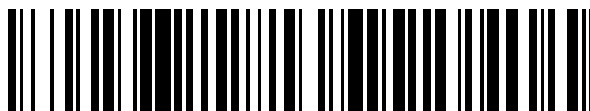


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 730**

51 Int. Cl.:

**H04W 40/00** (2009.01)

**H04B 10/00** (2013.01)

**H04W 4/00** (2008.01)

**H04W 52/02** (2009.01)

**H04W 88/08** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.02.2015 PCT/US2015/015790**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2015 WO15123506**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2015 E 15749690 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 3105968**

54 Título: **Sistema y método para la optimización del rendimiento en y a través de un sistema de antenas distribuidas**

30 Prioridad:

**13.02.2014 US 201461939650 P**

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

**29.05.2019**

73 Titular/es:

**DALI SYSTEMS CO. LTD. (100.0%)  
Maples Corporate Services Limited P.O. Box 309  
Ugland House South Church Street  
George Town KY1-1104, KY**

72 Inventor/es:

**STAPLETON, SHAWN PATRICK;  
TRAJKOVIC, SASA TRAIJO y  
WEBER, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

**MIR PLAJA, Mireia**

ES 2 714 730 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema y método para la optimización del rendimiento en y a través de un sistema de antenas distribuidas

5 **Campo técnico****Redes de comunicación****Antecedentes de la técnica**

10

El documento US2013114486 A1 da a conocer una red virtualizada de un sistema de antenas distribuidas (DAS) con varias unidades remotas digitales en las que se analiza la carga de tráfico.

**Sumario de la invención**

15

La invención se define en las reivindicaciones.

20

Realizaciones de la presente invención se refieren a redes de comunicaciones. Más particularmente, realizaciones de la presente invención proporcionan métodos y sistemas relacionados con la provisión y el funcionamiento de sistemas de antenas distribuidas (DAS). Meramente a título de ejemplo, la presente invención se ha aplicado a sistemas de antenas distribuidas. Otro ejemplo de la presente invención podría incluir un sistema de unidades de radiocomunicaciones distribuidas y configurables, conectadas por medio de un rúter a donantes que alimentan una Estación Base. Los métodos y sistemas descritos en la presente son aplicables a una variedad de sistemas de comunicaciones incluyendo sistemas que utilizan diversas normas de comunicaciones.

25

30

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un método para el funcionamiento de un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS). El método incluye proporcionar un conjunto de Unidades Remotas Digitales (DRUs) que se pueden hacer funcionar para enviar y recibir señales de radiocomunicaciones inalámbricas. Cada una del conjunto de DRUs está asociada a un área geográfica. El método incluye, también, proporcionar una Unidad de Acceso Digital (DAU) que se puede hacer funcionar para comunicarse con el conjunto de DRUs por medio de una señal óptica. La DAU está acoplada a por lo menos un sector de una estación transceptora base (BTS). El método incluye, además, recibir señales de enlace ascendente en una o más del conjunto de DRUs, y monitorizar la actividad ferroviaria en las áreas geográficas asociadas al conjunto de DRUs. El método incluye aumentar un coeficiente de ganancia asociado a una del conjunto de DRUs como respuesta a la determinación de un aumento de la actividad ferroviaria monitorizada en el área geográfica asociada a la mencionada del conjunto de DRUs, reducir un coeficiente de ganancia asociado a otra del conjunto de DRUs como respuesta a la determinación de una reducción de la actividad ferroviaria monitorizada en el área geográfica asociada a la otra del conjunto de DRUs, y transmitir, a la DAU, señales de enlace ascendente escaladas asociadas a la mencionada del conjunto de DRUs y a la otra del conjunto de DRUs.

40

45

De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporciona un sistema para el funcionamiento de un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS). El sistema incluye una pluralidad de Unidades Remotas Digitales (DRUs), cada una de ellas configurada para recibir señales de enlace ascendente de radiocomunicaciones, inalámbricas, y transmitir señales de enlace descendente de radiocomunicaciones, inalámbricas, y una pluralidad de Unidades de Acceso Digital (DAUs) interconectadas, configurada cada una de ellas para comunicarse con al menos una de la pluralidad de DRUs por medio de señales ópticas y estando acoplada cada una de ellas a por lo menos un sector de una estación base. El sistema incluye, también, una pluralidad de detectores, configurado cada uno de ellos para medir la potencia de enlace ascendente en una de la pluralidad de DRUs y un procesador acoplado a la pluralidad de detectores y configurado para variar coeficientes de ganancia para cada una de las señales de enlace ascendente de radiocomunicaciones, inalámbricas, como respuesta a la potencia de enlace ascendente medida.

50

55

60

De acuerdo con una realización específica de la presente invención, se proporciona un método para el funcionamiento de un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS). El método incluye proporcionar una pluralidad de Unidades Remotas Digitales (DRUs), configurada, cada una de ellas, para enviar y recibir señales de radiocomunicaciones inalámbricas, y proporcionar una pluralidad de Unidades de Acceso Digital (DAUs) interconectadas, configurada, cada una de ellas, para comunicarse con por lo menos una de la pluralidad de DRUs por medio de señales ópticas y estando acoplada cada una de ellas a por lo menos un sector de una estación base. El método incluye, también, proporcionar una pluralidad de sensores que se pueden hacer funcionar para detectar la actividad en cada una de la pluralidad de DRUs y desactivar una señal de enlace descendente de DRU en una de la pluralidad de DRUs como respuesta a una salida de uno de la pluralidad de sensores. El método incluye, además, activar una señal de enlace descendente de DRU en otra de la pluralidad de DRUs como respuesta a una salida de otro de la pluralidad de sensores.

Realizaciones de la presente invención se refieren a una configuración dinámica de los parámetros de unidades remotas digitales (DRUs) de la red DAS, de tal manera que los parámetros de la DRU se pueden modificar, a pesar de una arquitectura física fija. Uno de los ejemplos de unidades remotas digitales (DRU) es una unidad de radiocomunicaciones

configurable, con capacidad de encaminamiento integrada, situada en una ubicación remota con respecto a la estación base (BTS) o las unidades de banda base (BBU). Uno de los ejemplos de unidad de acceso digital (DAU) es una unidad de radiocomunicaciones configurable, con capacidad de encaminamiento integrada, ubicada conjuntamente con las estaciones base o Unidades de Banda Base. Este objetivo se puede lograr, por ejemplo, usando una pluralidad de unidades remotas digitales (DRUs) basadas en Sistema de Antenas Distribuidas (DAS). Cada DAS puede recibir recursos (por ejemplo, portadoras de RF, Bloques de Recursos de Evolución a Largo Plazo, códigos de Acceso Múltiple por División de Código o ranuras de tiempo de Acceso Múltiple por División de Tiempo) de una estación base central que incluye una pluralidad de sectores, y puede distribuir los recursos en una pluralidad de unidades remotas digitales (DRUs). Cada DRU puede actuar como una antena, que recibe y transmite señales, y proporciona, de este modo, cobertura de red a un área geográfica local alrededor de la DRU física. El DAS puede estar acoplado físicamente a la estación base y a la pluralidad de DRUs, por ejemplo, a través de un enlace de fibra óptica. De este modo, los recursos proporcionados por una estación base se pueden distribuir en una pluralidad de DRUs, proporcionando, así, cobertura sobre un área geográfica mayor.

Un DAS puede estar acoplado (por ejemplo, a través de otro enlace de fibra óptica) a otra u otras BTSs. Por lo tanto, el DAS también puede: (1) asignar parte de los recursos asociados a otra estación base (a la que se puede hacer referencia como sector) a las DRUs acopladas físicamente al DAS; y/o (2) asignar recursos, del sector acoplado físicamente al DAS para prestar servicio a DRUs acopladas físicamente a otro DAS. Esto puede permitir que un sistema asigne dinámicamente recursos de una pluralidad de sectores a una red de DRUs (por ejemplo, respondiendo a patrones geográficos y temporales en el uso del dispositivo), con lo cual se mejora la eficiencia del sistema y se cumplen objetivos deseados de capacidad y de caudal y/o necesidades de abonados inalámbricos.

El rendimiento de una red DAS se puede optimizar para entornos que presentan una actividad intermitente, por ejemplo a lo largo de una vía férrea. La actividad ferroviaria en cada DRU se puede sincronizar con la pluralidad de parámetros de DRU para mejorar el rendimiento y reducir los costes operativos. Aunque algunas realizaciones de la presente invención se ilustran en el contexto de aplicaciones ferroviarias, la presente invención no se limita a este sistema de transporte particular, y, dentro del alcance de la presente invención, se incluyen sistemas de transporte, que incluyen autopistas, carreteras, ríos y similares. Por lo tanto, aunque los trenes son un ejemplo de un sistema con el cual se pueden utilizar realizaciones de la presente invención, otros vehículos, incluyendo coches, camiones, barcos, aviones y similares, pueden beneficiarse de las realizaciones de la presente invención. Una persona con conocimientos habituales en la materia reconocerá muchas variaciones, modificaciones y alternativas.

Según una realización de la presente invención, se proporciona un sistema para optimizar el rendimiento en un Sistema de Antenas Distribuidas. El sistema incluye una pluralidad de Unidades Remotas Digitales (DRUs) configuradas para enviar y recibir señales de radiocomunicaciones inalámbricas y una pluralidad de Unidades de Acceso Digital (DAUs) interconectadas, configuradas, cada una de ellas, para comunicarse con por lo menos una de la pluralidad de DRUs por medio de señales ópticas, y estando acoplada cada una de ellas a por lo menos un sector. El sistema incluye, también, una pluralidad de detectores para medir la potencia de enlace ascendente en cada una de la pluralidad de DRUs, y un algoritmo que se puede hacer funcionar para desactivar o activar señales de enlace ascendente de DRU de una o más de la pluralidad de DRUs sobre la base de la potencia de enlace ascendente detectada por la pluralidad de detectores.

Cada uno de la pluralidad de detectores se puede implementar digitalmente usando procesamiento de señales o en forma de un dispositivo analógico discreto. Cada una de la pluralidad de DAUs se puede configurar para comunicarse con la por lo menos una de las DRUs enviando y recibiendo señales a través de por lo menos uno de una fibra óptica, un cable de Ethernet, un enlace de microondas con línea de visión directa, un enlace inalámbrico o un enlace por satélite. Las DRUs se pueden conectar en un bucle a una pluralidad de DAUs.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporciona un sistema para optimizar el rendimiento en un Sistema de Antenas Distribuidas. El sistema incluye una pluralidad de Unidades Remotas Digitales (DRUs) configuradas para enviar y recibir señales de radiocomunicaciones inalámbricas, y una pluralidad de Unidades de Acceso Digital (DAUs) interconectadas, configuradas, cada una de ellas, para comunicarse con por lo menos una de las DRUs por medio de señales ópticas, y estando acoplada, cada una de ellas, a por lo menos un sector. El sistema incluye, también, una pluralidad de sensores que se pueden hacer funcionar para detectar la actividad en cada una de la pluralidad de DRUs, y un algoritmo para desactivar y activar señales de enlace descendente de DRU y señales de enlace ascendente de DRU asociadas a cada una de la pluralidad de DRUs sobre la base, al menos en parte, de salidas de la pluralidad de sensores.

En una realización, cada una de la pluralidad de DAUs está configurada para comunicarse con la por lo menos una de las DRUs enviando y recibiendo señales a través de por lo menos uno de una fibra óptica, un cable de Ethernet, un enlace de microondas con línea de visión directa, un enlace inalámbrico, o un enlace por satélite. Cada una de las DAUs puede estar ubicada conjuntamente con el por lo menos un sector. Cada una de la pluralidad de DAUs puede estar conectada a una pluralidad de DRUs, por ejemplo, conectándose al menos parte de la pluralidad de DRUs en una configuración en cadena (*daisy chain*) o conectándose la pluralidad de DRUs a por lo menos una de la pluralidad de DAUs en una configuración de estrella.

De acuerdo con una realización específica de la presente invención, se proporciona un soporte de almacenamiento, no transitorio, legible por ordenador, que comprende una pluralidad de instrucciones legibles por ordenador incorporadas físicamente en el soporte de almacenamiento legible por ordenador, las cuales, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores de datos, proporcionan un encaminamiento de señales de red inalámbricas. La pluralidad de instrucciones incluye instrucciones que provocan que el procesador de datos descodifique una señal digital e instrucciones que provocan que el procesador de datos identifique una Unidad Remota Digital (DRU) sobre la base de la señal descodificada. La pluralidad de instrucciones incluye, también, instrucciones que provocan que el procesador de datos determine dinámicamente una asignación que empareja la DRU con uno o más sectores de Estación Transceptora Base, siendo determinada, al menos parcialmente, la asignación por discrepancias geográficas dinámicas en el uso de la red, e instrucciones que provocan que el procesador de datos transmita la señal digital al sector o sectores asignados.

Por medio de la presente invención se logran numerosas ventajas con respecto a técnicas convencionales. Por ejemplo, realizaciones de la presente invención permiten que una red responda eficazmente a una base de usuarios móviles que varía geográficamente. Por ejemplo, los usuarios concentrados en un tren atraviesan la red de DRUs por la vía férrea, y algunos recursos de DRU se pueden asignar de manera que presten servicio a este tren únicamente durante los periodos de tiempo en los que los usuarios están realmente en esta ubicación o que se prevé que estén en esta ubicación. De este modo, no hay necesidad de que un operario de red desperdicie recursos de DRU para proporcionar cobertura en otras secciones de la vía durante estos periodos, ni se debe degradar el rendimiento del sistema añadiendo ruido de DRUs no activas. Por el contrario, los recursos de DRU se pueden gestionar y controlar de manera flexible, mejorándose, así, la eficiencia, el uso, el rendimiento global y la economía de una red. Además, debido a esta eficiencia previsible, pueden permitirse aplicaciones y mejoras especializadas, tales como una difusión simultánea flexible, un equilibrado automático de la carga de tráfico, optimización de recursos de red y de radiocomunicaciones, calibración de la red, puesta en servicio autónoma/asistida, agrupación de portadoras, selección de frecuencia automática, posicionamiento de portadoras de radiofrecuencia, monitorización del tráfico, etiquetado del tráfico, conformación de tráfico, asignación de tráfico, gestión de tráfico y similares. También se pueden implementar realizaciones para prestar servicio a múltiples operadores, múltiples normas, unidades de radiocomunicaciones multi-modo (con independencia de la modulación) y múltiples bandas de frecuencia por operador, con el fin de incrementar la eficiencia y la capacidad de tráfico de las redes inalámbricas de los operadores.

Estas y otras realizaciones de la invención, junto con muchas de sus ventajas y características, se describen de forma más detallada en combinación con el siguiente texto y las figuras adjuntas.

### **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra un sistema de red inalámbrica que proporciona cobertura a un área geográfica de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 2 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra un sistema de red inalámbrica que comprende DAUs interconectadas, proporcionando la red cobertura a un área geográfica de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra un sistema de red inalámbrica que comprende DAUs interconectadas y múltiples hoteles de estaciones base, proporcionando la red cobertura a un área geográfica de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra un sistema de antenas distribuidas (DAS) que cubre una parte de una vía férrea de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 5 es un diagrama de flujo de alto nivel que ilustra un método de detección de actividad ferroviaria y de control de señales de Enlace Ascendente de DRU de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama de flujo de alto nivel que ilustra un método de detección de actividad ferroviaria y de activación y desactivación de transmisores de enlace descendente de DRU, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 7 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra una DAU de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 8 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra una DRU de acuerdo con una realización de la presente invención;

la FIG. 9 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra un sistema informático de acuerdo con una realización de la presente invención;

### Descripción detallada de realizaciones específicas

5

Los operadores de redes inalámbricas y de telefonía móvil hacen frente al desafío continuo de construir redes que gestionen de manera eficaz tasas elevadas de crecimiento del tráfico de datos y una distribución fluctuante del tráfico. Para garantizar que los clientes están satisfechos, los operadores de red intentan proporcionar redes que estén disponibles y funcionales en la mayoría de ubicaciones en las que se espera que sus clientes pueden usar sus dispositivos. Esta es una tarea complicada, ya que resulta difícil determinar cómo asignar geográficamente recursos, debido a la naturaleza impredecible de en qué lugares y cómo desearán usar sus dispositivos los usuarios.

10

La asignación de recursos de red se complica por la movilidad y la impredecibilidad de los usuarios. Por ejemplo, la configuración de una red para asignar de manera eficaz recursos de red inalámbricos a usuarios en un tren puede presentar desafíos (por ejemplo, con respecto a la capacidad inalámbrica y el caudal de datos disponibles) cuando el tren se desplaza a lo largo de la vía.

15

A los operadores de redes se les asigna la tarea de establecer una cobertura inalámbrica (por ejemplo, sistemas de comunicación celulares de telefonía móvil) sobre una o más áreas geográficas de gran tamaño. Tal como se describe de forma más detallada posteriormente, la división de un área geográfica en una pluralidad de células permite que un operador de red reutilice recursos (por ejemplo, el espectro) sobre células separadas geográficamente.

20

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra un sistema 100 de red inalámbrica que puede proporcionar cobertura a un área geográfica de acuerdo con una realización de la presente invención. El área geográfica de la FIG. 1 es a lo largo de una vía férrea 120. Aunque se han descrito realizaciones en referencia a un ejemplo de una vía férrea, resultará evidente que, en estas realizaciones, pueden aplicarse diversas modificaciones y cambios sin desviarse con respecto al espíritu y el alcance, más amplios, de la invención. El sistema 100 puede incluir un sistema de antenas distribuidas (DAS), el cual puede usar de manera eficiente recursos de estaciones base. Una o más estaciones base 105 (a las que se hace referencia también como estaciones transceptoras base (BTS)) pueden estar situadas en una ubicación central y/o en un hotel de estaciones base. Una o más estaciones base 105 pueden incluir una pluralidad de salidas o recursos de radiocomunicaciones independientes, conocidos como sectores 110. Cada sector 110 puede ser responsable de proporcionar recursos inalámbricos (por ejemplo, señales portadoras de RF, Bloques de Recursos de Evolución a Largo Plazo, códigos de Acceso Múltiple por División de Código, ranuras de tiempo de Acceso Múltiple por División de Tiempo, etcétera). Los recursos pueden incluir uno o más recursos que permitan que un dispositivo móvil inalámbrico de usuario envíe y reciba de forma eficaz e inalámbrica comunicaciones a través de una red. De este modo, los recursos pueden incluir uno o más recursos, tales como aquellos enumerados anteriormente, que permitan la codificación o descodificación de una señal de tal manera que se evite que la señal interfiera con o sufra interferencias por parte de otras señales inalámbricas.

25

30

35

40

Cada sector puede estar acoplado a una unidad de acceso digital (DAU) 115, que puede intercomunicar el sector 110 (y, por lo tanto, la estación base 105) con unidades remotas digitales (DRUs) instaladas a lo largo de la vía férrea 120. El acoplamiento puede representar un acoplamiento físico. Por ejemplo, una DUA 115 se puede conectar al sector 110 y/o la DRU 1 por medio de un cable, un enlace, fibra, un cable de RF, una fibra óptica, un cable de Ethernet, un enlace de microondas con o sin línea de visión directa, un enlace inalámbrico, un enlace por satélite, etcétera. En algunos casos, la DUA 115 se conecta al sector 110 por medio de un cable de RF. En algunos casos, la DUA 115 se conecta a una o más DRUs por medio de una fibra óptica o un cable de Ethernet. Un sector asociado 110 y la DUA 115 pueden estar ubicados cerca entre sí o en una misma ubicación. La DUA 115 puede convertir una o más señales, tales como señales ópticas, señales de RF, señales digitales, etcétera. La DUA 115 puede incluir un conversor de señales multidireccional, de tal manera que, por ejemplo, señales de RF se puedan convertir en señales ópticas, y señales ópticas en señales de RF, o para convertir señales entre un tipo de señal asociado a un sector y un tipo de señal asociado a una DRU. En una realización, la DUA 115 convierte señales de RF de enlace descendente de un sector en señales ópticas, y/o convierte señales ópticas de enlace ascendente de una DRU en señales de RF. La DUA 115 puede controlar también, o de manera alternativa, el encaminamiento de datos y/o señales entre sectores y DRUs, según se explica de forma más detallada posteriormente. La DUA 115 puede generar, recoger y/o almacenar estadísticas de tráfico, tales como el número de comunicaciones, llamadas, sesiones de acceso a la red y/o de comunicación, volúmenes de tráfico, datos de calidad de servicio, etcétera, entre el sector 110 y una o más DRUs.

45

50

55

60

Cada DUA 115 puede estar acoplada a una pluralidad de unidades remotas digitales (DRU). La pluralidad de DRUs puede estar acoplada a la 115 a través de, por ejemplo, una configuración en cadena o de bucle (acoplando indirectamente una DUA con una o más de DRUs) y/o en estrella (acoplando directamente una DUA a múltiples DRUs). La FIG. 1 muestra un ejemplo de configuraciones en cadena (*daisy chain*), en las que una DUA se acopla a una primera DRU directamente (por ejemplo, conexión directa desde la DUA 1 a la DRU 1), a una segunda DRU indirectamente (por ejemplo, conexión indirecta desde la DUA 1 a la DRU 2 a través de la DRU 1), a una tercera DRU indirectamente (por ejemplo, conexión indirecta desde la DUA 1 a la DRU 3 a través de las DRUs 1 y 2), etcétera. La FIG. 1 muestra,

también, un ejemplo de configuraciones en estrella, en las que una DAU se acopla a múltiples DRUs directamente (por ejemplo, conexiones directas desde la DAU 1 a la DRU 1 y la DRU 15).

5 Cada una de las DRUs puede proporcionar cobertura y capacidad dentro de un área geográfica que circunda físicamente la DRU. Las DRUs se pueden ubicar estratégicamente para proporcionar de manera eficiente una cobertura combinada sobre un área geográfica de mayor tamaño. Por ejemplo, las DRUs 1 se pueden ubicar, por ejemplo, a lo largo de una vía férrea, y/o áreas de cobertura asociadas a DRUs adyacentes pueden apenas solaparse. Una red puede incluir una pluralidad de células independientes que abarquen un área de cobertura total.

10 Tal como se ilustra en la FIG. 1, de la DRU 8 a la DRU 14 están conectadas en cadena entre sí, estando acoplada la DRU 8, por medio de una fibra óptica, a la DAU 1 (115). Debido a la arquitectura de conexión en cadena de esta realización, a medida que el tren se mueve a lo largo de la vía desde la célula asociada a la DRU 14 hacia la célula asociada a la DRU 8, las señales de enlace ascendente comunicadas a través de la DRU 14 son transportadas por la conexión en cadena hacia la DRU 8. En algunas implementaciones, el ruido asociado a las señales de enlace ascendente de cada una de las DRUs en la cadena se suma en la medida en la que las señales de enlace ascendente de las diversas DRUs se combinan cuando las señales de enlace ascendente se desplazan por la cadena hacia la DRU 8. Como consecuencia, para una señal de enlace ascendente recibida en la DRU 14, el ruido de cada una de las DRUs intermedias (DRU 13 a DRU 8) se combina con la señal original, reduciendo la relación de señal/ruido a medida que la señal de enlace ascendente se desplaza por la cadena.

20 Tal como se describe en la presente, para mejorar la relación de señal/ruido de las señales de enlace ascendente, en varias realizaciones las DRUs que no están en comunicación activa con el tren se desenfatan. Como ejemplo, la amplitud/potencia de las señales y el ruido asociados a DRUs que no están en comunicación activa con el tren se puede reducir cuando el nivel de comunicación con el tren es bajo y se puede aumentar para las DRUs en las proximidades del tren. Se proporciona una descripción adicional en relación con la reducción de la señal de ruido a través del control de las señales de enlace ascendente, por ejemplo, con respecto a la FIG. 4 más adelante. Además del control de las señales de enlace ascendente, las DRUs se pueden controlar para reducir la potencia asociada a señales de enlace descendente difundidas por DRUs que no están en comunicación activa con un tren. Por consiguiente, los balances de potencia y los costes operativos se pueden reducir mediante el control del tráfico de enlace ascendente y de enlace descendente en áreas en las que no hay presencia de tráfico ferroviario. Una persona con conocimientos habituales en la materia reconocerá muchas variaciones, modificaciones y alternativas.

30 En redes DAS convencionales, un primer conjunto de unidades remotas en una primera área geográfica se puede conectar a una primera BTS o a un primer sector de una BTS, y un segundo conjunto de unidades remotas en una segunda área geográfica se puede conectar a una segunda BTS o a un segundo sector de la BTS. En un entorno en el que hay personas comunicándose mientras un tren se está desplazando, las llamadas para los usuarios se traspasarán desde la primera BTS a la segunda BTS a medida que el tren se mueve de la primera área geográfica a la segunda área geográfica. Si el volumen de usuarios es elevado, el tráfico de mensajería pesado en el momento de los traspasos puede dar como resultado cortes de llamadas, velocidades de datos reducidas, y similares. Realizaciones de la presente invención proporcionan métodos y sistemas para paliar estos problemas asociados a sistemas convencionales.

40 En referencia a la FIG. 1, una de las ventajas proporcionadas por la red DAS ilustrada, con DRUs asociadas a un único sector de la BTS posicionadas a lo largo de la vía (por ejemplo, la DRU 1 a la DRU 7 se pueden conectar al Sector 1 (110)), es que, a medida que el tren se desplaza a lo largo de la vía desde la Célula 1 a la Célula 7, no son necesarios traspasos, reduciéndose el número de cortes de llamada e interrupciones en el servicio de datos. El sistema DAS digital ilustrado en la FIG. 1 proporciona DRUs posicionadas a lo largo de la vía de una manera en general lineal, por contraposición a las estructuras de células cerradas en las que las células se agrupan juntas en un patrón hexagonal que cubre un área de cobertura en general hexagonal/circular.

50 Debe indicarse que, aunque, en algunas realizaciones, se describe un único tren desplazándose a lo largo de las vías, se apreciará que múltiples trenes pueden estar desplazándose a lo largo de las vías al mismo tiempo y las descripciones en relación con un tren individual se pueden ampliar a múltiples trenes según resulte adecuado para la aplicación particular.

55 Cada célula se puede asignar a un sector 210. La FIG. 2, por ejemplo, muestra una realización en la que el Sector 1 proporciona recursos a las Células 15 a 21, el Sector 2 a las Células 1 a 7, y el Sector 3 a las Células 8 a 14. Un sector asociado puede proporcionar a cada DRU recursos, tales como portadoras de RF, bloques de recursos, etcétera. En una realización, cada uno de una pluralidad de sectores 210 está asociado a un conjunto de "canales" o intervalos de frecuencia. El conjunto de canales asociado a cada sector 210 puede ser diferente con respecto a un conjunto de canales asociado a otros sectores 2 y 3 en la estación base 205. Una red se puede configurar de tal manera que células vecinas estén asociadas a canales diferentes (por ejemplo, por asociación con sectores diferentes 210), tal como se muestra en la FIG. 2. Esto puede permitir la reutilización de canales sobre múltiples células sin el riesgo de crear interferencias.

En la realización mostrada en la FIG. 1, cada sector 110 está conectado a un subconjunto asociado de la totalidad de las DRUs de la red. De este modo, por ejemplo, los recursos (por ejemplo, canales asignados) del Sector 1 no pueden ser usados por una DRU ubicada en la Célula 8 sin una modificación física del hardware de la red (por ejemplo, reencaminando una fibra óptica). Esta limitación se evita con la realización que se muestra en la FIG. 2. Específicamente, pueden asignarse dinámicamente DRUs a sectores 210 basándose en una interconexión entre DAUs 215. De este modo, por ejemplo, las DRUs 8-14 en la Célula 8 a 14 se pueden asignar todas ellas, inicialmente, al Sector 3. (FIG. 2). Posteriormente, la DRU 7 se puede asignar al Sector 3 y la DRU 4 se puede asignar al Sector 1. En tales casos, las señales destinadas a la DRU 7 pueden pasar desde el Sector 2 a través de la DAU 2 y a través de la DAU 3. De manera similar, las señales pueden pasar desde la DRU 14 a través de la DAU 3 y la DAU 1 al Sector 1. De esta manera, un sector se puede conectar indirectamente con un subconjunto más grande de DRUs en una red o con todas las DRUs en una red. Las comunicaciones entre DAUs pueden estar controladas, particularmente, por uno o más servidores 225, según se explica de forma más detallada posteriormente.

Las DAUs 210 pueden estar conectadas física y/o virtualmente. Por ejemplo, en una realización, las DAUs 210 se conectan por medio de un cable o fibra (por ejemplo, una fibra óptica, un cable de Ethernet, un enlace de microondas con o sin línea de visión directa, un enlace inalámbrico o un enlace por satélite). En una realización, una pluralidad de DAUs 210 está conectada a una red inalámbrica, lo cual permite transmitir información desde una DAU 210 a otra DAU 210 y/o permite transmitir información desde o/hacia una pluralidad de DAUs 210.

Tal como se muestra en la FIG. 3, un sistema multi-operador o un sistema con múltiples estaciones base de un operador o una combinación de las dos opciones puede incluir múltiples estaciones base (o múltiples hoteles de estaciones base) 305. Se define un escenario de Anfitrión Neutral cuando coexisten múltiples operadores en la misma infraestructura y el sistema es alojado por uno de los operadores o por un tercero. Diferentes estaciones base 305 pueden estar asociadas a bandas de frecuencia diferentes, sin solapamiento, solapadas o iguales. Las estaciones base 305 se pueden interconectar, por ejemplo, para prestar servicio a un área geográfica. La interconexión puede incluir una conexión directa que se extiende entre las estaciones base (por ejemplo, un cable) o una conexión indirecta (por ejemplo, cada estación base conectando con una DAU, estando conectadas directamente entre sí las DAUs). Un número mayor de estaciones base puede hacer que aumente la posibilidad de añadir capacidad para una célula dada. Las estaciones base 305 pueden representar operadores de redes inalámbricas independientes y/o múltiples normas (WCDMA, LTE, etcétera), y/o pueden representar la provisión de portadoras de RF adicionales así como una capacidad de banda base adicional. En algunas realizaciones, se combinan señales de estaciones base antes de que las mismas se conecten a una DAU, tal como puede ocurrir para una aplicación de Anfitrión Neutral. En uno de los casos, según se muestra en la FIG. 3, sectores de la BTS 1 se acoplan directamente a las mismas DAUs y/o DRUs que están acopladas directamente a sectores para la BTS N. En algunos otros casos, uno o más sectores de BTS diferentes se pueden acoplar directamente a DAUs no compartidas por sectores de otra u otras DAUs.

La FIG. 4 es un diagrama que ilustra un sistema de antenas distribuidas (DAS) que cubre una parte de una vía férrea de acuerdo con una realización de la presente invención. Tal como se ilustra en la FIG. 4, este diagrama esquemático de alto nivel ilustra un sistema de red inalámbrica que comprende DRUs conectadas en cadena (*daisy chained*), escalándose y sumándose las señales de Enlace Ascendente de cada DRU, y con la red proporcionando cobertura a un área geográfica. En este ejemplo, la DRU 15 a la DRU 21 que cubren las células 15 a 21 se asignan al Sector 1. En función del hardware y la arquitectura de la red, las señales de las DRUs 15-21 se encaminan a la DAU 1. La DAU 1 combina las señales de enlace ascendente de la DRU 15-21 ó recibe señales que se combinan, a su vez, en cada una de las DRUs. En esta realización, la DAU 1 asocia coeficientes de ganancia {  $\alpha$ ,  $\beta$ , ... $\delta$  } para cada una de las DRUs respectivas {15,16...21} asignadas a la DAU 1. Los coeficientes de ganancia se usan para escalar las señales de enlace ascendente. La siguiente ecuación muestra cómo se combinan las señales de enlace ascendente de las DRUs k a N (por ejemplo, 15-21) para proporcionar señales de enlace ascendente escaladas que se transmiten a la DAU 1.

$$\sum_{DRU_k}^N DRU = \alpha \cdot DRU_k + \beta \cdot DRU_{k+1} + \dots \delta \cdot DRU_N$$

Los coeficientes de ganancia son ajustables de cero a uno, proporcionando un control individual sobre las señales que están en enlace ascendente usando cada DRU. En algunas realizaciones, a la suma de las señales de enlace ascendente escaladas de las DRUs se le puede hacer referencia como señal de enlace ascendente escalada, la cual se recibe en la DAU. Además del control de enlace ascendente, en algunas realizaciones se proporciona un control de enlace descendente. Como ejemplo, a medida que un tren se mueve de la Célula 15 hacia la Célula 21, inicialmente la Célula 15 se encuentra a toda potencia (es decir,  $\alpha = 1$ ) y la Célula 21 está desactivada ( $\delta = 0$ ). Las células entre la Célula 15 y la Célula 21 se encuentran en niveles entre cero y uno. A medida que el tren se mueve hacia la Célula 21, los coeficientes de ganancia se ajustan reduciendo  $\alpha$  y aumentando  $\delta$  para adaptar la ganancia asociada a las DRUs a la posición del tren en movimiento.

Un tren contiene una alta densidad de usuarios móviles. A medida que este grupo de usuarios móviles se desplaza a lo largo de la vía, se activan diferentes DRUs. No obstante, la señal de Enlace Ascendente presentada a la BTS 405

comprende la adición de todas las DRUs conectadas a la DAU 1. Incluso si una DRU no experimenta ninguna actividad, la misma contribuirá al ruido de fondo total cuando todos los coeficientes de ganancia se fijen a la unidad. De este modo, el sistema DAS de la FIG. 4 puede modificar los coeficientes de ganancia subiendo o bajando (o activando o desactivando) los canales de Enlace Ascendente de las DRUs en función de la actividad ferroviaria en sus emplazamientos respectivos. Las DRUs sin ninguna actividad se pueden apagar con el fin de reducir la contribución de ruido asociada a dichas DRUs inactivas. Tal como se ha descrito anteriormente, además del control de los canales de enlace ascendente, se puede implementar un control de canales de enlace descendente para reducir el consumo de potencia de DRUs que no se encuentran en comunicación activa con el tren y los costes operativos resultantes.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método de control de la ganancia de enlace ascendente de DRU de acuerdo con una realización de la presente invención. En esta realización, se proporciona un algoritmo de optimización del rendimiento para la red DAS junto a la vía férrea. En el bloque funcional 505, las DRUs se asignan a varias DAUs. Como ejemplo, DRUs conectadas a una DAU usando una fibra óptica se pueden asignar a la DAU a la cual están conectadas. Las DAUs se conectan a sectores en las Estaciones Transceptoras Base (BTSS). El bloque funcional 510 asigna un subconjunto de las DRUs a una sección de la vía férrea. Esta asignación relaciona la ubicación geográfica de las células asociadas a las DRUs con sus ubicaciones a lo largo de la vía. La red de DRUs, DAUs y BTSS se configura y las asignaciones se almacenan en memoria (515).

Las señales de enlace descendente de los sectores de BTS se encaminan a las DAUs asignadas y, posteriormente, a las DRUs (520). Las señales de enlace ascendente de DRU recibidas en las DRUs se encaminan a la DAU asignada en correspondencia al subconjunto de DRUs asignadas a la DAU. Las señales de enlace ascendente de las DRUs se escalan con un coeficiente de ganancia y, a continuación, se combinan y se alimentan al sector correspondiente a esa BTS específica, en el bloque funcional 525. Tal como se ha descrito anteriormente, las DRUs inactivas pueden contribuir con ruido a las señales de enlace ascendente, degradando así el rendimiento global del sistema. El bloque funcional 530 monitoriza la actividad ferroviaria en cada DRU respectiva, a la que se hace referencia como DRU<sub>k</sub>.

El monitorizador de actividad ferroviaria puede ser un sensor (por ejemplo, un monitorizador externo) que detecta el movimiento del tren a lo largo de la vía, o podría ser una medición de la intensidad de la señal celular o la actividad de datos celular en un área geográfica. Un monitorizador se puede implementar usando el procesamiento de señales dentro de la DRU, por ejemplo, basándose en la intensidad de la señal de enlace ascendente. Un monitorizador externo podría ser un detector óptico, un detector de vibraciones, un detector de radar, etcétera. En algunas realizaciones, se utilizan horarios de trenes para proporcionar entradas al sistema, aportando de manera eficaz entradas de monitorización. En otras realizaciones, como entrada de monitorización se puede utilizar la comunicación proveniente del tren (por ejemplo, una posición GPS difundida), en lugar de o en combinación con otros monitorizadores. Una persona con conocimientos habituales en la materia reconocerá muchas variaciones, modificaciones y alternativas.

El monitorizador de actividad ferroviaria se situará en estado activo cuando un tren atraviese una célula de DRU que proporciona cobertura a un área geográfica. Esto será una indicación de que la DRU experimentará momentáneamente un número elevado de usuarios móviles cuando el tren entre en el área geográfica asociada a la DRU. En algunas realizaciones, se fijará un umbral para el monitorizador de actividad ferroviaria. Aunque se han descrito realizaciones en referencia a un ejemplo de activación de un umbral, resultará evidente que, en estas realizaciones, se pueden aplicar diversas modificaciones y cambios.

Si el monitorizador de actividad ferroviaria indica que la actividad está aumentando (o se sitúa por encima de la fijación de un umbral), entonces el coeficiente de ganancia correspondiente a esa DRU realizará una transición hacia la unidad (540). Esto conectará efectivamente la DRU con el sector de BTS dado, por medio de la DAU. Si el monitorizador de actividad ferroviaria indica que la actividad se está reduciendo (o que cae por debajo del umbral), entonces el coeficiente de ganancia de enlace descendente de DRU correspondiente a esa DRU realizará una transición hacia cero (550). Esto hará que se reduzca la contribución de ruido proveniente de aquellas DRUs que no tienen ningún usuario móvil activo pasando a través de sus células.

En el diagrama de flujo 500 se muestra un bucle cerrado, por el cual los monitorizadores de actividad ferroviaria se analizan o comparan de manera continua o regular con el umbral, y los coeficientes de ganancia se ajustan en consecuencia. En algunas realizaciones, el bucle cerrado vuelve al bloque 530 después del punto de decisión 535 y de los ajustes de ganancia en los bloques 540 ó 550.

De este modo, el monitorizador/los sensores de actividad ferroviaria están configurados para proporcionar datos que son utilizados por el sistema con el fin de controlar el funcionamiento de las DRUs según se describe en la presente. Tal como se ilustra con el funcionamiento que se describe en relación con la FIG. 5, algunas realizaciones aumentan/reducen los coeficientes de ganancia en pasos pequeños o de manera continua para variar la ganancia entre valores de cero y uno. Como ejemplo, a medida que un tren se aproxima a una DRU, la ganancia se puede subir gradualmente, alcanzando un máximo en uno cuando el tren está adyacente a la DRU y, a continuación, bajando gradualmente la ganancia a medida que el tren sale del área de la DRU. De este modo, algunas realizaciones utilizan una escala que aumenta/reduce la ganancia como respuesta a aumentos/reducciones de la actividad ferroviaria. En



otras realizaciones, la actividad ferroviaria se compara con un umbral. Si se supera el umbral, la ganancia de enlace ascendente de DRU se fija a la unidad. Si la actividad no supera el umbral, la ganancia de enlace ascendente de DRU se fija a cero. Una persona con conocimientos habituales en la materia reconocerá muchas variaciones, modificaciones y alternativas.

5

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de una realización del algoritmo de optimización de rendimiento para la red DAS junto a la vía férrea. El diagrama de flujo 600 tiene una funcionalidad similar al diagrama de flujo 500, con la excepción de que los transmisores y receptores de DRU se controlarán (por ejemplo, desactivarán y activarán) en función del monitorizador de la actividad ferroviaria. El objetivo principal de la desactivación de los transmisores y receptores de DRU es disminuir los costes operativos y disminuir las interferencias con Macro BTSs en células vecinas. En algunas realizaciones, el trayecto de enlace descendente de DRU no se desactiva, sino que se reduce su potencia en función de la actividad ferroviaria que se está monitorizando. En estas realizaciones, la actividad ferroviaria se monitoriza (630) de una manera periódica o con otra dependencia temporal. Si la actividad ferroviaria está aumentando, entonces la potencia asociada al transmisor de enlace ascendente se aumenta hacia una potencia máxima (de manera similar al bloque 640). Si la actividad ferroviaria se está reduciendo, entonces la potencia asociada al transmisor de enlace descendente se reduce hacia cero (de manera similar al bloque 650). De este modo, los bloques 540 y 550 ilustrados en la FIG. 5 pueden sustituir a los bloques 640 y 650 de la FIG. 6. Asimismo, los bloques 640 y 650 ilustrados en la FIG. 6 pueden sustituir a los bloques 540 y 550 de la FIG. 5 tal como se ha descrito anteriormente.

10

15

20

La FIG. 7 ilustra componentes de una DAU 700 de acuerdo con una realización de la invención. La DAU 700 puede incluir un rúter (es decir, el Rúter Local 705). La DAU 700 puede incluir uno o más puertos 715 y 720. Los puertos 715 y 720 pueden permitir, por ejemplo, que la DAU se conecte a Internet y/o a una Unidad de Anfitrión o a un servidor 725. El servidor 725 puede configurar, al menos parcialmente, la DAU y/o controlar el encaminamiento de las señales entre diversos puertos del Rúter Local. El servidor 725 puede ser controlado, por ejemplo, al menos parcialmente, por un control remoto 730 de funcionamiento (por ejemplo, para fijar condiciones de reasignación, identificar asignaciones, almacenar asignaciones, introducir configuraciones de red, recibir/recoger/analizar uso de la red, etcétera).

25

La DAU 700 puede incluir uno o más nodos físicos 710, los cuales se pueden acoplar al Rúter Local 705 por medio de uno o más puertos 735 del primer extremo. Cada nodo físico 710 puede incluir uno, dos o más puertos, tales como los puertos del primer extremo, cada uno de los cuales puede permitir la recepción por o la transmisión desde la DAU 700, de señales (por ejemplo, señales de RF y/o señales desde/hacia un sector). En algunas realizaciones, una pluralidad de nodos físicos 710 incluye, cada uno de ellos, un Puerto 712 de enlace descendente y un Puerto 713 de enlace ascendente. En algunas realizaciones, un nodo físico 710 también puede incluir un Puerto de enlace ascendente adicional, por ejemplo, para gestionar una conexión con diversidad. Los puertos de salida (por ejemplo, el Puerto 712 de enlace descendente y el Puerto 713 de enlace ascendente) pueden estar acoplados a uno o más puertos (por ejemplo, puertos de RF) de una estación base. De este modo, la DAU 700 puede estar acoplada físicamente a una estación base.

30

35

El Rúter Local 705 puede incluir uno o más puertos 740 del segundo extremo, los cuales pueden acoplar la DAU 700 a una o más DRUs o DAUs, por ejemplo, por medio de una fibra óptica, un cable de Ethernet, una conexión de microondas con o sin línea de visión directa, etcétera). Los puertos 740 del segundo extremo pueden incluir puertos LAN o PEER. Los puertos 740 del segundo extremo se pueden configurar para enviar y/o recibir señales, tales como señales digitales y/u ópticas. En una realización, por lo menos un puerto 740 del segundo extremo acopla la DAU 700 a otra DAU, y por lo menos un puerto 740 del segundo extremo acopla la DAU 700 a una DRU. El rúter local también codifica las señales para su transporte a través del enlace óptico, al mismo tiempo que descodifica las señales ópticas provenientes del enlace óptico. Los Nodos Físicos llevan a cabo la función de trasladar las señales de RF a banda base o trasladar las señales de banda base a RF. La DAU puede monitorizar el tráfico en los diversos puertos, y, o bien encaminar esta información a un servidor o bien almacenar esta información localmente.

40

45

La FIG. 8 ilustra componentes de una DRU 800 de acuerdo con una realización de la invención. La DRU 800 puede incluir un rúter (es decir, el Rúter Remoto 805). La DRU puede incluir un puerto 810 de red, el cual puede permitir que la DRU 800 se acople (por medio de un Conmutador 815 de Ethernet) a una red (por ejemplo, inalámbrica). A continuación, a través de la red, la DRU 800 puede tener la posibilidad de conectarse a un ordenador 820. De este modo, puede establecerse una conexión remota con la DRU 800.

50

55

El Rúter Remoto 805 puede ser configurado por un servidor, tal como el servidor 130, el servidor 725, un servidor conectado a una o más DAUs, y/o cualquier otro servidor. El puerto 810 de red se puede usar como Punto de Acceso Inalámbrico para la conexión a Internet. La conexión de Internet se puede establecer, por ejemplo, en la DAU, y el tráfico de Internet puede formar parte del transporte de datos entre los Nodos Físicos de DRUs y los Nodos Físicos de DAU.

60

La DRU 800 puede incluir uno o más nodos físicos 825. Cada nodo físico 825 puede incluir uno, dos o más puertos, tales como los puertos 830 del primer extremo, cada uno de los cuales puede permitir la recepción por o la transmisión desde la DRU 800, de señales (por ejemplo, señales de RF y/o señales de dispositivos móviles). En algunas

5 realizaciones, una pluralidad de nodos físicos 825 incluye, cada uno de ellos, uno o más puertos configurados para enviar/recibir señales (por ejemplo, señales de RF) desde/hacia la DRU 800. Los puertos pueden incluir, por ejemplo, un Puerto 827 de enlace descendente y un Puerto 828 de enlace ascendente. En algunas realizaciones, existe un puerto de Enlace Ascendente adicional para gestionar una conexión con diversidad. Los puertos de nodos físicos (por ejemplo, el Puerto 827 de salida de enlace descendente y el Puerto 828 de salida de enlace ascendente) pueden estar conectados a una o más antenas (por ejemplo, antenas de RF), de tal manera que puedan recibirse señales desde y/o transmitirse señales hacia, por ejemplo, dispositivos inalámbricos móviles.

10 El Rúter Remoto 805 puede incluir uno o más puertos 835 del segundo extremo, los cuales pueden acoplar la DRU 800 a una o más DAUs o DRUs. Los puertos 835 del segundo extremo pueden incluir puertos LAN o PEER, los cuales pueden acoplar (por ejemplo, físicamente) la DRU 800 a una o más DAUs o DRUs por medio de una fibra óptica, cable de Ethernet, o una conexión de microondas con o sin línea de visión directa.

15 Debe apreciarse que las etapas específicas ilustradas en las FIGS. 5 y 6 proporcionan métodos particulares de acuerdo con una realización de la presente invención. En función de realización alternativas también pueden realizarse otras secuencias de etapas. Por ejemplo, realizaciones alternativas de la presente invención pueden llevar a cabo las etapas expresadas anteriormente en un orden diferente. Por otra parte, las etapas individuales ilustradas en las FIGS. 5 y 6 pueden incluir múltiples subetapas que se pueden llevar a cabo en diversas secuencias según resulte adecuado para la etapa individual. Además, pueden añadirse o eliminarse etapas adicionales en función de las aplicaciones particulares.

20 Alguien con conocimientos habituales en la materia reconocerá muchas variaciones, modificaciones y alternativas.

Los métodos mostrados en las FIGS. 5 y 6 ó que se describen en cualquier otro lugar se pueden llevar a cabo por medio de una variedad de dispositivos o componentes. Por ejemplo, algunos procesos se pueden realizar únicamente de manera parcial con una o más DAUs. Algunos procesos se pueden realizar únicamente de manera parcial con un ordenador remoto, por ejemplo, acoplado a una o más DAUs. Algunos procesos se pueden realizar con una o más DRUs. En algunas realizaciones, el proceso mostrado o descrito se puede llevar a cabo por medio de múltiples dispositivos o componentes (por ejemplo, por medio de múltiples DAUs, por medio de una DAU y un servidor remoto, por medio de una o más DRUs y una DAU, etcétera).

25 Las realizaciones antes descritas se pueden implementar, por ejemplo, con estaciones base distribuidas, sistemas de antenas distribuidas, repetidores distribuidos, unidades de radiocomunicaciones remotas, equipos móviles y terminales inalámbricos, dispositivos inalámbricos portátiles, y/u otros sistemas de comunicación inalámbrica, tales como comunicaciones por microondas y por satélite. Son posibles muchas variaciones. Por ejemplo, realizaciones que incluyen una única estación base se pueden aplicar en sistemas que incluyen múltiples estaciones base, interconectadas. Las realizaciones se pueden modificar para sustituir las configuraciones de conexión en cadena (*daisy chain*) con configuraciones en estrella o a la inversa, o para ampliar una configuración de conexión en cadena a bucles. Realizaciones que muestran un único servidor (por ejemplo, conectado a una pluralidad de DAUs) se pueden modificar de manera que incluyan una pluralidad de servidores (por ejemplo, cada uno de ellos conectado a una DAU diferente o conectado a todas las DAUs).

30 La FIG. 9 es un diagrama esquemático de alto nivel que ilustra un sistema informático 900 que incluye instrucciones para llevar a cabo una cualquiera o más de las metodologías descritas en la presente. Uno o más de los componentes antes descritos (por ejemplo, la DAU 115, la DRU 1, el servidor 130, el servidor 725, el ordenador 920, etcétera) pueden incluir parte o la totalidad del sistema informático 900. El sistema 900 también puede llevar a cabo la totalidad o parte de uno o más métodos descritos en la presente. La FIG. 9 está destinada solamente a proporcionar una ilustración generalizada de varios componentes, pudiéndose utilizar cualquiera o la totalidad de los mismos según resulte adecuado. Por lo tanto, la FIG. 9 ilustra de manera amplia cómo se pueden implementar elementos del sistema individuales de una manera relativamente independiente o relativamente más integrada.

35 El sistema informático 900 se muestra de manera que comprende elementos de hardware que se pueden acoplar eléctricamente por medio de un bus 905 (o pueden estar en comunicación de algún otro modo, según resulte adecuado). Los elementos de hardware pueden incluir uno o más procesadores 910, incluyendo, sin carácter limitativo, uno o más procesadores de propósito general y/o uno o más procesadores de propósito especial (tales como chips de procesado digital de la señal, procesadores gráficos de aceleración, y/o similares); uno o más dispositivos 915 de entrada, los cuales pueden incluir, sin carácter limitativo, un ratón, un teclado y/o similares; y uno o más dispositivos 920 de salida, los cuales pueden incluir, sin carácter limitativo, un dispositivo de visualización, una impresora y/o similares.

40 El sistema informático 900 puede incluir (y/o estar en comunicación con), además, uno o más dispositivos 925 de almacenamiento, los cuales pueden comprender, sin carácter limitativo, unos medios de almacenamiento locales y/o accesibles por red, y/o pueden incluir, sin carácter limitativo, una unidad de disco, una matriz de unidades de disco, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento de estado sólido, tal como una memoria de acceso aleatorio ("RAM") y/o una memoria de solo lectura ("ROM"), que pueden ser programables, actualizables *flash* y/o similares. Dichos dispositivos de almacenamiento se pueden configurar para implementar cualesquiera medios

adecuados de almacenamiento de datos, incluyendo, sin carácter limitativo, diversos sistemas de archivos, estructuras de bases de datos, y/o similares.

5 El sistema informático 900 también podría incluir un subsistema 930 de comunicaciones, el cual puede incluir, sin carácter limitativo, un módem, una tarjeta de red (inalámbrica o por cable), un dispositivo de comunicaciones ópticas, un dispositivo de comunicaciones por infrarrojos, un dispositivo de comunicaciones inalámbricas y/o un dispositivo *chipset* (tal como un dispositivo Bluetooth, un dispositivo WiFi (802.11), un dispositivo WiMax (802.16), un dispositivo *zigbee* (802.15), mecanismos de comunicación celulares, etcétera), y/o similares. El subsistema 930 de comunicaciones puede permitir el intercambio de datos con una red (tal como la red que se describe posteriormente, por nombrar un ejemplo),  
10 otros sistemas informáticos y/o cualesquiera otros dispositivos descritos en la presente. En muchas realizaciones, el sistema informático 900 comprenderá, además, una memoria 935 de trabajo, la cual puede incluir un dispositivo RAM o ROM, según se ha descrito anteriormente.

15 El sistema informático 900 también puede comprender elementos de software, que se muestran como localizados actualmente dentro de la memoria 935 de trabajo, incluyendo un sistema operativo 940, controladores de dispositivos, bibliotecas ejecutables, y/u otro código, tal como uno o más programas 945 de aplicación, los cuales pueden comprender programas de ordenador proporcionados por diversas realizaciones, y/o se pueden diseñar para implementar métodos, y/o configurar sistemas, proporcionados por otras realizaciones, según se describe en la presente. Meramente a título de ejemplo, uno o más procedimientos descritos con respecto al(a los) método(s)  
20 descrito(s) anteriormente se podrían implementar en forma de código y/o instrucciones ejecutables por un ordenador (y/o un procesador dentro de un ordenador); entonces, en un aspecto, dicho código y/o instrucciones se pueden usar para configurar y/o adaptar un ordenador de propósito general (u otro dispositivo) para llevar a cabo una o más operaciones de acuerdo con los métodos descritos.

25 Un conjunto de estas instrucciones y/o código se podría almacenar en un soporte de almacenamiento legible por ordenador, tal como el(los) dispositivo(s) 925 de almacenamiento antes descrito(s). En algunos casos, el soporte de almacenamiento se podría incorporar dentro de un sistema informático, tal como el sistema 900. En otras realizaciones, el soporte de almacenamiento podría ser independiente de un sistema informático (por ejemplo, un soporte extraíble, tal como un disco compacto), y/o se podría proporcionar en un paquete instalable, de tal manera que el soporte de  
30 almacenamiento se puede usar para programar, configurar y/o adaptar un ordenador de propósito general con las instrucciones/código almacenados en el mismo. Estas instrucciones podrían adoptar la forma de código ejecutable, el cual es ejecutable por el sistema informático 900, y/o podrían adoptar la forma de código fuente y/o instalable, el cual, tras compilación y/o instalación en el sistema informático 900 (por ejemplo, usando cualquiera de una variedad de compiladores, programas de instalación, utilidades de compresión/descompresión, etcétera, disponibles de manera  
35 general), adopta, entonces, la forma de código ejecutable.

Se pondrá de manifiesto para aquellos versados en la materia que pueden aplicarse variaciones sustanciales en función de requisitos específicos. Por ejemplo, también se podría usar hardware personalizado, y/o se podrían implementar  
40 elementos particulares en hardware, software (incluyendo software portable, tales como miniaplicaciones, etcétera), o en ambas opciones. Además, se puede utilizar una conexión a otros dispositivos informáticos, tales como dispositivos de entrada/salida de red.

Tal como se ha mencionado anteriormente, en un aspecto, algunas realizaciones pueden utilizar un sistema informático (tal como el sistema informático 900) para llevar a cabo métodos de acuerdo con varias realizaciones de la invención. Según un conjunto de realizaciones, parte o la totalidad de los procedimientos de dichos métodos es llevada a cabo por  
45 el sistema informático 900 como respuesta a la ejecución, por parte del procesador 910, de una o más secuencias de una o más instrucciones (que podrían estar incorporadas en el sistema operativo 940 y/u otro código, tal como un programa 945 de aplicación) contenidas en la memoria 935 de trabajo. Dichas instrucciones se pueden leer de otro soporte legible por ordenador, tal como uno o más del(de los) dispositivo(s) 925 de almacenamiento, hacia la memoria  
50 935 de trabajo. Meramente a título de ejemplo, la ejecución de las secuencias de instrucciones contenidas en la memoria 935 de trabajo podría provocar que el(los) procesador(es) 910 llevase(n) a cabo uno o más procedimientos de los métodos descritos en la presente.

Las expresiones “soporte legible por máquina” y “soporte legible por ordenador”, según se usan en la presente, se refieren a cualquier soporte que participe en la provisión de datos que provoquen que una máquina funcione de una  
55 manera específica. Soporte legible por máquina y soporte de almacenamiento no se refieren a señales propagadas transitorias. En una realización que se implementa usando el sistema informático 900, podrían verse involucrados varios soportes legibles por ordenador en la provisión de instrucciones/código al(a los) procesador(es) 910 para su ejecución y/o los mismos se podrían usar para almacenar dichas instrucciones/código. En muchas implementaciones, un soporte legible por ordenador es un soporte de almacenamiento físico y/o tangible. Un soporte de este tipo puede adoptar la  
60 forma de unos soportes no volátiles o soportes volátiles. Los soportes no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos y/o magnéticos, tales como el(los) dispositivo(s) 925 de almacenamiento. Los soportes volátiles incluyen, sin carácter limitativo, memoria dinámica, tal como la memoria 935 de trabajo.

Las formas comunes de soportes legibles por ordenador físicos y/o tangibles incluyen, por ejemplo, un disco *floppy*, un disco flexible, un disco duro, cinta magnética, o cualquier otro soporte magnético, un CD-ROM, cualquier otro soporte óptico, tarjetas perforadas, cinta perforada, cualquier otro soporte físico con patrones de agujeros, una RAM, una PROM, una EPROM, una FLASH-EPROM, cualquier otro chip o cartucho de memoria, etcétera.

5

La informática basada en la nube es otro de los ejemplos de una realización del sistema informático 900.

Las realizaciones descritas en la presente se pueden implementar en un entorno operativo que comprenda software instalado en cualquier dispositivo programable, en hardware, o en una combinación de software y hardware. Aunque se han descrito realizaciones en referencia a realizaciones de ejemplo específicas, resultará evidente que, en estas realizaciones, se pueden aplicar diversas modificaciones y cambios. Por consiguiente, la memoria descriptiva y los dibujos deben considerarse en un sentido ilustrativo, más que limitativo.

10

Aunque se han descrito realizaciones de la presente invención en relación con redes DAS digitales, la presente invención no se limita a implementaciones digitales, y realizaciones de la presente invención son aplicables a redes DAS analógicas. En estas implementaciones analógicas, se utilizan unidades remotas analógicas que reciben señales inalámbricas en el trayecto de enlace ascendente y transmiten señales analógicas a una unidad anfitriona analógica. En algunas realizaciones analógicas, las unidades remotas analógicas se pueden conectar a la unidad anfitriona analógica usando una configuración en estrella en la cual la unidad anfitriona se conecta individualmente a cada unidad remota analógica usando una conexión adecuada, por ejemplo, una conexión de datos analógicos sobre fibra (*analog over fiber*). Alguien con conocimientos habituales en la materia reconocerá muchas variaciones, modificaciones y alternativas.

15

20

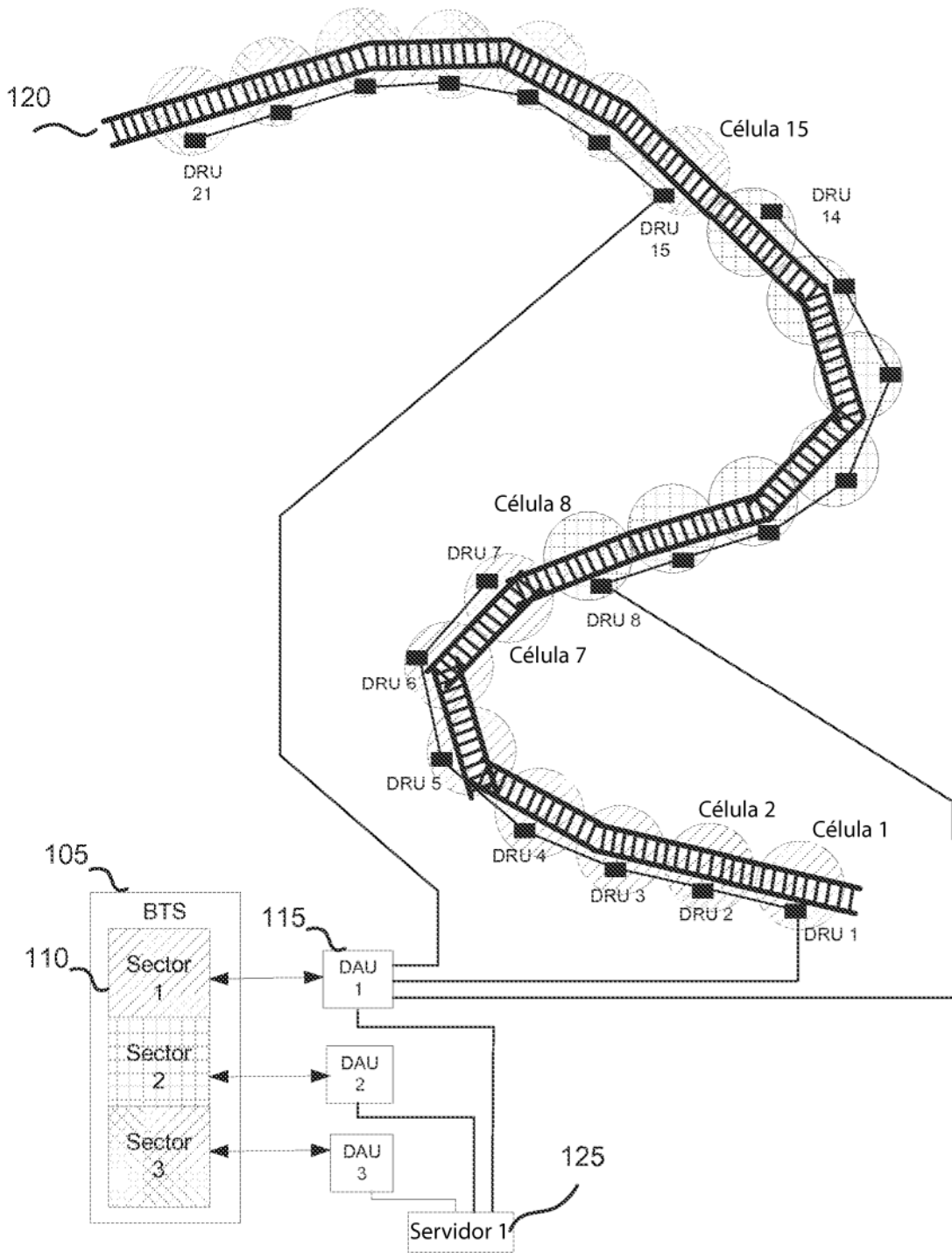
Se entiende, también, que los ejemplos y realizaciones descritos en la presente tienen únicamente fines ilustrativos, y que, a la vista de los mismos, a aquellos versados en la materia les serán revelados diversas modificaciones o cambios.

25

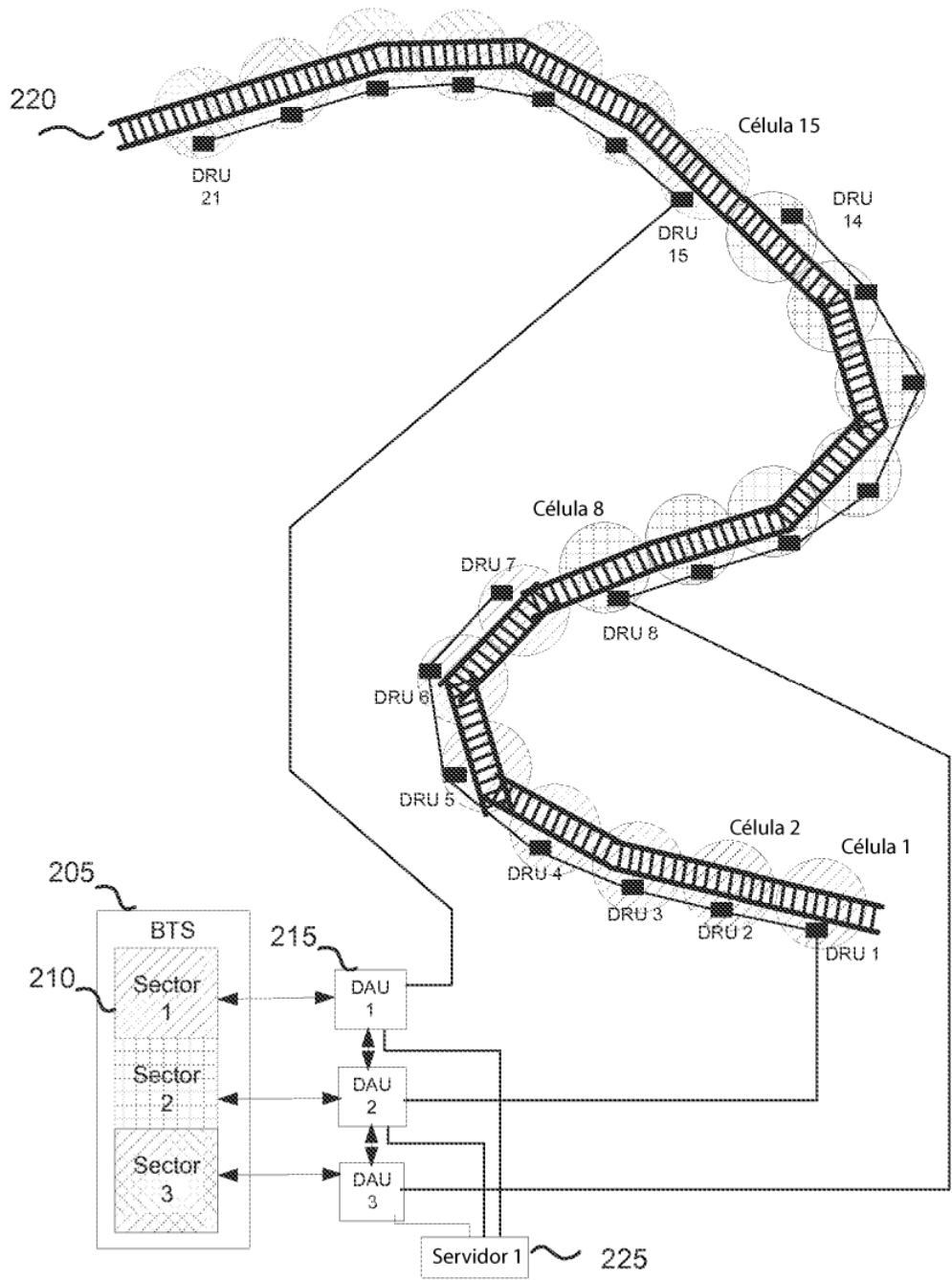
**REIVINDICACIONES**

1. Método para el funcionamiento de un Sistema de Antenas Distribuidas, DAS, comprendiendo el método:
  - 5 proporcionar un conjunto de Unidades Remotas Digitales, DRUs, (1) que se pueden hacer funcionar para enviar y recibir señales de radiocomunicaciones inalámbricas, en donde cada una del conjunto de DRUs se asocia a un área geográfica;
  - 10 proporcionar una Unidad de Acceso Digital, DAU, (115, 215) para comunicarse con el conjunto de DRUs por medio de una señal óptica, en donde la DAU se acopla a por lo menos un sector de una estación transceptora base, BTS (405);
  - recibir señales de enlace ascendente en una o más del conjunto de DRUs;
  - 15 proporcionar una pluralidad de sensores en las áreas geográficas asociadas al conjunto de DRUs, en donde la pluralidad de sensores está configurada para detectar actividad ferroviaria y transmitir una salida de los sensores;
  - determinar actividad ferroviaria monitorizada sobre la base de la salida de los sensores en las áreas geográficas asociadas al conjunto de DRUs;
  - 20 aumentar un coeficiente de ganancia asociado a una del conjunto de DRUs como respuesta a la determinación de un aumento de la actividad ferroviaria monitorizada en el área geográfica asociada a la mencionada del conjunto de DRUs;
  - 25 reducir un coeficiente de ganancia asociado a otra del conjunto de DRUs como respuesta a la determinación de una reducción de la actividad ferroviaria monitorizada en el área geográfica asociada a la otra del conjunto de DRUs; y
  - 30 transmitir, a la DAU, señales de enlace ascendente escaladas, asociadas a la mencionada del conjunto de DRUs y a la otra del conjunto de DRUs.
2. Método de la reivindicación 1, en el que el conjunto de DRUs se posiciona a lo largo de una vía férrea en una configuración de conexión en cadena (*daisy chain*).
- 35 3. Método de la reivindicación 1, en el que la provisión de una DAU incluye proporcionar una pluralidad de DAUs, en donde cada una de la pluralidad de DAUs está en interconexión.
4. Método de la reivindicación 1, en el que la monitorización de la actividad ferroviaria comprende recibir entradas desde un monitorizador externo, o en el que la monitorización de la actividad ferroviaria comprende medir actividad inalámbrica en las áreas geográficas.
- 40 4. Método de la reivindicación 1, en el que la monitorización de la actividad ferroviaria comprende recibir entradas desde un monitorizador externo, o en el que la monitorización de la actividad ferroviaria comprende medir actividad inalámbrica en las áreas geográficas.
5. Método de la reivindicación 1, en el que las señales de enlace ascendente escaladas utilizan un coeficiente de ganancia cero para una o más del conjunto de DRUs.
- 45 6. Sistema para funcionamiento de un Sistema de Antenas Distribuidas, DAS, comprendiendo el sistema:
  - una pluralidad de Unidades Remotas Digitales, DRUs, (1), cada una de ellas configurada para recibir señales de enlace ascendente de radiocomunicaciones, inalámbricas, y transmitir señales de enlace descendente de radiocomunicaciones, inalámbricas;
  - 50 una pluralidad de Unidades de Acceso Digital, DAUs, (115, 215), interconectadas, configurada cada una de ellas para comunicarse con al menos una de la pluralidad de DRUs por medio de señales ópticas y estando acoplada cada una de ellas a por lo menos un sector de una estación base;
  - 55 una pluralidad de detectores, configurado cada uno de ellos para medir la potencia de enlace ascendente en una de la pluralidad de DRUs;
  - una pluralidad de sensores, configurado cada uno de ellos para detectar movimiento de un tren a lo largo de una sección de una vía férrea asociada a cada DRU de la pluralidad de DRUs; y
  - 60 un procesador (910) acoplado a la pluralidad de detectores y configurado para variar coeficientes de ganancia para cada una de las señales de enlace ascendente de radiocomunicaciones, inalámbricas, como respuesta a la potencia de enlace ascendente medida y al movimiento de un tren a lo largo de la vía férrea.

7. Sistema de la reivindicación 6, en el que cada uno de la pluralidad de detectores se implementa digitalmente usando procesado de señales, o
- 5 en el que cada uno de la pluralidad de detectores comprende un dispositivo analógico discreto.
8. Sistema de la reivindicación 6, en el que cada una de la pluralidad de DAUs interconectadas está configurada para comunicarse con la por lo menos una de la pluralidad de DRUs enviando y recibiendo señales a través de por lo menos uno de una fibra óptica, un cable de Ethernet, un enlace de microondas con línea de visión directa, un enlace inalámbrico o un enlace por satélite.
- 10
9. Sistema de la reivindicación 6, en el que la pluralidad de DRUs están conectadas entre sí en una configuración de conexión en cadena (*daisy chain*) y están posicionadas, cada una de ellas, de una manera sustancialmente lineal a lo largo de la vía férrea.
- 15
10. Sistema de la reivindicación 6, en el que una de la pluralidad de DAUs interconectadas incluye el procesador, o en el que el procesador se proporciona en un servidor acoplado a la pluralidad de DAUs interconectadas.
- 20
11. Método de la reivindicación 1, que comprende, además:
- proporcionar una pluralidad de Unidades de Acceso Digital, DAUs, interconectadas, acopladas a la DAU, en donde cada una de la pluralidad de DAUs interconectadas está configurada para comunicarse con por lo menos una del conjunto de DRUs por medio de señales ópticas y estando acoplada cada una de ellas a por lo menos un sector de una estación base;
- 25
- desactivar una señal de enlace descendente de DRU en una del conjunto de DRUs como respuesta a la actividad ferroviaria monitorizada; y
- 30
- activar una señal de enlace descendente de DRU en otra del conjunto de DRUs como respuesta a la actividad ferroviaria monitorizada.
12. Método de la reivindicación 11, en el que cada una de la pluralidad de DAUs está configurada para comunicarse con la por lo menos una de las DRUs enviando y recibiendo señales a través de por lo menos uno de una fibra óptica, un cable de Ethernet, un enlace de microondas con línea de visión directa, un enlace inalámbrico o un enlace por satélite.
- 35
13. Método de la reivindicación 11, en el que la pluralidad de DAUs interconectadas comprende una primera DAU conectada a un primer sector de la estación base y una segunda DAU conectada a un segundo sector de la estación base.
- 40
14. Método de la reivindicación 1, en el que la salida de los sensores es proporcionada por un procesador de procesado de señales en cada una del conjunto de DRUs.
- 45
15. Método de la reivindicación 11, en el que el conjunto de DRUs está conectado en una configuración de conexión en cadena (*daisy chain*), o
- 50 en el que el conjunto de DRUs comprende un primer conjunto de dos o más DRUs y un segundo conjunto de dos o más DRUs, estando acoplados el primer conjunto y el segundo conjunto a por lo menos una de la pluralidad de DAUs en una configuración en estrella.



**FIGURA 1**



**FIGURA 2**



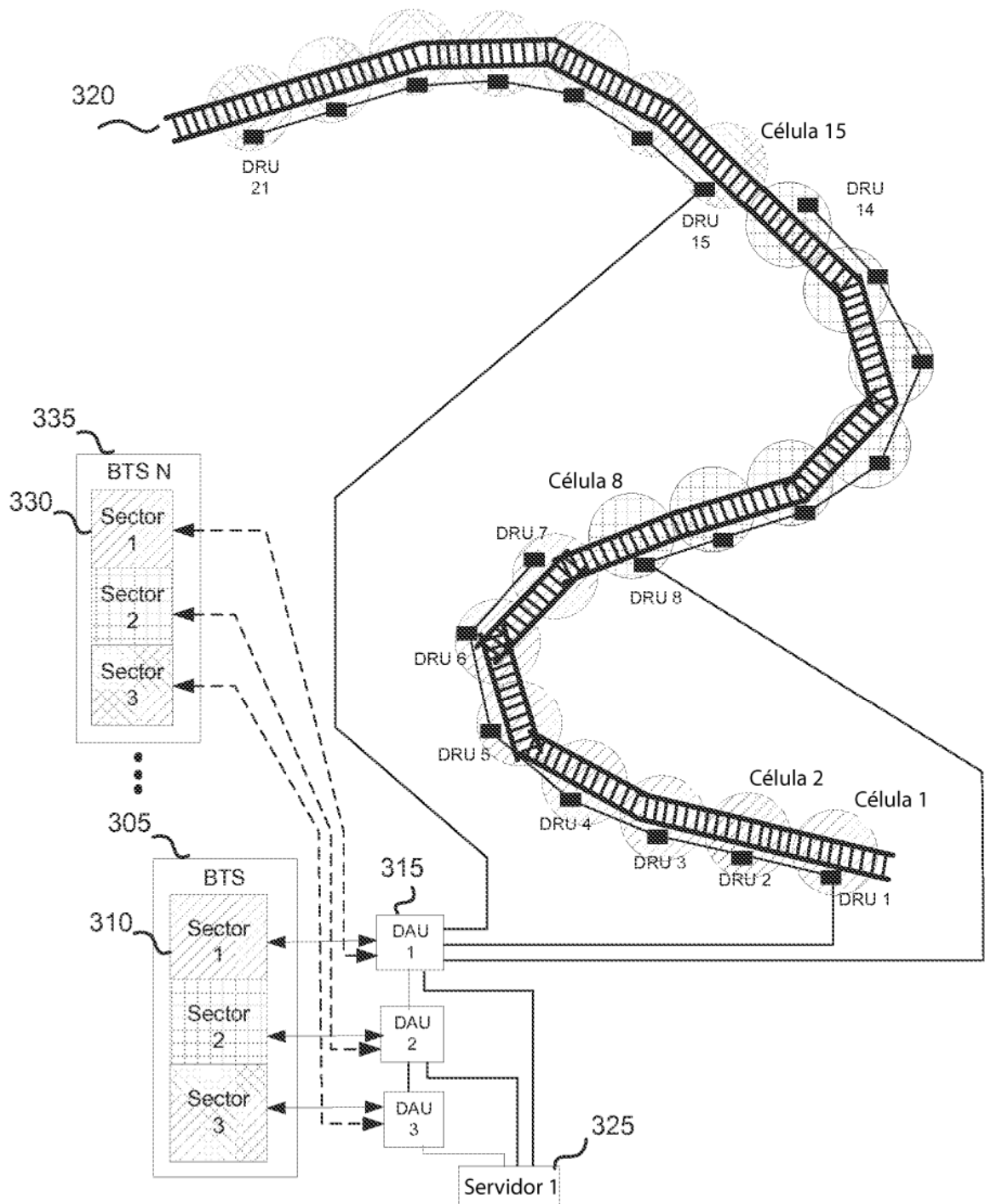
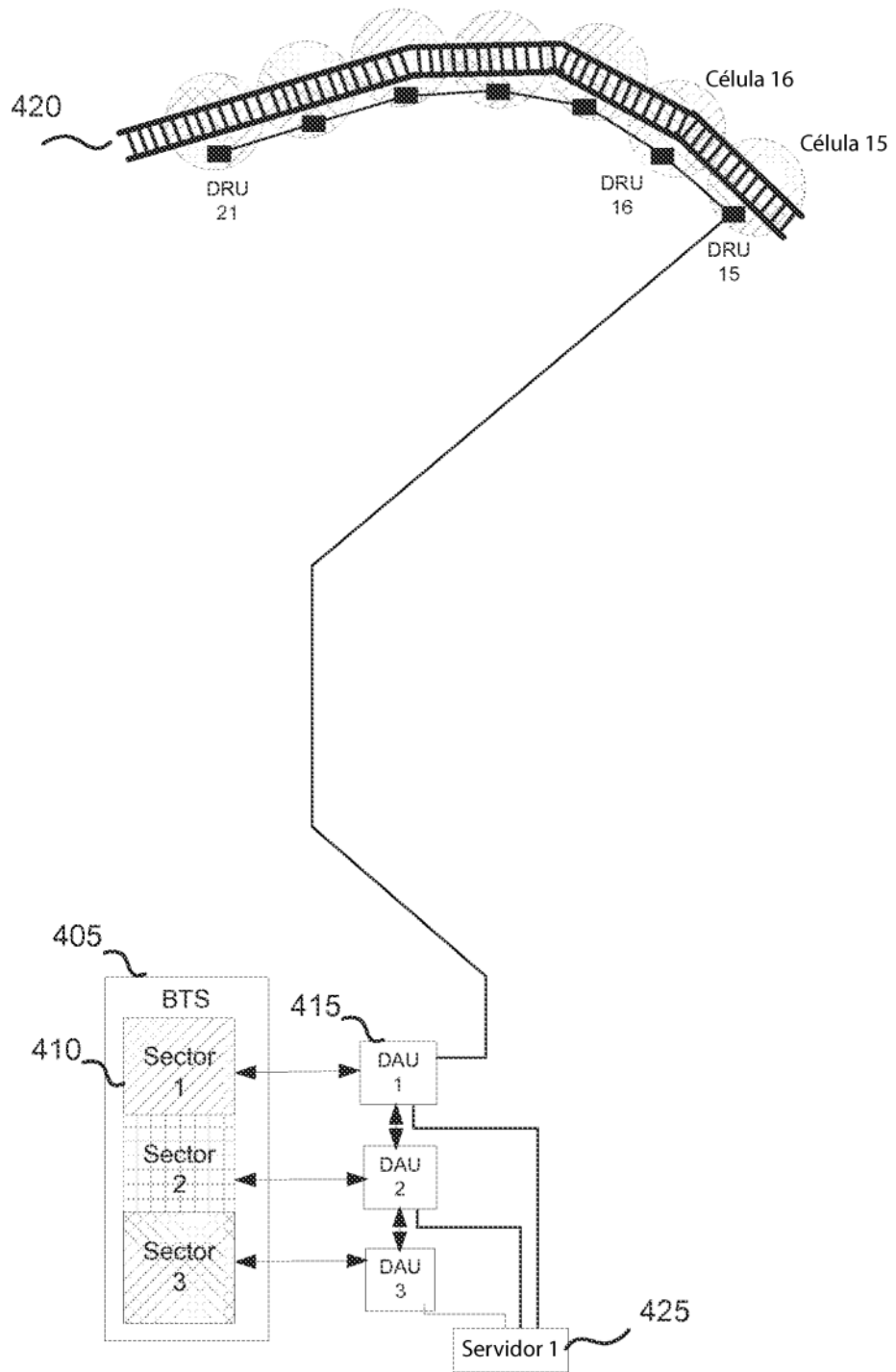


FIGURA 3



**FIGURA 4**

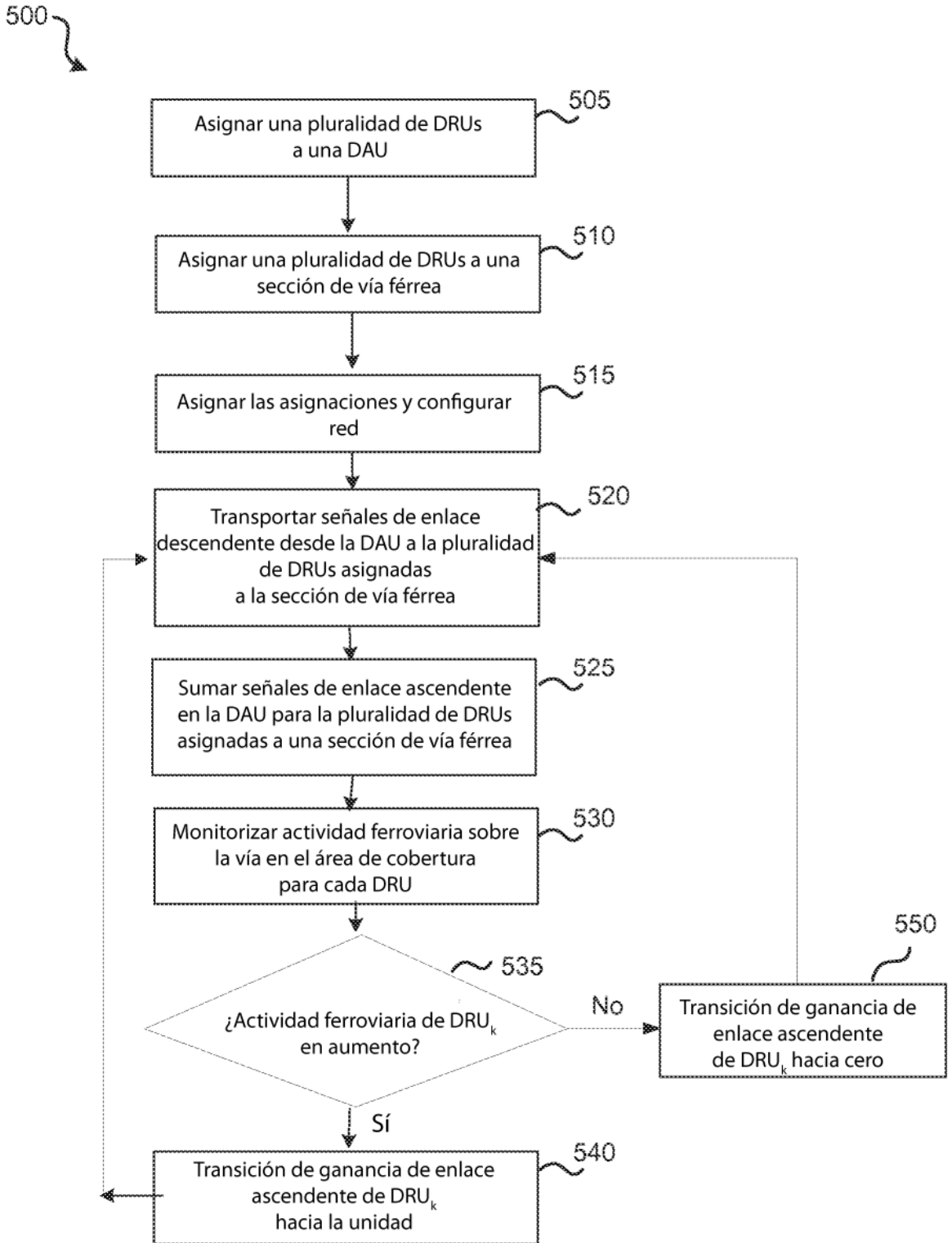


FIGURA 5

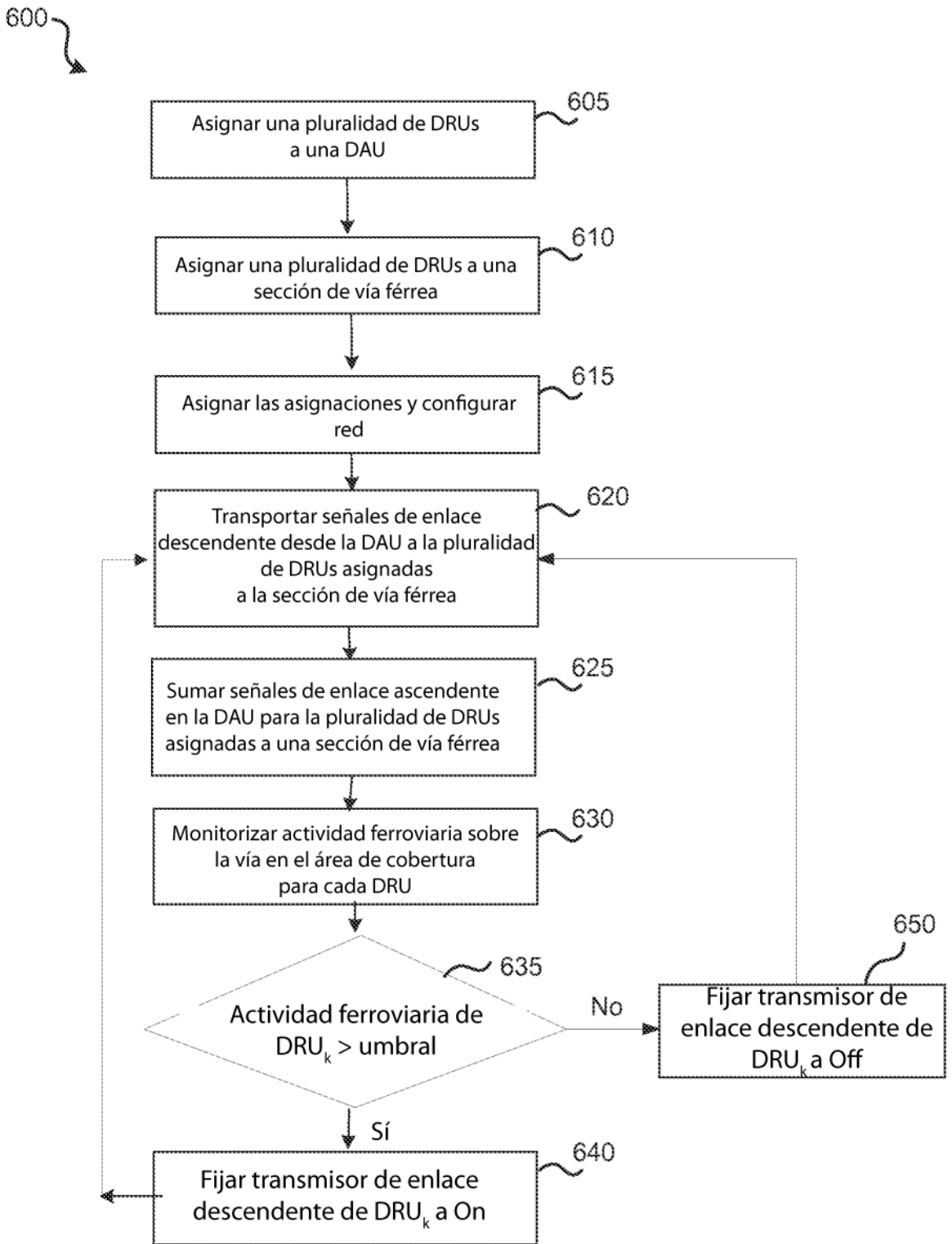
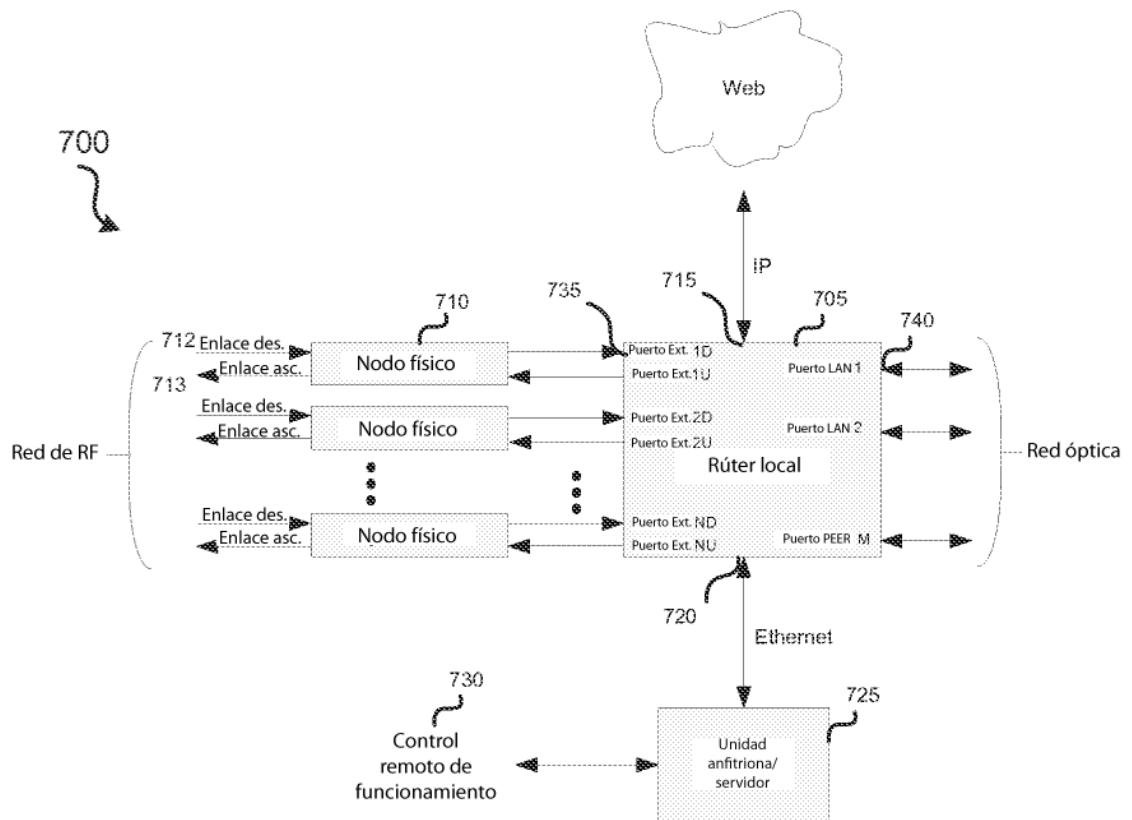


FIGURA 6



**FIGURA 7**

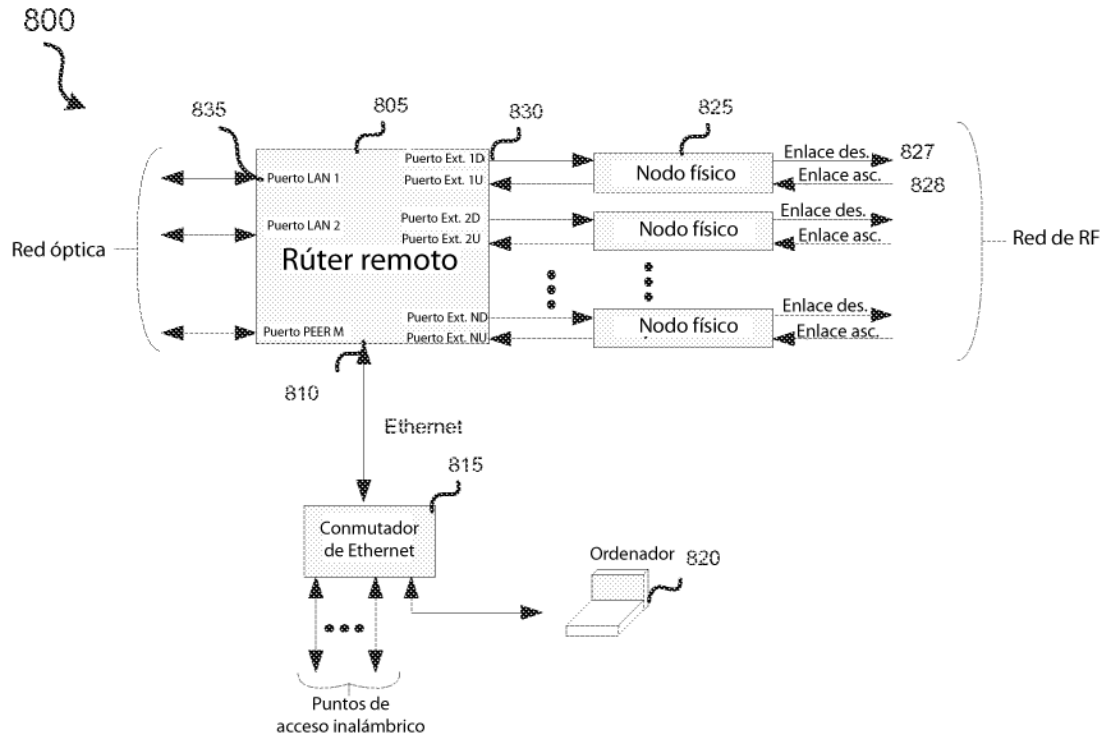
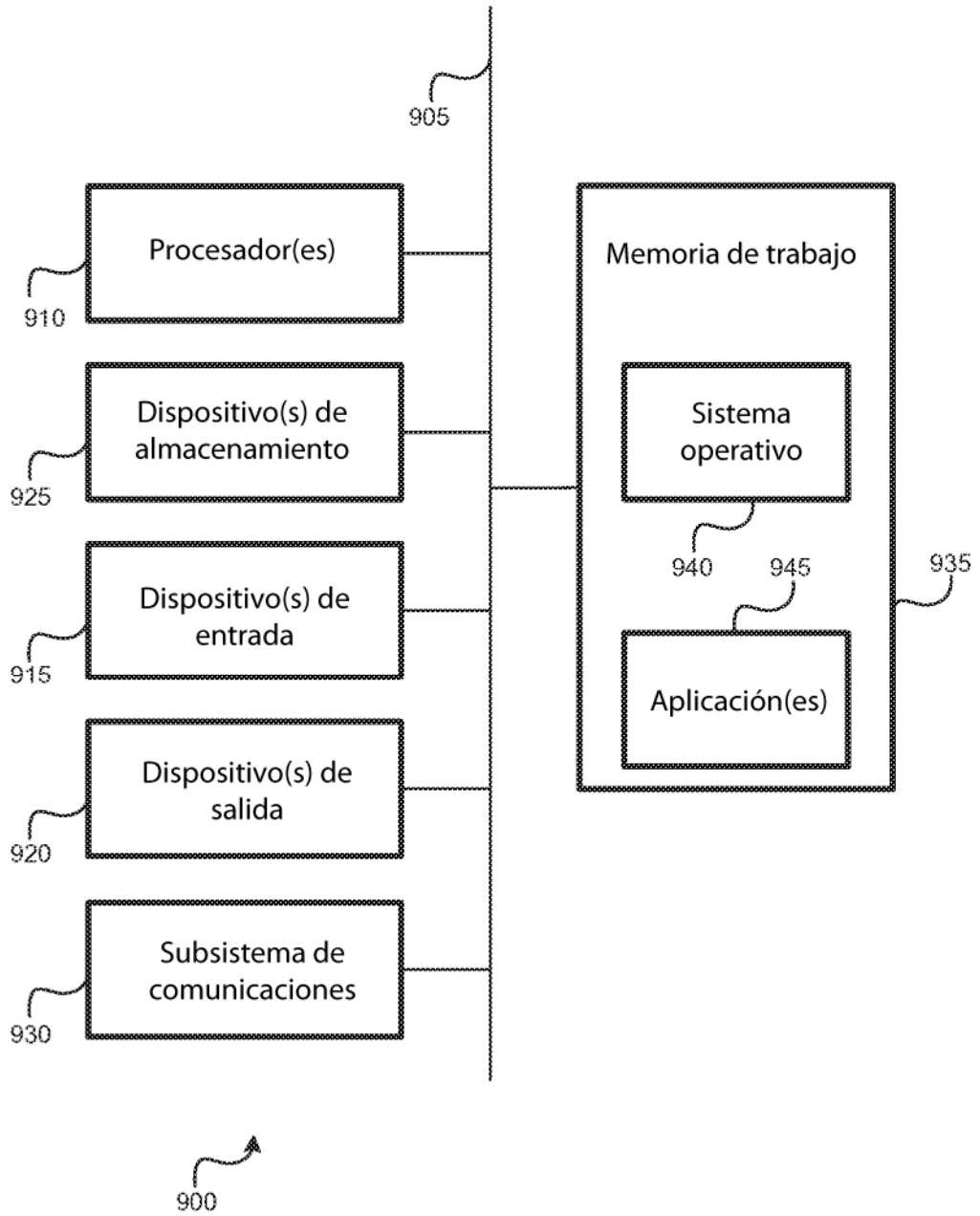


FIGURA 8



**FIGURA 9**