

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 499**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

H04W 28/18 (2009.01)

H04W 28/04 (2009.01)

H04W 36/14 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.08.2012 PCT/DK2012/050322**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013 WO13029628**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2012 E 12755790 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2783474**

54 Título: **Comunicación inalámbrica de tasa reducida usando codificación de protocolo**

30 Prioridad:

30.08.2011 EP 11179305

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

14.06.2018

73 Titular/es:

**RESEIWE A/S (100.0%)
Niels Jernes Vej 10
9220 Aalborg Øst, DK**

72 Inventor/es:

**POPOVSKI, PETAR y
GJERRILD, NIELS-CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 672 499 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

Comunicación inalámbrica de tasa reducida usando codificación de protocolo

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de comunicación inalámbrica. Especialmente sistemas de comunicación inalámbrica que tienen la capacidad de conmutar a un protocolo de comunicación alternativo si el protocolo de comunicación normal fracasara, por ejemplo debido a recepción débil, ruido o interferencias.

10

Antecedentes de la invención

15 Cuando las unidades inalámbricas comunican, la manera normal para que los protocolos reaccionen a la degradación de la tasa de transferencia de datos es intentar la tasa de transferencia de datos hasta un cierto nivel donde se detenga la comunicación. Cuando se detiene la comunicación las unidades no pueden comunicar. Normalmente la tasa de transferencia de datos se lleva abruptamente a cero. Si no hay comunicación presente, los usuarios de las unidades no podrán recibir mensajes, por ejemplo recibir advertencias.

20 Por lo tanto, sería ventajoso un sistema y método mejorados de comunicación, y en particular sería ventajoso un sistema de comunicación más eficaz y/o fiable para uso en situaciones donde las tasas de error se elevan dificultando la comunicación.

25 El documento US 7.009.952 B1 describe un sistema de comunicación que, basándose en un criterio de error, puede conmutar entre una WLAN y una WWAN para transmisión de datos de nivel físico diferente.

El documento WO 2011/063813 A1 describe un sistema de comunicación con un canal adicional definido en la parte superior de un sistema primario, reutilizando grados de libertad que quedan en el sistema primario.

30 El documento "protocol Coding through Reordering of User Resources: Applications and Capacity Results", P. Popovski, Z. Utkovski, 26 de noviembre de 2010, URL:<http://arxiv.org/pdf/1011.5739v1>, describe codificación de protocolo donde el segundo protocolo de comunicación opera simultáneamente con el primer protocolo de comunicación usando las partes sobrantes del primer protocolo para ampliar el alcance de comunicación del primer protocolo.

35 Objeto de la invención

40 Los sistemas y métodos de comunicación inalámbrica se describen en publicaciones tales como los documentos US 2009/0210757 y US 2005/0163047. Es al menos un objeto de la presente invención proporcionar una alternativa a la técnica anterior. En particular, puede observarse como un objeto de la presente invención proporcionar un sistema y método de comunicación que resuelvan los problemas anteriormente mencionados de la técnica anterior con ausencia de comunicación cuando aumentan las tasas de errores o probabilidad de errores.

Sumario de la invención

45 La invención es ventajosa particularmente, pero no exclusivamente, para obtener un sistema que posibilita comunicación inalámbrica fiable en la mayoría de las situaciones, por ejemplo incluso cuando el sistema se ve sometido a interferencias y otras señales de interrupción o señales recibidas débiles. Por lo tanto, el objeto anteriormente descrito y varios otros objetos se pretende que se obtengan en un primer aspecto de la invención proporcionando un sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1. En la actualidad se contempla medir la tasa de error y compararla a la de una tasa de error umbral. Pueden emplearse otras medidas tales como tasa de datos, por ejemplo detectar si/cuándo la tasa de datos cae por debajo de un cierta tasa de datos umbral de una manera similar como con la tasa de error.

55 La mayoría de los protocolos de comunicación comunes reducen la tasa de datos bastante drásticamente a cero, finalizando de esta manera la comunicación. Por lo tanto existe una necesidad de un protocolo donde se mantenga la comunicación incluso aunque se reducan las tasas de datos.

60 El sistema de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención no es únicamente aplicable al caso de dos unidades de comunicación, sino también al caso general en el que se usa el protocolo de comunicación para comunicación entre múltiples unidades. En el sistema que tiene múltiples unidades de comunicación o nodos, potencialmente cualquier nodo puede enviar información a cualquiera de los otros nodos. A continuación, algunos o todos los nodos en la red pueden reconfigurarse para comunicar usando el segundo protocolo de comunicación.

65 El sistema de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención no es únicamente aplicable al caso de dos unidades de comunicación, sino también al caso general cuando una unidad de comunicación está transmitiendo la misma información a múltiples unidades de comunicación, es decir difusión. En el sistema que tiene múltiples unidades de comunicaciones, o nodos, potencialmente cualquier nodo puede enviar información a cualquiera de los

otros nodos. A continuación, algunos o todos los nodos en la red pueden reconfigurarse para comunicar usando el segundo protocolo de comunicación.

5 La invención podría ser útil en una gama de escenarios. Un escenario de este tipo incluye un número de dispositivos que están conectados a puntos de acceso que están, en alguna arquitectura, interconectados en una infraestructura de red. Bajo condiciones normales, cada dispositivo está conectado a la infraestructura de red usando el primer protocolo de comunicación. Si un dispositivo se desconecta de la infraestructura de red, por ejemplo debido al fallo del punto de acceso al que está conectado o debido a señal debilitada, entonces la red puede conmutar para operar con el segundo protocolo de comunicación, que constituye de esta manera un modo robusto, para reestablecer el enlace con ese dispositivo.

10 La tasa de datos fijada mencionada puede ser una tasa de datos umbral fijada ya que hay protocolos de comunicación que como se ha mencionado intentan reducir la tasa de datos para poder establecer un canal de comunicación fiable.

15 Ventajosamente el primer protocolo de comunicación puede incluir transmitir metadatos usando unidades de señalización y datos usando unidades de datos, comprendiendo el segundo protocolo de comunicación transmitir datos usando la unidad de señalización del primer protocolo. Cuando el sistema reconfigura los datos a transmitirse, puede usarse la unidad de señalización del primer protocolo, es decir la parte de la transmisión también denominada el encabezamiento o puntero a los datos, para transmitir los datos. En la presente invención las unidades de datos y las unidades de señalización del primer protocolo de comunicación se consideran en general como señales de modulación usadas por el segundo protocolo de comunicación. Tratándolas como símbolos de modulación, el segundo protocolo de comunicación puede definir nuevas unidades de señalización y de datos así como redefinirse la estructura del protocolo. Por ejemplo, el primer protocolo de comunicación puede usar una unidad de señalización denominada baliza. Por otra parte, la baliza del segundo protocolo de comunicación puede comprender varias balizas, otras unidades de señalización, y unidades de datos del primer protocolo de señalización.

20 Ventajosamente el segundo protocolo de comunicación puede comprender adicionalmente transmitir datos usando la unidad de datos del primer protocolo. Ventajosamente los datos a transmitirse pueden distribuirse a las partes de datos del primer protocolo. Esto se describe en más detalle en otra parte en el presente documento.

25 Ventajosamente los bloques de datos del primer protocolo de comunicación se usan como unidades de señalización en el segundo protocolo de comunicación. Usando los bloques de datos pueden reducirse los esfuerzos de codificación.

30 Ventajosamente el segundo protocolo reduce las tasas de datos gradualmente hacia cero para reestablecer un canal de comunicaciones. La tasa de datos puede reducirse de acuerdo con un patrón determinado dependiendo de, por ejemplo, intensidad de señal o tasa de error. Ventajosamente el primer protocolo incluye reducir tasa de transmisión debido a tasa de error creciente hasta un límite de tasa de transmisión predeterminado.

35 Un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un método de acuerdo con la reivindicación 7. El método puede realizarse usando múltiples unidades, por ejemplo una estación o unidad que difunde a un número de receptores, o dos unidades de un conjunto de unidades que establecen comunicación que se interrumpe a continuación. El método puede realizarse también por varias unidades teniendo cada una que recibir datos, de manera que una unidad envía a un subconjunto de unidades, es decir no necesariamente a todas las otras unidades.

40 Ventajosamente el primer protocolo incluye transmitir metadatos usando unidades de señalización y datos usando unidades de datos, comprendiendo el segundo protocolo de comunicación transmitir datos usando la unidad de señalización del primer protocolo, comprendiendo el método disponer datos a transmitirse usando el segundo protocolo en las unidades de señalización del primer protocolo.

45 Ventajosamente el segundo protocolo de comunicación comprende adicionalmente transmitir datos usando la unidad de datos del primer protocolo, comprendiendo el método disponer datos a transmitirse usando el segundo protocolo en las unidades de datos del primer protocolo.

50 Ventajosamente los bloques de datos del primer protocolo de comunicación se usan como unidades de señalización en el segundo protocolo de comunicación.

55 Ventajosamente el segundo protocolo reduce tasas de datos gradualmente hacia cero para restablecer un canal de comunicaciones.

60 Ventajosamente los protocolos incluyen comunicaciones de satélite, comunicaciones móviles celulares con GSM, 3G, LTE, WiMax, redes de área local inalámbricas (WiFi), redes de sensores inalámbricos, TETRA, Bluetooth, DECT y protocolos propietarios para sistemas de emergencia y militares o similares.

El método de acuerdo con el segundo aspecto puede realizarse ventajosamente usando un sistema de comunicación de acuerdo con el primer aspecto. Pueden combinarse e intercambiarse características y ventajas de los diferentes aspectos.

5 Breve descripción de las figuras

El sistema y método de acuerdo con la presente invención se describirá ahora en más detalle con respecto a las figuras adjuntas. Las figuras muestran una manera de implementación de la presente invención y no se han de interpretar como que están limitadas a otras posibles realizaciones que caen dentro del alcance del conjunto de reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 es una ilustración esquemática de una conexión de conmutación de circuitos, donde la información de señalización está físicamente separada de los datos. Los punteros que emergen de la información de señalización se indican cuando B debería esperar datos de A,

La Figura 2 es una ilustración esquemática de una conexión de conmutación de paquetes, donde la información de señalización está físicamente asociada con los datos,

La Figura 3 es una ilustración esquemática de un único sistema de comunicación inalámbrica donde una estación base envía información a los dos terminales, Alicia y Bob,

La Figura 4 es una ilustración esquemática de una comparación de la reducción de la tasa de datos en un sistema inalámbrico habitual (denominado inalámbrico heredado) y la operación inalámbrica de tasa reducida,

La Figura 5 es una ilustración esquemática de la combinación de dos paquetes para aumentar la fiabilidad de datos en el sistema heredado.

La Figura 6 es una ilustración esquemática de la combinación de encabezamientos a través de una repetición sencilla de codificación para mejorar la fiabilidad de datos,

La Figura 7 es una ilustración esquemática de adición de una entidad de encabezamiento adicional en la capa física para mejorar la fiabilidad,

La Figura 8 es una ilustración esquemática de una descripción esquemática simplificada de una configuración de sistema convencional en la capa de enlace/PHY,

La Figura 9 es una ilustración esquemática de una descripción esquemática simplificada de la operación del sistema propuesto con un mapeo generalizado a entidades de capa PHY, LMLH significa 'Encabezamiento de capa de Enlace-MAC',

La Figura 10 es una ilustración esquemática de conmutación entre un modo de comunicación normal y modo de comunicación de emergencia en un sistema de comunicación digital basado en paquetes,

La Figura 11 es una ilustración esquemática de un canal de comunicación robusto (modo de emergencia) en el que se usan tanto PLE de encabezamientos y PLE de contenedores de datos para enviar la información,

La Figura 12 es una ilustración esquemática de un sistema inalámbrico de múltiples usuarios basado en tramas, que ilustra la operación habitual, donde el encabezamiento de trama lleva únicamente una información de señalización y los encabezamientos de trama de dos tramas diferentes que no están correlacionadas, y

La Figura 13 es una ilustración esquemática de un canal embebido robusto que comprende encabezamientos/contenedores de datos asignados fijos (H3, H6, H9, D3, D6, D9 con codificación robusta), este canal puede coexistir con el tráfico habitual en un modo de operación normal.

Descripción detallada de una realización

En un sistema de comunicación digital, si el nodo A envía datos al Nodo B, entonces los datos útiles desde el nodo A pueden interpretarse correctamente por B únicamente si B recibe una información de señalización apropiada. Tal información de señalización puede enviarse en dos maneras generalmente diferentes, de manera que la conexión entre A y B puede ser cualquiera de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes. En una conexión de conmutación de circuitos, B recibe información de señalización desde A que establece un canal de comunicación entre A y durante un periodo extendido. La Figura 1 representa la relación entre la información de señalización y los datos reales en una conexión de conmutación de circuitos, donde la señalización está físicamente separada de los datos. La Figura 2 representa la operación de un sistema con datos de conmutación de circuitos, donde la señalización está asociada con cada segmento de datos.

Independientemente de qué tipo de operación se emplee y con qué frecuencia se envíe la información de señalización, la conmutación digital se realiza comúnmente por codificación robusta de la información de señalización para establecer el canal de datos. Usaremos el término encabezamiento para hacer referencia a cualquier información de señalización. Únicamente después de que se establezca el canal y tengan conocimiento tanto el transmisor como el receptor tiene lugar una transmisión, se pueden aplicar los modelos de información teóricos y técnicas de codificación eficaces a través de un canal establecido de este tipo.

En redes inalámbricas, donde el medio de comunicación puede compartirse entre múltiples nodos, la recepción del encabezamiento es crítica, no únicamente para interpretar correctamente los datos, sino también para ahorrar potencia en los receptores inalámbricos móviles. La Figura 3 ilustra un sistema de comunicación inalámbrica sencillo en el que una estación base envía información a dos terminales. Cada paquete de datos se precede por un encabezamiento que indica que el terminal es el destino pretendido de los datos que siguen. Si Alicia recibe un

encabezamiento que indica que los siguientes datos se pretenden para Bob, entonces Alicia puede desconectar su receptor para ahorrar alimentación de batería y ahorrar el esfuerzo de recibir datos irrelevantes. Por otra parte, bajo condiciones de operación, Bob recibirá el encabezamiento casi con probabilidad 1, y a continuación intentará decodificar los datos posteriores. Si los datos no se decodifican correctamente, entonces Bob al menos tiene conocimiento de que los datos se pretendieron para él y puede solicitar retransmisión.

En general, el modelo descrito de separación de encabezamiento/datos funciona bien bajo condiciones de transmisión típicas, definidas vagamente como condiciones con probabilidad de error relativamente baja para la parte de datos y probabilidad de error prácticamente cero para la parte de encabezamiento. Sin embargo, si las condiciones de transmisión empeoran, por ejemplo provocado por un equipo de interferencia, hacia una probabilidad de error muy alta en la parte de datos y probabilidad de error no cercana a cero para la parte de encabezamiento, entonces el protocolo de comunicación puede prácticamente fracasar. La razón es que los protocolos de comunicación están intrínsecamente limitados para evitar "bucles infinitos": por ejemplo, si L transmisiones consecutivas no son satisfactorias, entonces el transmisor considera la conexión inexistente. Una operación de este tipo podría ser de hecho útil si, por ejemplo, en la Figura 3, Alicia se mueve lejos de la cobertura de la estación base a otra estación base.

Sin embargo, hoy en día hay una abundancia de sistemas inalámbricos generalizados (tales como celular, satélite, Wi-Fi, WiMax, LTE, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, TETRA, sistemas propietarios, etc.) y estos sistemas cada vez se usan más en aplicaciones que no se previeron originalmente. Esto implica que la operación convencional se ha definido para condiciones "típicas" que no son correspondientes a la aplicación actual. Por ejemplo, el uso omnipresente de WiFi hace atractivo aplicarlo a monitorización/control en hogares/industrias. Sin embargo, estos escenarios imponen requisitos diferentes en la fiabilidad y las tasas de datos en comparación con las que se tuvieron en cuenta cuando se normalizó el sistema. En este ejemplo particular, sería deseable usar tarjetas/chips de WiFi convencionales, pero modificar su pila de protocolo para conseguir la fiabilidad objetivo.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar tecnologías que posibilitan la reconfiguración de un sistema de comunicación inalámbrica normalizado existente, de modo que este sistema pueda operar bajo condiciones en las que tendrían lugar errores de transmisión que hicieran al sistema original ineficaz o incluso no funcional. Las tecnologías objetivo propuestas en el presente documento tienen como objetivo operar con chips normalizados, ya que no requieren ningún cambio a la capa física. La reconfiguración se muestra en la capa de MAC/enlace.

Otro objetivo de la invención es presentar técnicas sobre cómo convertir cualquier sistema de comunicación inalámbrica en un sistema inalámbrico de tasa reducida. La expresión de tasa reducida está inspirada en los códigos de tasa reducida para control de error, donde la tasa de comunicación no se determina con antelación. En concreto, el transmisor Alicia produce continuamente nuevos bits/paquetes codificados desde el mismo mensaje y los envía hasta que el receptor Bob devuelve una señal de realimentación que indica que él ha recibido el mensaje. Puesto que algunos de los bits/paquetes transmitidos pueden haberse perdido en la transmisión o pueden haberse recibido incorrectamente, el tiempo total que se requiere para enviar el mensaje desde Alicia a Bob es aleatorio y depende de la cantidad de errores/pérdidas introducidos por el canal de comunicación. Por lo tanto la tasa de datos global se adapta al estado actual del canal, por ejemplo si el canal es malo, entonces el tiempo promedio necesario para enviar el mensaje aumenta, de manera que la tasa global se vuelve inferior.

Sin embargo, con la manera actual en la que están diseñados los sistemas de comunicación inalámbrica, no es posible que los sistemas operen de una manera que la tasa de datos global se degrade a medida que el canal se empeora, alcanzando tasas de datos extremadamente bajas (tal como unos pocos kilobits por segundo o incluso unos pocos bytes durante unos pocos segundos). Esto es debido a que en un sistema de comunicación digital la transmisión en la capa física normalmente está organizada en tramas, conteniendo cada trama el encabezamiento de trama y un contenedor de datos. La condición para recibir los bits desde la parte de datos es recibir el encabezamiento de trama. Considérese el ejemplo en la Figura 5. Las tramas con encabezamientos de trama H3 y H4 en sus partes de datos ambas contienen los datos marcados "D2". Esto significa que en la parte de datos ambas tramas llevan bits que están relacionados con el mismo mensaje. Por ejemplo, el mensaje puede codificarse mediante codificación de control de errores, parte de los bits de errores codificados pueden ponerse en la trama con H3, mientras que la otra parte puede ponerse en la trama con H4. De manera ideal, incluso si la parte D2 de ambas tramas pudiera contener errores, ambas partes pueden recogerse en el receptor y pasarse a través de un decodificador de corrección de errores y por lo tanto decodificar el mensaje correctamente con probabilidad superior en comparación con el caso cuando únicamente se considera una de las partes D2 por el receptor. Sin embargo, si el encabezamiento H3 no se recibe correctamente, entonces la parte de datos D2 de la trama con H3 no se usa. Por lo tanto, en los sistemas inalámbricos habituales la condición previa es decodificar el encabezamiento de trama correctamente, pero, por otra parte, se proporciona al receptor únicamente una posibilidad de decodificar el encabezamiento correctamente. Esto es opuesto al principio de codificación de tasa reducida, donde el transmisor aumenta continuamente las posibilidades de que el mensaje se reciba correctamente.

Por ejemplo, suponiendo que se opera en condiciones normales (es decir probabilidad baja de error) se requiere que, de media, Bob reciba $S1$ paquetes de datos antes de que él pueda decodificar satisfactoriamente el mensaje. Bajo las condiciones de operación normales, la probabilidad de error para el encabezamiento de trama es

prácticamente 0, de manera que para recibir S1 paquetes de datos, Bob necesita recibir S1 tramas cuando el canal empeora e introduce errores excesivos, entonces, debido al tipo de codificación usada, Bob necesita, de media, S2>S1 paquetes de datos. Sin embargo, ahora la probabilidad de error para los encabezamientos de tramas también aumenta, de manera que para recibir S2 paquetes de datos, Bob necesita recibir, de media, S3>S2 tramas. Esto es debido a que en (S3-S2) tramas el encabezamiento de trama no se recibe, de manera que la parte de datos de la trama es inservible.

Cuando los errores son excesivos, entonces se requiere que S3>>S2. Sin embargo, en tales casos otros mecanismos del protocolo de comunicación empiezan a desempeñar un papel, de manera que el enlace inalámbrico puede dejar de operar completamente. Por ejemplo, para evitar un interbloqueo interminable, el sistema puede estar diseñado de modo que Bob considera el enlace a Alicia inexistente si él no desea recibir ningún encabezamiento correctamente en un tiempo T o si él recibe L encabezamientos de trama consecutivos desde Alicia incorrectamente. Un diseño de este tipo es útil para tratar con una situación en sistemas móviles inalámbricos en los que Bob y Alicia se mueven fuera del alcance uno del otro. Sin embargo, si por cierta razón tenemos conocimiento de que Bob y Alicia están estáticos (por ejemplo, dispositivos pre-instalados) o hay un mensaje crítico que debe enviarse de Alicia a Bob por cualquier medio posible, entonces un diseño de este tipo prohíbe que el sistema degrade fácilmente la tasa de comunicación hacia tasa de datos ultra-baja pero fiable.

La Figura 4 ilustra cómo cambia la tasa de datos en un sistema de comunicación inalámbrica normal (heredado) a medida que la probabilidad de aumenta (debido a señal débil, interferencias, etc.). Esta curva se compara a la curva que ilustra cómo se prevé que opere un sistema inalámbrico de tasa reducida. La idea principal de esta invención es proponer principios, métodos y técnicas que puedan reconfigurar cualquier sistema de comunicación inalámbrica heredado en un sistema inalámbrico de tasa reducida no requiriendo cambios de la capa PHY de núcleo o de las técnicas de RF ya implementadas en el sistema inalámbrico heredado.

En este punto es instructivo introducir alguna terminología que se usará más tarde. Haremos referencia a un sistema de comunicación 'heredado' (primario) el sistema de comunicación que ya está implementado o normalizado y se encuentra en uso. Usaremos la expresión 'trama' para hacer referencia a una unidad de capa PHY transmitida en el sistema de comunicación heredado. Esta trama comprende el encabezamiento de trama y un contenedor de datos. En ocasiones haremos referencia únicamente como encabezamiento y datos, respectivamente. En esta memoria descriptiva, el mensaje representa la información que necesita enviarse de manera fiable a través de la operación del sistema de comunicación heredado modificada.

La presente memoria descriptiva presenta ideas ilustradas por un único sistema de comunicación sencillo. Supongamos que Alicia envía datos a Bob a través de un sistema de comunicación heredado que utiliza tramas con encabezamiento y datos, similares a la conexión de conmutación de paquetes representada en la Figura 2. El sistema de comunicación heredado original está diseñado como sigue:

La parte de datos de una trama se interpreta únicamente si el encabezamiento se recibe correctamente. Si el encabezamiento no se recibe correctamente, se descarta completamente la parte de datos. El encabezamiento se codifica de manera robusta para asegurar probabilidad de error baja. Típicamente, en sistemas se utiliza el concepto de Protección de Error Desigual (UEP), donde el encabezamiento/información de control tiene una mejor protección de error en comparación con la parte de datos.

Los parámetros de capa PHY de la transmisión están fijados debido a la normalización y/o a la manera en la que se crean los chips de radio. Es decir, nuestra restricción es que no deseamos incurrir en ningún cambio que requiriera nuevo diseño de chip.

Cualesquiera otras características relevantes del sistema de comunicación heredado se señalarán a medida que continúa la descripción de las ideas. La cuestión clave para tener en cuenta es, como se diseñó originalmente el sistema, la parte de datos heredada es inservible si el encabezamiento no se recibe correctamente. Uno de nuestros objetivos es abrir la posibilidad de usar la parte de datos de una cierta transmisión a pesar del hecho de que el correspondiente encabezamiento no se haya recibido correctamente. Para hacer esto, recalquemos el principio de aumentar la fiabilidad de recepción mediante la combinación de diferentes recepciones de paquetes. Esto se ilustra en la Figura 5. Las tramas con encabezamientos H1 y H2 contienen el mismo paquete de datos D1. Obsérvese que dejamos la posibilidad de que los encabezamientos H1 y H2 sean diferentes, aunque indican datos idénticos en la parte de paquete de datos. Por ejemplo, H1 puede indicar que esta es la transmisión original de D1, mientras que H2 puede indicar la retransmisión de D1. La combinación de paquetes (por ejemplo combinación de persecución) en la capa física funciona como sigue: si tanto H1 como H2 se reciben correctamente, entonces las dos instancias recibidas diferentes de D1 se combinan antes de que se realice una decisión sobre los bits recibidos de D1. Obsérvese que, para el ejemplo en la Figura 5, una combinación de este tipo es imposible para el paquete de datos D2, ya que el encabezamiento H3 no se ha recibido correctamente. Se puede argumentar que esto es un evento estadísticamente raro, ya que el encabezamiento se codifica de manera más robusta que los datos, de manera que si el encabezamiento H3 es incorrecto, entonces es probable que los datos D2 contengan muchos errores. Aún, obsérvese que un D2 erróneo de este tipo puede ser aún beneficioso para mejorar la fiabilidad global cuando se combina con D2 con el encabezamiento H4.

Una de las propuestas de esta invención es diseñar métodos de transmisión que no requieran que se reciba una trama encabezamiento correctamente para usar la parte de datos desde el contenedor de datos en la misma trama. Hay diferentes maneras en las que pueden combinarse los encabezamientos, e ilustramos algunas de ellas.

5 Una de las maneras más sencillas para hacer esto se describe en la Figura 6. Cada porción de datos se envía tres veces en tres tramas diferentes con encabezamientos H1, H2, H3, pero en este caso H1=H2=H3. El receptor intenta decodificar el encabezamiento individual e, independientemente de si la decodificación es satisfactoria o no, se mantiene el encabezamiento recibido en la memoria. Cuando se reciben las tres tramas de datos se hace lo siguiente: el contenido del encabezamiento se decide conjuntamente para las tres tramas: cada uno de los bits de
10 encabezamiento se decide basándose en votación de mayoría. Si un proceso de este tipo produce un valor de encabezamiento válido, entonces la parte de datos desde las tres tramas se combina para producir una decisión fiable en los datos recibidos.

15 Cuando el transmisor detecta que las condiciones de transmisión han empeorado, puede añadirse redundancia al vuelo al encabezamiento. Como un ejemplo, suponemos que hay algunos bits en el encabezamiento que no se utilizan (es decir para uso futuro). Haciendo referencia de nuevo a la Figura 6, en el lado de codificación los tres encabezamientos H1, H2, H3 pueden combinarse y puede aplicarse un cierto código de corrección de errores que puede producir los bits de paridad $Pb=f(H1, H2, H3)$, es decir estos bits de paridad son dependientes de la información en los tres encabezamientos. Estos bits de paridad pueden distribuirse de manera adecuada a través de
20 los bits sin uso de los tres encabezamientos (tal vez después de una operación de perforación para adaptar los bits al espacio libre disponible en los encabezamientos).

25 Como otro ejemplo, el sistema puede reconfigurarse al vuelo para operar con una mejor protección de encabezamiento, independientemente de la disponibilidad de bits para uso futuro. Suponiendo que un encabezamiento completo es la entidad de transmisión mínima (atómica) y que no se puede enviar únicamente una parte del encabezamiento en la capa física, entonces cuando la condición de transmisión empeora, se envían las tramas con dos encabezamientos, como se muestra en la Figura 7. Los datos de encabezamiento H1, H2 se usan para calcular bits de paridad de encabezamiento adicionales:

30
$$(Pb1, Pb2)=f(H1,H2)$$

Obsérvese que tanto Pb1 como Pb2 dependen de tanto H1 como H2. De nuevo, los encabezamientos H1 y H2 pueden decodificarse individualmente, pero independientemente del resultado de decodificación, la secuencia (H1, Pb1, H2, Pb2) se considera como una única secuencia codificada con un código de corrección de errores y H1/H2
35 se decodifican conjuntamente después de que se reciben ambas tramas.

40 Para ambos ejemplos en la Figura 5 y 6, una pregunta natural es cómo el sistema heredado tiene conocimiento de que no debería interpretar únicamente los encabezamientos individualmente, sino que debería recopilar los encabezamientos desde varias tramas y decodificarlos conjuntamente. Más específicamente, en el caso con los bits para uso futuro, ¿cómo tiene conocimiento el receptor de que contienen información de paridad?, o para el otro caso, ¿cómo tiene conocimiento el receptor de que hay dos en lugar de un encabezamiento y ambos necesitan recibirse?, estas y otras preguntas relacionadas se tratarán en las secciones a continuación, pero en primer lugar debemos proporcionar la descripción más general de la propuesta.

45 La Figura 8 es un esquema simplificado para ilustrar una manera convencional en la que se opera un sistema. Los encabezamientos de capa física Hi añadidos a las tramas se codifican normalmente de manera más robusta que las porciones de datos Di de la trama. La primera condición para que una trama se acepte en el receptor es que el encabezamiento se reciba correctamente. Si el encabezamiento se recibe correctamente, pero los datos no, entonces el receptor solicita retransmisión. En cualquier caso, la configuración de sistema convencional se basa en la suposición de que el encabezamiento y la parte de datos en la capa física están separados de una manera predefinida. Obsérvese que los datos originales se fragmentan en D1, D2, D3 y los encabezamientos Hi no dependen del contenido de datos de D1, D2, D3.

55 La Figura 9 ilustra el fin general de esta invención. Los encabezamientos de tramas Hi y los contenedores de datos de trama Di se observan ahora como entidades de capa PHY (PLE) y los datos se mapean a los mismos como si representaran una cierta modulación. En primer lugar se añade un encabezamiento de capa de enlace-MAC (LMLH) a los datos originales para realizar un paquete compuesto. En lugar de mapear LMLH a Hi, el encabezamiento de capa PHY y Di, la parte de datos a la entidad de datos de capa PHY, el paquete compuesto se mapea ahora a las entidades de capa física de acuerdo con algún criterio de optimización. Antes del mapeo, puede añadirse código de
60 corrección de errores. Obsérvese que las entidades Hi y Di no necesitan tener una longitud fija. En general, el receptor Bob debería ensamblar todas las entidades de capa física y decodificar el código de corrección de errores para poder interpretar LMLH y por lo tanto hallar si los datos recibidos se pretenden para Bob o no.

Los esquemas convencionales, tal como el ilustrado en la Figura 8, pueden considerarse como un caso especial del sistema en la Figura 9. Dicho de manera sencilla, únicamente se mapea LMLH a las entidades de capa PHY (PLE) Hi, mientras que los datos únicamente se mapean a la PLE Dj, mientras que no se aplique código de corrección de errores de adición a través de los datos y LMLH conjuntamente. El código de corrección de errores usado en la

Figura 9 puede ser de cualquier tipo - convolucional, LDPC, turbo, código de bloques, etc. Es importante observar que este código de control de errores trata las PLE como entidades de modulación, es decir objetos que pueden modularse con los bits emitidos desde el código de corrección de errores. De esta manera, por ejemplo, se puede diseñar un procedimiento de codificación/modulación combinadas eficaz usando los principios de la codificación trellis, pero en lugar de mapear los bits a constelaciones, se mapean a PLE.

Un caso interesante se representa en la Figura 10. Alicia está enviando paquetes a Bob usando el modo de comunicación normal, donde se sigue un encabezamiento por datos. Tras errores excesivos, Alicia hace la transmisión exclusivamente por los encabezamientos, es decir los PLE de Hi. Tales errores excesivos pueden tener lugar, por ejemplo bajo recepción de señal muy débil o interferencias de radiofrecuencia o interferencias. La justificación es que Hi son las PLE más robustas, y pueden usarse para crear un canal con tasa de datos ultra fiable baja. Obsérvese que hay un punto de conmutación, de manera que antes del punto de conmutación, los encabezamientos de la trama de capa física se interpretan únicamente como encabezamientos, es decir los punteros a los datos que siguen el encabezamiento. Después del punto de conmutación, el sistema opera en un modo de comunicación de emergencia y se considera que cada PLE de tipo Hi lleva datos útiles.

Supongamos que hay M bits que pueden cambiarse en el encabezamiento. Si estos bits pueden cambiarse sin ninguna restricción, entonces cada PLE de tipo Hi lleva M bits de información. Sin embargo, puede haber casos donde pueden cambiarse M bits en el encabezamiento, pero los cambios se ven sometidos a ciertas restricciones bajo las que opera el sistema original. Por ejemplo, el encabezamiento pueden contener un campo de M bits que indica una dirección de un nodo que pertenece a la red. Suponiendo que hay 5 nodos diferentes en la red original. Entonces el sistema puede estar restringido de manera que el campo de M bits en cada Hi puede tomar únicamente 5 posibles valores, correspondiendo cada uno a una dirección válida. De manera evidente, en este caso el encabezamiento no puede llevar M bits de información. Una opción para codificar la información deseada sería usar codificación de permutación. Por ejemplo, en un modo de emergencia el sistema puede organizar los PLE en tramas de longitud 5, y en cada trama enviar un PLE a una dirección diferente, de manera que cada trama puede estar dispuesta de $5! = 120$ maneras diferentes y la información útil se codifica en la manera en la que están dispuestas las PLE en la trama.

Por lo tanto, una trama lleva información de $\log_2 120 = 6,9$ bits, que implica aproximadamente 1,4 bits por trama que es menos de M bits (obsérvese que M necesita ser al menos 3 para poder tratar 5 nodos diferentes).

El sistema de comunicación original puede imponer otras restricciones en las que se envían las PLE. Esto puede depender no únicamente de la especificación/normalización del sistema de comunicación original, sino también de su implementación. Aunque en principio podemos forzar a que el sistema opere como en la Figura 7 y envíe dos PLE de encabezamiento consecutivas, esto no podría ser en la práctica. Por ejemplo, la restricción puede ser funcionar con un conjunto de chips existente, donde la manipulación de las PLE puede tener diversas restricciones. Una de ellas puede ser que cada encabezamiento PLE sea seguido por un PLE que es un contenedor de datos. En ese caso el sistema no puede operar en un modo de emergencia como se representa en la Figura 10, pero el canal robusto de baja tasa debería seguir la estructura de transmisión representada en la Figura 11. Una posibilidad es mantener datos ficticios en los contenedores de datos D1, D2, ... D5, mientras que los encabezamientos se codifican exactamente igual que en el modo de emergencia descrito en relación a la Figura 10. De manera evidente, si se usan Di ficticios, entonces la eficacia de sistema, expresada en términos del tiempo promedio requerido para transportar el mensaje codificado de manera robusta, sería inferior para el sistema en la Figura 11 en comparación con el sistema en la Figura 10. Para hacerlo más eficaz, podemos hacer referencia al esquema de transmisión general representado en la Figura 9: puede usarse un código de control de error y la salida de este código puede mapearse tanto a Hi como a Di, de manera que los contenedores de datos Di no son ficticios, sino que simplemente llevan también información acerca del mensaje que necesita enviarse de manera robusta. Sin embargo, en comparación con el modo de comunicación ordinaria, ahora Hi no es simplemente un puntero hacia los datos llevados en Di. Una manera sencilla de codificación sería la siguiente: el mensaje original se anexa con LMLH, codificado con un código de corrección de errores. Parte de los bits de salida del código de corrección de errores se envían a través de los encabezamientos, mientras que la otra parte se envía a través de los contenedores de datos. El receptor decodifica todos los Hi y Di recibidos antes de decidir el contenido del encabezamiento de mensaje y el mismo mensaje.

En otra variante, el LMLH se codifica de manera separada con un código de corrección de errores y los bits de salida de este código se mapean únicamente a varios encabezamientos de trama consecutivos. El mensaje se codifica con otro código de corrección de errores y los bits de salida de este código de corrección de errores se ponen en los contenedores de datos de las tramas cuyos encabezamientos llevan el LMLH.

En un cierto sistema inalámbrico heredado que caracteriza múltiples nodos de comunicación y/o comunicación bidireccional entre nodos, todos los nodos pueden pasar a operar de una manera robusta y comunicar entre sí de manera fiable usando los métodos propuestos esta invención.

En algunos sistemas de comunicación inalámbrica hay una estructura de temporización estricta, que comprende tramas que inician con una estructura de encabezamiento y continúan con una parte de datos. Tales son muchos de

los sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha de múltiples usuarios actuales WiMax, LTE, sistemas satélites, etc. En estos sistemas el encabezamiento de trama contiene información acerca del contenido de los contenedores de datos en la parte de datos, el tipo de modulación que se usará, la manera en la que se asignan canales, etc. En el ejemplo en la Figura 12, la trama se define en un dominio de tiempo-frecuencia, es decir cada trama abarca cierta banda de frecuencia que contiene múltiples canales y varios intervalos de tiempo. Para crear un canal robusto de tasa baja, el mensaje puede mapearse en los encabezamientos y la parte de datos conservando su estructura de tiempo, por ejemplo en un modo de comunicación robusto, el sistema no necesita verse forzado a enviar dos encabezamientos de trama de manera consecutiva. De esta manera el sistema conserva la compatibilidad hacia atrás con los sistemas heredados, que pueden continuar operando normalmente incluso cuando el sistema intenta enviar un mensaje de una manera robusta. De manera similar al análisis anterior el sistema de comunicación heredado (primario) puede tener restricciones. Por ejemplo, si hay M bits en el encabezamiento de trama que pueden cambiarse (por ejemplo, que contienen las direcciones de los usuarios o el contenido de los datos que están siguiendo la parte de contenedor de datos), entonces el módulo de comunicación robusto puede no permitir usar todos los 2^M posibles valores para estos bits. Este podría ser el caso si los M bits llevan información acerca de las direcciones de los nodos de comunicación que necesitan recibir datos particulares desde la parte de contenedor de datos y, debido a la decisión en el sistema de comunicación heredado, la dirección de un cierto usuario debe presentarse en los M bits.

La Figura 13 representa una situación en la que parte del encabezamiento de trama y parte de la parte de contenedor de datos, acordadas con antelación por el transmisor y el receptor (o múltiples receptores) pueden usarse como un contenedor para enviar datos de manera fiable. Un contenedor de datos fiable de este tipo se expande a través de múltiples tramas.

Una de las operaciones más importantes es cómo el sistema de transmisores y receptores acuerda alejarse del modo de comunicación normal, donde los encabezamientos se usan únicamente como descriptores de los datos a enviarse, al modo fiable (emergencia), donde la información puede modularse de manera arbitraria usando las PLE, encabezamientos y contenedores de datos. En palabras sencillas, cuando Bob recibe el encabezamiento desde Alicia, debería tener conocimiento sobre si interpretar como una información de señalización independiente, o necesita decodificarla en conjunto con otras PLE de tipo H (como en el caso de encabezamientos de tasa reducida) o debería tratar la PLE de tipo H como una señal de información/portadora.

Una posibilidad es usar cierto sistema de comunicación heredado y rediseñar la pila de protocolo de comunicación para todos los dispositivos implicados en comunicación mutua, de manera que todos estos nodos interpreten los encabezamientos de trama y datos de una manera correcta/consistente.

En otros escenarios, algunos dispositivos en la red pueden comunicar a través del canal inalámbrico robusto (llamémosles dispositivos inalámbricos de tasa reducida), pero los otros son dispositivos heredados que únicamente pueden interpretar los encabezamientos de trama y contenedores de datos como se prescriben en el sistema de comunicación heredado. En este caso la creación de canales robustos hacia los dispositivos inalámbricos de tasa reducida es aún posible, pero la comunicación debería hacerse bajo una restricción de no inducir estados indeseables/erróneos en los dispositivos heredados. Por ejemplo, una manera para hacer esto es usar únicamente valores para los encabezamientos de trama que un dispositivo heredado interpretaría como "esta información no es para mí y la parte de contenedor de datos se ignorará".

La transición a un modo fiable/de emergencia puede hacerse también dinámicamente. Suponiendo que la comunicación entre Alicia y Bob se hace de tal manera que Alicia envía datos y Bob envía realimentación (ACK o NACK) si los datos se han recibido correctamente. Puesto que la aplicación primaria esta invención es posibilitar transmisión de datos de tasa baja cuando Bob experimenta tasas de errores altas de manera no típica, entonces cada vez que tanto Alicia como Bob detectan que ha tenido lugar una situación de este tipo, deberían empezar a operar en un modo fiable. Supongamos que en modo de comunicación normal el encabezamiento de un paquete, que comprende M bits, únicamente usa S mensajes diferentes, donde $S < 2^M$. Entonces hay al menos un posible valor del encabezamiento que no aparece en un modo de comunicación normal. Llamemos a este valor de encabezamiento EI (Iniciación de Emergencia). En la práctica, este es un encabezamiento "ficticio" en el sistema de comunicación original. En este punto hay algunas maneras en las que puede usarse el valor EI.

Si Alicia recibe K paquetes de NACK consecutivos de Bob, donde K es un número predefinido, a continuación tanto Alicia como Bob pueden entrar en el modo de emergencia. En este caso, después de que Bob envía K NACK, entra en el modo de emergencia, supone que Alicia ha recibido también K NACK y espera al siguiente paquete de Alicia. Bob mantiene el envío de NACK hasta que recibe el valor de EI. Si Bob recibe un encabezamiento con el valor EI, entonces tanto Alicia como Bob tienen conocimiento de que han entrado en el modo fiable, donde los encabezamientos y los contenedores de datos deberían tenerse en cuenta para interpretarse únicamente como en un modo de comunicación normal.

Bob puede enviar un paquete corto especializado que informa explícitamente a Alicia que Alicia debería conmutar a un modo de emergencia. Bob puede enviar de manera persistente este paquete hasta que reciba el paquete EI.

5 Si Alicia no recibe ningún paquete de ACK/NACK desde B durante J rondas consecutivas, entonces Alicia empieza a enviar el encabezamiento EI de manera persistente hasta que recibe acuse de recibo desde Bob que Bob ha recibido el paquete EI. Como un criterio alternativo, Alicia puede enviar P paquetes de EI consecutivos y, si no recibe ACK desde Bob, entonces supone que Bob ha pasado también a un modo fiable/de tasa reducida, de manera que Alicia puede empezar a modular las PLE de una manera robusta.

10 Sin embargo, puede ocurrir que cualquier valor de encabezamiento aparezca en un modo de comunicación normal. En este caso una opción para iniciar la comunicación de tasa reducida/robusta puede ser romper la estructura del sistema de comunicación original. Por ejemplo, en lugar de tener una trama encabezamiento seguida por un contenedor de datos, el dispositivo que desea iniciar transmisión fiable de un mensaje puede enviar dos o más encabezamientos de trama de manera consecutiva. Prácticamente, cualquier transmisión de PLE que rompa la estructura de transmisión del sistema de comunicación heredado puede usarse como una señal para iniciar comunicación robusta.

15 Otra posibilidad es mantener la estructura del sistema de comunicación heredado, pero iniciar transmisión robusta de un mensaje a través de una secuencia de valores de encabezamiento enviados por Alicia. Por ejemplo, mientras se está aún en un modo de comunicación normal, cada encabezamiento individual se interpreta como una información de señalización; sin embargo, una secuencia particular de encabezamientos puede iniciar el modo de emergencia. Esto está relacionado al concepto de comunicación secundaria donde, además de los datos normales, se envía información a través de la secuencia de encabezamientos. Sin embargo, en este punto se usa únicamente un canal secundario para iniciar la transición hacia comunicación fiable. En este punto algunos ejemplos son cómo la información acerca de conmutación al modo de emergencia puede codificarse usando encabezamientos que serían de otra manera válidos para el modo de comunicación normal:

25 Secuencia de direcciones usadas en los encabezamientos de paquete en un sistema de comunicación basado en paquetes en el que la parte de datos puede tener longitud variable, la longitud se informa en el encabezamiento de paquete o se usa un método de codificación particular para la parte de datos para marcar el inicio/fin del paquete. Independientemente de eso, una secuencia particular de longitudes puede indicar que la comunicación debería conmutar a un modo de emergencia.

30 Obsérvese que la recepción de la secuencia de encabezamiento puede someterse también a errores. Por lo tanto, la información puede codificarse en la secuencia de encabezamientos usando un cierto código de corrección de errores. Por ejemplo, si la información se envía a través de una secuencia de direcciones, entonces puede usarse un código de permutación para indicar el cambio de modo normal a emergencia. Si es posible, después de recibir la secuencia de encabezamientos que indica un cambio de normal a emergencia, el nodo de recepción Bob debería enviar de vuelta a Alicia datos, valor de encabezamiento o una secuencia de encabezamientos, que indican que se ha conmutado también a un modo fiable. Después de recibir una secuencia de este tipo desde Bob, Alicia puede empezar a enviar datos a través del canal de emergencia.

40 Si Alicia y/o Bob concluyen que no es necesario comunicar en un modo fiable, pueden conmutar de vuelta a un modo normal. Esto puede ocurrir, por ejemplo, mediante señalización explícita mientras los otros nodos están comunicando en un modo fiable.

45 Si hay más de dos nodos A, B, C, D ... implicados en la comunicación, entonces usando el procedimiento descrito pueden todos pasar de modo normal a emergencia. El método propuesto para comunicaciones inalámbricas de tasa reducida puede aplicarse en cualquier sistema donde haya prácticamente una necesidad constante de comunicación al menos a una tasa mínima. Esto implica aplicaciones tales como: monitorización y control, comunicación de seguridad crítica, alarmas, programación remota, transmisión de mensajes de emergencia.

50 Una instancia interesante es que la comunicación inalámbrica de tasa reducida posibilita que el sistema reconfigure y permita que el usuario envíe cierto mensaje cuando el modo de comunicación normal falla a entregar el mensaje. Por ejemplo, en escenarios de emergencia, muchos usuarios intentan enviar mensajes de Twitter o SMS tan lejos como sea posible, a tantos dispositivos como sea posible. Si el sistema de comunicación normal falla al entregar el mensaje, entonces el sistema puede configurarse para funcionar en un modo fiable, usando algunas de las técnicas anteriormente descritas, y la pila de protocolo total puede reconfigurarse para tunelizar el mensaje de capa de aplicación (por ejemplo, Twitter o SMS) a la capa de enlace/MAC que lo entregará de manera fiable.

60 La invención puede implementarse por medio de hardware, software, firmware o cualquier combinación de estos. La invención o algunas de las características de la misma pueden implementarse también como software que se ejecuta en uno o más procesadores de datos y/o procesadores de señales digitales.

65 Los elementos individuales de una realización de la invención pueden implementarse física, funcional y lógicamente en cualquier manera adecuada tal como en una única unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de unidades funcionales separadas. La invención puede implementarse en una única unidad, o distribuirse tanto física como funcionalmente entre diferentes unidades y procesadores.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con las realizaciones especificadas, no debería interpretarse como que está de manera alguna limitada a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención se ha de interpretar a la luz del conjunto de reivindicaciones adjuntas. En el contexto de las reivindicaciones, las expresiones "que comprende" o "comprende" no excluyen otros elementos o etapas posibles.

5 También, la mención de referencias tales como "un" o "una" etc., no deberían interpretarse como que excluyen una pluralidad. El uso de signos de referencia en las reivindicaciones con respecto a elementos indicados en las figuras tampoco deberá interpretarse como que limitan el alcance de la invención. Adicionalmente, características individuales mencionadas en diferentes reivindicaciones, pueden combinarse posiblemente de manera ventajosa y la
10 mención de estas características en diferentes reivindicaciones no excluye que una combinación de características no sea posible y ventajosa.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de comunicación que comprende:

5 dos unidades de comunicación (Alicia, Bob) configuradas para comunicación inalámbrica, comprendiendo cada una de las dos unidades de comunicación (Alicia, Bob) un controlador de comunicación configurado para controlar la comunicación a una red de comunicación inalámbrica, el controlador de comunicación configurado para comunicar usando uno de dos modos de protocolo de comunicación donde un primer modo de protocolo de comunicación usa un primer protocolo para comunicar que tiene un primer umbral de tasa de error y una tasa de datos fijada, y un segundo modo de protocolo de comunicación usa un segundo protocolo para comunicar que tiene una segunda tasa de error umbral que es superior a la primera tasa de error umbral y una tasa de datos no fijada,
 10 en el que el primer protocolo de comunicación incluye transmitir una unidad de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) y una correspondiente unidad de datos (D1, D2, D3, D4, D5),
 15 caracterizado por que el controlador de comunicación está configurado para reconfigurar el primer protocolo para comunicar al segundo protocolo para comunicar, tratando el segundo protocolo de comunicación las unidades de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) y las unidades de datos (D1, D2, D3, D4, D5) del primer protocolo de comunicación como símbolos de modulación secundarios y la unidad de datos (D1, D2, D3, D4, D5) y la unidad de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) para el segundo protocolo de comunicación se envían a través de los símbolos de modulación secundarios,
 20 el controlador de comunicación está dispuesto adicionalmente para determinar una primera tasa de error cuando se usa el primer protocolo, para determinar si la primera tasa de error está por encima de un primer umbral predeterminado, con la condición de que la primera tasa de error esté por encima del primer umbral predeterminado, para conmutar la comunicación desde el primer protocolo de comunicación al segundo protocolo de comunicación,
 25 y en el que el primer protocolo de comunicación incluye transmitir metadatos usando unidades de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) y datos usando unidades de datos (D1, D2, D3, D4, D5), comprendiendo el segundo protocolo de comunicación transmitir datos usando la unidad de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) del primer protocolo.

2. El sistema de comunicación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo protocolo de comunicación comprende adicionalmente transmitir datos usando la unidad de datos (D1, D2, D3, D4, D5) del primer protocolo.

35 3. El sistema de comunicación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que los bloques de datos del primer protocolo de comunicación se usan como unidades de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) en el segundo protocolo de comunicación.

40 4. El sistema de comunicación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el segundo protocolo reduce tasas de datos gradualmente hacia cero para reestablecer un canal de comunicaciones.

45 5. El sistema de comunicación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el primer protocolo incluye reducir la tasa de transmisión debido a tasa de error creciente hasta un límite de tasa de transmisión predeterminado.

6. El sistema de comunicación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que una unidad de comunicación difunde información a una pluralidad de unidades de comunicación.

7. Un método para comunicar usando un sistema de comunicación que comprende:

50 - dos unidades de comunicación (Alicia, Bob) configuradas para comunicación inalámbrica, comprendiendo cada una de las dos unidades de comunicación (Alicia, Bob):

55 un controlador de comunicación configurado para controlar la comunicación a una red de comunicación inalámbrica, el controlador de comunicación configurado para comunicar usando uno de dos modos de protocolo de comunicación, en el primer modo de protocolo de comunicación usa un primer protocolo para comunicar que tiene una primera tasa de error umbral y una tasa de datos fijada, y un segundo modo de protocolo de comunicación un segundo protocolo para comunicar que tiene una segunda tasa de error umbral que es superior a la primera tasa de error umbral y una tasa de datos no fijada, en el que el primer protocolo de comunicación incluye transmitir una unidad de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) y una correspondiente unidad de datos (D1, D2, D3, D4, D5),
 60 caracterizado por que el controlador de comunicación está configurado para reconfigurar el primer protocolo para comunicar al segundo protocolo para comunicar, y tratando el segundo protocolo de comunicación las unidades de señalización y las unidades de datos (D1, D2, D3, D4, D5) del primer protocolo de comunicación como símbolos de modulación secundarios y la unidad de datos (D1, D2, D3, D4, D5) y la unidad de señalización
 65

para el segundo protocolo de comunicación se envían a través de los símbolos de modulación secundarios, comprendiendo el método:

- 5 - determinar la primera tasa de error cuando se usa el primer protocolo,
 - determinar si la primera tasa de error está por encima de un primer umbral predeterminado,
- 10 - con la condición de que la primera tasa de error esté por encima del primer umbral predeterminado, conmutar la comunicación desde el primer protocolo de comunicación al segundo protocolo de comunicación, y en el que el primer protocolo incluye transmitir metadatos usando unidades de señalización y datos usando unidades de datos (D1, D2, D3, D4, D5), comprendiendo el segundo protocolo de comunicación transmitir datos usando la unidad de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) del primer protocolo, comprendiendo el método disponer datos a transmitirse usando el segundo protocolo en las unidades de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) del primer protocolo.
- 15 8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el segundo protocolo de comunicación comprende adicionalmente transmitir datos usando la unidad de datos (D1, D2, D3, D4, D5) del primer protocolo, comprendiendo el método disponer datos a transmitirse usando el segundo protocolo en las unidades de datos (D1, D2, D3, D4, D5) del primer protocolo.
- 20 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, en el que los bloques de datos del primer protocolo de comunicación se usan como unidades de señalización (H1, H2, H3, H4, H5) en el segundo protocolo de comunicación.
- 25 10. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en el que el segundo protocolo reduce tasas de datos gradualmente hacia cero para restablecer un canal de comunicaciones.
11. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en el que una unidad de comunicación difunde a una pluralidad de unidades de comunicación.

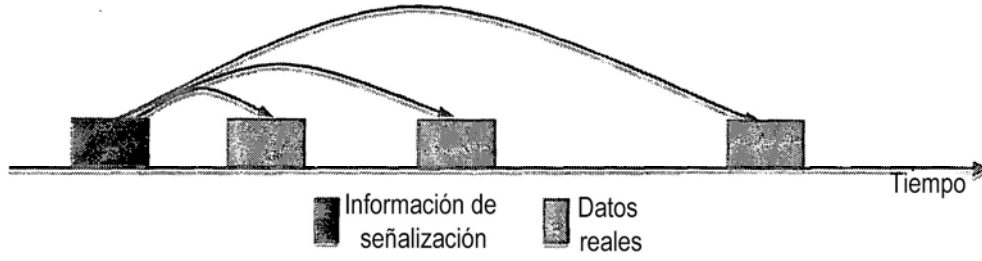


Fig. 1



Fig. 2

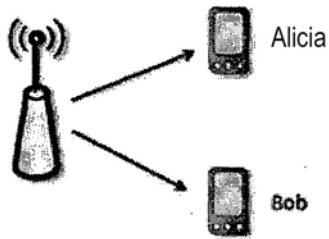


Fig. 3

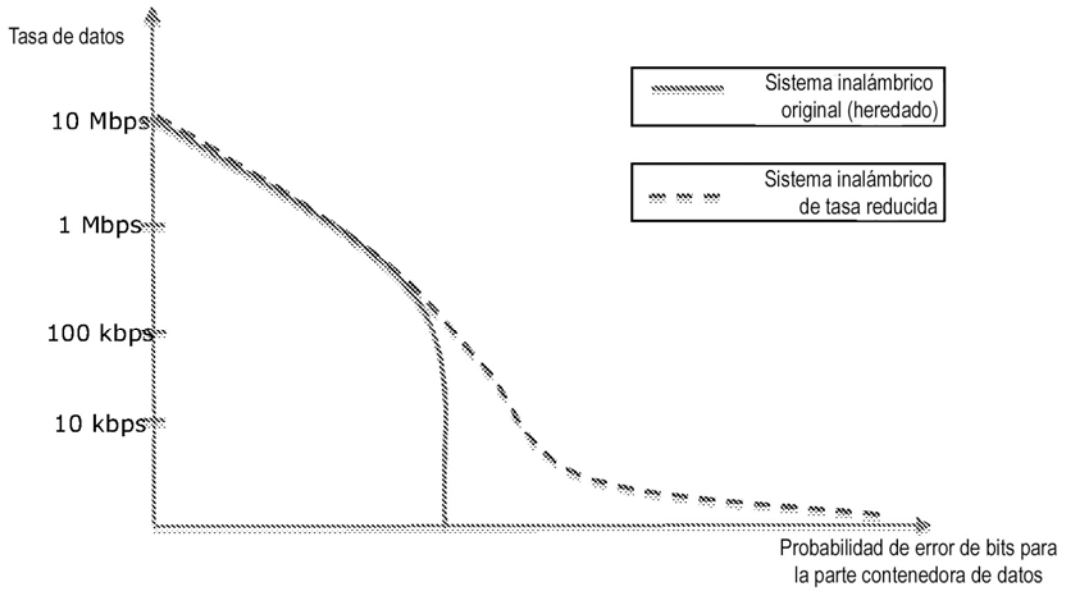


Fig. 4

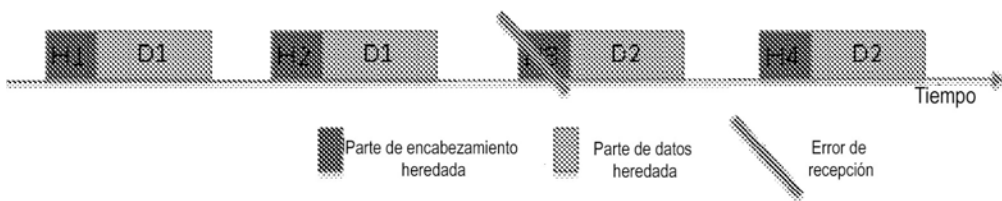


Fig. 5

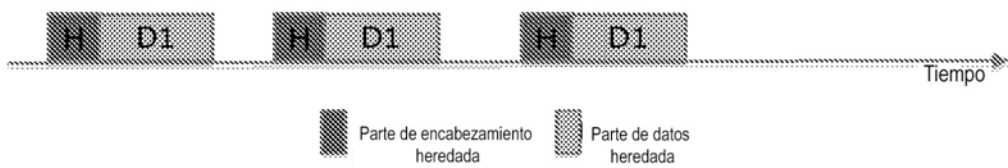


Fig. 6

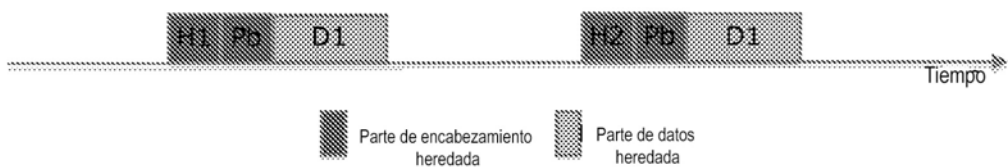


Fig. 7

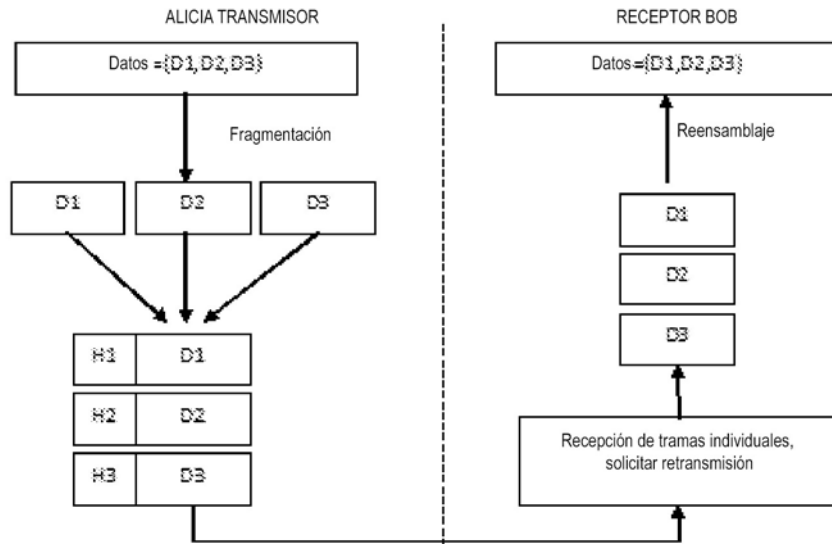


Fig. 8

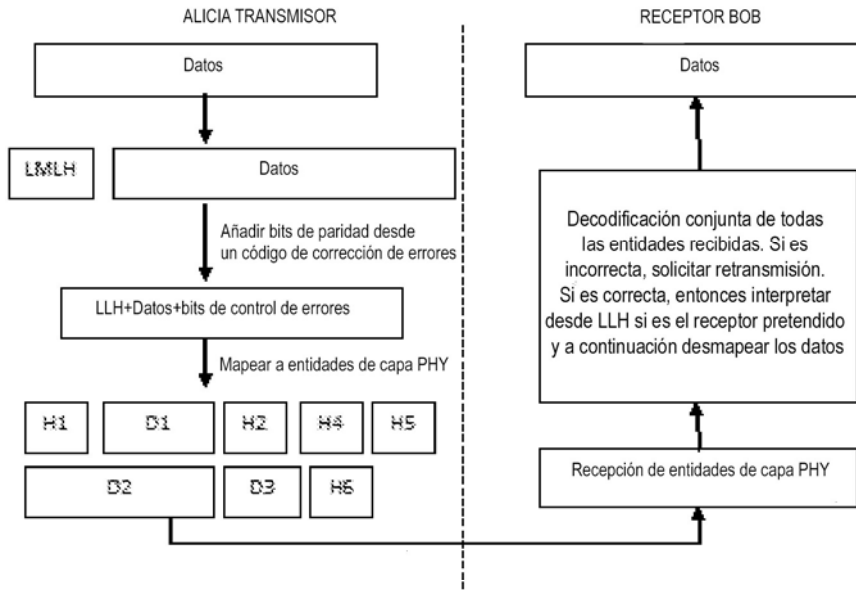


Fig. 9

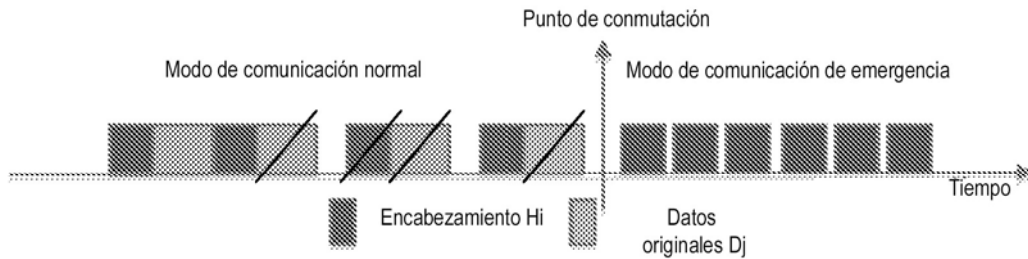


Fig. 10

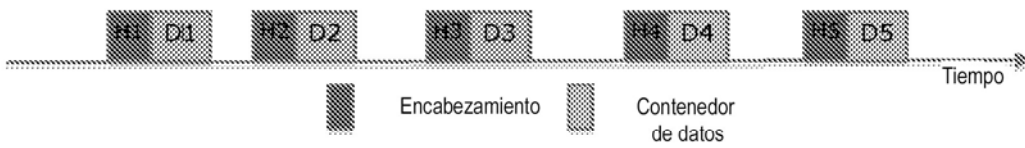


Fig. 11

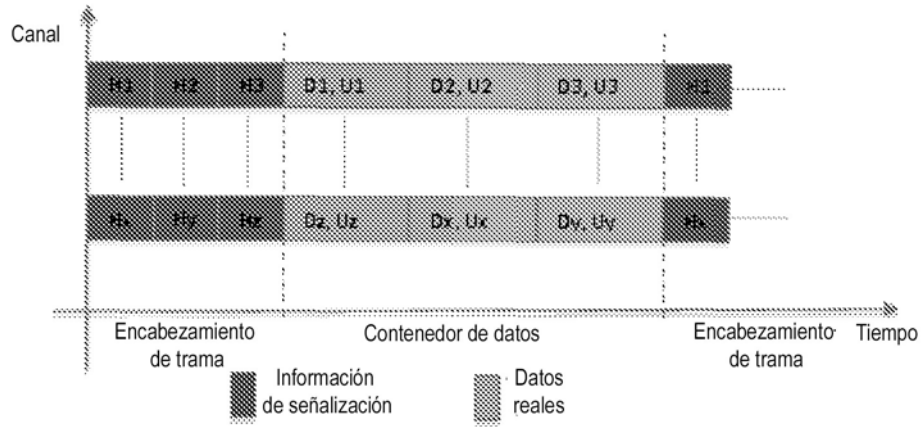


Fig. 12

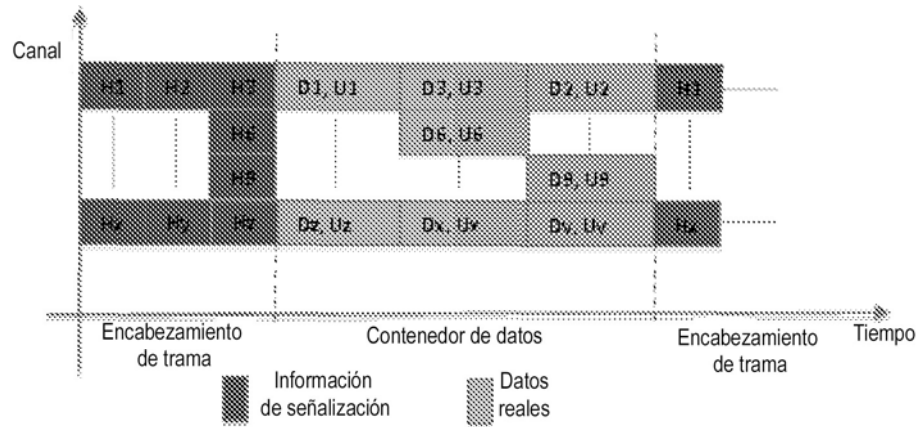


Fig. 13