es el espacio de subportadoras. La ubicación en el dominio de frecuencia

está controlada por el parámetro n_{PRB}^{RA} ; el tamaño del bloque de recursos en el dominio de frecuencia, expresado como un número de subportadoras, se denota por N_{sc}^{RB} , y la configuración del ancho de banda del enlace ascendente, expresada en múltiplos de N_{sc}^{RB} , se denota por N_{RB}^{UL} .

5 Una secuencia corta de la misma longitud que el símbolo OFDM se logra mediante $T_{short} = 1/\Delta F$. Para LTE versión 8, esta separación de subportadoras es igual a $\Delta F = 15$ kHz [ver la tabla 6.2.3-1 en 3GPP 36.211] de modo que la longitud de la secuencia corta es igual a $T_{short} = 66.6 \mu s$. Con un cambio la separación de subportadoras a, por ejemplo, $\Delta F = 75$ kHz, entonces la longitud del símbolo corto es igual a $T_{short} = 13.3 \mu s$.

El preámbulo a transmitir se construye mediante una repetición de la secuencia corta, que se puede formular como

$$s(t) = s_{short}((t - T_{CP}) \bmod(T_{short})), \quad (1)$$

10 donde $0 \leq t < T_{SEQ}$ y T_{CP} es la longitud de un posible primer prefijo cíclico del preámbulo PRACH 34 insertado antes de la primera secuencia corta.

Este primer prefijo cíclico del preámbulo PRACH contiene varias de las últimas muestras de la secuencia corta $s(n)$. Mediante la repetición de la secuencia corta $s(n)$ en el preámbulo PRACH, cada secuencia corta actuará como un prefijo cíclico para la siguiente secuencia corta. Por esta construcción, el primer prefijo cíclico del preámbulo PRACH podría ser excluido. La única función de este primer prefijo cíclico del preámbulo PRACH es un desplazamiento de tiempo del preámbulo PRACH transmitido. Para celdas pequeñas, dicho desplazamiento de tiempo puede usarse para definir diferentes preámbulos, de modo que diferentes UE pueden seleccionar diferentes cambios de tiempo del mismo preámbulo PRACH. Cada desplazamiento de tiempo se especifica entonces como un valor específico de la longitud T_{CP} del primer prefijo cíclico del preámbulo PRACH.

20 La longitud del preámbulo y, por lo tanto, también el número de repeticiones de la secuencia corta están controlados por T_{SEQ} . Esta longitud del preámbulo se selecciona en función de:

- la longitud de la ventana de tiempo de tiempo asignado para PRACH,
- el tamaño de celda requerido, y
- restricciones basadas en el tiempo de guarda para conmutar entre transmisión y recepción en caso de un sistema TDD.

Mediante esta repetición de la secuencia corta, cada secuencia corta actuará como un prefijo cíclico para la siguiente secuencia corta.

30 Como se muestra en la Figura 6, el preámbulo PRACH 27 comprende una primera secuencia de acceso aleatorio $s(n)$ que está precedida por un primer prefijo cíclico 34 de preámbulo PRACH corto y se repite a continuación catorce veces, y seguida por una parte final 35 que es parte de la primera secuencia de acceso aleatorio $s(n)$. Esta parte final 35 se inserta al final del preámbulo PRACH 27 de tal manera que el preámbulo PRACH 27 abarca toda la longitud de la última ventana FFT 23d.

Una secuencia de preámbulo PRACH 27' adecuada para un sistema TDD (dúplex por división de tiempo) se ilustra en la Figura 8, correspondiente a la Figura 6 y que también muestra una subtrama 37. En este caso, el preámbulo PRACH 27' se acorta de modo que comience más tarde en comparación con el preámbulo PRACH en la Figura 6, por medio de un tiempo de guarda inicial 40. Esta secuencia acortada 27' es beneficiosa cuando la unidad receptora 8 y la unidad transmisora 9 en el eNodeB 2 necesitan algo de tiempo para conmutar entre transmisión y recepción. Una fracción del tiempo de guarda inicial 40 puede usarse para crear el "tiempo de conmutación de enlace descendente a enlace ascendente del UE" 28b discutido previamente, y también puede denominarse tiempo de guarda TDD.

45 Varios UE 4a, 4b podrían transmitir el mismo preámbulo dentro de la misma ventana de frecuencia de tiempo PRACH causando una contienda. Para identificar UE individuales, cada UE puede tener un conjunto mutuamente igual de preámbulos diferentes de los cuales selecciona aleatoriamente el preámbulo para transmitir. Con un mayor número de preámbulos en el conjunto, disminuye el riesgo de que dos UE seleccionen el mismo preámbulo. En el ejemplo de uso de secuencias de Zadoff-Chu, las diferentes secuencias corresponden a seleccionar la variable u . Para una secuencia de Zadoff-Chu de longitud 71, en la práctica hay 70 secuencias diferentes; en teoría 71 secuencias, pero excluyendo la secuencia correspondiente a $u = 0$. Las celdas adyacentes también deberían usar preferentemente diferentes conjuntos de secuencias de preámbulo.

50 El número de secuencias disponibles se puede aumentar aumentando la asignación de ancho de banda PRACH. Con una mayor cantidad de subportadoras, la longitud de la secuencia de Zadoff-Chu se puede aumentar de modo que aumente el número de valores posibles de la variable u . Como ejemplo, con una asignación de 12 RB, es decir, 144 subportadoras, se puede generar un total de 139 secuencias de Zadoff-Chu.

El intervalo de tiempo PRACH se puede dividir en varios intervalos, con transmisiones de preámbulo PRACH independientes. Ver la ilustración en la Figura 9, que corresponde a la Figura 6. En este caso, una subtrama 38 se divide en dos ranuras 38a, 38b con diferentes preámbulos 39a, 39b con diferentes secuencias de preámbulo $s_1(n)$, $s_2(n)$. El UE 4a, 4b puede a continuación seleccionar aleatoriamente para transmitir en la primera ranura 38a o la segunda ranura 38b, lo que reduce el riesgo de colisión. En este caso, las diferentes secuencias $s_1(n)$ y $s_2(n)$ podría configurarse para un posible uso en los diferentes intervalos, o podría usarse la misma secuencia, es decir, $s_1(n) = s_2(n)$. Las diferentes secuencias de acceso aleatorio $s_1(n)$ y $s_2(n)$ se eligen aleatoriamente de un conjunto de una pluralidad de secuencias de acceso aleatorio.

Otra posibilidad es transmitir en ambas ranuras 38a, 38b, pero seleccionar aleatoriamente diferentes secuencias en las dos ranuras 38a, 38b. Esto también reduce el riesgo de colisión; si hay una colisión en la primera ranura 38a, es de esperar que no haya ninguna en la segunda ranura 38b.

Sin embargo, se ilustra un formato alternativo en la Figura 10, correspondiente a la Figura 9 con dos ranuras 38a, 38b con diferentes preámbulos 46a, 46b con diferentes secuencias de preámbulo $s_1(n)$, $s_2(n)$. En este caso, además, se incluye un tiempo de guarda inicial 41 para ser usado para conmutar de transmisión a recepción en un eNodoB de la misma manera que se describe para la Figura 8. En lugar de dividir el intervalo de tiempo PRACH, el número de intervalos puede incrementarse usando más subtramas de enlace ascendente para PRACH para reducir el riesgo de colisión.

Generalmente, un terminal de usuario está dispuesto para transmitir uno de los dos preámbulos PRACH 39a, 39b; 46a, 46b elegidos de un conjunto de posibles preámbulos PRACH, en una subtrama 38. Los dos posibles preámbulos PRACH 39a, 39b; 46a, 46b tienen secuencias de acceso aleatorio mutuamente diferentes $s_1(n)$, $s_2(n)$.

Otro método para reducir el riesgo de colisiones es asignar varias asignaciones de ancho de banda de PRACH. La Figura 11 muestra un ejemplo de una subtrama 47 donde se ilustran dos asignaciones de ancho de banda de PRACH paralelas. En este caso, diferentes secuencias $s_1(n)$ y $s_2(n)$ podría configurarse para un posible uso en los diferentes intervalos de ancho de banda formando dos posibles preámbulos PRACH diferentes 48, 49, o podría usarse la misma secuencia, es decir, $s_1(n) = s_2(n)$. El UE puede seleccionar aleatoriamente para transmitir en una de las asignaciones de ancho de banda disponibles para disminuir el riesgo de colisión. Puede haber más de los dos anchos de banda PRACH ilustrados. De este modo, un terminal de usuario está dispuesto para transmitir un preámbulo PRACH elegido 39a, 39b; 46a, 46b en una de dos o más posibles bandas de frecuencia diferentes.

El ejemplo de la Figura 11 también se puede reconfigurar para incluir un tiempo de guarda inicial como en la Figura 10.

La presente invención no se limita a lo anterior, sino que puede variar libremente dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, siempre se debe incluir un período de guarda en los sistemas TDD, cuando el UE no puede transmitir y recibir simultáneamente. Se puede crear un período de guarda omitiendo uno o varios símbolos OFDM en el enlace descendente. En los sistemas que utilizan codificación de redundancia, el UE receptor puede tratar los símbolos OFDM omitidos como símbolos "perforados" y reconstruir los datos que normalmente habrían sido transportados por esos símbolos utilizando técnicas de decodificación normales. Alternativamente, el UE receptor puede decodificar los datos en la parte restante de la subtrama mientras trabaja en torno a los intervalos de símbolos que no llevan datos. En cualquier caso, si el período de guarda se crea omitiendo uno o varios símbolos OFDM en el enlace descendente, entonces el eNodoB 2 debe enviar mensajes de control a todos los UE, indicando que se omiten los últimos símbolos OFDM de una subtrama.

Con la perforación en la señal de enlace descendente, todos los UE deben ser conscientes de este período de guarda, ya sea mediante señalización explícita a todos los UE o mediante detección en los UE. En cambio, solo pinchando las transmisiones del enlace ascendente, como se detalla en el presente documento, solo el UE que transmite en enlace ascendente debe ser consciente de este cambio de enlace descendente a enlace ascendente. Un mensaje de control incluido en la concesión de enlace ascendente proporciona una sobrecarga de señalización de control adicional muy pequeña, y puede ser recibido por el UE en una subtrama distinta de la subtrama que está perforada. Las técnicas dadas a conocer dan como resultado un sistema robusto sin la necesidad de detectar el cambio de enlace descendente a enlace ascendente y con baja carga de señalización.

Un eNodoB 2, como se muestra en la Figura 1, puede tener una disposición de antena 11 que usa formación de haz, en uno o ambos del enlace descendente y el enlace ascendente, para aumentar la relación señal/interferencia más ruido (SINR) para un UE. Esta formación de haz se puede hacer en banda base, en cuyo caso se puede hacer un cambio entre diferentes formadores de haz de una muestra a otra. Sin embargo, para otros tipos de técnicas de formación de haz, como la formación de haz analógico realizada con ajustadores de fase de microondas o RF, podría ser necesario una protección para que los componentes apliquen este cambio de formación de haz. Además, se puede usar un período de guarda para detener la transmisión en el enlace ascendente durante una fase de calibración. En estos casos, el eNodoB puede indicar al UE que omita uno o varios de los primeros símbolos OFDM (o SC-FDMA) en una subtrama de enlace ascendente dada, para este propósito.

- 5 Aunque las realizaciones anteriores se describen haciendo referencia a partes de una red 3GPP, una realización de la presente invención también será aplicable a redes similares, tales como una sucesora de la red 3GPP, que tiene componentes funcionales similares. Por lo tanto, en particular, los términos 3GPP y los términos asociados o relacionados utilizados en la descripción anterior y en los dibujos adjuntos y cualesquiera reivindicaciones adjuntas, ahora o en el futuro, deben interpretarse en consecuencia.
- Las descripciones en esta descripción de la invención se centran en el modo de operación TDD. Sin embargo, la invención también aplica directamente a sistemas FDD (Dúplex por División de Frecuencia) con adaptaciones sencillas. Para los sistemas FDD, las descripciones de problemas relacionadas con el tiempo de conmutación entre la transmisión y las recepciones no aplican.
- 10 Las implementaciones de hardware de la presente invención pueden incluir o abarcar, sin limitación, hardware de procesador de señal digital (DSP), un procesador de conjunto de instrucciones reducido, circuitos de hardware (por ejemplo, digital o analógico) que incluyen, entre otros, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y/o una o varias matrices de puertas programables in situ (FPGA), y (cuando corresponda) máquinas de estado capaces de realizar tales funciones.
- 15 Los UE 4a, 4b generalmente están constituidos por terminales de usuario y pueden comprender, por ejemplo, teléfonos celulares, asistentes digitales personales, teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, computadoras de mano, dispositivos de comunicación tipo máquina/máquina a máquina (MTC/M2M) u otros dispositivos con capacidades de comunicación inalámbrica. Cabe señalar que el término UE o terminal de usuario no implica necesariamente que el terminal en sí sea móvil o desplazable, y debe entenderse que es intercambiable con el
- 20 término "dispositivo inalámbrico", y puede referirse a terminales que están instalados en configuraciones fijas, como en ciertas aplicaciones de máquina a máquina, así como en dispositivos portátiles, dispositivos instalados en vehículos de motor, etc.
- Como se mencionó anteriormente, en LTE, el enlace descendente se basa en OFDM, mientras que el enlace ascendente se basa en OFDM extendido por DFT, también conocido como SC-FDMA. Generalmente, estos
- 25 símbolos están constituidos por símbolos basados en OFDM.
- También para los preámbulos PRACH 39a, 39b; 46a, 46b mostrados en la Figura 9 y la Figura 10, hay partes finales 50a, 50b; 51a, 51b de los preámbulos PRACH 39a, 39b; 46a, 46b que se insertan en los extremos de modo que los preámbulos PRACH correspondientes 39a, 39b; 46a, 46b cubren toda la longitud de la última ventana FFT 23d.
- 30 Se usan prefijos cíclicos 34'; 34a, 34b; 34a', 34b'; 34a'', 34b'' para los ejemplos descritos haciendo referencia a la Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11. El prefijo cíclico no es necesario en todos los casos, y en algunos casos, es posible que se omitan los prefijos cíclicos cuando un preámbulo PRACH comienza al mismo tiempo que una subtrama.
- La presente invención se refiere a preámbulos PRACH enviados en enlace ascendente; por lo tanto, generalmente, el nodo 2 está al menos dispuesto para recibir comunicación de los terminales de usuario 4a, 4b.
- 35 Todos los detalles específicos proporcionados en la descripción anterior se proporcionan como ejemplos solo para proporcionar una mejor comprensión de la presente invención. Por ejemplo, el número de símbolos OFDM, secuencias de acceso aleatorio PRACH $s(n)$, frecuencias de muestreo, longitudes de tramas de radio y subtramas pueden variar de modo que se adquiera una funcionalidad adecuada y deseada.

REIVINDICACIONES

1. Un método en una estación base para recibir un preámbulo de canal físico de acceso aleatorio, PRACH, en el que la estación base comunica con un equipo de usuario, UE, utilizando símbolos basados en OFDM, donde el método comprende:

5 recibir un preámbulo PRACH (27), donde el preámbulo PRACH (27) comprende una pluralidad de repeticiones de una secuencia de acceso aleatorio, donde cada repetición de la secuencia de acceso aleatorio tiene la misma duración en el tiempo que un símbolo basado en OFDM.

10 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el preámbulo se procesa usando una transformada rápida de Fourier, donde la transformada rápida de Fourier es la misma transformada rápida de Fourier que se usa para procesar símbolos basados en OFDM.

3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que la secuencia de acceso aleatorio se construye usando una secuencia de Zadoff-Chu, y donde la u-ésima secuencia raíz de Zadoff-Chu se define por

$$x_u(n) = e^{-j \frac{\pi u n(n+1)}{N_{ZC}}}, \quad 0 \leq n \leq N_{ZC} - 1,$$

donde la longitud N_{ZC} de la secuencia de Zadoff-Chu es un número primo.

15 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el preámbulo PRACH comprende además un prefijo cíclico (34) que precede a la pluralidad de repeticiones de la secuencia de acceso aleatorio.

5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada repetición de la secuencia de acceso aleatorio tiene la misma duración en el tiempo que un símbolo basado en OFDM utilizado para la comunicación con el equipo de usuario a través de PUSCH.

20 6. Una estación base configurada para comunicarse con un equipo de usuario, UE, utilizando símbolos basados en OFDM, y en la que la estación base está dispuesta para recibir un Preámbulo de canal físico de acceso aleatorio, PRACH, (27), donde el preámbulo PRACH comprende una pluralidad de repeticiones de una secuencia de acceso aleatorio, donde cada repetición de la secuencia de acceso aleatorio tiene la misma duración en el tiempo que un símbolo basado en OFDM.

25 7. La estación base de acuerdo con la reivindicación 6, donde la estación base está dispuesta para procesar el preámbulo usando una transformada rápida de Fourier, donde la transformada de Fourier es la misma transformada de Fourier que es utilizada por la estación base para procesar símbolos basados en OFDM.

30 8. La estación base de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-7, en la que la secuencia de acceso aleatorio se construye usando una secuencia de Zadoff-Chu, y donde el la u-ésima secuencia raíz de Zadoff-Chu se define por

$$x_u(n) = e^{-j \frac{\pi u n(n+1)}{N_{ZC}}}, \quad 0 \leq n \leq N_{ZC} - 1,$$

donde la longitud N_{ZC} de la secuencia de Zadoff-Chu es un número primo.

9. La estación base según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en la que el preámbulo PRACH comprende además un prefijo cíclico (34) que precede a la pluralidad de repeticiones de la secuencia de acceso aleatorio.

35 10. La estación base de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-9, en la que cada repetición de la secuencia de acceso aleatorio tiene la misma duración en el tiempo que un símbolo basado en OFDM utilizado para la comunicación con la estación base a través de PUSCH.

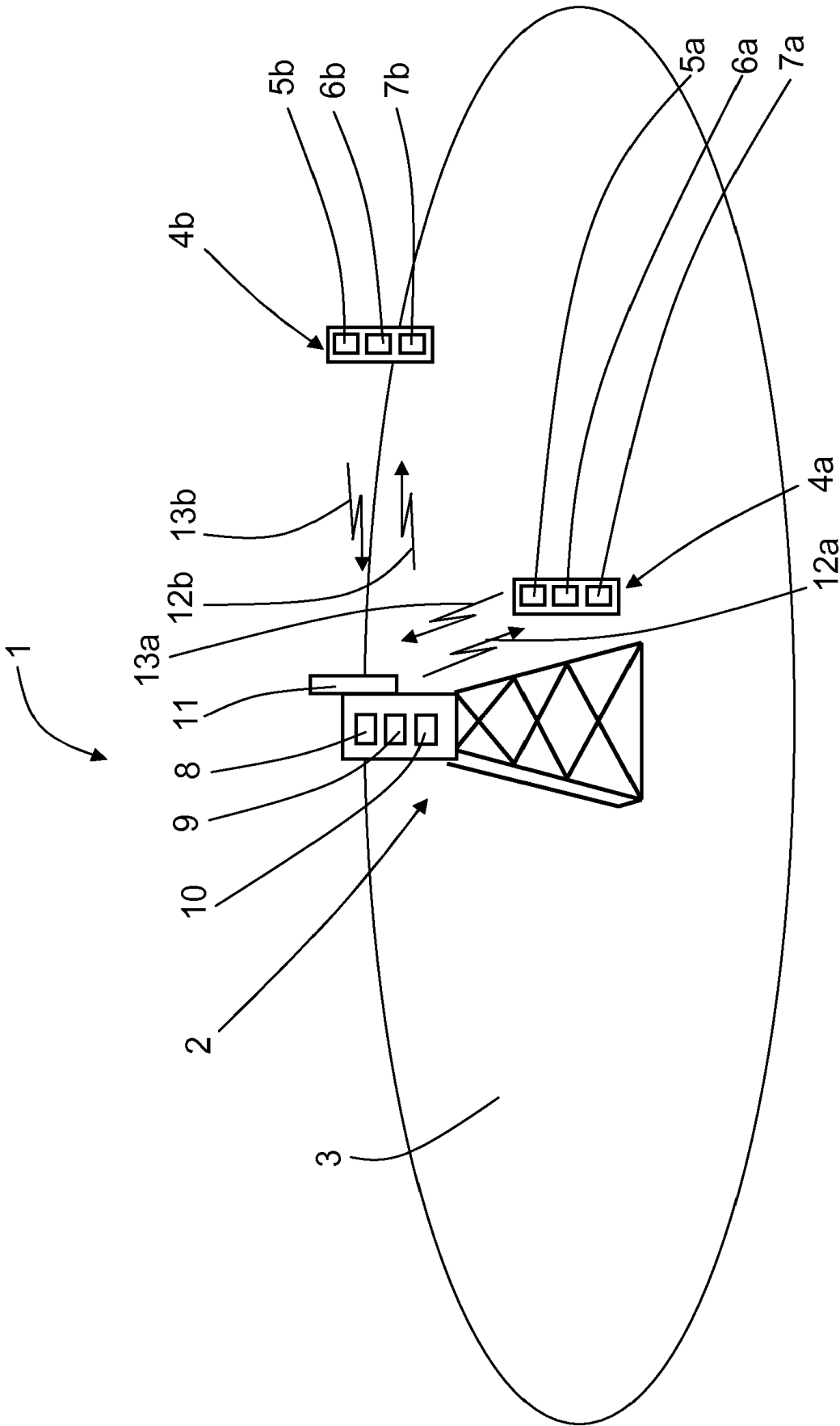


FIG. 1

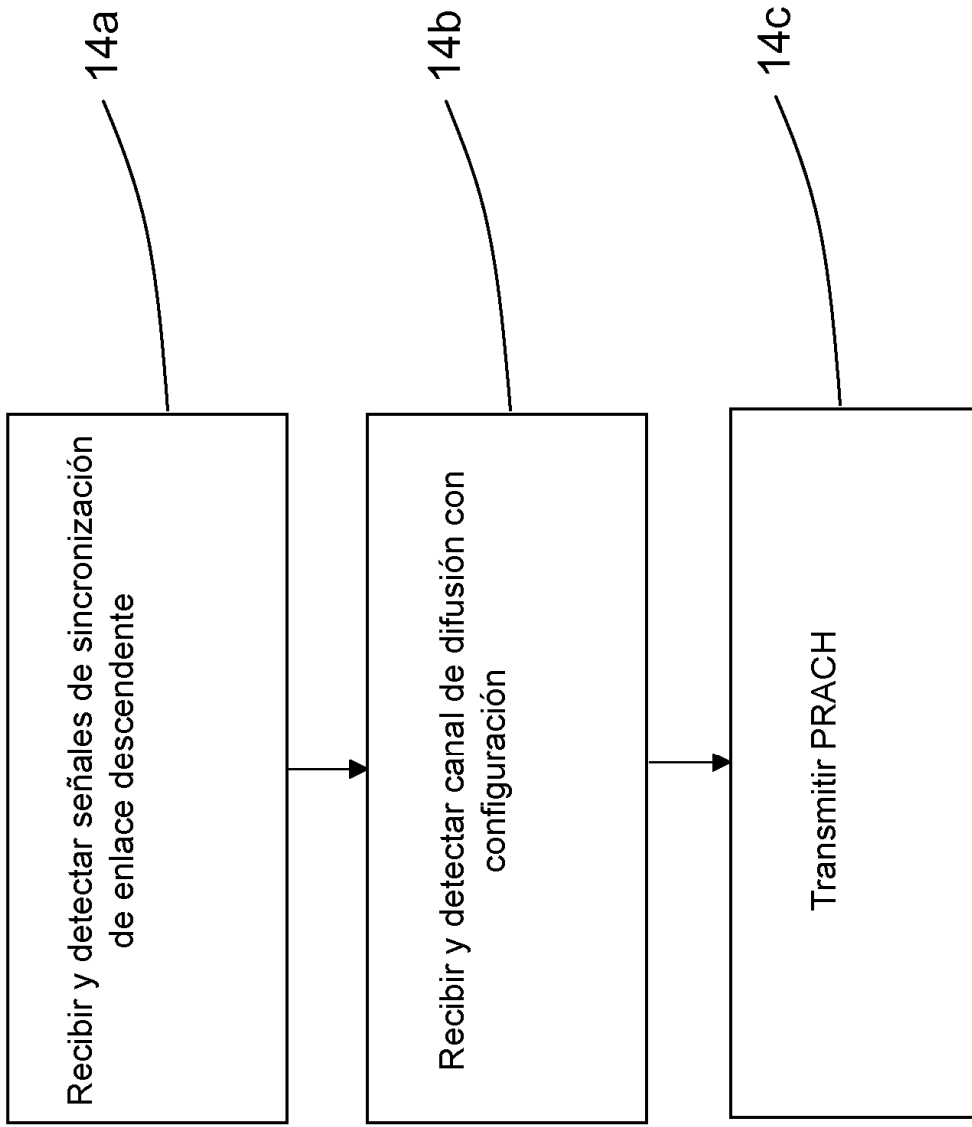


FIG. 2

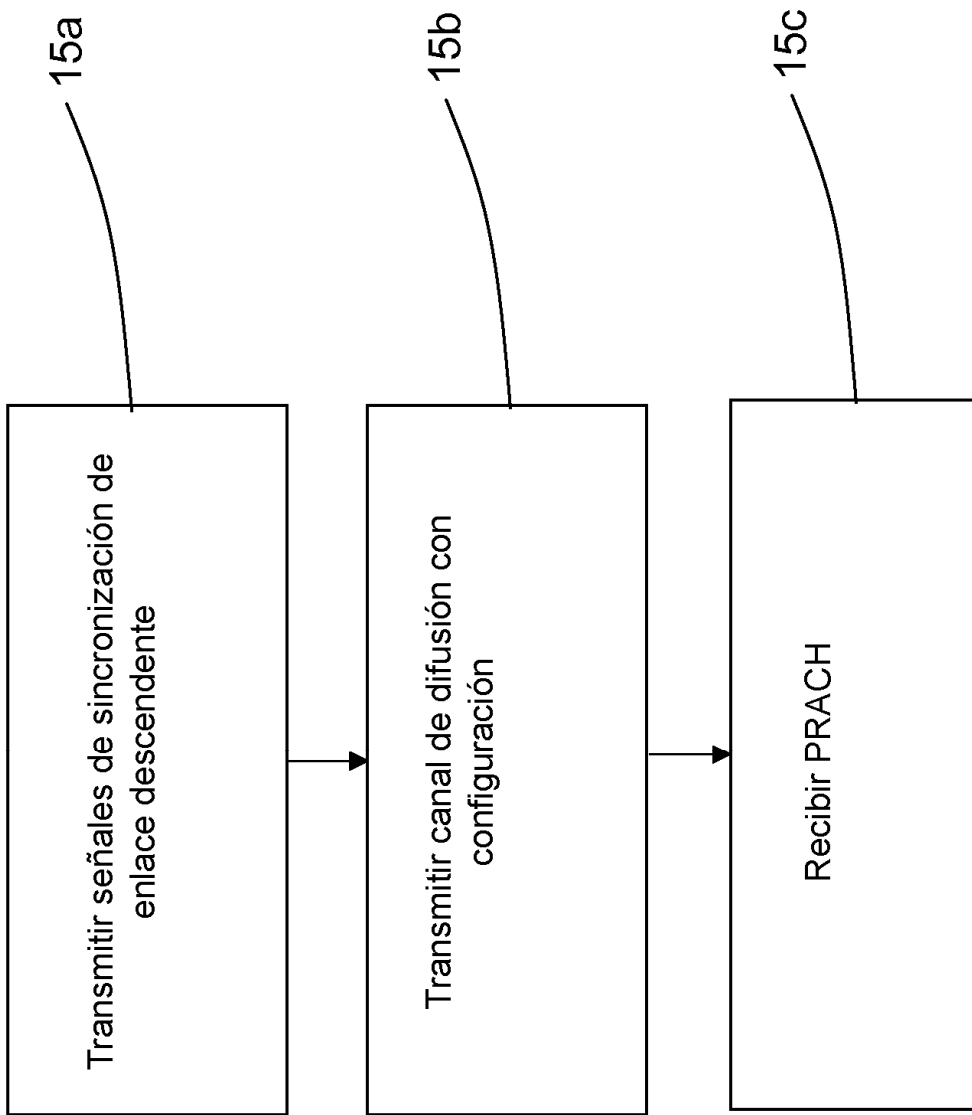


FIG. 3

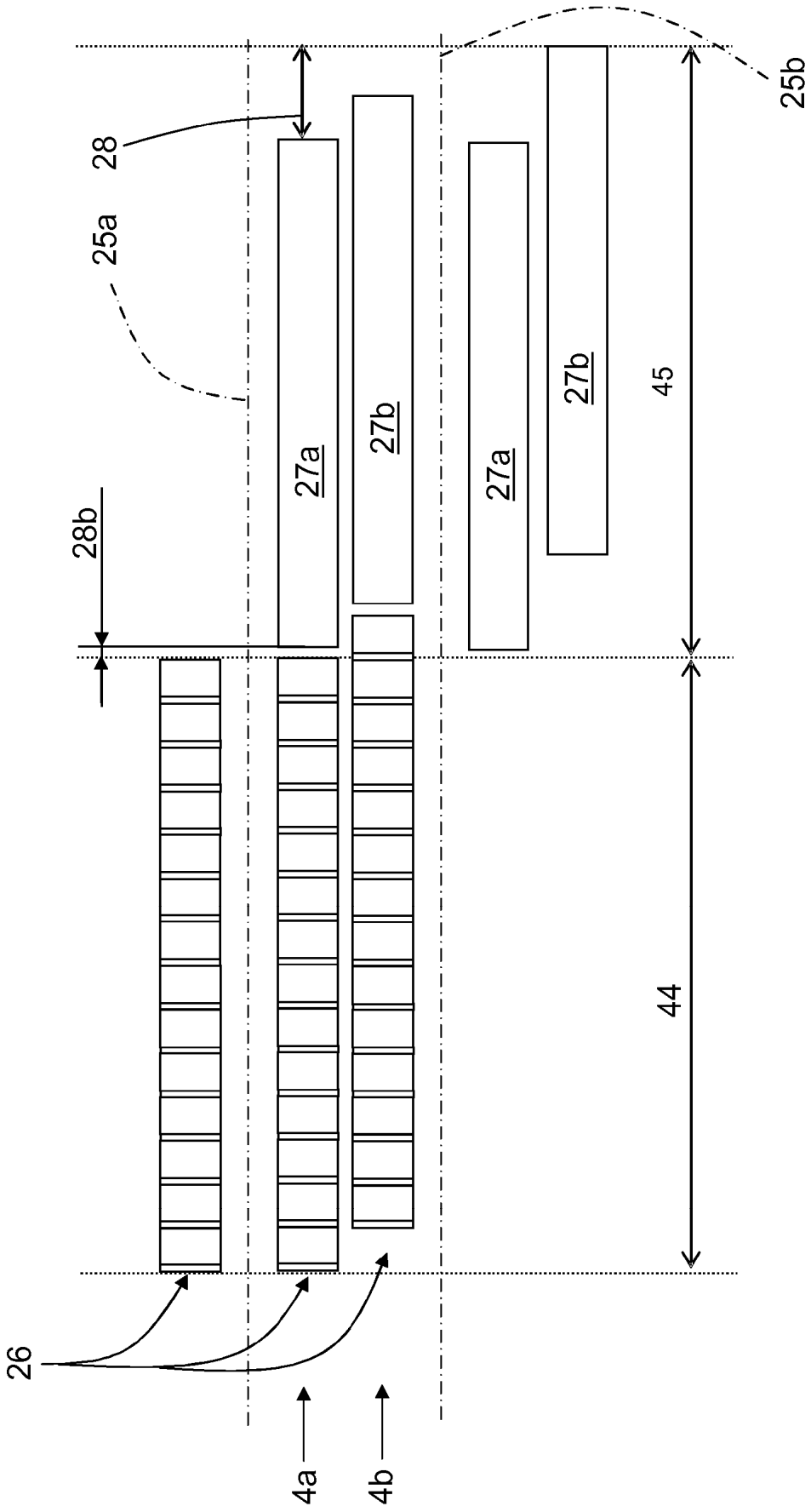


FIG. 4

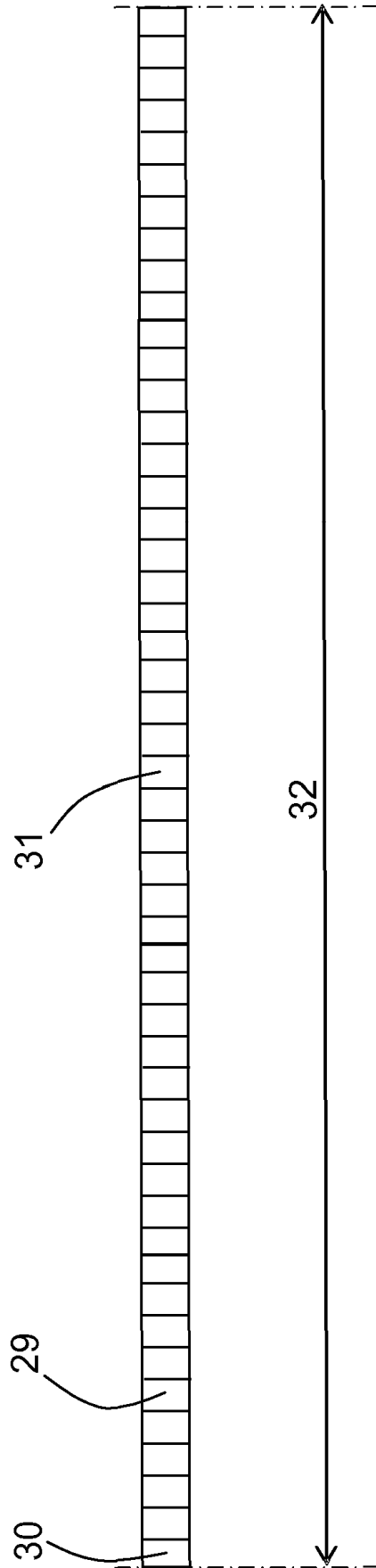


FIG. 5

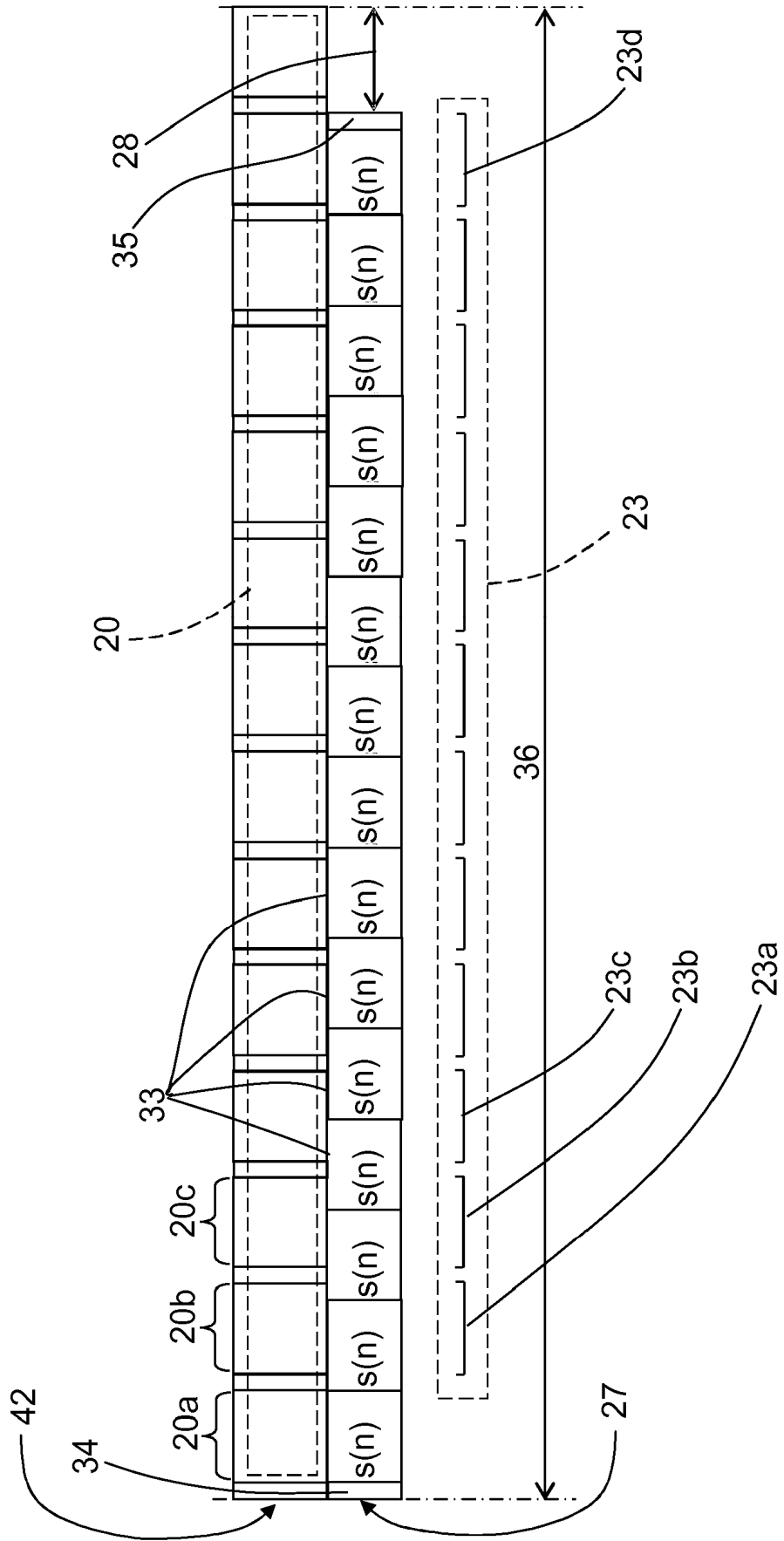


FIG. 6

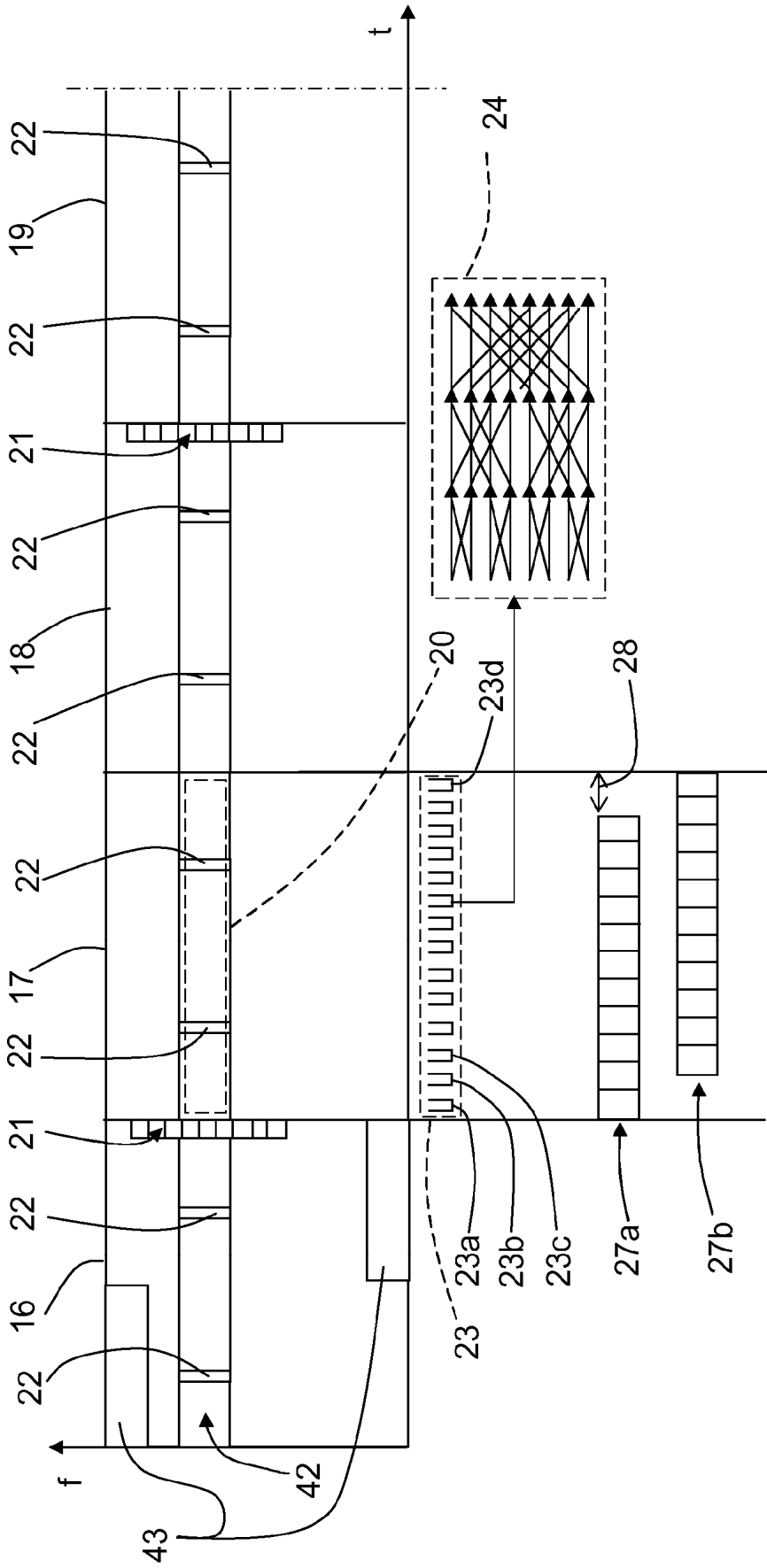


FIG. 7

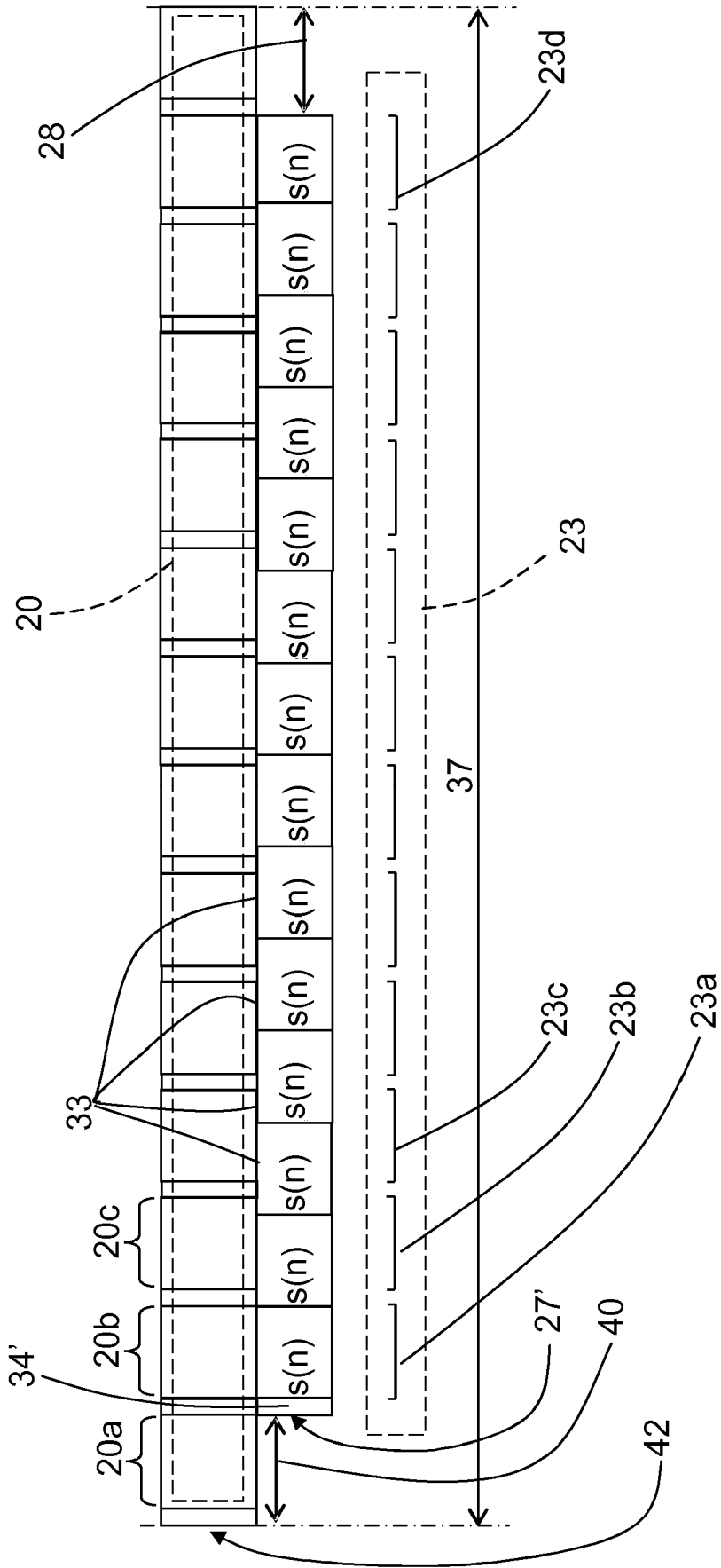


FIG. 8

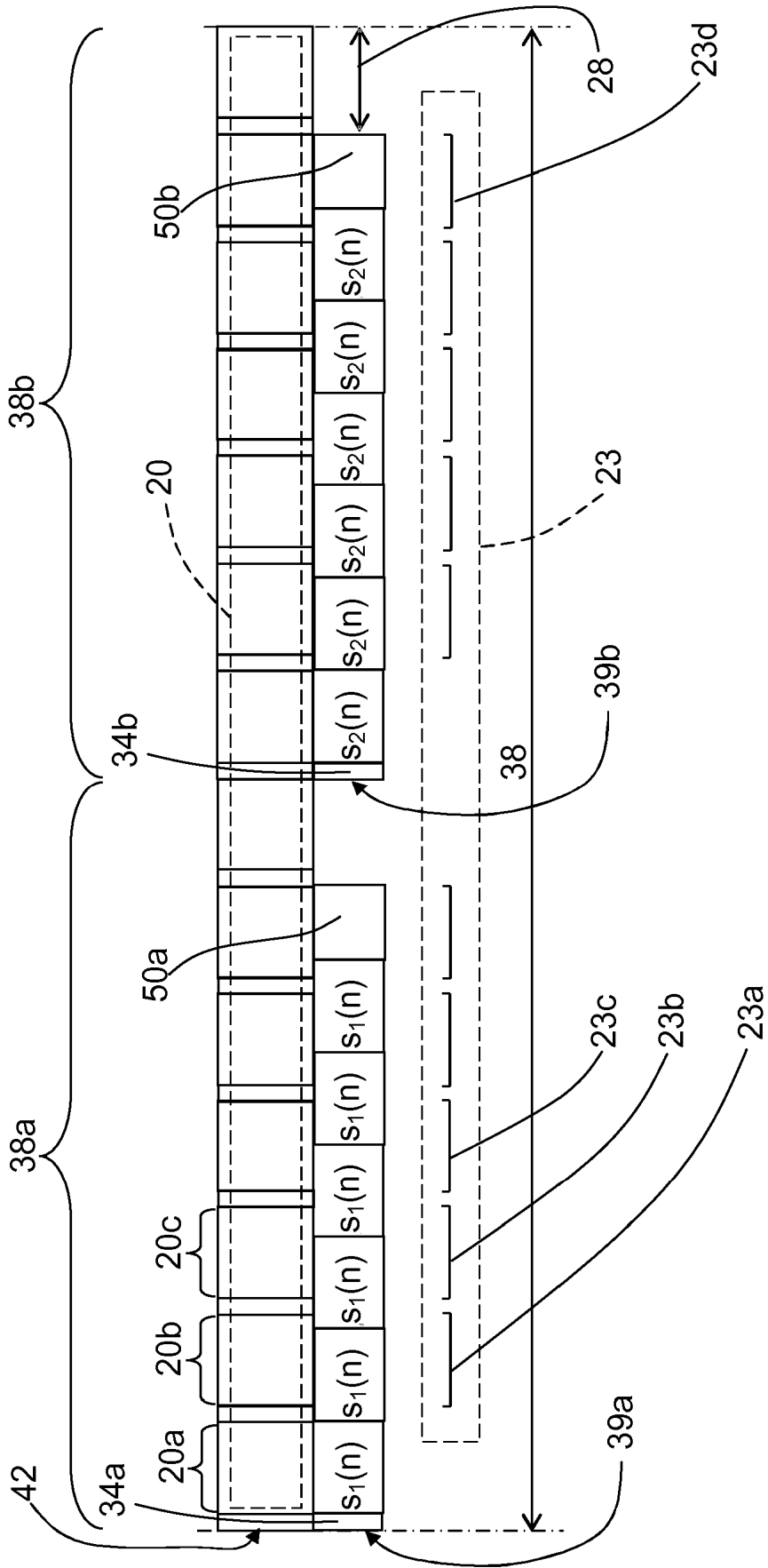


FIG. 9

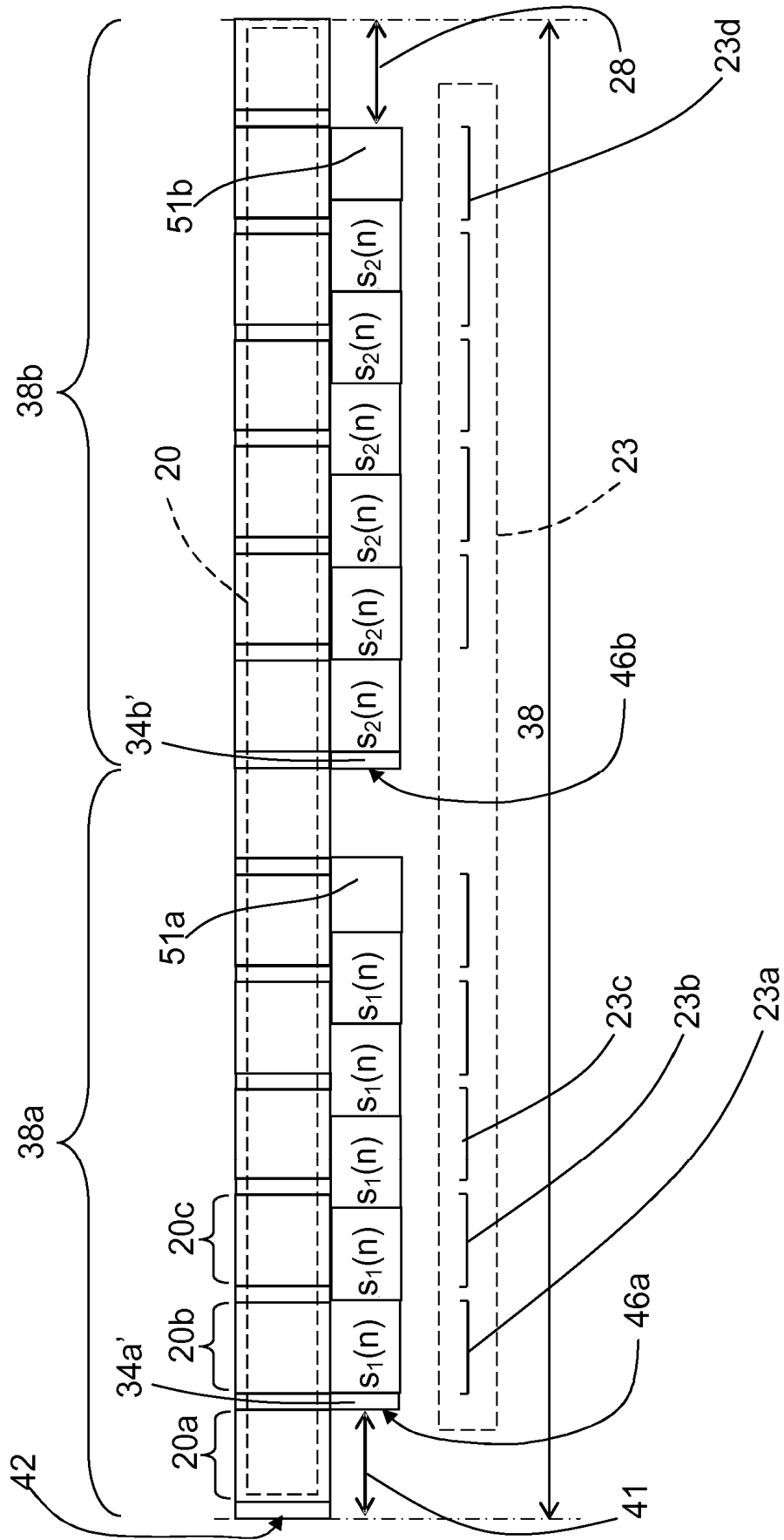


FIG. 10

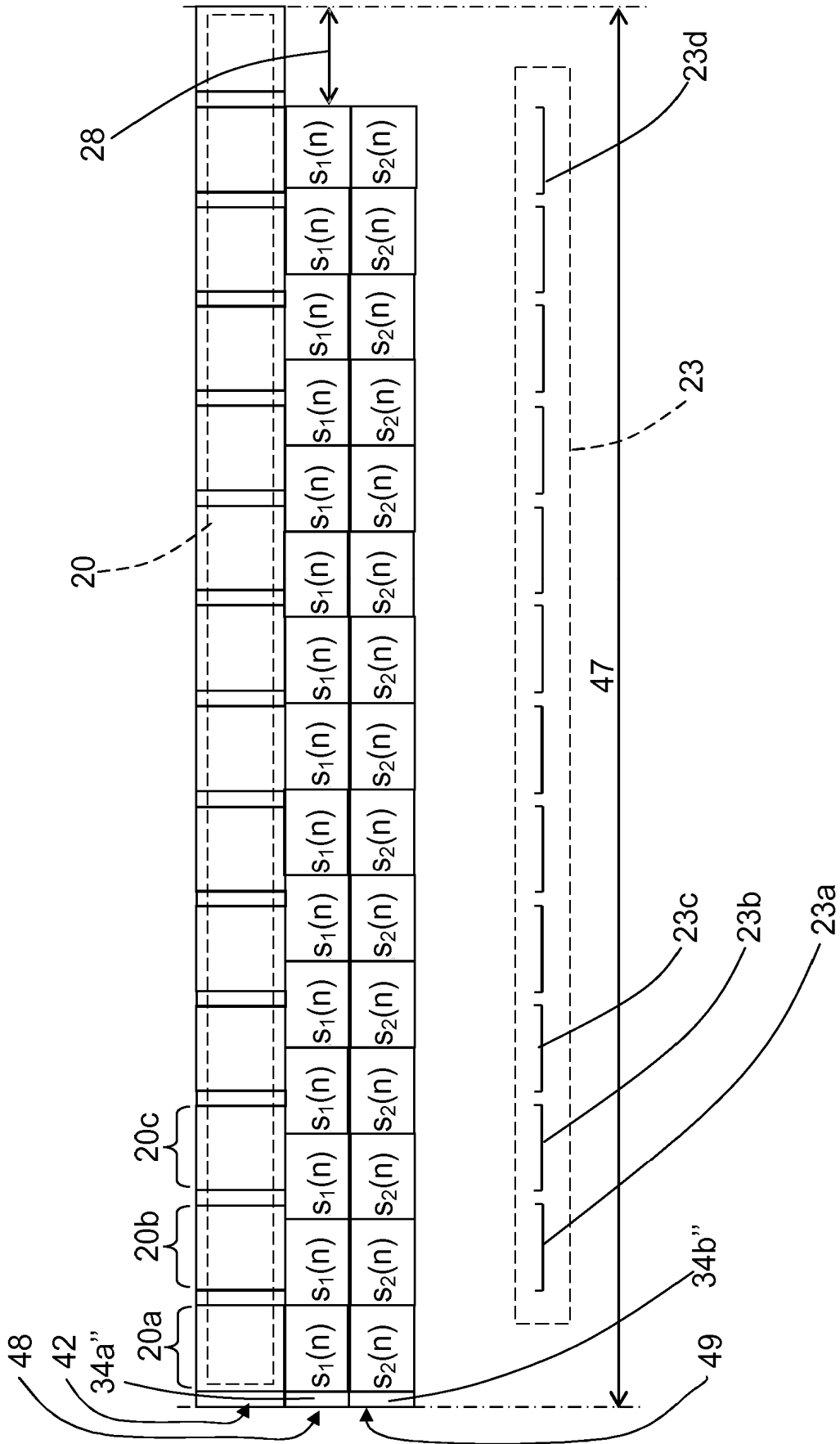


FIG. 11