

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 806 055**

51 Int. Cl.:

H04L 1/18 (2006.01)

H04L 12/801 (2013.01)

H04W 76/27 (2008.01)

H04W 60/04 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2007 E 07023169 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 1928131**

54 Título: **Método de potenciación de conectividad de paquetes continua en un sistema de comunicaciones inalámbrico y aparato relacionado**

30 Prioridad:

30.11.2006 US 868078 P

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

16.02.2021

73 Titular/es:

**INNOVATIVE SONIC LIMITED (100.0%)
2nd Floor, The Axis, 26 Cybercity
Ebene 72201, MU**

72 Inventor/es:

KUO, RICHARD LEE-CHEE

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 806 055 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

Método de potenciación de conectividad de paquetes continua en un sistema de comunicaciones inalámbrico y aparato relacionado

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional estadounidense n.º 60/868.078, presentada el 30 de noviembre de 2006 y titulada "Method And Apparatus for Enhancing CPC related procedures in a Wireless Communications System".

La presente invención se refiere a un método para gestionar el funcionamiento de canales de control usados en la conectividad de paquetes continua (CPC) para un extremo de usuario y a dispositivos de comunicaciones relacionados según las partes precharacterizadoras de las reivindicaciones 1 y 5.

10 La petición de cambio de 3GPP R2-063567, "Introduction of DTX-DRX and HS-SCCH less in RRC", XP002591175, da a conocer técnicas para determinar una variable de estado CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS.

15 El sistema de telecomunicaciones móviles de tercera generación (3G) ha adoptado un método de acceso de interfaz aérea inalámbrica de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA) para una red celular. WCDMA proporciona un uso de espectro de alta frecuencia, cobertura universal y transmisión de datos multimedia de alta calidad y a alta velocidad. El método de WCDMA también cumple toda clase de requisitos de QoS simultáneamente, proporcionando servicios de transmisión bidireccional flexibles y diversos y mejor calidad de comunicación para reducir las tasas de interrupción de la transmisión. Mediante el sistema de telecomunicaciones móviles de 3G, un usuario puede usar un dispositivo de comunicaciones inalámbrico, tal como un teléfono móvil, para realizar comunicaciones por vídeo en tiempo real, llamadas de conferencia, juegos en tiempo real, transmisión de música en línea y envío/recepción de correo electrónico. Sin embargo, estas funciones se basan en una transmisión rápida instantánea. Por tanto, dirigiéndose a la tecnología de telecomunicación móvil de tercera generación, la técnica anterior proporciona tecnología de acceso de paquetes a alta velocidad (HSPA), que incluye acceso de paquetes de enlace descendente a alta velocidad (HSDPA) y acceso de paquetes de enlace ascendente a alta velocidad (HSUPA), para aumentar la tasa de uso de ancho de banda y la eficiencia de procesamiento de datos de paquetes para mejorar la tasa de transmisión de enlace ascendente/enlace descendente. Para HSDPA y HSUPA, el proyecto de asociación de 3ª generación (3GPP) proporciona una especificación de protocolo de conectividad de paquetes continua (CPC), que incluye características que, para equipos de usuario (UE) en estado CELL_DCH, tienen como objetivo aumentar significativamente el número de usuarios de datos de paquetes para una célula, reducir el aumento de ruido de enlace ascendente y mejorar la capacidad de descarga que puede alcanzarse para VoIP.

20

25

30 Para un UE de HSDPA, los canales físicos incluyen un canal compartido de enlace descendente físico de alta velocidad (HS-PDSCH), para transferir datos de carga útil, y un canal de control físico de alta velocidad (HS-DPCCH) para subir un acuse de recibo/acuse de recibo negativo (ACK/NACK) y un identificador de calidad de canal (CQI). En cuanto a la capa de control de acceso al medio (MAC) del UE de HSDPA, una entidad de MAC-hs usa un canal de transporte de canal compartido de enlace descendente de alta velocidad (HS-DSCH) para recibir datos a partir de la capa física. Además, se usa un canal de control compartido para HS-DSCH (HS-SCCH) como canal de enlace descendente físico, responsable de la transmisión de señales de control correspondientes a HS-DSCH, tales como información de demodulación.

35

40 Para un UE de HSUPA, los canales físicos incluyen dos canales de enlace ascendente: un canal de datos físico dedicado E-DCH (E-DPDCH), para transferir datos de carga útil, y un canal de control físico dedicado E-DCH (E-DPCCH) para la transmisión de señales de control, tales como números de retransmisión. Además, se emplea un haz de canales físicos de enlace descendente en el sistema de HSUPA y se usan para transmitir señales de control asociadas con concesiones, ACK, etc. Los canales físicos de enlace descendente incluyen canal de concesión relativa de E-DCH (E-RGCH), canal de concesión absoluta de E-DCH (E-AGCH), canal de indicador de acuse de recibo de HARQ de E-DCH (E-HICH) y canal físico dedicado fraccional (F-DPCH). En cuanto a la capa de MAC del UE de HSUPA, una entidad de MAC-e/es usa un canal de transporte de canal de transporte dedicado potenciado (E-DCH) para transmitir datos de paquetes de MAC a la capa física con el soporte de un intervalo de tiempo de transmisión (TTI) de 10 milisegundos (ms) o 2 ms.

45

50 CPC incluye un funcionamiento sin HS-SCCH, que es un modo especial de funcionamiento de HSDPA para reducir la sobrecarga de HS-SCCH para un procedimiento de petición de repetición automática híbrida (HARQ), reduciendo así el consumo de energía del UE. En este modo, la primera transmisión de HS-DSCH del procedimiento de HARQ correspondiente a bloques de transporte (TB) pequeños en HS-DSCH predefinido se realiza sin acompañamiento de señalización de HS-SCCH, y las retransmisiones de HARQ correspondientes a la primera transmisión de HS-DSCH van acompañadas de la señalización de HS-SCCH si se necesitan las retransmisiones. Por consiguiente, el UE necesita decodificar de manera ciega datos de TB de la primera transmisión basándose en un conjunto de codificación de canal y tamaño de TB predefinido. Si la decodificación ciega es satisfactoria, el UE notifica ACK a la estación base, también conocida como nodo B, a través de HS-SCCH; de lo contrario, el UE no notifica nada y espera la retransmisión iniciada por el nodo B. Con el fin de combinar la primera transmisión con las retransmisiones posteriores, el HS-SCCH transmite señales de control requeridas de conjunto de codificación de canal físico, tamaño de TB, identidad de UE, un puntero, etc., en el que el puntero notifica al UE el TTI en el que se ha realizado la transmisión anterior. Además, el UE puede

55

notificar ACK o NACK para la retransmisión, y la retransmisión se restringe a dos veces. Las retransmisiones primera y segunda pueden ser asíncronas con respecto a la primera transmisión, y una con respecto a la otra. El HS-SCCH acompañante sigue la misma relación temporal con la transmisión de HS-PDSCH que las transmisiones de legado.

5 En cuanto al control de recursos de radio (RRC), el UE y la red, tal como el nodo B o un controlador de red de radio (RNC), pueden configurar la CPC intercambiando mensajes de RRC y elementos de información (IE) que incluyen parámetros correspondientes. Según la especificación del protocolo de RRC de 3GPP, se proporciona un IE de información sin HS-SCCH de conectividad de paquetes continua para portar la configuración de "índice de código de HS-PDSCH", "índice de tamaño de bloque de transporte", etc. En general, el IE anterior puede incluirse en configuración de conexión de RRC, actualización de conjunto activa, confirmación de actualización de célula u otros mensajes de reconfiguración, y puede transmitirse al UE mediante procedimientos de RRC. Por otro lado, el UE almacena la configuración que incluye en los mensajes de reconfiguración en una variable CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS.

15 Además, el UE incluye una variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS que tiene dos valores posibles de "verdadera" y "falsa", que representan el estado en uso y el estado no en uso del funcionamiento sin HS-SCCH, respectivamente. Según la especificación de RRC, se requiere que el UE determine el valor para la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS si recibe cualquier mensaje de reconfiguración. Dentro de la determinación de CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS, la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establecerá a "verdadera" cuando se cumplan la totalidad de las siguientes condiciones:

1. el UE está en el estado CELL_DCH;
2. una variable HS_DSCH_RECEPTION se establece a "verdadera";
- 20 3. no está configurado ningún canal de transporte de DCH;
4. el CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS está establecido;
5. el UE ha recibido un IE de información sin HS-SCCH de conectividad de paquetes continua desde el último mensaje de reconfiguración.

Si no se cumple cualquiera de las condiciones anteriores y la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece para ser "verdadera", el UE:

1. establecerá la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS para ser "falsa";
2. borrará la variable CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS;
3. detendrá todas las actividades relacionadas del funcionamiento sin HS-SCCH de CPC.

30 Siempre que la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establezca a "verdadera", el UE configurará las capas física y de MAC para funcionar según CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS.

Según lo anterior, el UE únicamente determina el valor para la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS cuando recibe mensajes de reconfiguración, y el funcionamiento sin HS-SCCH sólo se aplica al UE en CELL_DCH. Si se produce un fallo de enlace de radio o un error irrecuperable de control de enlace de radio (RLC) o si la transmisión de un mensaje de información de capacidad de UE resulta fallida durante el funcionamiento sin HS-SCCH, el UE realizará un procedimiento de actualización de célula para remediar estas situaciones. Cuando inicia el procedimiento de actualización de célula, el UE pasará a un estado CELL_FACH y seleccionará una célula de acceso de radio de UMTS (UTRA) adecuada para presentar un mensaje de actualización de célula. Sin embargo, la especificación de la técnica anterior no especifica ninguna acción relacionada de funcionamiento sin HS-SCCH en las situaciones anteriormente mencionadas. Como resultado, el UE de la técnica anterior no vuelve a determinar la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS cuando pasa fuera del estado CELL_DCH. Es decir, el UE continúa aplicando el funcionamiento sin HS-SCCH en el estado CELL_FACH, lo cual no es aplicable para el funcionamiento sin HS-SCCH. Esto puede provocar errores graves en las capas física y de MAC del UE.

45 El fallo de enlace de radio puede producirse cuando el UE está situado en una zona de mala distribución de señal, tal como un sótano o una zona rural con poca cobertura. El error irrecuperable de RLC es probable que se produzca debido a muchas causas, tales como errores de restablecimiento de RLC o errores de recuperación de RLC. El mensaje de información de capacidad de UE se usa para notificar a la UTRAN información de capacidad de UE específica (por ejemplo, capacidad de acceso de radio).

Teniendo esto en cuenta, la presente invención tiene como objetivo proporcionar un método y un aparato para gestionar un modo de funcionamiento sin de un canal de control de CPC para un extremo de usuario en un sistema de comunicaciones inalámbrico para evitar un mal funcionamiento del sistema.

50 Esto se logra mediante un método y un dispositivo para gestionar un funcionamiento sin canal de control de CPC en un sistema de comunicaciones inalámbrico según las reivindicaciones 1 y 3. Las reivindicaciones dependientes se refieren a desarrollos y mejoras adicionales correspondientes.

Tal como se observará más claramente a partir de la siguiente descripción detallada a continuación, un método que potencia CPC para un UE en un sistema de comunicaciones inalámbrico comprende activar un funcionamiento sin canal de control según una variable de estado, y volver a determinar la variable de estado y realizar acciones correspondientes cuando se inicia un procedimiento de actualización de célula.

5 A continuación, se ilustra adicionalmente la invención a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. De los mismos

la figura 1 es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo de comunicaciones.

la figura 2 es un diagrama del código de programa mostrado en la figura 1.

la figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento según una realización de la presente invención.

10 Se hace referencia a la figura 1, que es un diagrama de bloques funcional de un dispositivo 100 de comunicaciones. Por motivos de brevedad, la figura 1 sólo muestra un dispositivo 102 de entrada, un dispositivo 104 de salida, un circuito 106 de control, una unidad 108 de procesamiento central (CPU), una memoria 110, un código 112 de programa y un transceptor 114 del dispositivo 100 de comunicaciones. En el dispositivo 100 de comunicaciones, el circuito 106 de control ejecuta el código 112 de programa en la memoria 110 a través de la CPU 108, controlando así un funcionamiento del dispositivo 100 de comunicaciones. El dispositivo 100 de comunicaciones puede recibir señales introducidas por un usuario a través del dispositivo 102 de entrada, tal como un teclado, y puede emitir imágenes y sonidos a través del dispositivo 104 de salida, tal como un monitor o altavoces. El transceptor 114 se usa para recibir y transmitir señales inalámbricas, suministrar señales recibidas al circuito 106 de control y emitir señales generadas por el circuito 106 de control de manera inalámbrica. Desde un punto de vista de un entramado de protocolo de comunicaciones, el transceptor 114 puede considerarse como una porción de la capa 1, y el circuito 106 de control puede usarse para realizar funciones de la capa 2 y la capa 3. Preferiblemente, el dispositivo 100 de comunicaciones se usa en un sistema de acceso de paquetes a alta velocidad (HSPA) del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación (3G), que soporta conectividad de paquetes continua (CPC).

25 Se continúa haciendo referencia a la figura 2. La figura 2 es un diagrama del código 112 de programa mostrado en la figura 1. El código 112 de programa incluye una capa 200 de aplicación, una capa 3 202 y una capa 2 206, y está acoplado a una capa 1 218. La capa 3 202 incluye una entidad 222 de control de recursos de radio (RRC), que se usa para controlar la capa 1 218 y la capa 2 206 y realizar comunicación de RRC entre iguales con otros dispositivos de comunicaciones, tales como un nodo B o una UTAN. Además, la entidad 222 de RRC puede cambiar un estado de RRC del dispositivo 100 de comunicaciones, conmutando entre un modo inactivo, estado CELL_PCH, URA_PCH, 30 CELL_FACH o CELL_DCH.

La capa 2 206 incluye una capa de control de enlace de radio (RLC) y una capa de control de acceso al medio (MAC), y la capa 1 218 es una capa física. Cuando está usándose el HSDPA, la capa de MAC escucha a HS-SCCH para detectar recepción de señalización de HS-DSCH y de ese modo recibe datos de paquetes escuchando a HS-DSCH. Además, se usan HS-PDSCH y HS-DPCCH para intercambiar datos de carga útil entre el dispositivo 100 de comunicaciones y la red. 35

Un dispositivo de comunicaciones de red puede formar mensajes de RRC y elementos de información (IE) para transmitir configuración de CPC al dispositivo 100 de comunicaciones mediante portadoras de radio. Se permite que los mensajes de reconfiguración, tales como mensaje de configuración de conexión de RRC, actualización de conjunto activo o confirmación de actualización de célula, incluyan parámetros de funcionamiento sin HS-SCCH de CPC. Por consiguiente, el dispositivo 100 de comunicaciones almacena parámetros recibidos en una variable CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS y de ese modo cambia el funcionamiento de la capa 2 206 y la capa 1 218. Además, el dispositivo 100 de comunicaciones incluye una variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS que tiene dos valores posibles de "verdadera" y "falsa", que representan un estado en uso y un estado no en uso del funcionamiento sin HS-SCCH, respectivamente. 40

45 En esta situación, la realización de la presente invención proporciona un código 220 de programa de gestión de funcionamiento sin canal de control para el código 112 de programa para evitar un mal funcionamiento del sistema. Se hace referencia a la figura 3, que ilustra un diagrama esquemático de un procedimiento 30 según una realización de la presente invención. El procedimiento 30 se usa para gestionar un funcionamiento sin canal de control para un UE en un sistema de comunicaciones inalámbrico, y puede compilarse para dar el código 220 de programa de gestión de funcionamiento sin canal de control. El procedimiento 30 incluye las siguientes etapas: 50

Etapas 300: inicio.

Etapas 302: activar un funcionamiento sin canal de control según una variable de estado.

Etapas 304: volver a determinar la variable de estado y realizar acciones correspondientes cuando se inicia un procedimiento de actualización de célula.

55 Etapas 306: fin.

En el procedimiento 30, el funcionamiento sin canal de control se usa para un canal de control correspondiente a un procedimiento de HARQ, en el que no se transmite ninguna señal de control correspondiente a la primera transmisión del procedimiento de HARQ en el canal de control.

5 Preferiblemente, la variable de estado es la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS, y la función de funcionamiento sin canal de control es el funcionamiento sin HS-SCCH. Según el funcionamiento sin HS-SCCH, la primera transmisión de HS-DSCH del procedimiento de HARQ correspondiente a TB pequeños se realiza sin acompañamiento de señalización de HS-SCCH, y las retransmisiones de HARQ correspondientes a la primera transmisión de HS-DSCH van acompañadas de la señalización de HS-SCCH si se necesitan las retransmisiones.

10 Cuando la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece a "verdadera", se activa el funcionamiento sin HS-SCCH. Cuando se produce un fallo de enlace de radio o un error irrecuperable de RLC o cuando la transmisión de un mensaje de información de capacidad de UE resulta fallida durante el funcionamiento sin HS-SCCH, se inicia el procedimiento de actualización de célula para remediar estas situaciones. Cuando se inicia el procedimiento de actualización de célula, el UE pasa a un estado CELL_FACH para la selección de una célula de UTRA adecuada, y además vuelve a determinarse la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS determinando si se cumplen todas las condiciones anteriormente mencionadas para establecer la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS para ser "verdadera". Dado que el UE ya no está en el estado CELL_DCH, no se cumplen todas las condiciones requeridas para establecer la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS para ser "verdadera". Entonces, el UE realiza acciones correspondientes, en las que las acciones correspondientes incluyen:

- 20 1. establecer la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS para ser "falsa" si la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece originalmente para ser "verdadera";
2. borrar la variable CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS;
3. detener todas las actividades relacionadas de funcionamiento sin HS-SCCH de CPC.

Mediante las acciones anteriores, se detiene el funcionamiento sin HS-SCCH cuando se inicia el procedimiento de actualización de célula.

25 Además, una alternativa de detener el funcionamiento sin HS-SCCH es realizar las acciones anteriormente mencionadas directamente sin volver a determinar la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS después de seleccionarse una célula de UTRA adecuada durante el procedimiento de actualización de célula. Por tanto, cuando se produce un fallo de enlace de radio o un error irrecuperable de RLC o cuando la transmisión de un mensaje de información de capacidad de UE resulta fallida, el UE puede detener de manera oportuna el funcionamiento sin HS-SCCH de las capas física y de MAC para evitar un mal funcionamiento del sistema.

30 Obsérvese que la realización de la presente invención toma HS-SCCH como ejemplo y la presente invención también se aplica a canales de control que adoptan un funcionamiento sin similar para el procedimiento de HARQ para CPC.

35 En conclusión, la realización de la presente invención especifica que el UE detiene el funcionamiento sin HS-SCCH cuando se produce un fallo de enlace de radio o un error irrecuperable de RLC o cuando la transmisión de un mensaje de información de capacidad de UE resulta fallida.

REIVINDICACIONES

1. Método de potenciación de conectividad de paquetes continua, abreviada como CPC, para un equipo de usuario, denominado UE a continuación en el presente documento, en un sistema de comunicaciones inalámbrico, comprendiendo el método:
- 5 activar un funcionamiento sin HS-SCCH cuando una variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece a verdadera (302); y
- volver a determinar la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS y realizar las siguientes acciones después de seleccionarse una célula de acceso de radio terrestre universal, denominada UTRA a continuación en el presente documento, adecuada durante un procedimiento de actualización de célula (304):
- 10 (1) detener todas las actividades relacionadas del funcionamiento sin HS-SCCH,
- (2) establecer la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS para ser "falsa" si la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece originalmente para ser "verdadera", y
- (3) borrar una variable CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS correspondiente al funcionamiento sin HS-SCCH;
- 15 en el que el funcionamiento sin HS-SCCH se usa para un canal de control correspondiente a un procedimiento de petición de repetición automática híbrida, conocida como HARQ, en el que no se transmite ninguna señal de control correspondiente a la primera transmisión del procedimiento de HARQ en el canal de control.
2. Método según la reivindicación 1, en el que el procedimiento de actualización de célula se inicia debido a fallo de enlace de radio, error irrecuperable de control de enlace de radio o transmisión fallida de un mensaje de información de capacidad de UE.
- 20 3. Dispositivo (100) de comunicaciones de un sistema de comunicaciones inalámbrico usado para potenciación de conectividad de paquetes continua, abreviada como CPC, comprendiendo el dispositivo (100) de comunicaciones:
- un circuito (106) de control para realizar funciones del dispositivo (100) de comunicaciones;
- un procesador (108) instalado en el circuito (106) de control, para ejecutar un código (112) de programa para hacer funcionar el circuito (106) de control; y
- 25 una memoria (110) acoplada al procesador (108) para almacenar el código (112) de programa, comprendiendo el código (112) de programa:
- activar un funcionamiento sin HS-SCCH cuando un valor de una variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece a verdadera (302);
- volver a determinar la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS y realizar las siguientes acciones después de seleccionarse una célula de acceso de radio terrestre universal, denominada UTRA a continuación en el presente documento, adecuada durante un procedimiento de actualización de célula (304):
- 30 (1) detener todas las actividades relacionadas del funcionamiento sin HS-SCCH,
- (2) establecer la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS para ser "falsa" si la variable CPC_HS_SCCH_LESS_STATUS se establece originalmente para ser "verdadera", y
- 35 (3) borrar una variable CPC_HS_SCCH_LESS_PARAMS correspondiente al funcionamiento sin HS-SCCH;
- en el que el funcionamiento sin HS-SCCH se usa para un canal de control correspondiente a un procedimiento de petición de repetición automática híbrida, conocida como HARQ, en el que no se transmite ninguna señal de control correspondiente a la primera transmisión del procedimiento de HARQ en el canal de control.
4. Dispositivo de comunicaciones según la reivindicación 3, en el que el procedimiento de actualización de célula se inicia debido a fallo de enlace de radio, error irrecuperable de control de enlace de radio o transmisión fallida de un mensaje de información de capacidad de UE.
- 40

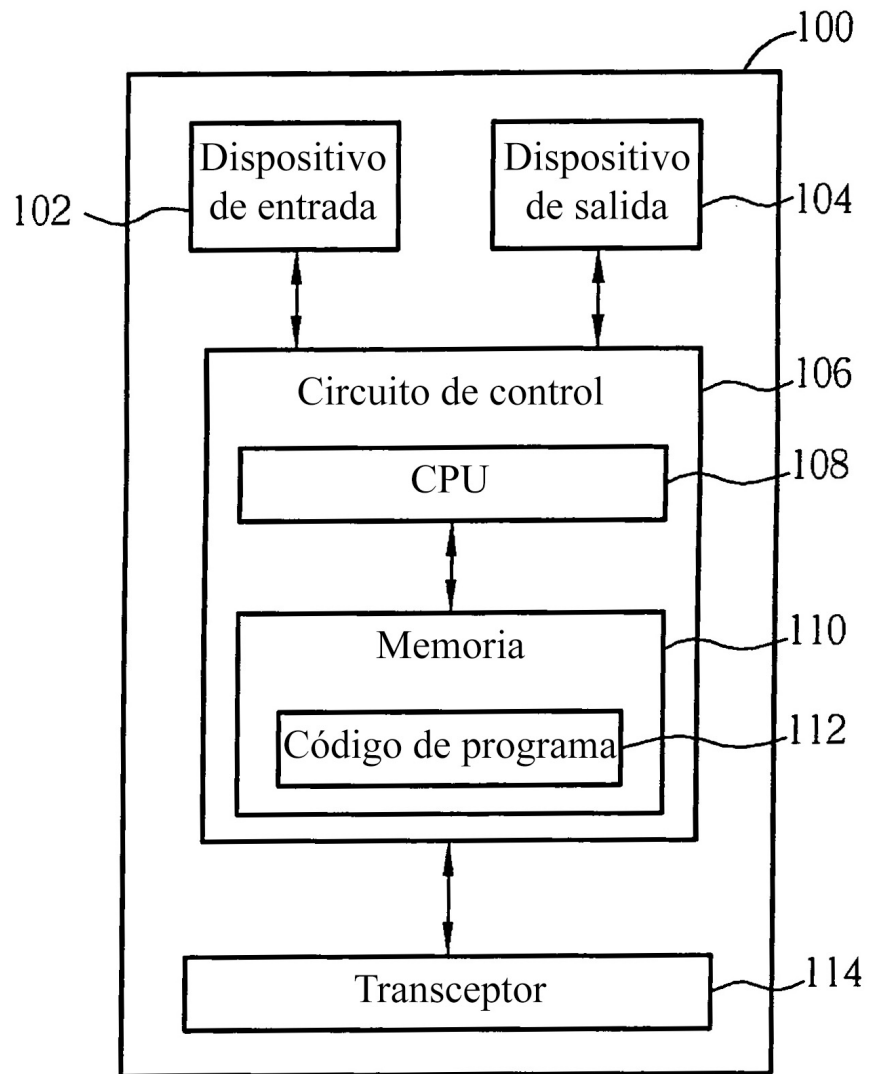


FIG. 1

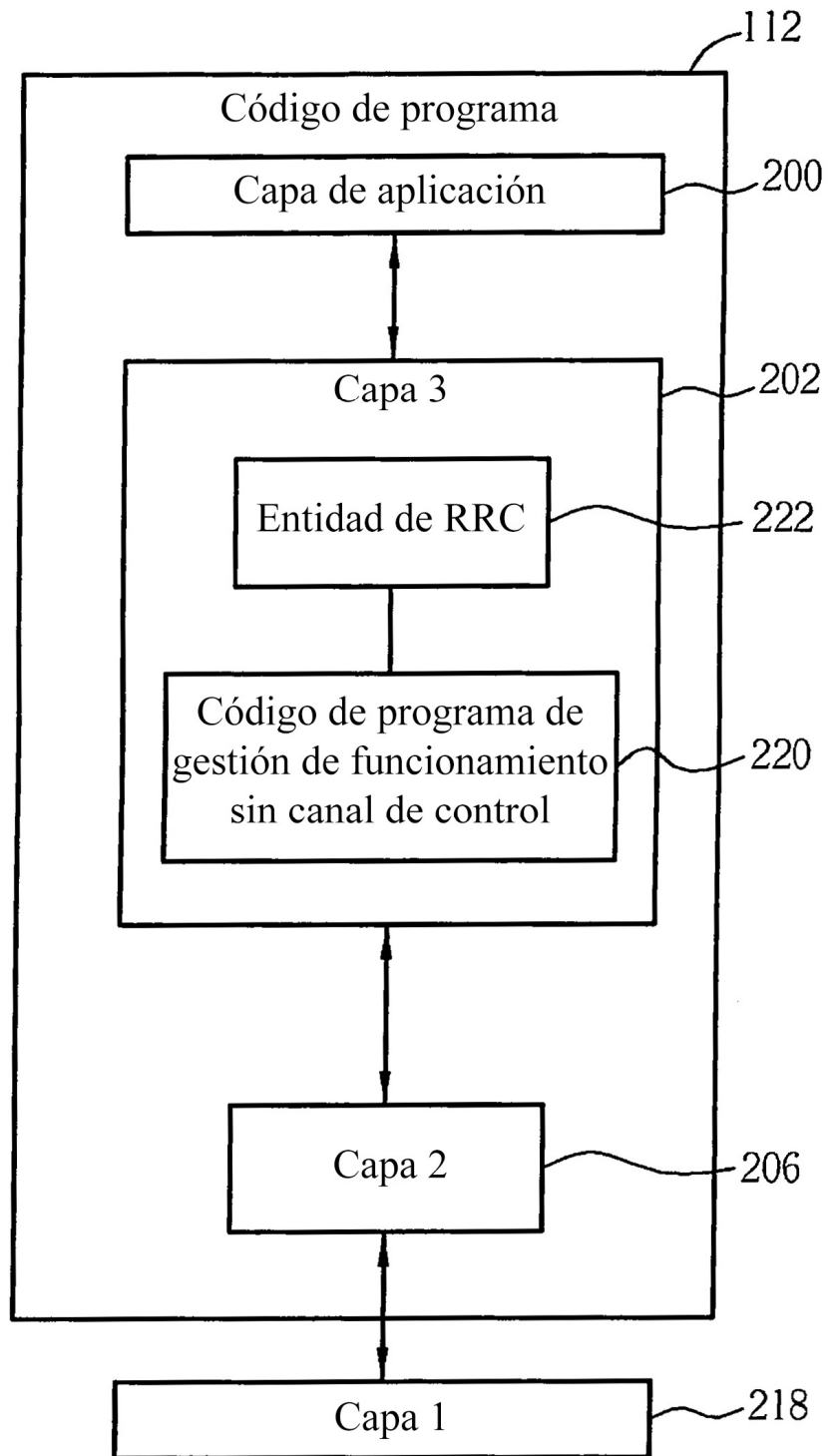


FIG. 2

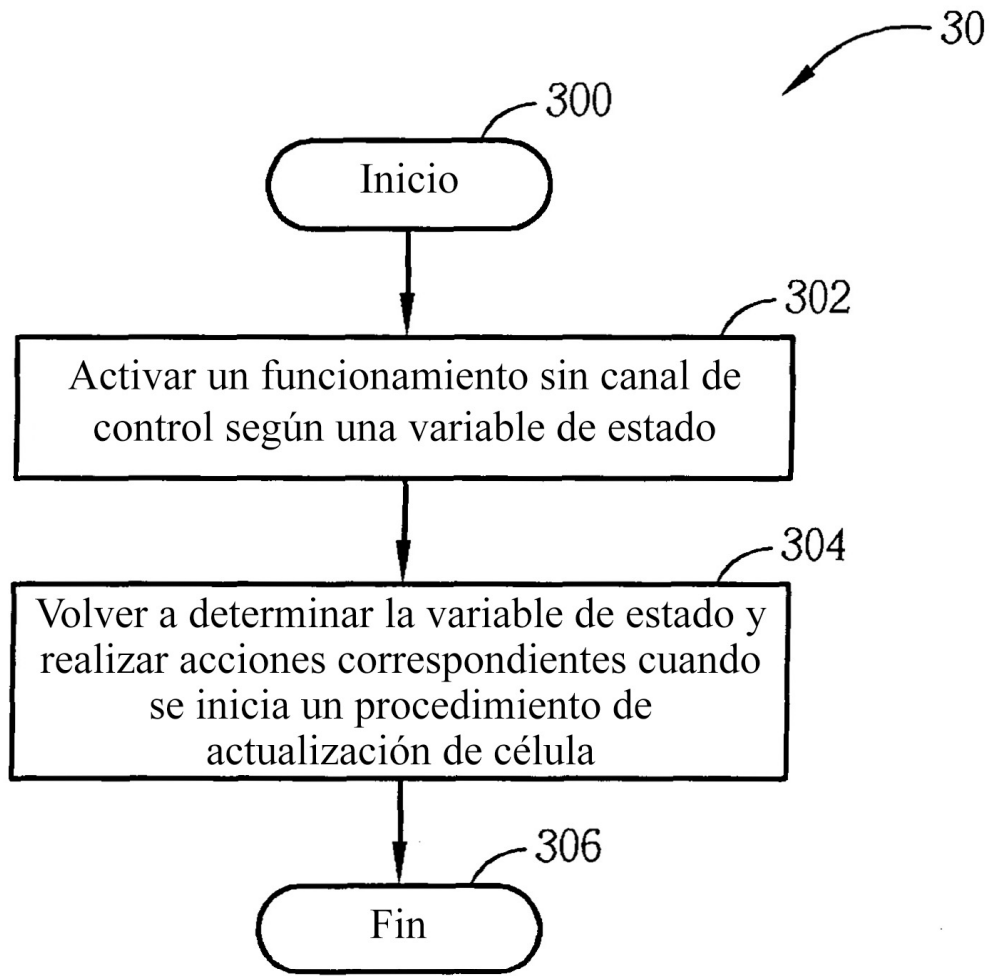


FIG. 3