

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 561**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/28** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04B 1/715** (2011.01)

**H04B 1/7107** (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2004 E 04729571 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **15.02.2006 EP 1625697**

54 Título: **Cancelación de interferencias en redes de retransmisión inalámbricas**

30 Prioridad:

**15.05.2003 US 470425 P**

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

**13.02.2013**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LARSSON, PETER y  
JOHANSSON, NIKLAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 395 561 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).

## DESCRIPCION

Cancelación de interferencias en redes de retransmisión inalámbricas.

### CAMPO TECNICO

5 La presente invención se refiere en general a redes de comunicación, y, más en particular, a redes inalámbricas tales como redes de trayecto o salto múltiple, ad hoc y de retransmisión colaboradora, en las que múltiples usuarios comparten un medio común de comunicación, y en las que la invención tiene como objetivo mejorar el rendimiento de tales redes.

### ANTECEDENTES

10 Los protocolos para compartir efectivamente un medio inalámbrico entre múltiples usuarios se denominan generalmente protocolos de acceso múltiple, esquemas de acceso al canal o esquemas de acceso a los medios. Para compartir eficientemente (y a menudo razonablemente) los medios inalámbricos, diversos esquemas de acceso al canal han sido desarrollados a lo largo de los años, teniendo como objetivo en particular las redes distribuidas, tales como las redes de trayecto múltiple/ad hoc.

15 Los protocolos de acceso múltiple clásicos se pueden dividir en dos categorías principales, protocolos libres de conflictos y protocolos basados en la contención.

#### **Protocolos de acceso múltiple libres de conflictos**

20 Los protocolos libres de conflictos, a los que a veces se les refiere como protocolos planificados de acceso al canal, aseguran que una transmisión, siempre que se hace, es satisfactoria; es decir, no interferida por otras transmisiones. La transmisión libre de conflictos se puede conseguir asignando el canal a los usuarios ya sea estática o dinámicamente. Esto se denomina a menudo respectivamente planificación fija o dinámica. El beneficio de una coordinación precisa entre estaciones es aquel que se concibe para lograr alta eficiencia, pero es a costa de la complejidad e intercambio en algún momento de grandes cantidades de tráfico de control.

25 En [1], Kleinrock y Sylvester sugirieron planificar y reusar espacialmente los intervalos de tiempo TDMA. La idea es organizar grupos (también llamados vectores o círculos libres de colisión) de enlaces que se puedan usar al mismo tiempo sin causar interferencia mutua perjudicial. Se puede identificar un número de tales grupos, y estos grupos entran entonces en un ciclo completo de manera semejante a un cuadro TDMA. Este esquema se denomina generalmente STDMA y actúa como TDMA Espacial.

#### **Protocolos de acceso múltiple basados en la contención**

30 Los protocolos basados en la contención difieren en principio de los protocolos libres de conflicto en que no se garantiza que una transmisión sea satisfactoria. El protocolo debe por consiguiente prescribir un procedimiento para resolver los conflictos una vez que ocurren, de forma que todos los mensajes se transmitan finalmente de forma satisfactoria.

35 Un problema clásico en las redes de radio por paquetes, o en las redes ad hoc, es la existencia de los llamados terminales ocultos. Con referencia a la figura 1, el problema de un terminal oculto significa que un nodo A que transmite a B ignora la transmisión de otro nodo C a D (o posiblemente a B) que interfiere con la transmisión de A a B. El resultado es obviamente una colisión en B que degrada el rendimiento en todos los aspectos (capacidad, retardo y así sucesivamente). Se han sugerido medios para enfrentarse a este problema desde la mitad de los años 70 y en consecuencia se echará un rápido vistazo a las "soluciones" clásicas. Sin embargo, hay que observar primeramente que CSMA [1] no gestiona este problema, ya que C y A, por definición, no reciben cada una de las otras transmisiones. La detección de la portadora se considera por ello inviable para las redes de radio en paquetes [3]. En el peor caso, el rendimiento de CSMA degrada el rendimiento de ALOHA [1].

40 Se describen a continuación varios métodos orientados a la contención para gestionar el problema del terminal oculto:

#### **Acceso Múltiple Anticolisión (MACA)**

45 Un método llamado MACA (Acceso Múltiple Anticolisión) debido a Karn [4] se basa en enviar una Petición para Enviar (RTS: Request to Send) y Despejado para Enviar (CTS: Clear to Send) para asegurarse que los vecinos de B saben de quién será la transmisión. Supóngase que A envía una RTS, B responde con un CTS, si es que ha recibido la RTS. El nodo A recibe el mensaje CTS e inicia la transmisión de datos. C, por otra parte, se abstiene de transmitir nada, ya que ha oído el CTS del nodo B. Similarmente, los nodos en la vecindad del nodo A, que reciben el mensaje RTS se abstienen de transmitir nada, ya que A está esperando un mensaje CTS. Un esquema de desistimiento se emplea para reducir el impacto de colisiones recurrentes de mensajes RTS.

**MACAW**

En [5], Bhargawan y otros, mejoraron del protocolo MACA y lo renombraron como MACAW. Ellos introdujeron la capa de enlace Acks, así como CSMA para los mensajes RTS. También mejoraron la exactitud mediante la ejecución del esquema de desistimiento basado más en la pareja fuente-destino que en el nodo. También se añadieron medios para el control de la congestión. La norma IEEE 802.11 emplea ahora un esquema muy similar RTS-CTS llamado DFWMAC en uno de sus modos de operación.

**Acceso Múltiple por Tono de Ocupado (BTMA)**

Una solución bastante similar a MACA es el esquema de Acceso Múltiple por Tono de Ocupado, BTMA [6]. En lugar de enviar un mensaje CTS, el nodo B indica está ocupado por medio de un tono en algún canal paralelo (lee otra frecuencia). Esto se puede hacer siempre que B haya recibido su contenido de dirección. Sin embargo, otro método propuesto alternativo y mucho menos útil es aquel en el que tras detectar todos los nodos la transmisión de un paquete, envía un tono de ocupado. La última alternativa causará bloqueos importantes en una gran área. El uso práctico de cualquiera de los esquemas ha sido bastante limitado y ha tenido eco mayoritariamente en publicaciones académicas.

**Otros protocolos clásicos de acceso múltiple**

Otra técnica de acceso a los medios se basa en Acceso Múltiple por División de Código de Secuencia Directa.

En principio, son posibles dos enfoques.

Por ejemplo, con referencia de nuevo a la figura 1, se pueden implementar mecanismos que se proponen asegurar que los nodos A y C usan códigos ortogonales y que por ello no interfieren entre sí.

Otra solución es aprovechar los códigos difundidos dirigidos al receptor. Esta última supone que C envía sus datos hacia un nodo D. Hay que observar que usando códigos ortogonales, los recursos de ancho de banda disponibles son divididos por el emisor.

**Protocolo de acceso múltiple orientado a multiusuarios**

Se describe en [7] un protocolo de acceso múltiple que combina STDMA y detección de multiusuario. En este método, las transmisiones se planifican en el tiempo, en el espacio, así como en potencia de recepción. Los niveles de potencia de transmisión se eligen de tal manera que se pueden recibir múltiples transmisiones simultáneamente y que se descodifiquen por medio del uso de un detector de multiusuario. El beneficio es que la capacidad de la red se mejora con respecto a los esquemas clásicos de canal.

La patente US 5.596.439 se refiere a la cancelación de la auto-interferencia en la comunicación retransmitida por dos terminales. Cada usuario almacena su propia señal fuente, y transmite la señal fuente a una estación retransmisora. La estación retransmisora genera y transmite, a cada usuario, una señal compuesta que contiene una copia de todas las señales fuente, en lugar de enviar cada señal fuente al otro usuario deseado en una transmisión separada. Cada usuario recibe entonces esta señal compuesta, y cancela su propia señal fuente almacenada para recuperar la señal deseada, que es la señal fuente del otro usuario.

**SUMARIO DE LA INVENCION**

La presente invención supera estos y otros inconvenientes de las disposiciones de la técnica anterior.

Es un objeto general de la presente invención fijar como objetivo mejoras en el rendimiento en redes de retransmisión inalámbrica tales como las de trayecto múltiple, ad hoc, redes de retransmisión cooperantes y redes basadas en retransmisión, en las que múltiples usuario comparten un medio común de comunicación.

En particular, es deseable mejorar el rendimiento de la red con respecto a su capacidad y retardo

Otro objeto de la invención es proporcionar un método y una disposición mejorados para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica.

La invención satisface estos y otros objetivos como se definen en las reivindicaciones de patente que se acompañan, y en particular en las reivindicaciones independientes 1 y 15.

La invención está basada en la observación de que la mayoría de las interferencias están causadas por paquetes que se transmiten múltiples veces sobre al menos un enlace y usualmente sobre más de un enlace, especialmente en redes de retransmisión inalámbrica tales como redes de trayecto múltiple, redes de retransmisión cooperantes y redes basadas en

repetidor. En redes de trayecto múltiple, por ejemplo, la información puede ser transmitida en múltiples trayectos o segmentos entre origen y destino. Aunque las transmisiones múltiples se pueden deber a la retransmisión, la razón primaria es que el mismo paquete o información se envía de nodo a nodo hasta que se alcanza el destino.

5 De acuerdo con la invención, cuyo propósito es aprovechar la información ya disponible en el proceso de detección de la señal, la información de la señal representativa de un primer conjunto de información incluyendo al menos una unidad de datos para ser transmitida en total más de una vez sobre al menos un enlace es almacenada como una información de la señal *conocida a priori*. Esta podría ser recibida previamente en el nodo. A continuación se recibe la información de la señal representativa de un segundo conjunto de información, en el que la transmisión de una o más unidades de datos del primer conjunto de información interfiere con la recepción del segundo conjunto de información. A pesar de la  
10 interferencia, al menos parte del segundo conjunto de información puede aún ser detectado satisfactoriamente utilizando la información de la señal recibida y al menos parte de la información de la señal *conocida a priori* almacenada previamente. La información se detecta preferiblemente por medio de la cancelación de las interferencias basándose en la información de la señal recibida y partes importantes de la información *conocida a priori*.

15 Por ejemplo, la información de la señal *conocida a priori* puede incluir su propia información transmitida, la información previamente recibida y detectada, incluso la información casualmente captada previamente.

En muchas aplicaciones, el primer conjunto de información incluye una o varias unidades de datos para ser transmitidas en total más que una a la vez sobre más de un enlace.

Es una ventaja actualizar continuamente el conjunto de información de la señal conocida a priori, preferiblemente incorporando la información recién detectada y eliminando la información atrasada.

20 La invención añade por consiguiente una nueva dimensión al problema de acceso al canal, por medio de mecanismos novedosos de almacenar y utilizar la información conocida a priori, mejorando por ello el rendimiento de la red y resolviendo con efectividad el clásico problema del terminal oculto. En particular, además, se ha mostrado que la intención proporciona mayor capacidad y retardo reducido.

25 La detección se puede hacer por bit, por símbolo o por secuencia de bits o de símbolos, para un único usuario o para usuarios múltiples. La detección puede hacerse sobre información codificada o sobre bits de información. Esto significa que la información detectada puede de hecho ser información codificada desmodulada y/o ambas, información desmodulada y descodificada.

Como se ha indicado anteriormente, la invención se aplica en general a redes de retransmisión inalámbrica tales como redes de trayectos múltiples, redes de retransmisión cooperantes o redes basadas en retransmisión.

30 Se ha de comprender que pueden ser usados por la invención muchos tipos diferentes de cancelación de interferencias, incluyendo técnicas de cancelación de interferencias tanto explícita como implícita. Por ejemplo, el proceso de detección puede implicar la eliminación de una información de la señal conocida a priori de la información de la señal recibida para generar una señal residual, y entonces descodificar la señal residual. Alternativamente, la información puede ser detectada procesando conjuntamente una información conocida a priori en forma de información de la señal de banda base previamente recibida junto con la información de la señal de banda base que se acaba de recibir..  
35

El proceso de detección puede además basarse en la información de la planificación de la transmisión con objeto de correlacionar de forma más precisa la utilización de la información de la señal conocida a priori con los casos de transmisión de la información de la señal interferente.

La invención ofrece las siguientes ventajas:

- 40
- Rendimiento de la red mejorado;
  - Mayor capacidad y retardo reducido;
  - Solución efectiva al clásico problema del terminal oculto;
  - Mayor probabilidad de detección satisfactoria de la señal;
  - Permite abrir protocolos diseñados especialmente MAC (Control de Acceso a los Medios), métodos de encaminamiento, esquemas RRM (Gestión de Recursos de Radio) que pueden incluso mejorar el rendimiento mucho más.
- 45

Otras ventajas ofrecidas por la presente invención se podrán apreciar tras la lectura de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención.

### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La invención, junto con otros objetivos y ventajas de la misma, se comprenderá mejor con referencia a la siguiente descripción junto con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 ilustra el problema clásico del terminal oculto;

- 5 La figura 2 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra los principios básicos de la invención de acuerdo con una realización preferida de la invención;

La figura 3 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra los principios básicos de la invención, basados específicamente en la detección de multi-usuario, de acuerdo con una realización preferida de la invención;

- 10 La figura 4 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un nodo de la red que incorpora una disposición de cancelación de las interferencias basada en la información conocida a priori de acuerdo con una realización preferida de la invención;

La figura 5 es un diagrama secuencial esquemático que ilustra un caso de ejemplo de cancelación de las interferencias causadas por los propios datos reenviados;

- 15 La figura 6 es un gráfico que ilustra un ejemplo del rendimiento de la capacidad del sistema de la figura 5 como una función de la relación señal/ruido, con y sin la técnica propuesta de cancelación de las interferencias;

Las figuras 7A-D son diagramas secuenciales esquemáticos que ilustran casos de ejemplo de cancelación de las interferencias causadas por los datos capturados casualmente;

- 20 La figura 8 son diagramas secuenciales esquemáticos que ilustran la cancelación de las interferencias de una información conocida a priori en un canal retransmisor de dos trayectos en cinco esquemas de ejemplo, incluyendo dos esquemas de referencia;

La figura 9 es un gráfico que ilustra el rendimiento de la capacidad como una función de la relación señal/ruido en los cinco esquemas de ejemplo de la figura 8;

Las figuras 10A-B son diagramas esquemáticos que ilustran un ejemplo del concepto de retransmisión cooperante;

- 25 La figura 11 es un diagrama secuencial que ilustra la cancelación de las interferencias de acuerdo con una realización de la invención en el caso de retransmisión cooperante;

La figura 12A-B son diagramas esquemáticos que ilustran el concepto de retransmisión cooperante con tráfico simultáneo de enlace ascendente y de enlace descendente;

- 30 La figura 13 es un diagrama secuencial que ilustra la cancelación de las interferencias de acuerdo con una realización de la invención en el caso de retransmisión cooperante con tráfico simultáneo de enlace ascendente y de enlace descendente;

La figura 14 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra los principios básicos de la invención, basados específicamente en un procedimiento de tratamiento conjunto, de acuerdo con una realización preferida de la invención;

- 35 y La figura 15 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra los principios básicos de un híbrido de cancelación explícita de interferencias con descodificación residual y almacenamiento residual de las señales residuales de banda base como la información conocida a priori de acuerdo con una realización preferida de la invención.

### DESCRIPCION DETALLADA DE REALIZACIONES DE LA INVENCION

En todos los dibujos, se utilizarán los mismos caracteres de referencia para elementos correspondientes o similares.

- 40 Como se mencionó anteriormente, los métodos del estado de la técnica no son óptimos con respecto a la capacidad y al retardo. La invención se basa en la observación de que la mayoría de las interferencias está causada por paquetes que se transmiten múltiples veces sobre uno o más enlaces, especialmente en redes de retransmisión inalámbrica tales como redes de trayecto múltiple, redes de retransmisión cooperantes y redes basadas en repetidores.

La invención se propone utilizar la información ya disponible en el proceso de detección de la señal y se basa preferiblemente en:

- Almacenar la información de la señal representativa de un primer conjunto de información, que incluye al menos una unidad de datos para ser transmitida en total más de una vez sobre al menos un enlace (a menudo más de uno), como información de la señal *conocida a priori*;
- Recibir la información de la señal representativa de un segundo conjunto de información, en el que la transmisión de una o más unidades de datos del primer conjunto de información interfiere con la recepción del segundo conjunto de información; y
- Detectar al menos parte del segundo conjunto de información por medio de la cancelación de las interferencias basándose en la información recibida de la señal y en al menos parte de la información almacenada previamente de la señal *conocida a priori*.

10 El primero y segundo conjuntos de información puede incluir cada uno una o más unidades de datos, y tanto la detección de usuario único como la detección de usuario múltiple son alternativas posibles de detección que pueden ser seleccionadas de acuerdo con la aplicación y elección del diseño. Se ha de comprender que pueden ser usados por de la invención muchos diferentes tipos de cancelación de las interferencias, incluyendo técnicas de cancelación de las interferencias tanto explícita como implícita.

15 De esta forma, manteniendo y utilizando la información de la señal conocida a priori, el clásico problema del terminal oculto se puede resolver efectivamente, dando lugar a un rendimiento de la red mejorado en todos los aspectos.

20 La invención proporciona así, un receptor y/o módulo de detección de la señal (descodificador) que aprovecha el hecho de transmisiones múltiples. Esto también se abre al desarrollo de protocolos MAC (Control de Acceso a los Medios) especialmente diseñados, métodos de encaminamiento, esquemas RRM (Gestión de Recursos de Radio) y así sucesivamente para mejorar más aún el rendimiento.

Aunque la solución convencional de detector multiusuario es un buen esfuerzo cuando se opta a la máxima capacidad, aquella falla al aprovechar la información disponible.

25 Se ha de observar también que los esquemas híbridos ARQ (Petición Automática de Repetición) pueden aprovecharse de información antigua enviada previamente. En ARQ híbridas, sin embargo, la información enviada previamente y la información retransmitida seguidamente se transmiten en diferentes intervalos de tiempo al mismo nodo sobre el mismo enlace, y el esquema se usa simplemente en ARQ eficientes y no con propósito de cancelación de las interferencias.

30 Obsérvese que aunque el foco en lo que sigue incidirá en redes de trayecto múltiple y las así llamadas redes de retransmisión cooperante, la invención se aplica en general a redes de retransmisión inalámbrica en las que la misma información se puede transmitir múltiples veces sobre múltiples enlaces, incluyendo también las redes basadas en repetidores.

35 A continuación, se describirán dos conceptos básicos de ejemplo. El primero se enfoca a una solución algo más práctica cuando se utilizan paquetes detectados. Éste servirá como una introducción y motivación del tema principal. El segundo concepto es más general, y por necesidad funciona mejor cuanto más información retiene y utiliza, pero presenta mayor complejidad. A continuación se presenta una tercera versión híbrida que alcanza un equilibrio entre la baja complejidad del primer concepto y el alto rendimiento ofrecido por el segundo concepto.

### **CONCEPTO DE EJEMPLO 1**

40 Como se ha indicado anteriormente, algo de interferencia es causada en una red de trayecto múltiple por paquetes anteriores recibidos y reenviados o por paquetes recientes captados casualmente de otros nodos de comunicación que se transmiten una vez más. Como esa información es, en un sentido, *conocida a priori*, se puede eliminar de la señal recibida, dejando una señal residual para que sea descodificada. Por lo tanto, cuanto más se pueda mejorar la relación señal/ruido e interferencia (SINR), tanto más mejorará el rendimiento del sistema. Tales mejoras de rendimiento incluyen capacidad aumentada, retardo reducido y/o solidez mejorada en la recepción.

45 Los principios básicos de acuerdo con una realización preferida de la invención se esbozan en el diagrama de flujo de la figura 2 para un detector que utiliza datos conocidos a priori. En la etapa S1, se recibe una señal y se determina la presencia de y cuantos datos conocidos a priori están asociados con la señal. En la etapa S2A, la detección de la señal se realiza basándose en la información conocida a priori. Esto se puede realizar cancelando (restando) la interferencia causada por los datos conocidos a priori de la señal recibida para generar una señal residual, como se explicará con detalle más adelante. Obsérvese que aunque los datos se representan normalmente por medio de un paquete, es decir, una palabra de unos y ceros, es típicamente una o más copias de las secuencias moduladas de los datos conocidos a priori que se restan de la señal recibida. Sin embargo, se pueden imaginar diferentes métodos para la detección (como se describe más al adelante). A continuación, la señal residual se descodifica y se comprueba su validez, por ejemplo,

por medio de una CRC (Comprobación Cíclica Redundante). Si pasa la comprobación, entonces los datos recién detectados o descodificados se almacenan junto con secuencias de datos previamente detectados o descodificados en la etapa S3 de manera que se actualiza continuamente la información de la señal conocida a priori. Esta información puede preferiblemente por su sensibilidad ser almacenada como secuencias moduladas (dado que se usa el método de sustracción de interferencia descrito más adelante), pero en caso de almacenamiento limitado y cuando la velocidad no importa, se almacenan como secuencias puras de datos con unos y ceros. En la etapa S4, los datos descodificados se reenvían también a la función siguiente apropiada, que puede ser típicamente una capa superior. Después de enviar los datos a las capas superiores, pueden o bien ser encaminados a otro nodo o usados por una aplicación residente dentro del nodo. Alternativamente, si se emplea reenvío a la capa 1, por ejemplo, con una función regenerativa de repetidor, los datos descodificados se pueden enviar a un almacenamiento temporal en la capa 1 y transmitir a continuación. En otro ejemplo de reenvío a la capa 1 que emplea una función no regenerativa de repetidor, la señal residual (es decir, después de cancelada la interferencia de las secuencias conocidas a priori) se puede enviar a un almacenamiento temporal en la capa 1 y transmitir a continuación. Obsérvese que el uso explícito de los datos descodificados no es aquí lo importante. El orden en el cual se almacenan y se reenvían los datos a la siguiente capa es arbitrario. Finalmente, ya que algunos datos salen más y más, y por consiguiente no causan ninguna interferencia perjudicial en el receptor en cuestión, o llegan en última instancia al nodo de destino y por consiguiente ya no se envían más, no sirven para cancelar la influencia de tales datos. Por ello, en la etapa S5, estos datos se pueden eliminar de la lista de las secuencias detectadas a priori. La eliminación puede ser iniciada por ejemplo por medio de un temporizador (es probable que los mensajes muy antiguos tengan que ser actualizados, aunque no garantizados), o activada por medio de una señalización explícita.

El esquema anterior se puede adaptar/extender al caso de detección de multiusuario, como se ilustra en la figura 3. Una forma general de detector es un detector de multiusuario (MUD) que recibe múltiples paquetes al mismo tiempo y trata de detectar un número específico de mensajes, o tantos mensajes como sea posible, de la señal recibida. De acuerdo con una realización preferida, la detección multiusuario se realiza también teniendo en cuenta los paquetes conocidos a priori detectados o descodificados, como se indica en la etapa S2B. A continuación, el conjunto de paquetes detectados o descodificados se actualiza para incluir los paquetes recién detectados o descodificados.

La figura 4 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un nodo de red que incorpora una disposición para la cancelación de las interferencias basada en la información conocida a priori de acuerdo con una realización preferida de la invención. El nodo 100 de la red está dividido lógicamente en una parte receptora y una parte transmisora, y básicamente consta de una antena conectada a una cadena de receptor convencional 10, una unidad de detección 20, una unidad de almacenamiento 30 para la información de la señal conocida a priori, una unidad de información 40 de la planificación de la transmisión, otras funciones 50 (capa superior), una unidad de control 60 de la actualización, una cola de transmisión 70, una unidad de encapsulación 80, modulación y codificación 90 y una cadena de transmisión 95 conectada a una antena.

La invención atañe principalmente a la estructura de recepción del nodo 100 de la red, y la principal novedad es mantener la información de la señal conocida a priori en la unidad de almacenamiento 30, y utilizar esta información en el proceso de detección (desmodulación y/o descodificación) de bits y/o de secuencias realizado por la unidad de detección 20. La unidad de detección 20 puede ser un detector de usuario único o un detector multiusuario, y detecta la información de la señal por medio de la cancelación de las interferencias basándose en la información de la señal de la cadena de recepción 10 y en la información de la señal conocida a priori de la unidad de almacenamiento 30. Por ejemplo, el proceso de detección puede implicar la eliminación de la información de la señal conocida a priori de la información recibida de la señal para generar una señal residual, y entonces descodificar la señal residual. Alternativamente, la información de la señal se puede detectar procesando conjuntamente la información conocida a priori en forma de información de la señal de banda base previamente recibida junto con la información de la señal de banda base recibida en el momento. El proceso de detección además basarse en información de la planificación de la transmisión de la unidad 40, como se explicará con más detalle más adelante.

Después de la detección, los datos detectados o descodificados se reenvían típicamente a la siguiente función apropiada 50 que puede residir típicamente en una capa superior. Después de enviar los datos a las capas superiores, pueden o bien ser encaminados a otro nodo o bien usados por una aplicación que resida dentro del nodo. Cuando los datos tienen que transmitirse a otro nodo, se colocan en la cola de transmisión 70. Desde aquí, los datos son transferidos a la unidad de encapsulación 80 para su encapsulación y direccionamiento. Los datos encapsulados son entonces modulados y codificados por medio de la unidad 90 y transmitidos finalmente a través de la cadena de transmisión 95 y de la antena.

En este ejemplo en particular, el nodo está adaptado para usarse en una red de radio por paquetes de trayecto múltiple. Se debe comprender, sin embargo, que la retransmisión cooperante y algunas implementaciones de trayecto múltiple no tienen que usar necesariamente encabezamientos de paquetes. Existen también esquemas de retransmisión cooperante que se basan en retransmisión no regenerativa, lo cual significa que se pueden omitir algunas de las operaciones anteriores, tales como modulación.

Para comprender mejor la invención, será útil ilustrar algunos escenarios de ejemplo en los cuales se puede usar la invención. Primero se describirá el esquema de conjunto de la cancelación de las interferencias de los propios datos reenviados con referencia a las figuras 5 y 6, y en segundo lugar, se describirá la cancelación de las interferencias de los datos previamente captados casualmente con referencia a las figuras 7A-C.

5 **Datos propios reenviados/transmitidos:**

Con propósitos ilustrativos, se ha supuesto un esquema de acceso a los medios a intervalos de tiempo. Con referencia al diagrama de la secuencia de mensajes de la figura 5, en el momento  $T_1$  los datos codificados dentro de la señal  $S_1$  se envían desde el nodo A al nodo B, donde se puede suponer que se descodifican correctamente. En  $T_2$ ,  $S_1$  se envía desde el nodo B al nodo C, donde también se supone que se descodifican correctamente. En el momento  $T_3$  se envían respectivamente dos paquetes de datos codificados dentro de  $S_1$  y  $S_2$ . En la técnica anterior, la recepción en el nodo B desde el nodo A sería interferida por la transmisión del nodo C. En la presente invención, sin embargo, como se elimina la influencia de la señal  $S_1$ , la recepción y la detección, la detección del símbolo o de la secuencia, de la señal  $S_2$  serán correctas.

10 La interferencia en  $T_3$  puede ser significativa si no se emplea la invención. Un ejemplo simplista, aunque instructivo, se expone considerando la capacidad del canal Shannon para la transmisión de un paquete en  $T_3$  desde el nodo A al nodo B. Con la invención, el nodo B experimentará una relación señal/ruido  $SNR = P.G/N$ , donde  $P$  es la potencia de transmisión,  $G$  es la ganancia en el recorrido desde el nodo A al nodo B y  $N$  es la potencia de ruido. Sin embargo, si no se usa la invención, si el nodo C transmite con potencia  $P$  y la ganancia en el recorrido al nodo B es también  $G$ , entonces, en su lugar, la relación efectiva señal/ruido es  $SNR_{eff} = SNR/(SNR + 1)$ .

20 El límite de capacidad Shannon está dibujado en la figura 6 para ilustrar un ejemplo del resultado de la capacidad con y sin el método propuesto de cancelación de las interferencias. En los sistemas prácticos de trayecto múltiple, existe un serio problema y por consiguiente la distancia de reutilización tiene que aumentarse para no causar este efecto devastador de interferencia. Esto implica, a su vez, reducir la capacidad.

**Datos captados casualmente:**

25 En adición al ejemplo mostrado en la figura 5, en las figuras 7A-D se exponen algunos ejemplos de un diferente escenario en el que los datos captados casualmente se usan en subsiguientes cancelaciones de la interferencia.

Más en particular, en la figura 7A, se envían dos secuencias de datos codificadas dentro de la señal  $S_1$  y de la señal  $S_2$  sobre recorridos diferentes pero adyacentes. En el instante  $T_1$ , el nodo F capta casualmente (y la descodifica correctamente) la señal  $S_1$  transmitida sobre el enlace del nodo A al nodo B. La señal  $S_1$  se almacena en el nodo F como información conocida a priori. En el instante  $T_2$ , el nodo B transmite  $S_1$  sobre otro enlace al nodo C y causa interferencia en relación con el nodo F. El nodo F recibe y descodifica la señal  $S_1$  enviada desde el nodo E por medio de la cancelación de la transmisión interferente  $S_1$  enviada desde el nodo B al nodo C.

30 Es difícil de determinar analíticamente la mejora del rendimiento, pero simulaciones iniciales han mostrado que las señales conocidas a priori pueden ser suprimidas satisfactoriamente para mejorar la capacidad global. Sin embargo, el rendimiento depende típicamente de la planificación de quién recibe, quién transmite, qué se transmite y cuándo. Se muestra para un caso trivial que se puede garantizar y cuantificar teóricamente que la invención mejora la fidelidad en la comunicación. Aún así, se espera que la ganancia en el caso de trayecto múltiple será generalmente mucho mayor, ya que se cancela generalmente más de un mensaje y que el tráfico recientemente captado casualmente o reenviado habitualmente genera interferencia local perjudicial.

40 La figura 7B ilustra el escenario de un llamado nodo multi-difusión A, el cual en un instante  $T_1$  transmite una señal  $S_1$  a algún otro nodo, aquí marcado como B. Esta señal se capta casualmente (y se descodifica correctamente) por medio de un nodo adyacente  $F'$ , que almacena la señal  $S_1$  como información de la señal conocida a priori. En el instante  $T_2$ , el nodo A transmite  $S_1$  a aún otro nodo, aquí marcado como C, y por ello causa interferencia en relación con el nodo F cuando recibe la señal  $S_2$  enviada desde el nodo E. El nodo F descodifica convenientemente la señal  $S_2$  enviada desde el nodo E por medio de la transmisión interferente  $S_1$ .

45 La figura 7C ilustra aún otro escenario, en el que el nodo A envía una señal  $S_1$  a lo largo de dos recorridos paralelos al nodo D. En el instante  $T_1$ , el nodo A envía  $S_1$  a los nodos B y C y en el instante  $T_2$ , los nodos B y C retransmiten  $S_1$  al nodo D. En el instante  $T_1$ , la señal  $S_1$  es captada casualmente por el nodo adyacente F, que almacena la señal  $S_1$  como información de la señal conocida a priori. En el instante  $T_2$ , el nodo F recibe y descodifica la señal  $S_2$  enviada desde el nodo E por medio de la cancelación de la transmisión interferente  $S_1$  no enviada desde los nodos B y C al nodo D.

La figura 7D ilustra un escenario de ejemplo en el cual una señal  $S_1$  se envía sobre el mismo enlace entre el nodo A y el

nodo B en dos diferentes casos de tiempos T1 y T2. En el instante T1, la señal se capta casualmente (y se descodifica correctamente) por medio de un nodo adyacente F, que almacena la señal S1 como información de la señal conocida a priori. En el instante T2, el nodo A transmite S1 una vez más al nodo B, y por ello causa interferencia en relación con el nodo F cuando recibe la señal S2 enviada desde el nodo E. El nodo F descodifica convenientemente la señal S2 enviada desde el nodo E por medio de la cancelación de la transmisión interferente S1.

**Retransmisión: tráfico bidireccional**

El canal de retransmisión es un problema clásico en la teoría de la información [9]. En particular, ha sido objeto de estudio el escenario trivial con tres nodos. Aquí se ejemplificará la invención con relación al canal de retransmisión con tres nodos y más en particular para el tráfico bidireccional (generalmente no tratado en conjunto con el clásico canal de retransmisión) entre dos nodos, A y B, en el que el nodo C se coloca en posición intermedia entre los dos nodos de origen. La figura 8 ilustra esquemáticamente la cancelación de las interferencias de la información conocida a priori en un canal de retransmisión de dos trayectos para cinco esquemas de ejemplo a-e, en donde los esquemas a, b y e emplean la invención y los casos restantes c y d se tienen que considerar como casos de referencia. Obsérvese que en los esquemas de la invención a, b y e, el nodo C divide la potencia disponible para la transmisión entre información S1 y S2. La detección multiusuario se emplea siempre que se necesite. En los casos a y e, el intercambio de señal tiene lugar en 2 fases, en los casos b y c en 3 fases y en el caso d en 4 fases. De acuerdo con una realización de ejemplo de la invención, el nodo A almacena su propia señal transmitida S1 y el nodo B almacena su propia señal transmitida S2, o las apropiadas representaciones de las mismas. Esto permite que el nodo de retransmisión intermedia C transmita simultáneamente (en lugar de transmisiones separadas) las señales recibidas S1 y S2 al nodo A y al nodo B, ya que el nodo A cancelará S1 y el nodo B cancelará S2 a partir de las señales transmitidas simultáneamente S1 y S2. De esta manera, el nodo A descodificará convenientemente S2, y el nodo B descodificará convenientemente S1. En el caso a), el procedimiento en conjunto implica sólo dos fases, empleando ambas transmisiones simultáneas a y desde el nodo intermedio de retransmisión con detección multiusuario en el nodo de retransmisión intermedio C y con cancelación de las interferencias en los nodos A y B.

En un examen más minucioso, se ve que el uso de la cancelación de las interferencias de la información conocida a priori representa una extensión novedosa, nunca presentada anteriormente, de la teoría de la información del canal de retransmisión.

En general, el nodo intermedio de retransmisión se configura así para reenviar simultáneamente la información de la señal recibida desde los nodos de comunicación, cada uno de los cuales está configurado para detectar la información de la señal desde el otro nodo por medio de la cancelación de las interferencias usando su propia información de la señal transmitida como información conocida a priori.

También, hay que observar que la invención se puede combinar con varias extensiones bien conocidas. Por ejemplo, en el esquemas b, si los nodos A y B almacenan y posteriormente utilizan la energía recibida de las transmisiones individuales desde los nodos B y A, respectivamente. Sin embargo, el beneficio que presenta esto es realmente bastante bajo y puede no merecer la pena.

Suponiendo una separación equidistante del nodo A al nodo C, y del nodo B al nodo C y que cada nodo está enviando con una potencia total de transmisión P, y que se usa un modelo de índice potencial de pérdida en el recorrido con exponente de propagación  $\alpha=4$  y la fórmula de capacidad Shannon, entonces la capacidad total del sistema seguirá el gráfico mostrado en la figura 9. Véase el apéndice A para detalles derivados.

Es evidente que a) y e) funcionan mejor, aunque en intervalos diferentes de SNR. Para rendimientos de canal por encima de 1b/Hz/s, la ganancia de los mejores esquemas que utilizan la invención (a, de y e) es de 2 a 8 dB mejor en relación al mejor esquema tradicional (c ó d). Para menores constantes de pérdidas de propagación, por ejemplo, cuando  $\alpha=2$ , entonces la ganancia es menor y el intervalo es de 1,5 a 3 dB para la SNR y el intervalo de tasas de interés. Aunque la ganancia no es totalmente imprecisa, a pesar de todo se demuestra claramente la mejora en el rendimiento sobre la técnica anterior. Sin embargo, el esquema a) y el esquema e) parecen más prometedores sobre un amplio intervalo de SNR.

Se pueden emplear otras condiciones que un nivel fijo de potencia de transmisión cuando se comparan los esquemas, tales como potencia media fija (o energía equivalente gastada por ciclo). Haciéndolo así, b)

mejoraría su rendimiento con  $10 \log_{10} (P/2P/3) = 1,8 \text{ dB}$  y c) deterioraría su rendimiento con  $10 \log_{10} (P/22P/3) = -1,25 \text{ dB}$ , en relación con los esquemas de 2 fases en la figura 8.

**Retransmisión cooperante:**

El concepto de cancelación de las interferencias basado en el conocimiento a priori se puede también usar en las redes

de retransmisión cooperantes.

El concepto más reciente de retransmisión cooperante puede ser visto en un sentido como un caso degenerado de trayecto múltiple implicando sólo dos trayectos, pero generalizado al mismo tiempo y permitido para recorridos paralelos, así como el tratamiento de la señal que se ha de aprovechar. En adición, la retransmisión cooperante puede utilizar

5 varias formas de información retransmitida tales como funcionalidad básica de repetidor (no regenerativo) o “descodificación y reenvío”(regenerativo) como se hace tradicionalmente en las redes de trayecto múltiple.

Se puede encontrar más información sobre la retransmisión cooperante, por ejemplo en la referencia [10].

Las figuras 10A-B son diagramas esquemáticos que ilustran un ejemplo del concepto de retransmisión cooperante, aquí ejemplificado con tráfico bidireccional (simultáneo). En la figura 10A, tanto la estación base (BS) 100.1 como un terminal

10 móvil (MT) 100-2 transmiten simultáneamente en el intervalo  $n$  a lo largo de recorridos paralelos, teniendo cada recorrido al menos un nodo intermedio. Las señales recibidas se procesan entonces antes de ser retransmitidas por las estaciones retransmisoras en el intervalo  $n+1$ , como se indica en la figura 10B. El tratamiento puede incluir cualquier combinación de, pero no limitado a, utilizar MUD, inducir varios esquemas de diversidad tales como diversidad Alamouti, diversidad por retardo, usar conjugación, negación, reordenamiento de datos, amplificación diferente y opcionalmente factores de fase.

Ambos, el MT y la BS recibirán una superposición de información generada por ellos mismos así como por la otra estación. La parte importante aquí, es que basándose en un conocimiento a priori de lo que ha enviado cada estación pueden cancelar su respectiva influencia. El principio básico se ilustra en la figura 11, la cual es un diagrama en secuencia ilustrando la cancelación de las interferencias de acuerdo con una realización de la invención en el caso de retransmisión cooperante. La figura 11 ilustra el caso de dos nodos A y B que se comunican entre sí por medio de nodos

20 de retransmisión intermedios C, D y E. Cada nodo intermedio tiene un “bloque de tratamiento” que abarca cualquiera de las operaciones de tratamiento descritas anteriormente. En la recepción en el intervalo  $n+1$ , cada uno de los nodos A y B puede cancelar la influencia interferente basándose en el conocimiento a priori de lo que el nodo ha enviado en el intervalo  $n$ .

Se ha de enfatizar que el método aquí descrito se puede extender para incorporar más de dos estaciones que se comunican por medio de una batería de retransmisores. Esto se podría también extender a un encadenamiento de múltiples conjuntos de retransmisiones cooperadores de dos trayectos, dando lugar a una retransmisión híbrida cooperante de trayecto múltiple que utiliza la cancelación de las interferencias.

### **Retransmisión cooperante: tráfico “simultáneo” de enlace ascendente y enlace descendente**

Otro uso de la cancelación de las interferencias de la información conocida a priori en redes basadas en retransmisión cooperante se muestra en las figuras 12A-B y en la figura 13. La idea, aquí, es permitir la transmisión “simultánea” en el enlace ascendente y en el enlace descendente, de modo que dos mensajes lleguen a sus estaciones de destino en dos intervalos de tiempo, produciendo por tanto la utilización de uno, es decir, dos paquetes por cada dos intervalos de tiempo. Esto dobla la eficacia en comparación con el tráfico que se reenvía sobre dos trayectos en una dirección.

En la figura 12A, que ilustra transmisiones en el intervalo  $N$ , un primer terminal móvil (MT) 200-1 transmite a un número de nodos retransmisores en dirección hacia una estación base (BS) 100. La estación base 100 transmite a un número de nodos retransmisores intermedios en dirección un segundo terminal móvil (MT) 200-2.

En la figura 12B, que ilustra las transmisiones en el intervalo  $N+1$ , los nodos retransmisores intermedios transmiten a la estación base 100 la información de la señal recibida del primer terminal móvil 200-1. Los nodos retransmisores transmiten al segundo terminal móvil 200-2 la información de la señal recibida de la estación base 100, y en el mismo momento crean interferencia en la estación base 100. La interferencia de MT1 200-1 sobre los retransmisores cercanos a MT2 200-2 es generalmente menor y probablemente no causará ningún problema. Sin embargo, si causara interferencia significativa, se tendrían que tomar RRM y etapas de planificación convenientes.

Como se ve en la figura 13, la interferencia que se cancela en el nodo de la estación base E es la que procede de la señal S1 cuando se transmite desde los retransmisores intermedios en su camino hacia el nodo A. El tratamiento mostrado en la figura 13 vale para cualquiera de los esquemas explicados previamente. Obsérvese que el mismo método, como se describe en las figuras 12A-B y la figura 13, se puede también aplicar en un contexto de trayecto múltiple.

### ***Cancelación de las interferencias***

El objetivo de esta sección es ejemplificar un cierto número de técnicas prácticas de cancelación de las interferencias que son aplicables a la invención. Se debe subrayar, sin embargo, que se pueden usar otras técnicas bien conocidas o

futuras de cancelación de las interferencias.

Primero, se necesita un modelo de ejemplo del sistema. Por ejemplo, supóngase en beneficio de la simplicidad que el sistema está sincronizado y que se usa OFDM (Multiplexado por División Ortogonal de Frecuencia) con objeto de evitar explicaciones detalladas innecesarias sobre una sincronización demasiado precisa (temporización) y sobre temas acerca de Interferencia Entre Símbolos (ISI). La idea es bastante general para extenderse a otros métodos de modulación y sistemas enteramente no síncronos, cada uno de los cuales requiere sus consideraciones específicas.

Supóngase que se dispone en total de  $d_{\max}$  paquetes de datos en la red, en la que cada paquete de datos  $D^d$  está identificado únicamente por medio del índice  $d = \{1, \dots, d_{\max}\}$ . El conjunto completo de todos los paquetes está identificado por  $D_{\Sigma} = \{D^d; d = \{1, \dots, d_{\max}\}\}$

Supóngase además que hay una función única  $f_{\text{mod}}$  que mapea los paquetes de datos en símbolos modulados de acuerdo con ese igual  $S^d = f_{\text{mod}}(D^d)$ . Cuando un nodo en particular  $v_j$  transmite un paquete  $D^d$ , el paquete y el nodo transmisor se interconectan usando la notación  $D^{d_j}$  para el paquete de datos (codificado/sin codificar) y la notación  $S_j^d$  para la correspondiente señal modulada (codificada). Además el conjunto  $V = \{v_j; j = \{1, \dots, j_{\max}\}\}$  contiene todos los nodos que transmiten en el intervalo  $n$ .

Ahora supóngase que en el intervalo que interesa, el nodo  $v_i$  recibe una señal  $R_i$  que se puede calcular como:

$$R_i = \sum_v H_{ij} \cdot \sqrt{P_j} S_j^d + N_i$$

en donde  $H_{ij}$  es la ganancia compleja del canal entre los nodos  $v_j$  y  $v_i$ , y  $P_j$  es la potencia de transmisión usada por el nodo  $v_j$ .

Al mismo tiempo, el *almacenamiento intermedio* incluye un conjunto de paquetes  $D^{\delta}$  previamente desmodulados y/o descodificados (y estimados). Se indica este conjunto con

$$\tilde{D}_{\Sigma} = \{\tilde{D}^{\delta}; \delta = \{1, \dots, \delta_{\max}\}\}$$

donde  $\delta$  se usa como un índice y  $\delta_{\max}$  es el número de paquetes de datos almacenados.

Alternativamente, se pueden almacenar las señales correspondientes a los paquetes descodificados, es decir  $\tilde{S}_{\Sigma} = f_{\text{mod}}(\tilde{D}_{\Sigma})$  o equivalentemente

$$\tilde{D}_{\Sigma} = \{\tilde{D}^{\delta}; \delta = \{1, \dots, \delta_{\max}\}\} \xrightarrow{f_{\text{mod}}} \tilde{S}_{\Sigma} = \{\tilde{S}^{\delta}; \delta = \{1, \dots, \delta_{\max}\}\}$$

Cuando se utiliza la detección (detección de símbolo o de frecuencia) de acuerdo con la invención, se utiliza la información conocida a priori. El proceso de detección implica básicamente a la señal recibida  $R_i$  y a la información conocida a priori  $\tilde{D}_{\Sigma}$  y genera un conjunto de paquetes de datos descodificados de acuerdo con

$$\tilde{D} = \{\tilde{D}^{\Delta}; \Delta = \{1, \dots, \Delta_{\max}\}\}$$

Por lo tanto con una función de objetivo  $f$  hay un mapeo óptimo desde  $R_i$  y  $\tilde{D}_{\Sigma}$  a  $\tilde{D} = \{\tilde{D}^{\Delta}; \Delta = \{1, \dots, \Delta_{\max}\}\}$  lo cual se escribe en su forma más genérica

$$\tilde{D} = f(R_i, \tilde{D}_{\Sigma})$$

Quedará claro a continuación que se pueden usar diversos métodos para realizar la descodificación, pero para el concepto 1 se enfocará principalmente el caso en el que el proceso de detección se divide en dos etapas: primero, se elimina o se cancela la interferencia de la información conocida a priori y a continuación se realiza una convencional MUD/SUD (detección de usuario múltiple o detección de usuario único).

Los datos almacenados se actualizan posteriormente incorporando los datos recién decodificados por medio de  $\tilde{D}_{\Sigma}(n+1) = \tilde{D}_{\Sigma}(n) \cup \tilde{D}(n)$  donde en la que el tiempo está indicado explícitamente.

**Método de ejemplo 1-Paquetes transmitidos desconocidos y canales desconocidos**

Aquí se supone que los canales complejos son desconocidos. También se desconoce qué paquetes (de los previamente descodificados) se tienen que enviar.

- 5 Se genera una señal residual por medio de una función  $f_1$  y un conjunto de parámetros ponderados  $\tilde{A}$  derivados bajo una condición de optimización representada por la función objeto  $f_{1opt}$  en la que la influencia de los paquetes previamente descodificados es minimizada a partir de la señal residual. En su forma más general, se puede escribir

$$R'_i = f_1(R_i, \tilde{D}_\Sigma, \tilde{A})$$

donde

$$\tilde{A} = \arg \left\{ \underset{A=\{a^\delta; \forall \delta\}}{opt} \left\{ f_1(R_i, \tilde{D}_\Sigma, A) \right\} \right\}$$

- 10 Un caso particular de la función  $f_1$  es

$$R'_i = R_i - \sum_{\forall \delta} a^\delta \tilde{S}^\delta$$

para todos los índices.

La función objeto  $f_{1opt}$  se puede definir como el valor esperado (minimización del) de la varianza  $R'_i$ . En otros términos:

$$f_{1opt}(x) = E\{|x|^2\}$$

- 15 o

$$\tilde{A} = \arg \left\{ \underset{A=\{a^\delta; \forall \delta\}}{min} E\{|R'_i|^2\} \right\}$$

La solución a esto es relativamente directa, ya que cada elemento en  $\tilde{A}$  se puede escribir

$$a^\delta = \frac{E\{R_i \cdot \tilde{D}^{\delta*}\}}{E\{R_i \cdot R_i^*\}}$$

- 20 Hay que observar esto es idéntico a una estimación del producto del canal  $\tilde{H}_{ji}$  y la amplitud de transmisión  $\sqrt{\tilde{P}_j}$  de un nodo  $v_j$  que transmitió los mensajes de datos  $D^\delta$ . Si el mensaje de datos  $D^\delta$  no se transmitió, el término  $a^\delta$  debe ser aproximadamente cero. Obsérvese que una suposición sobresaliente en lo anterior es que los mensajes de datos se han supuesto no correlacionados, como suele ser generalmente y se pueden garantizar estadísticamente mediante encriptado.

**Método de ejemplo 2-Paquetes transmitidos desconocidos, pero canales conocidos**

- 25 En el caso en el que los canales sean conocidos, por ejemplo por medio de la estimación del canal basada en pilotos, se puede usar otra estrategia para estimar la señal residual. En su forma más general se puede formular por medio de una función  $f_2$  y una función de optimización del objetivo  $f_{2opt}$  como

$$R'_i = f_2(R_i, \tilde{D}'_\Sigma, \tilde{H}_i)$$

en donde

$$\tilde{D}'_{\Sigma} = \arg \left\{ \underset{PS_{j_{max}}(\tilde{D}_{\Sigma})}{opt} \left\{ f_{2opt}(R_i, PS_{j_{max}}(\tilde{D}_{\Sigma}), \tilde{H}_{ij}) \right\} \right\}$$

y  $PS_{j_{max}}(\tilde{D}_{\Sigma})$  es el conjunto de potencias de los subconjuntos de cardinalidad  $j_{max}$  del conjunto  $\tilde{D}_{\Sigma}$ .

Un caso particular de la función  $f_2$  es la substracción directa de las secuencias descodificadas previamente determinadas,

$$R'_i = R_i - \sum_{\forall \tilde{D}_{\Sigma}} H_{ij}^s \sqrt{P_j^s} \tilde{S}^s$$

5

y  $f_{2opt}$  es la (minimización) de la suma de los cuadrados de la señal residual (con muestras indexadas por  $k$ )

$$f_{2opt}(x) = \sum_{\forall k} |x(t_k)|^2$$

o más explícitamente

$$\tilde{D}'_{\Sigma} = \arg \left\{ \min_{PS_{j_{max}}(\tilde{D}_{\Sigma})} \left\{ \sum_{\forall k} |R'_i(t_k)|^2 \right\} \right\}.$$

## 10 Aspectos adicionales

Otra información, tal como la planificación de la transmisión, y la información en la cual residen actualmente los paquetes, también se puede utilizar para mejorar y simplificar potencialmente el procedimiento de cancelación de las interferencias. Esto significa que si se sabe la planificación exacta de la transmisión como en una red de trayecto múltiple de circuito conmutado, y por ello que algunos paquetes no se transmiten en determinados intervalos de tiempo, entonces esos paquetes no tienen que ser tenidos en cuenta incluso aunque hayan sido recibidos previamente. En adición, puede ser posible tener algún conocimiento a priori (al menos una estimación) de la pérdida media en el recorrido. El uso de una planificación de la transmisión está también indicado en los diagramas de flujo descritos previamente de las figuras 2 y 3.

Para la identificación del canal, se pueden usar técnicas estándar de estimación del canal, por ejemplo, la estimación basada en pilotos (símbolos de entrenamiento a.k.a.), pero también se puede utilizar la estimación ciega del canal utilizando la estructura en modulación o similar.

### CONCEPTO 2 DE EJEMPLO

En el segundo concepto de la invención, se ha sugerido emplear un procedimiento de tratamiento conjunto basado en la información conocida a priori en forma de información de la señal recibida previamente junto con la información de la señal recibida en el momento. La información de la señal recibida viene típicamente en forma de señales en banda base, cada una de las cuales incluye generalmente una superposición de transmisiones múltiples. Aunque la información recibida de la señal de banda base se ejemplificará principalmente en relación con un número de intervalos de tiempo, se debe comprender que más generalmente se puede relacionar la información recibida con casos de comunicación, ya que la frecuencia puede variar entre casos de comunicación.

Un ejemplo de una implementación viable se describirá con referencia a una red de trayecto múltiple. Sin embargo puede ser útil comenzar con un modelo de ejemplo de recepción de transmisiones múltiples en una red de trayecto múltiple.

Se ha supuesto que las transmisiones tienen lugar a intervalos de tiempo y que se consideran canales de frecuencia planos (por ejemplo por medio de señales en banda estrecha o en modo de subportadora OFDM). Primero, se ha supuesto que todos los paquetes de datos son secuencias continuas en el tiempo e indexadas por  $d$  que únicamente identifica al paquete en la red. A continuación, se suprime el índice de tiempo de la notación por brevedad. En el intervalo de tiempo  $n$ , un paquete  $D^d$  puede o no ser transmitido. El nodo (nodos) desde el que se transmite está indicado por medio del índice  $j$  y el nodo que recibe el paquete está identificado por medio del índice  $i$ . En este caso, si el paquete

35

$D^d$  es transmitido, su señal modulada correspondiente se multiplica por un factor  $\chi_i^{(d)}(n)$  que incorpora entre otras cosas la ganancia compleja (casi estacionaria) del canal  $H_{ij}(n)$  entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ , de otro modo es cero en ausencia de cualquier transmisión. El factor  $\chi_i^{(d)}(n)$  también toma un valor cero cuando el nodo  $i$  no está recibiendo, por ejemplo, por qué está en reposo o transmitiendo. El paquete de datos  $D^d$  se modula dentro de una secuencia  $S^{(d)}(n, i, j, cnt_{ret}, cnt_{tot})$  que puede ser posible cambiar desde cada momento en que se transmite, debido a un conjunto de factores tales como la identidad del paquete  $D^d$ , qué nodo ( $j$ ) está transmitiendo, a qué nodo ( $i$ ) se envía el paquete, en qué intervalo de tiempo ( $n$ ) se ha enviado el paquete, posiblemente también como una función de un contador de retransmisión  $cnt_{ret}$  (por paquete y nodo) o dependiendo del número total de veces que se ha transmitido  $cnt_{tot}$ . Aquí un ejemplo es si se usarían códigos de difusión orientados al receptor. Sin embargo, a continuación se supone que la forma de onda de la señal del paquete de datos  $D^d$  permanece igual todo el tiempo aparte de una secuencia compleja de multiplicación indicada por  $C(n, d, i, j, cnt_{ret}, cnt_{tot})$  tal que:

$$S^{(d)}(n, i, j, cnt_{ret}, cnt_{tot}) = C(n, d, i, j, cnt_{ret}, cnt_{tot}) \cdot S^{(d)}.$$

Esta secuencia multiplicadora se puede usar para incorporar salto o trayecto de frecuencia, difusión DS-CDMA, una constante compleja que cambia con  $n$ , o simplemente un valor fijo único de uno. Por ejemplo, se puede usar el cambio complejo de constante para crear una clase de codificación simple de tiempo-espacio lineal si los paquetes se retransmiten desde la misma estación. Obsérvese que la mayoría de los casos, el mismo paquete puede ser transmitido por múltiples estaciones en el mismo intervalo de tiempo. Esto no es directamente común en esquemas tradicionales de encaminamiento de trayecto múltiple para encaminamiento unidifusión, aunque de hecho es posible como se pone de ejemplo en [8], pero es ciertamente común en radiotransmisión congestionada o el tráfico multi difusión. En PRnet de DARPA (Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa), podría tener lugar en ciertos casos el encaminamiento de múltiples versiones de un paquete. La señal recibida en el intervalo de tiempo  $n$  para el nodo  $i$  se suma para todos los paquetes hasta el paquete  $d_{max}$  de acuerdo con:

$$R_i(n) = \sum_{d=1}^{d_{max}} \chi_i^{(d)}(n) \cdot S^{(d)} + N_i(n)$$

en donde

$$\chi_i^{(d)}(n) = \begin{cases} \sum_j C(n, d, i, j, cnt_{ret}, cnt_{tot}) \cdot H_{ij}(n) \\ 0 \end{cases}$$

en el primer caso, si  $d$  se transmite desde el nodo  $j$

en el segundo caso,  $0$  si  $d$  no se transmite o el nodo  $i$  no está recibiendo

Esto se puede escribir entonces como un sistema de ecuaciones en forma matricial para el intervalo del tiempo  $n-m$  al intervalo del tiempo  $n$  como

$$\begin{bmatrix} R_i(n) \\ R_i(n-1) \\ \vdots \\ R_i(n-m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \chi_i^{(1)}(n) & \chi_i^{(2)}(n) & \dots & \chi_i^{(d_{max})}(n) \\ \chi_i^{(1)}(n-1) & \chi_i^{(2)}(n-1) & \dots & \chi_i^{(d_{max})}(n-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \chi_i^{(1)}(n-m) & \chi_i^{(2)}(n-m) & \dots & \chi_i^{(d_{max})}(n-m) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S^{(1)} \\ S^{(2)} \\ \vdots \\ S^{(d_{max})} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} N_i(n) \\ N_i(n-1) \\ \vdots \\ N_i(n-m) \end{bmatrix}$$

o equivalentemente

$$\bar{\mathbf{R}}_i = \mathbf{X}_i \cdot \bar{\mathbf{S}} + \bar{\mathbf{N}}_i$$

en donde la barra indica un vector y la ausencia de la barra indica una matriz. Aunque no es observable para un nodo único  $i$ , todas las transmisiones para el sistema entero de trayecto múltiple, es decir, los vectores de recepción para

todos los nodos  $V$ , se pueden escribir como:

$$\begin{bmatrix} \overline{\mathbf{R}}_1 \\ \overline{\mathbf{R}}_2 \\ \vdots \\ \overline{\mathbf{R}}_V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_1 \\ \mathbf{X}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{X}_V \end{bmatrix} \cdot \overline{\mathbf{S}} + \begin{bmatrix} \overline{\mathbf{N}}_1 \\ \overline{\mathbf{N}}_2 \\ \vdots \\ \overline{\mathbf{N}}_V \end{bmatrix}$$

o en una forma matricial más simple

$$\overline{\mathbf{R}} = \Xi \cdot \overline{\mathbf{S}} + \overline{\mathbf{N}}$$

- 5 Se reitera aquí el mensaje básico de que este sistema de ecuaciones descrito anteriormente (para el nodo  $i$  y para todo el sistema) son formulaciones orientadas a paquetes de datos indicando que un determinado paquete de datos puede causar interferencias muchas veces y sobre diferentes trayectos. De ahí que, cotejando y explotando esta imagen más completa de información se permite un proceso mejorado de detección en relación con la detección/descodificación tradicionales.
- 10 En el segundo concepto de ejemplo de la invención, el módulo de detección en el nodo  $i$  procesa conjuntamente  $\overline{\mathbf{R}}_i = \mathbf{X}_i \cdot \overline{\mathbf{S}} + \overline{\mathbf{N}}_i$  (incluyendo la última señal recibida) para descodificar los datos que son de interés. Se puede usar en la invención cualquier algoritmo general de detección tal como Forzar a Cero (ZF), Detección de Máxima Probabilidad-Detección de Usuario Múltiple (MLD-MUD) y Error Lineal Mínimo Cuadrático Medio (LMMSE) para encontrar la secuencias  $\overline{\mathbf{S}}$ . Desde un punto de vista puro de tratamiento de la señal, esto es similar a tratar la información de multi sensor, tal como en sistemas basados en comunicación codificada espacio-tiempo (tales como MIMO) y puede por consiguiente emplear estrategias de detección o descodificación que se encuentran en algunos ejemplos en ese campo. Obsérvese que en el diagrama de flujo de la figura 14, la información se detecta por medio del tratamiento conjunto, como se indica en la etapa S3C. También, el almacenamiento intermedio de la información conocida a priori mantiene la información de la señal de banda base recibida previamente, como se indicó en la etapa S3C. También se puede ver en la figura 14 que se puede emplear bien en la detección de un usuario único o, en el caso más general, en la detección de usuarios múltiples.

**EJEMPLO HÍBRIDO DE LOS CONCEPTOS 1 Y 2**

- 25 En esta realización alternativa, que se ilustra esquemáticamente en la figura 15, se combinan los conceptos 1 y 2 en el sentido de que como en el concepto 2 se retiene toda la información, pero, como en el concepto 1, la información se descodifica a la mayor extensión y se almacena una representación conveniente de la misma. El beneficio de hacer esto es que decrece la complejidad de la descodificación (comparada con el concepto 2) mientras que la información es retenida en las señales residuales que se almacenan. La figura 15 ilustra un ejemplo del concepto híbrido utilizando las señales de los datos conocidos a priori y de la banda base residual conocida a priori.

**INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA**

**30 Observación sobre el grado de la información conocida a priori**

- Dependiendo del esquema de encaminamiento empleado, una parte menor de, por ejemplo, el encabezamiento y/o del CRC puede ser o no dependiente del enlace. Por ejemplo, si el esquema de encaminamiento requiere que los paquetes usen nodos de reenvío, las IDs del emisor y del receptor diferirán de trayecto a trayecto. La ruta, y por consiguiente las IDs pueden sin embargo estar predeterminadas o no ser necesario en absoluto (por ejemplo, en el caso en que se use un protocolo que gobierne una tabla, sólo es necesario un flujo ID). Por ello, existe posiblemente hasta un 5% de los datos en conjunto (limitados en el encabezamiento o en una cola) que puedan no ser conocidos a priori. En el caso del 5%, una buena codificación unida a algún diseño de intercalado ayudarán al manejo de unos pocos errores. Con todo, se ha de enfatizar que en una red de trayecto múltiple basada en el circuito conmutado, no se tienen que cambiar los campos para cada trayecto y por consiguiente permitir un 100% de cancelación de las interferencias. En muchos casos, como los recorridos son conocidos a priori, es posible juzgar cómo varios campos, tales como IDs y CRC deberían parecer como información conocida que es reenviada. Más aún, cuando los recorridos no son conocidos a priori, cada nodo puede aún calcular un número de versiones de un paquete correctamente descodificado previamente bajo la suposición de que se ha enviado entre cualquier par de nodos dentro de su propia vecindad, y usando a continuación el óptimo en el proceso de cancelar la interferencia. En este caso, se puede también cancelar el 100% de interferencia, siempre que se use la versión correcta.

Obsérvese también que para los datos conmutados en paquetes (con campos cambiantes), se puede usar también un canal de control separado, sin entrar en colisión, para enviar información relacionada con un paquete y pueda cambiar según se encamine el paquete. Por ejemplo, se pueden enviar campos de direcciones y CRCs sobre tal canal de control. Obsérvese que esto generalmente incluye una pequeña magnitud información relativa a los datos por consiguiente no consume necesariamente mucha energía en sentido relativo. Por ello, la utilización del protocolo libre de colisión no es tan importante desde un punto de vista de la eficacia como para las transmisiones de datos.

Resumiendo, un primer aspecto de la invención atañe a un sistema de comunicación que comprende al menos una estación receptora y al menos una estación transmisora, en el que la estación receptora almacena sus datos transmitidos previamente, datos descodificados de la propia recepción, y/o datos descodificados procedentes de cualquier comunicación captada casualmente. Los datos almacenados se utilizan en subsiguientes recepciones para cancelar la interferencia causada si cualquiera de los datos almacenados se transmiten por medio de al menos otra estación. Esta es la idea básica de cancelar los datos previamente descodificados.

Preferiblemente, los datos almacenados se eliminan cuando se actualizan. Esto se pueda hacer por medio de temporizadores, o controlado por medio de la indicación desde el nodo de destino o la indicación de que los datos están lejos como para no causar interferencia significativa.

En particular, se puede descodificar al menos una unidad de datos de una señal recibida, que esté compuesta por una superposición de transmisiones múltiples, utilizando determinados datos almacenados y conocidos a priori.

La información de la señal conocida a priori almacenada puede, por ejemplo, incluir su propia información transmitida (también reenviada), la información previamente recibida y detectada, e incluso la información previamente captada casualmente.

La invención, por consiguiente, añade una nueva dimensión al problema del acceso a los canales, por medio del novedoso mecanismo de almacenar y utilizar la información conocida a priori. La invención mejora claramente el rendimiento de la red y resuelve con efectividad el clásico problema del terminal oculto.

Como se ha mencionado anteriormente, la detección se puede hacer por bit o por símbolo o por secuencia de bits o por símbolos, para un usuario único o para múltiples usuarios. La detección puede tener lugar en la información codificada o en los bits de información.

Como ya se mencionó, la invención es aplicable generalmente a redes de retrasmisión inalámbrica tales como redes de trayecto múltiple, redes retransmisoras cooperantes y redes basadas en repetidores.

En una realización de ejemplo, el sistema de comunicación de retrasmisión inalámbrica comprende al menos dos nodos o estaciones de comunicación "bidireccional" y al menos un nodo o estación retransmisora, en el que las al menos dos estaciones de comunicación bidireccional transmiten simultáneamente en una primera fase o secuencialmente en dos fases a la al menos una estación retransmisora. En una fase posterior, la estación o estaciones retransmisoras retransmiten las señales recibidas simultáneamente a las al menos dos estaciones que se comunican bidireccionalmente (ahora recibiendo). Cada estación de comunicación bidireccional se configura para detectar la información de la señal del otro nodo de comunicación por cancelación de las interferencias basándose en la información de la señal transmitida simultáneamente desde el nodo de retrasmisión intermedio y su propia información de la señal transmitida.

Preferiblemente, las señales recibidas se procesan antes de ser retransmitidas por los repetidores, y el tratamiento asegura ventajosamente la mejora de la SNR y/o la combinación en diversidad en los nodos receptores.

Aún otra realización de ejemplo de la invención atañe a un sistema de comunicación que comprende una estación que transmite y recibe datos (unos después de otros), un estación receptora de datos y una estación transmisora de datos y una multitud de estaciones que actúan como retransmisores, en el que la estación transmisora y receptora de datos cancela la influencia de sus propios datos transmitidos. Esto se refiere por ejemplo al caso de retrasmisión cooperante con comunicación simultánea de enlace ascendente y enlace descendente, pero que también se puede usar para trayecto múltiple.

Se ha de comprender que pueden ser usados por la invención muchos tipos diferentes de cancelación de las interferencias, incluyendo ambas técnicas explícitas e implícitas de cancelación de las interferencias.

En un segundo aspecto de invención, se puede detectar la información de la señal tratando conjuntamente la información conocida a priori en forma de información de la señal de banda base recibida previamente junto con la información de la señal de banda base recibida en el momento. Esto significa que la estación receptora utiliza cualquier información de banda base previamente recibida en el proceso de descodificar la señal de banda base últimamente

recibida.

Se ha de observar que los aspectos primero y segundo se pueden combinar en un concepto híbrido, incluyendo el almacenamiento de datos tanto de banda base como descodificados.

5 Expuesto brevemente, la invención proporciona mejoras en la recepción, por ejemplo, gracias a "eliminar" la información conocida previamente, detectada (desmodulada y/o descodificada) o en forma de banda base, independientemente de la red, trayecto múltiple, retransmisión cooperante o red basada en repetidores.

Ventajas de ejemplo de la invención:

- Mejora inherentemente la capacidad, el retardo entre estaciones finales, la robustez de la comunicación y cualquier combinación de ellas, ya que la información conocida a priori no causa ninguna interferencia.
- 10 • Un caso interesante de reseñar es que la invención propuesta alivia mucho, si no la mayor parte, del clásico "problema del terminal oculto". Esto encaja en el punto anterior, pero en sí mismo es un valor que hay que reseñar.

15 Aunque la invención ha sido descrita principalmente bajo la suposición implícita de las antenas omnidireccionales, es también viable usar por ejemplo esquemas de acceso a canales orientados a conjuntos de antenas tales como SDMA (Acceso Múltiple por Diversidad Espacial). Además, la invención se puede usar con varios esquemas avanzados de antena, semejantes a formaciones de haces o MIMO.

20 Las realizaciones descritas anteriormente se consideran meramente como ejemplos y se ha de comprender que la presente invención no se limita a ellas. Modificaciones adicionales, cambios y mejoras que retengan los principios básicos subyacentes abordados y reivindicados aquí están dentro del alcance de la invención como se define por medio de las reivindicaciones adjuntas.

**APENDICE A**

***Algunos cálculos de la capacidad del canal para el concepto 1***

Para determinar las curvas de la figura 9, se han usado las siguientes relaciones matemáticas:

La SNR de un trayecto se define como

$$25 \quad SNR = \frac{P \cdot G}{N}$$

donde *P* es la potencia de transmisión, *G* es la ganancia del recorrido de un trayecto y *N* es la potencia de ruido en el receptor.

Dado un modelo de pérdidas en el recorrido de ley exponencial con exponente de propagación *α*, y suponiendo que las pérdidas en el recorrido disminuyen y se utilizan sobre dos trayectos equidistantes, la SNR en el nodo C es:

$$30 \quad SNR' = SNR \cdot 2^\alpha$$

Tres principios básicos de transmisiones son de primer interés. Primero, una transmisión única tiene una tasa de:

$$R_1 = \lg_2(1 + SNR')$$

La recepción MUD se puede mostrar para un caso de igual tasa para dar una tasa máxima *R<sub>2</sub>* de cada transmisor de:

$$2R_2 = \lg_2(1 + 2 \cdot SNR')$$

35 La transmisión de dos señales superpuestas, en la que las señales conocidas a priori se cancelan, da una tasa *R<sub>3</sub>* por cada mensaje individual (con la mitad de la potencia) de acuerdo con:

$$R_3 = \lg_2(1 + SNR'/2)$$

Dado esto, y considerando tanto las transmisiones como el número de intervalos usados para el ciclo, la máxima capacidad para los esquemas a) a d) en la figura 8 viene dada por:

$$T_a = \frac{2}{2} \min(R_2, R_3)$$

$$T_b = \frac{2}{3} \min(R_1, R_3)$$

$$T_c = \frac{2}{3} \min(R_2, R_1)$$

$$T_d = \frac{2}{4} R_1$$

- 5 En la determinación de la capacidad del esquema e) en la figura 9, las señales recibidas y el ruido se normalizan a la potencia  $P$  de transmisión antes de la transmisión. La SNR resultante en ambos nodos A y B, después de la cancelación de las interferencias, se puede mostrar con:

$$SNR_{\text{Analog}} = \frac{(SNR')^2}{1 + 3 \cdot SNR'}$$

La tasa para cada flujo de información es  $R_{\text{Analog}} = \lg_2(1 + SNR_{\text{Analog}})$  y por consiguiente, la capacidad es

$$T_{\text{Analog}} = \frac{2}{2} R_{\text{Analog}}$$

## REFERENCIAS

- [1]. R.Nelson and L.Kleinrock. "Spatial-TDMA: A collision free multi-hop channel access protocol", in *IEEE Trans. Commun.* vol. 33, no. 9, pp 934-944, September 1985.
- [2]. A. S. Tanenbaum, "Computer Networks", Prentice Hall, 1996, pp. 246-254.
- [3]. Bertsekas et al., "Data Networks", Prentice Hall, 1991, pp. 350-351.
- [4]. P. Karn "MACA – A new channel access method for packet radio", Proc. ARRL/CRRL Amateur Radio 9<sup>th</sup> Computer Networking Conference, pp. 134-140, London, UK, September 1990.
- [5]. V. Bhargawan et al."MACAW: A media access protocol for wireless LAN's" in Proc. ACM SIGCOMM'94, pp. 212-225, London, UK, August-September 1994.
- [6]. F.A. Tobagi et al, "Packet switching in radio channels: part ii – hidden terminal problem in carrier sense multiple access modes and busy-tone solution" *IEEE trans. Commun.*, vol. 23, no. 12, pp. 1417-1433, December 1975.
- [7]. S. Brooke and T. Giles. "Scheduling and performance of multi-hop radio networks with multi user detection", in Proc. Second Swedish Workshop on Wireless Ad-Hoc Networks, Stockholm, March 2002.
- [8]. M. Steenstrup and G.S. Lauer, "Routing in communications networks", Prentice Hall, 1995, pp. 357-396.
- [9]. A. El Gamal, "Multiple user information theory", Proc. Of the IEEE, Vol. 68, December 1980.
- [10]. P. Larsson, "Large-Scale Cooperative Relaying Network with Optimal Coherent Combining under Aggregate Relay Power Constraints", December 2003.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para detectar la información de la señal en un primer nodo (F) de la red en una red de retransmisión inalámbrica, comprendiendo dicho método las etapas de:

- recibir información de la señal representativa de un primer conjunto de información (S1) transmitido desde un segundo nodo pero previsto para un tercer nodo en dicha red de retransmisión inalámbrica;
- almacenar, como información de la señal conocida a priori, la información de la señal previamente recibida representativa de dicho primer conjunto de información (S1);
- recibir a continuación información de la señal representativa de un segundo conjunto de información (S2) previsto para dicho primer nodo, mientras que una recepción posterior de dicho primer conjunto de información (S1) interfiere con la recepción de de dicho segundo conjunto de información (S2); y
- detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) previsto para dicho primer nodo usando al menos parte de dicha información almacenada de la señal conocida a priori para la cancelación de las interferencias, correspondiendo dicha información de la señal conocida a priori a la información de la señal recibida previamente, representativa de dicho primer conjunto de información (S1).

2. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha cancelación de las interferencias incluye al menos una de las cancelaciones explícita e implícita de la interferencia.

3. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha red de retransmisión inalámbrica incluye al menos una de una red de trayecto o salto múltiple inalámbrica, una red de retransmisión cooperante y una red basada en repetidores.

4. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha red de retransmisión inalámbrica es una red de trayecto múltiple inalámbrica.

5. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de detección implica una detección de usuario único o una detección de usuario múltiple.

6. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de detección de al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2), incluye la etapa de procesar un conjunto  $\tilde{D}_\Sigma$  representativo de los paquetes de datos previamente detectados y la información  $R_i$  de la señal recibida a continuación de acuerdo con:

$$\tilde{D} = f(R_i, \tilde{D}_\Sigma),$$

en donde  $f$  es una función objetivo predeterminada y  $\tilde{D}$  es el conjunto resultante de los paquetes de datos detectados.

7. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de detección de al menos parte del segundo conjunto de información (S2) comprende las etapas de:

- eliminar dicha información de la señal conocida a priori de la información de la señal recibida a continuación para generar una señal residual; y
- procesar dicha señal residual para detectar al menos parte del citado segundo conjunto de información (S2).

8. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha información de la señal conocida a priori incluye la información de la señal de banda base recibida previamente, y en el que dicha etapa de detección de al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) comprende la etapa de procesar conjuntamente dicha información de la señal de banda base recibida previamente y dicha información de la señal de banda base recibida a continuación para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2).

9. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha información de la señal de banda base recibida previamente tiene relación con un número de casos de comunicación previos y en el que la información de la señal de banda base recibida a continuación

tiene relación con el caso de la comunicación actual, y dicha información de la señal de banda base recibida previamente y dicha información de la señal de banda base recibida a continuación se procesan junto con la información de ganancia compleja del canal para determinar una estimación de al menos un paquete de datos detectado.

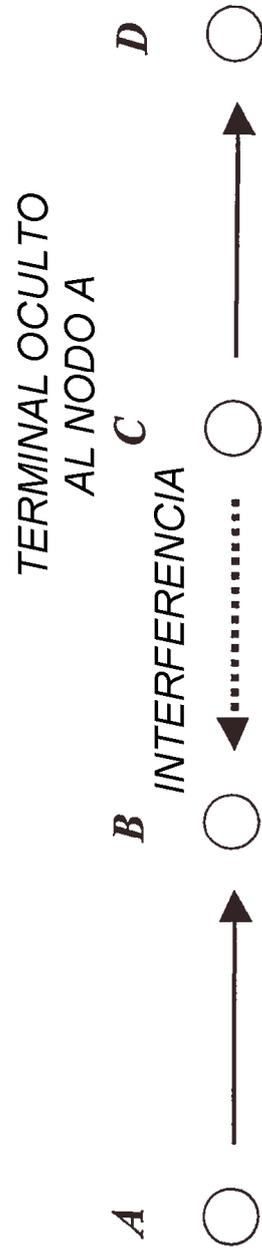
- 5 10. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha información de la señal conocida a priori incluye la información recibida y detectada previamente.
11. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dicha información recibida y detectada previamente incluye la información previamente captada casualmente.
- 10 12. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha etapa de detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) se basa en información de la planificación de la transmisión.
- 15 13. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho primer conjunto de información (S1) incluye un número de paquetes de datos, y en el que dicha información de planificación de la transmisión incluye información sobre cuáles de los paquetes de datos que tienen que ser transmitidos cuando se recibe la información de la señal representativa de dicho segundo conjunto de información (S2) de tal modo que una parte conveniente de dicha información de la señal conocida a priori almacenada previamente se utiliza en dicha etapa de detección.
- 20 14. El método para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además la etapa de actualizar continuamente dicha información de la señal conocida a priori.
15. Una disposición para detectar la información de la señal en un primer nodo de la red (F) en una red de retransmisión inalámbrica, comprendiendo dicha disposición:
- 25 - medios (10) para recibir información de la señal representativa de un primer conjunto de información (S1) transmitido desde un segundo nodo pero previsto para un tercer nodo en dicha red de retransmisión inalámbrica;
- medios (30) para almacenar, como información de la señal conocida a priori, la información de la señal recibida previamente representativa de dicho primer conjunto de información (S1);
- 30 - medios (10) para recibir a continuación la información de la señal representativa de un segundo conjunto de información (S2) previsto para dicho primer nodo, mientras que una posterior recepción de dicho primer conjunto de información (S1) interfiere con la recepción de dicho segundo conjunto de información (S2); y
- medios (20) para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) previsto para dicho primer nodo usando al menos parte de dicha información de la señal conocida a priori, almacenada, para la cancelación de las interferencias, correspondiendo dicha información de la señal conocida a priori a la información de la señal recibida previamente, representativa de dicho primer conjunto de información (S1).
- 35 16. La disposición para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha cancelación de las interferencias incluye al menos una de las cancelaciones explícita e implícita de la interferencia.
- 40 17. La disposición para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha red de retransmisión inalámbrica incluye al menos una de una red de trayecto múltiple inalámbrica, una red de retransmisión cooperante y una red basada en repetidores.
18. La disposición para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha red de retransmisión inalámbrica es una red de trayecto múltiple inalámbrica.
- 45 19. La disposición para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dichos medios (20) para la detección son aptos para realizar al menos una de la detección de usuario único y la detección de múltiples usuarios.
20. La disposición para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dichos medios (20) para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) incluyen medios para procesar un conjunto  $\tilde{D}_z$  representativo de los paquetes de datos previamente

detectados y la información  $R_i$  de la señal recibida a continuación de acuerdo con:

$$\bar{D} = f(R_i, \bar{D}_2),$$

en donde  $f$  es una función objetivo predeterminada y  $\bar{D}$  es el conjunto resultante de los paquetes de datos detectados.

- 5 21. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dichos medios (20) para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) comprenden:
- medios para eliminar la información de la señal conocida a priori de la información de la señal recibida a continuación para generar una señal residual; y
  - 10 - medios para procesar dicha señal residual para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2).
- 15 22. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha información de la señal conocida a priori incluye información de la señal de banda base recibida previamente, y dichos medios (20) para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2) comprenden medios para procesar conjuntamente dicha información de la señal de banda base recibida previamente y la información de la señal de banda base recibida a continuación para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2).
- 20 23. La disposición para detectar la información de la señal en una red inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 22, en la que dicha información de la señal de banda base recibida previamente tiene relación con un número de casos de comunicación previos y la información de la señal de banda base recibida a continuación tiene relación con el caso de comunicación actual, y dichos medios para procesar conjuntamente son aptos para procesar dicha información de la señal de banda base recibida previamente y dicha información de la señal de banda base recibida a continuación junto con la información de la ganancia compleja del canal para determinar una estimación de al menos un paquete de datos detectado.
- 25 24. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha información de la señal conocida a priori incluye la información recibida y detectada previamente.
- 30 25. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 24, en la que dicha información recibida y detectada previamente incluye la información casualmente captada previamente.
- 35 26. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dichos medios (20) para detectar al menos parte de dicho segundo conjunto información (S2) operan basándose en la información de la planificación de la transmisión.
- 40 27. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 26, en la que dicho primer conjunto de información (S1) incluye un número de paquetes de datos, y dicha información de la planificación de la transmisión incluye información sobre qué paquetes de datos tienen que ser transmitidos cuando se recibe la información de la señal representativa de dicho segundo conjunto de información (S2), y dichos medios (20) para la detección comprenden medios para seleccionar, basándose en dicha información de la planificación de la transmisión, una parte apropiada de dicha información de la señal conocida a priori, almacenada previamente, para usarla en la detección de al menos parte de dicho segundo conjunto de información (S2).
- 45 28. La disposición para detectar la información de la señal en una red de transmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además medios (60) para actualizar continuamente dicha información de la señal conocida a priori incorporando información recién detectada y eliminando la información antigua de la señal.
29. La disposición para detectar la información de la señal en una red de retransmisión inalámbrica de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dicha disposición está implementada en dicho primer nodo de la red (F;100) de dicha red de retransmisión inalámbrica.



*Fig. 1*

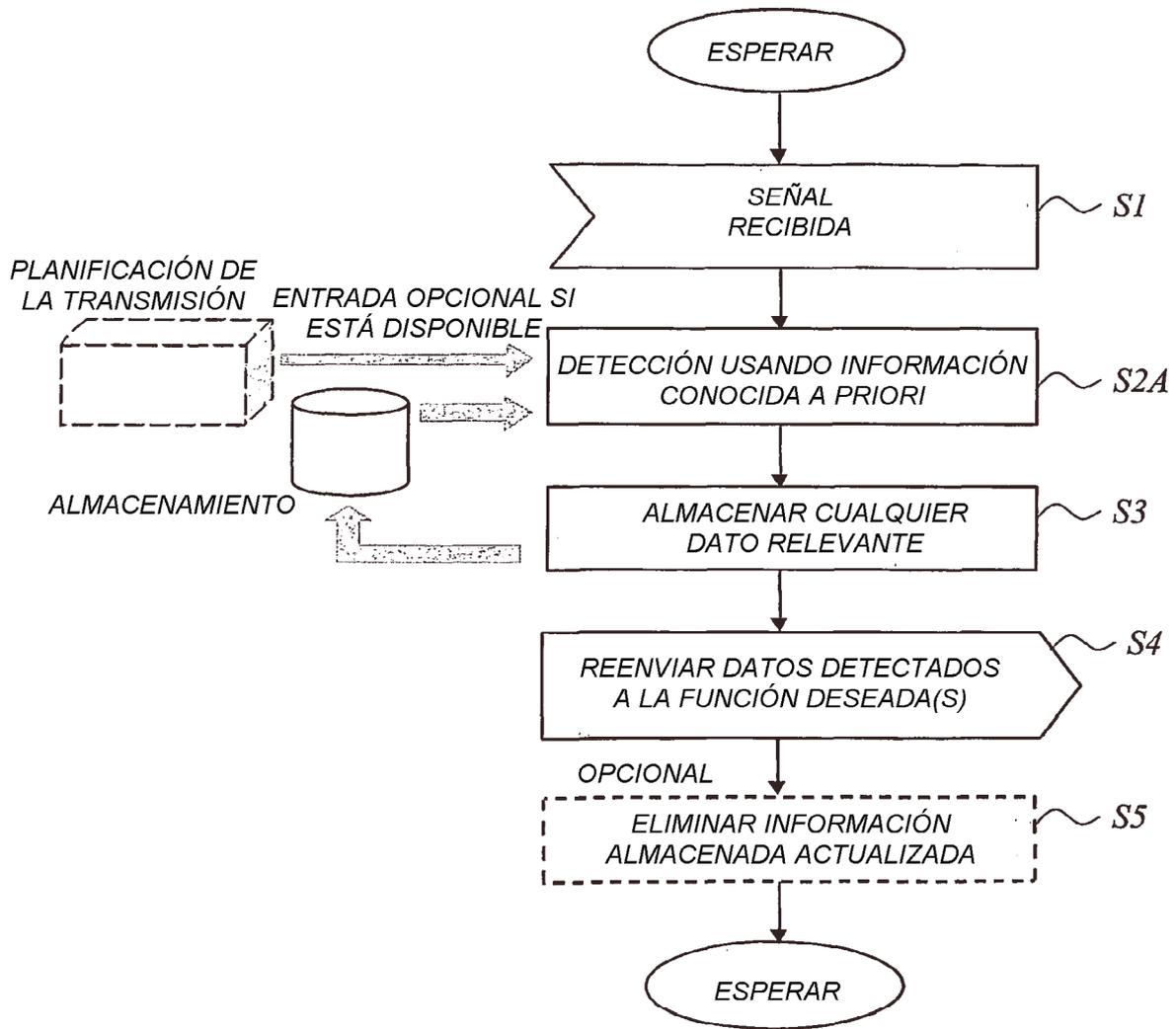


Fig. 2

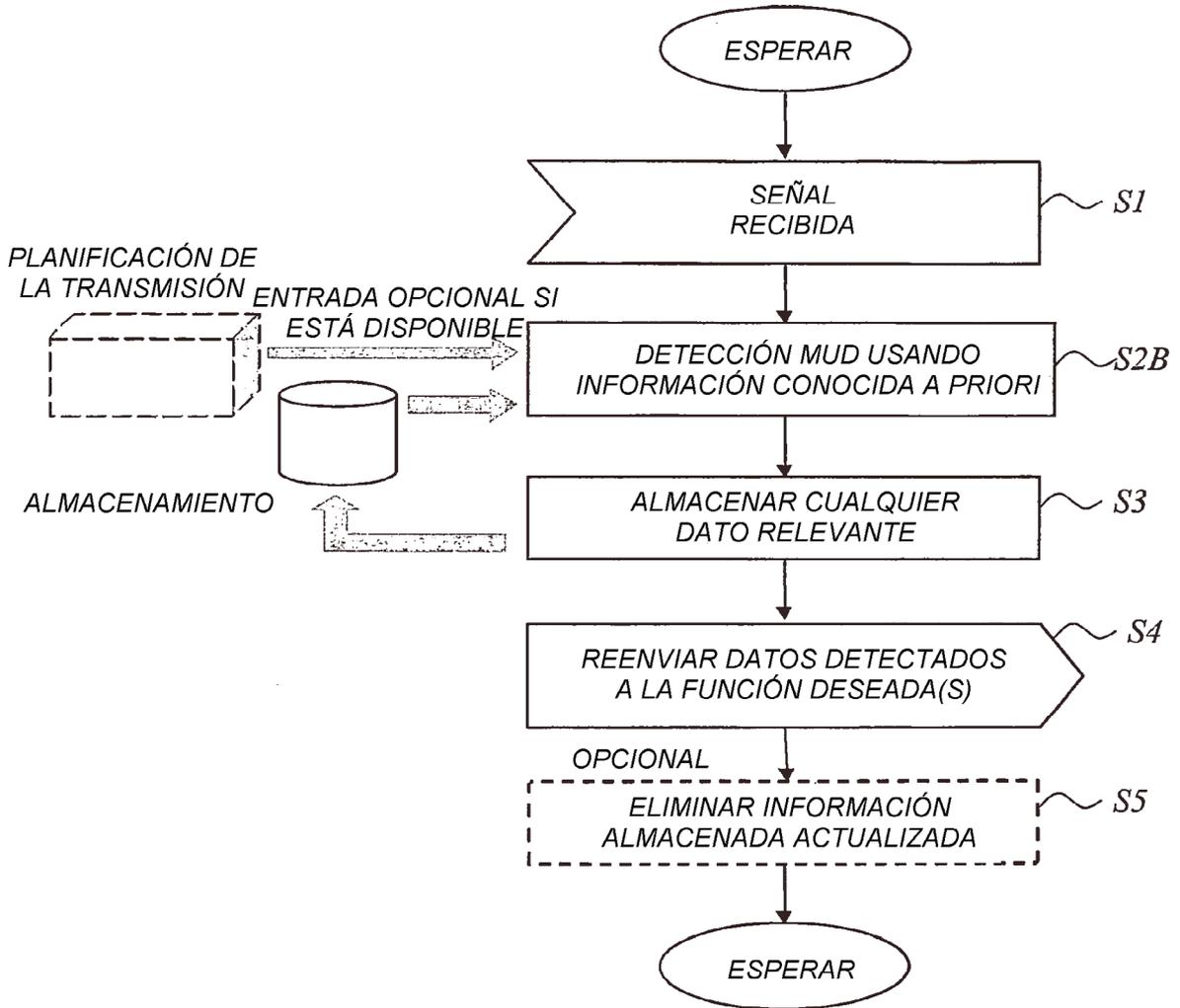


Fig. 3

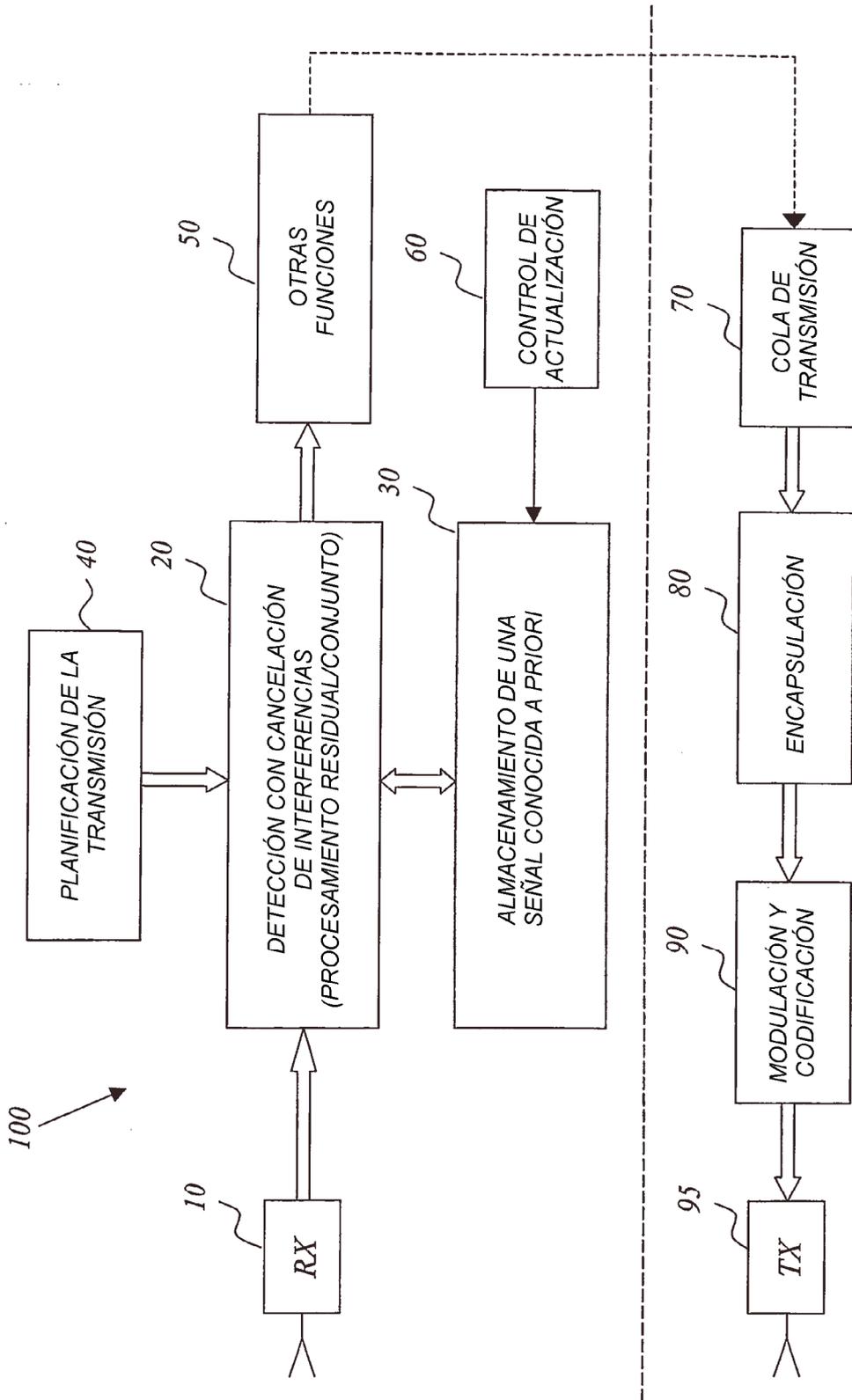
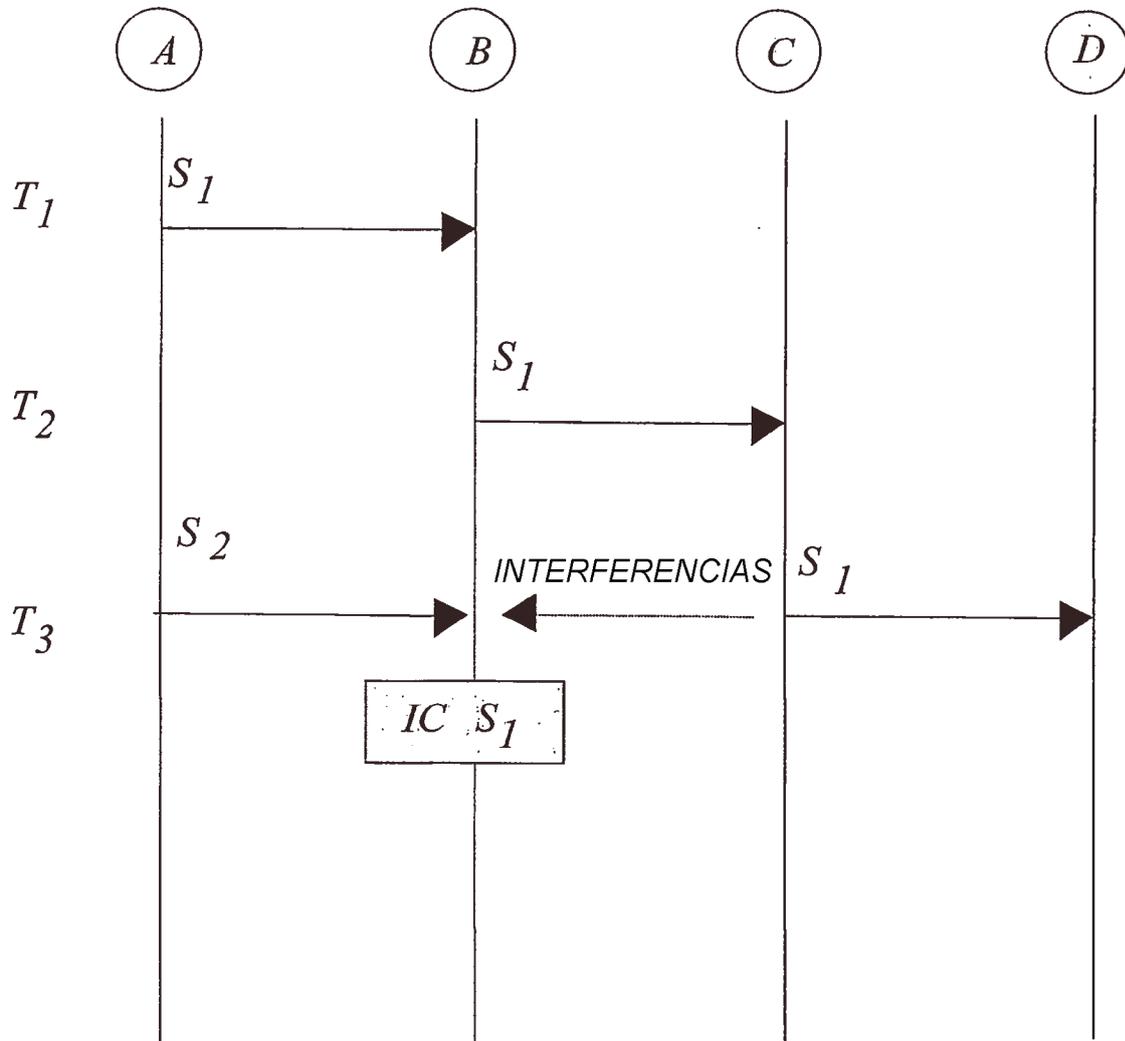


Fig. 4



*Fig. 5*

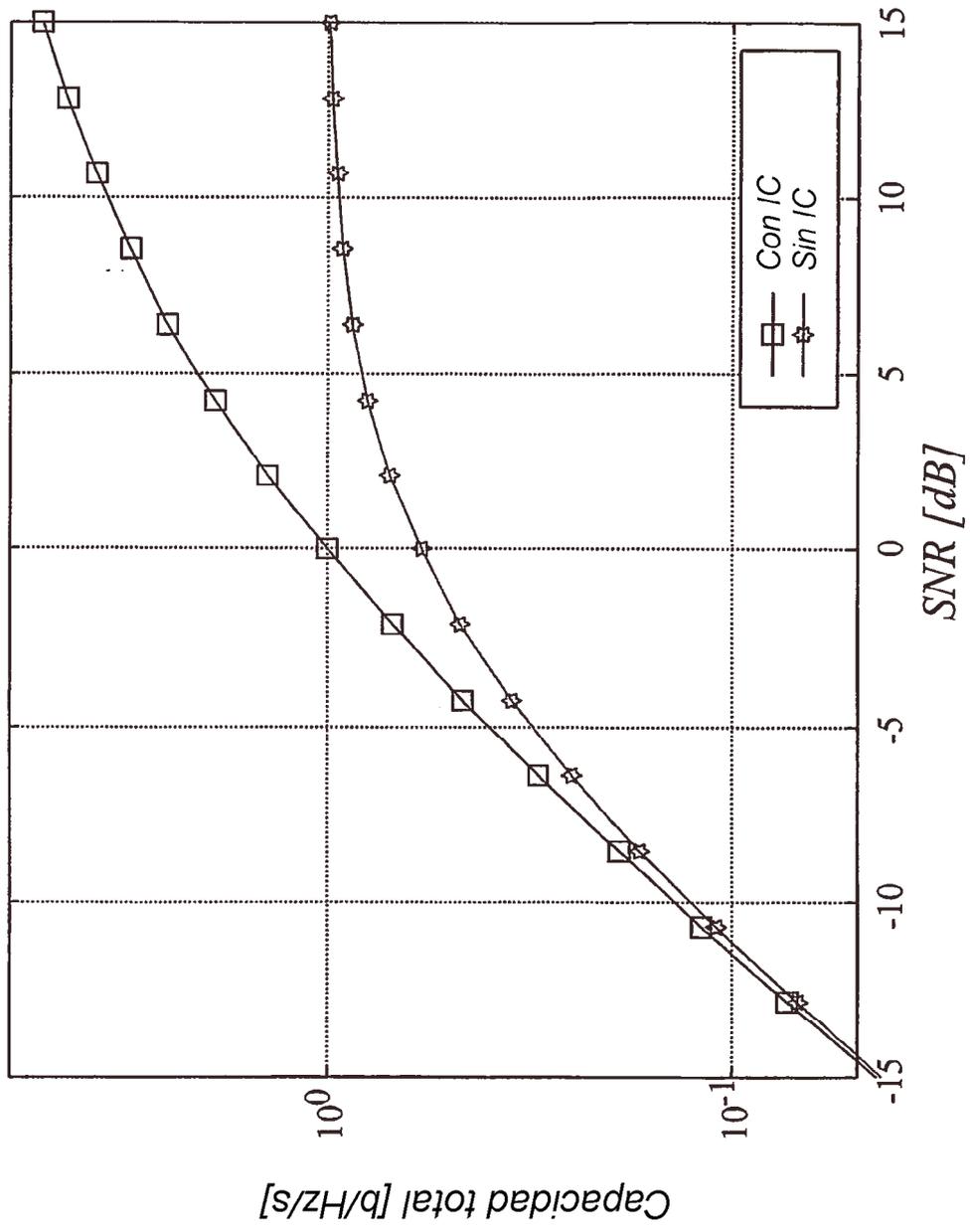


Fig. 6

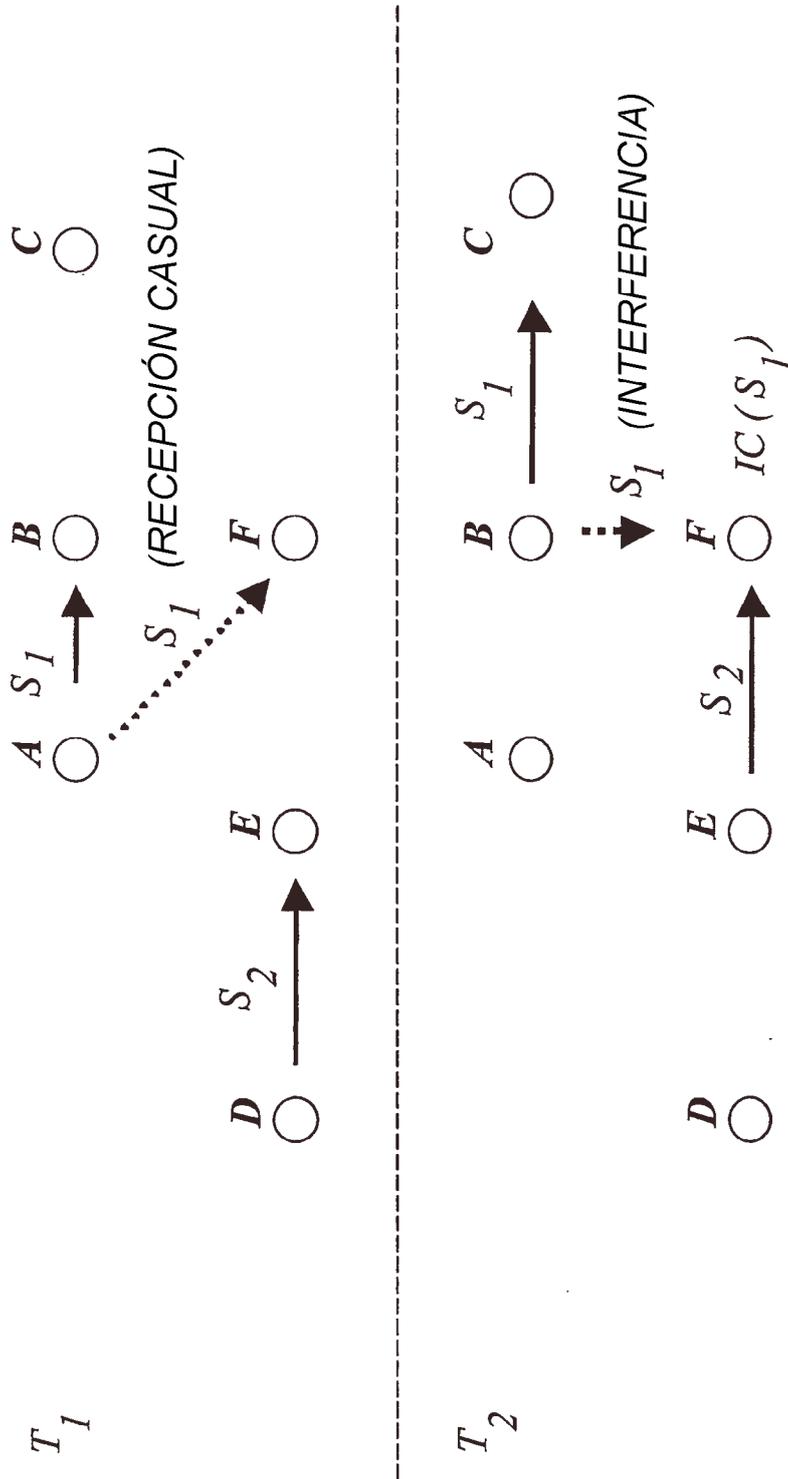


Fig. 7A

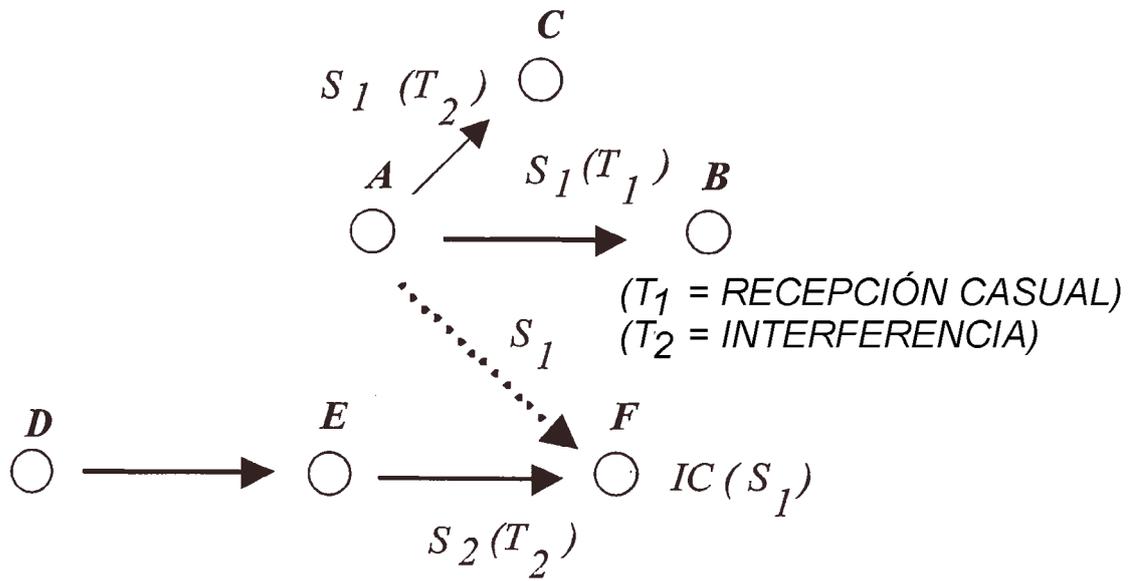


Fig. 7B

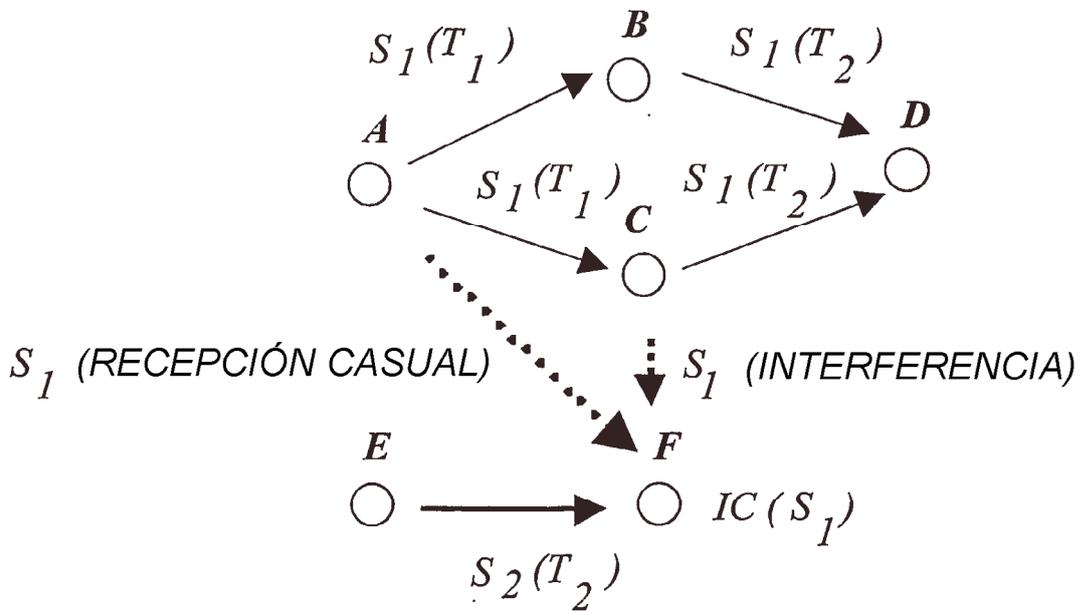
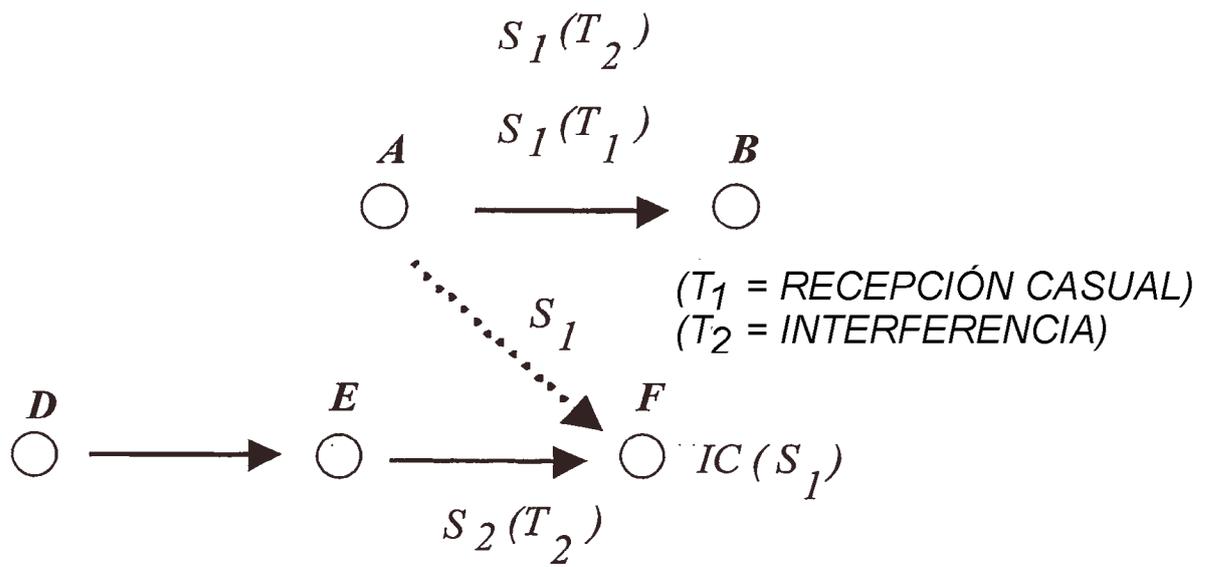


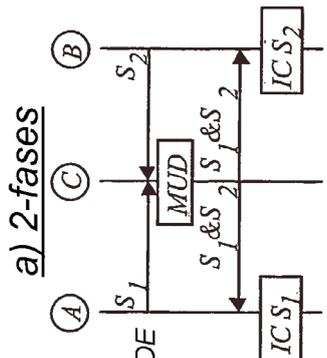
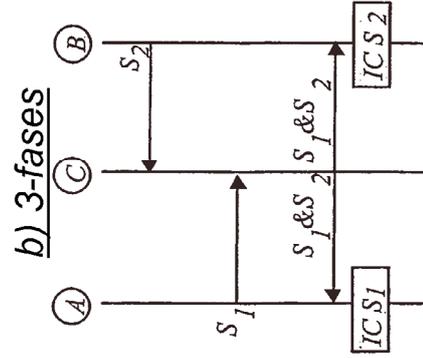
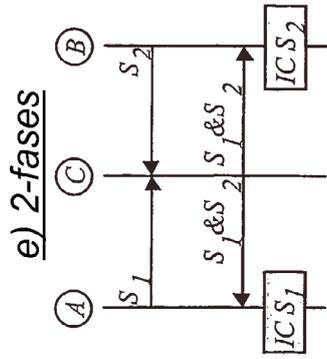
Fig. 7C



*Fig. 7D*

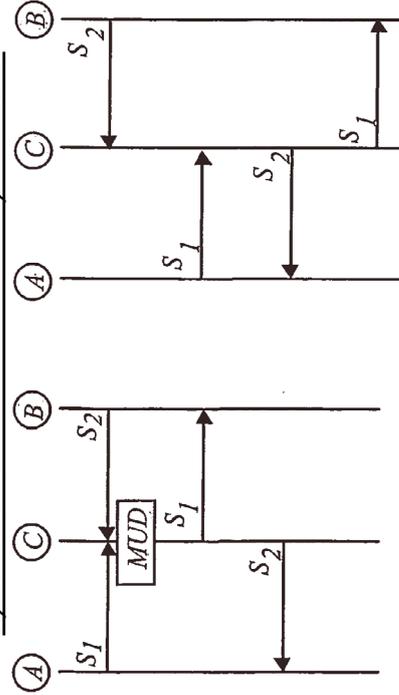
Repetidor analógico

Con descodificación



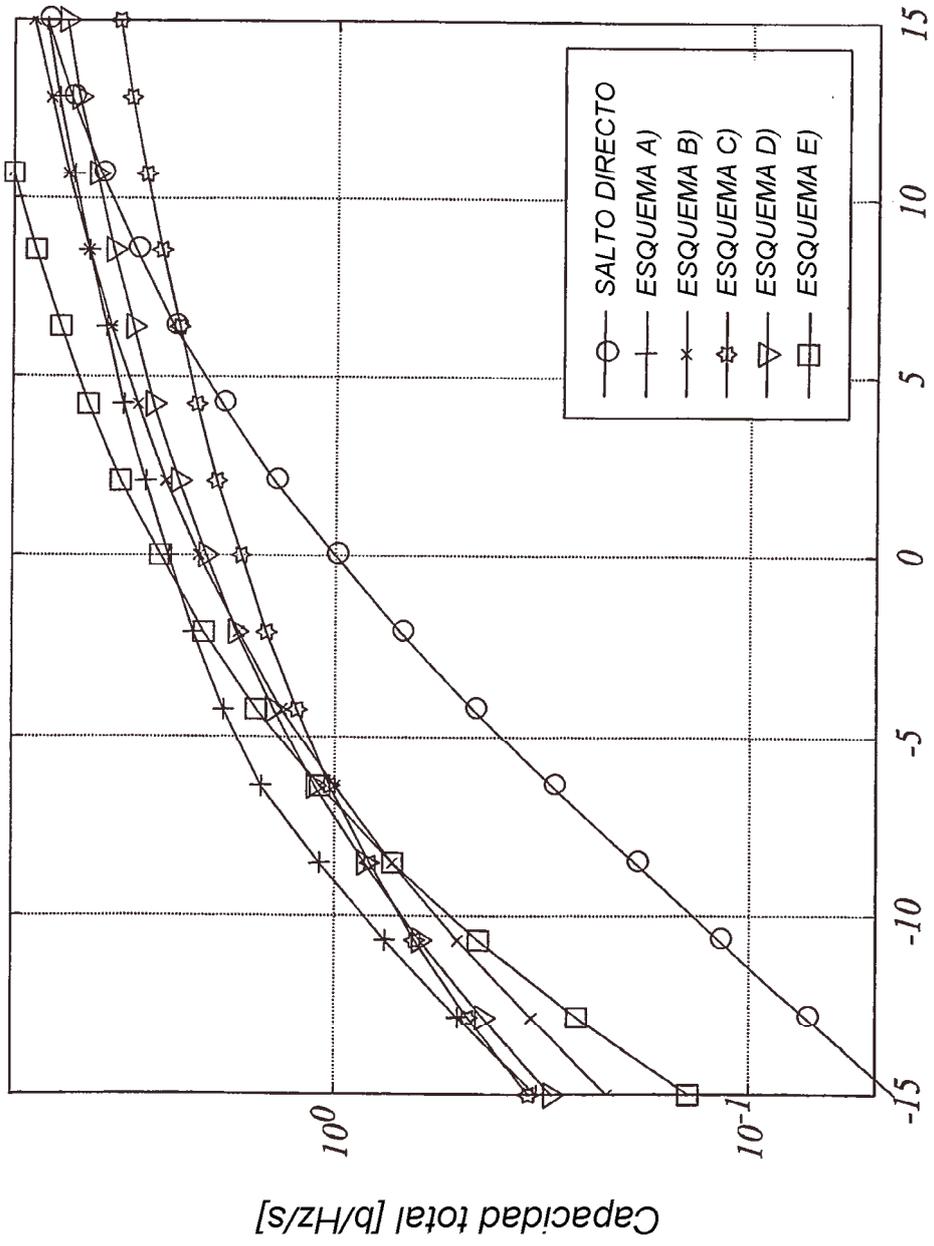
CASO 1  
CON CANCELACIONES DE  
INTERFERENCIAS DE  
LA SEÑAL CONOCIDA  
A PRIORI

c) 3-fases



CASO 2  
SIN IC

Fig. 8



SNR [dB]

Fig. 9

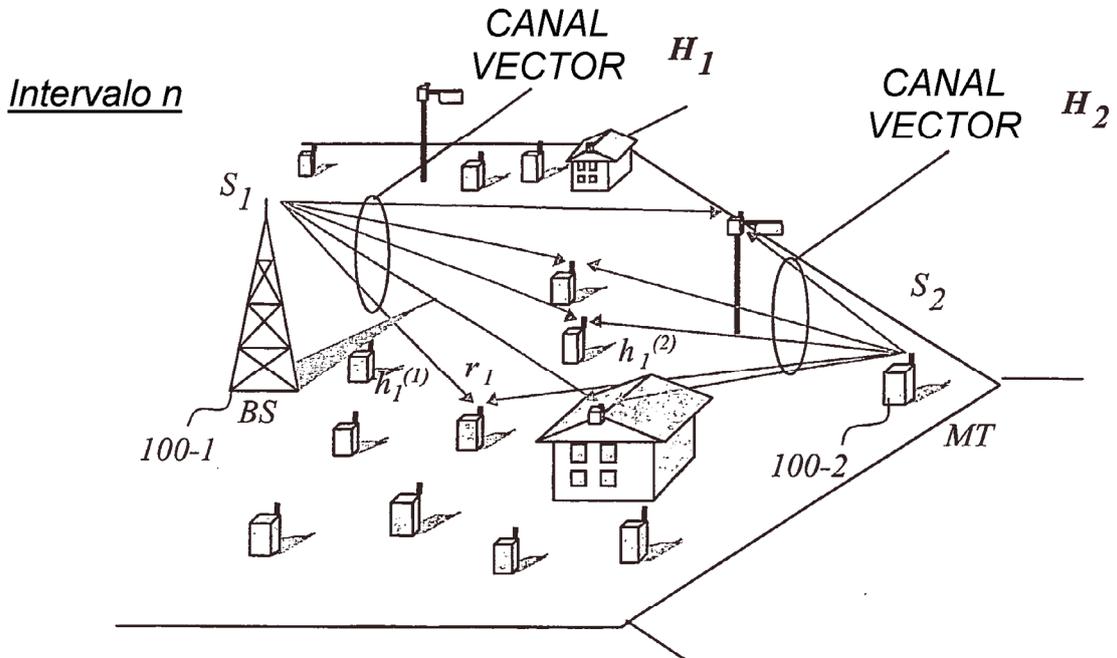


Fig. 10A

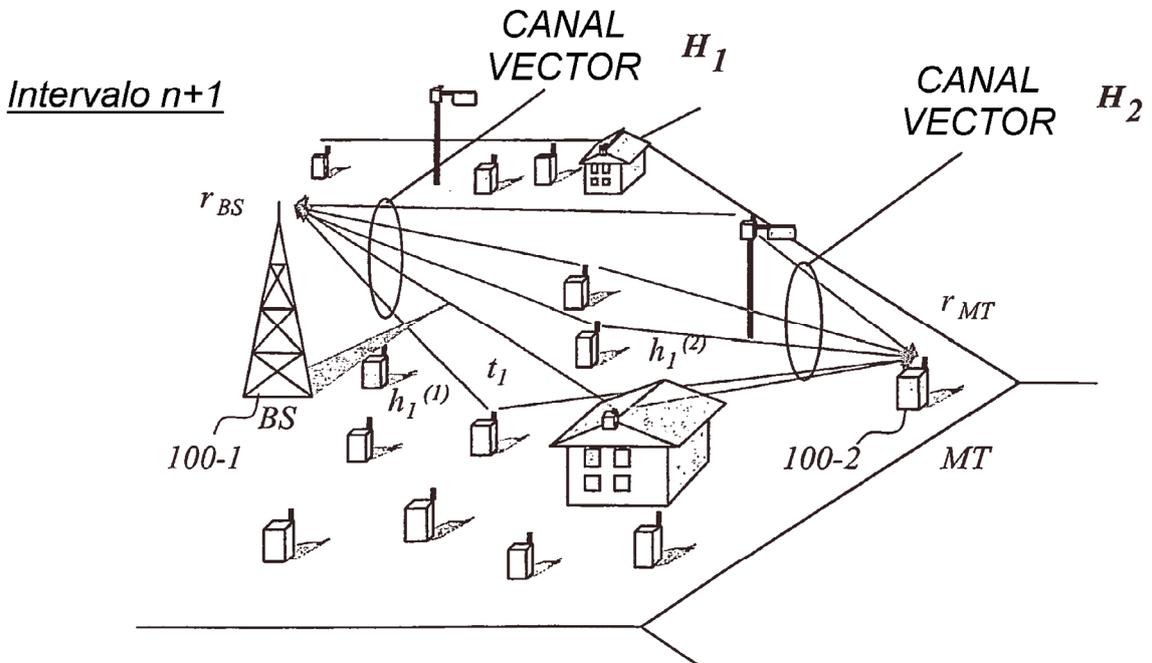


Fig. 10B

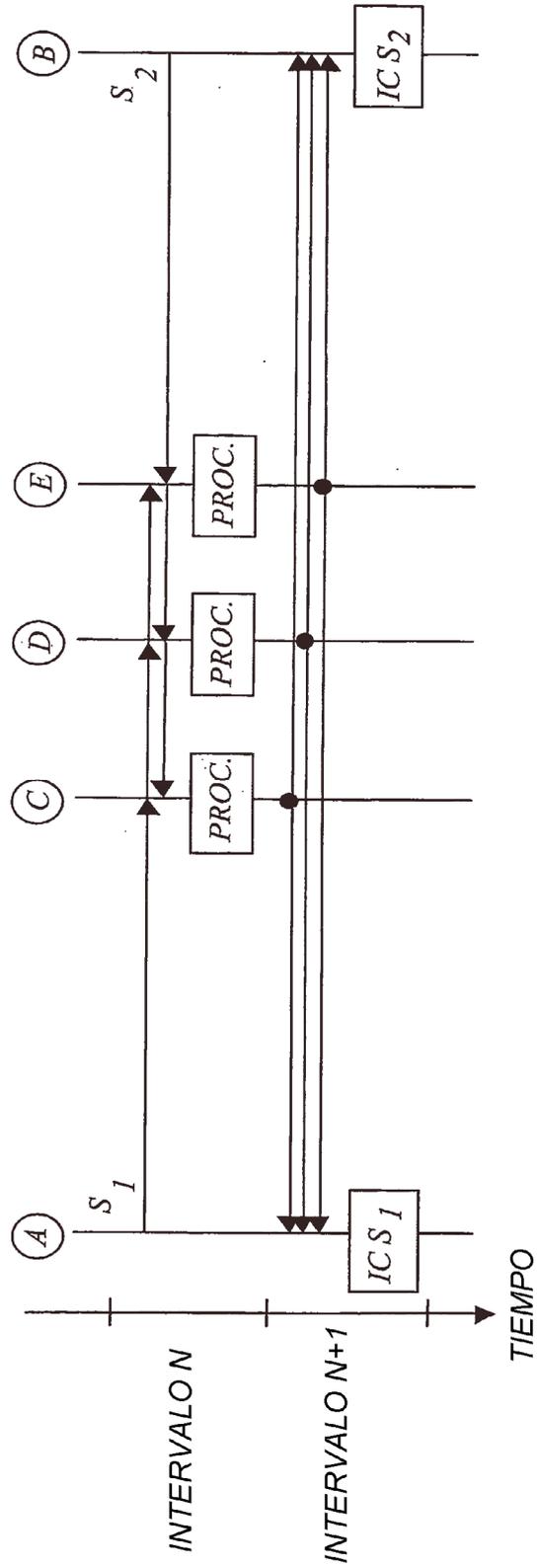
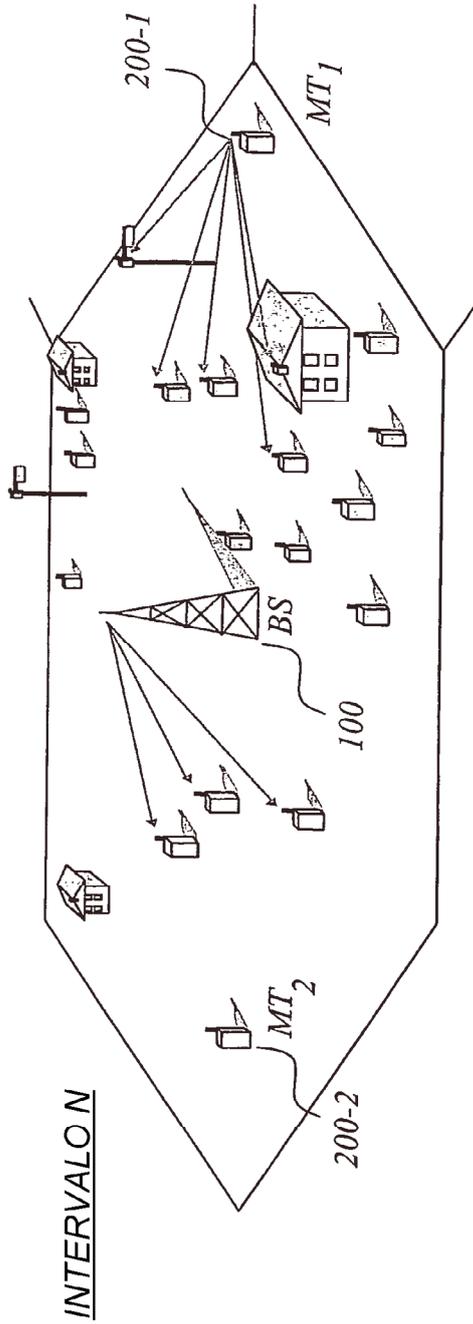
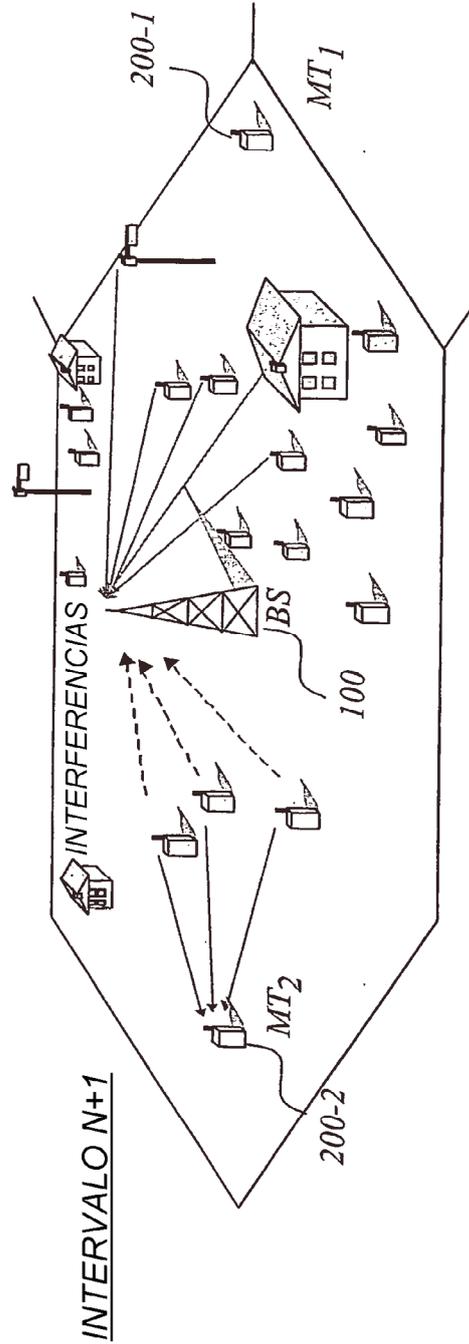


Fig. 11



*Fig. 12A*



*Fig. 12B*

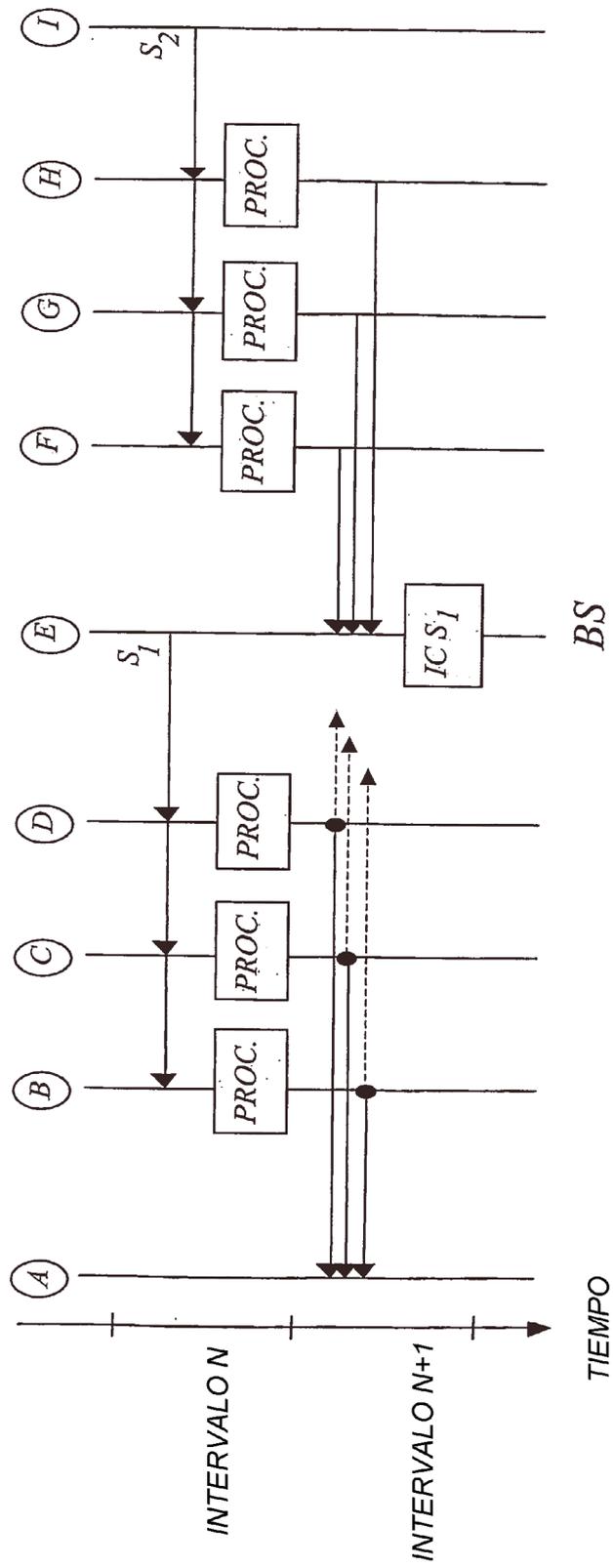


Fig. 13

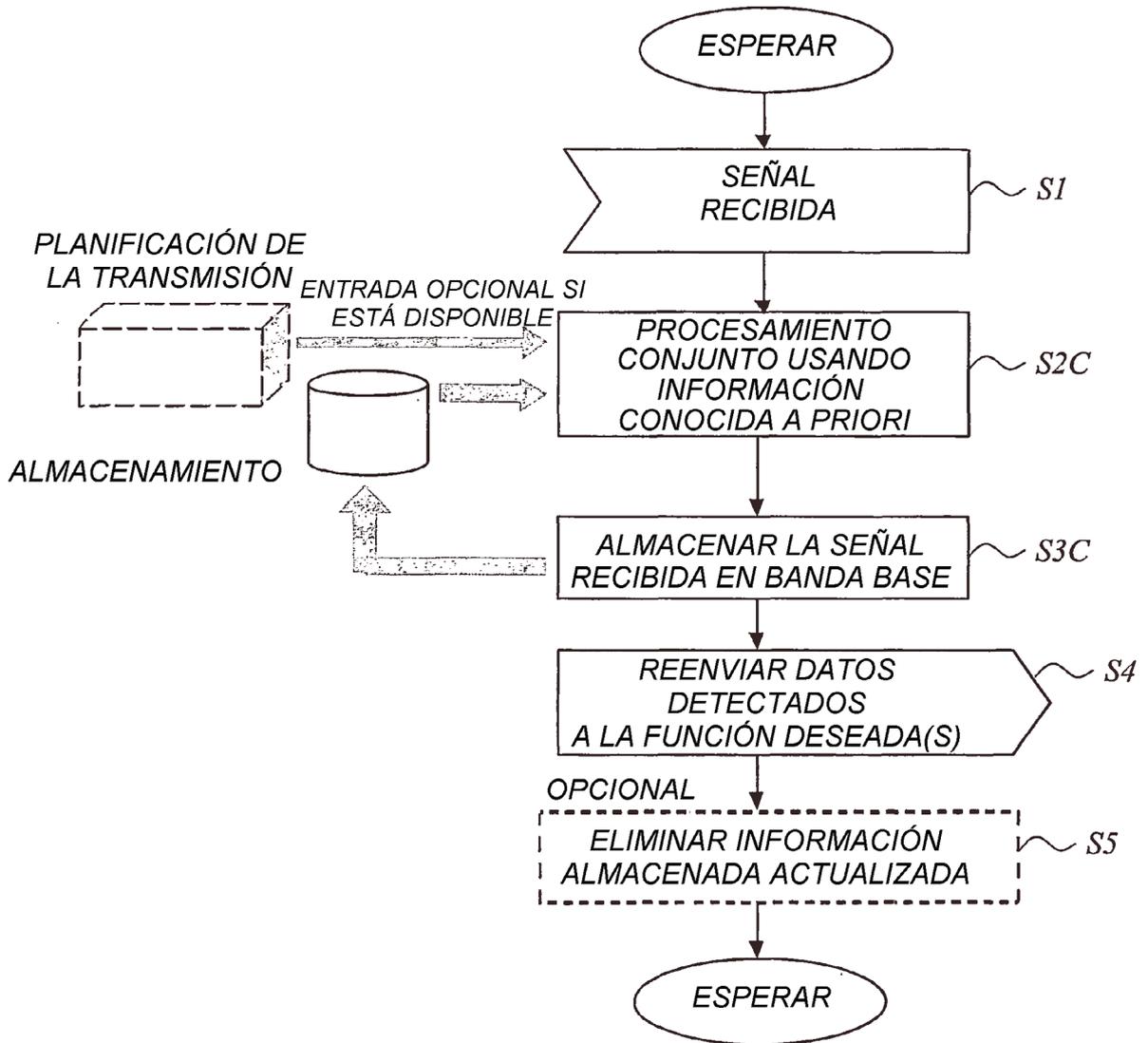


Fig. 14

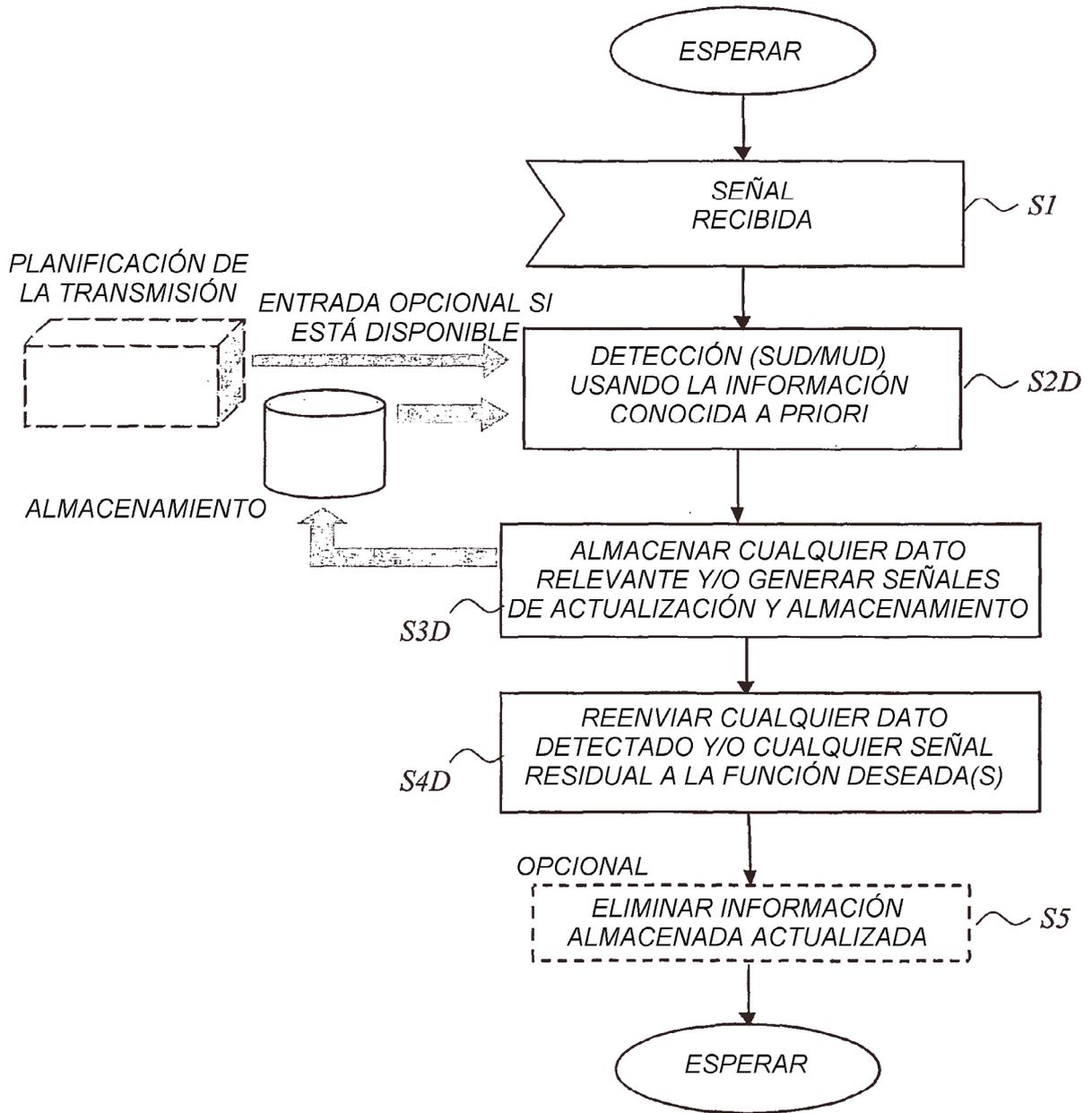


Fig. 15