

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 984**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.02.2017** **E 23178136 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2024** **EP 4236177**

54 Título: **Diseño de espacios de búsqueda para comunicaciones de tipo máquina**

30 Prioridad:

05.02.2016 GB 201602150

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

07.04.2025

73 Titular/es:

NEC CORPORATION (100.00%)
7-1, Shiba 5-chome Minato-ku
108-8001 Tokyo, JP

72 Inventor/es:

AWAD, YASSIN ADEN y
HASEBA, YUKIO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 010 984 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

Diseño de espacios de búsqueda para comunicaciones de tipo máquina

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a dispositivos y redes de comunicaciones móviles, en particular, pero no exclusivamente, a aquellos que funcionan según los estándares del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) o equivalentes o derivados de los mismos. La invención tiene una relevancia particular, aunque no exclusiva, para la evolución a largo plazo (LTE) de UTRAN (denominada red de acceso por radio terrestre universal evolucionada (E-UTRAN)).

Antecedentes de la técnica

15 En una red de comunicación móvil (celular), los dispositivos móviles (también conocidos como equipos de usuario (UE) o terminales móviles, tales como teléfonos móviles) se comunican con servidores remotos o con otros dispositivos móviles mediante estaciones base. En su comunicación entre sí, los dispositivos móviles y las estaciones base utilizan frecuencias de radio con licencia, que normalmente se dividen en bandas de frecuencia y/o bloques de tiempo. Según varios criterios (tales como la cantidad de datos que se han de transmitir, las tecnologías de radio soportadas por el dispositivo móvil, la calidad de servicio esperada, la configuración de la suscripción, etc.), cada estación base es responsable de controlar los tiempos de transmisión, las frecuencias y las potencias de transmisión, modulaciones, etc. empleados por los dispositivos móviles conectados a la estación base. La decisión de programación se puede modificar cada intervalo de tiempo de transmisión, por ejemplo, tan frecuentemente como 1 ms. Con el fin de minimizar la interrupción del servicio y maximizar la utilización del ancho de banda disponible, las estaciones base ajustan continuamente su propia potencia de transmisión y también la de los dispositivos móviles. Las estaciones base también asignan bandas de frecuencia y/o intervalos de tiempo a los dispositivos móviles, y también seleccionan y hacen cumplir la tecnología de transmisión adecuada que se ha de utilizar entre las estaciones base y los dispositivos móviles conectados. Al hacerlo, las estaciones base también reducen o eliminan cualquier interferencia dañina causada por los dispositivos móviles entre sí o con las estaciones base.

Mediante el uso de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), se asignan bloques a los dispositivos móviles que comprenden un número específico de subportadoras durante un período de tiempo predeterminado. Estos se denominan bloques de recursos físicos (PRB) en las especificaciones de LTE. Así, los PRB tienen tanto una dimensión de tiempo como otra de frecuencia. Un PRB consta de 12 subportadoras consecutivas para un intervalo (0,5 ms) de duración. El PRB es el elemento más pequeño de asignación de recursos asignado por la estación base. Las tramas de radio LTE, o tramas del sistema, se dividen en 10 subtramas, cada subtrama tiene una duración de 1,0 ms. Cada subtrama se divide a su vez en dos intervalos, cada uno de 0,5 ms de duración. Los intervalos constan de 6 o 7 símbolos OFDM, dependiendo de si se emplea el prefijo cíclico normal o extendido.

Las decisiones de programación de la estación base (es decir, asignaciones de programación para comunicación de enlace ascendente y enlace descendente) se transmiten a dispositivos móviles individuales en el llamado canal físico de control de enlace descendente (PDCCH) o el PDCCH mejorado (EPDCCH). La información transportada en el (E)PDCCH se denomina información de control de enlace descendente (DCI). El formato del DCI puede variar dependiendo del propósito del mensaje de control.

Así, con el fin de ser capaz de comunicarse mediante las estaciones base, los dispositivos móviles necesitan monitorizar los canales de control hechos funcionar por las estaciones base y buscar la DCI. Los canales físicos de control, tal como el (E)PDCCH, se transmiten en una agregación de uno o varios elementos de canal de control (CCE) consecutivos, donde un elemento de canal de control corresponde a nueve grupos de elementos de recursos (REG). Cada REG tiene cuatro elementos de recursos (RE).

Cuando un dispositivo móvil se enciende por primera vez o cuando llega a un área atendida por una estación base, buscará la ubicación de los canales de control en la banda o bandas de frecuencia utilizadas por esa estación base. Por ejemplo, el dispositivo móvil necesita comprobar todas las combinaciones posibles de ubicaciones y formatos del (E)PDCCH y los formatos DCI y actuar sobre esos mensajes. Dado que la decodificación de todas las combinaciones posibles requeriría que el dispositivo móvil hiciera muchos intentos de decodificación de (E)PDCCH, 3GPP ha definido un enfoque alternativo para LTE, según el cual, para cada dispositivo móvil atendido por la estación base, se establece un conjunto limitado de ubicaciones de CCE donde se puede colocar un EPDCCH. El conjunto de ubicaciones de CCE en las que el dispositivo móvil puede encontrar su EPDCCH se puede considerar como un 'espacio de búsqueda', por ejemplo, como se describe en la sección 9.1.1 de la especificación técnica (TS) 36.213 V13.0.1 de 3GPP.

En LTE el espacio de búsqueda tiene un tamaño diferente para cada formato EPDCCH. Además, se definen espacios de búsqueda comunes y dedicados separados, donde se configura un espacio de búsqueda dedicado para cada UE individualmente, mientras que todos los dispositivos móviles son informados de la extensión del espacio de

búsqueda común.

Los desarrollos recientes en telecomunicaciones han visto un gran aumento en el uso de dispositivos de comunicaciones de tipo máquina (MTC), que son dispositivos de red dispuestos para comunicarse y realizar acciones sin asistencia humana. Los ejemplos de tales dispositivos incluyen medidores inteligentes, que pueden configurarse para realizar mediciones y transmitir estas mediciones a otros dispositivos mediante una red de telecomunicaciones. Los dispositivos de comunicación de tipo máquina también se conocen también como dispositivos de comunicación de máquina a máquina (M2M). Además, los llamados dispositivos de Internet de las cosas (IoT) también pueden denominarse dispositivos MTC.

Los dispositivos MTC se conectan a la red (después de realizar un procedimiento de acceso aleatorio apropiado, si es necesario) siempre que tengan datos para enviar o recibir de una 'máquina' (por ejemplo, un servidor) o usuario remoto. Los dispositivos MTC utilizan protocolos y estándares de comunicación que están optimizados para teléfonos móviles o equipos de usuario similares (como se ha descrito anteriormente). Sin embargo, los dispositivos MTC, una vez desplegados, normalmente funcionan sin necesidad de supervisión o interacción humana y siguen las instrucciones de software almacenadas en una memoria interna. Los dispositivos MTC también pueden permanecer estacionarios e/o inactivos durante un largo período de tiempo. Los requisitos de red específicos para soportar dispositivos MTC se han tratado en 3GPP TS 22.368 V13.1.0.

Desde la versión 13 (Rel-13) de los estándares 3GPP, a los dispositivos MTC solamente se les permite soportar un ancho de banda limitado (generalmente 1,4 MHz) en comparación con el ancho de banda LTE total. Los dispositivos MTC también pueden tener menos componentes o simplificados. Esto permite que dichos dispositivos MTC de "ancho de banda reducido" se fabriquen de manera más económica en comparación con otros UE que soportan un ancho de banda mayor y/o que tienen componentes más complicados.

La falta de cobertura de red (por ejemplo, cuando se despliega en interiores), en combinación con la funcionalidad a menudo limitada de los dispositivos MTC, puede dar como resultado que dichos dispositivos MTC tengan una tasa de datos baja y, por lo tanto, existe el riesgo de que algunos mensajes o canales, tal como el (E)PDCCH, no sea recibido por un dispositivo MTC. Con el fin de mitigar este riesgo, se ha propuesto aumentar la cobertura del EPDCCH para soportar dichos dispositivos MTC. Esto se logra mediante la repetición de la misma información EPDCCH (por ejemplo, DCI) a través de múltiples subtramas (por ejemplo, dos, tres, cuatro). En otras palabras, para fines de mejora de la cobertura (CE), la estación base duplica la información EPDCCH en el dominio del tiempo (la estación base retransmite la misma información EPDCCH en una o más subtramas posteriores a la subtrama en la que esa información EPDCCH se envía por primera vez). Un dispositivo MTC con cobertura mejorada se puede configurar para combinar las múltiples copias de la (misma) información EPDCCH recibida en las múltiples subtramas, y después de combinar la información recibida, es más probable que el dispositivo MTC con cobertura mejorada sea capaz de decodificar el EPDCCH con éxito que basándose en una sola copia de la información del EPDCCH.

En LTE, el llamado M-PDCCH es una variante del (E)PDCCH que se utiliza específicamente para que los UE de MTC cumplan con sus requisitos de mejora de cobertura/ancho de banda estrecho. En Rel-13, se requiere que cada dispositivo MTC de baja complejidad (LC) o cobertura mejorada (CE) monitorice uno o más espacios de búsqueda en una o más bandas estrechas desde:

- un espacio de búsqueda común (CSS) Tipo0-M-PDCCH para el modo A (por ejemplo, sin repeticiones o CE con un pequeño número de repeticiones) que se puede utilizar para un comando de control de potencia de transmisión (TPC), "orden PDCCH" para iniciar el procedimiento de acceso aleatorio y retroceder a las transmisiones de unidifusión de canal físico compartido de enlace descendente físico (PDSCH) / canal físico compartido de enlace ascendente (PUSCH);
- un CSS Tipo1-M-PDCCH utilizado para programar transmisiones de paginación;
- un CSS de Tipo2-M-PDCCH utilizado para programar mensajes relacionados con el acceso aleatorio (tales como una respuesta de acceso aleatorio (RAR), retransmisión de Msg3 y Msg4); y
- un espacio de búsqueda específico de UE de M-PDCCH ('UESS', 'UE-SS' o 'USS') utilizado para programar transmisiones PDSCH y PUSCH de unidifusión.

No se requiere un dispositivo MTC LC/CE para monitorizar simultáneamente el UESS de M-PDCCH y el espacio de búsqueda común Tipo1-M-PDCCH, y no se requiere para monitorizar simultáneamente el UESS de M-PDCCH y el espacio de búsqueda común Tipo2-M-PDCCH.

La subtrama inicial para cada espacio de búsqueda común de Tipo1-M-PDCCH se determina a partir de las ubicaciones respectivas de las subtramas de oportunidad de paginación (cuyas ubicaciones son conocidas tanto por la estación base como por los dispositivos móviles). La subtrama o subtramas iniciales para cada espacio de búsqueda común de Tipo2-M-PDCCH se indica explícitamente mediante una transmisión de sistema específica de MTC (en un bloque de información de sistema específico de MTC - 'MTC-SIB') utilizando 3 bits. La subtrama inicial para cada UESS de M-PDCCH y cada espacio de búsqueda común Tipo0-M-PDCCH se configura mediante capas superiores (señalización RRC) utilizando 3 bits.

El Borrador R1-157926 de 3GPP (Movilidad Motorola, 13-01-2016) es una introducción de mejoras adicionales de la capa física de LTE para MTC, y el Borrador R2-161086 de 3GPP (Ericsson, 01-02-2016) describe los UE de baja complejidad y las características de mejora de cobertura asociadas.

Lista de citas

Bibliografía no de patentes

nplcit 1: R1-157891 LS en parámetros RRC para LTE eMTC
nplcit 2: Notas del presidente RAN1_83-final
nplcit 3: TS 36.213 V13.0.0

Problema técnico

3GPP ha definido la estructura del UESS de M-PDCCH de tal manera que el período (número de subtramas) entre los respectivos comienzos de las subtramas iniciales (consecutivas) de los espacios de búsqueda (consecutivos) del UESS puede ser mayor que el tiempo (número de subtramas) requerido para un número máximo de repeticiones (R_{max}). Por lo tanto, puede haber una brecha (en el tiempo) entre dos espacios de búsqueda consecutivos del UESS (por ejemplo, para un dispositivo MTC particular), es decir, una brecha entre la última repetición (última subtrama) de un espacio de búsqueda y la primera transmisión en la subtrama inicial del siguiente espacio de búsqueda. Además, también se espera que haya un único espacio de búsqueda después de la subtrama inicial de un UESS particular (es decir, sin espacios de búsqueda intermedios). Sin embargo, el período (número de subtramas) entre los comienzos respectivos de subtramas iniciales (consecutivas) de espacios de búsqueda (consecutivos) no puede ser menor que la duración real (número de subtramas) del número máximo de repeticiones (R_{max}). Está previsto que el valor $R_{max} = 1$ (transmisión única o 'repetición' sin más repeticiones) también pueda ser soportado en el futuro. 3GPP también ha acordado que las posibles subtramas iniciales para un espacio de búsqueda de M-PDCCH pueden definirse independientemente de la validez/invalidéz de la subtrama o subtramas para la transmisión de enlace descendente (DL).

Sin embargo, la señalización de la subtrama inicial para un UESS de un dispositivo MTC particular está restringida por el número de bits que se pueden utilizar para esa señalización. Específicamente, se espera que se utilizará un parámetro RRC separado (específico de UESS) que tenga 3 bits. Además, incluso cuando un dispositivo MTC particular es consciente de la subtrama inicial de su UESS, no existe un mecanismo eficiente por el cual el dispositivo MTC pueda ser consciente de las subtramas de su espacio de búsqueda posterior (es decir, siguiendo la brecha) sin señalización adicional de que es indeseable en el contexto de los dispositivos MTC.

Compendio de la Invención

La presente invención proporciona una estación base, un equipo de usuario y métodos asociados como se define en las reivindicaciones independientes adjuntas 1, 4, 7, 8.

Las características opcionales se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema de telecomunicaciones al que se pueden aplicar realizaciones ejemplares de la invención;
La figura 2 ilustra una trama de radio para el sistema de telecomunicaciones de la figura 1;
La figura 3 muestra una ilustración simplificada de una cuadrícula de recursos utilizada en el sistema de telecomunicaciones de la figura 1;
La figura 4 muestra un diagrama de bloques simplificado de un dispositivo de comunicación móvil para el sistema de telecomunicaciones de la figura 1;
La figura 5 muestra un diagrama de bloques simplificado de una estación base para el sistema de telecomunicaciones de la figura 1;
La figura 6 es un diagrama de señalización (temporización) ejemplar que ilustra una realización de la invención;
La figura 7 ilustra una subtrama inicial ejemplar para combinaciones de diferentes periodicidades y diferente número máximo de repeticiones;
La figura 8 ilustra una subtrama inicial ejemplar para combinaciones de diferentes periodicidades y diferente número máximo de repeticiones; y
La figura 9 ilustra opciones ejemplares para subtramas iniciales de un espacio de búsqueda.

Descripción de las realizaciones

<Visión general>

La figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema 1 de telecomunicaciones móviles (celular) en el que los usuarios de dispositivos 3 de comunicación móvil pueden comunicarse con otros usuarios mediante estaciones base 5. En el sistema ilustrado en la figura 1, los dispositivos 3 móviles son dispositivos de comunicación de tipo máquina (MTC) (o UE MTC) y la estación base 5 que se muestra es una estación base de red de acceso por radio terrestre universal evolucionada (E-UTRAN) que da servicio a una celda 6 de E-UTRAN. Dichas estaciones base se denominan comúnmente como eNB (NodoB evolucionado). Como apreciarán los expertos en la técnica, mientras que en la figura 1 se muestran dos dispositivos 3 de comunicación móvil, una estación base 5 y una celda 6 con fines ilustrativos, el sistema, cuando se implemente, normalmente incluirá otras estaciones base (dando servicio cada una a una o más celdas) y otros dispositivos de comunicación (por ejemplo, dispositivos MTC, teléfonos móviles y/u otros equipos de usuario).

La estación base 5 transmite un M-PDCCH en su celda 6 (junto con un PDCCH/EPDCCH regular, si corresponde) para programar los recursos de la celda 6 al dispositivo 3 MTC individual (como y cuando sea necesario). El M-PDCCH se transmite para los dispositivos 3 MTC en una agregación de uno o varios elementos de canal de control mejorado (eCCE). Se apreciará que el M-PDCCH puede transmitirse en el mismo conjunto de eCCE(s) para todos los dispositivos 3 MTC o el M-PDCCH puede transmitirse para un dispositivo 3 MTC particular (o un grupo particular de dispositivos 3 MTC) en eCCE específicos del dispositivo MTC (o específicos del grupo).

Para cada dispositivo 3 MTC, el M-PDCCH se repite según el parámetro de capa superior ('R') aplicable para ese dispositivo 3 MTC. Se apreciará que el número de repeticiones puede tener un valor seleccionado del conjunto de $R \in \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}$.

Con el fin de ser capaz de recibir el M-PDCCH, cada dispositivo 3 MTC está configurado para monitorizar uno o más espacios de búsqueda, incluyendo un CSS de Tipo0-M-PDCCH, un CSS de Tipo1-M-PDCCH, un CSS de Tipo2-M-PDCCH, y/o un UESS de M-PDCCH. Se apreciará que el espacio de búsqueda se extiende sobre una pluralidad de subtramas (consecutivas) en función del número de repeticiones.

La estación base 5 está configurada para determinar el UESS apropiado para cada dispositivo 3 MTC (si lo hay) dependiendo de varios parámetros del sistema y por ejemplo, el número de repeticiones requeridas para ese dispositivo 3 MTC. El UESS puede considerarse como un conjunto de 'candidatos MPDCCH'. Los candidatos MPDCCH pueden concebirse como que comprenden un conjunto de espacios de búsqueda recurrentes (o espacios de búsqueda candidatos), o como que comprenden porciones recurrentes (candidatas) de un único espacio de búsqueda. El UESS se caracteriza por una subtrama inicial (por ejemplo, la primera subtrama identificada del UESS) y un período (T) entre las subtramas iniciales de los espacios de búsqueda posteriores (o porciones posteriores del espacio de búsqueda único).

En este sistema, la estación base 5 está configurada para definir la subtrama inicial para el UESS de un dispositivo 3 MTC particular (UE MTC) en relación con el número de trama del sistema (SFN) y el número de subtrama. Se señala un parámetro de tres bits a cada dispositivo 3 MTC para indicar la subtrama inicial del UESS de M-PDCCH para ese dispositivo MTC o espacio de búsqueda Tipo0-común (por ejemplo, M-PDCCH-startSF-UESS o M-PDCCH-startSF-CSS-RA).

El dispositivo MTC puede determinar las ubicaciones de cada subtrama inicial k (de cada espacio de búsqueda recurrente) a partir de la ubicación de la subtrama k0 (la primera subtrama identificada del UESS) del configurado utilizando señalización de capa superior. Los valores de k vienen dados por:

$$k = k_b \text{ donde } k_b \text{ es el } b^{\text{ésima}} \text{ subtrama LC/CE DL consecutiva desde } k_0, \text{ y}$$

[Math.1]

$$b = u \cdot r_j, \text{ y } u = 0, 1, \dots, \frac{R_{\max}}{r_j} - 1, \text{ y } j \in \{1, 2, 3, 4\},$$

donde para el espacio de búsqueda específico de UE de M-PDCCH y el espacio de búsqueda de tipo0-común, k0 viene dado por el parámetro de capa superior M-PDCCH-startSF-UESS (o M-PDCCH-startSF-CSS-RA), $R_{\max}$ viene dado por un parámetro de capa superior M-PDCCH-NumRepetition, y r1, r2, r3, r4 vienen dados en la Tabla 1.

[Tabla 1]

Tabla 1 – Determinación de los niveles de repetición para la UESS

$R_{\text{máx}}$	r_1	r_2	r_3	r_4
1	1	-	-	-
2	1	2	-	-
4	1	2	4	-
≥ 8	$r_{\text{máx}} / 8$	$r_{\text{máx}} / 4$	$r_{\text{máx}} / 2$	$r_{\text{máx}}$

Las posibles subtramas (k_0 a k_7) iniciales resultantes y las repeticiones correspondientes (indicadas por 'M') se ilustran en las figs. 7 y 8 para varios valores de periodicidades (T) y repeticiones (R_1 a R_4).

De manera beneficiosa, la estación base 5 utiliza una periodicidad para cada UESS que depende del parámetro de tres bits (por ejemplo, M-PDCCH-startSF-U ESS), señalizado al respectivo dispositivo 3 MTC asociado con ese UESS, para indicar la subtrama inicial del UESS de M-PDCCH. El dispositivo 3 MTC es así capaz de obtener tanto la subtrama inicial (con relación a un número de trama del sistema (SFN)) como la periodicidad del parámetro señalizado.

Así, cuando un dispositivo MTC particular es consciente de la subtrama inicial de su UESS, puede determinar de manera eficiente las subtramas de su UESS posterior (es decir, siguiendo la brecha) sin señalización adicional.

De manera beneficiosa, en un primer ejemplo, la estación base 5 define la periodicidad aplicable para el espacio de búsqueda de M-PDCCH por referencia a un conjunto de valores de 'R' que normalmente se utiliza para determinar las repeticiones de M-PDCCH para un dispositivo 3 MTC particular (por ejemplo, el conjunto de valores R que incluye los valores 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256).

En este ejemplo, la estación base 5 está configurada para utilizar un subconjunto más pequeño de ocho de estos valores normalmente utilizados para determinar las repeticiones de M-PDCCH permitiendo por ello, que el parámetro de tres bits que indica la subtrama inicial represente una de las ocho periodicidades posibles. Por ejemplo, la estación base 5 puede utilizar los últimos 8 valores del conjunto de valores R (es decir, excluyendo el valor '1'). Por lo tanto, cada dispositivo 3 MTC se puede configurar, utilizando el parámetro de tres bits, con uno del conjunto de

[Math.2]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}.$$

Se apreciará que, aunque este ejemplo es particularmente simple y eficiente, puede surgir un problema potencial cuando el número de repeticiones de mejora de cobertura está en su máximo (256). Específicamente, en este caso, la periodicidad T también debería establecerse en 256 subtramas porque, de lo contrario, el período entre los espacios de búsqueda sería menor que la posible duración de las repeticiones de M-PDCCH. Sin embargo, cuando hay subtramas de enlace descendente no válidas dentro del período de 256 subtramas, no se pueden utilizar para una repetición de M-PDCCH y así, cuando se utiliza el número máximo de repeticiones (256), la duración de las repeticiones se extendería más allá y, por lo tanto, se superpondrían con, el período T de 256 subtramas entre espacios de búsqueda.

En una variante de este ejemplo, por tanto, en lugar de utilizar el valor más alto del conjunto de valores de 'R' normalmente utilizado para determinar las repeticiones de M-PDCCH, se utiliza un valor más alto (por ejemplo, 512) en el conjunto de posibles periodicidades T

[Math.3]

$$(\text{es decir, } T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 512\}).$$

En esta variación, por tanto, cuando el número de repeticiones de mejora de cobertura está en su máximo (256), la estación base puede señalar, mediante el parámetro de tres bits que indica la subtrama inicial, una periodicidad T que será mayor que la duración, en subtramas, de las repeticiones de M-PDCCH independientemente de la presencia de subtramas de enlace descendente no válidas. Por lo tanto, esto puede utilizarse para garantizar que la duración de las repeticiones de M-PDCCH no se extienda más allá del período T entre espacios de búsqueda (cuando al menos la mitad de las subtramas de enlace descendente son válidas).

De manera beneficiosa, en un segundo ejemplo, la estación base 5 define la periodicidad aplicable para el espacio

de búsqueda de M-PDCCH por referencia tanto al número máximo de repeticiones de mejora de cobertura, R_{max} , para un dispositivo MTC como al parámetro de tres bits de capa superior para indicar la subtrama inicial del UESS de M-PDCCH (M-PDCCH-startSF-U ESS). Específicamente, en este ejemplo, uno de los posibles valores del parámetro de tres bits (por ejemplo, del conjunto {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}) se configura para un dispositivo 3 MTC particular y la periodicidad T de M-PDCCH se define como una función apropiada de este valor y R_{max} (por ejemplo, $T = R_{max} * (M-PDCCH-startSF-U ES + 1)$).

Sin embargo, mientras que este segundo ejemplo tiene beneficios en términos de simplicidad, cuando el contador del número de tramas del sistema (SFN) se reinicia (al alcanzar su valor máximo, que actualmente es 1024), algunas de las posibles periodicidades pueden dar como resultado la subtrama inicial de un espacio de búsqueda coincidiendo con una repetición de un M-PDCCH de un espacio de búsqueda anterior.

En una variante beneficiosa de este ejemplo, por lo tanto, la estación base 5 está configurada para garantizar que la periodicidad T sea siempre (o casi siempre) un submúltiplo de 10240 (es decir, el número total de subtramas en una trama del sistema multiplicado por el valor máximo del contador de número de trama del sistema (1024)). De manera beneficiosa, esto ayuda a evitar periodicidades que, de lo contrario, podrían dar como resultado un espacio de búsqueda que comienza en medio de una repetición. Específicamente, la periodicidad se define para reducir el número de factores distintos de 2 y 5. En esta variante, se define un conjunto de ocho factores posibles (denominados en la presente memoria 'G') y la periodicidad T de M-PDCCH se define como $R_{max} * G$. La elección de G (es decir, el índice que identifica cuál de los ocho valores se ha de utilizar) se señala utilizando el parámetro de tres bits (por ejemplo, M-PDCCH-startSF-U ESS) para señalar la subtrama inicial del espacio de búsqueda.

Un posible conjunto de valores para G es el siguiente

[Math.4]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20\}.$$

Este conjunto de valores puede resultar en una periodicidad que no es un factor de 10240

[Math.5]

(es decir, $G=16, R_{max}=256 \rightarrow T=4096$).

Otro posible conjunto de valores para G es el siguiente

[Math.6]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 20, 40\}.$$

Esto evita todas las periodicidades que no son factores de 10240 pero da como resultado una periodicidad máxima significativamente más larga

[Math.7]

(e.g. $G=40, R_{max}=256 \rightarrow T=10240$)

<Estructura de trama de radio y cuadrícula de recursos>

Antes de describir las realizaciones detalladas de la presente invención, se proporciona una breve descripción general de la trama de radio y la estructura de la cuadrícula de recursos actualmente especificada para los sistemas LTE.

La figura 2 ilustra una trama 10 de radio (o trama de sistema) para el sistema 1 de telecomunicaciones de la figura 1. Los recursos de la trama 10 de radio se dividen en diez subtramas 11, en cada una de las cuales se puede utilizar una primera parte 12 de la subtrama 11 para transportar un PDCCH (por ejemplo, para dispositivos heredados). Históricamente, el resto 13 de cada subtrama comprende recursos utilizados para transmitir un canal físico compartido de enlace descendente físico (PDSCH) y parte del cual, en la presente realización, puede utilizarse para transmitir un M-PDCCH (o EPDCCH).

La figura 3 muestra una ilustración simplificada de una cuadrícula de recursos típica de un par de PRB 20 utilizado en el sistema 1 de telecomunicaciones de la figura 1. El par de PRB comprende una serie de elementos de recursos (RE) definidos en el tiempo (es decir, en columnas correspondientes a "símbolos" a lo largo del eje horizontal de la figura 3) y la frecuencia (es decir, en filas correspondientes a cada 'subportadora' a lo largo del eje vertical de la figura 3). De manera similar a EPDCCH, cada M-PDCCH consta de una agregación de elementos de canal de control ('eCCE'). Cada eCCE ocupa un número predefinido de elementos de recursos. Cada eCCE comienza en una

ubicación fija dentro del par de PRB 20. En este ejemplo, un par de PRB 20 soporta tres eCCE 22-1, 22-2 y 22-3. Si los primeros elementos de recursos de los tres símbolos no se utilizan para un PDCCH heredado, entonces el número de eCCE potenciales por par de PRB podría aumentarse a cuatro utilizando los primeros tres símbolos para un cuarto eCCE (por ejemplo, para EPDCCH). El PDCCH 21 se transporta en la primera parte de la subtrama 20, como se muestra generalmente en el área del lado izquierdo del par de PRB 20 de la figura 3.

Algunos elementos de recursos del par de PRB 20 también se utilizan para transportar señales de referencia de celda (CRS) 23 y señales de referencia de demodulación (DM RS) 24, las cuales son transmitidas por la estación base 5 periódicamente, a intervalos predeterminados y ubicaciones predeterminadas dentro de un par de PRB. Estas señales se utilizan para proporcionar niveles de señal de referencia y para informar al dispositivo 3 móvil sobre el funcionamiento actual de la estación base 5. Los elementos de recursos se pueden transmitir a diferentes niveles de energía, pero los elementos de recursos CRS 23 siempre se transmiten a un nivel de energía conocido (por ejemplo, predeterminado). El dispositivo 3 móvil puede así llevar a cabo mediciones de la calidad de señal sobre los elementos de recursos CRS 23 y, basándose en estas mediciones, puede indicar a la estación base 5 la calidad de la señal percibida de una banda de frecuencia dada (de una celda dada) hecha funcionar por la estación base 5.

En este ejemplo, a partir del 4º símbolo del par de PRB, y extendiéndose hasta el último símbolo (como se ve en la figura 3), los bloques de recursos restantes del par de bloques de recursos 20 se dividen en las tres áreas eCCE 22-1 a 22-3.

Un espacio de búsqueda para un dispositivo MTC particular consiste en una colección de M-PDCCH en los que buscar información de control para ese dispositivo 3 MTC. El dispositivo 3 MTC monitoriza todos los M-PDCCH en su espacio de búsqueda en cada subtrama para detectar información de control, tal como la programación de concesiones desde la estación base 5. Idealmente, el tamaño del espacio de búsqueda debería ser lo más pequeño posible para minimizar la carga de procesamiento en el dispositivo 3 MTC.

<Dispositivo de comunicación móvil (UE MTC)>

La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes principales del dispositivo 3 de comunicación móvil (dispositivo MTC/UE MTC) que se muestra en la figura 1. El dispositivo 3 MTC comprende un circuito 31 transceptor que puede funcionar para transmitir señales a, y recibir señales de, la estación base 5 mediante al menos una antena 33. El dispositivo 3 MTC también puede incluir una interfaz 35 de usuario que permite al usuario interactuar con el dispositivo 3 MTC (si corresponde).

El funcionamiento del circuito 31 transceptor está controlado por un controlador 37 según el software almacenado en la memoria 39. El software incluye, entre otras cosas, un sistema operativo 41, un módulo 43 de control de comunicación, un módulo 45 MTC, un módulo 47 de espacio de búsqueda, y un módulo 49 RRC.

El módulo 43 de control de comunicación funciona para gestionar la comunicación con la estación base 5. El módulo 45 MTC es responsable de realizar procedimientos de comunicación de tipo máquina (por ejemplo, enviar/recibir datos relacionados con operaciones automatizadas, tales como mediciones, recopilación de datos y/o similares).

El módulo 47 de espacio de búsqueda es responsable de monitorizar los espacios de búsqueda asignados para datos M-PDCCH (por ejemplo, asignaciones de programación/DCI) transmitidos para el dispositivo 3 MTC. El módulo 47 de espacio de búsqueda determina la subtrama inicial y la periodicidad del UESS correcto para este dispositivo 3 MTC basado en señalización de capa superior desde la estación base 5 (por ejemplo, señalización RRC obtenida mediante el módulo 49 RRC).

El módulo 49 RRC es responsable de manejar (generar, enviar y recibir) mensajes de señalización conforme al protocolo RRC. Dichos mensajes de señalización RRC pueden incluir, por ejemplo, mensajes relacionados con la configuración de espacios de búsqueda (por ejemplo, UESS M-PDCCH, CSS M-PDCCH y/o similares).

<Estación base>

La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes principales de la estación base 5 que se muestra en la figura 1. La estación base 5 comprende un circuito 51 transceptor que puede funcionar para transmitir señales hacia y recibir señales desde el dispositivo 3 MTC (y/u otro equipo de usuario) mediante una o más antenas 53. La estación base 5 también puede funcionar para transmitir señales hacia y recibir señales de la red 7 central mediante una interfaz 55 de red (por ejemplo, una interfaz 'S1'). La operación del circuito 51 transceptor es controlada por un controlador 57 según el software almacenado en la memoria 59.

El software incluye, entre otras cosas, un sistema operativo 61, un módulo 63 de control de comunicación, un módulo 67 de control de espacio de búsqueda y un módulo 69 RRC.

El módulo 63 de control de comunicación es hecho funcionar para controlar la comunicación con el dispositivo 3 MTC. El módulo 63 de control de comunicación también es responsable de programar los recursos de la celda 6

atendida por esta estación base 5 (por ejemplo, utilizando DCI formateados apropiadamente).

El módulo 67 de control del espacio de búsqueda es responsable de asignar espacio o espacios de búsqueda apropiados para cada dispositivo 3 MTC atendido por la estación base 5, y de transmitir la información apropiada a cada dispositivo 3 MTC atendido por la estación base 5, para determinar la subtrama inicial correcta y la periodicidad del espacio o espacios de búsqueda asignados para ser monitorizados por ese dispositivo 3 MTC. Dicha información puede transmitirse utilizando señalización de capa superior (por ejemplo, señalización RRC mediante el módulo 69 RRC). El módulo 67 de control de espacio de búsqueda también es responsable de garantizar que los datos M-PDCCH (por ejemplo, asignaciones de programación/DCI) para un dispositivo 3 MTC particular se transmitan a través de los espacios de búsqueda apropiados para ese dispositivo 3 MTC.

El módulo 69 RRC es responsable de manejar (generar, enviar y recibir) mensajes de señalización conforme al protocolo RRC. Dichos mensajes de señalización RRC pueden incluir, por ejemplo, mensajes relacionados con la configuración de espacios de búsqueda (por ejemplo, M-PDCCH UESS, M-PDCCH CSS y/o similares).

En la descripción anterior, el dispositivo 3 MTC y la estación base 5 se describen para facilitar la comprensión con varios módulos discretos. Mientras que estos módulos pueden proporcionarse de esta manera para ciertas aplicaciones, por ejemplo cuando un sistema existente ha sido modificado para implementar la invención, en otras aplicaciones, por ejemplo en sistemas diseñados con las características inventivas en mente desde el principio, estos módulos pueden ser integrado en el código o sistema operativo general, y así, estos módulos puede que no se distingan como entidades discretas.

<Funcionamiento>

La figura 6 es un diagrama de señalización (temporización) ejemplar que ilustra una realización ejemplar de la invención.

De manera beneficiosa, en un primer ejemplo, la estación base 5 obtiene (utilizando su módulo 67 de control de espacio de búsqueda) un parámetro R asociado que define el número de repeticiones de M-PDCCH requeridas para ese dispositivo 3 MTC (por ejemplo, en función de un nivel de mejora de cobertura requerido y el número de subtramas válidas/no válidas). La estación base 5 también define (utilizando su módulo 67 de control de espacio de búsqueda) la periodicidad aplicable para el espacio de búsqueda de M-PDCCH por referencia a un conjunto de valores de 'R' normalmente utilizados para determinar las repeticiones de M-PDCCH para un dispositivo 3 MTC particular (por ejemplo, el conjunto de valores R que incluye los valores 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256). Esto se ilustra generalmente en la etapa S601.

Más detalladamente, la estación base 5 utiliza ocho valores predeterminados del conjunto de valores R (por ejemplo, los últimos ocho valores, excluyendo el valor '1') y cada dispositivo 3 MTC puede configurarse con una de ocho posibles periodicidades (T) del conjunto de T que incluye los valores 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256. En otras palabras, el valor de la periodicidad T para un dispositivo 3 MTC particular coincide con el valor de R para ese dispositivo 3 MTC (para valores distintos de R = 1).

En este ejemplo, por lo tanto, la estación base 5 está configurada para utilizar un subconjunto más pequeño de ocho de estos valores que normalmente se utilizan para determinar las repeticiones de M-PDCCH, permitiendo por ello, que el parámetro de tres bits que indica la subtrama inicial represente una de las ocho periodicidades posibles. Por lo tanto, cada dispositivo 3 MTC se puede configurar, utilizando el parámetro de tres bits, con uno del conjunto de

[Math.8]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}.$$

Sin embargo, la estación base 5 también puede configurarse para tener en cuenta la presencia de subtramas de enlace descendente no válidas y garantizar que el valor de T sea al menos igual a la duración real de la subtrama de R_{max} para ese dispositivo 3 MTC. Por ejemplo, si R_{max} = 8 para un dispositivo 3 MTC particular y hay una o más subtramas no válidas por trama del sistema (es decir, subtramas que no se pueden utilizar para la transmisión de M-PDCCH), entonces la periodicidad debería aumentarse al menos al siguiente valor (es decir, a '16' en este ejemplo).

Se apreciará que, aunque este ejemplo es particularmente simple y eficiente, puede surgir un problema potencial cuando el número de repeticiones de mejora de cobertura está en su máximo (256). Específicamente, en este caso, la periodicidad T también debería establecerse en 256 subtramas porque, de lo contrario, el período entre los espacios de búsqueda sería menor que la posible duración de las repeticiones de M-PDCCH. Sin embargo, cuando hay algunas subtramas de enlace descendente no válidas dentro del período de 256 subtramas, no se pueden utilizar para una repetición de M-PDCCH y así, cuando se utiliza el número máximo de repeticiones (256), la duración de las repeticiones se extendería más allá y, por lo tanto, se superpondrían con, el período de 256 subtramas T entre espacios de búsqueda.

Como se muestra generalmente en la etapa S603, la estación base 5 transmite (utilizando su módulo 69 RRC), a cada dispositivo 3 MTC, información que identifica los parámetros R y T aplicables para ese dispositivo 3 MTC. Se apreciará que la información que identifica el parámetro T puede transmitirse utilizando un elemento de información adecuado de un mensaje RRC. Por ejemplo, si hay ocho (o menos) valores posibles para el parámetro T, a continuación, la información que identifica el parámetro T puede comprender 3 bits. El índice del elemento elegido puede indicarse mediante el parámetro de capa superior M-PDCCH-startSF-U ESS y/o similar. También se apreciará que los parámetros R y T pueden señalizarse en mensajes separados y/o elementos de información separados.

Cada dispositivo 3 MTC recibe así (por ejemplo, utilizando su módulo 49 RRC) la información que identifica los parámetros R y T aplicables para ese dispositivo 3 MTC y, utilizando su módulo 47 de espacio de búsqueda, obtiene (basándose en los parámetros recibidos) y almacena (en memoria 39) la periodicidad y la subtrama inicial para que el UESS sea monitorizado por ese dispositivo 3 MTC (etapa S604). Como se muestra generalmente en la etapa S605, el dispositivo 3 MTC comienza a monitorizar el UESS apropiado para transmisiones de M-PDCCH (basándose en el inicio de UESS y T).

Se apreciará que cuando $R_{max} = 256$, no es posible configurar un valor de T que tenga en cuenta la presencia de subtramas no válidas, es decir, un valor de T superior a 25 (cuando

[Math.9]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}$$

se utiliza). Por lo tanto, en una variante del primer ejemplo, el valor '256' puede reemplazarse con '512' con el fin de adaptarse a la presencia de subtramas no válidas (en $R_{max} = 256$), lo que da como resultado

[Math.10]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 512\}.$$

En esta variación, por lo tanto, cuando el número de repeticiones de mejora de cobertura es máximo (256), la estación base puede señalar (en la etapa S603), mediante el parámetro de tres bits que indica la subtrama inicial, una periodicidad T que será mayor que la duración, en subtramas, de las repeticiones del M-PDCCH independientemente de la presencia de subtramas de enlace descendente no válidas. Por lo tanto, esto puede utilizarse para garantizar que la duración de las repeticiones de M-PDCCH no se extienda más allá del período T entre espacios de búsqueda (cuando al menos la mitad de las subtramas de enlace descendente son válidas).

En otras palabras, en el primer ejemplo, la subtrama inicial del espacio de búsqueda de M-PDCCH (UESS) para que un dispositivo 3 MTC particular monitorice es una subtrama para la cual la fórmula

[Math.11]

$$(10n_r + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0$$

se cumple, donde

[Math.12]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 512\};$$

n_r es el índice de trama de radio; n_s es el índice de intervalo (dentro de esa trama);

[Math.13]

$$\lfloor x \rfloor$$

es una función de piso (es decir, el entero más grande no mayor que 'x'); y donde el índice del elemento T elegido es señalado por el parámetro de capa superior de M-PDCCH-startSF-U ESS.

Se apreciará que para $R_{max} = 1$, no hay necesidad de configurar explícitamente una periodicidad de subtrama inicial para M-PDCCH, porque en este caso el dispositivo 3 MTC puede asumir que necesita monitorizar cada subtrama de enlace descendente válida para su espacio de búsqueda de M-PDCCH.

De manera beneficiosa, en un segundo ejemplo, la estación base 5 define (utilizando su módulo 67 de control de espacio de búsqueda) la periodicidad aplicable para el espacio de búsqueda de M-PDCCH por referencia tanto al número máximo de repeticiones de mejora de cobertura, R_{max} , para un dispositivo MTC como al parámetro de tres

bits de capa superior para indicar la subtrama inicial del UESS de M-PDCCH (M-PDCCH-startSF-UESS). Específicamente, en este ejemplo, uno de los valores posibles del parámetro de tres bits (por ejemplo, M-PDCCH-startSF-UESS que tiene un valor seleccionado entre los valores 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) está configurado para un dispositivo 3 MTC particular y la periodicidad T de M-PDCCH se define como una función apropiada del valor seleccionado y Rmax (por ejemplo, $T = R_{\max} \cdot (M\text{-PDCCH-inicioSF-UES} + 1)$).

En este caso, por lo tanto, la estación base 5 está configurada para transmitir información que identifica el valor de M-PDCCH-startSF-UESS para un dispositivo 3 MTC particular, en base al cual el dispositivo 3 MTC puede obtener (utilizando su módulo 47 de espacio de búsqueda) la periodicidad T y, por lo tanto, la subtrama inicial para su UESS.

Para el segundo ejemplo, la subtrama inicial del espacio de búsqueda de M-PDCCH (UESS) para que un dispositivo 3 MTC particular monitorice es una subtrama para la cual la fórmula

[Math.14]

$$(10n_t + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0$$

se cumple, donde $T = R_{\max} \cdot (M\text{-PDCCH-startSF-UES} + 1)$ y

[Math.15]

$$R_{\max} \in \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}.$$

Sin embargo, mientras que este segundo ejemplo tiene beneficios en términos de simplicidad, cuando el contador del número de trama del sistema (SFN) se reinicia (al alcanzar su valor máximo, que actualmente es 1024), algunas de las posibles periodicidades pueden dar como resultado la subtrama inicial de un espacio de búsqueda que coincide con una repetición de un M-PDCCH de un espacio de búsqueda anterior.

En una variante beneficiosa del segundo ejemplo, por lo tanto, la estación base 5 está configurada para garantizar que la periodicidad T sea siempre (o casi siempre) un submúltiplo de 10240 (es decir, el número total de subtramas en 1024 tramas del sistema). De manera beneficiosa, esto ayuda a evitar periodicidades que, de lo contrario, podrían dar como resultado un espacio de búsqueda que comienza en medio de una repetición. Específicamente, la estación base 5 está configurada para definir (utilizando su módulo 67 de control de espacio de búsqueda) una periodicidad para reducir el número de factores distintos de 2 y 5. En esta variante, se define un conjunto de ocho factores posibles (denominados en la presente memoria 'G') y la periodicidad T de M-PDCCH se define como $R_{\max} \cdot G$. La elección de G (es decir, el índice que identifica cuál de los ocho valores se ha de utilizar) se señala (en la etapa S603) utilizando el parámetro de tres bits (por ejemplo, M-PDCCH-startSF-UESS) para señalar la subtrama inicial del espacio de búsqueda.

Un posible conjunto de valores para G es el siguiente

[Math.16]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20\}.$$

Este conjunto de valores puede dar como resultado en una periodicidad que no es un factor de 10240

[Math.17]

$$(i.e. G=16, R_{\max}=256 \rightarrow T=4096).$$

Otro posible conjunto de valores para G es el siguiente

[Math.18]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 20, 40\}.$$

Esto evita todas las periodicidades que no son factores de 10240 pero da como resultado una periodicidad máxima significativamente más larga

[Math.19]

$$(Por ejemplo, G=40, R_{\max}=256 \rightarrow T=10240).$$

Cada dispositivo 3 MTC recibe (por ejemplo, utilizando su módulo 49 RRC) la información que identifica el parámetro G aplicable para ese dispositivo 3 MTC, en base al cual obtiene (utilizando su módulo 47 de espacio de búsqueda) la periodicidad T y la subtrama inicial para que el UESS sea monitorizado por ese dispositivo 3 MTC.

- 5 En otras palabras, en esta variante, la subtrama inicial del espacio de búsqueda de M-PDCCH (UESS) para que un dispositivo 3 MTC particular monitorice es una subtrama para la cual la fórmula

[Math.20]

$$(10n_r + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0$$

- 10 se cumple, donde $T=R_{\max} \cdot G$,

[Math.21]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20\} \text{ or } G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 20, 40\},$$

- 15 donde el índice del elemento T elegido está señalizado por el parámetro de capa superior M-PDCCH-startSF-UESS, y

[Math.22]

$$R_{\max} \in \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}.$$

- 20 Como se muestra generalmente en las etapas S607 a S610, cada vez que la estación base 5 necesita programar datos de enlace descendente para un dispositivo 5 MTC particular, genera (utilizando su módulo 63 de control de comunicación) datos DCI formateados apropiadamente (en la etapa S607). En la etapa S609, la estación base 5 transmite, a continuación, (utilizando su módulo 69 RRC) los datos DCI sobre el espacio de búsqueda (UESS) asociado con el dispositivo 3 MTC para el que están destinados los datos DCI. Los dispositivos 3 MTC (que han comenzado a monitorizar su espacio de búsqueda asignado en la etapa S605) reciben y decodifican los datos DCI (como se muestra generalmente en la etapa S610). Las etapas S607 a S610 pueden repetirse siempre que la estación base 5 necesite programar datos de enlace descendente para un dispositivo 5 MTC particular. Las etapas S601 a S605 pueden repetirse siempre que la estación base 5 necesite actualizar el espacio de búsqueda para un dispositivo 5 MTC particular.

- 30 <Modificaciones y alternativas>

Las realizaciones ejemplares detalladas se han descrito anteriormente. Como apreciarán los expertos en la técnica, se pueden realizar una serie de modificaciones y alternativas a las realizaciones y variaciones ejemplares anteriores mientras se siguen beneficiando de las invenciones incorporadas en ellas.

- 35 Se apreciará que aunque el sistema 1 de comunicación se describe en términos de estaciones base 5 que funcionan como estaciones base E-UTRAN, los mismos principios pueden aplicarse a las estaciones base que funcionan como estaciones base macro o pico, estaciones base femto, nodos de retransmisión que proporcionan elementos de la funcionalidad de la estación base, estaciones base domésticas (HeNB) u otros nodos de comunicación similares.

- 40 En la descripción anterior, el elemento de información M-PDCCH-startSF-UESS se utiliza como un elemento de información ejemplar relacionado con la subtrama inicial del UESS. Sin embargo, se apreciará que puede utilizarse cualquier otro elemento de información adecuado. Además, también se apreciará que la información relativa a la subtrama inicial del UESS también puede proporcionarse implícitamente, es decir, sin enviar ningún elemento de información (adicional). Por ejemplo, la subtrama inicial del UESS puede obtenerse del número de repeticiones/mejora de cobertura requerida por el dispositivo MTC.

- 45 Se apreciará que pueden configurarse diferentes dispositivos MTC (o UE) con la misma o con diferentes periodicidades de subtrama inicial para monitorizar el mismo espacio de búsqueda. Además, se apreciará que también se puede definir un método de señalización similar para periodicidades de subtrama inicial para los otros espacios de búsqueda CSS de Tipo0-M-PDCCH y CSS de Tipo1-M-PDCCH. En este caso, se apreciará que los ejemplos descritos anteriormente pueden ser aplicables para CSS de Tipo1-M-PDCCH reemplazando M-PDCCH-startSF-UESS con un elemento de información relacionado con la subtrama inicial del CSS (por ejemplo, 'M-PDCCH-startSF-CSS-RA-r13' y/o similares). Los valores de r1, r2, r3 y r4 aplicables para CSS de Tipo1-M-PDCCH vienen dados en la Tabla 2.

[Tabla 2]

Tabla 2 - Determinación de niveles de repetición para Type1-M-PDCCH CSS

R _{máx}	r1	r2	r3	r4
256	2	16	64	256
128	2	16	64	128
64	2	8	32	64
32	1	4	16	32
16	1	4	8	16
8	1	2	4	8

5 Aunque en la figura 3 se muestran tres áreas de eCCE, se apreciará que podría haber un número diferente de eCCE definidos en una subtrama, y que la cantidad de eCCE podría variar de subtrama a subtrama.

10 En las realizaciones ejemplares anteriores, se ha descrito un sistema de telecomunicaciones basado en telefonía móvil. Como apreciarán los expertos en la materia, las técnicas de señalización descritas en la presente solicitud pueden emplearse en otros sistemas de comunicación. Otros nodos o dispositivos de comunicación pueden incluir dispositivos de usuario tales como, por ejemplo, asistentes digitales personales, ordenadores portátiles/tabletas, navegadores web, lectores de libros electrónicos, etc. Como apreciarán los expertos en la técnica, no es esencial que el sistema de retransmisión descrito anteriormente se utilice para dispositivos de comunicación móvil. El sistema se puede utilizar para extender la cobertura de las estaciones base en una red que tiene uno o más dispositivos informáticos fijos, así como, o en lugar de, los dispositivos móviles de comunicación.

15 En las realizaciones ejemplares descritas anteriormente, las estaciones base 5 y los dispositivos 3 MTC incluyen cada uno un circuito transceptor. Normalmente, este circuito estará formado por circuitos de hardware dedicados. Sin embargo, en algunas realizaciones ejemplares, parte del circuito transceptor puede implementarse como software ejecutado por el controlador correspondiente.

20 En las realizaciones ejemplares anteriores, se han descrito una serie de módulos de software. Como apreciarán los expertos en la técnica, los módulos de software pueden proporcionarse en forma compilada o no compilada y pueden suministrarse a la estación base o al dispositivo MTC como una señal a través de una red informática o en un medio de grabación. Además, la funcionalidad realizada por parte o la totalidad de este software se puede realizar utilizando uno o más circuitos de hardware dedicados.

25 La estación base y/o el dispositivo de comunicación pueden comprender una memoria para almacenar datos que representan una pluralidad de periodicidades, y dicho parámetro puede identificar cuál de dicha pluralidad de periodicidades caracteriza dicho espacio de búsqueda (por ejemplo, la periodicidad, T, se define como

[Math.23]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 512\}.$$

35 Se puede configurar un nivel de mejora de cobertura (por ejemplo, un número máximo de repeticiones, 'Rmax') para el al menos un dispositivo de comunicación, y la periodicidad puede estar relacionada tanto con dicho parámetro como con dicho nivel de mejora de cobertura (por ejemplo, mediante una expresión matemática).

40 La periodicidad puede estar relacionada con dicho parámetro y dicho nivel de mejora de cobertura mediante la expresión matemática:

$$T = R_{\max} * (M\text{-PDCCH-startSF-UESS} + 1)$$

45 donde Rmax representa un número máximo de repeticiones configuradas para el dispositivo de comunicación

[Math.24]

$$(e.g. R_{\max} \in \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\});$$

y M-PDCCH-startSF-UESS es el parámetro.

50 La estación base y/o el dispositivo de comunicación pueden comprender una memoria para almacenar datos que

representan una pluralidad de factores para su uso en la obtención de dicha periodicidad, en donde dicho parámetro identifica un factor de dicha pluralidad de factores, y la periodicidad puede estar relacionada con el factor identificado (por ejemplo, mediante una expresión matemática).

- 5 Se puede configurar un nivel de mejora de cobertura (por ejemplo, un número máximo de repeticiones, 'Rmax') para el dispositivo de comunicación, y dicha periodicidad puede estar relacionada tanto con dicho factor identificado como con dicho nivel de mejora de cobertura (por ejemplo, mediante una expresión matemática).

10 La periodicidad puede estar relacionada con dicho factor y dicho nivel de mejora de cobertura mediante la expresión matemática:

$$T=R_{\max}*G$$

15 donde Rmax representa un número máximo de repeticiones configuradas para el dispositivo de comunicación

[Math.25]

(e.g. Rmax ∈ {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256});

y G representa el factor identificado

[Math.26]

20 (e.g. G ∈ {1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20} or G ∈ {1, 2, 4, 5, 8, 10, 20, 40}).

El espacio de búsqueda puede comprender uno de: un espacio de búsqueda específico del dispositivo de comunicación de tipo máquina (MTC) (por ejemplo, un UESS); y un espacio de búsqueda común (por ejemplo, un CSS de Tipo0-M-PDCCH o un CSS de Tipo1-M-PDCCH).

25 El parámetro puede transmitirse utilizando un elemento de información con el formato apropiado (por ejemplo, un elemento de información 'M-PDCCH-startSF-U ESS' o un elemento de información 'M-PDCCH-startSF-CSS-RA-r13').

30 El procesador de la estación base y/o el dispositivo de comunicación pueden configurarse para determinar dicha subtrama inicial de dicho espacio de búsqueda utilizando la fórmula:

[Math.27]

$$(10n_r + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0$$

35 donde T es la periodicidad; nr representa un índice de una trama de radio que comprende dicha subtrama inicial; ns representa un índice de intervalo de dicha subtrama inicial;

[Math.28]

$$\lfloor x \rfloor$$

40 es una función de piso (es decir, el entero más grande no mayor que 'x').

El dispositivo de comunicación puede comprender un dispositivo de comunicación de tipo máquina (dispositivo MTC).

45 Otras diversas modificaciones serán evidentes para los expertos en la técnica y no se describirán con más detalle aquí.

Lo que sigue es una descripción detallada de la forma en que las presentes invenciones pueden implementarse en el estándar 3GPP actualmente propuesto. Si bien varias características se describen como esenciales o necesarias, este puede ser solo el caso del estándar 3GPP propuesto, por ejemplo, debido a otros requisitos impuestos por el estándar. Por lo tanto, estas declaraciones no deberían interpretarse como una limitación de la presente invención de ninguna manera.

1. Introducción

55 En Rel-13, un UE MTC LC/CE monitoriza uno o más espacios de búsqueda en una o más bandas estrechas:

- El espacio de búsqueda común de Tipo0-MPDCCH (solamente para el modoA) que se puede utilizar para el

comando TPC, "orden PDCCH" para iniciar el procedimiento de acceso aleatorio y retroceder para unidifusión PDSCH/PUSCH

- El espacio de búsqueda común de Tipo1-MPDCCH utilizado para programar la transmisión de paginación
- El espacio de búsqueda común de Tipo2-MPDCCH utilizado para programar RAR, retransmisión de Msg3 y Msg4
- El espacio de búsqueda específico de UE (USS) de MPDCCH utilizado para programar transmisiones PDSCH y PUSCH de unidifusión.

No se requiere un UE LC/CE para monitorizar simultáneamente el espacio de búsqueda común USS de MPDCCH y de Tipo1-MPDCCH, y el espacio de búsqueda común USS de MPDCCH y de Tipo2-MPDCCH.

Las subtramas iniciales para el espacio de búsqueda común de Tipo1-MPDCCH se determinan a partir de las ubicaciones de las subtramas de oportunidad de paginación.

La subtrama o subtramas iniciales para el espacio de búsqueda común de Tipo2-MPDCCH se indican explícitamente en MTC-SIB utilizando 3 bits.

La subtrama o subtramas iniciales para el espacio de búsqueda común USS de MPDCCH y de Tipo0-MPDCCH es una capa superior configurada mediante RRC utilizando 3 bits.

En esta contribución, describimos los detalles de las subtramas iniciales para USS de MPDCCH, CSS de Tipo0-MPDCCH y CSS de Tipo1-MPDCCH para MTC Rel-13.

2. Subtramas iniciales para el espacio de búsqueda USS

En la última reunión de RAN1, se describieron tres opciones para la estructura del USS de M-PDCCH como se muestra en la figura 9. Se ha acordado la opción 2 donde la periodicidad de las subtramas iniciales de USS puede ser mayor que el número máximo de repeticiones (R_{max}) [2].

Acuerdo:

- La relación entre las subtramas iniciales y el número máximo de R es

- Opción 2: la periodicidad de las subtramas iniciales del UE-SS puede ser mayor que el número máximo de R. Solamente se produce una SS después de la subtrama inicial del UE-SS.

- Nota: la duración entre las dos subtramas iniciales adyacentes no debería ser inferior a la duración real de la subtrama del número máximo de R

- FFS si se soporta $R_{max} = 1$ y, de ser así, las subtramas iniciales para este caso

- Las posibles subtramas iniciales para el espacio de búsqueda de M-PDCCH se definen independientemente de la subtrama o subtramas DL válidas/no válidas.

Otro acuerdo de RAN1 es el siguiente:

Acuerdo:

- Para subtrama inicial para USS,

- Parámetro RRC separado:

- RAN1 recomienda tener [3] bit para la señalización, y pide amablemente a RAN2 que especifique los detalles de la señalización.

De los acuerdos anteriores, está claro que existe una periodicidad que debe especificarse y señalizarse para cada UE sobre el espacio de búsqueda USS de M-PDCCH. RAN1 ha recomendado a RAN2 especificar la señalización, pero no se envía ningún LS a RAN2 excepto los parámetros RRC. Además, el parámetro de señalización de capa superior `mpdcch-StartSF-UESS-r13` para la subtrama inicial para USS de MPDCCH se ha capturado en las especificaciones de RAN1, más específicamente en TS 36.213. Sin embargo, los detalles de los valores posibles para las subtramas iniciales y su relación con el número de trama del sistema (SFN) y el número de subtrama no se han capturado en ninguna de las especificaciones.

La siguiente descripción se ha capturado en TS 36.213 sección 9.1.5 [3]:

"Las ubicaciones de la subtrama inicial k se determinan a partir de la subtrama k_0 configurada en una capa superior

y están dadas por $k = k_b$ donde k_b es la $b^{\text{enésima}}$ subtrama LC/CE DL consecutiva desde k_0 , y

[Math.29]

$$b = u \cdot r_j, \text{ y } u = 0, 1, \dots, \frac{r_{\max}}{r_j} - 1, \text{ y } j \in \{1, 2, 3, 4\},$$

5 dónde

- Para el espacio de búsqueda específico de UE de MPDCCH y el espacio de búsqueda de Tipo0-común, k_0 viene dado por el parámetro de capa superior mPDCCH-startSF-UESS, $r_{\max}$ viene dado por el parámetro de capa superior mPDCCH-NumRepetition, y r_1, r_2, r_3, r_4 vienen dados en la Tabla 9.1.5-3".

10 Con el fin de comprender la descripción anterior, damos algunos ejemplos, como se muestra en las figs. 7 y 8, donde se consideran diferentes periodicidades de las subtramas iniciales T , $R_{\max} = 8$ y algunas subtramas válidas (v).

15 Como el número de bits acordado para la señalización está limitado a 3 bits (0 a 7), la cuestión pendiente es cómo utilizar este número de bits para definir un conjunto de periodicidad para el espacio de búsqueda de M-PDCCH.

Tres opciones se describen a continuación:

20 Opción 1: Reutilizar el conjunto candidato de $R \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}$ repeticiones de M-PDCCH ya definidas excluyendo el primer elemento. Esto significa que un UE puede configurarse con una de ocho periodicidades posibles

[Math.30]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}$$

25 siempre que T no sea inferior a la duración real de la subtrama de $R_{\max}$. Por ejemplo, si $R_{\max} = 8$ para un UE y hay cinco subtramas no válidas, entonces la periodicidad debería aumentarse al menos a 16, como se muestra en la figura 7.

30 Un problema será cuando la periodicidad sea igual a 256 y $R_{\max} = 256$, y haya algunas subtramas no válidas en el sistema, no hay un número superior a 256 que se pueda configurar. Por lo tanto, con el fin de acomodar las subtramas no válidas cuando la periodicidad es igual a 256, puede ser mejor reemplazar 256 con 512. El inconveniente es que cuando la proporción de subtramas válidas de DL es inferior a la mitad, la configuración de $T=512$ no tiene espacio para todas las repeticiones cuando $R_{\max} = 256$.

35 Para esta opción, la subtrama inicial para que un UE monitorice el espacio de búsqueda M-PDCCH debería cumplir con

[Math.31]

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

40 dónde

[Math.32]

$$T \in \{2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 512\}$$

45 y el índice del elemento elegido viene dado por el parámetro de capa superior mPDCCH-startSF-UESS. n_f es el número de trama del sistema (SFN) y

[Math.33]

$$\lfloor n_s/2 \rfloor$$

50 corresponde al número de subtrama.

Para el caso $R_{\max} = 1$, no hay necesidad de configurar una periodicidad de subtrama inicial para MPDCCH, ya que el UE puede suponer que monitoriza cada subtrama de enlace descendente válida para el espacio de búsqueda de MPDCCH.

Opción 2: Para aplicar el parámetro específico de UE de Rmax y el parámetro de capa superior mPDCCH-startSF-U ESS. En este caso, los valores de mPDCCH-startSF-U ESS se pueden establecer en {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} y se configura un valor para el UE. A continuación, para cada UE, la periodicidad T de M-PDCCH se puede definir como $R_{\max} \cdot (\text{mPDCCH-startSF-U ESS} + 1)$.

Para esta opción, la subtrama inicial para que un UE monitorice el espacio de búsqueda de M-PDCCH debería cumplir con

[Math.34]

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

dónde

$T = R_{\max} \cdot (\text{mPDCCH-inicioSF-U ES} + 1)$ y

[Math.35]

$$R_{\max} \in \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}.$$

Sin embargo, el inconveniente es que no todas las periodicidades T comienzan en la misma subtrama, ya que algunos valores T no son factores de 10240 (SFN 1024 x 10 subtramas). Además, la condición

[Math.36]

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0$$

permitirá que algunas periodicidades T comiencen en medio de la repetición durante el ajuste del contador de SFN. Esto se puede evitar especificando que no se permita que comience una nueva periodicidad en medio de una repetición en curso para el UE.

Opción 3: Para mejorar la Opción 2, debemos garantizar que la periodicidad T sea un submúltiplo de 10240, lo que significa que deberíamos evitar todo lo que contenga factores que no sean 2 y 5. Así, en base a esto, podemos definir una lista de factores como

[Math. 37]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20\}$$

y el índice del elemento elegido viene dado por el parámetro de capa superior mPDCCH-startSF-U ESS.

Por lo tanto, la subtrama inicial para que un UE monitorice el espacio de búsqueda de M-PDCCH debería cumplir con

[Math. 38]

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

donde $T = R_{\max} \cdot G$,

[Math. 39]

$$G \in \{1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 20\}$$

y el índice del elemento elegido viene dado por el parámetro de capa superior mPDCCH-startSF-U ESS, y

[Math. 40]

$$R_{\max} \in \{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256\}.$$

Debería observarse que diferentes UE con la misma o diferente periodicidad de subtrama inicial pueden monitorizar en el mismo espacio de búsqueda.

Además, se debe definir un método de señalización similar para periodicidades de subtrama inicial para otros espacios de búsqueda de CSS de Tipo0-MPDCCH y de CSS de Tipo1-MPDCCH.

Aunque la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a realizaciones de ejemplo de la

misma, la invención no se limita a estas realizaciones. Los expertos en la técnica entenderán que pueden realizarse diversos cambios en la forma y detalles en la misma sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones.

- 5 Esta solicitud se basa en la solicitud de patente del Reino Unido n.º 1602150.3, presentada el 5 de febrero de 2016, y reivindica el beneficio de prioridad de dicha solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Una estación base (5) que comprende

5 medios para transmitir, a un equipo de usuario, UE, (3) primera información y segunda información,
la primera información que indica una configuración de subtrama de inicio para un espacio de búsqueda para
un canal físico de control de enlace descendente, PDCCH, y que se usa para dar un parámetro denominado
G,
10 la segunda información que indica los números máximos de repeticiones para el espacio de búsqueda del
PDCCH y que se utiliza para dar un parámetro denominado $r_{\max}$, en donde
una subtrama de inicio, para el espacio de búsqueda, se determina en base a

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

15 donde

n_f corresponde a un número de trama de sistema,
 n_s corresponde a un número de ranura, y

$$T = r_{\max} \cdot G.$$

2. La estación base (5) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que

25 en un caso en el que el espacio de búsqueda corresponde a un espacio de búsqueda específico de UE o un
primer tipo de espacio de búsqueda común,
el parámetro denominado G viene dado por la primera información para el espacio de búsqueda específico
del UE, y
30 el parámetro denominado $r_{\max}$ se proporciona mediante la segunda información para el espacio de búsqueda
específico de UE.

3. La estación base (5) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que

35 en un caso en el que el espacio de búsqueda corresponde a un segundo tipo de espacio de búsqueda
común,
el parámetro denominado G viene dado por la primera información para un espacio de búsqueda común, y
el parámetro denominado $r_{\max}$ se proporciona por la segunda información para el espacio de búsqueda
común.

40 4. Un equipo de usuario, UE, (3) que comprende:

medios para recibir, desde una estación base (5), primera información y segunda información,
la primera información que indica una configuración de subtrama de inicio para un espacio de búsqueda para
un canal físico de control de enlace descendente, PDCCH, y que se usa para dar un parámetro denominado
G,
45 la segunda información que indica los números máximos de repeticiones para el espacio de búsqueda del
PDCCH y que se utiliza para dar un parámetro denominado $r_{\max}$, en donde
una subtrama de inicio, para el espacio de búsqueda, se determina en base a

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

50 donde

55 n_f corresponde a un número de trama de sistema,
 n_s corresponde a un número de ranura, y

$$T = r_{\max} \cdot G.$$

5. El UE (3) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que

60 en un caso en el que el espacio de búsqueda corresponde a un espacio de búsqueda específico de UE o un
primer tipo de espacio de búsqueda común,

el parámetro denominado G viene dado por la primera información para el espacio de búsqueda específico del UE, y
el parámetro denominado $r_{\max}$ se proporciona mediante la segunda información para el espacio de búsqueda específico de UE.

6. El UE (3) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que

en un caso en el que el espacio de búsqueda corresponde a un segundo tipo de espacio de búsqueda común,
el parámetro denominado G viene dado por la primera información para un espacio de búsqueda común, y
el parámetro denominado $r_{\max}$ se proporciona por la segunda información para el espacio de búsqueda común.

7. Un método realizado por una estación base (5), comprendiendo el método:

transmitir, a un equipo de usuario, UE, (3) primera información y segunda información,
la primera información que indica una configuración de subtrama de inicio para un espacio de búsqueda para un canal físico de control de enlace descendente, PDCCH, y que se usa para dar un parámetro denominado G ,
la segunda información que indica los números máximos de repeticiones para el espacio de búsqueda del PDCCH y que se utiliza para dar un parámetro denominado $r_{\max}$, en donde
una subtrama de inicio, para el espacio de búsqueda, se determina en base a

$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

donde

n_f corresponde a un número de trama de sistema,
 n_s corresponde a un número de ranura, y

$$T = r_{\max} \cdot G.$$

8. Un método realizado por un equipo de usuario, UE, (3) comprendiendo el método:

recibir, desde una estación base (5), primera información y segunda información,
la primera información que indica una configuración de subtrama de inicio para un espacio de búsqueda para un canal físico de control de enlace descendente, PDCCH, y que se usa para dar un parámetro denominado G ,
la segunda información que indica los números máximos de repeticiones para el espacio de búsqueda del PDCCH y que se utiliza para dar un parámetro denominado $r_{\max}$, en donde
una subtrama de inicio, para el espacio de búsqueda, se determina en base a

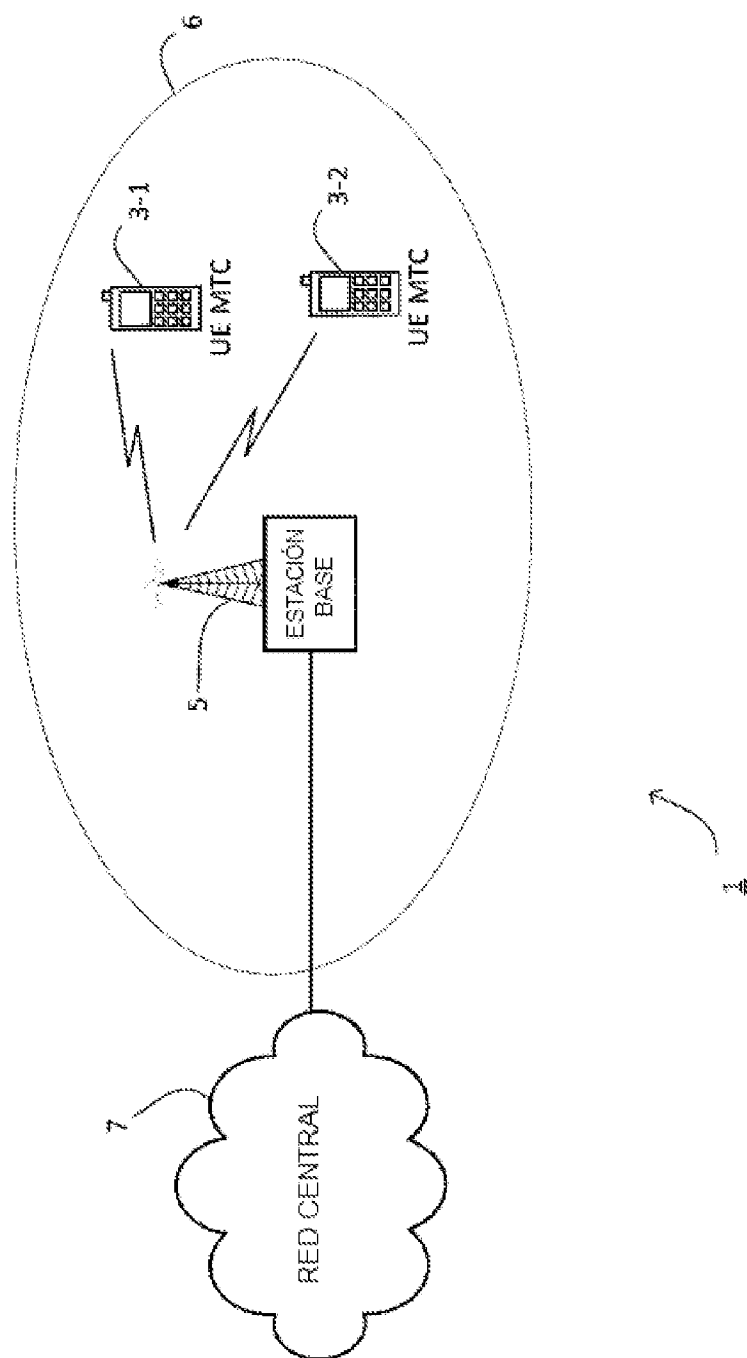
$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = 0,$$

donde

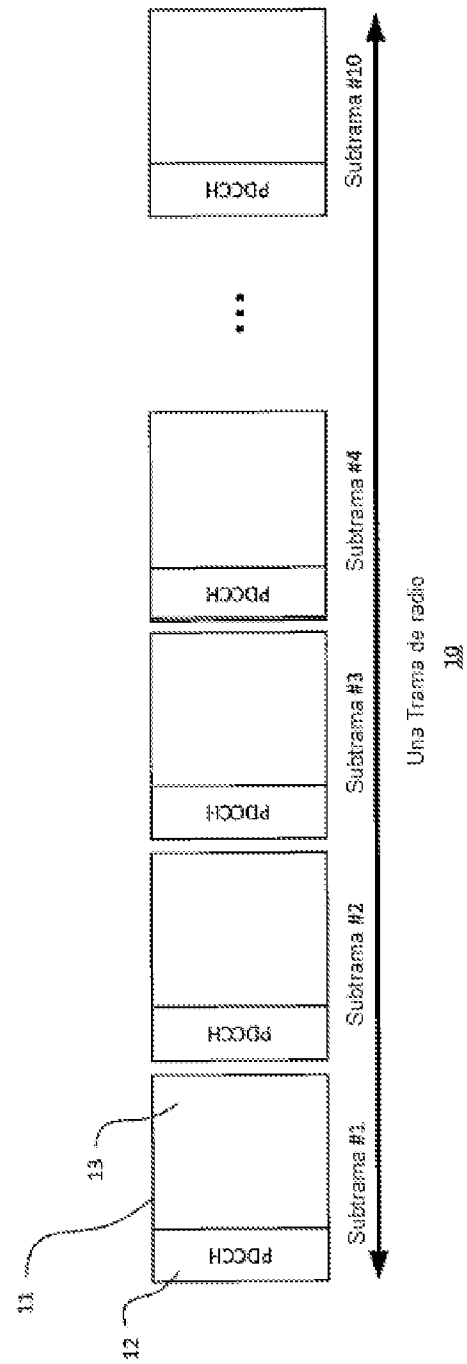
n_f corresponde a un número de trama de sistema,
 n_s corresponde a un número de ranura, y

$$T = r_{\max} \cdot G.$$

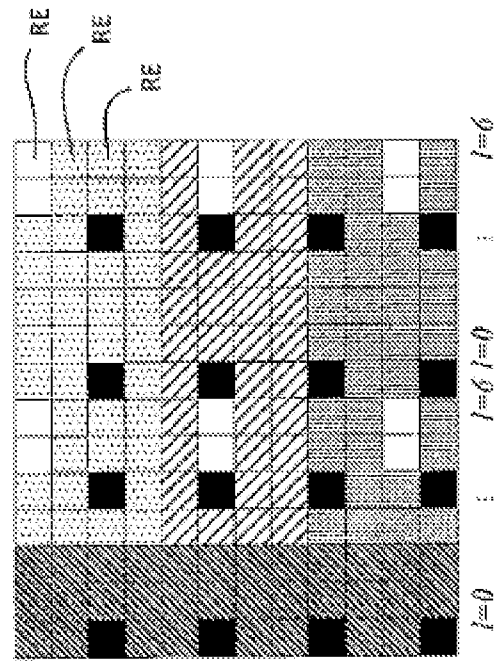
[Fig. 1]



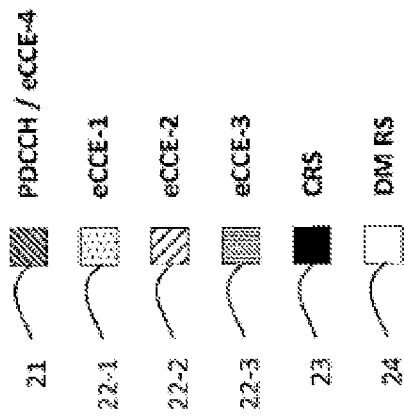
(Fig. 2)



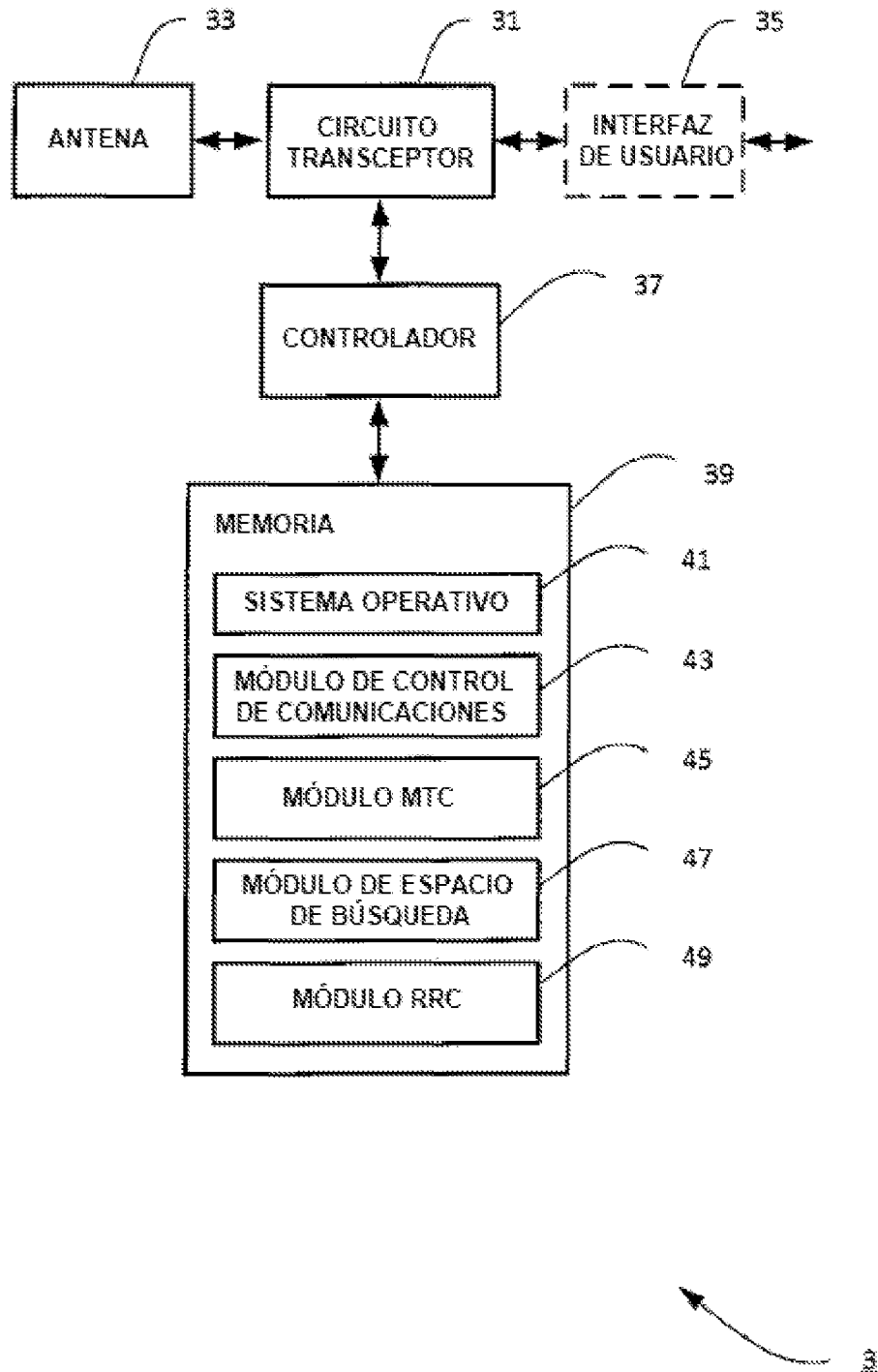
[Fig. 3]



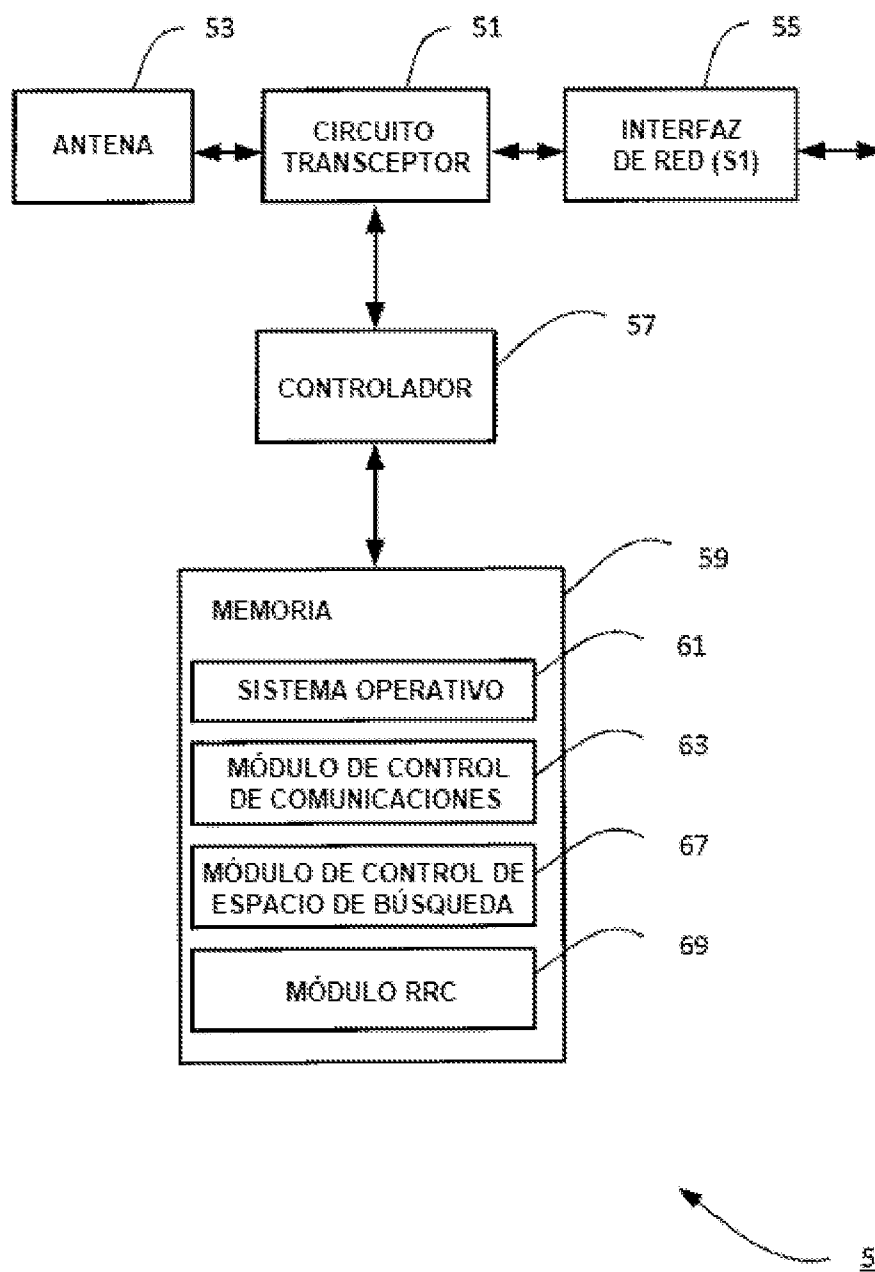
dos puertos de antena



[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]

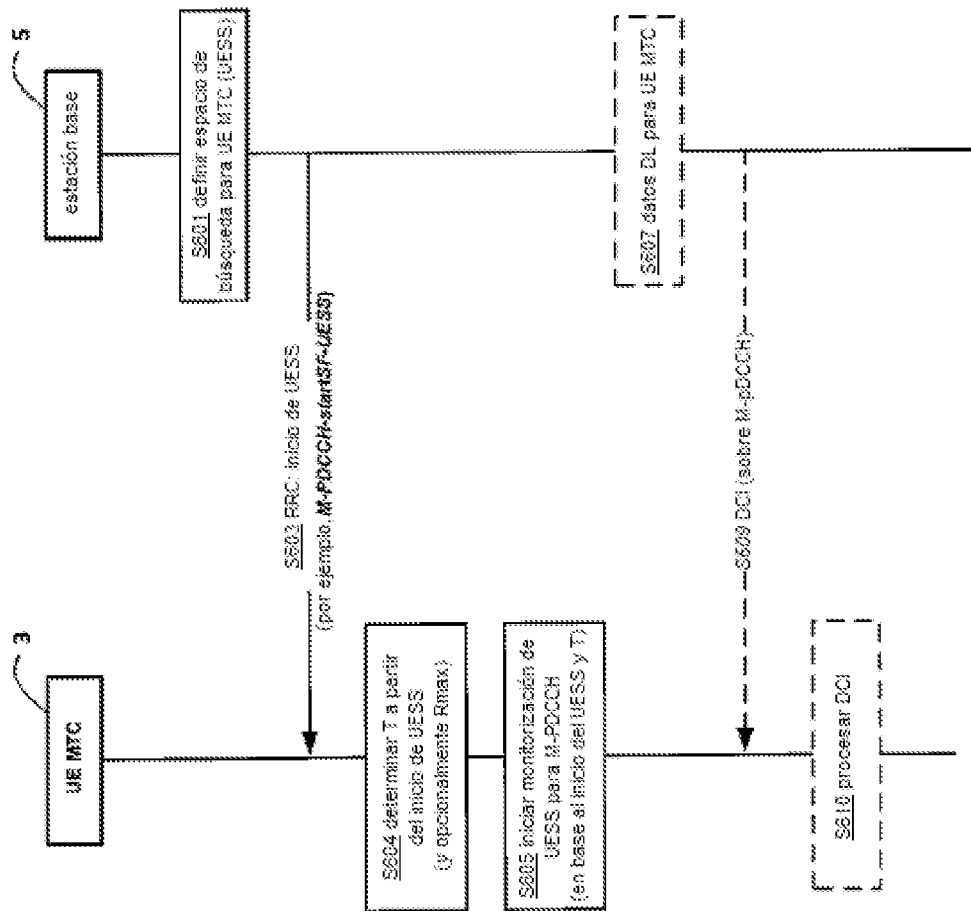


Fig. 70

Ejemplo de subtramas iniciales con periodicidad $T=16$, $R_{max}=8$ y algunas subtramas válidas

22-25

subframes

subtrama D1 válida

IF $\cos x = 2$

En caso de T=16

M-PDCH con núm. de repetición=1(R)

M-PDCCH desdk0
M-PDCCH desdk1
M-PDCCH desdk2
M-PDCCH desdk3
M-PDCCH desdk4
M-PDCCH desdk5
M-PDCCH desdk6
M-PDCCH desdk7

M-PCCH con núm. de repetición=2(R2)
subtrama inicial

M-P0004 desde k0
M-P0004 desde k1
M-P0004 desde k2
M-P0004 desde k3

M-PDCH con núm. de repetición=4{R3}
subtrama inicial

M-PCC desde k0
M-PCC desde k1

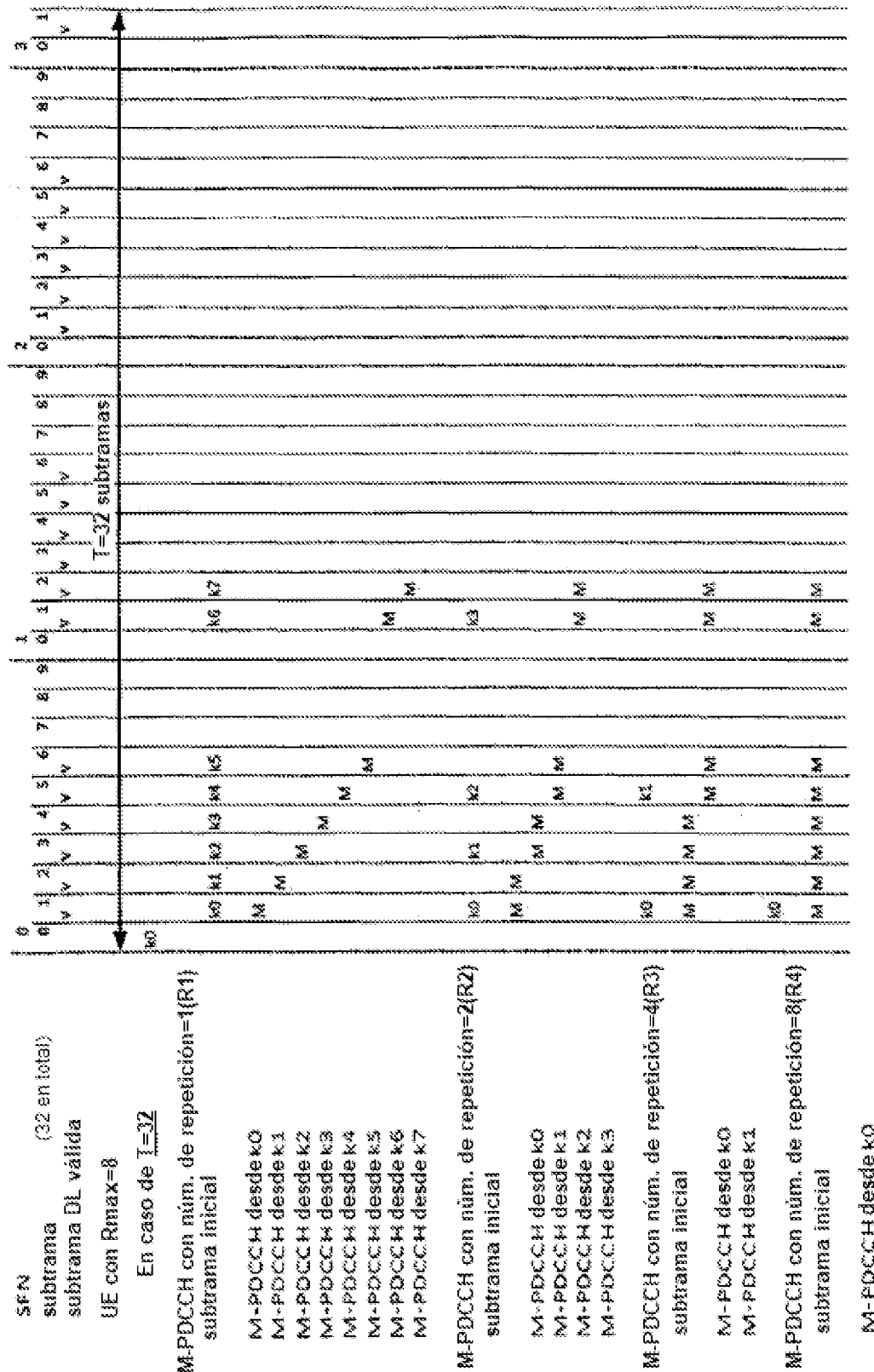
M-PDCH con núm. de repetición=3{R4}
subtrama inicial

04 epsap 43 2004-14

Diagrama de subtramas de 16 subtramas (T=16 subtramas) mostrando a distribuição de subtramas em uma grade de 16x16. O eixo vertical é rotulado "T=16 subtramas" e o eixo horizontal é rotulado "K=16 subtramas". A grade é dividida em duas partes principais: a parte superior (subtramas 0 a 15) e a parte inferior (subtramas 16 a 31). A parte superior contém subtramas numeradas de 0 a 15, com subtramas pares (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14) rotuladas como "K" e subtramas ímpares (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15) rotuladas como "M". A parte inferior contém subtramas numeradas de 16 a 31, com subtramas pares (16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30) rotuladas como "K" e subtramas ímpares (17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31) rotuladas como "M". A grade é completada por subtramas não numeradas, rotuladas como "KO" ou "M".

Fig. 3

Ejemplo de subtramas iniciales con periodicidad $T=32$, $R_{max}=8$ y algunas subtramas válidas



[Fig. 9]

